

ISSN 0135-0765

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

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

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

СБОРНИК ТРУДОВ

№17, 2013



თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

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

№17, 2013

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებული ძირითადად მოიცავს ინსტიტუტის მეცნიერ-მუშაკთა მიერ 2013 წელს ჩატარებული კვლევების შედეგებს. 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.

აგრეთვე წარმოდგენილია სადისკუსიო ნაშრომი თემაზე: “მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის ანალიზი და ფუნქციის იმპლემენტაციის ორი ვარიანტი”.

The research results carried out mainly by the Institute’s scientists through 2013 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.

The work “Analysis of the matrix one-way function and two variants of its implementation” for discussion is presented.

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2013 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.

А также представлена дискуссионная работа на теме «Анализ матричной однонаправленной функции и два варианта ее осуществления».

შრომათა კრებული გამოდის წელიწადში ერთხელ.

კრებული იბეჭდება ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს გადაწყვეტილებით.

მ თ ა ვ ა რ ი რ ე დ ა ქ ტ ო რ ი

აკად. მ. სალუქვაძე

ს ა რ ე დ ა ქ ც ი ო კ ო ლ ე გ ი ა

ტ.მ.დ. აბარდაველიძე, ტ.მ.კ. ვგაბისონია (მთ. რედაქტორის მოადგილე), ტ.მ.დ. ზ. გასიტაშვილი,

მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი), ტ.მ.დ. ო. ლაბაძე, ტ.მ.დ. თ. მაგრაქველიძე,

ფ.მ.დ. ლ. მარგველიანი, ფ.-მ.მ.კ. ვ. მაისურაძე, ტ.მ.კ. მ. მიქელაძე, დ. სინარულიძე (ტექ. რედაქტორი),

ტ.მ.კ. თ. ტროყაშვილი, აკად. ა. ფრანგიშვილი, ტ.მ.კ. ნ. ყავლაშვილი, ტ.მ.დ. ბ. შანშიაშვილი,

ფ.მ.დ. გ. ჩიკოიძე, ტ.მ.კ. ზ. წვერაიძე, აკად. ვ. ჭიჭინაძე, ნ. ჯავაშვილი, ტ.მ.დ. ნ. ჯიბლაძე.

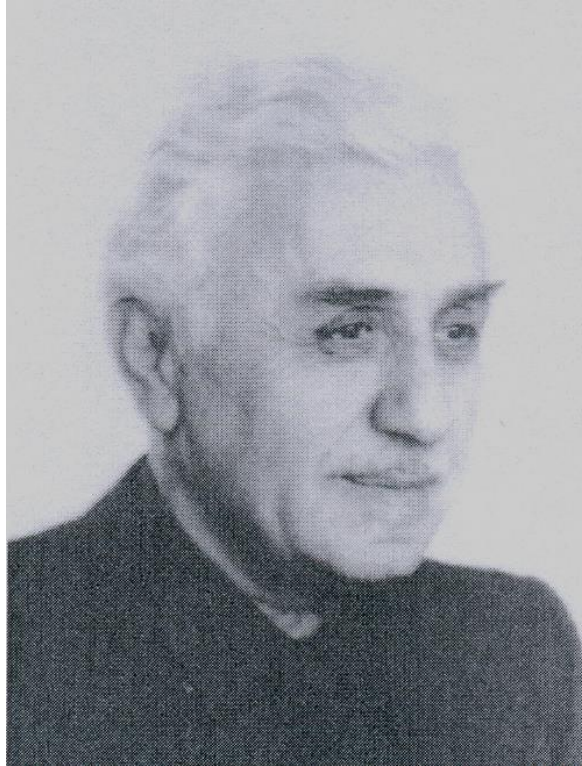
ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ. №10

ტელ.: (+995 32) 319871

ფაქსი: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: ics@gtu.ge



ჟურნალის ეს ნომერი ეძღვნება აკადემიკოს
ვახტანგ ჭიჭინაძის
დაბადებიდან 95 წლისთავს

Этот выпуск посвящается 95-летию со дня рождения
академика **Вахтанга Чичинадзе**

The issue of journal is devoted to the 95th anniversary of full
Member of the Academy **Vakhtang Chichinadze**

ვახტანგ ჭიჭინაძე

ქართული სამეცნიერო-ტექნიკური ინტელიგენციის თვალსაჩინო წარმომადგენელს, გამორჩენილ მეცნიერს, აკადემიკოს ვახტანგ ჭიჭინაძეს 95 წელი შეუსრულდა.

ვახტანგ ჭიჭინაძე დაიბადა 1918 წლის 23 სექტემბერს ქ. თბილისში. მამა – კონსტანტინე ჭიჭინაძე ექიმი გახლდათ, დედა – ალექსანდრა გოცირიძე – დიასახლისი.

ბატონმა ვახტანგმა 1936 წელს დაამთავრა თბილისის პირველი საცდელ-საწვებელი სკოლა. იმავე წელს იგი საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ელექტროტექნიკური ფაკულტეტის სტუდენტი გახდა.

ბატონი ვახტანგი ჯერ კიდევ სტუდენტი იყო, როდესაც მეორე მსოფლიო ომი დაიწყო. იგი სამხედრო სამსახურში გაიწვიეს ქ. ბაქოში, სადაც მან საზენიტო არტილერიის სამხედრო სკოლა დაამთავრა და ლეიტენანტის წოდება მიიღო.



თბილისის აეროკლუბის კურსანტი ვახტანგ ჭიჭინაძე. 1941 წ.

ბატონი ვახტანგი სრული ოთხი წელი თავდადებით იბრძოდა სამამულო ომის ფრონტზე, საბრძოლო ნათლობა კი ქ. ბრიანსკში მიიღო. იგი გერმანელ ფაშისტ დამპყრობლებს ებრძოდა ქ. ორიოლთან, მედგარი ბრძოლით გაიარა ბელორუსია, პოლონეთის მიწა-წყალი და შემდეგ გერმანია, აგრეთვე იბრძოდა ბერლინის მისადგომებთან, მდინარე ოდერზე.

აი, რას წერდა 1945 წლის 20 ნოემბერს გაზეთი “კომუნისტი” სტატიის “სახელოვანი მეზენიტე”:

“ეს მოხდა ფაშისტი მხეცის ბუნაგზე უკანასკნელი იერიშების დღეებში. გერმანელთა თვითმფრინავები ბომბებს უშენდნენ, ცდილობდნენ გაენადგურებინათ გადასასვლელი, რომელსაც უფროსი ლეიტენანტ ვახტანგ ჭიჭინაძის ბატარეა იცავდა.

ჩვენმა მეზენიტეებმა წარმატებით მოიგერიეს ფაშისტი ავაზაკების რამდენიმე იერიში. მაშინ გერმანელთა თვითმფრინავებმა გააფთრებული იერიში მიიტანეს თვით ბატარიაზე, რათა მოესპოთ მისი საბრძოლო წყებები. მაგრამ, ამჯერადაც, ჩვენმა არტილერისტებმა მოიგერიეს მოპიკირე თვითმფრინავთა თავდასხმა. სამი დღის განმავლობაში ბატარეამ მტრის ოთხი თვითმფრინავი ჩამოაგდო.

მამაცობის გამოჩენისათვის უფროსი ლეიტენანტი ვახტანგ ჭიჭინაძე სარდლობამ დააჯილდოვა წითელი ვარსკვლავის ორდენით. უმაღლესმა ჯილდომ ადაფრთოვანა ახალგაზრდა ქართველი მეომარი...”

ომის დამთავრების შემდეგ ბატონმა ვახტანგმა სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკურ ინსტიტუტში, რომელიც 1946 წელს დაამთავრა. იმავე წლის სექტემბერში მუშაობა დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ენერგეტიკის ინსტიტუტში.

ბატონმა ვახტანგმა 1949 წელს წარმატებით ჩააბარა გამოცდები საკავშირო მეცნიერებათა აკადემიის მოსკოვის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (ამჟამად მართვის პრობლემების) ინსტიტუტის ასპირანტურაში, სადაც მისი სამეცნიერო ხელმძღვანელი გახლდათ დ. ზორნოვი. ასპირანტურის დამთავრებისთანავე, 1952 წელს, მოსკოვში წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად. სადისერტაციო ნაშრომი ამპრავის ელექტრონული რეგულირების საკითხებს შეეხებოდა.

1952 წელს ბატონი ვახტანგი დაბრუნდა საქართველოში და მუშაობა გააგრძელა ზემოთ მითითებულ ენერგეტიკის ინსტიტუტში.

1956 წელს ბატონი ვახტანგი გადაიყვანეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ახლად დაარსებულ ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის (ამჟამად საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების) ინსტიტუტში, რომლის დამაარსებელი და პირველი დირექტორი გახლდათ ცნობილი მეცნიერი და შესანიშნავი მამულიშვილი – ბატონი არჩილ ელიაშვილი. ბატონი ვახტანგი დაინიშნა დირექტორის მოადგილედ სამეცნიერო მუშაობის დარგში. სწორედ ამ ორი პიროვნების ძალისხმევით აღნიშნული ინსტიტუტი ჩამოყალიბდა როგორც ერთ-ერთი გამორჩეული სამეცნიერო-კვლევითი ცენტრი საქართველოში, რომლის წარმატებებიც ოპტიმალურ სისტემებში, სტოქასტურ პროცესებში, სამეტყველო სახეთა გამოცნობასა და მანქანურ თარგმანში გასცდა რესპუბლიკის ფარგლებს და მათ უცხოელ სპეციალისტთა ღირსეული შეფასებები დაიმსახურეს.



ინსტიტუტის დირექტორთან ბატონ არჩილ ელიაშვილთან და ამერიკელ მეცნიერებთან ერთად მცხეთაში ექსკურსიაზე

უნდა აღინიშნოს, რომ ახალი ინსტიტუტის ფორმირებისას კარგად გამოჩნდა ბატონი ვახტანგის ნიჭი და ენთუზიაზმი ინსტიტუტში ახალი სამეცნიერო მიმართულებების დანერგვასა და განვითარების საქმეში.

1968 წელს ბატონმა ვახტანგმა მოსკოვის მართვის პრობლემების ინსტიტუტში წარმატებით დაიცვა დისერტაცია ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად, რომელიც ძირითადად მართვის თეორიის ოპტიმალური ამოცანების გადაწყვეტის ახალ მეთოდს მიეძღვნა. 1968 წლიდან იგი პროფესორია.

1971 წელს ბატონი ვახტანგი დაინიშნა ყოფილი საბჭოთა კავშირის ელექტრონული მრეწველობის დაქვემდებარებაში მყოფ სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება “მიონის” დირექტორად, სადაც მან სამი წელი იმუშავა. ამ პერიოდში განსაკუთრებით

წარმოიხინდა ბატონი ვახტანგის ორგანიზატორული ნიჭი. იგი ენერგიულად შეუდგა ორგანიზაციულ-ტექნიკური საკითხების გადაწყვეტას, რომლებიც სამინისტროს მთავარი მოთხოვნის – ინტეგრალური მიკროსქემების დამუშავებაზე იყო ორიენტირებული. გაერთიანებასთან არსებული ქარხნის სასწრაფოდ ექსპლუატაციაში შეყვანისათვის მიღებულ იქნა ზომები და, მართლაც, სულ მალე სამეცნიერო-საწარმოო გაერთიანება “მიონი” მთელი ძალით ამუშავდა და ქარხანამაც დაიწყო სერიული პროდუქციის გამოშვება.

1972 წელს ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი ვახტანგ ჭიჭინაძე აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტად.

1974 წელს ბატონი ვახტანგი გადაიყვანეს საქართველოს უმაღლესი და საშუალო-სპეციალური განათლების მინისტრის პირველ მოადგილედ.

1978 წელს იგი საკუთარი სურვილით სამუშაოდ გადავიდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის გამოთვლით ცენტრში მანქანური დაპროექტების განყოფილების გამგედ.

1982 წელს ბატონი ვახტანგი დაბრუნდა თავის მშობლიურ ინსტიტუტში, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტში დირექციის მრჩეველად. 2006 წლიდან კი იგი ინსტიტუტის მთავარი მეცნიერი თანამშრომელია.

1983 წელს ბატონი ვახტანგი აირჩიეს საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ნამდვილ წევრად, აკადემიკოსად.

ბატონი ვახტანგის სამეცნიერო ინტერესების სფერო მრავალმხრივი და მრავალფეროვანია. სამეცნიერო ასპარეზზე მისი მოღვაწეობა, თუ არ ჩავთვლით საკანდიდატო დისერტაციაზე მუშაობას, ძირითადად სამ პერიოდს მოიცავს. პირველ ეტაპზე, მან, მსოფლიოში ერთ-ერთმა პირველმა, შეისწავლა მართვის სისტემებისა და დანადგარების მანქანური დაპროექტების განხორციელების შესაძლებლობა, რის შედეგადაც შემუშავებულ და პრაქტიკულად რეალიზებულ იქნა სპეციალიზებული გამოთვლელი მანქანა – კომპოსტატი, რომელიც შემთხვევითი ძებნის საფუძველზე ახორციელებდა მართვის ახალი სისტემების დაპროექტების პროცედურებს. აღნიშნული სამუშაო მან 1960 წელს წარადგინა IFAC-ის I მსოფლიო კონგრესზე ქ. მოსკოვში.

1962 წელს ბატონი ვახტანგი ქ. რომში საერთაშორისო სიმპოზიუმზე გამოვიდა მოხსენებით, რომელიც ეხებოდა მართვის ოპტიმალური და ადაპტური სისტემების პრობლემებს. სამუშაომ დიდი ინტერესი გამოიწვია უცხოელ სპეციალისტებს შორის (პროფ. ს. დრაიპერი, პროფ. ჰ. შაკი და სხვა). მათი ინიციატივით 1964 წელს ბატონი ვახტანგი ამერიკის შეერთებული შტატების სამეცნიერო ცენტრებსა და პრობლემურ ლაბორატორიებში ლექციების წასაკითხად ოფიციალურად მიიწვიეს.

პირველი შეხვედრა ამერიკელ მეცნიერებთან და ინჟინრებთან შედგა იმ დროისათვის ამერიკის უმსხვილესი ფირმის “ზელ-ლაბორატორის” სამეცნიერო ცენტრში, სადაც ავტომატური მართვის სისტემების მანქანური დაპროექტების საკითხებზე ბატონმა ვახტანგმა ლექცია ინგლისურ ენაზე წაიკითხა.

ანალოგიური ლექციებით ბატონი ვახტანგი გამოვიდა, აგრეთვე, ამერიკის სხვადასხვა მნიშვნელოვან სამეცნიერო ცენტრებში, როგორებიცაა მასაჩუსეტის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, კლივლენდის კეიზის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, პიცბურგის კარნეგის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, კალიფორნიის ტექნოლოგიური ინსტიტუტი, ნიუ-იორკის უნივერსიტეტი, ბრუკლინის პოლიტექნიკური ინსტიტუტი და სხვა. ყველგან, სადაც კი გამოვიდა ბატონი ვახტანგი, ადგილი ჰქონდა ამერიკელი მეცნიერების უდიდეს დაინტერესებას.

ბატონი ვახტანგის სამეცნიერო მოღვაწეობის მეორე პერიოდი მიეძღვნა ოპტიმალური პრობლემების გადაწყვეტის სრულიად ახალი, ორიგინალური მათემატიკური მეთოდის შექმნას. მან შეიმუშავა ცნობილი ψ-გარდაქმნის მეთოდი, რომელიც გლობალური ექსტრემუმის მოძებნის საშუალებას იძლევა. აღსანიშნავია, რომ ამ მეთოდის გამოყენების შედეგად შესაძლებელია ისეთი ამოცანების ამოხსნა და შესაბამისი ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღება, რომელთა ამოხსნაც, მანამდე არსებული სხვა მეთოდების საშუალებით, შეუძლებელი იყო. რთული ოპტიმალური ამოცანების “ჭიჭინაძის მეთოდით”, ანუ ψ-გარდაქმნის მეთოდით გადაწყვეტის შესაძლებლობამ უცხოელ მეცნიერთა შორის დიდი ინტერესი გამოიწვია და აღნიშნული მეთოდი მათი დაწვრილებითი შესწავლისა და განხილვის საგანი გახდა (იხ. 1. Towards Global

Optimization. Editors L.C.W. Dixon and G.P.Szego, North-Holland Publishing Company, 1975, 472 pp.; 2. M. Aoki. Introduction to Optimization Techniques. University of California, Los Angeles, The Macmillan Company, New York, 1977, 344 pp.; 3. Numerical Optimization of Dynamic Systems. Edited by L. C. W. Dixon and G.P. Szego, Hort-Holland Publishing Company, 1980, 410 pp.; 4. E.A. Galperin, Q. Zheng. New Theory of Continuous Games. Montreal, 1990, 84 pp.; 5. E.A. Galperin, Q. Zheng. Global Solutions in Optimal Control and Games. Montreal, 1991, 281 pp. და სხვა).

ψ-გარდაქმნის მეთოდთან დაკავშირებით ორი მეტად არაორდინარული ფაქტია აღსანიშნავი:

1) კალიფორნიის უნივერსიტეტის ცნობილი პროფესორის მ. აოკის სახელმძღვანელოში “შესავალი ოპტიმიზაციაში” დაწერილია ადრეული “ჭიჭინადის მეთოდი”. როგორც ავტორი აღნიშნავს, სახელმძღვანელო შედგენილია იმ ლექციების საფუძველზე, რომელსაც ბატონი ვახტანგი კალიფორნიის უნივერსიტეტის სტუდენტებს უკითხავდა. მსგავსი შემთხვევა, რომ ქართველი მეცნიერის მიერ მიღებულ შედეგებზე ლექციებს უკითხავდნენ ამერიკელ სტუდენტებს, დაგვეთანხმებით, იშვიათი მოვლენაა.

2) “ჭიჭინადის მეთოდს” კარგად იცნობენ იტალიაშიც. იტალიელი მეცნიერების ნაშრომების განხილვის საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ მილანის უნივერსიტეტის მათემატიკის ინსტიტუტის ძირითადი თემატიკა გლობალურ ოპტიმიზაციაში ეყრდნობა ბატონი ვახტანგის შრომებს.

ბატონი ვახტანგის სამეცნიერო მოღვაწეობის მესამე პერიოდი ადმინისტრაციული სისტემების მართვის საკითხებს შეეხება. მის მიერ შემუშავებული მათემატიკური აპარატი გამოყენებულ იქნა ისეთი რთული სისტემების მართვისათვის, როგორცაა სახელმწიფო, კომპანია, ფირმა ან ნებისმიერი დაწესებულება. ამავე დროს, თამაშთა თეორიისა და სისტემური ანალიზის მეთოდების გამოყენების საფუძველზე, ბატონმა ვახტანგმა შეისწავლა კონფლიქტების პროცესები, რის შედეგადაც შესაძლებელია ამ კონფლიქტების მართვა და სათანადო ოპტიმალური ან სუბოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღება. მან განიხილა კონკრეტული მაგალითები მსოფლიოში მიმდინარე სხვადასხვა სახელმწიფოებსა თუ ცალკეული სახელმწიფოების ეთნიკურ ჯგუფებს შორის კონფლიქტების შესახებ და დაადგინა მოქმედებების ოპტიმალური კანონები ისეთი კონფლიქტებისათვის, როგორებიც იყო კუბის კრიზისი, სუეცის არხის კონფლიქტი და ეთნიკური კონფლიქტი აფხაზეთში.

ბატონ ვახტანგს გამოქვეყნებული აქვს 100-მდე სამეცნიერო ნაშრომი ავტომატური მართვის სისტემების ანალიზისა და სინთეზის, ოპტიმალური და ადაპტური სისტემების თეორიისა და პრაქტიკის, სტატიკური და დინამიკური ოპტიმიზაციის, თამაშთა თეორიის, ადმინისტრაციული მართვისა და კონფლიქტური სიტუაციების ანალიზის საკითხებზე, აგრეთვე, ექვსი მონოგრაფია და ოთხი სახელმძღვანელო (თანაავტორებთან ერთად) საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სტუდენტებისათვის.

ერთ-ერთი სახელმძღვანელოსათვის “ოპტიმალური და ადაპტური სისტემები” (სამტოშვილი, 1000 გვერდზე მეტი) ბატონ ვახტანგს თანაავტორებთან ერთად (პროფ. ა. გუგუშვილი, აკად. მ. სალუქვაძე) 2004 წელს მეცნიერებისა და ტექნიკის დარგში საქართველოს სახელმწიფო პრემია მიენიჭა.

ბატონი ვახტანგი წლების მანძილზე ეწეოდა პედაგოგიურ მოღვაწეობას თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტში, საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში და სახალხო მეურნეობის მართვის ინსტიტუტში. იგი იყო საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სადისერტაციო საბჭოს წევრი.

ბატონი ვახტანგის ხელმძღვანელობით დაცულია მრავალი სადოქტორო და საკანდიდატო დისერტაცია.

ბატონი ვახტანგი დიდი პოპულარობით სარგებლობს საზღვარგარეთაც. მას ახლაც ხშირად მიმართავენ კონსულტაციებისათვის. მის შესახებ ინფორმაცია განთავსებულია მარკუსის ცნობილ ცნობარში “Who is Who in the World”, რომელიც შეერთებულ შტატებში გამოდის. იგი არის ამერიკის ელექტრონიკისა და ელექტროტექნიკის ინსტიტუტის საპატიო წევრი, ამერიკის პლანეტარული საზოგადოების წევრი, ამერიკის გეოგრაფიული საზოგადოებისა და ბიოგრაფიული საზოგადოების საპატიო წევრი.

ბატონი ვახტანგი, ასევე, არჩეულია საქართველოს საინჟინრო აკადემიის ნამდვილ წევრად, აკადემიკოსად, სადაც იგი ნაყოფიერად მოღვაწეობს.

სიკეთით, დიდსულოვნებითა და პრინციპულობით გამორჩეულ კაცს ჰყავს ასეთივე ბუნების ერთგული და მზრუნველი თანამეცხედრე – ქეთევან გაჩეხილაძე, ექიმი-მიკრობიოლოგი, მედიცინის მეცნიერებათა დოქტორი, მუშაობს თბილისის ვაქცინებისა

და შრატების სამეცნიერო-კვლევით ინსტიტუტში (“ბაქტერიოფაგი”). ჰყავს ორი შვილი: ელისო – მიკრობიოლოგი, რევაზი – კომპანიებისა და ფირმების საფინანსო მოდერნიზაციის ანალიზის სპეციალისტი. მისი შვილიშვილი ვახტანგი – ახალგაზრდა სპეციალისტია მართვის დარგში.

ბატონი ვახტანგი დაჯილდოებულია ღირსების ორდენით, მრავალი სიგელითა და დიპლომით და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ბატონი ვახტანგი დაჯილდოებულია მრავალი შვილიშვილით.

ჯანმრთელობას და დიდხანს სიცოცხლეს გისურვებთ, ბატონო ვახტანგ!
ღმერთმა გაგაძლიეროს!

მინდია სალუქვაძე
აკადემიკოსი

სარჩევნო – CONTENTS – СОДЕРЖАНИЕ

მართვის თეორია – CONTROL THEORY - ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

| | |
|--|----|
| არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების აპროქსიმაციისა და სკალარიზაციის შესახებ..... 13 გ. მაისურაძე, მ. სალუქვაძე, ვ. გაბისონია | 13 |
| MODEL VALIDATION AT IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF NON-STATIONARY SYSTEMS 27 B. Shanshiashvili, M. Salukvadze | 27 |
| სავაჭრო ფირმის ოპტიმალური გეგმის განაზოგადება სიმალეს მეთოდით..... 34 დ. სისარულიძე, ვ. მაისურაძე | 34 |
| ამონახსნების არაინტეგრალური შეფასების შესახებ ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამონახსნის იტერაციულ მეთოდში 39 ნ. კილასონია | 39 |
| ეკონომიკის ციკლების და კრიზისების კვლევა MATLAB-ის გამოყენებით..... 42 ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე | 42 |

მართვის სისტემები - CONTROL SYSTEMS - СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

| | |
|---|-----|
| A SIMPLE QUANTITATIVE MODEL FOR EVALUATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDEX AND ITS CORRELATION WITH THE KNOWLEDGE SOCIETY INDEX (K-INDEX) 49 Z. Buachidze, A. Gigineishvili, A. Chirakadze, N. Kavlashvili, I. Khomeriki, Z. Sikmashvili, M. Wireman | 49 |
| ПРИЁМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПАРАЗИТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВЗАИМОИНДУКТИВНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТИПА - 3D 55 O. Labadze, M. Cerqvadze, T. Labadze, P. Mandzhavidze | 55 |
| PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS 58 O. Labadze | 58 |
| მრავალსახსრული სამრეწველო მანიპულიატორის თითოეული სახსრის და ჩამჭერის სივრცული კოორდინატების უკონტაქტო განსაზღვრის პრინციპი..... 63 ო. ლაბაძე | 63 |
| უკონტაქტო სამოციციური დინამიური ინდიკატორის მართვის მეთოდი..... 66 ო. ლაბაძე | 66 |
| ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის კომპინირებული ადაპტური სისტემა..... 71 ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. ყავლაშვილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე | 71 |
| ელექტროენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები და საქართველოს ენერგორესურსების ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემები 75 თ. მაგრაქველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, ნ. ბანცაძე, ა. მიქაშვილი, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე | 75 |
| კედლისპირა ზონაში ტურბულენტური დინების ზოგიერთი საკითხის შესახებ..... 81 თ. მაგრაქველიძე | 81 |
| ენერგიის არატრადიციული, განახლებადი რესურსების ათვისების პერსპექტივები საქართველოში..... 89 ნ. მირიანაშვილი, ნ. გელიშვილი, ვ. ხათაშვილი | 89 |
| მომკრავი მქანოზემების რხევების ანალიზი და მათი გამოყენება..... 94 თ. ტროყაშვილი | 94 |
| ატომური ზოლვანი ფილტრების გადაწყობა რეზონანსულ სიხშირეზე..... 98 თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე, ნ. შენგელია | 98 |
| დინამიკური სისტემების მოდელირება კომპიუტერების ბაზაზე..... 101 დ. ცინცაძე | 101 |
| მოზილური ტოპოტიის მართვის სისტემა..... 105 დ. ფურცხვანიძე | 105 |

ინფორმატიკა – INFORMATICS - ИНФОРМАТИКА

| | |
|--|------------|
| ქართული წინადადების რეგულაციის სტრუქტურა..... | 111 |
| გ. ჩიკოიძე | |
| სამართაშორისო სტანდარტი EAGLES ქართული ტექსტური კორპუსის ანოტირებისთვის..... | 118 |
| ლ. ლორთქიფანიძე, ნ. ჯავაშვილი | |
| დროის დეინჟინერი ქართულში..... | 131 |
| ა. ჩუტკერაშვილი | |
| კოდირების სტანდარტული სისტემა CES და ქართული ლინგვისტური კორპუსი..... | 136 |
| ნ. ამირეხაშვილი, ლ. სამსონაძე | |
| ნაწილობრივი მონაცემების მოდელირების გამოყენების შესახებ..... | 141 |
| მ. სურგულაძე | |
| დრუგლოვანი გამოთვლების განვითარების აქტივობები საბანკო-საბიზნესო სფეროში..... | 145 |
| თ. ლომინაძე, მ. გეგეჭკორი, ვ. ბახტაძე, მ. არჩუაძე, ნ. ნარიშვილი | |
| ელექტრონული სახელმწიფოს შესახებ..... | 148 |
| თ. ბახტაძე, ი. მარგალიტაძე, მ. გეგეჭკორი | |
| К ВОПРОСУ О БИНАРИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ..... | 152 |
| М. Микеладзе | |
| სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტის კუჭის ბასტირის კლასის დაგეგმვათა მახასიათებელი..... | 157 |
| ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, ნ. ჯალიაბოვა, დ. რაძიევსკი | |
| სიტუაციითა კლასების განვითარებული აღწერა და შესაძლო გადაწყვეტილებათა სიმრავლის გაფართოება რეალური სისტემების მართვისას..... | 163 |
| ვ. რაძიევსკი | |
| ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ..... | 169 |
| В. Радзиевский, Д. Радзиевский | |
| СИСТЕМА ПРИЧИННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ НАБЛЮДАЕМОГО ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ..... | 175 |
| Д. Радзиевский | |
| კონცეპტუალური დაფუძნებული ცოდნის ამოკრეფის მეთოდი შიფრების ტექსტებისა და..... | 180 |
| მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, ვ. ბესიაშვილი | |
| სიმნიშვნელოვანი დაგეგმვათა მიკროკალკულირებული დიაგნოსტიკის მხარდაჭერი სინფორმაციო სისტემის ლობიკური სქემა..... | 185 |
| დ. ხაჩიძე, მ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე | |
| HEARING FUNCTION IN INDUSTRIAL WORKERS: OCCUPATIONAL NOISE INFLUENCE..... | 191 |
| M. Tushishvili, N. Sharashenidze, A. Tushishvili, Z. Kevanishvili | |
| ტუბრიკა: თემა დისკუსიისთვის | |
| ANALYSIS OF THE MATRIX ONE-WAY FUNCTION AND TWO VARIANTS OF ITS IMPLEMENTATION..... | 198 |
| R. Megrelishvili | |
| სსოფსა – MEMORY - ПАМЯТЬ | |
| ლამარა მარბეშვილი..... | 205 |

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

**არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების აპროქსიმაციისა და
სკალარიზაციის შესახებ**

ვ. მაისურაძე, მ. სალუქვაძე, ვ. ბაბისონია

wmaisuradze@yahoo.com

1. სიმრავლის ეფექტურ წერტილთა აპროქსიმაცია

ეთქვას, Y არის წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, Ω არის არაცარიელი ქვესიმრავლე Y -ში, $B \subset Y$, $\text{int } B \neq \emptyset$, $0 \in \text{fr } B$ და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორი აკმაყოფილებს პირობას:

$$clB + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } B. \quad (1.1)$$

ჩავთვალოთ, რომ ε არის არაუარყოფითი ნამდვილი რიცხვი.

განსაზღვრა 1.1. $y_\varepsilon \in \Omega$ ელემენტს ეწოდება Ω სიმრავლის ε, k^0 - ეფექტური წერტილი B სიმრავლის მიმართ, თუ სრულდება პირობა:

$$\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - B \setminus \{0\}) = \emptyset. \quad (1.2)$$

განსაზღვრის სახით მივიღოთ, რომ

$$\text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon, k^0}) = \{y_\varepsilon \in \Omega \mid \Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - B \setminus \{0\}) = \emptyset\}. \quad (1.3)$$

თუ $\varepsilon = 0$. მაშინ სიმრავლე $\text{eff}(\Omega, B)$, განსაზღვრული ტოლობით

$$\text{eff}(\Omega, B) = \{y_0 \in \Omega \mid \Omega \cap (y_0 - B \setminus \{0\}) = \emptyset\} = \text{eff}(\Omega, B_{0, k^0}), \quad (1.4)$$

არის Ω სიმრავლის ეფექტურ წერტილთა ერთობლიობა B სიმრავლის მიმართ.

რადგან $B \subset clB$, ამიტომ (1.1) -ის თანახმად, $B + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } B \subset B \setminus \{0\}$. მეორე მხრივ, $B \setminus \{0\} \subset B$, ამიტომ

$$B \setminus \{0\} + (0, \infty)k^0 \subset B + (0, \infty)k^0 \subset clB + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } B \subset B \setminus \{0\},$$

ანუ $-(0, \infty)k^0 - B \setminus \{0\} \subset -B \setminus \{0\}$, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ

$$y - (0, \infty)k^0 - B \setminus \{0\} \subset y - B \setminus \{0\}, y \in Y.$$

ამრიგად, მართებულია ჩართვა:

$$y - [0, \infty)k^0 - B \setminus \{0\} \subset y - B \setminus \{0\}, y \in Y. \quad (1.5)$$

თუ $0 \leq \varepsilon_1 \leq \varepsilon_2$, (1.5) - დან გამომდინარეობს, რომ

$$y - (\varepsilon_2 - \varepsilon_1)k^0 - B \setminus \{0\} \subset y - B \setminus \{0\}, y \in Y,$$

ანუ მართებულია ჩართვები: $y - \varepsilon_2 k^0 - B \setminus \{0\} \subset y - \varepsilon_1 k^0 - B \setminus \{0\} \subset y - B \setminus \{0\}, y \in Y$.

უკანასკნელიდან ვასკენით, რომ თუ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, B)$, მაშინ $y_\varepsilon \in \Omega$ და $\Omega \cap (y_\varepsilon - B \setminus \{0\}) = \emptyset$. რადგან მართებულია ჩართვა $y_\varepsilon - \varepsilon_1 k^0 - B \setminus \{0\} \subset y_\varepsilon - B \setminus \{0\}$, ამიტომ $\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon_1 k^0 - B \setminus \{0\}) = \emptyset$. ეს ნიშნავს, რომ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon_1, k^0})$. რადგან

$$y_\varepsilon - \varepsilon_2 k^0 - B \setminus \{0\} \subset y_\varepsilon - \varepsilon_1 k^0 - B \setminus \{0\},$$

ამიტომ მართებულია ტოლობაც $\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon_2 k^0 - B \setminus \{0\}) = \emptyset$, ანუ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon_2, k^0})$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ სინამდვილეში მართებულია ჩართვათა ჯაჭვი:

$$\text{eff}(\Omega, B) \subset \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon_1, k^0}) \subset \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon_2, k^0}), 0 \leq \varepsilon_1 \leq \varepsilon_2. \quad (1.6)$$

პუბლიკაცია [1]- ში D არაცარიელი საკუთრივი ქვესიმრავლისა და $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ვექტორისათვის, რომლებიც ამაყოფილებენ $D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0$ პირობას, $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$

ფუნქციონალი განისაზღვრება ტოლობით $\varphi(y) = \inf\{t \in R \mid y \in tk^0 - D\}$. თუ B არის საკუთრივი არაცარიელი ქვესიმრავლე Y - ში, მაშინ $D = clB$ არის საკუთრივი არაცარიელი ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y - ში და $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი განისაზღვრება ტოლობით:

$$\varphi(y) = \inf\{t \in R \mid y \in tk^0 - clB\}. \quad (1.7)$$

თეორემა 1.1. ვთქვათ, $\Omega, B \subset Y$ არის არაცარიელი საკუთრივი ქვესიმრავლეები, $\text{int } B \neq \emptyset, 0 \in frB$, $C \subset Y$ არის კონუსი, $\text{int } C \neq \emptyset$, $k^0 \in \text{int } C$ და $\varepsilon \geq 0$. ჩავთვალოთ, რომ $clB + \text{int } C \subset \text{int } B$, $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon, k^0})$, ხოლო $\omega: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი განისაზღვრულია ტოლობით:

$$\omega(y) = \varphi(y - y_\varepsilon) = \inf\{t \in R \mid y - y_\varepsilon \in tk^0 - clB\}. \quad (1.8)$$

მაშინ ω ფუნქციონალი არის სასრული მნიშვნელობების მქონე უწყვეტი და მკაცრად $\text{int } C$ - მონოტონური, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:

$$\omega(y_\varepsilon) \leq \omega(y) + \varepsilon, \forall y \in \Omega. \quad (1.9)$$

გარდა აღნიშნულისა, თუ $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$, მაშინ ω არის მკაცრად C - მონოტონური.

დამტკიცება. რადგან B არაცარიელი საკუთრივი ქვესიმრავლეა Y - ში, ამიტომ clB აგრეთვე არის არაცარიელი, საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y - ში. მართლაც, საკმარისია ვაჩვენოთ, რომ clB არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. დაეუშვათ წინააღმდეგი, ეი დაეუშვათ, რომ $clB = Y$, მაშინ უნდა სრულდებოდეს პირობა $Y + \text{int } C \subset \text{int } B$. რადგან $Y + \text{int } C = Y$, ამიტომ უკანასკნელი ჩართვიდან ვღებულობთ, რომ $Y \subset \text{int } B$. რადგან $\text{int } B \subset B$, ამიტომ $Y \subset B$. რადგან $B \subset Y$, ამიტომ $B = Y$. ეს ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ B არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ $clB \neq Y$, ანუ $Y \setminus clB \neq \emptyset$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ clB არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. რადგან $\text{int } B \subset clB$ და $clB + \text{int } C \subset \text{int } B$, ამიტომ $clB + \text{int } C \subset clB$. რადგან $C \subset Y$ არის კონუსი და $k^0 \in \text{int } C$, ამიტომ პუბლიკაცია [1]- ის ლემა 1.10 - ის პირველი პუნქტის თანახმად, სრულდება პირობები:

$$\begin{aligned} \forall z \in Y, \exists t \in R: z + tk^0 &\notin clB, \\ Rk^0 - clB &= Y, \\ clB + tk^0 &\subset \text{int}(clB), \forall t \in (0, \infty). \end{aligned} \quad (1.10)$$

პუბლიკაცია [1]- ის თეორემა 1.11 -ის (b) და (c) პუნქტების თანახმად, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი არის სასრული მნიშვნელობების მქონე, ხოლო ამავე თეორემის (f) პუნქტის თანახმად φ ფუნქციონალი უწყვეტია Y - ზე. რადგან $\text{int } C = \text{int } C \setminus \{0\}$, $\text{int } B \subset \text{int}(clB)$ და $clB + \text{int } C \subset \text{int } B$, ამიტომ

$$clB + \text{int } C \setminus \{0\} \subset \text{int}(clB).$$

უკანასკნელი, პუბლიკაცია [1]- ის თეორემა 1.11 -ის (g) პუნქტის 2 ქვეპუნქტის თანახმად ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი არის მკაცრად $\text{int } C$ - მონოტონური.

თუ სრულდება პირობა $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$, მაშინ $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int}(clB)$ და ისევ პუბლიკაცია [1]- ის თეორემა 1.11 -ის (g) პუნქტის 2 ქვეპუნქტის თანახმად, φ ფუნქციონალი არის მკაცრად C - მონოტონური. მეორე მხრივ, (1.8) განსაზღვრის თანახმად, გვაქვს:

$$\omega(y) = \varphi(y - y_\varepsilon) = \inf\{t \in R \mid y - y_\varepsilon \in tk^0 - clB\}.$$

რადგან $y - y_\varepsilon \in Y, \forall y \in Y$ და φ ფუნქციონალი მხოლოდ სასრულ მნიშვნელობებს ღებულობს Y -ზე, ამიტომ $\omega(y) = \varphi(y - y_\varepsilon) \in R, \forall y \in Y$, ე.ი. ω არის სასრული მნიშვნელობების მქონე ფუნქციონალი Y -ზე. თუ $\{y_n\}, n=1, 2, \dots$ არის $y \in Y$ ელემენტისაკენ კრებადი მიმდევრობა Y -ში, მაშინ $\omega(y_n) = \varphi(y_n - y_\varepsilon)$ და φ ფუნქციონალის უწყვეტობის გამო მართებულია ტოლობები:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \omega(y_n) = \lim_{n \rightarrow \infty} \varphi(y_n - y_\varepsilon) = \varphi(y - y_\varepsilon) = \omega(y).$$

უკანასკნელი ნიშნავს, რომ ω არის უწყვეტი ფუნქციონალი Y სივრცეზე. ვთქვათ, რომ $y_1, y_2 \in Y$ ელემენტები აკმაყოფილებენ $y_2 - y_1 \in \text{int } C \setminus \{0\} = \text{int } C$ პირობას. მაშინ ცხადია, რომ $(y_2 - y_\varepsilon) - (y_1 - y_\varepsilon) = y_2 - y_1 \in \text{int } C$ და, რადგან φ არის მკაცრად $\text{int } C$ -მონოტონური, ამიტომ $\varphi(y_1 - y_\varepsilon) < \varphi(y_2 - y_\varepsilon)$, ანუ $\omega(y_1) < \omega(y_2)$. ეს უკანასკნელი ნიშნავს, რომ ω ფუნქციონალი არის მკაცრად $\text{int } C$ -მონოტონური. ანალოგიურად მტკიცდება, რომ თუ φ არის მკაცრად C -მონოტონური, მაშინ ω ფუნქციონალი აგრეთვე არის მკაცრად C -მონოტონური.

ვანვენოთ ახლა, რომ მართებულია (1.9) უტოლობა. დავეშვათ წინააღმდეგი. მაშინ მოინახება $y \in \Omega$, რომლისთვისაც შესრულდება მკაცრი უტოლობა $\omega(y) + \varepsilon < \omega(y_\varepsilon)$. მეორე მხრივ, $\omega(y) = \varphi(y - y_\varepsilon)$, ამიტომ $\varphi(y - y_\varepsilon) + \varepsilon < \omega(y_\varepsilon)$ და $\omega(y_\varepsilon) = \varphi(0)$. ეს ნიშნავს, რომ უნდა სრულდებოდეს უტოლობა: $\varphi(y - y_\varepsilon) < \varphi(0) - \varepsilon$. ამიტომ, მოიძებნება ნამდვილი რიცხვი $t < \varphi(0) - \varepsilon$, რომელიც დააკმაყოფილებს უტოლობას $\varphi(y - y_\varepsilon) \leq t$, ანუ, პუბლიკაცია [1]-ის თეორემა 1.11-ის თანახმად, მართებული იქნება ჩართვა $y - y_\varepsilon \in tk^0 - clB$. გვაქვს:

$$y \in y_\varepsilon + (t + \varepsilon)k^0 - \varepsilon k^0 - clB = y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - (clB + (-\varepsilon - t)k^0). \quad (1.11)$$

მეორე მხრივ, $t + \varepsilon < \varphi(0)$. (1.1) პირობის თანახმად, რადგან $clB + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } B$, ამიტომ $clB + (0, \infty)k^0 \subset \text{int}(clB)$. უკანასკნელიდან, პუბლიკაცია [1]-ის თეორემა 1.11-ის (f) პუნქტისა და $fr(clB) = fr(B)$ ტოლობის გათვალისწინებით ვღებულობთ:

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

საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $\{y \in Y \mid \varphi(y) = 0\} = -frB$. რადგან $0 \in frB$, ამიტომ $\varphi(0) = 0$, ე.ი. $(-t - \varepsilon) > 0$. (1.1) პირობის თანახმად, $clB + (-\varepsilon - t)k^0 \subset \text{int } B$. რადგან $\text{int } B \subset B \setminus \{0\}$, ამიტომ სამართლიანია ჩართვა

$$clB + (-\varepsilon - t)k^0 \subset B \setminus \{0\}.$$

(1.11) - ის თანახმად, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $y \in y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - B \setminus \{0\}$. რადგან $y \in \Omega$, ამიტომ $\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - B \setminus \{0\}) \neq \emptyset$. ამით მივიღეთ წინააღმდეგობა იმ ფაქტთან დაკავშირებით, რომ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, B_{\varepsilon, k^0})$, ანუ მართებულია (1.9) უტოლობა #

განსაზღვრა 12. ვთქათ, რომ C არის კონუსი Y -ში, ხოლო $\omega: Y \rightarrow R$ - ნებისმიერი C -მონოტონური ფუნქციონალი, ე.ი. : $y_2 - y_1 \in C \Rightarrow \omega(y_1) \leq \omega(y_2)$. მაშინ $\text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, \omega})$ სიმრავლეს, განსაზღვრულს ტოლობით

$$\text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, \omega}) = \{y_\varepsilon \in \Omega \mid \omega(y_\varepsilon) \leq \omega(y) + \varepsilon, \forall y \in \Omega\},$$

ეწოდება Ω სიმრავლის ε - ეფექტურ წერტილთა ერთობლიობა ω ფუნქციონალის მიმართ.

თუ თეორემა 1.1 – ში ჩავთვლით, რომ $B = C$, მაშინ ავტომატურად სრულდება პირობა $0 \in frC$ და აღნიშნული თეორემა ჩამოყალიბდება შემდეგი სახით:

თეორემა 12. ვთქვათ, რომ $\Omega \subset Y$ არის არაცარიელი საკუთრივი ქვესიმრავლე, $C \subset Y$ – საკუთრივი კონუსი, $\text{int } C \neq \emptyset, k^0 \in \text{int } C, clC + \text{int } C \subset \text{int } C, \varepsilon \geq 0, \omega: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი განსაზღვრულია ტოლობით

$$\omega(y) = \varphi(y - y_\varepsilon) = \inf\{t \in R \mid y - y_\varepsilon \in tk^0 - clC\}$$

და $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, k^0})$. მაშინ ω არის სასრული მნიშვნელობების მქონე, უწყვეტი და მკაცრად $\text{int } C$ - მონოტონური ფუნქციონალი, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას

$$\omega(y_\varepsilon) \leq \omega(y) + \varepsilon, \forall y \in \Omega.$$

თუ სრულდება პირობა $clC + C \setminus \{0\} \subset \text{int } C$, მაშინ ω არის მკაცრად C - მონოტონური.

ვთქვათ ახლა, რომ $\forall y \in \Omega$ ელემენტისათვის მართებულია ჩართვა $y_\varepsilon - y \in C$. მაშინ აღვნიშნავთ შეიძლება ჰქონდეს ერთ შემთხვევას შემდეგი სახით: $y_\varepsilon - y = 0, y_\varepsilon - y \in \text{int } C, y_\varepsilon - y \in C \setminus \{0\}$. პირველ შემთხვევაში მართებულია ტოლობა $\omega(y) = \omega(y_\varepsilon)$, ხოლო მეორე და მესამე შემთხვევაში, თეორემა 12 –ის თანახმად, მართებულია მკაცრი უტოლობა $\omega(y) < \omega(y_\varepsilon)$. ეს ნიშნავს, რომ $y_\varepsilon - y \in C$ ჩართვიდან ყოველთვის გამომდინარეობს რომ $\omega(y) \leq \omega(y_\varepsilon)$, ანუ თეორემა 12. –ის თანახმად, $\omega: Y \rightarrow R$ არის C - მონოტონური ფუნქციონალი და სრულდება უტოლობა $\omega(y_\varepsilon) \leq \omega(y) + \varepsilon, \forall y \in \Omega$. რადგან $y_\varepsilon \in \Omega$, მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარეობს, რომ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, \omega})$. ამით სინამდვილეში დამტკიცდა, რომ მართებულია ჩართვა

$$\text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, k^0}) \subset \text{eff}(\Omega, C_{\varepsilon, \omega}).$$

თეორემა 13. ვთქვათ, რომ $\Omega, B \subset Y$ არის არაცარიელი საკუთრივი ქვესიმრავლეები, $\text{int } B \neq \emptyset, C \subset Y$ არის კონუსი, $\text{int } C \neq \emptyset, k^0 \in \text{int } C$ და $\varepsilon \geq 0$. ჩავთვალოთ, რომ $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$. დავუშვათ, რომ $y_\varepsilon \in \Omega$ ელემენტი აკმაყოფილებს პირობას:

$$\varphi(y_\varepsilon) \leq \varphi(y) + \varepsilon, \forall y \in \Omega. \quad (1.12)$$

მაშინ არსებობს ღია ქვესიმრავლე $D \subset Y$ ისეთი, რომ $0 \in frD, clD + C \setminus \{0\} \subset \text{int } D$ და მართებულია ჩართვა $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, D_{\varepsilon, k^0})$.

დამტკიცება. პირველ რიგში ვაჩვენოთ, რომ მოცემულ პირობებში clB არი საკუთრივი, ე.ი. $clB \neq Y$ და $0 \notin \text{int } C$. მართლაც, თუ $clB = Y$, მაშინ უნდა სრულდებოდეს პირობა $Y + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$. რადგან $Y + C \setminus \{0\} = Y$, ამიტომ უკანასკნელი ჩართვიდან ვღებულობთ, რომ $Y \subset \text{int } B$. რადგან $\text{int } B \subset B$, ამიტომ $Y \subset B$. რადგან $B \subset Y$, ამიტომ $B = Y$. ეს ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ B არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ $clB \neq Y$, ე.ი. $Y \setminus clB \neq \emptyset$, ე.ი. clB არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. თუ $0 \in \text{int } C$, მაშინ არსებობს $0 \in Y$ წერტილის მიდამო V ისეთი, რომ $V \subset \text{int } C$ [2]. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $V \subset C$. ამიტომ ნებისმიერი $y \in Y$ ელემენტისათვის მოიძებნება $t > 0$ ისეთი, რომ $ty \in V \subset C$, ე.ი. $y \in t^{-1}C$. რადგან C არის კონუსი და $t^{-1} > 0$, ამიტომ

$t^{-1}C \subset C$, ანუ $y \in C$, ე.ი. $Y \subset C$. რადგან $C \subset Y$, ამიტომ $C = Y$. აქედან გამომდინარეობს, რომ $\text{int } C = \text{int } Y = Y$. რადგან $\text{int } C \subset C \setminus \{0\}$, ამიტომ $Y \subset C \setminus \{0\}$, ანუ $clB + Y \subset clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$. ეს ნიშნავს, რომ $clB + Y \subset \text{int } B \subset B$. რადგან $clB + Y = Y$, ამიტომ უკანასკნელიდან ვასკენით, რომ $Y \subset B$. მეორე მხრივ, $B \subset Y$, ამიტომ $B = Y$. ეს ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ B არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y - ში. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ $0 \notin \text{int } C$. რადგან $\text{int } B \subset clB, \text{int } C \subset C \setminus \{0\}$ და $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$, ამიტომ $clB + \text{int } C \subset clB$, რადგან $C \subset Y$ არის კონუსი და $k^0 \in \text{int } C$, ამიტომ პუბლიკაცია [1]- ის ლემა 1.10 - ის 1 პუნქტის თანახმად, სრულდება პირობები:

$$\forall z \in Y, \exists t \in R : z + tk^0 \notin clB,$$

$$Rk^0 - clB = Y,$$

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

ისევე პუბლიკაცია [1]- ის თეორემა 1.11 -ის (b) და (c) პუნქტების თანახმად, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ φ ფუნქციონალი არის სასრული მნიშვნელობების მქონე, ხოლო ამავე თეორემის (f) პუნქტის თანახმად φ ფუნქციონალი უწყვეტია Y - ზე. რადგან $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$, აღნიშნული 1.11 -თეორემის (g) პუნქტის 2 ქვეპუნქტის თანახმად, φ ფუნქციონალი არის მკაცრად C - მონოტონური. განვიხილოთ სიმრავლე:

$$D = \{y \in Y \mid \varphi(y_\varepsilon - y) < \varphi(y_\varepsilon)\}.$$

რადგან სრულდება პირობა (1.1), ანუ $clB + (0, \infty)k^0 \subset \text{int } B$, ამიტომ პუბლიკაცია [1]- ის თეორემა 1.11 -ის (f) პუნქტის თანახმად მართებულია ტოლობები:

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) < t\} = tk^0 - \text{int } B, \forall t \in R, \quad (1.13)$$

$$\{y \in Y \mid \varphi(y) = t\} = tk^0 - frB, \forall t \in R. \quad (1.14)$$

(1.13) -დან გამომდინარეობს, რომ თუ $t_\varepsilon = \varphi(y_\varepsilon)$, მაშინ მართებულია ექვივალენტობა:

$$y \in D \Leftrightarrow y_\varepsilon - y \in t_\varepsilon k^0 - \text{int } B \Leftrightarrow y \in y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + \text{int } B.$$

აღნიშნული ექვივალენტობა ნიშნავს, რომ მართებულია ტოლობა: $D = y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + \text{int } B$. რადგან $\text{int } B$ არის ღია ქვესიმრავლე Y - ში, ამიტომ D აგრეთვე არის ღია ქვესიმრავლე Y - ში. მეორე მხრივ, clB არის ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y - ში, ამიტომ [1]- ში დასაბუთებული (1.20) ტოლობის თანახმად, მართებულია ტოლობა

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

საიდანაც, ისევე როგორც ზემოთ, φ ფუნქციონალის უწყვეტობის გათვალისწინებით, უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ ადგილი აქვს ტოლობებს:

$$clD = \{y \in Y \mid \varphi(y_\varepsilon - y) \leq \varphi(y_\varepsilon)\} = y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + clB.$$

(1.14) - დან ანალოგიურად ვღებულობთ, რომ მართებულია ატოლობებიც:

$$frD = fr\{y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + clB\} = \{y \in Y \mid \varphi(y_\varepsilon - y) = \varphi(y_\varepsilon)\}.$$

უკანასკნელი ტოლობიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $0 \in frD$, რადგან $\varphi(y_\varepsilon - 0) = \varphi(y_\varepsilon)$. მეორე მხრივ, გვაქვს $clD + C \setminus \{0\} = y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + clB + C \setminus \{0\}$. რადგან $clB + C \setminus \{0\} \subset \text{int } B$, ამიტომ $clD + C \setminus \{0\} = y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + clB + C \setminus \{0\} \subset y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + \text{int } B$. რადგან $y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + \text{int } B = D$, უკანასკნელი ჩართვიდან ვღებულობთ: $clD + C \setminus \{0\} \subset D$. გავიხსენოთ ახლა, რომ $y_\varepsilon \in \Omega$ ელემენტი აკმაყოფილებს (1.12) პირობას, საიდანაც გამომდინარეობს,

რომ, რომ მართებულია უტოლობა $\varphi(y) \geq \varphi(y_\varepsilon) - \varepsilon, \forall y \in \Omega$, ანუ $\varphi(y) \geq t_\varepsilon - \varepsilon, \forall y \in \Omega$.

ეს უკანასკნელი ნიშნავს, რომ არცერთი $y \in \Omega \subset Y$ ელემენტისათვის არ სრულდება მკაცრი უტოლობა $\varphi(y) < t_\varepsilon - \varepsilon$, რაც (1.13)-ის თანახმად, თავისთავად ნიშნავს, რომ $y \notin (t_\varepsilon - \varepsilon)k^0 - \text{int } B$. ამით სინამდვილეში დამტკიცდა, რომ მართებულია ტოლობა $\Omega \cap ((t_\varepsilon - \varepsilon)k^0 - \text{int } B) = \emptyset$. რადგან $y_\varepsilon - t_\varepsilon k^0 + \text{int } B = D$, ამიტომ სამართლიანია ტოლობა $(t_\varepsilon - \varepsilon)k^0 - \text{int } B = y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - D$, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - D) = \emptyset$. რადგან $y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - D \setminus \{0\} \subset y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - D$, ამიტომ

$$\Omega \cap (y_\varepsilon - \varepsilon k^0 - D \setminus \{0\}) = \emptyset.$$

1.1 განსაზღვრის თანახმად, უკანასკნელი ტოლობა ნიშნავს, რომ $y_\varepsilon \in \text{eff}(\Omega, D_{\varepsilon, k^0}) \#$

2. არასკალარული ოპტიმიზაციის სკალარიზაციის ზოგადი მეთოდები

ვექტორული მინიმიზაციის ამოცანის სკალარიზაცია ნიშნავს აღნიშნული ამოცანის დაყვანას ჩვეულებრივი ერთი ნამდვილი ფუნქციონალის მინიმიზაციაზე, ანუ ასეთ ამოცანათა ერთობლიობაზე დაყვანას. სკალარიზაცია მნიშვნელოვანია იმ აზრით, რომ ერთი ფუნქციონალის მინიმიზაციისათვის არსებობს რიცხვით მეთოდთა სოლიდური არსენალი. გასაგებია, რომ ვექტორული მინიმიზაციის ამოცანის სკალარიზაცია უშუალოდ გულისხმობს გარკვეული სიმრავლის ეფექტურ წერტილთა განსაზღვრას სტანდარტულ ექსტრემალურ ამოცანათა ამოხსნის საფუძველზე.

თეორემა 2.1. ვთქვათ, რომ Y არის წრფივი სივრცე, რომელიც ნაწილობრივ დალაგებულია არატრივიალური ამოხსნეილი მახვილი $C \subset Y$ კონუსით, $\Omega \subset Y$ არის არაცარიელი ქვესიმრავლე, ხოლო $\omega: Y \rightarrow \bar{R}$ - საკუთრივი ფუნქციონალი, რომლისთვისაც $\Omega \cap \text{dom } \omega \neq \emptyset$. დაუშვათ, რომ $y_0 \in \Omega$ ელემენტი აკმაყოფილებს პირობას:

$$\omega(y_0) \leq \omega(y), \forall y \in \Omega. \quad (2.1)$$

მაშინ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$, თუ სრულდება ერთი პირობა შემდეგი ორიდან:

1. $\omega: Y \rightarrow \bar{R}$ არის C - მონოტონური და $y_0 \in \Omega$ - ერთადერთი წერტილი, რომელიც აკმაყოფილებს (2.1) პირობას.
2. $\omega: Y \rightarrow \bar{R}$ არის მკაცრად C - მონოტონური $\Omega \cap \text{dom } \omega$ სიმრავლეზე.

დამტკიცება. წინასწარ შევნიშნოთ, რომ რადგან $\Omega \cap \text{dom } \omega \neq \emptyset$, ამიტომ მოიძებნება $\bar{y} \in \Omega \cap \text{dom } \omega$ ელემენტი, რომელისთვისაც $\omega(\hat{y}) < \infty$. რადგან $\hat{y} \in \Omega$, ამიტომ (2.1) - ის თანახმად $\omega(y_0) \leq \omega(\hat{y})$. ეს ნიშნავს, რომ $\omega(y_0)$ არის სასრული ნამდვილი რიცხვი, ე.ი. $y_0 \in \text{dom } \omega$. ვთქვათ, რომ $y_0 \notin \text{eff}(\Omega, C)$. მაშინ $\Omega \cap (y_0 - C) \neq \emptyset$, ე.ი. მოიძებნება ელემენტი $\bar{y} \in \Omega$ ისეთი, რომ $y_0 - \bar{y} \in C$. ვთქვათ, რომ $y_0 \neq \bar{y}$, ანუ $y_0 - \bar{y} \in C \setminus \{0\}$. დაუშვათ, რომ სრულდება 1 პუნქტის პირობები. მაშინ ω ფუნქციონალის C - მონოტონურობის გამო $\omega(\bar{y}) \leq \omega(y_0)$. უკანასკნელიდან, (2.1) -ის გათვალისწინებით, გამომდინარეობს, რომ ნებისმიერი $y \in \Omega$ ელემენტისათვის მართებულია უტოლობა $\omega(\bar{y}) \leq \omega(y)$. ეს ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ (2.1) უტოლობას ერთადერთი $y_0 \in \Omega$ ელემენტი აკმაყოფილებს. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$. მეორე მხრივ, რადგან $\omega(\bar{y}) \leq \omega(y_0)$, ამიტომ $\bar{y} \in \text{dom } \omega$, ე.ი. სრულდება პირობები: $y_0, \bar{y} \in \Omega \cap \text{dom } \omega, y_0 - \bar{y} \in C \setminus \{0\}$. ამიტომ, თუ სრულდება 2 პუნქტის პირობა, ადგილი უნდა ჰქონდეს $\omega(\bar{y}) < \omega(y_0)$ მკაცრ უტოლო-

ბას, რაც ეწინააღმდეგება (2.1) პირობას. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს, რომ ამ შემთხვევაშიც მართებულია ჩართვა $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C) \#$

შენიშვნა 2.1. ცხადია, თეორემა 2.1 მართებულია Ω სიმრავლის როლში განხილული ნებისმიერი $\Omega \cap (v-C)$ ტიპის სიმრავლისთვისაც, სადაც $v \in Y$ ელემენტი $\Omega \cap (v-C) \neq \emptyset$ პირობას აკმაყოფილებს. კერძოდ, რადგან $\Omega \neq \emptyset$ და $0 \in C$, ამიტომ ნებისმიერი $v \in \Omega$ ელემენტისათვის $\Omega \cap (v-C)$ სიმრავლე არ არის ცარიელი, ამიტომ თეორემა 2.1 მართებულია იმ შემთხვევაშიც, როცა Ω სიმრავლის როლში განიხილება სიმრავლე $\Omega \cap (v-C), v \in \Omega$. ამ შემთხვევაში პირობა (2.1) დებულობს სახეს:

$$\omega(y_0) \leq \omega(y), \forall y \in \Omega \cap (v-C). \quad (2.2)$$

გავიხსენოთ, რომ თუ Y არის ლოკალურად ამოხსნეილი წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, ხოლო C - კონუსი Y -ში, მაშინ C კონუსის შეუღლებული C^* კონუსი განისაზღვრება ტოლობით [3]:

$$C^* = \{y^* \in Y^* \mid \langle y^*, y \rangle \geq 0, \forall y \in C\}. \quad (2.3)$$

C^* კონუსის კვაზი შიგა ნაწილი $C^\#$ განისაზღვრება ტოლობით:

$$C^\# = \{y^* \in C^* \mid \langle y^*, y \rangle > 0, \forall y \in C \setminus \{0\}\}. \quad (2.4)$$

გასაგებია, რომ ნებისმიერი $\omega \in C^*$ ფუნქციონალი არის C - მონოტონური, რადგან თუ $y_2 - y_1 \in C$, მაშინ, C^* სიმრავლის განსაზღვრის თანახმად, გვაქვს: $\omega(y_2 - y_1) = \omega(y_2) - \omega(y_1) \geq 0$, ანუ $\omega(y_1) \leq \omega(y_2)$. ანალოგიურად, ნებისმიერი $\omega \in C^\#$ ფუნქციონალი არის მკაცრად C - მონოტონური, რადგან თუ $y_2 - y_1 \in C \setminus \{0\}$, მაშინ $C^\#$ სიმრავლის განსაზღვრის თანახმად გვაქვს: $\omega(y_2 - y_1) = \omega(y_2) - \omega(y_1) > 0$, ანუ $\omega(y_1) < \omega(y_2)$.

ლემა 2.1. ვთქვათ, რომ Y არის ჰუსდორფის ტიპის ლოკალურად ამოხსნეილი წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, $C \subset Y$ - ამოხსნეილი კონუსი არაცარიელი კვაზი შიგა ნაწილით და $\Omega \subset Y$ - არაცარიელი ქვესიმრავლე. მაშინ მართებულია ექვივალენტობა:

$$y_0 \in \text{eff}(\Omega, C) \Leftrightarrow \exists v \in \Omega, \omega \in C^\# : \min_{y \in \Omega \cap (v-C)} \langle \omega, y \rangle = \langle \omega, y_0 \rangle. \quad (2.5)$$

დამტკიცება. თუ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$, მაშინ მართებულია ტოლობა $\Omega \cap (y_0 - C \setminus \{0\}) = \emptyset$, მაგრამ $\Omega \cap (y_0 - C) = \{y_0\}$, რადგან $y_0 \in \Omega$ და $y_0 \in y_0 - 0 \in y_0 - C$. ამიტომ $v = y_0 \in \Omega$ ელემენტისა და ნებისმიერი $\omega \in C^\#$ ფუნქციონალისათვის გვაქვს:

$$\min_{y \in \Omega \cap (v-C)} \langle \omega, y \rangle = \min_{y \in \Omega \cap (y_0 - C)} \langle \omega, y \rangle = \min_{y \in \{y_0\}} \langle \omega, y \rangle = \langle \omega, y_0 \rangle.$$

ეს, ცხადია, ნიშნავს, რომ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C) \Rightarrow \exists v \in \Omega, \omega \in C^\# : \min_{y \in \Omega \cap (v-C)} \langle \omega, y \rangle = \langle \omega, y_0 \rangle$.

პირიქით, თუ არსებობს ელემენტები $v \in \Omega, \omega \in C^\#$, რომელთათვისაც

$$\min_{y \in \Omega \cap (v-C)} \langle \omega, y \rangle = \langle \omega, y_0 \rangle,$$

მაშინ სრულდება პირობა $\langle \omega, y_0 \rangle \leq \langle \omega, y \rangle, y \in \Omega \cap (v-C)$, ანუ სრულდება პირობა (2.2), ანუ მართებულია უტოლობა $\omega(y_0) \leq \omega(y), y \in \Omega \cap (v-C)$. რადგან $\omega \in C^\#$ არის მკაცრად C - მონოტონური, ამიტომ თეორემა 2.1 -დან შენიშვნა 2.1 -ს გათვალისწინებით ვასკენით, რომ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$. ამრიგად, მართებულია შებრუნებული იმპლიკაციაც:

$\exists v \in \Omega, \omega \in C^\# : \min_{y \in \Omega \cap (v-C)} \langle \omega, y \rangle = \langle \omega, y_0 \rangle \Rightarrow y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$, ანუ მართებულია (2.5) ექვი-

ვალენტობა #

განსაზღვრა 2.1. ვთქვათ, რომ Ω არის ქვესიმრავლე Y წრფივ სივრცეში, ხოლო C - ამოზნექილი კონუსი Y -ში. ვიტყვი, რომ Ω არის C -ამოზნექილი, თუ $\Omega + C$ არის ამოზნექილი ქვესიმრავლე Y -ში.

თეორემა 2.2. ვთქვათ, რომ Y არის ჰუსდორფის ტიპის ლოკალურად ამოზნექილი წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე [4], $C \subset Y$ - არაცარიელი ამოზნექილი მახვილი კონუსი, ხოლო Ω - არაცარიელი C -ამოზნექილი ქვესიმრავლე Y -ში, რომლისთვისაც $\text{int}(\Omega + C) \neq \emptyset$. მაშინ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$ ელემენტისათვის მოინახება ფუნქციონალი $y^* \in C^* \setminus \{0\}$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობას:

$$\langle y^*, y_0 \rangle \leq \langle y^*, y \rangle, \forall y \in \Omega. \quad (2.6)$$

დამტკიცება. წინასწარ შევნიშნოთ, რომ რადგან $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$, ამიტომ სამართლიანია ტოლობა $\Omega \cap (y_0 - C) = \{y_0\}$. ვახვეთ, რომ სამართლიანია აგრეთვე ტოლობაც

$$(\Omega + C) \cap (y_0 - C) = \{y_0\}. \quad (2.7)$$

გასაგებია, რომ რადგან $0 \in C$, ამიტომ სამართლიანია ჩართვა $y_0 \in (\Omega + C) \cap (y_0 - C)$. ვახვეთ, რომ $(\Omega + C) \cap (y_0 - C)$ სიმრავლე არ შეიცავს y_0 ელემენტისაგან განსხვავებულ ელემენტს. დაუშვათ წინააღმდეგი. მაშინ მოიძებნება ელემენტი $\bar{y} \in Y$, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობებს: $\bar{y} \neq y_0, \bar{y} \in \Omega + C, \bar{y} \in y_0 - C$. ეს ნიშნავს, რომ არსებობს ელემენტები $\hat{y} \in \Omega, c_1, c_2 \in C$, რომეთათვისაც სამართლიანი იქნება ტოლობები:

$$\bar{y} = \hat{y} + c_1, \bar{y} = y_0 - c_2.$$

რადგან $\bar{y} \neq y_0$, ამიტომ $c_2 \neq 0$ და სამართლიანია ტოლობა $\hat{y} = y_0 - (c_1 + c_2)$. რადგან C კონუსი არის ამოზნექილი, ამიტომ $c = c_1 + c_2 \in C$. გარდა აღნიშნულისა, $c \neq 0$. მართლაც, თუ $c = 0$, მაშინ $c_1 = -c_2 \in -C \setminus \{0\}$. რადგან $c_1 \in C$, უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $c_1 \in (-C \cap C) \setminus \{0\}$. უკანასკნელი ჩართვა ეწინააღმდეგება იმ გარემოებას, რომ C არის მახვილი კონუსი. ამრიგად, დადგინდა, რომ მართებულია თანადობები $\hat{y} = y_0 - c \in y_0 - C, \hat{y} \in \Omega, \hat{y} \neq y_0$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $\Omega \cap (y_0 - C)$ სიმრავლე შეიცავს Ω სიმრავლის y_0 ელემენტისაგან განსხვავებულ \hat{y} ელემენტს, რაც თავისთავად ეწინააღმდეგება იმ ფაქტს, რომ $y_0 \in \text{eff}(\Omega, C)$. მიღებული წინააღმდეგობა ამტკიცებს (2.7) ტოლობის სამართლიანობას, რომელიც, თავის მხრივ, ნიშნავს, რომ $y_0 \in \text{eff}(\Omega + C, C)$. მოცემულობის თანახმად $\Omega + C$ არის ამოზნექილი ქვესიმრავლე ლოკალურად ამოზნექილ Y წრფივ ტოპოლოგიურ სივრცეში, ამასთან $\text{int}(\Omega + C) \neq \emptyset$. ცნობილი ფაქტის თანახმად, $\text{int}(\Omega + C)$ არის ამოზნექილი $\Omega + C$ სიმრავლის ამოზნექილობის გამო. მეორე მხრივ, $\{y_0\} \cap \text{int}(\Omega + C) = \emptyset$, რადგან $y_0 \in \text{eff}(\Omega + C, C)$. გეომეტრიული ფორმით ფორმულირებული ხანი-ბანახის თეორემის გამოყენებით [5], შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მოიძებნება არანულოვანი წრფივი და უწყვეტი ფუნქციონალი $y^* \in Y^* \setminus \{0\}$, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობებს:

$$\langle y^*, y_0 \rangle \leq \langle y^*, y + c \rangle, \forall y \in \Omega, \forall c \in C. \quad (2.8)$$

რადგან $y_0 \in \Omega$, ამიტომ (2.8)- დან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ სამართლიანია უტოლობა $\langle y^*, y_0 \rangle \leq \langle y^*, y_0 \rangle + \langle y^*, c \rangle, \forall c \in C$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ მართებულია აგრეთვე უტოლობა $\langle y^*, c \rangle \geq 0, \forall c \in C$, ე.ი. $y^* \in C^*$. რადგან $y^* \neq 0$, ამიტომ $y^* \in C^* \setminus \{0\}$. რადგან $0 \in C$, ამიტომ (2.8) უტოლობიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $\langle y^*, y_0 \rangle \leq \langle y^*, y \rangle, \forall y \in \Omega$, ე.ი. სამართლიანია უტოლობა (2.6) #

თეორემა 2.3. ვთქვათ, რომ Y არის წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, $\Omega, B \subset Y$ - არაციკლიკური კვესიმრავლეები, ხოლო $\omega: Y \rightarrow R$ - მკაცრად B - მონოტონური ფუნქციონალი. ვთქვათ, რომ $y_0 \in \Omega$ ელემენტი აკმაყოფილებს პირობას

$$\omega(y_0) \leq \omega(y), \forall y \in \Omega, \quad (2.9)$$

ხოლო $H = \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) < \omega(y_0)\}$. მაშინ $B \setminus \{0\} \subset H$ და $y_0 \in \text{eff}(\Omega, H)$. კერძოდ, $y_0 \in \text{eff}(\Omega, B)$. გარდა აღნიშნულისა, სამართლიანია დებულებები:

1. თუ ω ამოხსნეკილია, მაშინ H არის მკაცრად ამოხსნეკილი;
2. თუ $0 \in \text{cl}(B \setminus \{0\})$, მაშინ $0 \in \text{fr}H$.
3. თუ ω უწყვეტია, მაშინ H არის ღია და $\text{cl}H + (B \setminus \{0\}) \subset H$;
4. თუ ω არის წრფივი ფუნქციონალი, მაშინ $H \cup \{0\}$ არის ამოხსნეკილი კონუსი;

დამტკიცება. შევნიშნოთ, რომ $0 \notin H$, რადგან არ სრულდება მკაცრი უტოლობა $\omega(y_0 - 0) = \omega(y_0) < \omega(y_0)$. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ სამართლიანია იგივეობა $H \equiv H \setminus \{0\}$. განვიხილოთ ნებისმიერი ელემენტი $y \in B \setminus \{0\}$. მაშინ $y \in Y$ და $y_0 - (y_0 - y) = y \in B \setminus \{0\}$. რადგან $\omega: Y \rightarrow R$ არის მკაცრად B - მონოტონური ფუნქციონალი, ამიტომ $\omega(y_0 - y) < \omega(y_0)$. ეს, ცხადია, ნიშნავს, რომ $y \in H$. ამით დამტკიცდა ჩართვა $B \setminus \{0\} \subset H$. ვაჩვენოთ, რომ სამართლიანია ტოლობა $\Omega \cap (y_0 - H) = \emptyset$. დავუშვათ წინააღმდეგი. მაშინ არსებობს $\bar{y} \in \Omega$, რომელიც წარმოიადგინებს $\bar{y} = y_0 - h$ ტოლობის სახით, სადაც $h \in H$ და $h \neq 0$, რადგან $0 \notin H$. ამრიგად, $h = y_0 - \bar{y} \in H$. უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $\omega(y_0 - (y_0 - \bar{y})) < \omega(y_0)$. ე.ი. სამართლიანი უნდა იყოს უტოლობა $\omega(\bar{y}) < \omega(y_0)$. რადგან $\bar{y} \in \Omega$, მიღებული უტოლობა ეწინააღმდეგება (2.9) პირობას, ე.ი. მართებულია ტოლობა $\Omega \cap (y_0 - H) = \emptyset = \Omega \cap (y_0 - H \setminus \{0\})$. ამით დამტკიცდა $y_0 \in \text{eff}(\Omega, H)$ ჩართვაც. დავუშვათ, რომ $\omega: Y \rightarrow R$ ფუნქციონალი არის ამოხსნეკილი. ვაჩვენოთ, რომ ამ შემთხვევაში H სიმრავლე არის მკაცრად ამოხსნეკილი. მართლაც. ვთქვათ, რომ $y_1, y_2, \alpha \in (0, 1)$. მაშინ სამართლიანია უტოლობები:

$$\begin{aligned} \alpha \omega(y_0 - y_1) &< \alpha \omega(y_0), \\ (1 - \alpha) \omega(y_0 - y_1) &< (1 - \alpha) \omega(y_0), \\ \forall \alpha &\in (0, 1), \end{aligned}$$

საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ

$$\begin{aligned} \alpha \omega(y_0 - y_1) + (1 - \alpha) \omega(y_0 - y_1) &< \alpha \omega(y_0) + (1 - \alpha) \omega(y_0) = \omega(y_0), \\ \forall \alpha &\in (0, 1) \end{aligned}$$

$\omega: Y \rightarrow R$ ფუნქციონალის ამოხსნეკილობის გამო მართებულია უტოლობა

$$\begin{aligned} \alpha\omega(y_0 - y_1) + (1-\alpha)\omega(y_0 - y_1) &\geq \omega(\alpha(y_0 - y_1) + (\forall \alpha \in (0,1)1-\alpha)(y_0 - y_1)) = \\ &= \omega(y_0 - (\alpha y_1 + (1-\alpha)y_2)), \forall \alpha \in (0,1). \end{aligned}$$

ამრიგად, ადგილი აქვს მკაცრ უტოლობას: $\omega(y_0 - (\alpha y_1 + (1-\alpha)y_2)) < \omega(y_0), \forall \alpha \in (0,1)$. რადგან $\alpha y_1 + (1-\alpha)y_2 \in H, \forall \alpha \in (0,1)$, უკანასკნელი უტოლობა ნიშნავს, რომ $\forall \alpha \in (0,1)$ ელემენტისათვის მართებულია ჩართვა $\alpha y_1 + (1-\alpha)y_2 \in H$, ე.ი. H არის მკაცრად ამოხსნეკილი, ანუ მართებულია დებულება 1. რადგან $B \setminus \{0\} \subset H$, ამიტომ $cl(B \setminus \{0\}) \subset clH$ [6]. უკანასკნელიდან გამომდინარეობს, რომ $0 \in cl(B \setminus \{0\})$, მაშინ $0 \in clH$. რადგან $0 \notin H$, ამიტომ $0 \in clH \setminus H = frH$. ამით დამტკიცდა დებულება 2 -ს მართებულობაც. ვახვენოთ ახლა დებულება 3-ის სამართლიანობა. განვიხილოთ სიმრავლე $Y \setminus H = \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \geq \omega(y_0)\}$. დავუშვათ, რომ $\{y_n\}_1^\infty \subset Y \setminus H$ არის $\bar{y} \in Y$ ელემენტისაკენ კრებადი მიმდევრობა. მაშინ სამართლიანია უტოლობები $\omega(y_0 - y_n) \geq \omega(y_0), n = 1, 2, \dots$ რადგან ω არის უწყვეტი ფუნქციონალი, უკანასკნელი უტოლობიდან ვღებულობთ: $\lim_{n \rightarrow \infty} \omega(y_0 - y_n) = \omega(y_0 - \bar{y}) \geq \omega(y_0)$, ანუ $\bar{y} \in Y \setminus H$.

უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $Y \setminus H$ არის ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y სივრცის ტოპოლოგიაში, ე.ი. H არის ღია ქვესიმრავლე Y -ში. მეორე მხრივ, სამართლიანია ჩართვა $H \subset \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$, ამიტომ $clH \subset cl\{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$. ω ფუნქციონალის უწყვეტობის გამო, $\{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$ არის ჩაკეტილი ქვესიმრავლე Y -ში, ე.ი. $cl\{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\} = \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$. ამრიგად, სამართლიანია ჩართვა $clH \subset \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$. ვახვენოთ, რომ მართებულია აგრეთვე ჩართვა $clH + (B \setminus \{0\}) \subset H$. ვთქვათ, რომ $u \in clH + (B \setminus \{0\})$. მაშინ მოინახება $y \in clH$ და $v \in B \setminus \{0\}$ ელემენტები, რომელთათვისაც $u = y + v$. გვაქვს: $(y_0 - y) - (y_0 - y - v) = v \in B \setminus \{0\}$. რადგან ω არის მკაცრად B -მონოტონური, ამიტომ მართებულია მკაცრი უტოლობა $\omega(y_0 - y - v) < \omega(y_0 - y)$. რადგან $y \in clH$ და $clH \subset \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$, ამიტომ $y \in \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)\}$, ანუ მართებულია არამკაცრი უტოლობა $\omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)$. ამრიგად, მართებულია უტოლობები: $\omega(y_0 - y - v) < \omega(y_0 - y) \leq \omega(y_0)$, ანუ $\omega(y_0 - (y + v)) < \omega(y_0)$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $u = y + v \in H$ ე.ი. მართებულია ჩართვა $clH + (B \setminus \{0\}) \subset H$. ამით დამტკიცდა დებულება 3 -ის მართებულობა. თუ ω არის წრფივი ფუნქციონალი, მაშინ სამართლიანია ტოლობა

$$\begin{aligned} H &= \{y \in Y \mid \omega(y_0 - y) < \omega(y_0)\} = \{y \in Y \mid \omega(y_0) - \omega(y) < \omega(y_0)\} = \\ &= \{y \in Y \mid \omega(y) > 0\}. \end{aligned}$$

რადგან წრფივი ფუნქციონალი ამოხსნეკილიც არის და $y \in H, t > 0$ ელემენტებისათვის სამართლიანია უტოლობა $t\omega(y) = \omega(ty) > 0$, ამიტომ $ty \in H$, ხოლო $H \cup \{0\}$ არის ამოხსნეკილი კონუსი. ამით დამტკიცდა მე - 4 დებულების სამართლიანობა #

თეორემა 24. ვთქვათ, რომ Y არის ჰუსდორფის ტიპის ლოკალურად ამოხსნეკილი წრფივი ტოპოლოგიური სივრცე, $B \subset Y$ - საკუთრივი ჩაკეტილი ქვესიმრავლე არაცარიელი შიგა ნაწილით, $0 \in frB$, ხოლო $\Omega \subset Y$ - არაცარიელი ქვესიმრავლე. დავუშვათ, რომ სრულდება ერთი პირობა მაინც შემდეგი ორიდან:

- a. არსებობს კონუსი $C \subset Y$ არაცარიელი შიგა ნაწილით, რომლისთვისაც მართებულია ჩართვა $B + \text{int } C \subset B$;
- b. B არის ამოხსნეკილი და არსებობს ელემენტი $k^0 \in Y \setminus \{0\}$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს: $B + R_+ k^0 \subset B, B + Rk^0 = Y$.

მაშინ $y_0 \in Y$ ელემენტი არის $\Omega \subset Y$ სიმრავლის სუსტად ეფექტური წერტილი B სიმრავლის მიმართ მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც არსებობს უწყვეტი ფუნქციონალი $\omega: Y \rightarrow R$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს:

$$\omega(y_0 - y) < 0 = \omega(y_0) \leq \omega(v), \forall y \in \text{int } B, \forall v \in \Omega. \quad (2.10)$$

დამტკიცება. ვთქვათ, რომ $D \subset Y$ არის არაცარიელი საკუთრივი და ჩაკეტილი ქვესიმრავლე არაცარიელი შიგა ნაწილით, ხოლო არაცარიელი ქვესიმრავლე $\Omega \subset Y$ აკმაყოფილებს $\Omega \cap (-\text{int } D) = \emptyset$ პირობას. ჩავთვალოთ, რომ სრულდება ერთი მაინც შემდეგი ორიდან:

1. არსებობს კონუსი $C \subset Y$, რომლისთვისაც $k^0 \in \text{int } C$ და $D + \text{int } C \subset D$;
2. D არის ამოხსნეკილი და სრულდება პირობები:

$$D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0, Rk^0 - D = Y, k^0 \in Y \setminus \{0\}. \quad (2.11)$$

მაშინ $\varphi(u) = \inf \{t \in R \mid u \in tk^0 - D\}$ ტოლობით განსაზღვრული $\varphi: Y \rightarrow \bar{R}$ ფუნქციონალი არის უწყვეტი და სასრული მნიშვნელობების მქონე [1], რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს:

$$\varphi(-u) < 0 \leq \varphi(v), \forall u \in \text{int } D, \forall v \in \Omega. \quad (2.12)$$

ვთქვათ, რომ $y_0 \in Y$, $B \subset Y$ ქვესიმრავლე აკმაყოფილებს თეორემა (2.4)-ში მოთხოვნილ პირობებს და $D \subset Y$ განისაზღვრება ტოლობით $D = B - y_0$. რადგან B არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y -ში, ამიტომ $D = B - y_0 \neq Y$, რადგან წინააღმდეგ შემთხვევაში სამართლიანი იქნებოდა ტოლობები $B = y_0 + Y = Y$, რაც ეწინააღმდეგება პირობას იმის შესახებ, რომ B არ არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y -ში. აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ D აგრეთვე არის საკუთრივი ქვესიმრავლე Y -ში. სამართლიანია ტოლობა $\text{int}(B - y_0) = \text{int } B - y_0$. მართლაც, მართებულია ჩართვა $\text{int } B - y_0 \subset B - y_0$. რადგან $\text{int } B$ არის არაცარიელი ღია ქვესიმრავლე Y -ში, ამიტომ $\text{int } B - y_0$ აგრეთვე არის არაცარიელი ღია ქვესიმრავლე Y -ში. რადგან $\text{int}(B - y_0)$ არის მაქსიმალური ღია ქვესიმრავლე $B - y_0$ -ში, ამიტომ $\text{int } B - y_0 \subset \text{int}(B - y_0)$. თუ $y \in \text{int}(B - y_0)$, მაშინ მიიწინააღმდეგება ელემენტი $b \in B$ და $0 \in Y$ წერტილის ღია მიდამო U , რომლებიც დააკმაყოფილებენ პირობებს: $y = b - y_0, y + U = b + U - y_0 \subset B - y_0$. უკანასკნელიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $b + U \subset B$, ე.ი. $b \in \text{int } B$, რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ მართებულია ჩართვა $y \in \text{int } B - y_0$, ანუ $\text{int}(B - y_0) \subset \text{int } B - y_0$. ამრიგად მართებულია ტოლობა $\text{int}(B - y_0) = \text{int } B - y_0$. უკანასკნელიდან უშუალოდ გამომდინარეობს, რომ $\text{int } D = \text{int } B - y_0 \neq \emptyset$. გასაგებია, რომ $D = B - y_0$ ქვესიმრავლე ჩაკეტილიც არის B სიმრავლის ჩაკეტილობის გამო. ამრიგად, $D = B - k^0$ არის არაცარიელი საკუთრივი ჩაკეტილი ქვესიმრავლე არაცარიელი შიგა ნაწილით Y -ში. თუ სრულდება პირობა a, მაშინ არსებობს კონუსი $C \subset Y$ არაცარიელი შიგა ნაწილით, რომლისთვისაც მართებულია ჩართვა $B + \text{int } C \subset B$; ეს ნიშნავს, რომ არსებობს ელემენტი $k^0 \in \text{int } C$ და მართებულია ჩართვა $B - y_0 + \text{int } C \subset B - y_0$, ე.ი. $D + \text{int } C \subset D$, ანუ სრულდება პირობა 1. თუ სრულდება პირობა b, მაშინ $D = B - y_0$ აგრეთვე არის ამოხსნეკილი B სიმრავლის ამოხსნეკილობის გამო და სრულდება პირობები

$$B - y_0 + R_+ k^0 \subset B - y_0, B - y_0 + Rk^0 = Y - y_0 = Y, k^0 \in Y \setminus \{0\},$$

რაც თავისთავად ნიშნავს, რომ $D + tk^0 \subset D, \forall t \geq 0, -D - Rk^0 = -Y, k^0 \in Y \setminus \{0\}$. რადგან $R = -R, Y = -Y$, ამიტომ $Rk^0 - D = Y$. ამით დამტკიცდა, რომ აღნიშნულ შემთხვევაში სრულდება პირობა 2.

ვთქვათ, რომ $y_0 \in Y$ ელემენტი არის $\Omega \subset Y$ სიმრავლის სუსტად ეფექტური წერტილი B სიმრავლის მიმართ, ე.ი. სრულდება ტოლობა $\Omega \cap (y_0 - \text{int } B) = \emptyset$. ეს ნიშნავს, რომ მართებულია ტოლობა $\Omega \cap (-\text{int } D) = \emptyset$. მოყვანილი მსჯელობიდან გამომდინარეობს, რომ აღნიშნული a და b პირობებიდან ერთის ან ერთდრულად ორივეს შესრულების შემთხვევაში მოიძებნება $k^0 \in Y \setminus \{0\}$ ელემენტი და უწყვეტი ფუნქციონალი $\omega = \varphi: Y \rightarrow R, \omega(y) = \inf \{t \in R \mid y \in tk^0 + y_0 - B\}$, რომელიც აკმაყოფილებს პირობებს (2.12) პირობებს: $\omega(-u) < 0 \leq \omega(v), \forall u \in \text{int } B - y_0, \forall v \in \Omega$. მეორე მხრივ, გვაქვს: $\omega(y_0) = \inf \{t \in R \mid y_0 \in tk^0 + y_0 - B\} = \inf \{t \in R \mid 0 \in tk^0 - B\}$. რადგან $0 \in \text{fr } B$, ამიტომ ცხადია, რომ $0 \in Y$ არის $(-B)$ სიმრავლის საზღვრის წერტილიც, ამიტომ ნებისმიერი $tk^0 \neq 0$ არანულოვანი ვექტორით წაძრული $(-B)$ სიმრავლე, ანუ $tk^0 - B$ ქვესიმრავლე არ შეიძლება შეიცავდეს Y სივრცის ნულოვან წერტილს. ეს ნიშნავს, რომ $0 \in tk^0 - B$ ხართვა სამართლიანია ერთადერთ შემთხვევაში, როდესაც $t = 0$. ამით ფაქტიურად დამტკიცდა, რომ $\omega(y_0) = \inf \{t \in R \mid 0 \in tk^0 - B\} = 0$. მოყვანილი მსჯელობიდან ვსკვნით, რომ სრულდება (2.10) პირობები, ე.ი. სრულდება პირობები:

$$\omega(y_0 - y) < 0 = \omega(y_0) \leq \omega(v), \forall y \in \text{int } B, \forall v \in \Omega.$$

ვთქვათ, ახლა, რომ სრულდება პირობა (2.10). მაშინ ცხადია, რომ მართებულია მკაცრი უტოლობა $\omega(y_0 - y) < \omega(v), \forall y \in \text{int } B, \forall v \in \Omega$. უკანასკნელი, ცხადია, ნიშნავს, რომ მოიძებნება ნამდვილი რიცხვი τ , ისეთი, რომ შესრულდება უტოლობები:

$$\omega(y_0 - y) \leq \tau, \forall (y_0 - y) \in y_0 - \text{int } B, < \omega(v) > \tau, \forall v \in \Omega,$$

რაც, თავის მხრივ, ნიშნავს, რომ $y_0 - \text{int } B$ და Ω სიმრავლეებს საერთო ელემენტები არა აქვთ, ანუ $\Omega \cap (y_0 - \text{int } B) = \emptyset$. რადგან $y_0 \in \Omega$, უკანასკნელი ნიშნავს, რომ $y_0 \in Y$ არის Ω სიმრავლის სუსტად ეფექტური წერტილი B სიმრავლის მიმართ #

ნაშრომში მიღებული შედეგების ანალიტიკური დებულებები სასრულ განზომილებიანი $Y = R^n$ სივრცის, $C = R_+^n$ კონუსისა და სპეციფიკური $\omega: Y \rightarrow R$ ფუნქციონალი-სათვის დასაბუთებულია პუბლიკაცია [7] - ში.

შენიშვნა 2.2. გასაგებია, რომ არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანებისათვის $\Omega \subset Y$ არაცარიელი ქვესიმრავლე განისაზღვრება ტოლობით

$$\Omega = F(U) = \{y \in Y \mid y = F(x), x \in U\},$$

სადაც U არის დასაშვებ ალტერნატივათა არაცარიელი ერთიბლიობა X წრფივ ტოპოლოგიურ სივრცეში, ხოლო F - ასახვა X ტოპოლოგიური სივრციდან კონუსით ნაწილობრივ დალაგებულ Y წრფივ ტოპოლოგიურ სივრცეში. აქედან გამომდინარეობს, რომ Ω სიმრავლის სტრუქტურა არსებითად განისაზღვრება $F: X \rightarrow Y$ ასახვის სტრუქტურით. გარდა აღნიშნულისა, თუ $B = C$, სადაც C არის ამოზნექილი, ჩაკეტილი მახვილი კონუსი არაცარიელი შიგა ნაწილით, მაშინ ყოველთვის სრულდება $0 \in \text{fr } B$ და $c \in B + \text{int } C \subset \text{int } B$ პირობები, რადგან სრულდება ტოლობა $C \cap (-C) = \{0\}$ და მართებულია ხართვა $C + \text{int } C \subset \text{int } C$.

**არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების აპროქსიმაციისა და
სკალარიზაციის შესახებ**

ვ. მაისურაძე, მ. სალუკვაძე, ვ. გაბისონია

რეზიუმე

ნაშრომში განსაზღვრულია კრიტერიალურ სივრცეში მოცემული ქვესიმრავლის მიახლოებითი ეფექტური წერტილის ცნება. შესწავლილია აღნიშნული სიმრავლის ეფექტურ წერტილთა მიახლოებით ეფექტურ წერტილთა სიმრავლით აპროქსიმაციის საკითხები. გარდა აღნიშნულისა, განხილულია ეფექტურ წერტილთა სიმრავლის აგების მეთოდები სტანდარტული ექსტრემალური ამოცანების ამოხსნის საფუძველზე. მიღებულია თეორიული შედეგები, რომლებიც არსებითად ეყრდნობა ავტორების მიერ ადრე ჩატარებულ გამოკვლევებს არააუცილებლად ამოხსნილ სიმრავლეთა განცალკევადობის შესახებ, არსებითად გამოიყენება არასკალარული ოპტიმიზაციის ამოცანების აპროქსიმაციისა და სკალარიზაციისათვის.

**TO APPROXIMATION AND SCALARIZATION OF NONSCALAR
OPTIMIZATION PROBLEMS**

V. MAISURADZE, M. SALUKVADZE, V.GABISONIA

Summary

The concept of approximate effective point of given subset of criterial space is defined in the paper. The approximation issues of the set of effective points of reference set by the set of approximate effective points are studied. Besides foregoing, the methods of generation of the set of effective points on the basis of standard extremal problems solution are considered. Obtained theoretical results, which substantially rely on preceding investigations of the authors about separability of nonnecessarily convex sets are substantially applied to approximation and scalarization of the problems of nonscalar optimization.

**ОБ АПРОКСИМАЦИИ И СКАЛЯРИЗАЦИИ ЗАДАЧ НЕСКАЛЯРНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ**

В. МАЙСУРАДЗЕ, М. САЛУКВАДЗЕ, В. ГАБИСОНИЯ

Резюме

В работе определено понятие приближенной эффективной точки множества, заданного в критериальном пространстве. Изучены вопросы аппроксимации множества эффективных точек заданного множества множеством приближенных эффективных точек. Кроме вышесказанного, рассмотрены методы построения множества эффективных точек на основе решения стандартных экстремальных задач. Полученные теоретические результаты, которые существенно опираются на исследования о разделимости необязательно выпуклых множеств, проведенные ранее авторами, существенно используются для аппроксимации и скаляризации задач несклярной оптимизации.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. ვ.მაისურაძე, მ.სალუქვაძე, ვ.გაბისონია. არააუცილებლად ამონეკილ სიმრავლეთა განცალკევადობა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. 2012 წ. №16, გვ.7-30.
2. Рудин У. Функциональный анализ. Москва, Мир, 1975.
3. Экланд И., Темам Р. Выпуклый анализ и вариационные проблемы. Москва, Мир, 1979.
4. Варга Дж. Оптимальное управление дифференциальными и функциональными уравнениями. Москва, Наука, 1977.
5. Алексеев В. М., Тихомиров В.М., Фомин С.В. Оптимальное управление. Москва, Наука, 1979.
6. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. Москва, Наука, 1972.
7. Майсурадзе В.Г., Чернявский И.В. Аппроксимация парето-оптимальных решений (Препринт). Тбилиси : Мецниერება. - 1991.

MODEL VALIDATION AT IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF NONSTATIONARY SYSTEMS

B. SHANSHIASHVILI, M. SALUKVADZE

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

1. Introduction

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 [3-10]).

In some works [11-13] the problem of parametric identification of linear dynamic systems with variable parameters is considered at the determined input influences. The system of the linear ordinary differential equations of a normal kind is considered as a structure of model of the linear dynamic systems.

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

In this work [13] more complex structure of linear dynamic non-stationary system is considered, when direct observation of the state vector of system is not possible. The developed algorithm of parametrical identification is used for identification of non-stationary system of the second order.

In the given work the question of the model validation which is constructed by means of identification method developed in work [13] is investigated.

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, whose components are k times continuously differentiable functions.

2. Parametric identification

Let's consider the observable dynamic system which is described by the system of linear ordinary differential equations of a normal form [14] which is represented in the state space equations form:

$$\begin{aligned} \dot{\mathbf{x}}(t) &= \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{u}(t), \\ \mathbf{y} &= \mathbf{C}\mathbf{x}, \end{aligned} \quad (1)$$

where

$$\begin{aligned} \mathbf{u}(t) &= (u_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{x}(t) &= (x_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{y}(t) &= (y_i(t))_{i=1}^n, \\ \mathbf{A}(t) &= (a_{ik}(t))_{i,k=1}^n, \\ \mathbf{C} &= (c_{ik})_{i,k=1}^n, \end{aligned} \quad (2)$$

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

If \mathbf{C} is nonsingular matrix, then

$$\mathbf{x} = \mathbf{C}^{-1}\mathbf{y}. \quad (3)$$

Considering (3) in (1), we shall receive:

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} + \mathbf{u}^*(t), \quad (4)$$

where

$$\begin{aligned} \mathbf{A}^*(t) &= \mathbf{CA}(t)\mathbf{C}^{-1}, \\ \mathbf{u}^*(t) &= \mathbf{Cu}(t). \end{aligned} \quad (5)$$

Admit that by the results of a priori information and observation of the system's input –output is known: matrix \mathbf{C} , the input vector $\mathbf{u}: I \rightarrow R^n$ and the output vectors $\mathbf{y}_k: I \rightarrow R^n$ ($k=1,2,\dots,n$) which are the solutions of the system (5) at different initial conditions. It is required to determine an unknown continuous matrix $\mathbf{A}: I \rightarrow R^{n \times n}$. Thus, it is meant that fundamental matrix of the solutions of homogeneous system which corresponds to non-homogeneous system (5)

$$\dot{\mathbf{y}} = \mathbf{A}^*(t)\mathbf{y} \quad (4_0)$$

is unknown.

As $\mathbf{y}_k: I \rightarrow R^n$ ($k=1,2,\dots,n$) - the solution of the equation (4), we have:

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

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

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

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

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

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

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

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

It is true [13]:

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

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

Proof of this theorem is given in [13].

The algorithm of identification of variable parameters of the linear dynamic systems described by the system of differential equations (1) consists in the following:

- we approximate experimental data received, by the results of the observation of the system's input – output, by continuous and continuously differentiated functions;
- we make vectors $\mathbf{u}(t)$, and $\mathbf{y}_k(t)$ ($k=1,2,\dots,n$);
- we compose matrix $\mathbf{Y}(t)$ as (7), and matrix $\mathbf{U}^*(t)$ as (8);
- we calculate a determinant of the matrix $\mathbf{Y}(t)$ and we determine an interval I_0 , where $\det \mathbf{Y}(t) \neq 0$;
- we determine a matrix of variable coefficients $\mathbf{A}(t)$ in I_0 by the formula (10).

In the work [13] peculiarities of the parametric identification by the developed algorithm on the example of a system of the second order is considered. System with two inputs and two outputs is described by the following system of the differential equations:

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

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

Here

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

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix}, \mathbf{C} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}.\tag{13}$$

It is supposed, that after system's input - output observation it is received

$$\mathbf{u}(t) = \begin{pmatrix} 3-2t \\ -4+3t \end{pmatrix},\tag{14}$$

$$\mathbf{y}_1(t) = \begin{pmatrix} 1+t \\ t+t^2 \end{pmatrix},\tag{15}$$

$$\mathbf{y}_2(t) = \begin{pmatrix} 2t \\ 1+t^2 \end{pmatrix},\tag{16}$$

and a priori is known:

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}.\tag{17}$$

Using the formula (10), as a result of some calculations, it is received, that:

$$\mathbf{A}(t) = \begin{pmatrix} \frac{6-t}{1-t^2} & \frac{5}{1-t^2} \\ \frac{7}{1-t^2} & -\frac{6+t}{1-t^2} \end{pmatrix}\tag{18}$$

and

$$I_0 = I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[.\tag{19}$$

Thus, the model constructed by means of developed identification algorithm, is represented by the system of equations:

$$\dot{x}_1 = \frac{6-t}{1-t^2}x_1 + \frac{5}{1-t^2}x_2 + u_1(t),\tag{20}$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{7}{1-t^2}x_1 - \frac{6+t}{1-t^2}x_2 + u_2(t),$$

$$y_1 = 3x_1 + 2x_2,\tag{21}$$

$$y_2 = 4x_1 + 3x_2.$$

3. Model validation

Construction of a model by methods of system identification is reduced to several stages [12]. A stage of model's check and confirmation follows stages of the model's structure choice and parameter estimation. Check and confirmation of the model are closely connected with the estimation: upon termination of the procedure estimation within the limits of the fixed model structure, and definition of the "best" model it is necessary to find out, in what degree the model really "explains" the behavior of the system, i.e. adequately represents the system.

The model can be confirmed by some methods [15]. The principal method among them is comparison of output signals of the system and of the model, and introduction of a certain formal measure of the received mistake when the same signal influences on the inputs of system and on the model.

In the given work, on the basis of the developed algorithm [13], the model of the non-stationary system of the second order at the certain input and output variables of the system have been constructed. With a view to confirm the model we shall determine output variables of the constructed model at the same input signals acting on the system.

We shall present model (20), (21) in the matrix form (1), where the matrix $A(t)$ is defined by the expression (18):

$$\begin{pmatrix} \dot{x}_1(t) \\ \dot{x}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{6-t}{1-t^2} & \frac{5}{1-t^2} \\ -\frac{7}{1-t^2} & -\frac{6+t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3-2t \\ -4+t \end{pmatrix}, \quad (22)$$

$$\begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}.$$

Taking into account (3), (5), (14), (17), let's rewrite system (22) in the equations form (4):

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1(t) \\ \dot{y}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{6-t}{1-t^2} & \frac{5}{1-t^2} \\ -\frac{7}{1-t^2} & -\frac{6+t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3-2t \\ -4+t \end{pmatrix}. \quad (23)$$

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

$$\begin{pmatrix} \dot{y}_1(t) \\ \dot{y}_2(t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \\ \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 \\ t \end{pmatrix}. \quad (24)$$

We shall solve Cauchy's problem for the equation (24) by the method of arbitrary constants variation at initial conditions:

$$\mathbf{y}(t_0) = \mathbf{c}_0, \quad \mathbf{c}_0 \in R^2. \quad (25)$$

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

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}(t, t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{C}(t, \tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau, \quad (26)$$

where matrix function $\mathbf{C}(t, t_0)$ is Cauchy's matrix of the homogeneous system, which corresponds to the non-homogeneous system (24).

It is known, that

$$\mathbf{C}(t, \tau) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau), \quad (27)$$

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

$$\mathbf{Y}_0(t) = \begin{pmatrix} 1 & t \\ t & 1 \end{pmatrix} \quad (28)$$

and

$$\mathbf{Y}_0^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{1-t^2} & -\frac{t}{1-t^2} \\ -\frac{t}{1-t^2} & \frac{1}{1-t^2} \end{pmatrix}. \quad (29)$$

Since

$$\det \mathbf{Y}_0(t) \neq 0 \quad \forall t \in I, \quad (30)$$

therefore

$$I =]-\infty, -1[\cup]-1, 1[\cup]1, +\infty[\quad (31)$$

and input and output variables are determined in the interval (31).

Substituting expression (27) in (26), we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(t_0)\mathbf{c}_0 + \int_{t_0}^t \mathbf{Y}_0(t)\mathbf{Y}_0^{-1}(\tau)\mathbf{u}(\tau)d\tau. \quad (32)$$

At $t_0 = 0$ and $\mathbf{c}_0 = \begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \end{pmatrix}$, from (32), after series of calculations, we shall receive:

$$\mathbf{y}(t) = \begin{pmatrix} c_1 + c_2 t + t \\ c_1 t + c_2 + t^2 \end{pmatrix}. \quad (33)$$

Determining output vectors of the model (24) with the help (33) at initial conditions

$$\mathbf{y}(0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (34)$$

and

$$\mathbf{y}(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (35)$$

we shall receive, that they are defined by the expressions (15) and (16).

To initial conditions (34), (35) of an output vector corresponds initial conditions of a state vector:

$$\mathbf{x}(0) = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}, \quad (36)$$

$$\mathbf{x}(0) = \begin{pmatrix} -2 \\ 3 \end{pmatrix} \quad (37)$$

and to the expressions (15) and (16) of the output vector correspond expressions of a state vector:

$$\mathbf{x}_1(t) = \begin{pmatrix} 1 + 3t - 2t^2 \\ -1 - 4t + 3t^2 \end{pmatrix}, \quad (38)$$

$$\mathbf{x}_2(t) = \begin{pmatrix} -3 + 6t - 2t^2 \\ 3 - 8t + 3t^2 \end{pmatrix}. \quad (39)$$

Thus, the output vectors of the model (22), at the matrix of coefficients (18), at the input vector (14), at the initial conditions (36) and (37), are defined by the expressions (15) and (16) and exactly coincide

with the output vectors of the system when giving on the system and the model one and the same input signals.

4. Conclusion

In the given work the question of the model validation which is constructed by means of identification method developed in the earlier work [13] is investigated.

In that work the problem of parametric identification is set, as in the certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary differential equations.

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

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

მოდელის დადასტურება ერთი კლასის არასტაციონარული სისტემების იდენტიფიკაციისას

ბ. შანშიაშვილი, მ. სალუკვაძე

რეზიუმე

განხილულია წრფივი არასტაციონარული დინამიკური სისტემების მოდელის დადასტურების საკითხი მეორე რიგის სისტემების იდენტიფიკაციის მაგალითზე. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა დასმულია როგორც წრფივი ჩვეულებრივი დიფერენციალური განტოლებების კომის ამოცანის გარკვეული აზრით შებრუნებული ამოცანა ნახევნობა, რომ სისტემის შესავალ და გამოსავალი ცვლადების შესახებ არსებული ზუსტი ინფორმაციის არსებობისას აგებული მოდელის გამოსავალი სიგნალები ემთხვევა სისტემის გამოსავალ სიგნალებს მათ შესავალზე ერთი და იგივე სიგნალების მიწოდებისას.

MODEL VALIDATION AT IDENTIFICATION OF ONE CLASS OF NONSTATIONARY SYSTEMS

B. SHANSHIASHVILI, M. SALUKVADZE

Summary

The problem of model validation of linear nonstationary dynamic systems is considered on the example of the second order system identification. The problem of parametric identification is stated as, in a certain sense, an inverse problem of Cauchy's problem for linear ordinary equations. It is shown, that at the existence of the exact information on input and output variables of the system, the output signals of model coincide with output signals of system when the same signals are given on their inputs.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ МОДЕЛИ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОДНОГО КЛАССА НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ

В. ШАНШИАШВИЛИ, М. САЛУКВАДЗЕ

Резюме

Рассматривается задача подтверждения линейных нестационарных динамических систем на примере идентификации системы второго порядка. Задача параметрической идентификации ставится как, в определенном смысле, обратная задача задачи Коши для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. Показано, что при существовании точной информации о входных и выходных переменных системы, выходные сигналы модели совпадают с выходными сигналами системы при подаче на их входах одних и тех же сигналов.

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. Niedzwiecki, M. Locally Adaptive Cooperative Kalman Smoothing and its Application to Identification of Nonstationary Stochastic Systems. Signal Processing, IEEE Transactions on. 2012, Vol. 60, No. 1, pp. 48-59.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Кигурадзе И. Начальные и краевые задачи для систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Том I. Линейная теория. Тбилиси: Мецниереба, 1997. 214 с.
15. Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя. М.: Наука, 1991.

სავაჭრო ფირმის ოპტიმალური გეგმის გაანგარიშება სიმაღლეს მეთოდით

დ. სინარაძე, ვ. მაისურაძე

dali_sx@yahoo.com; wmaisuradze@yahoo.com

სავაჭრო ფირმის ოპტიმალური გეგმის გაანგარიშების დროს მთავარი ამოცანაა გასაყიდი საქონლის სახეობის და საერთო მოცულობის განსაზღვრა იმ მოსაზრებით, რომ ხარჯების გაწევის რისკი იყოს მინიმალური. ჩამოვყალიბოთ ეს ამოცანა მათემატიკურად. შემოვიღოთ შემდეგი აღნიშვნები: იყოს $x_i, i = 1, 2, \dots, n$, i -ური საქონლის მოცულობა, რომელიც უნდა განისაზღვროს წინასწარ მოცემული შემდეგი პარამეტრების მნიშვნელობებისათვის [1]:

a_{ki} - k - ური კვალიფიკაციის შრომის დანახარჯების ნორმატივები i -ური

საქონლის ერთეულზე, $k = 1, \dots, K; i = 1, 2, \dots, n$;

a_k - k - ური კვალიფიკაციის შრომითი რესურსების მოცულობა, $k = 1, \dots, K$;

s_i -სავაჭრო დარბაზების ფართობის დანახარჯების ნორმატივი i -ური საქონლის ერთეულზე;

S - ფირმის სავაჭრო დარბაზების საერთო ფართობი;

p_i - i -ური საქონლის ერთეულის საშუალო ფასი;

P - ფირმის შემოსავლის ქვედა ზღვარი;

q_i - i -ური საქონლის მოცულობის ქვედა ზღვარი;

c_i -დანახარჯები i -ური საქონლის ერთეულზე

α -ფიქსირებული გადასახადი დაქირავებულ ფართზე;

ამ აღნიშვნებში სავაჭრო ობიექტის ოპტიმალური დაგეგმვის ამოცანა შეიძლება ჩაიწეროს, როგორც წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანა შემდეგნაირად:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i - c_i)x_i - \alpha}{\sum_{i=1}^n c_i x_i + \alpha} \rightarrow \max \quad (1)$$

შემდეგ შეზღუდვებში:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_{ki} x_i &\leq a_k, k = 1, \dots, K \\ \sum_{i=1}^n s_i x_i &\leq S, \\ \sum_{i=1}^n p_i x_i &\geq P, \\ x_i &\geq q_i \geq 0, i = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (2)$$

(1) ფუნქციონალის მაქსიმიზაცია ეკონომიკური თვალსაზრისით ნიშნავს, რომ საქონლის შერჩევა მოხდეს ისე, რომ მოგების შეფარდება დანახარჯებთან იყოს მაქსიმალური, რაც ამცირებს რისკს კაპიტალის დაბანდების დროს. (1) ფუნქციონალის მნიშვნელოვანი დადებითია, ამიტომ მისი ნებისმიერი დონის წირი წრფივია დასაშვებ ამონახსნთა (2) სიმრავლეზე და, როგორც ცნობილია, თუ წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანას აქვს ოპტიმალური ამოხსნა, მაშინ (2)-ის ერთ-ერთი კიდურა წერტილი მაინც იქნება ოპტიმალური.

შემოვიღოთ აღნიშვნები:

$$A = \|a_{ki}\|,$$

$$p = (p_1, p_2, \dots, p_n)^T, q = (q_1, q_2, \dots, q_n)^T, s = (s_1, s_2, \dots, s_n)^T, x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T,$$

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_n)^T, a = (a_1, a_2, \dots, a_n)^T; d = p - c;$$

$$k = 1, \dots, K; i = 1, \dots, n;$$

ამ აღნიშვნებში ამოცანა ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\max \left\{ \frac{d^T x - \alpha}{c^T x + \alpha} \right\},$$

$$x \in M = \left\{ x \in R^n; Ax \leq a; p^T x \geq P; s^T x \leq S; x_i \geq 0; \right\}$$

მოვახდინოთ ცვლადთა გარდაქმნა [2]:

$$\rho = \frac{1}{c^T x + \alpha}$$

ამის შემდეგ მიზნის ფუნქციას ექნება სახე:

$$\sum_{i=1}^n d_i x_i \rho - \alpha \rho.$$

თუ შევასრულებთ კიდევ ერთ გარდაქმნას $y_i = x_i \rho, i = 1, 2, \dots, n$, მაშინ ელემენტარული გარდაქმნების შედეგად წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანას ექნება შემდეგი სახე:

$$\max \{ d^T y - \alpha \rho \},$$

სადაც

$$Ay - a\rho \leq 0,$$

$$c^T y + \alpha\rho = 1,$$

$$0 \leq y \in R^n, 0 \leq \rho \in R$$

ეს კი წრფივი პროგრამირების ამოცანაა $n+1$ ცვლადის მიმართ, იგი შეიძლება ამოიხსნას სიმპლექს-მეთოდით. (1)-(2) სახით დასმული ამოცანის ამოხსნა გვაძლევს პასუხს ორ კითხვაზე: 1) საქონლის რომელი სახეობის არჩევა არის ნაკლებად სარისკო; 2) რა მოცულობით უნდა იყოს აღებული საქონელი, რომ მოგების შეფარდება დანახარჯთან იყოს მაქსიმალური.

მაგალითად, ფირმამ უნდა აირჩიოს სავაჭრო ობიექტის პროფილი-უნდა გადაწვევტოს, რომელი ტიპის საქონლით ივაჭროს-ტანსაცმლით, თუ სარეცხი საშუალებებით. ორივე შემთხვევაში ჩავწერთ ამოცანას (1)-(2) სახით, ამოვხსნით და ფუნქციონალის მაქსიმალური მნიშვნელობების შედარებით მივიღებთ გადაწყვეტილებას.

განვიხილოთ მაგალითი. სიმარტივისათვის ვთქვათ, სავაჭრო ფირმამ უნდა განსაზღვროს სამი სხვადასხვა საქონლის გასაყიდი საერთო მოცულობა x_1, x_2, x_3 . ვთქვათ, თითოეული სახეობისთვის საჭიროა ორი სხვადასხვა კვალიფიკაციის შრომითი რესურსი-გადატან-გადმოტანა ფირმის კუთვნილ ტერიტორიაზე და მოტანა ტრანსპორტით სხვა ობიექტებიდან. x_1 საქონლის საქონელბრუნვის ერთეულის შესანახად საჭიროა $0,5 \text{ მ}^2$ ფართობი, x_2 -თვის -1 მ^2 , x_3 -თვის $-0,25 \text{ მ}^2$.

შრომის დანახარჯების მატრიცა $A = \begin{pmatrix} 5 & 6 & 4 \\ 10 & 20 & 100 \end{pmatrix}$,

საქონელბრუნვის ერთეულის ფასების ვექტორი იყოს $p = \begin{pmatrix} 100 \\ 120 \\ 200 \end{pmatrix}$

დანახარჯების ვექტორი $c = \begin{pmatrix} 80 \\ 90 \\ 180 \end{pmatrix}$; $a = \begin{pmatrix} 1800 \\ 5000 \end{pmatrix}$; $q = \begin{pmatrix} 25 \\ 20 \\ 15 \end{pmatrix}$; $\alpha = 1200$; $P = 7900$; δ

მონაცემებით ამოცანა დებულობს სახეს:

$$\begin{aligned} & \frac{20x_1 + 30x_2 + 20x_3 - 1200}{80x_1 + 90x_2 + 180x_3 + 1200} \rightarrow \max \\ & 5x_1 + 6x_2 + 4x_3 \leq 1800 \\ & 10x_1 + 20x_2 + 100x_3 \leq 5000 \\ & 0,5x_1 + x_2 + 0,25x_3 \leq 500 \\ & 100x_1 + 120x_2 + 200x_3 \geq 7900 \\ & x_1 \geq 25 \\ & x_2 \geq 20 \\ & x_3 \geq 15 \end{aligned} \quad (3)$$

(3) შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} & -5x_1 - 6x_2 - 10x_3 + 395 \leq 0 \\ & 5x_1 + 6x_2 + 4x_3 - 1800 \leq 0 \\ & x_1 + 2x_2 + 10x_3 - 500 \leq 0 \\ & x_1 \geq 25 \\ & x_2 \geq 20 \\ & x_3 \geq 15 \end{aligned} \quad (4)$$

გასაგებია, რომ თუ $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$, მაშინ

$$\begin{aligned} & (x_1 + 2x_2 + 10x_3) - (0,5x_1 + x_2 + 0,25x_3) = \\ & = 0,5x_1 + x_2 + 9,75x_3 \geq 0, \end{aligned}$$

საიდანაც გამომდინარეობს, რომ $(x_1 + 2x_2 + 10x_3) \geq (0,5x_1 + x_2 + 0,25x_3)$. ამიტომ, თუ სრულდება პირობა $x_1 + 2x_2 + 10x_3 - 500 \leq 0$, რომელიც (3) სისტემის მეორე უტოლობის შეკვეციით მიიღება, მაშინ ავტომატურად სრულდება $0,5x_1 + x_2 + 0,25x_3 - 500 \leq 0$ პირობაც. აქედან გამომდინარეობს, რომ (3) უტოლობებიდან უნდა გამოირიცხოს უტოლობა

$$0,5x_1 + x_2 + 0,25x_3 - 500 \leq 0.$$

ცხადია, რომ

$$f(x) = \frac{20x_1 + 30x_2 + 20x_3 - 1200}{80x_1 + 90x_2 + 180x_3 + 1200} = \frac{2x_1 + 3x_2 + 2x_3 - 120}{8x_1 + 9x_2 + 18x_3 + 120}. \quad (5)$$

შემოვიღოთ ახალი ცვლადი:

$$y_4 = \frac{1}{8x_1 + 9x_2 + 18x_3 + 120}. \quad (6)$$

მაშინ ცხადია, რომ $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$ პირობებში სამართლიანია უტოლობა $y_4 > 0$. გარკვეულობისათვის ჩავთვალოთ, რომ $y_4 \geq 0,001$, რაც ეკონომიკურად იმას ნიშნავს, რომ საქონლის რაოდენობა შემოსაზღვრულია ზემოდანაც. ასევე შეგვიძლია

მოვითხოვთ, რომ სრულდებოდეს უტოლობა $y_4 \leq \frac{1}{120}$, რადგან ჩვენს შემთხვევაში მართებულია უტოლობა

$$\frac{1}{8x_1 + 9x_2 + 18x_3 + 120} \leq \frac{1}{120}. \quad (7)$$

შემოვიღოთ ცვლადები:

$$y_1 = x_1 y_4, y_2 = x_2 y_4, y_3 = x_3 y_4.$$

ამრიგად, აღნიშნულ პირობებში უნდა სრულდებოდეს უტოლობები:

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0, y_4 > 0.$$

მიღებულ აღნიშვნებში ვღებულობთ წრფივი პროგრამირების ამოცანას, რომელიც ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\begin{aligned} & \min_{(y_1, y_2, y_3, y_4) \in Y} (-2y_1 - 3y_2 - 2y_3 + 120y_4), \\ & Y = \left\{ y \in \mathbb{R}^4 \left| \begin{array}{l} -5y_1 - 6y_2 - 10y_3 + 395y_4 \leq 0 \\ 5y_1 + 6y_2 + 4y_3 - 1800y_4 \leq 0 \\ y_1 + 2y_2 + 10y_3 - 500y_4 \leq 0 \\ -y_1 + 25y_4 \leq 0 \\ -y_2 + 20y_4 \leq 0 \\ -y_3 + 15y_4 \leq 0 \\ 8y_1 + 9y_2 + 18y_3 + 120y_4 = 1 \\ 0 \leq y_1 \\ 0 \leq y_2 \\ 0 \leq y_3 \\ 0.001 \leq y_4 \leq 1/120 \end{array} \right. \right\} \end{aligned} \quad (8)$$

ვთქვათ,

$$y = (y_1, y_2, y_3, y_4)^T, c = (-2, -3, -2, 120), b = (0, 0, 0, 0, 0, 0)^T$$

$$A = \begin{pmatrix} -5 & -6 & -10 & 395 \\ 5 & 6 & 4 & -1800 \\ 1 & 2 & 10 & -500 \\ -1 & 0 & 0 & 25 \\ 0 & -1 & 0 & 20 \\ 0 & 0 & -1 & 15 \end{pmatrix},$$

$$\partial = (0, 0, 0, 0.001)^T, \gamma = (\infty, \infty, \infty, 1/120)^T, r = (8, 9, 18, 120)$$

მაშინ ამოცანა (8) ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$\begin{aligned} & \min_{y \in Y} \langle c, y \rangle, \\ & Y = \{ y \in \mathbb{R}^4 \mid Ay \leq b, ry = 1, \partial \leq y \leq \gamma \}. \end{aligned} \quad (9)$$

ცხადია, რომ თუ $\bar{y} = (\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4)^T$ არის (9) ამოცანის ამონახსნი, მაშინ საწყისი ამოცანის ოპტიმალური ამონახსნი $\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3)^T$ განისაზღვრება ტოლობით:

$$\bar{x} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3)^T = \left(\frac{\bar{y}_1}{\bar{y}_4}, \frac{\bar{y}_1}{\bar{y}_4}, \frac{\bar{y}_1}{\bar{y}_4} \right)^T.$$

ჩვენ ამოვხსენით (9) ამოცანა პროგრამა MATLAB-ის საშუალებით. მიღებული ოპტიმალური ამონახსნია $x_1 = 25; x_2 = 410/9; x_3 = 15$.

სავაჭრო ფირმის ოპტიმალური გეგმის ბაანბარიშება სიმპლექს მეთოდით

დ. სიხარულიძე, ვ. მაისურაძე

რეზიუმე

სავაჭრო ფირმის ოპტიმალური პროფილის განსაზღვრის ამოცანა დაყვანილია წილად-წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე, რომელიც გარკვეული გარდაქმნებით [2] დაიყვანება წრფივი პროგრამირების ამოცანაზე. ამოხსნის ალგორითმი ილუსტრირებულია მარტივი მაგალითით.

COMPUTATION OF COMMERCIAL FIRM OPTIMAL PLAN BY SIMPLEX-METHOD

D. SIKHARULIDZE, W. MAISURADZE

Summary

The problem of commercial firm optimal type determination is turned to the problem of linear-fractional programming, which by certain transformations [2] is turned to the linear programming problem. The solution algorithm is illustrated by simple example.

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНА ТОРГОВОЙ ФИРМЫ СИМПЛЕКС-МЕТОДОМ

Д. СИХАРУЛИДЗЕ, В. МАЙСУРАДЗЕ

Резюме

Задача определения оптимального профиля торговой фирмы сведена к задаче дробно-линейного программирования, которая определенными преобразованиями [2] сводится к задаче линейного программирования. Алгоритм решения задачи иллюстрируется на простом примере.

ლიტერატურა-REFERENCES-ЛИТЕРАТУРА

1. იოსავა ჯ., დავითაია ა. ეკონომიკურ-მათემატიკური მეთოდების გამოყენება ვაჭრობის მართვასა და დაგეგმვაში. თბილისი, თსუ-ს გამომცემლობა, 1985.
2. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления и приложения. М.: Радио и связь, 1992.

**ამონახსნების არაინტერაქტიული შეფასების შესახებ ვიქტორული
ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის იტერაციულ მეთოდში**

ბ. კილასონია

neli.kilasonia@science.org.ge

ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის არაერთმნიშვნელოვნებიდან გამომდინარე, არსებობს მისი ამოხსნის მრავალი მეთოდი და ახალი მეთოდების დამუშავება დღესაც მიმდინარეობს. უნდა ხაზი გაესვას, რომ დღესდღეობით უპირატესად მუშავდება ინტერაქტიული ტიპის ალგორითმები, ანუ ისეთი ალგორითმები, რომლებიც გულისხმობენ დიალოგს „ადამიანი-კომპიუტერი“ და რომლებშიც ინფორმაციის გაცვლის შედეგად, ერთის მხრივ ადამიანსა (გადაწყვეტილების მიმღები პირი, გმპ) და მეორეს მხრივ კომპიუტერს (უფრო სწორედ კი ალგორითმს) შორის, ეტაპობრივად ხდება შედეგის დაზუსტება მისი მაქსიმალურად გაუმჯობესების მიზნით.

ინტერაქტიული მიდგომის დომინირების მიზეზები აშკარაა: ამ შემთხვევაში მომხმარებლისათვის (გადაწყვეტილების მიმღები პირი, გმპ), პირადი ჩართულობის გამო, საბოლოო ამონახსნის სანდოობა გაცილებით მაღალია და ამასთან ძალიან მნიშვნელოვანია ის ფაქტორიც, რომ დიალოგის პროცესში მიმდინარეობს თავად გადაწყვეტილების მიმღები პირის ადაპტაცია მოდელთან, მის მიერ თავისივე პრიორიტეტების გაცნობიერება და ამგვარად ხდება თავად მოდელის „დაზუსტება“ – ადგილი აქვს თავისებურ „შემხვედრ მოძრაობას“ მეთოდსა და გმპ-ს შორის. მკვლევართა აზრით, მომავალი სწორედ ინტერაქტიულ მიდგომას ეკუთვნის. ზოგიერთი ასეთი ინტერაქტიული მეთოდი და მათი კომპიუტერული რეალიზაცია მოყვანილია, მაგალითად, ნაშრომებში [1], [2], [3].

მიუხედავად იმისა, რომ უმრავლეს შემთხვევაში, ინტერაქტიული მიდგომის უპირატესობა უდავოა, ჩვენი აზრით, გასათვალისწინებელია ზოგიერთი ასპექტი, რომელიც მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული. კერძოდ: ახალი მეთოდების კონსტრუირებისას უნდა გათვალისწინებული იქნას პიროვნული ფაქტორი, ანუ გააზრებული იქნას თუ რა ტიპის მომხმარებელზეა გათვლილი ესა თუ ის ალგორითმი. ინტერაქტიული ალგორითმი ეფექტურია იმ შემთხვევაში, როდესაც მომხმარებელი არის სპეციალისტი ტექნიკისა თუ ეკონომიკის იმ დარგში, სადაც წარმოიშვა ის პრაქტიკული პრობლემა, რომლის მათემატიკურ აღწერასაც წარმოადგენს განსახილველი ვექტორული ოპტიმიზაციის ამოცანა, თუმცა იმ შემთხვევაში, როდესაც მომხმარებელი კარგად იცნობს არა თავად პრაქტიკულ ამოცანას, არამედ მის მათემატიკურ მოდელს, ინტერაქტიული მიდგომის ეფექტურობა კლებულობს.

ქვემოთ მოყვანილი იქნება ალგორითმი, რომელიც გათვალისწინებულია სწორედ ამ ტიპის მომხმარებელზე. მეთოდი არ არის ინტერაქტიული. ის არ მოითხოვს მომხმარებლის ჩარევას ამოცანის ამოხსნის პროცესში. ხაზგასასმელია, რომ ამასთან, ალგორითმი იტერაციულია – ამონახსნების ეტაპობრივი დაზუსტებას ადგილი აქვს, მაგრამ ალგორითმის მიერვე, გმპ-ს ჩაურევლად, წინასწარ დადგენილი შეფასებების პრინციპების საფუძველზე.

ვექტორული ოპტიმიზაციის დეტერმინირებული ამოცანაა:

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

კომპონენტებია კრიტერიუმები $q_i(x)$, $i = \overline{1, k}$, შეზღუდვებია $h_j(x)$, $j = \overline{1, m}$, და $x = (x_1, \dots, x_n)^T$ - საძიებელი ვექტორია.

ჩვენი ალგორითმი ძალიან ზოგადად შემდგენილია აღიწერება:

საწყის ეტაპზე ერთკრიტერიული ამოცანების ამოხსნის საშუალებით გამოითვლება თითოეული ცალკეული კრიტერიუმის ოპტიმალური და ყველაზე უარესი მნიშვნელობები, შესაბამისად: $q^0_i(x)$, $i = \overline{1, k}$ და $q^w_i(x)$, $i = \overline{1, k}$.

იდეალური მანძილის მინიმიზაციის მეთოდის [4] გამოყენებით გამოითვლება პირველი კომპრომისული ამონახსნი, სალუქვადის წერტილი, რომლის შესაბამისი კრიტერიუმების მნიშვნელობებია $q^1_i(x)$, $i = \overline{1, k}$.

ამ საწყისი მნიშვნელობების გამოთვლის შემდეგ იწყება საკუთრივ იტერაციული პროცედურა: ყოველ l -ურ იტერაციაზე ხდება მიმდინარე ამონახსნებისათვის $q_i^l(x)$, $i=\overline{1,k}$, გარკვეული კოეფიციენტის გამოთვლა, რომელიც ასახავს კრიტერიუმის მიღებული მნიშვნელობის მიახლოებას შესაბამის ოპტიმალურ მნიშვნელობასთან. ეს კოეფიციენტებია:

$$ko_i^l = \frac{|q_i^0(x) - q_i^l(x)|}{|q_i^o(x) - q_i^w(x)|} \quad i=\overline{1,k} \quad (1)$$

რის შემდეგაც ko_i^l კოეფიციენტების ურთიერთშედარების გზით ალგორითმი ახდენს მათ დაყოფას სამ სიმრავლედ ზრდადობის მიხედვით. შესაბამისი ინდექსთა ჯგუფები იქნება G_L^l , G_K^l , G_A^l .

უმცირესი მნიშვნელობების მქონე კოეფიციენტების ko_i^l , $i=\overline{1,k}$ კრიტერიუმთა ინდექსების სიმრავლეს G_L^l , მოცემული ალგორითმი აღიქვამს, როგორც იმ სიმრავლეს, რომლის შესაბამისი კრიტერიუმების მნიშვნელობები დასაშვებია გაუარესდეს, G_K^l -ს შემთხვევაში – უცვლელი დარჩეს, ხოლო G_A^l -ს შემთხვევაში – გაუმჯობესდეს.

ამის შემდეგ, მსგავსად მეთოდისა, რომელიც განხილულია ნაშრომში [1], ყალიბდება მოდიფიცირებული ამოცანა:

$$\min R(x),$$

$$R(x) = \sum_{x \in \bar{D}} \sum_{i \in G_L^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^0} - 1 \right)^2 + \sum_{i \in G_K^l} \left(\frac{q_i(x)}{q_i^l} - 1 \right)^2, \quad (2)$$

$$\bar{D} = D \cap D^l, \quad D^l = \{x, q_i(x) \geq q_i^l(x), i \in G_L^l \cup G_A^l\}.$$

ამოცანა (2)-ის ამონახსნი ჩაითვლება მიმდინარე ამონახსნად, გამოითვლება კრიტერიუმთა შესაბამისი მნიშვნელობები და ტარდება ახალი იტერაცია.

ამონახსნის ძიების პროცესის შეწყვეტა ხდება ორი პირობის შემოწმების შედეგად: იმ შემთხვევაში, თუ (1) კოეფიციენტების ჯამი მოცემულ იტერაციაზე აღემატება წინა იტერაციაზე მიღებული კოეფიციენტების ჯამს ან თუ მიღებული ამონახსნი ემთხვევა წინა იტერაციაზე მიღებულ ამონახსნს, პროცესი წყდება და მიღებული მიმდინარე ამონახსნები ჩაითვლება საბოლოო ამონახსნებად.

როგორც ზემოთ უკვე აღნიშნული იყო, მოცემული მეთოდი გათვალისწინებულია მომხმარებლის გარკვეულ ჯგუფზე. კერძოდ, ისეთი ტიპის მომხმარებელზე, რომელისთვისაც ამა თუ იმ მიზეზით ძნელი იქნება მეთოდთან ინტერაქტიულ რეჟიმში მუშაობა.

ამონახსნების არაინტერაქტიული შეფასების შესახებ ვიქტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის იტერაციულ მეთოდში

ნაშრომში წარმოდგენილია ვიქტორული ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის ახალი მეთოდი. მეთოდი არ არის ინტერაქტიული, თუმცა, ამავე დროს იგი ითვალისწინებს ამონახსნის ბიჯობრივ დაზუსტებას, რისთვისაც შემოტანილია გარკვეული კოეფიციენტები, რომლებიც საშუალებას იძლევა ყოველ იტერაციაზე ალგორითმმა

შეაფასოს მიმდინარე შედეგები და მიიღოს გადაწყვეტილება, თუ როგორ უნდა გაგრძელდეს ამონახსნის ძიების პროცესი.

მოცემული მეთოდი გათვალისწინებულია მომხმარებლის გარკვეულ ჯგუფზე. კერძოდ, ისეთი ტიპის მომხმარებელზე, რომელსთვისაც ამა თუ იმ მიზეზით ძნელი იქნება მეთოდთან ინტერაქტიულ რეჟიმში მუშაობა

ON THE NONINTERACTIVE ESTIMATION OF SOLUTIONS IN AN ITERATIVE METHOD OF VECTOR-VALUED OPTIMIZATION

N. KILASONIA

Summary

A new vector-valued optimization method is presented in the paper. Although the method is not interactive, it implies step by step improvement of the compromise solution. The special coefficients are introduced in order to enable the algorithm, to estimate current solutions and take decision how to continue compromise solution searching process.

The presented method is envisaged for the type of users who for some reasons are not ready to work with the algorithm interactively.

О НЕИНТЕРАКТИВНОЙ ОЦЕНКЕ РЕШЕНИЙ В ИТЕРАТИВНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЕКТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Н. КИЛАСОНИЯ

Резюме

В статье представлен новый метод решения задачи векторной оптимизации. Несмотря на то, что метод не является интерактивным, он предусматривает пошаговое уточнение компромиссного решения. Введены определенные коэффициенты, позволяющие алгоритму оценить текущие решения и решать, как продолжить процесс поиска компромиссного решения.

Представленный метод предусмотрен для такого типа юзеров, которые по определенным причинам не готовы работать с алгоритмом интерактивно.

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. Salukvadze M., Kilasonia N. On an Example of Using M-programming in Multicriteria Optimization. Bull. Acad. Sci. Georg. 172, N3, 2005.
4. Salukvadze M.E. Vector-Valued Optimization Problems in Control Theory. – New York: Academic Press, 219p. 1979.

ეკონომიკის ციკლების და კრიზისების კვლევა MATLAB-ის გამოყენებით

ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე

bardaveli@yandex.ru, bardaveli_x@yahoo.com

მსოფლიოს ქვეყნების ცალკეული დარგების ეკონომიკა პერიოდულად შოკირებულია კრიზისებით და დეპრესიითა ციკლით. ცნობილია, რომ კრიზისების მიზეზია კაპიტალისტური კონკურენცია და ქაოსი [1].

ნაშრომში წარმოდგენილია კვლავწარმოების კრიზისის მექანიზმის კვლევის მეთოდიკა ეკონომიკური დინამიკის იმიტაციური მოდელირებით, MatLab-Simulink პროგრამულ სისტემაში.

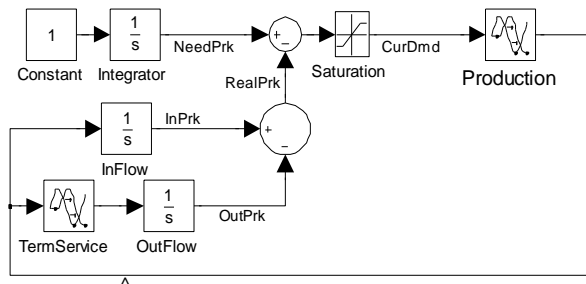
გამოსაკვლევი სისტემის მოდელი აიგება ბლოკ-სქემის სახით. ბლოკები მაუსით გადმოიტანება Simulink ტიპური ბლოკების ბიბლიოთეკიდან. თითოეული ტიპური ბლოკი წარმოადგენს ობიექტს გრაფიკული და მათემატიკური სიმბოლოებით, რომელიც ასრულებს პროგრამას. ბლოკები შეერთებულია ხაზებით, რომლებიც ასახავენ ობიექტთა შორის ფინანსურ და ინფორმაციულ ნაკადებს [2].

მოდელი შეიძლება იყოს იერარქიული, ე.ი. ქვესისტემა შეიძლება ჩავრთოთ ერთი ბლოკის სახით და მაუსზე ორჯერ დაწკაპუნებით ქვესისტემის ბლოკზე შეიძლება გაიხსნას ამ ქვესისტემის შინაარსი და შეცვალონ ისინი.

მოდელირების შედეგები შეიძლება გადაცემული იყოს MatLab-ის სამუშაო არეში შემდგომი დამუშავებისა და ვიზუალიზაციისათვის. MatLab-ის workspace სამუშაო არეში ინახება მოდელირების ყველა შედეგი სანამ კომპიუტერს მიეწოდება ელექტროენერგია [3].

Simulink პროგრამული პაკეტის ტიპური ბიბლიოთეკური ბლოკებით შეგვიძლია მათემატიკური მოდელი არ დავწეროთ, ვინაიდან თითოეულ ელემენტარულ მოდელს აქვს პროგრამა, რომელიც დაკავშირებულია ბლოკთან. ჩვენ ვმუშაობთ ბლოკებთან, ხოლო მათემატიკოსები და ავტომატიზაციის ინჟინრები სქემის მიხედვით ადგენენ განტოლებებს ანალიზური ამოხსნისათვის ან Control System Toolbox სისტემით ადგენენ მდგრადობის მარაგს ან ეკონომიკური სისტემის სტაბილიზაციის აუცილებელ პარამეტრებს და ალგორითმებს [4, 2].

Simulink – იმიტაციური მოდელის ბლოკ-სქემა კვლავწარმოების კრიზისების კვლევისათვის, მწარმოებელი-მომხმარებლის ჩაკეტილ სისტემაში წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.



ნახ. 1 მოდელი კვლავწარმოების ციკლების ანალიზისათვის

რამდენიმე ათეული წლის წინ კრიზისი შესამჩნევი გახდა მანქანათმშენებლობაში, საწარმოებში, რომლებიც უშეგებდნენ მოწყობილობებს.

მოწყობილობების საწყობიდან მოხმარების მოდელი სქემაზე მოცემულია მარჯვნივ ზევით მუდმივისა და ინტეგრაციის ბლოკით. ბლოკის გამოსასვლელზე გამოდის დროში ცვალებადი წრფივი პარამეტრიც, რომელიც ასახავს მომხმარებლის მოთხოვნას მოწყობილობებზე საწყობიდან - NeedPrk. მოთხოვნის ქვედა მოდელში განთავსებულია ოთხი ბლოკი, რომელიც ასახავს მოწყობილობების შესასვლელ-გამოსასვლელს საწყობიდან: მოწყობილობების ექსპლუატაციაში შესვლა, რომელიც მიეწოდება მწარმოებელიდან (Prdct ცვლადი) და მათი დაგროვება საწყობში ინტეგრატორით InPrk გამოშვადი ცვლადით. მომხმარებლის და მოწყობილობათა უმოქმედობის ვადა მოიცემა OutPrk ცვლადით.

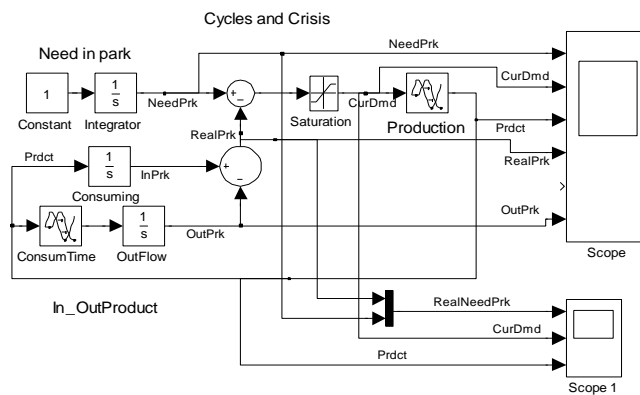
ქვედა წრიული ბლოკი საწყობებში მიღებულ მოწოდებლობას აკლებს გასულს და იქმნება RealPrk ცვლადი. შემაჯამებლის ზედა წრიული ბლოკი საწყობში ასახავს აუცილებელ მოწოდებლობათა რაოდენობას და წარმოქმნის მიმდინარე მოთხოვნის ცვლადს - CurDmd.Saturation - შემზღუდავი ბლოკი არეალიზებს ეკონომიკისათვის ტრადიციული არაუარყოფითი ცვლადების ამოცანას:

$$\text{CurDmd} \geq 0$$

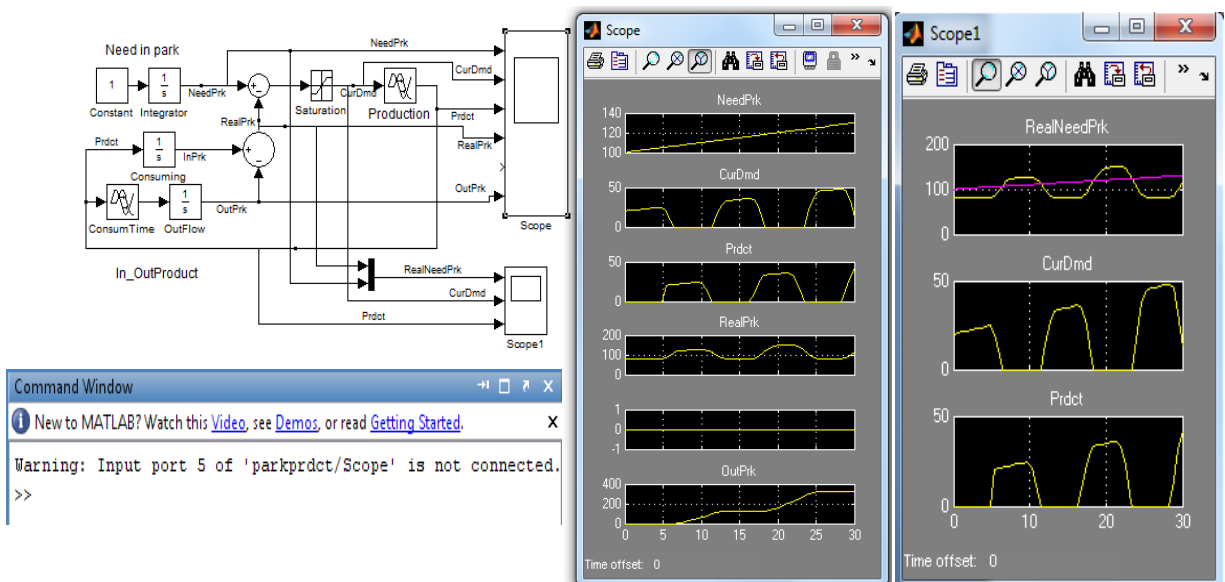
წარმოების ბლოკი „production“, მოცემულია მარტივი მოდელის სახით. წარმოება შეკვეთას ასრულებს სრულად, მაგრამ ფიქსირებულ დროში, რომელიც მოცემულია დაგვიანების ბლოკით.

ექსპერიმენტის მართვისათვის მოდელი გაჯერებულია Scope ბლოკებით. ექსპერიმენტის ეს ინფრასტრუქტურა მოდელს ბუნდოვანს ხდის და ართულებს ეკონომისტების აზროვნებას, მაგრამ ეს მოთმინებითია. მოდელის სრული სქემა წარმოდგენილია ნახ.2-ზე.

ექსპერიმენტის ფანჯარათა სრული ნაკრები მოცემულია ნახ. 3-ზე Scope და Scope1 გრაფამგები ბლოკებით.



ნახ. 2 ციკლების და კრიზისების ანალიზის Simulink მოდელი Scope გრაფამგები ბლოკებით

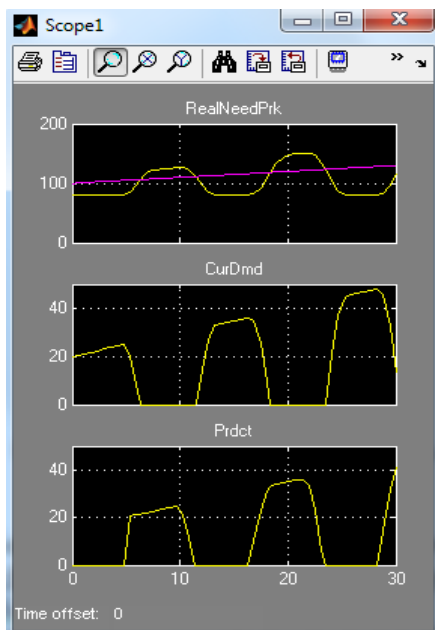


ნახ. 3 ექსპერიმენტის ფანჯარათა სრული ნაკრების ეკრანი ციკლებისა და კრიზისების კვლევისათვის

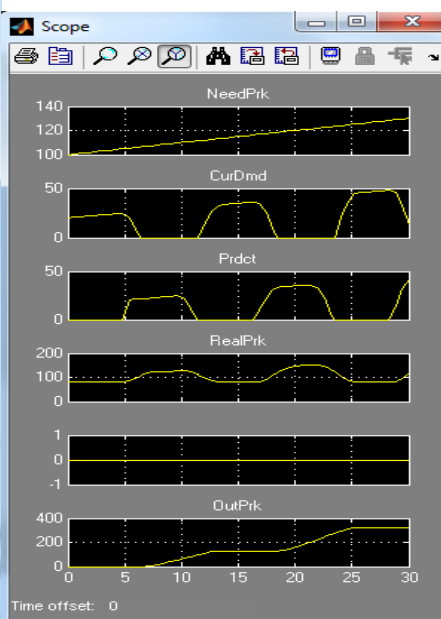
მართვის თეორიაში დამტკიცებულია, რომ უარყოფით უკუკავშირის სისტემებში შესაძლებელია რხევები, რომელთა ამპლიტუდა დამოკიდებულია დაგვიანების სიდიდეზე [5].

გამოვიკვლიოთ საწარმოო წყვეტის გავლენა ეკონომიკის მდგრადობაზე.

Simulation/Start მენიუდან გაუშვებთ ჩვენს მიერ აგებულ მოდელს. Scope-ის ფანჯარაში ვაკვირდებით ეკონომიკური განვითარების მაჩვენებლის ცვლილების გრაფიკს, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.4 და ნახ.5-ზე.



ნახ. 4 წარმოების მოთხოვნისა და მოხმარების ეკონომიკური დინამიკის გრაფიკები, Scope1.



ნახ. 5 წარმოების მოთხოვნისა და მოხმარების ეკონომიკური დინამიკის გრაფიკები, Scope.

შემდეგ ვიკვლევთ სისტემის მდგრადობის დამოკიდებულებებს წარმოების სხვადასხვა შუალედში წარმოების ბლოკში ვცვლით დაგვიანების პარამეტრის მნიშვნელობებს. გაუშვებთ მოდელს და ვაკვირდებით მაჩვენებლების გრაფიკს. დაგვიანების გაზრდით, ე.ი. მოთხოვნაზე წარმოების რეაქციის ჩამორჩენით იზრდება ეკონომიკური სისტემის მაჩვენებლები – ამპლიტუდა და რხევადობის პერიოდი, ე.ი. დაბლდება მისი მდგრადობა, იზრდება არამდგრადობა და კრიზისების შესაძლებლობა.

მოწყობილობის მუშაობის უნარანობის ვადის წარმოების დინამიკაზე გავლენის კვლევისათვის მომსახურების ვადის ბლოკში ვცვლით დაგვიანების პარამეტრის მნიშვნელობას, გაუშვებთ მოდელს და ვაკვირდებით მაჩვენებლების გრაფიკს. დაგვიანების გაზრდით იზრდება ეკონომიკური სისტემის მაჩვენებლების ამპლიტუდა და რხევის პერიოდი, ე.ი. დაბლდება მისი მდგრადობა, იზრდება არამდგრადობა და კრიზისის შესაძლებლობა.

საწყისი დეფიციტის წარმოების მდგრადობაზე გავლენის კვლევისათვის, მიმღები ბლოკის ინტეგრატორზე ვცვლით საწყისი პირობების სიდიდეებს. უშვებთ მოდელს, ვაკვირებთ მაჩვენებლების გრაფიკს. დეფიციტის გაზრდით, იზრდება ეკონომიკური სისტემის მაჩვენებლების რხევის ამპლიტუდა, ე.ი. დაბლდება მისი მდგრადობა და იზრდება კრიზისების შესაძლებლობა.

მოდელში გამორიცხულია მდგრადობაზე რომელიმე გარე და შიგა შემთხვევითობის გავლენა. მოდელი წარმოადგენს ჩაკეტილ ეკონომიკას. გამორიცხულია ფასებზე და ფინანსირებაზე გავლენა. პროდუქციაზე მოთხოვნა იზრდება წრფივად, მაგრამ მიმდინარე მოთხოვნის, წარმოების, მარაგების და დეფიციტის ცვლილება მიმდინარეობს ციკლებად [6, 7].

ავტომატური რეგულირების თეორიაში დამტკიცებულია, რომ უარყოფით უკუკავშირიან სისტემებში დაგვიანებით, შესაძლოა რხევები და არამდგრადობა, რომელიც ძლიერდება ასტატიზმით, ე.ი. დაგროვებით [5]. ამრიგად, კვლავწარმოებაში ციკლების და კრიზისების მიზეზს, ჩაკეტილ სტერილურ ეკონომიკაში წარმოადგენს უარყოფითი უკუკავშირი - მოხმარება-წარმოების, შუალედური წარმოების და კვლავწარმოების მარაგის დაგროვების კონტურებში უარყოფითი უკუკავშირის არსებობა.

ეკონომიკის ციკლების და კრიზისების კვლევა MATLAB-ის გამოყენებით

ა. ბარდაველიძე, ბ. ბარდაველიძე

რეზიუმე

ნაშრომში წარმოდგენილია ეკონომიკაში ციკლებისა და კრიზისების კვლევა Simulink-ის ტიპური ბიბლიოთეკური ბლოკებით, მათემატიკური მოდელის გარეშე. შემუშავებულია წარმოების იმიტაციური მოდელის ბლოკ-სქემის ვარიანტები, სადაც აღწერილია თითოეული ბლოკის დანიშნულება. წარმოდგენილია ეკონომიკური ციკლების და კრიზისების მოდელი გრაფიკები ბლოკებით და ექსპერიმენტის ფანჯარათა სრული ნაკრებით.

სისტემის მდგრადობის, მოწყობილობების მუშაობის უნარიანობის ვადის წარმოების დინამიკაზე და საწყისი დეფიციტის წარმოების მდგრადობის გავლენის კვლევისას დავადგინეთ, რომ დაგვიანების გაზრდით, ე.ი. მოთხოვნაზე წარმოების რეაქციის ჩამორჩენით, იზრდება ეკონომიკური სისტემის მანვენებლები – ამპლიტუდა და რხევადობის პერიოდი, იზრდება არამდგრადობა და კრიზისების შესაძლებლობა.

დადგინდა, რომ წარმოებაში ციკლებისა და კრიზისების მიზეზს, ჩაკეტილ ეკონომიკაში წარმოადგენს მართვის სისტემაში უარყოფითი უკუკავშირის არსებობა.

THE RESEARCH OF ECONOMIC CYCLES AND CRISES BY USING OF MATLAB

A. BARDAVELIDZE, KH. BARDAVELIDZE

Summary

The research of cycles and crises in economics is presented by typical library blocks of Simulink without mathematical model. Block-scheme options of production is developed, where is described meaning of each block. Model of economic cycles and crises is presented by plotting device blocks and full set of experimental windows.

System stability, working ability of devices on the dynamic of production date and during the research of initial deficit of influence production stability is established, that by increasing of delay - by decelerating reaction on the production demand increases economical system indices – amplitude and oscillating period, increases no stability and possibility creation of crises.

It is established that reason of cycles and crises during production, in closed economic, presents existence of negative feedback in control system.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛОВ И КРИЗИСОВ ЭКОНОМИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЛАБ

А. БАРДАВЕЛИДZE, Х. БАРДАВЕЛИДZE

Резюме

В работе представлено исследование циклов и кризисов в экономике при помощи типичных библиотечных блоков Simulink-а без математической модели. Разработаны варианты блок-схемы имитационной модели производства, в которых описано назначение каждого блока. Представлена модель экономических циклов и кризисов с полным набором графопостроительных блоков и экспериментальных окон.

Во время исследования влияния устойчивости системы, времени работоспособности устройств, начального дефицита на динамику и устойчивость производства было установлено, что увеличением запаздывания, т.е. отставания реакции производства на спрос, увеличиваются показатели экономической системы - амплитуда и период колебательности, увеличиваются неустойчивость и возможность создания кризисов.

Было установлено, что в замкнутой экономике причиной циклов и кризисов является существование в системе управления отрицательных обратных связей.

ლიტერატურა –REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. A. I. Dobrinin, L.C. Tarasevich. Economics Theory, 3rd ed., Sankt-Peterburg: Piter, 2001, p.544
2. N.Snetkov. Simulation modeling of economical process, tutorial, Moscow: Center of European Public Institute, 2008, p.228 (in Russian)
3. O. Beucher and M.Weeks. Introduction to MATLAB & Simulink: A Project Approach, 3rd ed., Hingham, MA: Infinity Science Press LLC, 2008, p.404.
4. ა. ბარდაველიძე, ხ. ბარდაველიძე. კომპიუტერული მოდელირება. MATLAB 7.5. მართვის სისტემები. დამხმარე სახელმძღვანელო, ქუთაისი: აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამომცემლობა, აწსუ, 2008, 166 გვ.
5. ა. გუგუშვილი, რ. ხუროძე, თ. იმედაძე და სხვ. მართვის თეორია. წრფივი სისტემები. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, თბილისი: სტუ, 1999-552 გვ.
6. Kh. Bardavelidze, A. Bardavelidze. Imitation modeling of competitive market equilibrium. VI international Conference on "Application of Information and Communication Technologies" - AICT2012, Conference Proceedings, Tbilisi, Georgia, 2012, pp. 470-473
7. Kh. Bardavelidze, A. Bardavelidze. Imitation model of optimal tax rate for company.IV International Conference on "Problems of Cybernetics and Informatics" - PCI'2012, Conference Proceedings, Volume IV, Azerbaijan National Academy of Sciences (ANAS), Baku, 2012, pp.192-194

მართვის სისტემები

CONTROL SYSTEMS

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

A SIMPLE QUANTITATIVE MODEL FOR EVALUATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDEX AND ITS CORRELATION WITH THE KNOWLEDGE SOCIETY INDEX (K-INDEX)

Z. BUACHIDZE, A. GIGINEISHVILI, A. CHIRAKADZE, N. KAVLASHVILI,
I. KHOMERIKI, Z. SIKMASHVILI, M. WIREMAN

achirakadze@yahoo.com

Introduction

Sustainable Development (SD) involves the integration of social, environmental and economic objectives [1]. Sustainability of economic development is intimately related to environmental consequences, social and cultural changes and financial sustainability of policies implemented for promoting growth. Today's understanding of SD recognizes its environmental (ecological), economic and social underpinning (the so called "triangle" of SD), although previously the economic and social origins were thought to be dominant [2, 3]. However, the practical experience showed that active environmental policies can increase employment and restrict poverty [4]. It is very important not only to assess and forecast sustainability using a big variety of quantitative data, but also to affect the determinants of development and facilitate achieving of sustainable development [5, 6]. Usual approach is related with characterizing of the progress of societies and countries according to generation and use of new knowledge for ensuring their development. This approach considers the harmonized scientific knowledge as a main "driving force" of the progress and operates with quality and safety of life of citizens. A quantitative characteristic of the development of society and basic conditions of its development the index of K-society (I_K) developed and used by the Department of Economic and Social Affairs of United Nations for their members is usually used. This index is synthetic (composite) and determined by three main dimensions: I_{IA} - Intellectual Assets Index; I_F - Foresightedness Index; I_A - Advancement Index [7, 8, 9]:

$$I_K^2 = I_{IA}^2 + I_F^2 + I_A^2 \quad (3) \text{ or, usually, } I_K = (I_{IA} + I_F + I_A)/3 \quad (1)$$

Another approach [7, 9] is often utilized to evaluate the achieved progress by means of I_{SEC} which represents the security component of sustainable development using the Minkovsky norm, which is the aggregated degree of remoteness of the country from the totality of ten presented threats: Energy Security, Footprint and Bio-capacity Misbalance, GINI – Inequality, Global Diseases, Child Mortality, Corruption Perception, Water Access, Global Warming, State Fragility, Natural Disasters. Here the maximum danger for the country corresponds to $I_{SEC} = 0$ and the minimum danger corresponds to 1 [7]:

$$I_{SEC}^3 = I_1^3 + I_2^3 + I_3^3 + \dots + I_{10}^3 \quad (2)$$

Recently numerous methods and corresponding indexes characterizing Sustainable Development and Knowledge Society progress were proposed and calculated. The most comprehensive and detailed review of evaluation methods and indexes of Sustainable Development and methods of their application is given in [8, 9]. A big massive of data on the indexes is systematized and placed in Tables and Appendices.

1. A simple model for estimation of the Composite Index of Sustainable Development (I_{SD})

This part is devoted to the testing of the simplest method of the numerical (quantitative) calculation of the SD Index (I_{SD}) and its comparison with the published values of Sustainable Development Indexes and K-Society Indexes (I_K, I_{SEC}) for a control group of countries with different levels of scientific, economical and social development and environmental safety. A good correlation of relative values of these indices can indicate and approve the reliability of all of them. From this perspective, countries of the former USSR are of special interest since they all have an unprecedented gap between the relatively high level of the scientific and industrial development (near to developed countries) and the low standard of social living of population and environmental safety (close to developing and undeveloped countries). It is important to have simple models quickly giving proper information about the influence of different factors on the Sustainable Development (or the contribution of correspondent indexes into the composite index of SD (I_{SD})) [5]. The proposed method is based on the following assumptions: the concept of Sustainable Development and its characterizing composite index (I_{SD}) have a comparative nature and may not always be measured in absolute units, but rather - in relative terms; the indexes should be "tied" to the values of the basic common indicators of economic, social and environmental values and the limits of their change in the modern world; they should consider a certain period of time (5-10 years) to be resistant to random variations, but should be calculated quickly to study the dynamics of development;

the calculations must be as simple as possible to be available for specialists of wide range of professional affiliation (science, industry, management, legacy, public police) for use in everyday practice and decision making; all input data should be easily varied and the influence of each factor should be clearly determined; the main results should be easily understood, even by non-professionals. To fulfill the above conditions we proposed to use the simplest (linear) approximation in the process of estimation of Sustainable Development achieved by countries. The simplest formula corresponding to our criteria may be expressed as follows:

$$I_{SD} = I_{SDEC} + I_{SDSO} + I_{SDEN} \quad (3)$$

Where: I_{SD} = composite index of SD; I_{SDEC} = total index of SD, characterizing economical group of factors; I_{SDSO} = total index of SD, characterizing social group of factors; I_{SDEN} = total index of SD, characterizing environmental group of factors. Each of them (I_{SDEC} , I_{SDSO} , I_{SDEN}) is calculated according to the following formula:

$$I_{SD} = \sum_{i=1}^n [(x - x_2) / (x_1 - x_2)]_i \quad (4)$$

Where: $I = I_{SDEC}, I_{SDSO}$ or I_{SDEN} ; x = current value (for given country) of each economical, social/healthcare or environmental indicator respectively, for studied period of time; x_1 = maximal value of each indicator observed in the studied period of time; x_2 = minimal value of each indicator observed in the studied period of time; i = number of indicators; n = total amount of indicators. In the process of summation a positive (+) or negative (-) value was given to each expression enclosed in square brackets, depending on the positive or negative contribution of the factor to the total index. To illustrate the proposed method 120 indicators determined by the World Bank [6] and characterizing economic, social and environmental factors in 20 different countries. Among these factors were the most important characteristics of economical, social and environmental situation in these countries. To verify the stability of our estimates related with inaccuracies and incompleteness of input data calculation has been done changing the limits (x_2 , x_1) from the global scale to the scale of the studied group of countries. All three components (I_{SDEC} , I_{SDSO} , I_{SDEN}) were normalized to maximum value of 300. The obtained data of the composite index I_{SD} are given in the third row $I_{SD}(1)$ of Table 1. In the next rows the data of following indexes are given for comparison: Indexes [8] of Sustainable Development $I_{SD}(2)$, Knowledge Society $I_K(2)$ and Sustainable Development Security $I_{SEC}(2)$; Index [9] of Knowledge Society $I_K(3)$ and Index [7] of Sustainable Development Security $I_{SEC}(4)$:

Table 1. The calculated data of Sustainable Development Composite Index I_{SD} for 20 countries compared with published data of Indexes of Sustainable Development, Knowledge Society and Security of Knowledge Society. The data noted with * were calculated by the authors of the paper using data given in (7-9).

| No | Country | $I_{SD}(1)$ | $I_{SD}(2)$ | $I_K(2)$ | $I_K(3)$ | $I_{SEC}(2)$ | $I_{SEC}(4)$ |
|----|----------------|-------------|-------------|----------|----------|--------------|--------------|
| 1 | Sweden | 812 | 790 | 776 | 4000 | 731 | 1467 |
| 2 | Norway | 772 | 797 | 719 | 3626 | 729 | 1412 |
| 3 | Switzerland | 764 | 844 | 706 | 3646 | 673 | 1376* |
| 4 | Canada | 760 | 795 | 622 | 3087 | 801 | 1482 |
| 5 | Australia | 757 | 781 | 627 | 3546 | 696 | 1550 |
| 6 | Denmark | 749 | 781 | 763 | 3686 | 674 | 1380* |
| 7 | USA | 741 | 796 | 632 | 3798 | 548 | 770 |
| 8 | Japan | 740 | 775 | 696 | 2874 | 645 | 670 |
| 9 | France | 723 | 788 | 616 | 2869 | 634 | 710 |
| 10 | United Kingdom | 702 | 781 | 688 | 2921 | 607 | 600 |
| 11 | Uruguay | 650 | 719 | 500 | 1393 | 610 | 1403 |
| 12 | Italy | 640 | 744 | 563 | 2148 | 597 | 520 |
| 13 | Brazil | 619 | 682 | 390 | 1241 | 470 | 780 |
| 14 | Russia | 584 | 653 | 414 | 1439 | 421 | 770 |
| 15 | Ukraine | 572 | 633 | 393 | 1227 | 467 | 418 |
| 16 | Azerbaijan | 511 | 605 | - | 991 | 333 | 310* |
| 17 | Georgia | 474 | 674 | - | 1042 | 401 | 293* |
| 18 | Armenia | 450 | 662 | - | 1049 | 363 | 314* |
| 19 | Uzbekistan | 404 | 560 | - | 915 | 326 | 220* |
| 20 | Moldova | 397 | 617 | 415 | 925 | 452 | 387 |

Similar calculations were made for reduced number of parameters (indexes) – 90 instead of 120. These model calculations showed that the values of estimated I_{SD} significantly depend on the choice of limit scale (global or inherent to the group of studied countries) and number and nature of processed indexes, although the “membership” of the three main groups (“high”, “medium” and “low” is practically the same in all cases. For a better overview and comparability of data the calculated indexes were normalized to have maximal value of each kind of index equal to 1000 (see Table 2). Geometric mean value of the index pairs $I_{SEC}(2)$ and $I_{SEC}(4)$ were calculated and used for determination of the two new “complex” indexes (also given in Table 2) showing the “co-existence” of high levels of Knowledge Society Development and Knowledge Society Security ($I_{K, SEC}$) and high levels of Sustainable Development and Knowledge Society Security ($I_{SD, SEC}$):

$$I_{K, SEC} = [(I_{SEC}(2) \times I_{SEC}(4))^{1/2} \times I_K(3)]^{1/2} \quad (5)$$

$$I_{SD, SEC} = [(I_{SEC}(2) \times I_{SEC}(4))^{1/2} \times I_{SD}(2)]^{1/2} \quad (6)$$

Despite of noticeable discrepancies between the calculated and published data, as well as significant discrepancies in ranking the control group countries, Table 2 makes it possible to make definite conclusions on the main trends and patterns of the studied problem. It can be concluded that calculations carried out using a very simple model give the adequate description of the situation and the reliability of the obtained assessment can be discussed adequate with the reliability of the published data derived by means of much more sophisticated mathematical methods. It seems to be obviously that according to all calculated and reference data the reviewed countries form four different groups according to their SD and K-society progress. The first group can be characterized as “very high” and includes 6 or 8 countries, depending on the reference. The second, third and fourth groups may be classified as “high”, “medium” and “low”.

Table 2. Normalized calculated and published data for 20 countries.

| No | Country | $I_{SD}(1)$ | $I_{SD}(2)$ | $I_K(2)$ | $I_K(3)$ | $I_{SEC}(2)$ | $I_{SEC}(4)$ | $I_{SEC}(2,4)$ | $I_{K, SEC}$ | $I_{SD, SEC}$ |
|----|---------------------|-------------|-------------|----------|----------|--------------|--------------|----------------|--------------|---------------|
| 1 | Sweden | 1000 | 936 | 1000 | 1000 | 902 | 946 | 923 | 1000 | 969 |
| 2 | Norway | 958 | 944 | 927 | 907 | 910 | 910 | 910 | 946 | 967 |
| 3 | Switzerland | 941 | 1000 | 910 | 912 | 840 | 884 | 862 | 920 | 968 |
| 4 | Canada | 936 | 942 | 808 | 772 | 1000 | 956 | 977 | 904 | 1000 |
| 5 | Australia | 932 | 925 | 819 | 887 | 869 | 1000 | 932 | 947 | 968 |
| 6 | Denmark | 922 | 925 | 983 | 922 | 841 | 890 | 865 | 930 | 932 |
| 7 | USA | 913 | 943 | 814 | 950 | 675 | 497 | 579 | 773 | 771 |
| 8 | Japan | 890 | 918 | 896 | 719 | 805 | 432 | 590 | 680 | 766 |
| 9 | France | 878 | 923 | 794 | 717 | 792 | 458 | 602 | 683 | 777 |
| 10 | United Kingdom (UK) | 864 | 925 | 887 | 731 | 758 | 387 | 542 | 655 | 738 |
| 11 | Uruguay | 800 | 851 | 644 | 348 | 762 | 905 | 830 | 560 | 877 |
| 12 | Italy | 788 | 881 | 735 | 537 | 738 | 335 | 497 | 538 | 689 |
| 13 | Brazil | 762 | 808 | 503 | 310 | 587 | 503 | 543 | 447 | 690 |

| | | | | | | | | | | |
|----|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 14 | Russia | 720 | 774 | 540 | 360 | 526 | 497 | 511 | 447 | 657 |
| 15 | Ukraine | 704 | 750 | 506 | 307 | 583 | 408 | 584 | 441 | 690 |
| 16 | Azerbaijan | 629 | 717 | - | 248 | 416 | 328 | 369 | 307 | 537 |
| 17 | Georgia | 584 | 799 | | 261 | 501 | 218 | 330 | 306 | 535 |
| 18 | Armenia | 555 | 784 | - | 262 | 453 | 218 | 314 | 303 | 517 |
| 19 | Uzbekistan | 497 | 664 | - | 226 | 407 | 218 | 299 | 271 | 464 |
| 20 | Moldova | 489 | 731 | 534 | 231 | 452 | 205 | 304 | 282 | 491 |

2. Results and Discussions

Common patterns in the rankings of countries according to their development levels can be identified and they can be divided into certain groups, although the observed discrepancies between the rankings according to the different authors and indexes do not allow clear positioning within each group. The more detailed comparative analysis of the data brings to the next conclusions: countries with high complex index of sustainable development are characterized by equally high rates of economic, social and environmental component; the countries with intermediate values of the index are characterized by a sharp "lag of" of one or even two component (economic, social or environmental); the countries with low complex index of sustainable development are characterized by relatively low rates of all (economic, social and environmental components); Environmental threats and hazards are among the most important obstacles on the way to sustainable development. New low-cost and high-profitable technologies of mitigation of environmental threats are urgently needed for economical, social and environmental development of countries with low I_{SD} ; More accuracy of calculation and determination of composite indexes is needed for reliable ranking and decision making aimed to support SD and K-society progress; Increasing of number of reviewed and processed indicators provides higher accuracy and reliability of results and improves the coincidence and correlation rate of different approaches of evaluating the level of the achieved SD and K-society progress.

მდგრადი განვითარების ინდექსის მარტივი რიცხვითი გათვლები და მისი კორელაცია საზოგადოების ცნობიერების ინდექსზე

ზ. ბუაჩიძე, ა. გიგინეიშვილი, ა. ჩირაკაძე, ნ. კავლავილი, ი. ხომერიკი, ზ. სიკმაშვილი, მ. უაირმანი

რეზიუმე

სამუშაოში განხილულია და შემოწმებულია მდგრადი განვითარების (მგ) ინდექსის I_{SD} -რიცხვითი (რაოდენობრივი) განსაზღვრის უმარტივესი მოდელი და მიღებული მონაცემები შედარებულია მგ-ინდექსებისა და ცოდნაზე დამყარებული საზოგადოების (K-საზოგადოების) ინდექსების I_K , I_{SEC} გამოქვეყნებულ მნიშვნელობებთან. ჩატარებულმა გამოკვლევამ აჩვენა მაღალი ხარისხის თანხვედრა მგ-ინდექსების გამოთვლილ მნიშვნელობებსა და მგ-ინდექსების და K-საზოგადოების ინდექსების გამოქვეყნებულ მნიშვნელობებს შორის, რაც მეტყველებს იმაზე, რომ ორივე (მგ და K-საზოგადოების) მიდგომა ადეკვატურია და გამოყენებადია ქვეყნებისა და საზოგადოებების მიერ თანამედროვე მსოფლიოში მიღწეული ფარდობითი პროგრესის რაოდენობრივი შესაფასებისთვის და მომავალი განვითარების პერსპექტივების დახასიათებისთვის.

A SIMPLE QUANTITATIVE MODEL FOR EVALUATION OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT INDEX AND ITS CORRELATION WITH THE KNOWLEDGE SOCIETY INDEX (K-INDEX)

*Z. BUACHIDZE, A. GIGINEISHVILI, A. CHIRAKADZE, N. KAVLASHVILI,
I. KHOMERIKI, Z. SIKMASHVILI, M. WIREMAN*

Summary

The main determining factors of Achieving Sustainable Development (SD) can be divided into three groups: economic, social and environmental. Numerous works were done to propose a model for achieving a composite numerical index of SD (I_{SD} index) to track incorporated information on social, economic and environmental dimensions of SD. Another approach is related to characterizing of the progress of societies and countries according to generation and use of new knowledge for ensuring their development. A quantitative characteristic of the development of society and basic conditions of its development is the index of K-society (I_K). A third approach is often utilized to evaluate the achieved progress by means of I_{SEC} which represents the security component of sustainable development norm, which is the aggregated degree of remoteness of the country from the totality of ten presented threats. It seems to be obvious that all three indices characterize the relative progress really achieved by countries and the prospects of future successful development. Thus, a good correlation of relative values of these indices can indicate and approve the reliability of all of them. This work is devoted to the testing of the simplest methods of the numerical (quantitative) calculation of the SD Index (I_{SD}) and its comparison with the published values of Sustainable Development Indexes and K-Society Indexes (I_K, I_{SEC}) for a control group of countries with different levels of scientific, economical and social development and environmental safety. The performed study showed that there is a proper coincidence between the calculated SD and published K-society indices which indicates the adequateness of both SD and K-society approaches for characterizing the achieved and relative progress of countries and societies in the modern world and the prospective of their future development.

ПРОСТЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ИНДЕКСА УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ И ЕГО КОРРЕЛЯЦИЯ С ИНДЕКСОМ ОБЩЕСТВА ЗНАНИЙ (К-ИНДЕКС)

*З. БУАЧИДЗЕ, А. ГИГИНЕИШВИЛИ, А. ЧИРАКАДЗЕ, Н. КАВЛАШВИЛИ,
И. ХОМЕРИКИ, З. СИКМАШВИЛИ, М. УАЙРМАН*

Резюме

Работа посвящена проверке простейшей модели численного (количественного) определения индекса Устойчивого Развития (УР) I_{SD} и сравнению полученных данных с опубликованными значениями индексов УР и индексов Общества Основанного на Знании (К-общества) I_K, I_{SEC} для рассматриваемой выборной группы стран с различными уровнями научного, экономического и социального развития и экологической безопасности. Проведенное исследование показало высокую степень совпадения между вычисленными значениями индексов УР и опубликованными значениями индексов УР и индексов К-общества (I_K, I_{SEC}), тем самым, подтверждая адекватность и применимость обоих подходов (УР и К-общества) для количественной оценки достигнутого относительного прогресса стран и обществ в современном мире, а также описанию перспектив будущего развития.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. A. Petrosyan. A Model for Incorporated Measurement of Sustainable Development Comprising Remote Sensing Data and Using the Concept of Biodiversity. *Journal of Sustainable Development*, v. 3 (2), 2010, 1-23. Available on: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jsd/article/view/5466>.
2. R. Levett. Sustainability indicators-integrating quality of life and environmental protection. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, v. 161 (3), 1998, 291-302.
3. R.K. Singh, H.R. Murty, S.K. Gupta, A.K. Dikshit. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 2009, v. 9, 189-212.
4. D. Krajnc, P. Glavic. A model for integrated assessment of sustainable development: Resources, Conservation and Recycling, 2005, v. 43, 189-208.
5. V. Gvakharia, A. Chirakadze, M. Mirtskhulava, L. Sakhvadze, R. Gigauri, I. Chelidze, T. Adamia, Z. Buachidze. Development and bench-scale testing of soft decontamination-remediation methods to be used in the highland of Georgia. 9th Symposium on Remediation in Jena: Jenaer Sanierungs colloquium, Microbial Impact on element mobility. Friedrich Schiller University Jena. 4th– 5th October, 2010, Jena. Conference Proceedings - Abstracts of the Posters, p. 50.
6. The World Bank Group Data, 2008-20012 Available on: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTABOUTUS/0,pagePK:50004410~piPK:36602~theSite PK: 29708,00.html>
7. M. Zgurivsky. Knowledge Security and Responsible Science as Integral Components of a Safe and Secure of Global Society. Kiev, 2013.
8. Sustainable Development Global Simulation: Quality of Life and Security of the World Population (2005-2007/2008). Appendix 9: Knowledge Society Index; Appendix 22: Country profiles in context of security and quality of life. Available on: <http://wdc.org.ua/en/node/39549>.
9. O. De Meistre. Quantitative Approach to Knowledge-based Society. Research and Resources. Technical Handbook. Rachayany on Printing Co., Thailand, 135 pages. Available on: [_ intradoc_ groups _ public _ documents _ other _ unpin 046558](#).

ПРИЁМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПАРАЗИТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВЗАИМОИНДУКТИВНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТИПА - 3D

О. ЛАБАДЗЕ, М. ЦЕРЦВАДЗЕ, Т. ЛАБАДЗЕ, П. МАНДЖАВИДЗЕ

olabadze@gmail.com, maiatsertsvadze@yahoo.com

Несмотря на явные преимущества взаимноиндуктивных первичных преобразователей (ВПП) без магнитного сердечника, которые до сегодняшнего дня, на наш взгляд, неоправданно, но пока всё-же принадлежат к классу электромагнитных, не только обеспечивают полное исключение влияния гистерезиса на выходную характеристику, как при прямом, так и возвратном перемещениях, но также дают возможность одновременного и прямого контроля основных механических параметров. А если учесть, что высокая повторяемость выходных характеристик предопределяет простоту и надёжность получаемой информации, а, поэтому и многообразие форм и конструкций, это позволяет значительно расширить область их применения.

Погрешности в преобразователях, в той или иной мере, имеют место всегда, как при получении и последующем преобразовании, так и при формировании информационных сигналов.

Из большого разнообразия различных конструктивных форм ВПП [1-5] не только по назначению, но и по выполняемым функциям выходные информационные сигналы объёмных полусферических ВПП наиболее полно подвержены влиянию различных паразитных составляющих сигналов в основном из-за сложности изготовления и необходимости обеспечения конструктивной совместимости механических (бесконтактно скользящих относительно друг друга) поверхностей, на которых размещены контуры возбуждения и измерения.

В целом ВПП можно разделить на низко-, средне-, высоко- и сверхвысоко- частотные диапазоны функционирования. В каком бы из частотных диапазонов не функционировали перечисленные ВПП основные типы паразитных составляющих сигналов, в той или иной мере, они оказывают воздействие не только на уровень выходного сигнала, но и на форму (линейность) выходной характеристики.

С точки зрения широкого применения особенно следует отметить перспективность применения ВПП типа 3D в различных областях техники не только из-за способности одновременного контроля трёх взаимноортогональных координат, совмещённых в одной пространственной координатной точке, но и способности контролировать основные механические параметры прямым, а не косвенным методом.

Недостатком большинства ВПП является относительно низкий уровень мощности выходного сигнала, особенно при увеличении их конструктивных (геометрических) размеров составных частей. В настоящее время, за счёт развития способов и микропроцессорных средств усиления, этот недостаток легко можно преодолеть.

Схемотехническим путём (имеется в виду полное исключение магнитопроводящих элементов, вносящих гистерезис), с одной стороны, а с другой - оригинальным правилом намотки 2-х из 3-х обмоток измерительных контуров в виде условной восьмёрки на полусферу и сдвинутых относительно друг друга на 180° , достигается полное исключение влияния наведенных (индуцированных) сигналов отдельных, лежащих в одной плоскости, частей одной и той же измерительной обмотки, благодаря чему и удалось повернуть индуцированные в них сигналы на 180° , в то время, как в других частях этих же обмоток («зеркально») расположенные по разные стороны от плоскости симметрии полусферы, сигналы суммируются. Объёмная и количественная симметричность пространственного расположения составных участков обмоток измерительных контуров, а также зеркальная симметричность противоположных секций других участков обмоток привели к достижению поставленной цели, а именно, к исключению влияния на выходной сигнал нежелательных составляющих, которые компенсируются.

Таким образом, теоретически, повторяемость выходной характеристики легко достигнута так, как при любом положении полусферы с измерительными обмотками паразитные сигналы взаимно скомпенсированы благодаря взаимной ортогональности отдельно взятых участков контуров расположенных в разных, но перпендикулярных плоскостях.

Однако, кроме исключения вышеупомянутых недостатков, обусловленных принципом построения 3-х координатных ВПП, следует также исключить влияния других, теперь уже как внутренних, чисто конструктивных и технологических, так и внешних электромагнитных возмущающих (паразитных) помех, которые также влияют не только на стабильность выходной

характеристики, но и на повторяемость выходного сигнала при прямом и возвратном перемещениях.

К их числу можно отнести:

- идентичность числа витков и топологических форм обмоток измерительных контуров;
- неточность калибровки диаметра обмоточных проводов протяжными механизмами ;
- необходимость совмещения не только геометрических центров подвижных и неподвижных элементов полусферической и сферической поверхностей преобразователя, но и обеспечение их непрерывной механической связи за счёт осуществления поверхностного трения для сферы с одной стороны , а с другой, внутреннего скольжения для полусферы;
- подбор материала скользящих поверхностей, который должен удовлетворять соответствующим механическим свойствам материала, обеспечивающим скольжение с низким коэффициентом трения;
- совмещение оснований полых полусферических, идентичных по форме, однако разных по конфигурации и назначению, поверхностей, первая из которых- чистая полусфера, на которой размещены измерительные обмотки контуров, а у второй основание идентично с первой и неподвижно совмещается с ним после размещения в нём сферы с обмоткой возбуждения.

Верхушка другой полусферы срезана на высоте h для выполнения двух функций: полного совмещения двух идентичных по форме полых полусфер и внутренней сферы, а также, обеспечения наперед заданного диапазона углового перемещения стойки, которая неподвижно связана с геометрическим центром внутренней полусферы, перпендикулярно которой по периметру наибольшего диаметра и расположена обмотка возбуждения.

Некоторые приёмы полной или частичной компенсации паразитных составляющих сигналов, связанных с неточностью изготовления механических конструкций, преодолимы. Единственно правильным решением, позволяющим, на наш взгляд, построение составного первичного преобразователя с дополнительными упорными элементами, обеспечивающими не только совмещение взаимно скользящих геометрических центров различных геометрических фигур (внешняя первая (полая) полусфера, внутренняя подвижная сфера и часть сегмента второй полусферы с крепёжными приспособлениями для сопряжения с первой полусферой с обмотками измерения), и доведение до минимума значения коэффициента механического трения скольжения между ними.

Аналогичные задачи компенсации и защиты от внешних электромагнитных помех связаны с изготовлением обмоток возбуждения и измерений витыми парами. Кроме того, помещённые в экранированную оболочку витые пары следует выводить до входов переключающихся схем и регистрирующих приборов.

А как быть с такими обмотками, изменение пространственной ориентации которых не может быть нарушено? В этом случае, на передний план выходят уже электронные методы кусочно-линейной аппроксимации на различных по длине, но наперед определённых участках. Однако есть и другие пути схемотехнического изменения характера, а тем самым, и достижения линейности выходных характеристик сигналов. Поставленная задача может быть решена путём введения дополнительных контуров возбуждения и измерения, взаимные пространственные расположения которых позволят окончательно решить проблему линеаризации.

Следует заметить, что ручная технология намотки для высокоточных и высокочастотных первичных преобразователей непригодна по той причине, что любые неровности укладки обмоток возбуждения и измерений могут привести к появлению паразитных составляющих в наведённых сигналах, что резко увеличит нелинейность в целом. Следовательно, необходимо начать разрабатывать объемное напыление проводов на диэлектрическую поверхность (например, сапфир) полусфер. При этом сразу возникнет технологическая проблема переходов из одной внешней поверхности плоскости диэлектрической полусферы на другую, внутреннюю, и наоборот.

Таким образом, перечисленные выше сопутствующие преобразованию сигналов помехи могут быть исключены путём создания противоположно направленных компенсируемых полей, по фазе и амплитуде приводящих к сдвигу фазы, особенно при высокочастотном диапазоне на 180° , и внешним экранированием измерительных контуров от высокочастотных возмущений, а также известными схемотехническими методами.

**ПРИЁМЫ КОМПЕНСАЦИИ ПАРАЗИТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛОВ
ПРИ ПОСТРОЕНИИ ВЗАИМОИНДУКТИВНЫХ ПЕРВИЧНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТИПА - 3D**

О. ЛАБАДЗЕ, М. ЦЕРЦВАДЗЕ, Т. ЛАБАДЗЕ, П. МАНДЖАВИДЗЕ

Резюме

Рассмотрены основные приёмы компенсации паразитных сигналов, воздействующих на выходной сигнал взаимоиндуктивных объёмных первичных преобразователей, реализация которых увеличивает точность и уменьшает погрешность преобразования.

**სიგნალების პარაზიტული მდგენელების კომპენსაციის ხერხები
ურთიერთინდუქციური 3D-ტიპის პირველადი გარდამქმნელების აგებისას**

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

რეზიუმე

განხილულია მოცულობითი ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელების გამოსასვლელ სიგნალზე მოქმედი პარაზიტული მდგენელების კომპენსაციის ძირითადი ხერხები. ასეთი გარდამქმნელების აგება ზრდის სიზუსტეს და ამცირებს გარდაქმნის ცდომილებას.

**RECEPTIONS OF INDEMNIFICATION OF PARASITIC MAKING SIGNALS AT
CONSTRUCTION INTERINDUCTIVE OF PRIMARY CONVERTERS OF TYPE - 3D**

O. LABADZE, M. TSERTSVADZE, T. LABADZE, P. MANDZHAVIDZE

Summary

The paper presents the basic receptions of indemnification of parasitic signals influencing a target signal interinductive primary converters realisation of which increases accuracy and reduces a transformation error.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. О.Лабадзе, М.Церцвадзе. Взаимоиндуктивный преобразователь – Национальный центр интеллектуальной собственности «Сакпатент», Патент P1373, опубликованный в Официальном информационном бюллетене 1998 г., № 6(32), стр.37-38.
2. О.Лабадзе. Способ контроля углового перемещения – Национальный центр интеллектуальной собственности «Сакпатент», Патент P1374, опубликованный в Официальном информационном бюллетене 1998 г., № 6(32), стр.38-39.
3. О.Лабадзе, П.Манджавидзе. Индуктивный трехкоординатный преобразователь – Национальный центр интеллектуальной собственности «Сакпатент», Патент P2609, опубликованный в Официальном информационном бюллетене 2001 г., № 23.
4. О.Лабадзе. Электромагнитный трехкоординатный преобразователь – Национальный центр интеллектуальной собственности «Сакпатент», патенты P4702 и P4703 опубликованный в Официальном информационном бюллетене 2009 г., № 11.
5. О.Лабадзе. Общие принципы построения индукционного трёхкоординатного первичного преобразователя. Грузинский Технический Университет Институт систем управления Арчила Элиашвили. Сборник трудов, №16, 2012 г., ст. 99-104.

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS

O. LABADZE

olabadze@gmail.com

Improvement of existing technical means of information processing, enhancement of their operation features and expansion of their functional capabilities [1-10] is an acute scientific-technological problem. It is of key significance for the professionals in information technologies, automation, computing equipment, instrument-making and robotics. Development of the listed sectors is impossible without highly effective and reliable converters with relevant physical parameters and high precision.

Among technical means for collection of control and measurement information the movement electromagnetic converters are of great significance.

Currently, among electric converters, produced without magnetic conductors, in which, at forward and back movement of mobile elements of the converter cinematically connected with the subject, impact of magnetic hysteresis and viscosity on the formation of converter's output signals is excluded, the inter-inductive primary converters (IPC) are of special significance.

Scientific justification of scrolls topology, in particular, space orthogonality of certain sections, symmetry of measuring scrolls, mutual compensation of parasite signals and their full and partial exclusion allowed us to create various primary converters, or means of control at the fixed sections of shift of such mechanical magnitudes, as linear and angular displacement and velocity.

One more advantage of the IPCs, except for the above ones, is the fact that due to space shift of the vector of magnetic field of excitation scroll it is able to determine the direction of movement of the mobile element.

High repeatability and stableness of the output characteristics, high level of the output signal, high response speed and direct receiving of the output signal, possibility of configuration change without disassembling of the converter, also other metrological properties allowed us to develop the conception of construing if such electromagnetic primary converters, purpose of which is, mainly, their use in the heavy conditions of industrial production.

On the basis of analysis of peculiarities of construing of the similar converters, which were produced by us, there was developed the IPC classification by the construction properties [7]. According to this classification the primary converters are divided into the converters with profiled and 3D scrolls and each of them – into the controlling means for linear and angular displacement. By construction the profiled IPC is divided, in case of control of linear displacement – plane-parallel, cylindrical and truncated conic converters and in case of angular displacement control – plane-parallel, disc and hemispherical converters.

3D IPCs controlling linear displacement are divided into plane-parallel [1], cylindrical and truncated conic converters and those, controlling the angular displacement – into hemi-cylindrical, truncated hemi-conic, hemispherical or quadrant-spherical converters. By forms and numbers the IPCs are divided into one-, two-, three-, doubled, cross-type, printed, two-layer, multi-layer converters and those with coil measuring scroll converters.

As the principle of operation of IPCs is based on the change of inter-induction between excitation winding (EW) and measuring winding (MW), the magnitude of the induced signal and sensibility of output signals will depend upon the change of the above parameter, what is achieved through selection of configuration of the profiled or 3D scrolls (coils).

Sphere of application of the IPCs with profiled coils is control of medium-size (from 5 cm to 1.5 m) linear displacement or simultaneous two or three angular displacement control.

The authors have developed the general scheme for construing of the linear and angular displacement controlling devices with IPCs (Fig. 1), which contain the sine wave generators, excitation and measuring coils, converters of the frequency signals into the potential ones, signal processing units and recording device.

Operating IPCs basically differ with the geometric configuration of the excitation and measuring coils. The IPCs with both, profiled and 3D coils are used for control of linear and angular displacement, in accordance with the technical requirements. For instance, in 3D hemispherical inter-induction primary converter with the profiled coils (Fig. 2) the electromagnetic field induce the axial symmetric vector of magnetic induction within the hemisphere, bordered with circle-shaped frame contour and this vector induces simultaneously, in three independent measuring circuits, the induction electromotive force, proportional to angular space condition of magnetic induction vector within the orthogonal coordinate

system, which corresponds to the signals “inclination” α , “pitch” β , and “course” γ . Etalon characteristics of each measuring channel are taken in advance and through comparison of following amplitudes there is provided control of the coordinates [9].

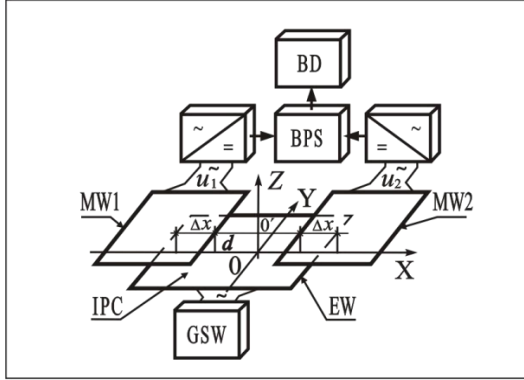


Fig. 1.

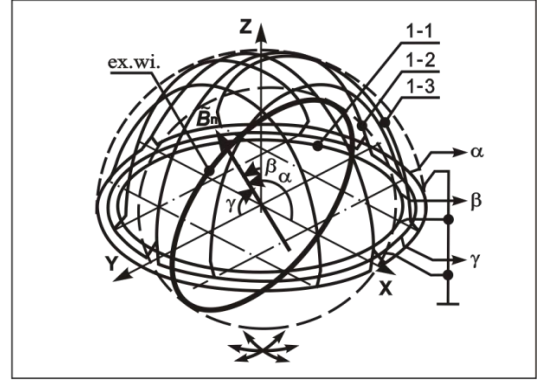


Fig. 2.

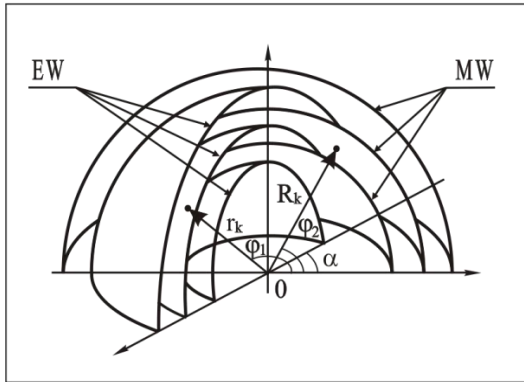


Fig. 3.

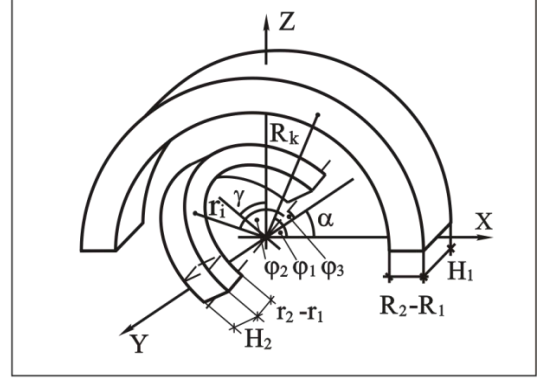


Fig. 4.

In our works, specified in References, there are considered the IPCs with 3D coils: linear displacement controlling converters with plane-parallel, hemi-cylindrical, cylindrical, truncated conical configurations; angular displacement controlling converters with multi-layer, hemi-cylindrical truncated hemi-conical and quadrant-spherical converters of various configurations.

For multi-layer primary converters, general formula for calculation of inter-induction, taking into consideration additionally, will be as follows:

$$M = \sum_{k=1}^s \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{ij}, \quad (1)$$

where M_{ij} – is inter-induction of i and j sections (half-arcs) located on different layers; n and m – number of half-arc; s – number of layers of the primary converter and k – number of the layer.

For all of the above cases calculation of inter-induction is reduced to calculation of the value of inter-inductions of half-arcs with different radiuses, located in the parallel planes shifted with angle α to each other. Therefore, each case is considered individually, for instance, inter-induction of multi-layer, quadrant-spherical converter (see Fig. 3) is calculated by means of formula [4, 10]

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{k=1}^s \sum_{i=0}^{n_k-1} \sum_{j=0}^{m_k-1} \int_{\varphi_1=\alpha}^{\pi+\alpha} \int_{\varphi_2=0}^{\pi} \frac{r_k R_k \cdot C \cdot S \cdot d\varphi_1 d\varphi_2}{\sqrt{r_k^2 + R_k^2 - 2r_k R_k (C+S)}}, \quad (2)$$

$$\text{where } C = \cos \frac{\pi i}{2(n_k-1)} \cos \frac{\pi j}{2(m_k-1)} \cos(\varphi_2 - \varphi_1), \quad S = \sin \frac{\pi i}{2(n_k-1)} \sin \frac{\pi j}{2(m_k-1)}.$$

For the particular case, when the contour containing half-arc coil of R radius is fixed in ZOY plane and the one with r radius is simultaneously inclined with angle γ , its plane I turned towards ZOY plane with angle α and in addition, the centers located in the planes of symmetry of the contours are coincident (fig. 4). In such case inter-induction is calculated by means of the following formula:

$$M = \frac{\mu_0}{4\pi} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^m \sum_{s=1}^q \int_{\varphi_1=\alpha}^{\pi+\beta} \int_{\varphi_2=0}^{\pi} \frac{r_{ij} R_{ks} A d\varphi_1 d\varphi_2}{\sqrt{(h_{ij} - h_{ks})^2 + r_{ij}^2 + R_{ks}^2 - 2r_{ij} R_{ks} \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \cdot D_{ik}}, \quad (3)$$

$$A = [\sin \varphi_1 \cos(\varphi_2 + \varphi_3) \cos(\gamma + \alpha) \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_2 \cos^2 \gamma} + \cos \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos \gamma \cos(\varphi_2 + \varphi_3) - \sin \varphi_1 \cos \lambda] \quad ,$$

$$D_{ik} = \sqrt{[(h_{ij} - h_{ks})^2 + r_{ij}^2 + R_{ks}^2 - 2r_{ij} R_{ks}] \cdot B} \quad ,$$

$$B = \cos \kappa_1 \cos(\gamma + \alpha) \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_2 \cos^2 \gamma} - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 \cos \gamma - 2r_{ij} (h_{ij} - h_{ks}) \sin(\gamma + \alpha) \sqrt{1 - \sin^2 \varphi_2 \cos^2 \gamma} \quad ,$$

where $r_1 \leq r_i \leq r_2$ - are limits of change of the contour radius; $R_1 \leq R_i \leq R_2$ - are limits of change of the fixed contour radius; n, p, m, q - respectively whole numbers of turns of rectangular sections of the internal fixed and external mobile contours; $h_{ij} - h_{ks}$ - distance between the half-arcs; φ_1 and $\varphi_2 - R_{ks}$ and r_{ij} - the angles of inclination of the radius-vectors.

In case, when on the non-magnetic axis with d_0 diameter there is located truncated conic contours, when inter-induction is calculated by means of the formula for inter-induction of two coaxial circles or through division of the cone into the solenoids with finite lengths and further summarizing of the calculated magnitudes.

In the 3D IPC solving of the stated problem is possible only through adding or subtracting of the number of turns, in those sections, where is noticed the convexity or concavity of the output parameter, respectively, in the PC with profiled coil this necessity does not exist, as the configuration of this type of converters could be easily changed without changing of the number of turns. Such PCs are wedge-shaped.

Application of analytic, operation, graphic and other well-known methods for the displacement inter-inductive functional converters with the profiled coils, in most cases is not effective and inaccurate, as in the real converters there take place dispersion and convex of magnetic field, what could not be described yet.

In most practical situations, together with high sensibility, there is required linearity of output parameters, what could be achieved through applying the composition of inter-inverse functions. There is developed the accelerated method for linearization of the output parameters of linearization of output parameters, which, at the next stage of iteration procedure decreases the values of calculated magnitudes with one and the same number, which, at each following step, is determined through applying of "golden proportion" or through division of next number from Fibonacci series with the previous number.

The essence of the method is that the numerical values of coordinate points of measuring coil are determined in purposeful and ordered manner

$$y_1^1, y_2^1, \dots, y_n^1; \quad y_1^2, y_2^2, \dots, y_n^2; \quad y_1^j, y_2^j, \dots, y_n^j.$$

In any selected n knot points x_1, x_2, \dots, x_n ,

Where j is total number of iteration steps. Iteration process completes, when standard error of non-linearity ε^j is less or equal to minimal acceptable value ε .

Application of this method, on one hand, allows, not only to automatically exclude impact of constructive inaccuracy on formation of the output signal, but also, based on the converter operation principle, allows for redistribution of induced magnet fields in space and consequently redistribution of through flux within the coil, in case of change of location of excitation coil. Researches showed that the impact of $5 \cdot 10^{-4} T$ induction magnetic field causes the error no more than 0.2%.

Generally, if the contour moves in the magnetic field with V velocity, Maxwell's second equation could be formulated as follows: $\varepsilon = \phi_L (E + [\vec{v} \cdot \vec{B}]) dJ$, where $\phi_L E dJ$ - is transformation electromotive force, caused by change of the magnetic flow in time; $\phi_L [\vec{v} \cdot \vec{B}] dJ$ - generator electromotive force, caused by movement of the contour with velocity v in the field. First component determines the statistical parameter and another - the dynamic one. Dynamic parameter is associated with the sluggishness of the converter and transition processes in the transformation electrical circuits. Taking into consideration, on one hand, that the electromagnetic wave propagates at the velocity of light and on the other - that times of signal transformation and saturation decrease with growth of the frequency then dynamic error is negligible.

The distinguishing of the errors is conditional, as they persist simultaneously and comprise non-stationary random process, therefore, for general evaluation of the error there is applied the expression for mean square deviation [8]:

$$\sigma_{\varepsilon} = \sqrt{\sum_{i=1}^{n_1} \sigma(\xi_i)^2 + \sum_{i=j=n_1+1}^{n_2} (\sigma(\xi_i) + \sigma(\xi_j)) + \sum_{i=j=n_2+1}^n |\sigma(\xi_i) - \sigma(\xi_j)|}, \quad (4)$$

where $i \in [1, n_1]$ - is number of non-correlated magnitudes, $i \in [n_1 + 1, n_2]$ - numeration of number of strictly linear positively correlated magnitudes; $i \in [n_2 + 1, n]$ numeration of number of strictly linear negatively correlated magnitudes.

Significant changes in IPC are caused by change of temperature and frequency deviations. Their compensation would decrease numerical values of the errors.

Temperature change mainly causes change of the resistance and geometrical shape of the relevant coils. The errors caused by temperature changes belong to the systematic changes and it is easy to take them into consideration. To reduce the temperature errors, it is necessary to stabilize the current, for instance, through using of the barrater or such large resistance, or such material, which has low thermal expansion coefficient and resistance towards temperature changes.

Together with growth of cyclic frequency of the power source the level of output signal, sensitiveness and consumed energy grow. Velocity of the EW determines not only the current in the coil, but also the inductance, what, on its side, impacts the value in inter-inductance and in addition, increases the error of internal system error. Change of cyclic frequency impacts the value of amplitude of the output signal, what is impermissible. There is developed the method of maintaining of quasi-stability of the output signal amplitude and the method of compensation of the impact of frequency deviation for two-, three- and four-turn primary converters, through creation of the contours tuned to various resonance frequencies.

Researches showed that significant change of inter-inductance and respectively, change of sensitivity of IPC and transformation coefficient of efficiency is achieved through change of topology of profiled coils and through increase of number of coils and/or plates in the 3D IPCs. Currently IPCs are applied for control of medium-size (from 5 cm to 1.5 m) linear displacement or simultaneous two or three angular displacement (from 0 to 180 and from 0 to 360 degrees) control.

Through various methods of identification it is established that the IPCs are linear rings, belong to the simple class of Hammerstein models and are described by means of no more than quadric differential equation

For reduction of transformation error, special attention should be paid to the high precision technologies for producing of the elements of primary converters and accurate compatibility of their mobile elements, also application of such materials, which have low thermal coefficient and resistance towards temperature changes.

Application of planar technologies for production of excitation and measurement coils are quite promising. They imply laying of the aluminum in the form of stroke lines with high precision, on the glass, silicon, quartz or sapphire trays. By means of planar technologies there is obtained coil contour configuration on the SiO₂ plate.

In the future, it would be reasonable to apply H technologies through micro-miniaturization of IPC elements and knots and further automation.

ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელების აბეზის პრინციპები

(ი. ლაბაძე)

რეზიუმე

სტატია ეძღვნება მაღალი სიზუსტის მექანიკური პარამეტრების მაკონტროლებელი ურთიერთინდუქციური პირველადი გარდამქმნელების როგორც აგებას, ასევე გამოყენებას მართვის სისტემების შექმნისას.

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS

O. LABADZE

Summary

The paper is dedicated to the methods of construction and applications high-precision inter-inductive primary converters intended as for control of mechanical parameters, and their using at creation system managements .

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ВЗАИМОИНДУКТИВНЫХ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

О. ЛАБАДЗЕ

Резюме

Статья посвящена методам построения и применения высокоточных взаимоиндуктивных первичных преобразователей, предназначенных как для контроля механических параметров, так и их применения при создании систем управления.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. O.Labadze, M. Tsertsvadze, G. Kublashvili. Additive mutual inductance in primary converters of angular transposition. Works of Technical University of Georgia. №3 (419) 1998, p. 111-113. (In Georgian)
2. O.Labadze. Computational method for mutual inductance of primary exact multilayer volumetric converters. Georgian academy of sciences A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. №6, 2002 year, p. 99-102. (In Georgian).
3. O.Labadze, M. Tsertsvadze, G. Kublashvili, P. Mandjavidze. Improved computational method of mutual inductance of exact volumetric by form converters. Georgian academy of sciences A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. №6, 2002 109-113 (In Georgian).
4. O.Labadze. Way to lianearizations of the output feature. A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. №7, 2003 year, p. 112-115. (In Georgian).
5. O.Labadze, P. Mandjavidze, M. Tsertsvadze, G. Kublashvili. A Concept for constructing interinductive primary converters for control systems. Georgian academy of sciences A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. Of the international scientific conference "Problems of control and power engineering" PCPE-2004. №8, 2004 year., p. 221-225. (In Russian).
6. O.Labadze, M. Tsertsvadze, G. Kublashvili, P. Mandjavidze. Analysis of errors of interinductive primary converters of linear and angular transposition. Georgian academy of sciences A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. №9, 2005 year, p. 152-158. (In Georgian).
7. O.Labadze, M. Tsertsvadze, P. Mandjavidze. Mutual inductance between circumference and semi-circumference contours placed flat-parallel on spherical surface with superposed centres. Georgian academy of sciences A. Eliashvili institute of control system. Proceedings. №9, 2005 year, p. 165-167. (In Georgian).
8. O.Labadze, M. Tsertsvadze, G. Kublashvili, P. Mandjavidze, D. Kodlashvili. Analysis of mutual inductance of regular multi-layer open bulk transformer. LEPL Archil Eliashvili institute of control system. Proceedings. №10, 2006 year, p. 113-116. (In Georgian).
9. O.Labadze. Principles of construction of high-sensitivity three-coordinate interinductive hemispherical primary converters of angular transposition. The International forum «new information technology and quality management» (NIT&QM). On March, 28th April, 2009 Egypt, Charm-ale-sheikh, p. 94-97. (In Russian)
10. O.Labadze. INTER-INDUCTIVE PRIMARY CONVERTERS. 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.

მრავალსახსრული სამრეწველო მანიპულატორის თითოეული სახსრის და ჩამჭერის სივრცული კოორდინატების უპონტაქტო განსაზღვრის პრინციპი

ო. ლაბაძე

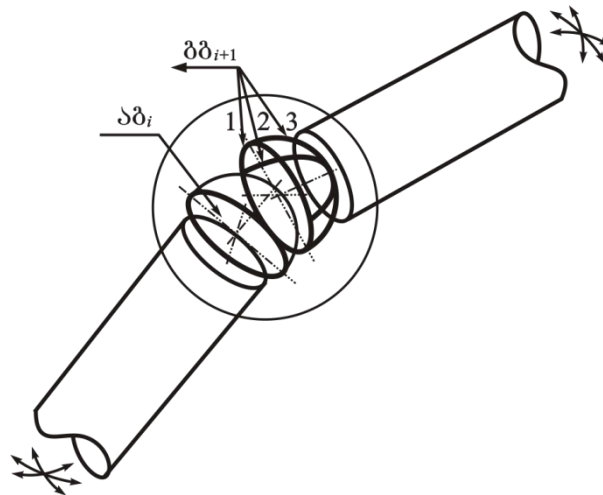
olabadze@gmail.com

დამუშავებული ურთიერთინდექციური უკონტაქტო და არაინერციული 3D ტიპის სამკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელის [1-2] მრეწველობაში გამოყენება ამარტივებს დისტანციური მართვის ავტომატური სისტემების შექმნას. აქედან გამომდინარე, მისი გამოყენება შესაძლებელია მძიმე და ადამიანისთვის სახიფათო პირობებში, რაც ნაწილობრივ, ზოგ შემთხვევაში კი სრულად, გამორიცხავს ოპერატორს.

ადვილად წარმოსადგენია ერთმანეთზე კინემატიკურად გადაბმული მილები, რომლებიც დაკეცილია მოქნილი გადასაბმელებით აღჭურვილი შემაერთებელი მოწყობილობებით. სტაციონარულ ადგილზე დამონტაჟებისას ის არ იკავებს დიდ ადგილს და ტექნოლოგიური პროცესის განხორციელებისას მარტივად გამოიყენება, ხოლო სამშენებლო ადგილზე გადაადგილებისას მილები მათ გადამტან პლატფორმაზე კომპაქტურადაა განლაგებული.

ასეთი ტიპის მექანიზმების რიცხვს მიეკუთვნება, მაგალითად, პნევმოსისტემით აღჭურვილი და მაღალ და ძნელად მისაწვდომ ადგილებზე (სართულებზე) თხევადი ბეტონის მიმწოდებელი ამტანი.

განსხვავებული დიამეტრის მქონე მრავალსახსრული მილისებური ფორმებისგან დამზადებული და მიმდევრობით აკრეფილი მექანიზმის თითოეული მომდევნო სახსარი კინემატიკურად დაკავშირებულია წინა სახსართან (იხ.ნახ.1). მათ შორის მოთავსებულია 3D ტიპის სამკოორდინატული პირველადი გარდამქმნელი. i -ური ამგზნები გრაგნილი (აბ) განლაგებულია i -ურ სახსარზე, ხოლო ნახევარსფეროზე ურთიერთორთო-გონალურად დახვეული სამი (1, 2, 3) გამზომი გრაგნილი (ბბ) განლაგებულია $i+1$ სახსარზე. ელექტრულად ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი სამი გამზომი გრაგნილი ცალსახად განსაზღვრავს ($i+1$) სახსრის განლაგებას სივრცეში i -ური სახსრის მიმართ, ხოლო მათში აღძრული პარაზიტული სიგნალები ურთიერთკომპენსირდება ცნობილი ხერხით [2].



ნახ.1

აქედან გამომდინარე, რიგში მომდევნო სახსრის სივრცული მდებარეობა განისაზღვრება წინა სახსრის სივრცული მდებარეობით და შესაბამისი სახსრის სივრცის და ვექტორის პროექციების ნამრავლების ჯამით, ანუ თუ მექანიზმების რაოდენობა არის n , მაშინ თითოეული სახსრის სივრცეში ადგილმდებარეობის განსაზღვრისათვის გამოსაყენებელია შემდეგი გამოსახულებები:

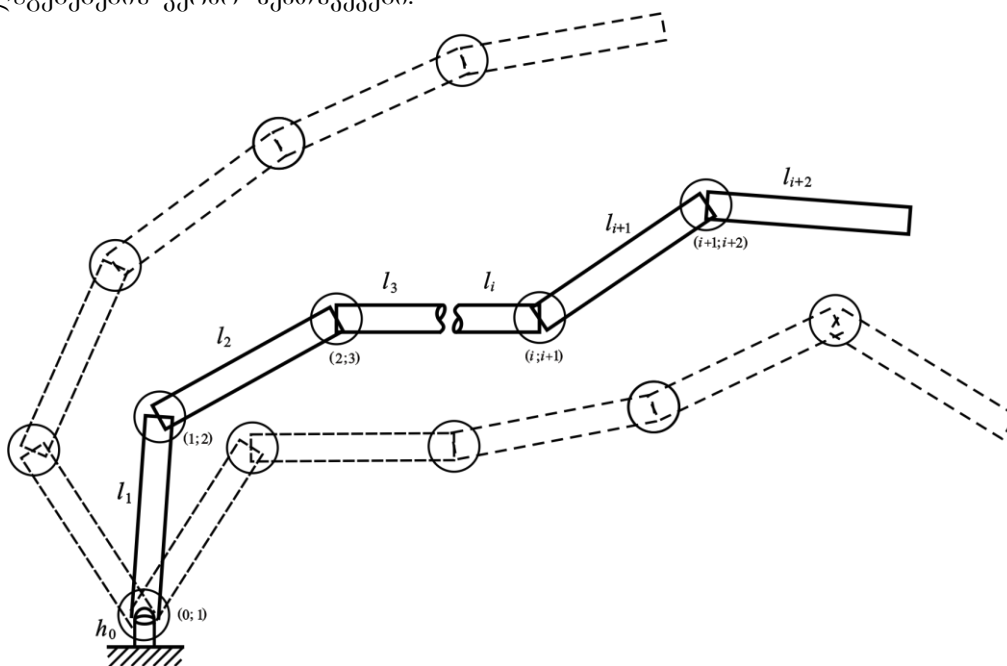
$$x_n = \sum_{i=1}^n (\ell_1 \cos \alpha_1 + \ell_2 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 + \ell_3 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 \cos \alpha_3 + \dots),$$

$$y_n = \sum_{i=1}^n (\ell_1 \cos \beta_1 + \ell_2 \cos \beta_1 \cos \beta_2 + \ell_3 \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \beta_3 + \dots),$$

$$z_n = \sum_{i=1}^n (\ell_1 \cos \gamma_1 + \ell_2 \cos \gamma_1 \cos \gamma_2 + \ell_3 \cos \gamma_1 \cos \gamma_2 \cos \gamma_3 + \dots).$$

სადაც ℓ_i არის i -ური სახსრის ან რობოტ-მანიპულატორის (მაგალითად, ხელის) i -ური შემადგენელი ნაწილის (სახსრის) სიგრძე, ხოლო $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$ - შესაბამისი ℓ_i -ური სიგრძის სახსრის სივრცული განთავსების კუთხეებია, რომლებიც განსაზღვრავენ მომდევნო სახსრის წინა ნაწილის (ბოლოს) სივრცულ განთავსებას.

ნახ.2-ზე მოყვანილია მრავალსახსრიანი სამრეწველო რობოტის სივრცული განლაგებების კერძო შემთხვევები.



ნახ. 2

ზოგადად, თითოეული n -ური სახსრის თავების ადგილმდებარეობის (კოორდინატების) და ინფორმაციის მოპოვება-დამუშავება-დადგენისათვის ხელსაყრელია გამოვიყენოთ შემდეგი გამოსახულებები, რომლებიც აღწერენ შესაბამისი სახსრების თავების კოორდინატებს h_0 სიმაღლის საყრდენის მიმართ:

$$x_n = \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot \prod_{i=1}^n \cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \dots \cdot \cos \alpha_i$$

$$y_n = \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot \prod_{i=1}^n \cos \beta_1 \cdot \cos \beta_2 \cdot \dots \cdot \cos \beta_i$$

$$z_n = \sum_{i=1}^n \ell_i \cdot \prod_{i=1}^n \cos \gamma_1 \cdot \cos \gamma_2 \cdot \dots \cdot \cos \gamma_i$$

აღსანიშნავია, რომ 3D ტიპის არაინერციური უკონტაქტო სამკოორდინატული პირველადი გარდამქნელების გამოყენებისას სახსრებს შორის გადახრის კუთხეები კონსტრუქციული და ტექნოლოგიური სირთულეებით შეზღუდულია და თითოეულ კოორდინატაზე შეადგენს -75^0 -დან $+75^0$ -მდე. ამავდროულად აღსანიშნავია, რომ მანიპულატორის ჩამჭერის შემობრუნების ჯამური კუთხე დამოკიდებულია სახსრის რაოდენობაზე. მაგალითად, თუ სახსრების რაოდენობა იქნება ხუთი, მაშინ შემობრუნების მაქსიმალური კუთხე იქნება 375^0 .

მრავალსახსრული სამრეწველო მანიპულატორის თითოეული სახსრის და ჩამჭერის სივცული კოორდინატების უკონტაქტო განსაზღვრის პრინციპი

ო. ლაბაძე

რეზიუმე

მოყვანილია მრავალსახსრული სამრეწველო მანიპულატორის თითოეული სახსრის და ჩამჭერის ბოლოების სივცული კოორდინატების უკონტაქტო განსაზღვრის პრინციპი. სახსრების გადაბმის ადგილებში გამოიყენება 3D ტიპის სამკოორდინატული ურთიერთ-ინდუქციური არაინერციული პირველადი გარდამქმნელები, რომლებიც უზრუნველყოფენ თითოეული სახსრის და ჩამჭერის ბოლოების კოორდინატების განსაზღვრის საიმედოობას და სიზუსტეს.

ПРИНЦИПЫ БЕСКОНТАКТНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ КАЖДОГО СУСТАВА И ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА МНОГОСУСТАВНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

О. ЛАБАДЗЕ

Резюме

Приведены принципы бесконтактного определения пространственных координат каждого сустава и захватного устройства многосуставного промышленного манипулятора. В местах соединения суставов использован трёхкоординатный безинерционный взаимоиндуктивный первичный преобразователь типа 3D, который обеспечивает надёжность и точность определения координат каждого сустава и захватного устройства.

PRINCIPLES OF CONTACTLESS DEFINITION OF SPATIAL COORDINATES OF EACH JOINT AND GRIPPING DEVICES OF THE SINGLE-ROW MULTIARTICULATE INDUSTRIAL MANIPULATOR

O. LABADZE

Summary

Principles of contactless definition of spatial coordinates of each joint and gripping devices of the single-row multiarticulate industrial manipulator are shown in the paper. In places joints it is applied three coordinate without the inertialinter in the primary converter of type 3D which provides reliability and accuracy of definition of co-ordinates of each joint and gripping devices.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ლაბაძე ო.ს. Принципы построения высокочувствительного трёхкоординатного взаимоиндуктивного полусферического первичного преобразователя угловых перемещений. Муждународный форум "Новые информационные технологии и менеджмент качества" (NIT&QM), научная конференция: "Датчики и преобразователи информации систем контроля, измерения и управления" (28 марта - 04 апреля) 2009 г., ЕГИПЕТ, г. Шарм Эль Шейх, с.94-97.
2. ო. ლაბაძე. ელექტრომაგნიტური სამკოორდინატიანი გარდამქმნელი. ინტელექტუალური საკუთრების ეროვნული ცენტრი "საქპატენტი". პატენტები P 4702 და P 4703. ორივე განცხადებულია 11.12.2006 წ., საიდენტიფიკაციო ნომრები 9753/01 და 9754/01.. გამოქვეყნებულია 10.06.2009წ., სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური საიფორმაციო ბიულეტენი 2009 წ., № 11.

უკონტაქტო სამპოზიციური ინდიკატორის მართვის მეთოდი

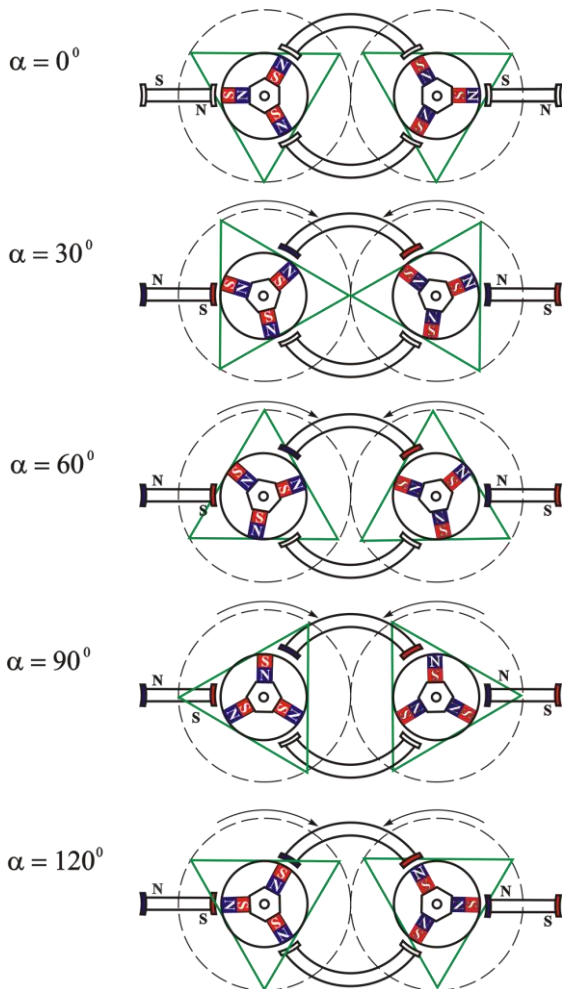
ო. ლაბაძე

olabadze@gmail.com

უკონტაქტო სამპოზიციური ინდიკატორის აგების ფიზიკური საფუძვლები და თავისებურებანი გამოკვლეულია გამოკვეყნებულ ნაშრომში, რომელშიც მოყვანილია დინამიკური ობიექტის ძირითადი შემადგენელი უბნებისათვის დამუშავებული აგების პრინციპები [1].

კვლევებით დადგენილია, რომ მართვადი იმპულსების ლოგიკურად დასაბუთებული, ერთდროული, თანმიმდევრული და განსხვავებული მიწოდებით მობრუნება 120° -ის ჯერად კუთხეზე მარტივად მიიღწევა მწკრივში კენტ და ლუწ ადგილებზე განთავსებული მბრუნავი სამპოლუსიანი მაგნიტების შემცველი ელემენტების საპირისპირო მოძრაობის განხორციელებით. ამ შემთხვევაში ადგილი აქვს სამპოზიციური, ანუ პერიოდულად ცვლადი სამხედური ინფორმაციის მიღებას. მაგალითად, ნახ.1-ზე მოყვანილი ერთსექციიანი სქემა, რომელიც შედგება კონფიგურაციით იდენტური ორი, მაგრამ პოლუსების თანმიმდევრობით განსხვავებული, მბრუნებელი ელემენტისაგან. ელემენტები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მაგნიტური ველებით. ეს მაგნიტური ველები შექმნილია ბუნებრივი (ან სპეციალურად დამზადებული) მუდმივი მაგნიტებისაგან. მმართველი იმპულსის ზემოქმედებისას მიიღება მოძრაობის სამპოზიციური მყისიერად ცვლადი სურათი.

კერძოდ, ნახ.1-ზე მოყვანილია ერთსექციიანი მბრუნავი ელემენტების მხოლოდ 120° მობრუნების ფრაგმენტები. თითოეული სექცია შეიცავს ორი სახის და განსხვავებული



ნახ.1

პოლუსებისაგან ((N,S,N) და (S,N,S)) შედგენილ მბრუნავ ელემენტებს, რომლებსაც აქვთ ერთმანეთისგან დაშორებული და ორივე მხრიდან დაფიქსირებული თითო-თითო ბრუნვის ღერძი. სექციის მბრუნავი ელემენტები (მაგნიტები) საკუთარი მაგნიტური ველებით დაკავშირებულია ერთმანეთთან შესატყვისი ელექტრომაგნიტების მაგნიტო-გამტარებით.

ელექტრომაგნიტები უძრავად არიან განლაგებული სექციაში და არ ეხებიან პერიოდულად მბრუნავ ელემენტებს.

ამრიგად, მწკრივში განლაგებული რამდენიმე სექციის ერთდროულად სამართავი ობიექტი შედგება თითოეულ სექციაში შემავალი ორი წყვილ-წყვილად მბრუნავი ელემენტისაგან, რომელზეც დადგენილი წესით განთავსებულია მაგნიტები (იხ.ნახ.1). მონაცვლე პოლუსებით განლაგებულ და მობრუნების ღერძის მქონე მუდმივ მაგნიტებზე ზემოდან დაშენებულია ღრუ, წესიერი, სამკუთხა პრიზმის ფორმის და ინფორმაციის მატარებელი ბრტყელი წახნაგები. მმართველი ობიექტის სექციები შეერთებულია პარალელურად.

მრგვალი რკალებით ნაჩვენებია ერთ სექციაში შედგენილი მაგნიტების მოძრაობის მიმართულებები 120° კუთხით მობრუნების ყველა ეტაპზე.

როგორც ნახ.1 - დან ჩანს 0° -ზე დაყენებული სექცია 120° გრადუსზე მობრუნების შემდეგ იცვლის ხედურ ინფორმაციას.

მოყვანილი მობრუნება იმ ელექტრომაგნიტების ხეიების ჩართვით განხორციელდა, რომლებიც განთავსებულია ზედა რკალური ფორმის და კიდურა, მწკრივში პორიზონტალურად და სიმეტრიულად მდებარე, მაგნიტოგამტარებზე.

დადგენილია, რომ მმართველი იმპულსების მიმდევრობის და ნიშნის ლოგიკური შეცვლით თითოეულ სექციაში მიიღება საპირისპიროდ მბრუნავი ელემენტების ერთობლიობა.

ნახ.2-ზე მოყვანილია მწკრივში განთავსებული და ორ-ორი იდენტური სექციისგან შედგენილი სამოზიციური და ოთხელემენტიანი ხედური ინფორმაციის ამსახველი სქემოტექნიკური გადაწყვეტილება – სამივე კუთხის ($0^{\circ} - 120^{\circ}$; $120^{\circ} - 240^{\circ}$ და $240^{\circ} - 360^{\circ}$ (0°)) შემობრუნების განხორციელების ეტაპები.

ცნობილია, რომ თუ ელექტრომაგნიტი შეიცავს რამდენიმე დამოუკიდებელ გრაგნილს, ნებისმიერი მბრუნავი სისტემის სტატიკური და დინამიკური მდგომარეობა აღიწერება ერთი ან რამდენიმე ძაბვისა და ერთი მომენტის განტოლებებით [1-4].

ამიტომ, სისტემის დაზუსტებული მოძრაობის აღწერისათვის გასათვალისწინებელია მბრუნავი კვანძების ელექტრული, მაგნიტური და კონსტრუქციული თავისებურებანი, რომლებიც სრულად განსაზღვრავენ მათზე მოქმედი მომენტების ბუნებას და რაოდენობას. მაგალითად, სამი ელექტრომაგნიტის მმართველი გრაგნილების არსებობა იწვევს პირველი, მეორე და მესამე განტოლებების შემოტანას, ხოლო ჯამური ინერციის მომენტების სრული აღწერა და დამამუხრუჭებელი დინამიური ძალების ადითიური მდგენელების რიცხვის გაზრდა და მათ მიერ შექმნილი დამატებითი დასაძლველი მომენტების გათვალისწინებით მოძრაობის განტოლებათა სისტემა დაიწერება შემდეგი დაზუსტებული სახით:

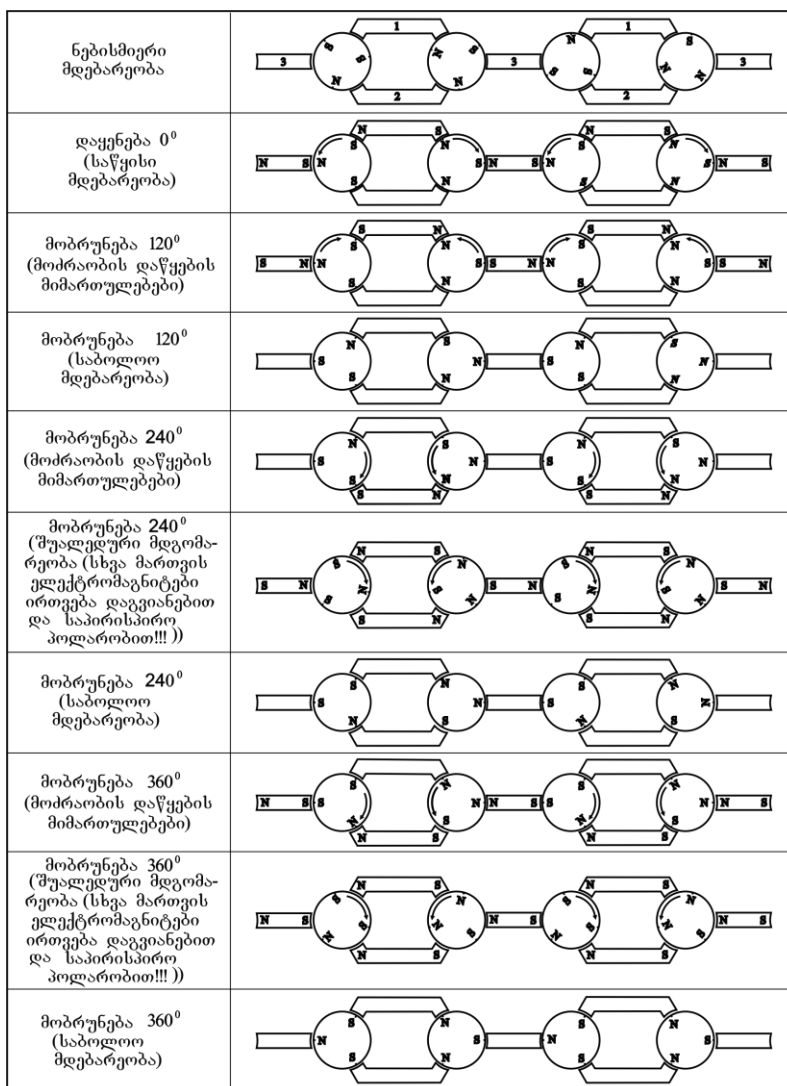
$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d\Psi_1}{dt} + R_{L_1} I_1 = U_1, \\ \frac{d\Psi_2}{dt} + R_{L_2} I_2 = U_2, \\ \frac{d\Psi_3}{dt} + R_{L_3} I_3 = U_3, \\ \sum_{i=1}^n I_i \frac{d^2\beta}{dt^2} + D \frac{d\beta}{dt} + \sum_{j=1}^m (M_{გზრ. j} + M_{სობ. j} + M_{გრ. j}) \text{sign} \left(\frac{d\beta}{dt} \right) = \sum_{k=1}^p \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} M_{გლმ. k} \end{array} \right. ,$$

- სადაც Ψ_1 – პირველი ელექტრომაგნიტის მმართველი გრაგნილისა და მაგნიტისგან შედგენილი მბრუნავი კონსტრუქციის ელემენტების ნაკადშეზღვევა,
 Ψ_2 – მეორე ელექტრომაგნიტის გრაგნილისა და მაგნიტისგან შედგენილი მბრუნავი კონსტრუქციის ელემენტების ნაკადშეზღვევა,
 Ψ_3 – მესამე ელექტრომაგნიტის გრაგნილისა და მაგნიტისგან შედგენილი მბრუნავი კონსტრუქციის ელემენტების ნაკადშეზღვევა,
 R_{L_1} – ელექტრომაგნიტის მმართველი გრაგნილის აქტიური წინაღობა,
 R_{L_2} – ელექტრომაგნიტის მეორე გრაგნილის აქტიური წინაღობა,
 R_{L_3} – ელექტრომაგნიტის მესამე გრაგნილის აქტიური წინაღობა,
 I_i – მოძრავი კონსტრუქციის შემადგენელი ცალკეული i -ური ელემენტის ინერციის მომენტი,
 β – მუდმივი მაგნიტის მქონე მოძრავი სისტემის მობრუნების კუთხე,
 U_1 – ელექტრომაგნიტის მართვის პირველ გრაგნილზე მიწოდებული ძაბვის სიდიდე,
 U_2 – ელექტრომაგნიტის მართვის მეორე გრაგნილზე მიწოდებული ძაბვის სიდიდე,
 U_3 – ელექტრომაგნიტის მართვის მესამე გრაგნილზე მიწოდებული ძაბვის სიდიდე,
 D – საჰაერო ხახუნის კოეფიციენტი,
 $M_{გზრ. j}$ – მოძრავი კონსტრუქციის j -ური უბნის მშრალი ხახუნის მომენტი,

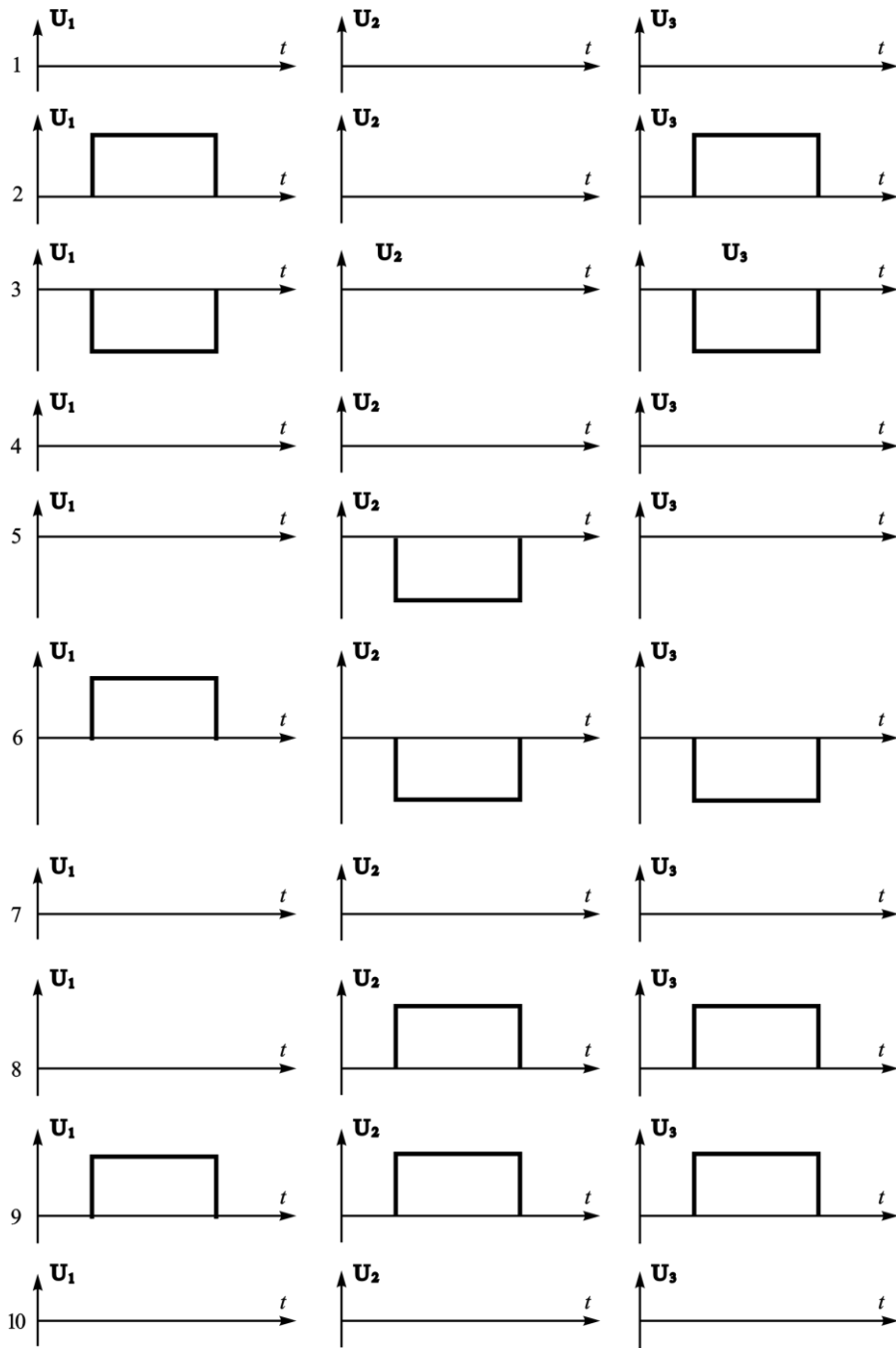
- $M_{სობ,j}$ – გარემოს j -ური უბნის სიბლანტის ხახუნის მომენტი,
- $M_{გრ,j}$ – j -ური უბნის ღრუ სამკუთხა პრიზმის გრეხის ძალის მოქმედებით გამოწვეული ხახუნის მომენტი,
- $M_{ელმ,k}$ – k -ური გრაგნილის მიერ შექმნილი ელექტრომაგნიტური ბრუნვის მომენტი.

ნახ.2 მოყვანილი სქემის მიხედვით 1, 2 და 3 ნომრებით აღნიშნულია მწკრივში განლაგებული და უბანუბან მიმდევრულად, ხოლო უბნებს შორის პარალელურად შეერთებული ელექტრომაგნიტები, რომლებზეც შესატყვისი და ლოგიკურად დასაბუთებული იმპულსური ზემოქმედებით (იხ. ნახ.3) მიიღწევა მართვის სისტემის:

- საწყის მდგომარეობაში მოყვანა;
- კენტ ადგილებში განთავსებული მბრუნავი ელემენტების საათის ისრის მოძრაობის თანხვედრითი მოძრაობის განხორციელება;
- ლუწ ადგილებზე განთავსებული მბრუნავი ელემენტების საათის ისრის მოძრაობის საპირისპირო მოძრაობის განხორციელება;
- დროის გარკვეული (დავალებული) შუალედის დაცვით 120° გრადუსით შემობრუნების უზრუნველყოფა;
- სინქრონიზაციის დაცვა.



ნახ. 2



ნახ. 3

სამპოზიციური დინამიური ობიექტის უკონტაქტო მართვის ელექტრონული (მიკრო-პროცესორული) სისტემა უზრუნველყოფს: ინდიკატორის ფუნქციური შესაძლებლობების გაფართოებას; მმართველი იმპულსის მოხსნის შემდეგ გარდამავალი პროცესების მცირე რხევების რაოდენობის მნიშვნელოვან შემცირებას ან სრულ გაუქმებას და მოძრავი მაგნიტების მყისიერი მართვის განხორციელებას, ვინაიდან წრეწირზე 120° კუთხით წანაცვლებული ელექტრომაგნიტების პოლუსები ქმნიან ისეთ მაგნიტურ ველს, რომ ერთდროულად სამივე პოლუსი არა მარტო იზიდავს შესაბამის, პოლუსით საპირისპირო მბრუნავ მაგნიტებს, არამედ განსაზღვრავს მოძრაობის მიმართულებას.

ელექტრომაგნიტებზე დამატებითი გრაგნილების შემოტანა და მართვის წრედში ჩართვა გამოიწვევს რხევების აქტიურ დემპფირებას, საინფორმაციო ხედის შეცვლის

სწრაფქმედების გაზრდას, სამხედური ინფორმაციის შეცვლის საიმედოობას და ელექტროენერგიის ხარჯის შემცირებას.

სამპოზიციური მბრუნავი მოწყობილობა გამოიყენება ავტომატიკაში, უპირატესად ინფორმაციის ამსახველ ელექტრომაგნიტურ ხელსაწყოებში. გარდა აღნიშნულისა, შემოთავაზებულ პრინციპზე აგებული მართვის სისტემა შეიძლება გამოყენებულ იქნეს საინფორმაციო ტაბლოებში, ცვალებად საგზაო ნიშნებში, სარეკლამო ფარებში და სხვა მძიმე მრეწველობის პირობებში.

უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ინდიკატორის მართვის მეთოდი

ო. ლაბაძე

რეზიუმე

განხილულია უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ინდიკატორის მართვის განხორციელების გზები, რომლებიც ეყრდნობა სხვადასხვა სიმეტრიული ფორმის მაგნიტებზე ჩატარებულ კვლევებს.

დადგენილი თავისებურებანი უზრუნველყოფენ სისტემის არა მარტო საიმედო ფუნქციონირებას, არამედ მმართველი იმპულსების მოხსნის შემდეგ ხედური ინფორმაციის შენარჩუნებას თვით მაგნიტური სისტემის ველის გამოყენებით, რაც ამცირებს მოხმარებული ენერგიის ხარჯს.

FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF CONTACTLESS THREE-POSITION DYNAMIC OBJECT

O. LABADZE

Summary

Ways of realization of control of contactless three position dynamic indicator based on the spent researches of various symmetric forms of magnets are considered in the paper.

The originality of the found and installed features will provide not only the reliable operation of the control system, but it will also preserve the specific information of magnet system after removing the control pulse, reducing the consumption of energy used.

МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ БЕСКОНТАКТНЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ТРЁХПОЗИЦИОННЫМ ИНДИКАТОРОМ

О. ЛАБАДЗЕ

Резюме

Рассмотрены пути осуществления управления бесконтактным трёхпозиционным динамическим индикатором, которые основываются на проведенных исследованиях различных симметричных форм магнитов.

Своеобразность найденных и установленных особенностей обеспечат не только надёжное функционирование системы управления, но и сохранение видовой информации самой магнитной системой после снятия импульса управления, что уменьшит расход потребляемой энергии.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

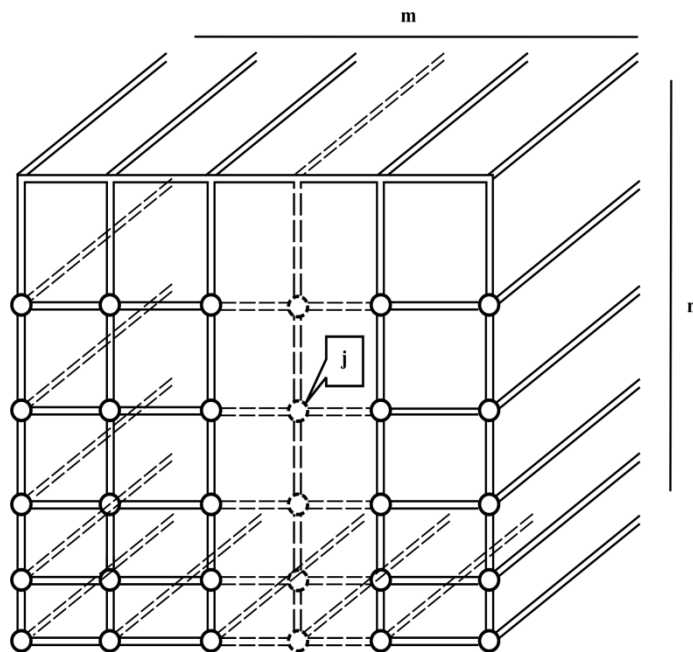
1. ო. ლაბაძე, მ. ცერცვაძე, თ. ლაბაძე, პ. მანჯავიძე. უკონტაქტო სამპოზიციური დინამიური ობიექტის აგების ფიზიკური საფუძვლები და თავისებურებანი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №16, 2012 წ., გვ. 83-88.
2. А.Л. Поляничко, О.Л. Поляничко, А.В. Шаульский, В.К. Шикирявый и Р.С. Душко Индикатор. А.С. СССР 647707.– Оpub. в Б.И. №6, 1979 г.
3. Патент США 4825205. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.
4. Патент Японии 122620. Оpub. Р.Ж. "Изобретения стран мира", №2, выпуск 120, 1990 г.

**ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის კომბინირებული
ადაპტური სისტემა**

ლ. ბვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. შავლაშვილი, თ. საანიშვილი, ბ. კიკნაძე
olabadze@gmail.com, tapesa@mail.ru

უბნებად დაყოფილი დიდი მოცულობის სათავსოების ცალკეული სტრუქტურული ერთეულის სახასიათო უბნის მიკროკლიმატის ტექნოლოგიური პარამეტრების ადაპტური მართვის განხორციელების სისტემა აღწერილია [1-5].

ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების ფიზიკური მოდელირების სტენდით ხორციელდება გარკვეული პარამეტრების მატარებელი ჰაერის მასების გადატანა n პარალელურ და m ვერტიკალურ შრეში განლაგებული, ერთმანეთთან დაკავშირებული (წინასწარ ვერტიკალურად და ჰორიზონტალურად დახვრეტილ) მილების სისტემის საშუალებით კონვექციური პროცესების გამოყენებით. სტრუქტურის შრეებში განლაგებული $j = m \times n$ საკეტი, რომელთა მდგომარეობის მიხედვით (ღია/ჩაკეტილი) ხორციელდება ჰაერის ნაკადების მიმართვა სამოდულო ობიექტის სხვადასხვა წინასწარ დადგენილ (ვერტიკალურ ან ჰორიზონტალურ) შრეებში, იხ. ნახ.1.

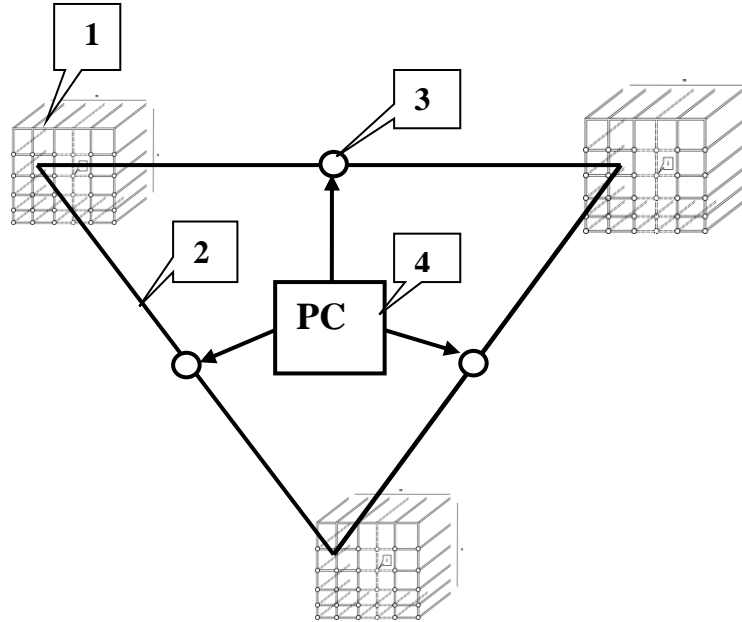


ნახ.1.

მსგავსი ტექნოლოგიის გამოყენებით შესაძლებელია მოდელირების შედეგების გათვალისწინებით ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემის რეალიზაცია მრავალ უბნად დაყოფილ რეალურ ობიექტშიც.

ასეთი ტიპის მართვა მიზანშეწონილია ისეთი ობიექტებისათვის, რომლებიც შედარებით ერთგვაროვანი სითბური ველებით ხასიათდებიან და ითხოვენ მართვას ობიექტის მთელ მოცულობაში. აღნიშნული მიდგომა ნაკლებად ეფექტურია ობიექტებისათვის, სადაც აუცილებელია ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვა გარკვეულ უბნებზე პარამეტრების განსხვავებული მნიშვნელობებით და არა უწყვეტად ობიექტის მთელ მოცულობაში. ამ შემთხვევაში შეიძლება გამოვიყენოთ მართვის კომბინირებული სისტემა. ობიექტი დაყოფთ სახასიათო უბნებად (პარამეტრების შედარებით ერთგვაროვანობის გათვალისწინებით), რომლებშიც განხორციელებული იქნება ზემოაღნიშნული მეთოდით პარამეტრების ლოკალური მართვა. ასეთი უბნები ერთმანეთთან შეიძლება დააკავშიროთ მილების სისტემით. ამ სისტემით შესაძლებელია მიკროკლიმატის გარკვეული პარამეტრების მქონე ჰაერის მასების მიწოდება

ერთი უბნიდან მეორეზე. მთლიანობაში სისტემის მართვისათვის გამოიყენება ცენტრალური კომპიუტერი, რომელიც ცალკეული უბნების სამართი პროცესების ერთიან მენეჯმენტს ასორციელებს.



ნახ. 2

ნახ. 2-ზე მაგალითის სახით მოცემულია ასეთი მართვის სისტემის ფუნქციონალური სქემა სამი სახასიათო უბნის (1) მქონე ობიექტისათვის. ეს უბნები ერთმანეთთან დაკავშირებულია მიღების სისტემით (2). თითოეული მათგანი აღჭურვილია სამართი მექანიზმით (3). სამართი მექანიზმი როგორც სპეციალური საკეტით მილის გადაკეცვის ფუნქციას უზრუნველყოფს, ასევე მიღში ჰაერის მასების გადაადგილებას ორივე მიმართულებით ერთი უბნიდან მეორეში (თუ ამის აუცილებლობა არსებობს). სამართი მექანიზმზე სათანადო ზემოქმედება PC კომპიუტერზე (4) განლაგებული პროგრამის საშუალებით ხორციელდება უბნებიდან მიღებული ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მნიშვნელობების დაკვეთილ მნიშვნელობებთან შედარების საფუძველზე.

ლოკალურად უბნებზე (მართვის ქვედა დონე) პარამეტრების მართვა შეიძლება განვახორციელოთ [6] შემოთავაზებული სამართი სტრუქტურით, რომლის საფუძველს წარმოადგენს Arduino [7] აპარატურულ-პროგრამული ღია პლატფორმა.

მიკროპროცესორული დაფის შედარებით რთული ვარიანტის გამოყენებისას Arduino MEGA 2560 R3 საშუალებას მოგვცემს ობიექტის სახასიათო უბანზე DT22 კომბინირებული პარამეტრების გარდამქმნელის (ტემპერატურა, ტენიანობა) საშუალებით 16 წერტილში განვახორციელოთ შესაბამისი პარამეტრების კონტროლი. მიღების საკეტების მართვა და საჭირო მიმართულების კონვექციური ნაკადების შექმნისათვის აუცილებელი დანადგარების ჩართვა/გამორთვა შესაძლებელია დაფაზე განლაგებული 54 ციფრული შესავალ/გამოსავლით.

“ან” ლოგიკური საშუალებებით შეგვიძლია განვახორციელოთ მართვის ზედა დონის ორგანიზაცია. ცენტრალური კომპიუტერი PC 4 აუცილებელია საერთო მაკორდინირებული პროგრამის რელიზაციისათვის, რომელშიც უბნებიდან მიღებული პარამეტრების მნიშვნელობების მიხედვით განხორციელებულია სისტემის მთლიანი მენეჯმენტი.

ასეთი სისტემა უფრო მაღალი ენერგოეფექტურობით ხასიათდება, ვიდრე ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის ერთგვაროვანი სისტემა, რადგანაც ის ფუნქციონირებისათვის აუცილებელი ენერჯის დაზოგვის საშუალებას იძლევა.

**ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის კომბინირებული
ადაპტიური სისტემა**

ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, ნ. კავლავილი, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე
რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების კონტროლისა და მართვის სისტემების აგების თავისებურებები მიკროკლიმატის პარამეტრების სივრცეში არაერთგვაროვანი განაწილების მქონე ობიექტისათვის.

ნაჩვენებია ასეთი ობიექტისათვის მართვის ორდონიანი კომბინირებული მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობა.

მოყვანილია ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების კონტროლისა და მართვის სისტემის ენერგოეფექტური სტრუქტურა, რომელიც საშუალებას იძლევა შევამციროთ მართვის პროცესისათვის აუცილებელი დანახარჯები.

**COMBINED ADAPTIVE MANAGEMENT SYSTEM PARAMETERS OF ARTIFICIAL
CLIMATE**

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

The features of building management and control systems of artificial microclimate parameters for objects with irregular structure of the distribution parameters in space are considered in the paper.

The possibility of using a combined method for a two-tier management of such facilities is shown in the work.

Structure of energy-efficient systems control the parameters of artificial microclimate that gives the opportunity to reduce the costs necessary for the implementation of the governance process.

**КОМБИНИРОВАННАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ
ПАРАМЕТРАМИ ИСКУССТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА**

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

Рассмотрены особенности построения систем контроля и управления параметрами искусственного микроклимата для объектов с неоднородной структурой распределения параметров в пространстве.

Показана возможность использования двухуровневого комбинированного метода для управления такими объектами.

Приведена структура энергоэффективной системы управления параметрами искусственного микроклимата, которая дает возможность уменьшить затраты, необходимые для реализации процесса управления.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ვ. ბახტაძე, ლ. გვარამაძე, გ. კიკნაძე, ო. ლაბაძე, თ.საანიშვილი. დიდი მოცულობის სათავსოებში მიკროკლიმატის პარამეტრების გადამწოდების სივრცეში განთავსების საკითხები. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომების კრებული, 2010, №14, გვ. 113-117.
2. ო.ლაბაძე, ნ.ყავლაშვილი, თ.საანიშვილი, გ.კიკნაძე ლ.გვარამაძე. ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების დამუშავება თანამედროვე სკემოტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, 2010, №14, გვ. 118-126.
3. ნ.ყავლაშვილი, თ.საანიშვილი, ლ.გვარამაძე, ო.ლაბაძე, გ.კიკნაძე. ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემის პრაქტიკული რეალიზაცია სამართი ზემოქმედების შეზღუდვის პირობებში. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. №13, 2009 წ., გვ. 83-88.
4. ნ. ყავლაშვილი, ო. ლაბაძე, ლ. გვარამაძე, გ. კიკნაძე, თ. საანიშვილი. ხელოვნური მიკროკლიმატის პარამეტრების მართვის სისტემების დამუშავება თანამედროვე სკემოტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომები. თბილისი, №16, 2012 წ., გვ. 75-78.
5. Ю.В.Новиков,О.А.Калашников, С.Е.Гуляев. Разработка систем сопряжения. Изд. Экономика, Москва, 2003.
6. Visual Basic 6.0 – БХВ- Санкт-Петербург, 1999.
7. Massimo Banzi. Getting Started with Arduino. Released: December 2008, Pages: 128.

**ელექტროენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები და
საქართველოს ენერგორესურსების ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემები**

*თ. მამბრაძეშვილიძე, ვ. ჰიჭინაძე, ხ. ლომიძე, ნ. ბანცაძე, ა. მიქაშაშვილი,
მ. ჯანოკაშვილი, ი. არჩუაძე*

qvelit@rambler.ru

როგორც არაერთხელ აღნიშნულა, 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 საერთოდ ენერგეტიკის, კერძოდ კი ელექტროენერგეტიკის, განვითარებას და ამით ენერგეტიკული დამოუკიდებლობის ბაზის განმტკიცებას.

ამჟამად 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 ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ინდიკატორს. ცხრილ 1-ში ლიდერი ქვეყნები რანჟირებულია ამ სიდიდის მიხედვით (2012 წლის მონაცემები) [1].

ცხრილი 1

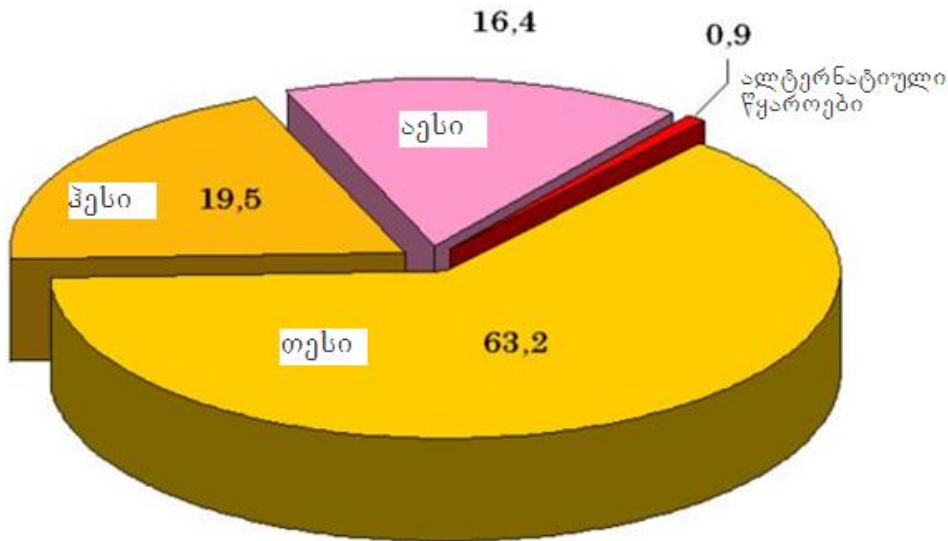
მსოფლიო ქვეყნების რეიტინგი ელექტროენერჯის მოხმარების დონის მიხედვით

| | ქვეყანა | ერთ სულ მოსახლეზე წლიურად მოხმარებული ელექტროენერჯია (კვტ.სთ) |
|----|---------------------------------|---|
| 1 | ისლანდია | 51439.909 |
| 2 | ნორვეგია | 25175.221 |
| 3 | კუვეიტი | 18319.660 |
| 4 | ლუქსემბურგი | 16833.908 |
| 5 | ფინეთი | 16482.789 |
| 6 | კანადა | 15137.424 |
| 7 | კატარი | 14997.217 |
| 8 | შვეცია | 14939.232 |
| 9 | ამერიკის შეერთებული შტატები | 13393.901 |
| 10 | არაბთა გაერთიანებული საემიროები | 11044.385 |
| 11 | ავსტრალია | 10285.652 |
| 12 | ბახრეინი | 9814.278 |
| 13 | ჩრდილოეთკორეა | 9744.465 |
| 14 | ახალი ზელანდია | 9565.914 |
| 15 | ბრუნეი | 8758.648 |
| 16 | იაპონია | 8394.124 |
| 17 | ბელგია | 8387.617 |

| | | |
|----|----------------|----------|
| 18 | ავსტრია | 8356.128 |
| 19 | სინგაპური | 8306.774 |
| 20 | შვეიცარია | 8174.664 |
| 21 | საუდის არაბეთი | 7967.004 |
| 22 | საფრანგეთი | 7728.553 |
| 23 | გერმანია | 7215.421 |
| 24 | ნიდერლანდები | 7009.524 |
| 25 | ისრაელი | 6856.078 |

ცხრილში ჩამოთვლილი ყველა ქვეყანა ეკონომიკის განვითარების უაღრესად მაღალი დონით ხასიათდება. როგორც ანალიზმა გვჩვენა, მსოფლიოში დაახლოებით 200 ქვეყნიდან არ არსებობს არცერთი, რომელიც სუსტი ელექტროენერგეტიკული ბაზით ეკონომიკური განვითარების მაღალ დონეზე იმყოფება.

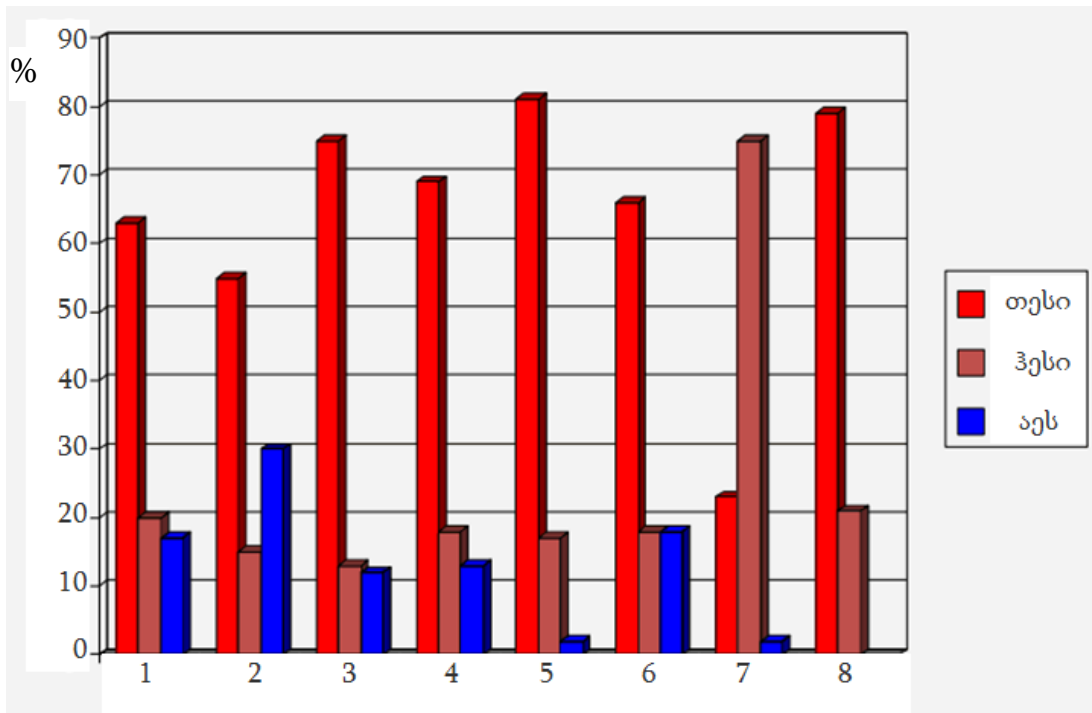
ინტერესს იმსახურებს მსოფლიოში ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა, რომელიც წარმოდგენილია ნახ.1-ზე [2].



ნახ.1. ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა

როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, მსოფლიოში მოხმარებული ელექტროენერჯის 63.2% გამომუშავდება თბოელექტროსადგურებში, 19.5% ჰიდროელექტროსადგურებში, 16.4% ატომურ ელექტროსადგურებში. 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). როგორც ანალიზი გვიჩვენებს, უახლოესი ორი ათეული წლის განმავლობაში ამ მიმართულებით რაიმე მკვეთრი ცვლილება არც არის მოსალოდნელი.

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



ნახ.3. ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა რეგიონების მიხედვით.
 1 – მსოფლიო, 2 – ევროპა, 3 – ყოფილი საბჭოთა ქვეყნები, 4 – აზია,
 5 – აფრიკა, 6 – ჩრდილოეთი ამერიკა, 7 – სამხრეთი ამერიკა, 8 – ავსტრალია.

როგორც ნახაზიდან ჩანს, მთელი მსოფლიოსთვის ელექტროენერჯის გამომუშავების სტრუქტურა წარმოდგენილი ნახ.2-ზე გარკვეული ვარიაციებით შენარჩუნებულია ევროპაში, ყოფილ საბჭოთა ქვეყნებში, აზიაში, აფრიკასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში. განსხვავებული სურათი გვაქვს სამხრეთ ამერიკის შემთხვევაში, სადაც გამომუშავებული ელექტროენერჯის 75% მოდის ჰესებზე. ავსტრალიაში კი დღეისათვის არ არსებობს ატომური ელექტროსადგური. ამ განსხვავების გათვალისწინებით, სხენეული სტრუქტურა (ნახ.2, ნახ.3) შენარჩუნებულია ცალკეული ქვეყნების უმეტესობაში. თუმცა, არსებობს რადიკალურად განსხვავებული გამოწვევებიც. ასე მაგალითად, ნორვეგიაში გამომუშავებული ელექტროენერჯის 99% მოდის ჰიდროელექტროსადგურებზე. ისრაელში კი – გამომუშავებული ელექტროენერჯის პრაქტიკულად 100% მოდის თბოელექტროსადგურებზე, საფრანგეთში მთელი ენერჯის დაახლოებით 80% გამომუშავდება ატომურ ელექტროსადგურებში.

ასე რომ, ყოველი ქვეყანა ელექტროენერჯეტიკას ავითარებს საკუთარი შესაძლებლობებიდან გამომდინარე, ცხადია, ენერგოუსაფრთხოების საკითხების გათვალისწინებით.

რაც შეეხება საქართველოს, ელექტროენერჯეტიკის განვითარების მხრივ მსოფლიო ქვეყნებს შორის ჩვენი ქვეყანა უაღრესად არასახარბიელო მდგომარეობაშია. ერთ სულ მოსახლეზე მოსული ელექტროენერჯის წლიური მოხმარების ოდენობა ამჟამად შეადგენს 2000 კვტ.სთ-ს, რაც მსოფლიო საშუალო დონეზე 1,5-ჯერ ნაკლებია. ამ მონაცემით საქართველო მსოფლიო ქვეყნების ასეულის ბოლოშია. ასევე არასახარბიელოა საქართველოს მდგომარეობა ყოფილი საბჭოთა კავშირის ქვეყნებს შორის. ვუსწრებთ მხოლოდ უზბეკეთს და მოლდავეთს. ყოველივე ეს, ცხადია, აისახება ქვეყნის ეკონომიკის განვითარების დონეზე. აქედან გამომდინარე, აუცილებელია საქართველოს ელექტროენერჯეტიკული ბაზის მკვეთრი განვითარება ადგილობრივი ენერგორესურსების მაქსიმალურად გამოყენებით.

იმისათვის, რომ მოსახლეობის ცხოვრების პირობები პასუხობდეს თანამედროვე, თუნდაც საშუალოდ განვითარებული ქვეყნების დონეს, აუცილებელია თითოეულ ოჯახში საშუალოდ მოხმარებული ელექტროენერჯია შეადგენდეს არა უმცირეს 5000

კვტ.სთ-ს წელიწადში, რაც ქვეყნის მასშტაბით შეადგენს დაახლოებით 10 მლრდ კვტ.სთ-ს წელიწადში. მსოფლიოს ქვეყნების პრაქტიკიდან გამომდინარე, კომუნალურ მომსახურებაზე მოსული ელექტროენერჯია შეადგენს დაახლოებით 25%-ს. ამასთან, თუ გავითვალისწინებთ, რომ უახლოეს ათწლეულებში მოსალოდნელია მრეწველობისა და ტრანსპორტის მკვეთრი განვითარება, საქართველომ უნდა მიაღწიოს ელექტროენერჯის სულ მცირე 40 მლრდ. კვტ.სთ-ს წლიური გამომუშავების დონეს.

არაერთხელ აღნიშნულა, რომ, რესურსებიდან გამომდინარე, საქართველოს ელექტროენერჯეტიკის განვითარება უპირატესად დაფუძნებულ უნდა იყოს ჰიდროენერჯეტიკაზე. ცხადია, გამოყენებულ უნდა იქნეს ორგანული სათბობებისა და ე.წ. არატრადიციული (ქარი, მზე და ა.შ.) ენერჯორესურსებიც, რომელიც საქართველოს გააჩნია. ამ რესურსების ოპტიმალურად ათვისების შემთხვევაში, როგორც ეს ავტორთა მიერ სათანადო მათემატიკური მოდელისა და ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის შედეგად იყო ნაჩვენები ადრე გამოქვეყნებულ შრომებში [4,5], საქართველოს შეუძლია ელექტროენერჯიაზე მოთხოვნილება დააკმაყოფილოს 40-45 მლრდ კვტ.სთ. წელიწადში გამომუშავების დონეზე. ამავე შრომებში ნაჩვენები იყო, რომ არატრადიციული ენერჯორესურსების წილი საერთო ელექტროენერჯეტიკულ ბალანსში ვერ გადააჭარბებს 10%-ს. აუცილებლად მხედველობაშია მისაღები ის გარემოებაც, რომ საქართველოს მდინარეები დიდი უთანაბრობით ხასიათდება. კერძოდ, შემოდგომა-ზამთრის ჩამონადენი 3-ჯერ და უფრო მეტჯერ ნაკლებია გაზაფხული-ზაფხულის ჩამონადენთან შედარებით. აქედან გამომდინარე, სასიცოცხლო აუცილებლობას წარმოადგენს ჰიდროენერჯორესურსების ათვისება როგორც უწყალსაცავო, ისე წყალსაცავიანი ჰიდროსადგურების მეშვეობით [6].

სოციალურ და ეკოლოგიურ პრობლემებს რაც შეეხება (რომლის გარშემოც უკანასკნელ წლებში, ისევე როგორც 80-იანი წლების ბოლოს, ატეხილია ხმაური), მათი გადაჭრისათვის აუცილებელია: ჰიდროსადგურების მშენებლობის ადგილებში მოსახლეობის სოციალური პირობები დაკმაყოფილდეს მსოფლიო სტანდარტების უმაღლეს დონეზე, ყველა ღონისძიება გატარდეს იმისათვის, რომ მაქსიმალურად ნაკლები ზიანი მიაღდეს ბუნებას. ამასთან, არ უნდა დაგვავიწყდეს, რომ ადამიანი წარმოადგენს ეკოსისტემის უპირველეს რგოლს და მისი კეთილდღეობა უნდა გახდეს უპირველესი საზრუნავი, მათ შორის მწვანე მოძრაობის მესვეურთათვისაც.

რაც შეეხება ე.წ. გიგანტომანიას. ხუდონჰესის დადგმულმა სიმძლავრემ, როგორც ცნობილია, უნდა შეადგინოს 700 მგვტ. ამ პარამეტრით ხუდონჰესი ვერაფრით ვერ თავსდება გიგანტური ჰესების რიგში. თვალსაჩინოებისათვის ქვემოთ წარმოდგენილია მსოფლიო გიგანტური ჰესების არასრული ნუსხა:

| | |
|--------------------------------|----------------|
| სამი ხევი (ჩინეთი) | – 22 500 მგვტ; |
| იტაიპუ (ბრაზილია-პარაგვაი) | – 12 600 მგვტ; |
| სილოდუ (ჩინეთი-მშენებარე) | – 13 860 მგვტ; |
| ბაჰეტანი (ჩინეთი-მშენებარე) | – 13 050 მგვტ; |
| ბელუმონტი (ბრაზილია-მშენებარე) | – 11 230 მგვტ; |
| გრანდ-კული (აშშ) | – 10 800 მგვტ; |
| გურიი (ვენესუელა) | – 10300 მგვტ; |
| უდუნდე (ჩინეთი-მშენებარე) | – 8 700 მგვტ; |
| ტუკურუი (ბრაზილია) | – 8 000 მგვტ; |

ჩამოთვლილთაგან თითოეული ჰიდროსადგურის სიმძლავრე 10-ჯერ და მეტად აღემატება ხუდონჰესის საპროექტო სიმძლავრეს. ამასთან ერთად, თუ მხედველობაში მივიღებთ იმას, რომ ამჟამად კონგოს რესპუბლიკაში მდინარე კონგოზე იგეგმება ჰიდროელექტროსადგურ “გრანდ-ინგა”-ს მშენებლობა, რომლის საპროექტო სიმძლავრე შეადგენს 39 000 მგვტ-ს, ხუდონჰესის გიგანტურ ჰესებში მოხსენიება გაუგებრობად უნდა ჩაითვალოს. ამასთანავე, ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ მსოფლიოში ისეთი ჰიდროელექტროსადგურების რაოდენობა, რომელთა დადგმული სიმძლავრე მნიშვნელოვნად აღემატება ხუდონჰესის საპროექტო სიმძლავრეს, ერთ ასეულზე მეტია. ასეთ ჰიდროელექტროსადგურთა შორის არის სადგურები, რომლებიც განთავსებულია საქართველოს თანაზომადი ქვეყნების ტერიტორიებზე (შვეიცარია, ტაჯიკეთი, მოზამბიკი და სხვა).

ყოველად მიუღებელია არაკომპეტენტური მოსაზრებები იმის თაობაზე, რომ ხულონჰესის, ისევე როგორც სხვა წყალსაცავიანი ჰესების, ალტერნატივა შეიძლება იყოს მცირე ჰესების, ქარისა და სხვა არატრადიციული ენერგორესურსების ბაზაზე მოქმედი ელექტროსადგურების გამოყენება. ერთადერთი ალტერნატივა, რომელიც შეიძლება გააჩნდეს წყალსაცავიან ჰესებს, საქართველოსთვის არის ატომური ელექტროსადგურის აშენება, რაც, ცხადია, ასევე მიუღებელია მსოფლიოში ასეთი სადგურების მიმართ განვითარებული სკეპტიციზმის გამო.

ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე, აგრეთვე მიუღებლად მიგვაჩნია ელექტროენერჯის იმპორტი მეზობელი ქვეყნებიდან.

ასე რომ, ხულონჰესის, ისევე როგორც მდინარე ენგურზე და სხვა მდინარეებზე დაგეგმილი 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 მეცნიერთა ვიწრო წრეში უნდა მიმდინარეობდეს და არა საჯაროდ, სატელევიზიო შოუებში. ამასთან, მიგვაჩნია, რომ ქვეყნის ხელისუფლებამ უნდა მიაღწიოს, რომ ხულონჰესის და სხვა ელექტროსადგურების, როგორც სტრატეგიული ობიექტების, 50%-ზე მეტი იყოს საქართველოს მფლობელობაში.

როგორც ცნობილია, არსებობს სხვადასხვა წინადადება ამა თუ იმ ჰიდროელექტროსადგურის პროექტის გაუმჯობესების შესახებ, რომელთაგანაც არ არის გამორიცხული, რომ ზოგიერთი მისაღებიც იყოს. ჩვენი აზრით, ასეთი წინადადებების განხილვა აუცილებელია სამეცნიერო კონფერენციაზე, რომელიც უნდა ჩატარდეს საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის, საქართველოს საინჟინრო აკადემიისა და საქართველოს ენერგეტიკის აკადემიის თაოსნობითა და ენერგეტიკის სამინისტროს აქტიური ხელშეწყობით. კონფერენციის მუშაობაში, ცხადია, მონაწილეობა უნდა მიიღონ სხვა დაინტერესებულმა ორგანიზაციებმაც.

კარგი იქნება, თუ ასეთი კონფერენცია ჩატარდება 2014 წლის სექტემბერ-ოქტომბერში და მიეძღვნება გამოჩენილი ქართველი ენერგეტიკოსის, დეაწლმოსილი მეცნიერისა და მამულიშვილის, აკადემიკოს ვახტანგ გომელაურის დაბადების მე-100 წლისთავს.

ელექტროენერგეტიკის განვითარების თანამედროვე ტენდენციები და საქართველოს ენერგორესურსების ოპტიმალურად გამოყენების პრობლემები

თ. მამრაკველიძე, ვ. ჭიჭინაძე, ხ. ლომიძე, ნ. ბანცაძე, ა. მიქაშავიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩუაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მსოფლიოში ელექტროენერგეტიკის განვითარების ტენდენციები. მოყვანილია და გაანალიზებულია სათანადო მონაცემები. ნახვენებია, რომ საქართველოს ეკონომიკურად მდგრადი განვითარებისათვის აუცილებელია უახლოეს ათწლეულებში მიღწეულ იქნეს ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავების დონე 40-45 მლრდ კვტ.სთ-მდე. საქართველოში არსებული ენერგეტიკული რესურსების გათვალისწინებით ძირითადი აქცენტი უნდა გაკეთდეს ჰიდროენერგორესურსების ათვისებაზე როგორც უწყალსაცავო, ისე წყალსაცავიანი ჰესების ათვისებით. ცხადია, მაქსიმალურად უნდა იქნეს გამოყენებული ე.წ. ალტერნატიული ენერგორესურსები. თუმცა, ეს რესურსები მეტისმეტად მცირეა იმისათვის, რომ მათზე დამყარდეს ელექტროენერგეტიკული სისტემის განვითარება.

MODERN TRENDS OF POWER ENGINEERING DEVELOPMENT AND THE PROBLEMS OF OPTIMAL USAGE OF GEORGIAN ENERGY RESOURCES

T. MAGRAKVELIDZE, V. CHICHINADZE, KH. LOMIDZE, N. BANTSADZE, A. MIKASHVIDZE, M. JANIKASHVILI, I. ARCHUADZE

Summary

Modern trends of power engineering development worldwide are reviewed in the paper. The appropriate data is presented and analyzed. It is shown that power generation in Georgia should reach 40-

50 billion kw. h within nearest decades for sustainable development of the economics. Taking into account resources of Georgia, the main priority should be done to the hydro power generation, both with or without reservoir power plants. It is obvious that so called alternative power resources should be developed as much as possible. However, these resources are not too much to be the base of power engineering development in Georgia.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ И ПРОБЛЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ГРУЗИИ

*Т. МАГРАКВЕЛИДЗЕ, В. ЧИЧИНАДЗЕ, Х. ЛОМИДЗЕ, Н. БАНЦАДЗЕ,
А. МИКАШАВИДЗЕ, М. ДЖАНИКАШВИЛИ, И. АРЧУАДЗЕ*

Резюме

В статье рассмотрены тенденции развития электроэнергетики мира. Приведены и проанализированы соответствующие данные. Показано, что для устойчивого экономического развития Грузии, необходимо достичь в ближайшие десятилетия уровня выработки электроэнергии до 40-45 млрд квт.ч. Учитывая имеющиеся энергетические ресурсы страны, основной акцент должен быть сделан на освоение гидроэнергоресурсов при помощи ГЭС, как с водохранилищами, так и без них. Очевидно, что должны быть максимально использованы т.н. альтернативные энергоресурсы. Однако эти ресурсы, ввиду их сравнительно незначительного количества, не могут стать основой развития электроэнергетической системы.

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. ჭიჭინაძე ვ., მაგრაქველიძე თ., ლომიძე ხ., არჩუაძე ი. საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის ოპტიმალური სტრუქტურის დადგენა ელექტროენერგიაზე მოთხოვნილებისა და მდინარეთა ჩამონადენის სეზონური ცვლილებების გათვალისწინებით. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2007, გვ.111-118.
5. მაგრაქველიძე თ., ჭიჭინაძე ვ., ლომიძე ხ., ჯანიკაშვილი მ., არჩუაძე ი., კურკუმული ნ. საქართველოს ენერგეტიკული რესურსების ოპტიმალურად გამოყენებისა და ენერგეტიკული უსაფრთხოების პრობლემების შესახებ. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2010, გვ. 131-136.
6. მაგრაქველიძე თ., ჭიჭინაძე ვ., ლომიძე ხ., არჩუაძე ი., ჯანიკაშვილი მ. მდინარე ენგურის ენერგეტიკული პოტენციალის ათვისების აუცილებლობისა და მასთან დაკავშირებული სოციალური და ეკოლოგიური პრობლემების შესახებ. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტი. შრომათა კრებული. თბილისი, 2012, გვ.105-111.

კედლისპირა ზონაში ტურბულენტური დინების ზოგიერთი საკითხის
შესახებ

01. მებრაჰმელიძე

qvelit@rambler.ru

ტურბულენტური დინება, სითხის (აირის) მოძრაობის ერთ-ერთი ურთულესი მოვლენა, ო. რეინოლდსის მიერ [1] მისი აღმოჩენის დღიდან მეცნიერთა განუხრეველ ინტერესს იმსახურებს. როგორც ცნობილია, ნავიე-სტოქსის ისედაც უაღრესად რთული (სრული სახით პრაქტიკულად დღემდე ამოუხსნელი) განტოლებები ო. რეინოლდსის მიერ ტურბულენტური დაძაბულობების შეტანის შედეგად კიდევ უფრო გაართულდა. გაჩნდა განტოლებათა სისტემის ჩაკეტილობის პრობლემა, რის გამოც საჭირო გახდა დამატებითი, ნახევრად ემპირიული და ემპირიული გამოსახულებების შემოტანა. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ ამით აღნიშნული სირთულეები მხოლოდ ნაწილობრივ იქნა დაძლეული. ტურბულენტური დინების შესწავლაში უდიდესია ლ. პრანდტლის დამსახურება, რომელმაც სასაზღვრო შრის ცნების შემოტანასა და, ამის შედეგად, ნავიე-სტოქსის განტოლებების მნიშვნელოვან გამარტივებასთან ერთად ე.წ. შერევის მანძილის თეორია [2] შექმნა. ეს თეორია შემდგომ განავითარა თ. კარმანმა [3]. დიდია ი. ნიკურადის დამსახურება ტურბულენტური დინების შესწავლის საქმეში. მან ექსპერიმენტულად დაადასტურა პრანდტლ-კარმანის ჰიპოტეზების ვარჯისიანობა [4]. სწორედ ი. ნიკურადის მიერ გეტინგენის ჰიდრომექანიკის ინსტიტუტში ჩატარებული უნიკალური ექსპერიმენტების შედეგები დაედო საფუძვლად ტურბულენტური დინების ე.წ. სამშრიან მოდელს და ამ მოდელის საფუძველზე მიღებულ განტოლებებს, რომლებიც პრანტლ-კარმან-ნიკურადის განტოლებების სახელითაა ცნობილი. შემდგომში მრავალი გამოკვლევა მიედგინა ტურბულენტური დინების ბუნების შესწავლას. ამ გამოკვლევათა შედეგები გადმოცემულია საყოველთაოდ ცნობილ ფუნდამენტურ სტატიებსა და მონოგრაფიებში [5-8]. მიუხედავად ამისა ჯერ კიდევ რჩება პრობლემები, რომელთა გადაჭრის ცდა უდაოდ აუცილებელია.

ქვემოთ მოკლედ აღვწერთ სამშრიან მოდელის რაობას და ამ მოდელთან დაკავშირებულ პრობლემებს.

კედლისპირა ზონაში მოძრაობის გამარტივებულ განტოლებას, როგორც ცნობილია, აქვს შემდეგი სახე:

$$\tau_y = \rho v \frac{du}{dy} - \rho u'v' \quad (1)$$

სადაც τ_y არის სრული მხევი ძაბვა კედელზე, ρ - სითხის სიმკვრივე, v - სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, u - სიჩქარე, y -კოორდინატა, u' , v' - შესაბამისად სიჩქარის გრძივი და განივი პულსაციები.

(1) განტოლების მარჯვენა მხარის პირველი შესაკრები წარმოადგენს მხევი ძაბვის იმ ნაწილს, რომელიც აღიძვრება ნაკადში სითხის სიბლანტის შედეგად. ცხადია, რომ იგი წარმოადგენს ნიუტონის კანონის გამოსახულებას, რომელიც სამართლიანია სითხის ლამინარული დინების შემთხვევაში. ამასთან ერთად, ექსპერიმენტულად დადასტურებულია, რომ ეს წვერი ტურბულენტური დინების დროს პრევალირებს კედლის უშუალო მახლობლობაში (ბლანტ ქვეშრეში) და მკვეთრად მცირდება კედლიდან მანძილის ზრდით. (1) განტოლების მარჯვენა მხარის მეორე წვერი, რომელიც ასახავს სიჩქარის პულსაციების გავლენას მხევი ძაბვაზე, მაქსიმალურია ტურბულენტური ნაკადის ბირთვში, ხოლო ბლანტ ქვეშრეში იგი პრაქტიკულად უმნიშვნელო ხდება. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ $-\rho u'v'$ ნულის ტოლი ხდება უშუალოდ კედელზე. მიუხედავად ამისა, ბლანტ ქვეშრეში სიჩქარეთა განაწილებაზე გადაამწვევტ როლს თამაშობს სიბლანტის ძალებით აღძრული მხევი ძაბვა. ამასთან ერთად, ტურბულენტურ ბირთვში სიჩქარეთა განაწილება მთლიანად განისაზღვრება $-\rho u'v'$ -ით, რომელიც რეინოლდსის დაძაბულობის, ანუ ტურბულენტური დაძაბულობის სახელითაა ცნობილი. აღსანიშნავია, რომ ტურბულენტური დინების აღსაწერად სწორედ ამ დაძაბულობის, ანუ პრაქტიკულად u' და v' პულსაციების განსაზღვრა ქმნის რთულ პრობლემებს.

პრანდტლის შერევის მანძილის თეორიის თანახმად, სიჩქარის პულსაციები u' და v' გამოწვეულია ტურბულენტურ ნაკადში გრივების ერთი შრიდან მეორე შრეში გადახტომით, და, შესაბამისად, იმპულსის გადატანით. პრანდტლის თანახმად u' და v' ერთი რიგის სიდიდეებია:

$$u' \approx v' \approx l \frac{du}{dy} . \quad (2)$$

პრანდტლის ჰიპოტეზის თანახმად შერევის (გადახტომის) მანძილი

$$l = k y , \quad (3)$$

სადაც k კარმანის მუდმივაა და რიცხობრივად სხვადასხვა ავტორთა მონაცემებით იცვლება $0.38 \div 0.42$ ფარგლებში. [9] გამოკვლევაში ნახვენები იყო, რომ $k=e^{-1}$. პრანდტლის შერევის მანძილის თეორიის თანახმად u' და v' დადებით მნიშვნელობას შეესაბამება v' უარყოფითი მნიშვნელობა, რის გამოც მათი ნამრავლი ყოველთვის უარყოფითი სიდიდეა. სწორედ ამით არის გამოწვეული უარყოფითი ნიშანი (1) განტოლების მარჯვენა მხარეს მეორე შესაკრების წინ.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, (1) განტოლება ასე ჩაიწერება:

$$\frac{\tau_{\perp}}{\rho} = \left(v + k^2 y^2 \left| \frac{du}{dy} \right| \right) \frac{du}{dy} . \quad (4)$$

(4) განტოლება შეიძლება ჩაიწეროს აგრეთვე φ ბუსინესკის ფორმით [7]:

$$\frac{\tau_{\perp}}{\rho} = (v + v_{\delta}) \frac{du}{dy} ,$$

ან უგანზომილებო ფორმით

$$\left(1 + \frac{v_{\delta}}{v} \right) \frac{d\varphi}{d\eta} = 1 , \quad (5)$$

სადაც $\varphi = u/u_{\tau}$, v_{δ} არის ტურბულენტური სიბლანტის კოეფიციენტი.

$$v_{\delta} = l^2 \frac{du}{dy} \quad \text{ან} \quad v_{\delta} = l v' . \quad (6)$$

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ტურბულენტური დინების აღსაწერად ძირითად პრობლემას წარმოადგენს სიჩქარის პულსაციური მდგენელების განსაზღვრა. ამასთან, გასათვალისწინებელია ისიც, რომ აღნიშნული პულსაციები სტატისტიკური ხასიათისაა და, ამის გამო, მათი ნამრავლის გაანგარიშებისას აუცილებელია კორექციის კოეფიციენტის გათვალისწინება:

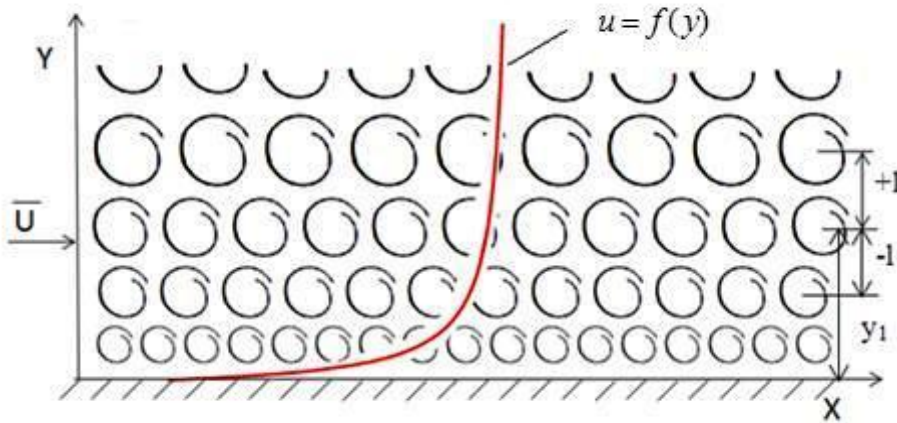
$$\psi = \frac{u' v'}{\sqrt{u'^2} \sqrt{v'^2}} . \quad (7)$$

როგორც ცნობილია, არსებობს გარკვეული ანალოგია ტურბულენტურ დინებასა და აირებში მოლეკულურ მოძრაობას შორის. ეს ანალოგია გამოიხატება იმაში, რომ ისევე როგორც მოლეკულების მოძრაობა, ტურბულენტურ ნაკადში გრივების მოძრაობაც სტატისტიკურ ხასიათს ატარებს. ამასთანავე, არის ფუნდამენტური განსხვავებაც. კერძოდ, აირებში მოლეკულების სიჩქარე ძალზე დიდია, ხოლო თავისუფალი გარბენის სიგრძე – ძალზე მცირე. ტურბულენტური დინების შემთხვევაში კი გვაქვს საწინააღმდეგო სურათი: პულსაციური სიჩქარეები, სულ მცირე, ერთი რიგით ნაკლებია საშუალო სიჩქარეზე. ხოლო შერევის (გადახტომის) მანძილი სასაზღვრო შრის მასშტაბისაა. მიუხედავად ამ განსხვავებისა, შესაძლებელია ტურბულენტური დინების შემთხვევაში გამოყენებულ იქნეს სტატისტიკური სიდიდეების განაწილების მეთოდები, კერძოდ, χ . გიბსის ცნობილი განაწილება გარკვეული მოდიფიკაციით.

ტურბულენტური მოძრაობა რაიმე ზედაპირის გასწვრივ შეიძლება წარმოვიდგინოთ როგორც გრივების ერთობლიობის დინება რაიმე \bar{U} სიჩქარით (ნახ.1). ამასთან,

გრიგალების ზომა დამოკიდებულია მანძილზე კედლიდან, რომლის გასწვრივაც მოძრაობს ნაკადი. რაც უფრო მეტია აღნიშნული მანძილი, მით უფრო მეტია გრიგალების დიამეტრი. კედლის უშუალო მახლობლობაში, ძალზე თხელ შრეში, სადაც დომინირებს სითხის სიბლანტის ძალები, ცხადია, გრიგალების წარმოქმნა პრაქტიკულად შეუძლებელია. ასე, რომ შემოთავაზებული მოდელის თანახმად კედლიდან რაიმე y_1 შრეში მოძრაობენ გრიგალები, რომელთა ზომები, და შესაბამისად, ენერგია პროპორციულია კედლიდან y_1 მანძილისა. იმისათვის, რომ აღნიშნული შრიდან გრიგალი გადახტეს მეზობელ y_1+1 (ან y_1-1) შრეში, საჭიროა მან შეიძინოს (ან დაკარგოს) ე.წ. აქტივაციის ენერგია. ალბათობა იმისა, რომ გრიგალი გადახტება y_1 შრიდან მეზობელ l მანძილით დაშორებულ შრეში, ტოლია

$$P_{\delta} = A_{\delta} e^{-\frac{\varepsilon_{\delta}}{E}} \quad (8)$$



ნახ.1. ტურბულენტური დინების მოდელი

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, გრიგალის ენერგია - E პროპორციულია კედლიდან მანძილისა, ხოლო აქტივაციის ენერგია ε_{δ} შეიძლება ჩაითვალოს ტურბულენტობის მასშტაბის პროპორციულ სიდიდედ, ანუ

$$E = c_1 y, \quad \varepsilon_{\delta} = c_2 \frac{v}{u_{\tau}} \quad (9)$$

სადაც $u_{\tau} = \sqrt{\tau_s / \rho}$ არის დინამიკური სიჩქარე (სიჩქარის მასშტაბი).

(9)-ის გათვალისწინებით

$$P_{\delta} = A_{\delta} e^{-\frac{c_2 v}{c_1 y u_{\tau}}} = A_{\delta} e^{-\frac{c}{\eta}} \quad (10)$$

სადაც $\eta = \frac{y u_{\tau}}{v}$ არის უგანზომილებო მანძილი კედლიდან.

მეორე მხრივ, იმისათვის, რომ y_1 შრიდან გადახტარმა გრიგალმა დაიკავოს ადგილი y_1+1 (ან y_1-1) შრეში, საჭიროა ამ შრეში სათანადო პირობების (ანუ ვაკანსიის) არსებობა. ალბათობა ასეთი ვაკანსიის არსებობისა იქნება:

$$P_{\delta} = A_{\delta} e^{-\frac{c'}{\eta}} \quad (11)$$

ე. ი. საბოლოოდ, გრიგალის y_1 შრიდან y_1+1 (ან y_1-1) შრეში გადახტომის ალბათობა იქნება:

$$P = P_{\delta} P_{\delta} = A_{\delta} A_{\delta} e^{-\frac{c+c'}{\eta}} \quad (12)$$

ანუ

$$P = A e^{-C/\eta} \quad (12)$$

ცხადია, რომ გრიგალების გადახტომის სისშირე პროპორციულია გადახტომების ალბათობისა:

$$P = \frac{1}{t} = A e^{-\frac{C}{\eta}} \quad (13)$$

ბუნებრივია, მივიღოთ, რომ ნორმირების კოეფიციენტი

$$A = \frac{u_\tau}{l} \quad (14)$$

(14)-ის გათვალისწინებით (13) ასე ჩაიწერება:

$$\frac{l}{t} = u_\tau e^{-\frac{C}{\eta}} \quad (15)$$

ზემოთქმულის თანახმად $\frac{l}{t}$ ტურბულენტური დინების განივი პულსაციური სინქარეა.

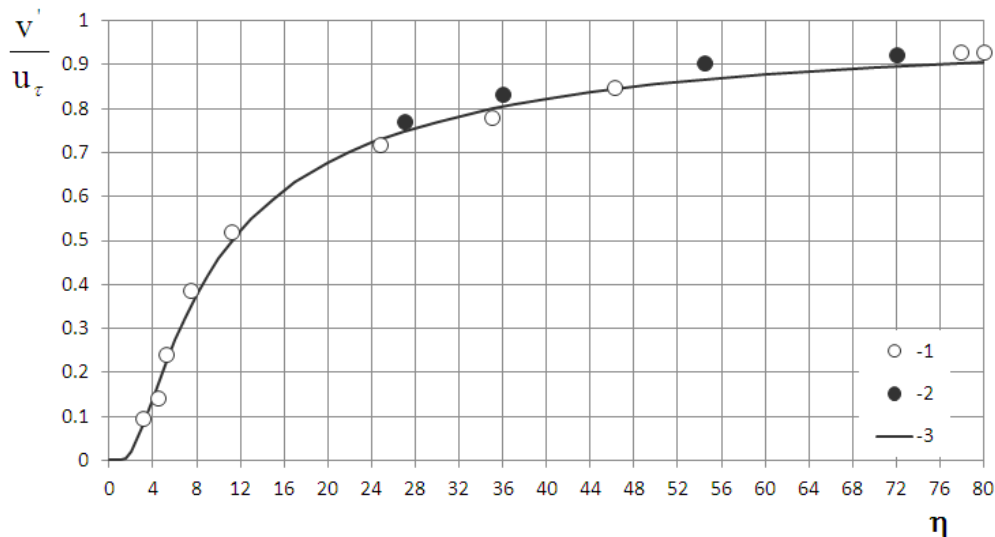
ამის გათვალისწინებით:

$$v' = u_\tau e^{-\frac{C}{\eta}} \quad (16)$$

ვინაიდან (16) ფორმულის C კოეფიციენტი პრაქტიკულად არის გრიგალების აქტივაციის ენერჯის პროპორციული სიდიდე, იგი ისეთივე რიგის იქნება, როგორც არის ე.წ. ბლანტი ქვეშის უგანზომილებო სისქე. ექსპერიმენტების შედეგები ადასტურებს, რომ C=7.8. ამის გათვალისწინებით, ტურბულენტური დინების განივი პულსაციური სინქარე იქნება:

$$v' = u_\tau e^{-\frac{7.8}{\eta}} \quad (17)$$

ნახ.2-ზე წარმოდგენილია (17) ფორმულის შედარება ჯ. ლაუფერის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. როგორც აღნიშნული ნახაზიდან ჩანს, ფორმულის თანხედრა ექსპერიმენტულ მონაცემებთან ძალზე კარგია.



ნახ.2. განივი პულსაციის დამოკიდებულება კელიდან მანძილზე

- 1 - ჯ. ლაუფერის ექსპერიმენტული მონაცემები, Re= 50 000;
- 2 - ჯ. ლაუფერის ექსპერიმენტული მონაცემები, Re= 500 000;
- 3 - (17) ფორმულის მიხედვით.

(17) ფორმულის ჩასმით (6) ფორმულაში მივიღებთ, რომ

$$v_{\delta} = lu_{\tau} e^{-7.8/\eta} \quad (18)$$

ცხადია, რომ პრანდტლის ჰიპოტეზა (ფორმულა (3)) სამართლიანია მხოლოდ ტურბულენტური ბირთვისათვის. ბლანტი ქვეშრისა და ბუფერული ზონისათვის შემოაქვთ ე.წ. მადემპფირირებელი ფაქტორი n , რომელიც ასევე ემპირიული და ნახევრად ემპირიული გამოსახულებებითაა წარმოდგენილი [11-13].

გვაქვს საფუძველი ვივარაუდოთ, რომ ზემოთ მიღებული ფუნქცია - $e^{-7.8/\eta}$ ატარებს უნივერსალურ ხასიათს და იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ტურბულენტური დინების დროს სტატისტიკური ბუნების აღსაწერად. l კი სწორედ ასეთ სიდიდეს წარმოადგენს. ზემოთქმულის გათვალისწინებით შეიძლება დავწეროთ:

$$l = k y n = k y e^{-7.8/\eta}. \quad (19)$$

(19) ფორმულის ჩასმით (18)-ში მივიღებთ:

$$v_{\delta} = k y u_{\tau} e^{-15.6/\eta} \quad (20)$$

ან

$$\frac{v_{\delta}}{v} = k \eta e^{-15.6/\eta}. \quad (21)$$

(21) ფორმულის ჩასმით (5)-ში მივიღებთ:

$$(1 + k \eta e^{-15.6/\eta}) \frac{d\varphi}{d\eta} = 1, \quad (22)$$

საიდანაც ტურბულენტურ ნაკადში უგანზომილებო სინქარის განაწილება ფორმალურად ასე გამოისახება:

$$\varphi = \int_0^{\eta} \frac{d\eta}{(1 + k \eta e^{-15.6/\eta})}. \quad (23)$$

ინტეგრეს იმსახურებს შემდეგი საკითხი. თუ დავუშვებთ, რომ

$$n = \frac{e^{-7.8/\eta} \left(1 + \frac{7.8}{\eta} \right)}{1 + k \eta e^{-7.8/\eta} \left[1 - e^{-7.8/\eta} \left(1 + e^{-7.8/\eta} \right) \right]}, \quad (24)$$

მაშინ (5)-ის ინტეგრება (19)-ის და (25)-ის გათვალისწინებით და სასახდვრო პირობით $\varphi = 0$, როცა $\eta = 0$, მოგვცემს:

$$\varphi = \frac{1}{k} \ln(1 + k \eta e^{-7.8/\eta}) + \eta(1 - e^{-7.8/\eta}). \quad (25)$$

(25) ფორმულა სამართლიანია როგორც ბლანტი ქვეშრის, ისე ბუფერული ზონისა და ტურბულენტური ბირთვისათვის. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ (24)-ის თეორიული დასაბუთება მეტისმეტად რთულ პრობლემას წარმოადგენს.

ნახ.3-ზე წარმოდგენილია (25) ფორმულის შედარება ი. ნიკურადის, ჯ. ლაუფერისა და კ. რეიჰარდტის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან. ამავე გრაფიკზე წარმოდგენილია პრანდტლ-კარმან-ნიკურადის სამშრიანი მოდელის საფუძველზე მიღებული ფორმულების

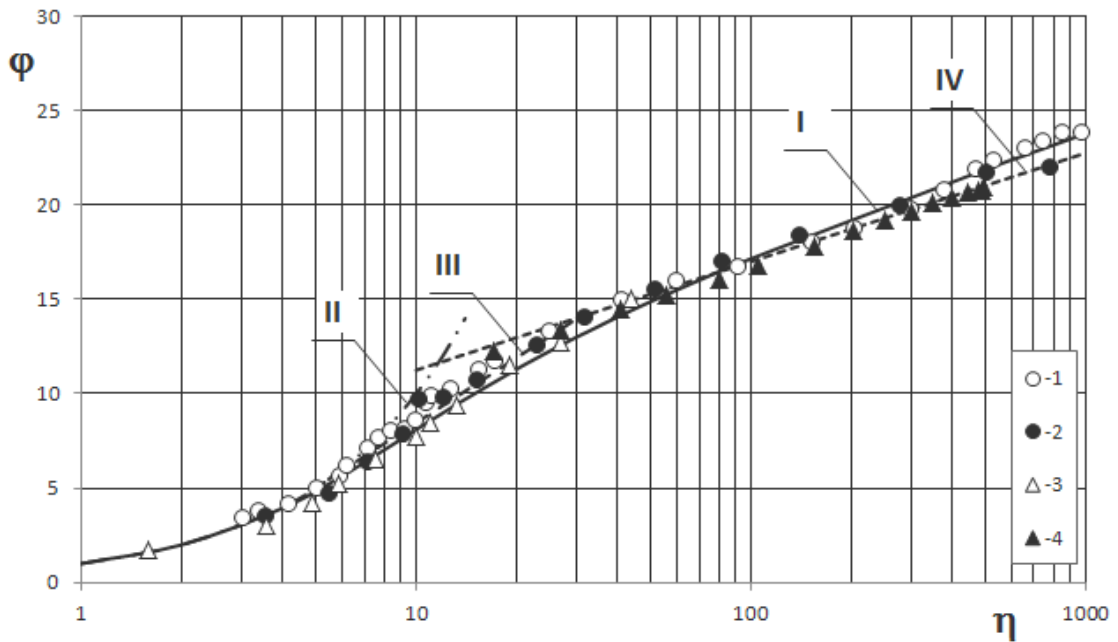
შესაბამისი მრუდები. კერძოდ, II, III და IV მრუდები შეესაბამება სიჩქარეთა განაწილების ფორმულებს:

ბლანტ ქვეშრეში - $\varphi = \eta$ (26)

ბუფერულ შრეში - $\varphi = 5 \ln \eta - 3.05$ (27)

ტურბულენტურ ბირთვში - $\varphi = 2.5 \ln \eta + 5.5$ (28)

მიზეზი იმისა, რომ (28) ფორმულა სამართლიანია არა მარტო კედლისპირა ზონის, არამედ მთელი ტურბულენტური ბირთვისათვის განხილული იყო [14]-ში. ამავე მიზეზით (25) ფორმულა სამართლიანია მთელი ტურბულენტური ბირთვისათვის.



ნახ.3. სიჩქარეთა განაწილება ტურბულენტურ ნაკადში
 I – (25) ფორმულის მიხედვით, II - (26) ფორმულის მიხედვით,
 III - (27) ფორმულის მიხედვით, IV - (28) ფორმულის მიხედვით.
 ექსპერიმენტული მონაცემები:
 1, 2 – ჯ. ლაუფერი [6], 3 – კ. რეიჰარდტი [10], 4 – ი. ნიკურაძე [4].

როგორც ნახ.3-დან ჩანს (25) ფორმულის თანხვედრა, ისევე როგორც (26), (27), (28) ფორმულებისა, დამაკმაყოფილებელია. მაგრამ, ამასთან აღსანიშნავია, რომ (25) ფორმულა, სამშრიანი მოდელის საფუძველზე მიღებული ფორმულებისაგან განსხვავებით, სამართლიანია როგორც ბლანტ და ბუფერულ ქვეშრეებში, ისე ტურბულენტურ ბირთვში სიჩქარეთა განაწილებისათვის.

კედლისპირა ზონაში ტურბულენტური დინების ზოგიერთი საკითხის შესახებ

თ.მამბრაძევილიძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია კედლის მახლობელ ზონაში ტურბულენტური დინების ზოგიერთი პრობლემატური საკითხი. გამოთქმულია მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ

ტურბულენტური პულსაციების აღსაწერად შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ჯ. გიფსის ცნობილი განაწილება მოდიფიცირებული სახით. ამის საფუძველზე მიღებულია ტურბულენტურ ნაკადში განივი პულსაციების საანგარიშო ფორმულა

$$v' = u_\tau e^{-7.8/\eta},$$

სადაც u_τ არის დინამიური სიჩქარე, η - უგანზომილებო მანძილი კედლიდან. მიღებული ფორმულა კარგ თანხვედრაშია ჯ. ლაუფერის ექსპერიმენტულ მონაცემებთან.

შემოთავაზებულია სიჩქარეთა განაწილების ერთიანი ფორმულა, რომელიც სამართლიანია როგორც ბლანტი და ბუფერული შრეების, ისე ტურბულენტური ბირთვისათვის.

ABOUT SOME ISSUES OF TURBULENT FLOW IN BOUNDARY LAYER

T. MAGRAKVELIDZE

Summary

Some problematic issues in the boundary layer of turbulent flow are considered in the paper.

It is suggested that modified G. Gips distribution can be used to describe turbulent pulsations. Way pulsations in the turbulent flow are obtained on the basis of the formula for calculation side:

$$v' = u_\tau e^{-7.8/\eta},$$

where u_τ is a dynamic velocity, η - dimensionless distance from the wall. Obtained formula is in a good agreement with J. Laufer experimental data.

Velocity distribution unified formula is offered both for turbulent bulk and viscous/buffer layers.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРИСТЕННОЙ ЗОНЕ

T. МАГРАКВЕЛИДZE

Резюме

Рассмотрены некоторые проблематичные вопросы турбулентного движения в пристенной зоне. Высказаны соображения о том, что для описания пульсаций скорости возможно использовать распределение Дж.Гиббса в модифицированном виде. На этой основе получена расчетная формула для распределения поперечной пульсации, которая имеет вид

$$v' = u_\tau e^{-7.8/\eta},$$

где u_τ - динамическая скорость, η - безразмерное расстояние от стенки. Полученная зависимость очень хорошо согласуется с экспериментальными данными Дж.Лауфера.

Предложена единая формула для расчета распределения скоростей, которая справедлива как для вязкого и буферного слоев, так и для турбулентного ядра потока.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Reynolds O. On the Experimental investigation of the circumstances which determine whether the motion of water resistance in parallel channels philosophical transactions of the Royal Satiety, v.174. 1883, pp.935-982.
2. Прандтль Л. Гидродинамика. Изд. ИЛ, М. 1949, 520 ст.

3. Карман Т. Механическое подобие и турбулентность. В кн. Проблемы турбулентности. Гостехиздат, М. 1936, с. 271-286.
4. Никурадзе И. Закономерности турбулентного движения жидкостей в гладких трубах. В кн.: Проблемы турбулентности. Гостехиздат, М. 1936.с.75-150.
5. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса. Доклады АН СССР, 30, №4, стр.290-303, 1941.
6. Laufer J. The structure of turbulence in fully developed pipe flow. NACA Rep. 1174, 1-18 (1964).
7. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Изд. Наука. М., 1969, 742с.
8. Кутателадзе С. Пристенная турбулентность. Наука. Новосибирск, 1973, 227с.
9. Маграквелидзе Т.Ш. //О распределении скоростей в ядре турбулентного потока в круглой трубе. Институт системы управления им. А.И. Элиашвили. Сборник трудов. 2000, Тбилиси, с.73-78.
10. Reichardt Н. Volständige darstellung der turbulenten geschwindigkeits verteilung latten leitungen. ZAMM 31, 1951, pp.208-219.
11. Ротта И. Турбулентный пограничный слой в несжимаемой жидкости. Изд. Судостроение. Ленинград. 1967.
12. Жукаускас А., Шланчаускас А. Теплоотдача в турбулентном потоке жидкости. Изд. Минтис. Вильнюс, 1973. 327с.
13. Лойцианский Л. Механика жидкости и газа. М. Наука. 1973, 847 ст.

**ენერჯის არატრადიციული, განახლებადი რესურსების ათვისების
პროექტი/პროგრამის საქართველოში**

6. მირიანაშვილი, 6. ბელიშვილი, 3. ხათაშვილი

საქართველოს სეკ-ის (სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის) თანამედროვე მდგომარეობა ხასიათდება სათბობისა და ელექტროენერჯის მოხმარების არასაკმარისი ზრდით, ამასთან სათბობის ადგილობრივი წარმოება (მოპოვება) მოთხოვნათა 10-15%-ს აკმაყოფილებს. საჭირო სათბობის უმეტესი ნაწილი (14 მლნ ტპ.ს.) იმპორტირებულია და მათი ტრანსპორტირება რამდენიმე ათასი კმ-დან ხდება. ეს კი ქვეყანაში სათბობის მიწოდების გართულებას იწვევს და მეტისმეტად აძვირებს მას. საქართველოს მეურნეობის სხვადასხვა დარგში მოხმარებული სათბობის დინამიკა გვიჩვენებს, რომ მთელი გამოთქმული სითბოს 45% იხარჯება საყოფაცხოვრებო-კომუნალური და დაბალტემპერატურული ტექნოლოგიური პროცესების განსახორციელებლად. ყოველივე ზემოთქმული ადასტურებს იმას, რომ საჭიროა სეკ-ში ადგილობრივი, მათ შორის, ენერჯის არატრადიციული, განახლებადი ენერჯორესურსების (გეოთერმული, მზის, ქარის) ჩართვა და თვით სეკ-ის ცალკეული დარგების ოპტიმიზაცია.

1. გეოთერმული რესურსები

საქართველოში თერმული წყლების საერთო პროგნოზირებადი მარაგი შეადგენს 230-270 მლნ მ³ წელიწადში ტემპერატურით 50-110⁰ C, რაც პოტენციურად შეესაბამება 1,8-2,3 მლრდ ტპ.ს-ს. თერმული წყლების სადღეღამისო მარაგი 200 ათასი მ³ –ია. 1990 წლის დასაწყისში საქართველოში არსებობდა 59 წყალშემკრები ჭაბურღილი, რომელთა საერთო სადღეღამისო სიმძლავრე 60 ათას მ³-ს აღემატებოდა. საქართველოში თერმული წყლების 23 საბადოა. მათგან მუშავდება რეჩხის, საბერიოს, ზუგდიდ-ცაიშის, ქვალონის, მენჯის, სამტრედიის, ვანის, თბილისის, ბიჭვინთის, ალაზნის, ხარაგაულის, კარდანახის, ჯანდარის, ყვარლის, ენისელის და ოხურეის საბადოები. გეოთერმული წყლების მარაგების 70% განლაგებულია დასავლეთ საქართველოში [2].

საქართველოს თერმულ წყლებს დიდი თბური პოტენციალი გააჩნია, დადებითია მათი ხარისხობრივი მაჩვენებლები და მცირე მინერალიზაცია და მარილდანაღვლი აქვთ. ამის მიუხედავად, თერმული წყლების ამოდების დონე საგრძნობლად შემცირებულია. მაგალითად, თუ 1985 წელს მოპოვებული იყო 23მლნ მ³ წყალი 1993 წელს 8,1 მლნ მ³-მდე შემცირდა. დღეისათვის თერმული წყლების მოქმედი ჭაბურღილების სიმძლავრის გამოყენების დონე არ აღემატება 30%-ს. ქვეყანაში თერმული წყლების გამოყენებას აფერხებს: არასრულყოფილი მოწყობილობა და თბომომარაგების სქემები, სარგებლობისათვის წყლის მომზადებისა და ასეთი თბორესურსების გამოყენებისათვის მომხმარებლების მომზადების დაბალი დონე. თბომომარაგების (გათბობა, ცხელწყადმომარაგება) სისტემებში თერმული წყლების გამოყენებით დაიზოგება მნიშვნელოვანი ოდენობის გაზი და ელექტროენერჯია.

ამჟამად, გეოთერმული რესურსების წილი საქართველოს სეკ-ში შეადგენს მხოლოდ 0,4%-ს. თერმული წყლების კომპლექსურად გამოყენების შემთხვევაში ეს მაჩვენებელი შესაძლებელია გაიზარდოს 2018 წლისათვის 3,0-3,5%-მდე, ხოლო 2020 წლისათვის – 5,0-5,5%-მდე. უნდა აღინიშნოს, რომ თერმული წყლების 100% გამოყენება ხდება მხოლოდ თბილისის საბადოზე. თბილისის საბადოს საექსპლუატაციო ჭაბურღილების საერთო დებიტი დღე-ღამეში შეადგენს 3760 მ³. კერძოდ, ვაკისა და საბურთალოს რაიონების დაახლოებით 10 000 მოსახლეს დღე-ღამეში მიეწოდება 3 000 მ³ თერმული წყალი 56-70⁰ C ტემპერატურით, რის შედეგადაც წელიწადში იზოგება 100 000 კვადრატული მეტრი და აგრეთვე 1,5 მლნ მ³ სასმელი წყალი.

ცხრილში 1 მოყვანილია თბილისის გეოთერმული წყლების გამოყენების სქემების ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი (7).

თბილისის გეოთერმული წყლების რაციონალურად გამოყენების სქემების ტექნიკურ-ეკონომიკური ანალიზი

ცხრილი 1

| დასახელება | ინვესტიცია, ათასი აშშ დოლ. | სითბოს წლიური გამოშვება, ათასი მეტსთ/წლ | ორგანული სათბობის ეკონომია, ათასი ტ.პ.ს. | სითბოს თვითღირებულება, აშშ დოლ/მეტსთ | ინვესტიციების უკუგების ვადა, წლ | CO ₂ -ის ემისიის შემცირება, ათასი ტონა |
|-------------------------|----------------------------|---|--|--------------------------------------|---------------------------------|---|
| ლისის გცს-ის I კონტური | 2621 | 175,4 | 25,2 | 5,26 | 1,3 | 71,6 |
| ლისის გცს-ის II კონტური | 7098 | 350,8 | 50,4 | 8,25 | 6,5 | 143,1 |
| საბურთალოს გეოთს | 780 | 54,6 | 9,1 | 2,61 | 0,8 | 25,7 |

ცხრილში მოყვანილი აღნიშვნები:

გცს - გეოთერმული ცირკულაციური სისტემა;
გეოთს - გეოთერმული თბოსადგური.

გეოთერმული წყლით შენობების გათბობისას მისი საშუალებით ხდება მხოლოდ გათბობის ბაზისური ნაწილის დატვირთვის დაფარვა, რაც მთლიანი დატვირთვის 55-60%-ს შეადგენს, დარჩენილი 40-45%-ის დაფარვა (პიკური ნაწილი) ხორციელდება ბუნებრივ აირზე ან ელექტროენერგიაზე მომუშავე თბოენერგეტიკული დანადგარების გამოყენებით. თერმული წყლების მნიშვნელოვანი მარაგებია სამეგრელოში, რომელიც ცნობილია როგორც ზუგდიდ-ცაიშის საბადო. ამ რეგიონში არსებული ჭაბურღილების მდგომარეობისა და მათი პროდუქტიულობის ანალიზის საფუძველზე საბადოს მთელი ტერიტორია პირობითად დაყოფილია ორ ნაწილად – „ზუგდიდის“ უბანი და „ცაიშის“ უბანი.

1979 წლიდან 1992 წლამდე ზუგდიდ-ცაიშის საბადოზე გაიბურღა 18 ჭაბურღილი. 1272-2820 მ სიღრმიდან მიწის ზედაპირზე ამოყვანილ იქნა 82-98⁰ C ტემპერატურის მქონე თერმული წყალი. 1984 წელს დამტკიცებულ იქნა მისი საექსპლუატაციო მარაგები, ოდენობით -14300მ³ /დღე-ღამეში [6]. ზუგდიდ-ცაიშის საბადოს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები წარმოდგენილია ცხრილში 2 (6).

2. მზის ენერგეტიკული რესურსები

მზის ენერჯის უშუალოდ ელექტროენერგიად გარდაქმნის ფოტოელექტრული ხერხი უკვე 21-ე საუკუნის პირველი ათწლეულებისათვის სპეციალისტების მიერ განიხილება როგორც პრიორიტეტული ტექნოლოგია. ყველაზე უფრო იაფი და ხელმისაწვდომია პასიური პელიოსისტემები, ე.წ. „მზის სახლები“, რომლებმაც ფართო გავრცელება ჰპოვეს როგორც სასოფლო, ისე საქალაქო მშენებლობაში.

გაზრდილი თბოიზოლაციის მქონე სამშენებლო მასალების გამოყენების, შემიწვის ფართობის, მისი ოპტიმალური ორიენტაციისა და ფორმის ხარჯზე შესაძლებელია ცივ სეზონში შენობათა თბური დანაკარგების და ზაფხულში შიგა სათავსოთა გადახურების 2-3-ჯერ შემცირება.

ზუგდიდ-ცაიშის საბადოს ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები

ცხრილი 2

| დასახელება | განზომილება | რაოდენობა |
|------------------------------|----------------|-----------|
| თბური სიმძლავრე | მგტ | 65,0 |
| სითბოს წლიური გამომუშავება | ათასი მგტსთ | 246,6 |
| სითბოს თვითღირებულება | აშშ დოლ/მგტსთ | 5,12-6,3 |
| ინვესტიციები | მლნ \$ | 7,51 |
| ინვესტიციების უკუგდების ვადა | წელი | 3,5-4,9 |
| ორგანული სათბობის ეკონომია | ათასი ტპ.ს/წელ | 57,7 |

ბოლო წლებში ნიდერლანდებში, შვედეთსა და ფინეთში აშენებული შენობების გათბობაში მზის ენერჯის წილი 30-40%-ს აღწევს. შენობის აღჭურვა აქტიური მზის სისტემით, კერძოდ თბური ან ფოტოელექტრული მზის კოლექტორით, კიდევ უფრო ამცირებს ტრადიციული თბური და ელექტრული ენერჯების მოხმარებას, ხოლო ცენტრალიზებული თბომომარაგების არარსებობის შემთხვევაში მნიშვნელოვნად ამცირებს სათბობზე დანახარჯებს.

საქართველოში მეტად ეფექტურია მზის ენერჯიაც, რომელიც ენერჯის არატრადიციულ, განახლებად წყაროებს შორის ყველაზე მაღალეფექტურია. ქვეყნის უმეტეს რაიონებში მზის ნათების წლიური ხანგრძლივობა საკმაოდ დიდია და 200-250 დღე გრძელდება, რაც დღის ხანგრძლივობის მიხედვით შეადგენს 1900-2200 საათს. ქვეყნის ტერიტორიაზე მოსული მზის მთლიანი პოტენციალი 10¹⁴ კვტსთ-ის ექვივალენტურია, ანუ 32,5 მლრდ ტპ.ს წელიწადში. ზაფხულში მზის ნათების მრავალწლიური საშუალო პერიოდი თვეში შეადგენს 225-300 სთ-ს, ხოლო ზამთარში – 60-75 სთ-ს. ამასთან, აღმოსავლეთ საქართველო გაცილებით მზიანია, ვიდრე დასავლეთ საქართველო.

ორგანიზაცია „სპეცველიომონტაჟმა“ 1987 წელს სოხუმთან ახლოს დაამონტაჟა 40 ათასი მ² ფართობის მზის თბური კოლექტორები, რომლებიც ზოგადად 10 ათას ტპ.ს-ს წელიწადში და აუმჯობესებდა რეგიონის ეკოლოგიურ პირობებს [4].

თანამედროვე მაღალმწარმოებლური მზის თბური კოლექტორების გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია მიღებულ იქნეს დაბალპოტენციური (40-60⁰ C) თბური ენერჯია, რომელიც შემდგომ თბური ტუმბოს დანადგარებთან ერთად გამოყენებული იქნება ცხელი წყალმომარაგების მიზნებისათვის, სოფლის მეურნეობის პროდუქტების გასაშრობად და სხვ. იმ შემთხვევაში, როდესაც მზის კოლექტორის საშუალო წლიური მ.კ.კ. 20-25 %-ის ტოლია, თითოეული კვადრატული მეტრიდან, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის მიხედვით, წელიწადში შესაძლებელია 300-600 კვტსთ ენერჯის მიღება.

თუ შენობა აღჭურვილია მზის კოლექტორებით და თბური ენერჯის ავზ-აკუმულატორებით, მაშინ მოხმარებული სათბობის ეკონომიამ, რომელიც აუცილებელია შენობის გათბობისა და ცხელი წყალმომარაგებისათვის, შეიძლება შეადგინოს წელიწადში 40-60%. 1მ² მზის კოლექტორების გამოყენებით წელიწადში შესაძლებელია მიღებულ იქნეს 120-150 კგ პირობითი სათბობის ექვივალენტური თბური ენერჯია.

3. ქარის ენერჯეტიკული რესურსები

საქართველო ქარის მნიშვნელოვან რესურსებს ფლობს, რომელიც პრაქტიკულად არ გამოიყენება. ქარის ენერჯის თეორიული პოტენციალი შეადგენს 10¹³ კვტსთ-ს წელიწადში, ხოლო წამში 4,0 მ-ზე მეტი სიჩქარის ქარის ენერჯის მარაგი ცალკეულ ზონებში წლიურად თითქმის 4,5 მლრდ კვტსთ-ს აჭარბებს.

ქარის ენერჯეტიკის განვითარებისათვის საქართველოში ყველა წინაპირობა არსებობს. ამ კუთხით ქვეყნის ტერიტორია საკმაოდ კარგად არის შესწავლილი. ქარის ენერჯის გამოყენების პერსპექტივების შეფასებისას უმნიშვნელოვანეს ფაქტორს

წარმოადგენს ქარის საშუალო წლიური სიჩქარეები, ქარის მუშა ანუ აქტიური სიჩქარეების განმეორებადობა და მისი ხანგრძლივობა წლის განმავლობაში [1].

მიუხედავად იმისა, რომ ქარის ენერჯის გამოყენება ეკოლოგიურად სუფთაა, ვინაიდან არ არის დაკავშირებული ტერიტორიის დატბორვასთან, არ გააჩნია მყარი, თხევადი, აირადი ან რადიოაქტიური ნარჩენები, აგრეთვე თბური გამოსხივება, არსებობს ნეგატიური ასპექტები, რომლებიც გადაწყვეტას საჭიროებენ ქარის ენერჯეტიკული დანადგარის (ქედ) დაპროექტების, მათი შექმნისა და განლაგების სტადიაზე. მათ მიეკუთვნება:

- მიწის დაუბრუნებელი დანაკარგები, რაც ფასდება საერთო ფართობის 20%-ის ფარგლებში და რომელიც ქედ-ის მიერ არის დაკავებული.
- დანადგარების მონტაჟისა და ექსპლუატაციის პერიოდში მექანიკური და აეროდინამიკური ხასიათის დაბალი და მაღალი სიხშირის ხმაურის წარმოშობა.

დღეისათვის ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობის პირველი რიგის ობიექტებად საქართველოში განიხილება მთა-საბუეთის, ჭოროხის რიყეზე “კაპანდობის”, დაბა ბაკურიანთან, ცხრაწყაროზე და ფოთის ნავსადგურის მეჩხეზე ქარის ელექტრო-დანადგარების აგება [5].

4. ბიოგაზი

მიუხედავად იმისა, რომ საქართველოში ენერჯეტიკული კრიზისი პრაქტიკულად დაძლეულია, მაღალმთიან რეგიონებში მოსახლეობა საყოფაცხოვრებო საჭიროებისათვის, საჭმლის მოსამზადებლად და გასათბობად მაინც ტრადიციულად იყენებს ბიომასას შეშის სახით. ოჯახს წელიწადში საშუალოდ 30 მ³ შეშა სჭირდება. ხეების უკანონო ჭრამ მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა ბუნებას და ეკოლოგიური კატასტროფის საშიშროება წარმოშვა.

ამავდროულად, საბაზრო ეკონომიკისა და ფერმერული მეურნეობების განვითარების შედეგად, მნიშვნელოვნად მატულობს საქონლის რიცხოვნობაც. შესაბამისად იზრდება ექსკრემენტების რაოდენობაც. ბიომეთანოგენეზის შედეგად ბიოგაზის პარალელურად მიიღება საკმაოდ ძვირფასი ორგანული სასუქი, რომელზეც მოთხოვნილება ნიადაგის გაღარიბების გამო ყოველწლიურად მატულობს [3].

აშშ-სა და ევროპაში სამრეწველო ბიოენერჯეტიკული დანადგარები შენდება დიდი აგლომერაციების მახლობლად. ქალაქის ჩანადვრებისა და მყარი ნარჩენების უტილიზაციის შედეგად მიღებული ენერჯია ისევე უბრუნდება ქალაქს.

სამხრეთ კავკასიის ქვეყნების წვრილი კერძო მეურნეობებისათვის, სადაც ამჟამად კონცენტრირებულია მეცხოველეობის დიდი რესურსი, ყველაზე საინტერესოა ინდოეთისა და ჩინეთის გამოცდილება. განსაკუთრებული წარმატება ამ მიმართულებით მიღწეულია ჩინეთში, სადაც ბიოდანადგარების რაოდენობამ უკვე გადააჭარბა 100 მილიონს.

მე-20 საუკუნის 80-იანი წლების დასასრულისათვის გამოთვლილი იყო, რომ საქართველოს მეცხოველეობის ყველა საწარმოს ორგანული ნარჩენების გადამუშავების შედეგად შესაძლებელი იქნებოდა მიღებული ყოფილიყო $2,1 \times 10^6$ ტ მშრალი ნივთიერება. იმის გათვალისწინებით, რომ ერთი ტონა მშრალი ნივთიერება დაახლოებით გამოყოფს 300 მ³ ბიოგაზს, შეგვიძლია შევაფასოთ საქართველოს მაშინდელი ბიოგაზის რესურსი, რომელიც შეადგენდა – $0,63 \times 10^9$ მ³, რაც $0,5 \times 10^6$ ტ პირობითი საწვავის, ან $0,32 \times 10^6$ ტ ბენზინის ექვივალენტურია. ერთი პირობითი მსხვილი რქოსანი საქონელი დღე-ღამეში იძლევა 30 კგ ნახევრად თხიერ ორგანულ ნივთიერებას. თითოეული კილოგრამიდან ბიოგაზის გამოსავალი შეადგენს 0,35 მ³. სოფლად ოჯახი, რომელსაც ჰყავს 5-6 ძროხა, ღორი, სხვა შინაური ცხოველი და ფრინველი, ბიოგაზის დანადგარის გამოყენების შემთხვევაში, მთელი წლის განმავლობაში უბრუნველყოფილი იქნება როგორც ბუნებრივი აირით, ასევე ეკოლოგიურად სუფთა ორგანული სასუქით.

ამრიგად, ენერჯის არატრადიციული, განახლებადი რესურსების გამოყენების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად მცირდება ძვირადღირებული ორგანული სათბობის მოხმარება და ხე-ტყის ჩეხვა, უმჯობესდება რეგიონის ეკოლოგიური მდგომარეობა.

**ენერჯის არატრადიციული, განახლებადი რესურსების ათვისების
პროსპექტივები საქართველოში**

ნ. მირიანიშვილი, ნ. გძელიშვილი, ვ. ხათაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში გაანალიზებულია საქართველოში არატრადიციული, განახლებადი ენერჯორესურსების რაციონალური და კომპლექსური გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობა და პერსპექტივები.

**PROSPECTS OF UNCONVENTIONAL RENEWABLE ENERGY RESOURCES
OF GEORGIA**

N. MIRIANASHVILI, N. GDZELISHVILI, V. KHATASHVILI

Summary

The current state and prospects of sustainable and integrated use of non-traditional, removable Energy Resources of Georgia are analyzed in the paper.

**ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ГРУЗИИ**

Н. МИРИАНИШВИЛИ, Н. ГДЗЕЛИШВИЛИ, В. ХАТАШВИЛИ

Резюме

В статье проанализированы современное состояние и перспективы рационального и комплексного использования нетрадиционных возобновляемых энергетических ресурсов Грузии.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. გელოვანი მ., ერისთავი ვ., ზედგენიძე ა., და სხვ. საქართველოს ქარის ენერჯექტიული ატლასი. 2994. 193 გვ.
2. საქართველოს მცირე ენერჯექტიკისა და არატრადიციული ენერჯექტიკის განვითარების კონცეფცია. სსიპ “ენერჯორენერჯია”. თბილისი. 2003. 146 გვ.
3. ბიწაძე ა. ბიოგაზის დანადგარის აშენება და ექსპლუატაცია (მე-2 გამოცემა). თბილისი. 2004. 80 გვ.
4. მელაძე ნ. მზის ენერჯის გამოყენება და თბოეფექტურობა. ენერჯია. 2000, №3. გვ. 21-23.
5. მირიანიშვილი ნ. ვეზირიშვილი ქ. გძელიშვილი ნ. ხათაშვილი ვ. ქარის ენერჯორესურსების გამოყენების მასშტაბები საქართველოში. 21-ე საუკ. მეცნ. და ტექნოლ. განვით. ძირით. პარადიგმები. სტუ-ს დაარს. 90 წლისთ. მიძღვ. საერთ. სამეცნ. კონფერ. შრომები. თბილისი, 2012, №1. გვ. 308-311.
6. ვეზირიშვილი ქ., მირიანიშვილი ნ. მეურნეობის სხვადასხვა დარგის თბოსიცივით მომარაგების ახალი კომპლექსური სისტემების დამუშავება გეოთერმული ენერჯის გამოყენებით. ენერჯია 2010. №1 (53). გვ. 36-43.
7. ვეზირიშვილი-ნოზაძე ქ., ჟორდანიას ი., ვეზირიშვილი ო ენერჯის განახლებადი რესურსების გამოყენება საქართველოს მდგრადი განვითარებისათვის. ენერჯია №2(58), 2011, გვ. 32-37.

მოძრავი მექანიზმების რხევების ანალიზი და მათი გამოყენება

თ. ტროყაშვილი

tmt-10@mail.ru

ავტომატური მართვის სისტემებში სამართი პარამეტრების ცდომილება დამოკიდებულია შერჩეული მართვის კანონზე და ამ კანონის ასაგებად საჭირო მოწყობილობების სიზუსტეზე.

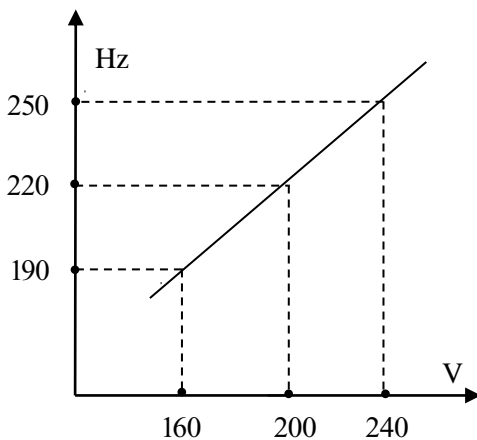
მრავალ შემთხვევაში ნაკლებია ინფორმაცია იმ პარამეტრებზე, რომლებიც მართვის კანონის ასაგებადაა საჭირო. მაგალითისათვის შეიძლება დავასახელოთ ჰიდროაგრეგატების სიხშირის რეგულატორები, სადაც მართვაში გამოიყენება სიხშირის ცდომილება Δf და მისი პირველი წარმოებული. გამოიყენება აგრეთვე ე.წ. იზოდრომული უკუკავშირი, რომელიც გარკვეული სახით შეიცავს ინფორმაციას Δf -ისა და მისი წარმოებულის შესახებ.

Δf -ისა და მისი წარმოებულის მისაღებად, როგორც წესი, გამოიყენება ჰიდროაგრეგატების გამოსავალი ძაბვის სიდიდე $U=U_0 \sin 2\pi ft$. შესაბამისი აპარატურა წარმოადგენს საკმაოდ რთულ მოწყობილობას.

ყოველ ჰიდროაგრეგატს, ისევე როგორც თითქმის ყველა მოძრავ მექანიზმს, მუშაობის პროცესში გააჩნია საკუთარი ხმაური, რომელიც ხასიათდება რთული სახის ბგერითი სიხშირეებით.

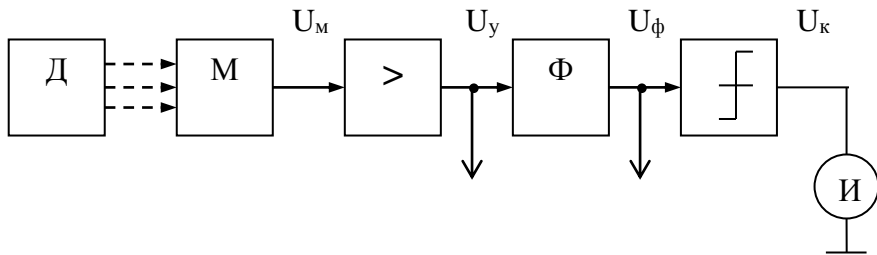
ხმაურის მიხედვით ადვილი დასადგენია მანქანა ბრუნავს ნელა თუ ჩქარა. ასეთი ეფექტი მიგვანიშნებს იმაზე, რომ შესაძლებელია დავაფიქსიროთ მბრუნავი მექანიზმის საკუთარი ხმაური, რომელიც შესაძლებელია გაიზომოს სხვადასხვა მოწყობილობებით. მაგალითად: ტენზო გადამწოდი, მიკროფონი და სხვა.

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია მუდმივი დენის რეგულატორიანი ძრავის მახასიათებელი დატვირთვის გარეშე, რომელიც განსაზღვრავს მისი ხმაურის შესაბამისი სიხშირის დამოკიდებულებას ძაბვისაგან.



ნახ. 1

ნახ.1 მოყვანილი მახასიათებელი აგებულია იმ სქემის მიხედვით, რომელიც ნაჩვენებია ნახ.2-ზე.

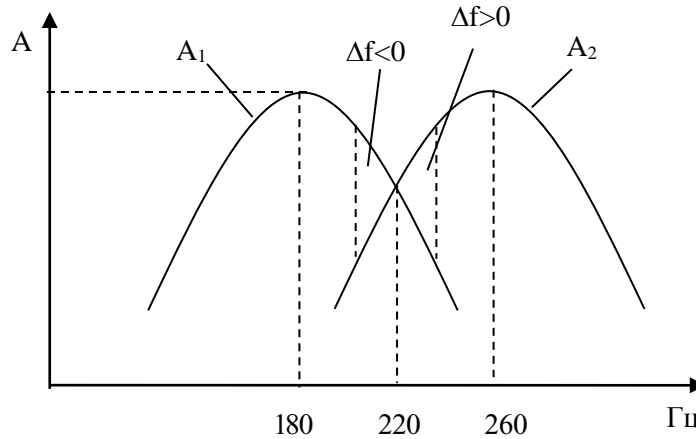


ნახ. 2

M – მიკროფონი აფიქსირებს იმ რხევებს, რომელიც ძრავას ბრუნვის პროცესში გააჩნია. მიკროფონიდან გამოსული სიგნალი გაძლიერების შემდეგ მიეწოდება Φ – ფილტრს, შემდეგ კი კომპარატორს. კომპარატორი უზრუნველყოფს ძირითადი სიხშირის გაზომვას S_{Φ} – სიგნალის ამპლიტუდისაგან დამოუკიდებლად. II ინდიკატორის საშუალებით, რომელიც შესაძლებელია იყოს სიხშირმზომი ან ოსცილოგრაფი, ხდება სიხშირის რეგისტრაცია.

მიკროფონიდან მიღებული სიგნალი წარმოადგენს საკმაოდ რთულ რხევას, (ძრავის ხმაური), ამიტომ სიხშირის გაზომვისათვის საჭიროა მისგან ძირითადი სიგნალის გამოყოფა. ამ მიზნით სქემაში ჩართულია Φ – ფილტრი, რომელიც შესაძლებელია იყოს დაბალი სიხშირის ან ზოლოვანი ფილტრი. დაბალი სიხშირის ფილტრებიდან უკეთესია გამოვიყენოთ ბესელის ფილტრი, რომელსაც შერჩეული სიხშირის გატარების ზოლში გააჩნია გაძლიერების კოეფიციენტი $K=1$. სხვაობა $S_{\gamma}-S_{\Phi}=S_{III}$ მოგვცემს იმ სიგნალს, რომელიც ძირითად სიგნალშია შერეული. ამრიგად, ნახ.2 მოყვანილი სქემის მიხედვით შესაძლებელია რთული რხევებიდან S_{γ} გამოვყოთ ძირითადი მდგენელი S_{Φ} და მასთან შერეული მაღალი სიხშირის სიგნალი S_{III} .

განვიხილოთ რეაქტორიანი ძრავის ბრუნთა რიცხვის სტაბილიზაციის ამოცანა. ნახ.1-ის მიხედვით ჩავთვალოთ, რომ $U=200$ ვოლტ ძაბვას შეესაბამება ნომინალური სიხშირე $f_0=220$ ჰერცი.



ნახ. 3

ძრავის ბრუნთა რიცხვის (სიხშირის) ცვლილება ხდება დატვირთვის მომატებით ან დაკლებით. ნახ.3-ზე ნაჩვენებია Δf სიდიდის ცდომილების მიღების დიაგრამა. ცდომილების მისაღებად გამოყენებულია ორი რეზონანსული კონტური. ამ კონტურების პარამეტრების დასადგენად შერჩეულია სიხშირის რეგულირების დიაპაზონი, მაგალითად 180-260 ჰერცი. ფილტრების პარამეტრების განსაზღვრა ხორციელდება შემდეგნაირად:

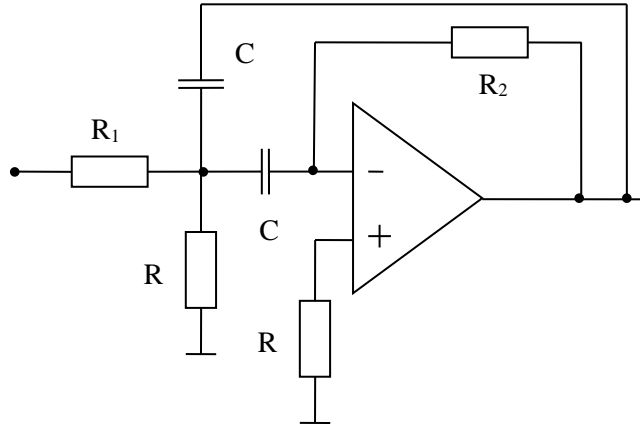
1. შერჩევა პირველი და მეორე ფილტრების რეზონანსული სიხშირეები. $f_{10}=180$ ჰერცს, $f_{20}=260$ ჰერცს.
2. შერჩევა $\Phi 1$ და $\Phi 2$ ფილტრების გატარების ზოლი $\Delta f_1=\Delta f_2$ 80 ჰერცს.
3. შერჩეული პარამეტრების f_{10} , f_{20} , Δf_{10} , Δf_{20} -ის მიხედვით იანგარიშება $\Phi 1$ და $\Phi 2$ ფილტრების ვარგისიანობა.

$$Q_1 = \frac{f_{10}}{\Delta f_{10}}, \quad Q_2 = \frac{f_{20}}{\Delta f_{20}}$$

$\Phi 1$ და $\Phi 2$ ფილტრების აგების ერთ-ერთი ვარიანტი ნაჩვენებია ნახ.4-ზე, სადაც გამოყენებულია აქტიური ზოლოვანი ფილტრები. ზოგადად ამ ფილტრების პარამეტრები იანგარიშება ცნობილი [1] ფორმულებით:

$$R_2 = \frac{Q}{\Pi f_0 C}, \quad R_1 = \frac{-A_0 R_1}{2}, \quad R_3 = \frac{-A_0 R_1}{2Q^2 + A_0}$$

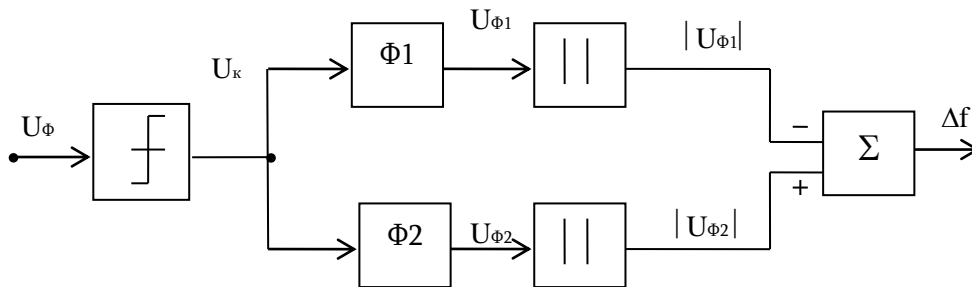
სადაც Q - შერჩეული კონტურის ვარგისიანობაა, f_0 - რეზონანსული სიხშირეა, A_0 - ფილტრის გაძლიერების კოეფიციენტი რეზონანსულ სიხშირეზე, C - კონტურის ტევადობაა, რომელიც შეირჩევა წინასწარ.



ნახ. 4

თუ შევარჩევთ, რომ Φ_1 და Φ_2 ფილტრებისათვის გაძლიერების კოეფიციენტი $A_{10} = -1$, $A_{20} = -1$ (ნიშანი (-) განპირობებულია ოპერაციული გამაძლიერებლის გამო) და $C = 0,1$ მკფ, მაშინ ზემოთ მოყვანილი ფორმულების მიხედვით ადვილია R_1 , R_2 , R_3 წინააღობების გამოთვლა.

Φ_1 და Φ_2 ფილტრების საშუალებით Δf სიდიდის გამოთვლის სქემა ნაჩვენებია ნახაზზე 5.



ნახ. 5

კომპარატორიდან მიღებული სიგნალი U_k მიეწოდება Φ_1 და Φ_2 ფილტრებს. ფილტრების გამოსასვლელი გამართვის შემდეგ მიეწოდება ამჯამავე მოწყობილობას, რომლის გამოსასვლელზეც მიიღება სიგნალი $\Delta f = A_2(f) - A_1(f)$. როდესაც ძრავის სიხშირე (ბრუნთა რიცხვი) $f_0 = 220$ კერცს, მაშინ $\Delta f = 0$. სიხშირის მომატების შემთხვევაში $\Delta f > 0$, ხოლო დაკლების შემთხვევაში $\Delta f < 0$.

განხილული სტრუქტურით გამოთვლილი Δf - სიდიდე შესაძლებელია გამოვიყენოთ სხვადასხვა მანქანებში, გენერატორებში, ძრავებში სიხშირის ან ბრუნთა რიცხვის მართვისა და სტაბილიზაციისათვის.

სიგნალი $U_\phi - U_\gamma$ შესაძლებელია გამოვიყენოთ დიაგნოსტიკაში.

მოძრავი მექანიზმების რხევების ანალიზი და მათი გამოყენება

თ. ტროკაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია ძრავის მუშაობის პროცესში მისი ხმაურის სიხშირული მახასიათებელი. ნაჩვენებია ხმაურის ძირითადი სიგნალის გამოყოფის სქემა. გამოკვლევა ნატარებულია მუდმივი დენის რელუქტორიანი ძრავის მაგალითზე. ნაჩვენებია, რომ ძრავის ხმაურიდან შესაძლებელია ძირითადი სიხშირის, (ბრუნთა რიცხვის) f -ისა და შეცდომის სიგნალის Δf -ის განსაზღვრა. მიღებული შედეგები შესაძლებელია გამოვიყენოთ დიაგნოსტიკაში, ძრავებისა და გენერატორების მართვაში.

THE ANALYSIS OF MOVABLE DEVICE VIBRATIONS AND THEIR UTILIZATION

T.TROKASHVILI

Summary

The paper presents frequency characteristic feature of the noise while engine processing. The scheme of the main signal of noise is shown in the work. Research is carried out on the example of the reduction engine. It is shown that it's possible to define the main frequency (number of rotations) f and the signal of errors Δf . The results can be utilized in diagnostics, in the engine and generator managing.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ МЕХАНИЗМОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Т. ТРОКАШВИЛИ

Резюме

В статье рассматривается частотная характеристика шумов двигателя в процессе работы. Дается схема выделения основного сигнала шума. Исследование проведено на примере двигателя с редуктором постоянного тока. Показано, что по шуму двигателя возможно определение основной частоты f (число оборотов) и сигнала погрешности Δf . Полученные результаты можно использовать в диагностике и управлении двигателями и генераторами.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

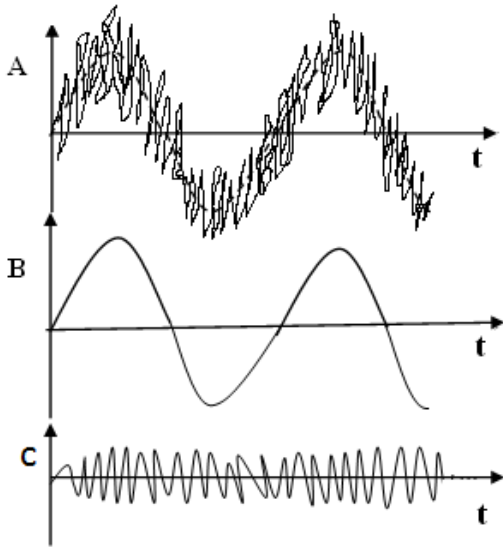
1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Москва, 1983г.
2. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. Мир, 1985г.
3. Трокашвили Т. Активные полосовые фильтры. Сборник докладов международной конференции «Проблемы Управления и Энергетики». ИСУ АН Грузии 2004г.

აქტიური ზოლოვანი ფილტრების გადაწყობა რეზონანსულ სიხშირეზე

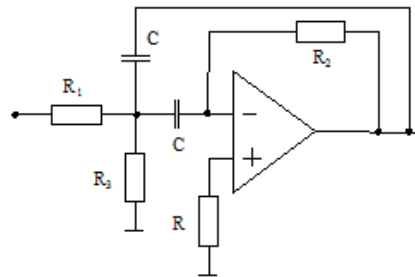
თ. ტროყაშვილი, ბ. შრუშაძე, ნ. შენგელია

tmt-10@mail.ru

მრავალი ტექნიკური ამოცანის გადაწყვეტის დროს საჭირო ხდება რთული სიგნალის განცალკევება ძირითადი და მასზე დადებული სხვა - უფრო მაღალი სიხშირის სიგნალებისაგან. ნახ.1-ზე წარმოდგენილია ამ ამოცანის შესაბამისი დროითი დიაგრამები.



ნახ.1



ნახ.2

რთული სიგნალის განცალკევებისათვის ფართოდ გამოიყენება აქტიური ზოლოვანი ფილტრი [1] რომლის ელექტრული სქემა ნაჩვენებია ნახ 2-ზე.

ფილტრის პარამეტრები იანგარიშება ცნობილი ფორმულებით:

$$R_2 = \frac{Q}{\Pi f_0 C}, \quad R_1 = \frac{-A_0 R_1}{2}, \quad R_3 = \frac{-A_0 R_1}{2Q^2 + A_0}.$$

ამ პარამეტრების შერჩევა ხორციელდება მოცემული შემავალი რეზონანსული სიხშირისათვის f_0 , ფილტრის გაძლიერების კოეფიციენტის - A_0 და ვარგისიანობის - Q შერჩევით [1].

განიხილება ამოცანა, რომლის შინაარსი მდგომარეობს შემდეგში: მოცემულია დაბალი სიხშირის რთული სიგნალი, რომელიც შედგება ძირითადი სიგნალისაგან და ამ სიგნალზე დადებულია შედარებით მაღალი სიხშირის სიგნალი. ამავე დროს ძირითადი სიგნალის სიხშირე შესაძლებელია იცვლებოდეს გარკვეულ ფარგლებში.

აღნიშნული პირობების გათვალისწინებით საჭიროა სიგნალის ძირითადი სიხშირის ცვლილების დროს ყოველთვის განისაზღვროს მისი მნიშვნელობა და ამავე დროს გამოიყოს ის რთული სიგნალი, რომელიც მასზე დადებული. სტრუქტურულად ეს ამოცანა შემდგენიარად შეიძლება ჩამოყავალიბოთ: მოცემულია რთული სიგნალი, რომლის ძირითადი სიხშირე შესაძლებელია იცვლებოდეს დიაპაზონში f_{10} -დან f_{20} -მდე, ნახ.3. საჭიროა აღნიშნულ დიაპაზონში სიგნალის ცვლილების დროს მოიძებნოს რეზონანსული სიხშირე და ამავე დროს გამოიყოს რთული სიგნალის შემადგენელი ნაწილი. ამ ამოცანის გადაწყვეტა ხორციელდება შემდგენიარად:

1. შერჩევა ფილტრების რეზონანსული სიხშირეები: f_{10} და f_{20} .

2. f_{10} და f_2 რეზონანსული სიხშირეების მიხედვით შეირჩევა სიხშირე, რომელიც არის აღნიშნული სიხშირეების გადაკვეთის წერტილი.
3. შეირჩევა პირველი ფილტრის გატარების ზოლი $f_0 - f_1$.
4. შეირჩევა მეორე ფილტრის გატარების ზოლი $f_2 - f_0$.
5. შერჩეული f_{10} , f_{20} , f_0 , $f_0 - f_1$ და $f_2 - f_0$ პარამეტრების მიხედვით იანგარიშება პირველი $\Phi 1$ და მეორე $\Phi 2$ ფილტრების პარამეტრები.

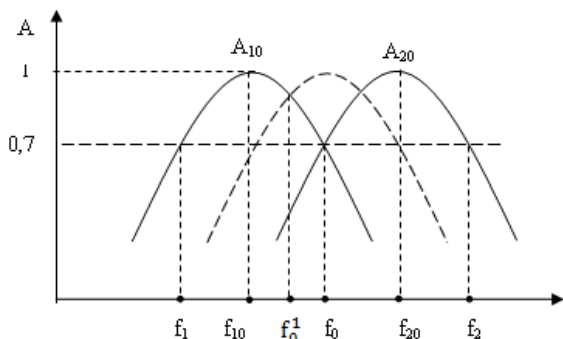
ნახ.4-ზე ნაჩვენებია ამოცანის გადაწყვეტის სტრუქტურული სქემა, რომლის ფუნქციონირება შეესაბამება ნახ.3 მოყვანილ დიაგრამას. $\Phi 1$ და $\Phi 2$ ფილტრები აწყობილია რეზონანსულ სიხშირეებზე f_{10} და f_{20} .

ამ ფილტრების რეზონანსული სიხშირეების ცვლილება შესაძლებელია R_3^1 და R_3^2 წინაღობების საშუალებით.

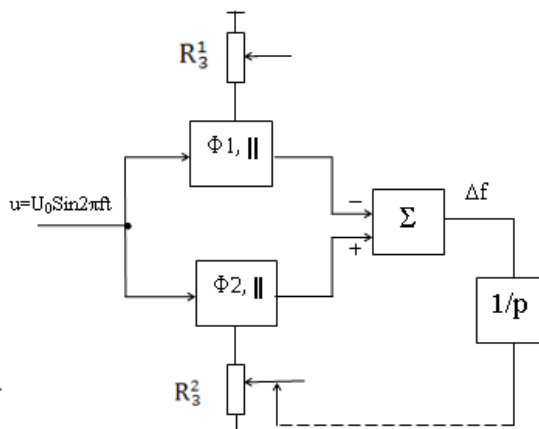
ფილტრებიდან გამოსული სიგნალები გამართვის შემდეგ მიეწოდება ამჯამად მოწყობილობას, რომლის გამოსავალზეც მიიღება სიგნალი Δf .

როდესაც შემავალი სიგნალის სიხშირე არის f_0 , მაშინ $\Delta f = 0$, ამიტომ ინტეგრატორი არის გაჩერებული.

Δf სიგნალის გაჩენის შემთხვევაში, მაგალითად, როდესაც $\Delta f < 0$, მოძრაობას იწყებს ინტეგრატორი, რომელიც შეცვლის R_3^2 წინაღობას, ანუ გადააწყობს მეორე ფილტრს იმ მომენტამდე, ვიდრე Δf არ გახდება ნულის ტოლი. ინტეგრატორის გამოსავალი ძაბვის მიხედვით შესაძლებელია ვიმსჯელოთ შემავალი სიგნალის სიხშირეზე.



ნახ. 3



ნახ. 4

აქტიური ზოლოვანი ფილტრების ბალანსობა რეზონანსულ სიხშირეზე

თ. ტროყაშვილი, ბ. ურუშაძე, ნ. შენბელია

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია დაბალი სიხშირის რთული სიგნალის დაშლა შემადგენელ ნაწილებად. მაგალითის სახით ნაჩვენებია სქემა, რომელიც აგებულია აქტიური ზოლოვანი ფილტრის გამოყენებით. ამ სქემის გამოყენებით შესაძლებელია ძირითადი სიგნალის გამოყოფა. ძირითადი სიგნალის სიხშირე შესაძლებელია იცვლებოდეს

გარკვეულ დიაპაზონში. ნაჩვენებია ფილტრის გადაწყობის სქემა რეზონანსული სიხშირის ცვლილებისას.

**THE ACTIVE LINEAR FILTERS SHIFTING INTO THE RESONANCE
FREQUENCY**

T. TROKASHVILI, G. URUSHADZE, N. SHENGELIA

Summary

The paper presents the analysis of the complex signal into constituents. The scheme that is constructed using the active linear filter is shown in the paper. It's possible to single out the main signal. The frequency of the main signal can be changed in a certain range. The scheme of filter shifting into resonance frequency is also shown in the work.

**НАСТРОЙКА АКТИВНОГО ПОЛОСОВОГО ФИЛЬТРА НА РЕЗОНАНСНУЮ
ЧАСТОТУ**

Т. ТРОКАШВИЛИ, Г. УРУШАДЗЕ, Н. ШЕНГЕЛИЯ

Резюме

Рассматривается выделение основного сигнала из сложного низкочастотного сигнала. В качестве примера показана схема, которая построена с использованием активного полосового фильтра. Схема дает возможность выделить основной сигнал. Частота основного сигнала может меняться в определенных пределах. Показана схема настройки фильтра при изменении резонансной частоты.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. Москва, 1983г.
2. Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. Мир, 1985г.
3. Трокашвили Т. Активные полосовые фильтры. Сборник докладов международной конференции «Проблемы Управления и Энергетики». ИСУ АН Грузии 2004г.

დინამიკური სისტემების მოდელირება კომპიუტერების ბაზაზე

დ. ცინცაძე

დინამიკური სისტემები ობიექტების ან ბუნებაში მიმდინარე პროცესების ცვალებადობას შეისწავლის დროის მიხედვით სივრცეში მათი საწყისი მდგომარეობის გათვალისწინებით. ობიექტის ან პროცესის მდგომარეობის შემდგომი ცვალებადობა დამოკიდებულია მათ საწყის, ანუ ნულთან მდგომარეობაზე, რომელიც ობიექტების ან პროცესთა ცვლილების განვითარების ათვლის წერტილებად შეიძლება მივიჩნიოთ. ობიექტის ან პროცესის ცვალებადობა აღიწერება მათემატიკური კანონებით და ამოცანის შინაარსიდან გამომდინარე საქმე გვაქვს სხვადასხვა პარამეტრების ერთობლიობასთან.

დინამიკური სისტემების აღწერის მათემატიკური კანონები სხვადასხვა სახისაა: დიფერენციალური განტოლებები, დისკრეტული სისტემები, გრაფთა თეორია და სხვა.

რთული დინამიკური სისტემების ანალიზის პროცესში ხშირად ადგილი აქვს სპეციფიკური (ამოცანიდან გამომდინარე) ფაქტორების არსებობას, რომელთა გათვალისწინება სხვა მოდელის შექმნის აუცილებლობას ან არსებულის შევსებას იწვევს.

ასეთ რთულ დინამიკურ სისტემებს მიეკუთვნება ფრენის დინამიკა, რომელიც საფრენი აპარატების მოძრაობის კანონზომიერებას აღწერს. თავისთავად ეს ამოცანა, სირთულის გარდა, გადაწყვეტის პროცესში ბევრი სხვა საკითხის გადაჭრის აუცილებლობას წარმოშობს: აეროდინამიკური მახასიათებლებისა და ფრენის დინამიკაზე ატმოსფეროს ზეგავლენის გათვალისწინებას, სხვადასხვა ექსპერიმენტული სიდიდეების შემოტანას და ა.შ., რომელთა გადაჭრა აუცილებელია სასურველი შედეგის მისაღებად, გარკვეული მიახლოებითი სიზუსტით მაინც.

რთული დინამიკური პროცესები კერძო წარმოებულებიანი დიფერენციალური განტოლებებით აღიწერება. მათ მიეკუთვნება ფრენის დინამიკა, რომელიც ძირითადად შემდეგი მიმართულებებით განისაზღვრება:

1. საფრენი აპარატების ტრაექტორიის გამოკვლევა.
2. საფრენი აპარატების მოძრაობის გამოკვლევა ატმოსფეროს პირობებში.
3. საფრენი აპარატების მოძრაობის გამოკვლევა ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

პირველი მიმართულება თავისთავად მოიცავს ისეთი საკითხების განხილვას, როგორებიცაა: ფრენის დროს აპარატზე მოქმედი ძალები, მოძრაობის განტოლებები ინერციული და არაინერციული ათვლის სისტემების დროს, აეროდინამიკური სიდიდეების განსაზღვრა, საწყისი სიდიდეები და ა.შ.

მეორე და მესამე მიმართულებებისათვის ძირითადად განიხილება საფრენი აპარატის მოძრაობის განტოლებები.

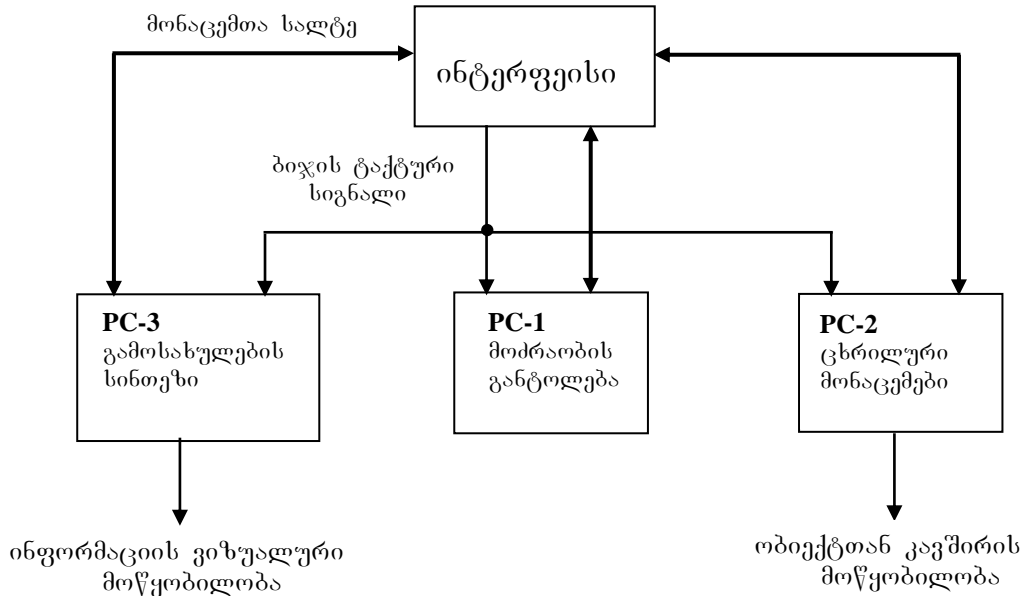
როგორც ასეთი რთული ამოცანების გადაწყვეტისას ხდება, მიზანშეწონილია ამოცანა დაიყოს სხვადასხვა სპეციფიკურ ბლოკებად, გამოიყოს უმთავრესი, მოხდეს მათი მათემატიკური მოდელის აგება (მათ შორის მეორეხარისხოვანი ბლოკებისა), და შემუშავდეს საერთო კანონზომიერება მათ დასაკავშირებლად.

საფრენი ობიექტის მოდელირების ამოცანა დროის რეალურ მასშტაბში უნდა გადაიჭრას. რეალურ დროში მოდელირებისას გამომთვლელი მანქანა მუშაობს ბიჯებით. ბიჯის ხანგრძლივობა განისაზღვრება აუცილებლობით, რათა უზრუნველყოფილი იყოს დიფერენციალურ განტოლებათა ინტეგრირების სიზუსტე. ყოველ ბიჯზე გამოთვლების მთელი ციკლი სრულდება. ერთი ჯგუფის გამოთვლების შედეგები წარმოადგენს საწყის მონაცემებს სხვა ჯგუფის გამოთვლებისათვის. გამოთვლების კარგი ორგანიზაციის შესაძლებლობა გადამწყვეტი ფაქტორია რეალურ დროში გამოთვლების მაღალი სიზუსტით ჩატარებისათვის.

ბოლო დროს პერსონალური კომპიუტერების პოტენციალური შესაძლებლობების გაზრდამ ხელი შეუწყო მომხმარებლის მიერ მათ ფართო გამოყენებას. მიუხედავად აპარატული კომპონენტების სრულყოფილებისა, რაც საკმაოდ დიდ სწრაფქმედებას იძლევა, ერთი კომპიუტერის გამოყენება რეალურ დროში მუშაობის პირობებში შეუძლებელია. ამიტომ საფრენი აპარატის მოდელირების ამოცანის გადასაწყვეტად

გამოყენებული იქნება რამდენიმე კომპიუტერი, რომლებზეც გადანაწილება გამოთვლითი ფუნქციები.

ნახ.1-ზე მოცემულია კომპლექსის სტრუქტურა, რომელშიც შედის სამი კომპიუტერი. ისინი იმართებიან შეუღლების (იტერფეისი) მოწყობილობით და მათთან დაკავშირებული არიან მონაცემთა სალტით (შემყვან-გამომყვანი სალტე გაფართოების "სლოტით").



ნახ. 1

წარმოდგენილ კონფიგურაციაში მონაცემთა გაცვლის ინტერფეისმა უნდა უზრუნველყოს:

1. აუცილებელი სწრაფქმედება რეალურ დროში მუშაობისათვის,
2. კომპიუტერების გაერთიანების შესაძლებლობა ამოცანების მიხედვით,
3. კომპიუტერების დამოუკიდებელი მუშაობის პირობები.

ნახ. 2-ზე მოცემულია ინტერფეისის ფუნქციონალური სქემა. სქემის მთავარი ნაწილია ოპერატიული მეხსიერება. მისთვის გამოიყოფა ერთი პორტი. მისამართის ორი ბლოკი A_0 და A_1 განსაზღვრავს მიმართვის რეჟიმებს:

- 00 – ჩაწერა მისამართის მთვლელში.
- 01 – ჩაწერა ოპერატიულ მეხსიერებაში.
- 10 – ამოკითხვა მისამართის მთვლელიდან.
- 11 – ამოკითხვა ოპერატიული მეხსიერებიდან.

რამდენიმე კომპიუტერი უკვე ქმნის გამოთვლელ სისტემას. მათ კომპონენტებს შორის კავშირის დასამყარებლად გამოიყენება უნიფიცირებული სისტემა – პროგრამული ინტერფეისი, რომელიც აუცილებელი პროცედურების, პარამეტრების, მიმართვის ხერხების საშუალებაა.

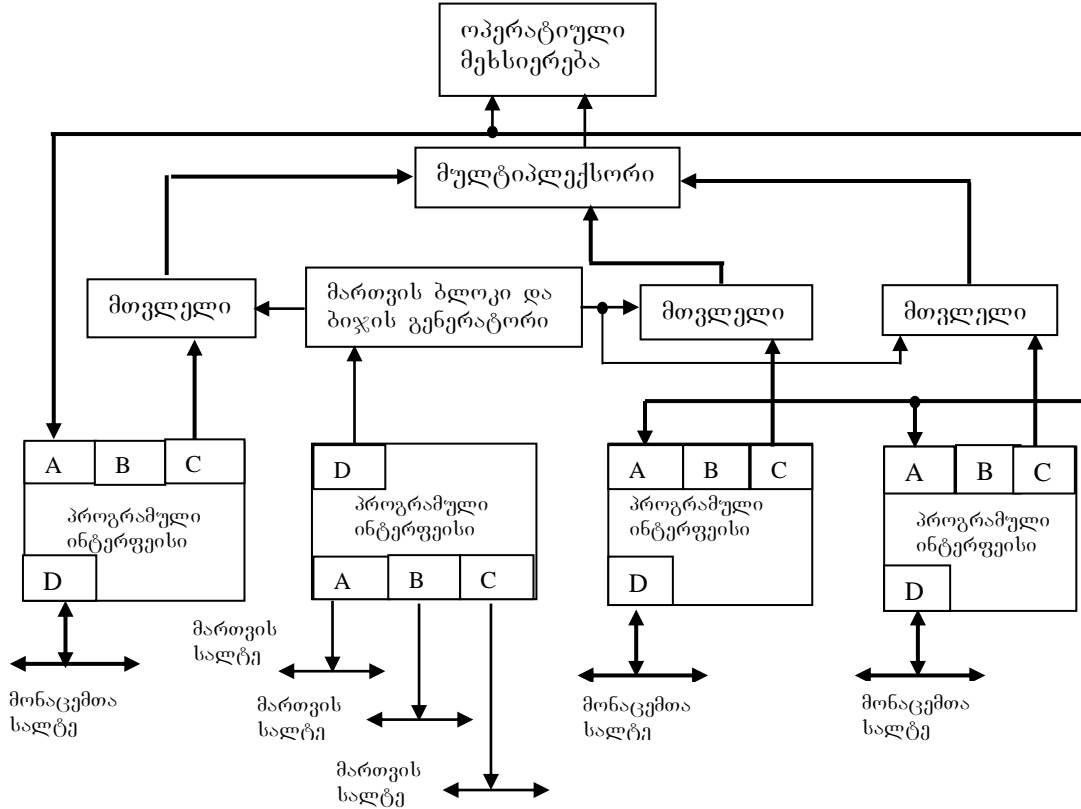
მულტიპლექსორი შესაბამის მთვლელს და მონაცემებს ირჩევს როგორც მისამართებს, გადასცემს ოპერატიულ მეხსიერებას. პროგრამული ინტერფეისის გავლით თითოეული მთვლელი კომპიუტერიდან იღებს მეხსიერების მისამართს, საიდანაც იწყება გაცვლითი მონაცემების ჩაწერა-ამოკითხვა.

მართვის ბლოკი და ბიჯის გენერატორი გამოიმუშავენ მთავარ ტაქტურ იმპულსებს, რომელთა განმეორების სიხშირე განსაზღვრავს მიღება-გაცემის ტაქტს და

მათგან დამოკიდებულებით – მართვის სიგნალებს, რომლებიც მთლიანი მოწყობილობის სინქრონული მუშაობის პირობებს უზრუნველყოფენ.

ბიჯის გენერატორის სიხშირე იცვლება $1 \div 100$ მლწმ-ის ფარგლებში. იმპულსები ერთდროულად შედის კომპიუტერებში და უშვებს პროგრამებს, რომლებიც გამოთვლების ყოველ ბიჯზე უნდა შესრულდეს.

თითოეულმა კომპიუტერმა უნდა უზრუნველყოს გამოთვლების დასრულება ბიჯის შემდეგი იმპულსის მოსვლამდე და ამ პირობის შესრულების შემოწმება.



ნახ. 2

კომპიუტერებს შორის მონაცემების გაცვლის დროს შესაძლებელია წარმოიშვას პრობლემა – პირველ კომპიუტერში გამოთვლების შედეგად მიღებული მონაცემები მეორე კომპიუტერს უნდა მიეწოდოს უფრო ადრე. თუ ეს პირობა არ იქნა შესრულებული, კომპიუტერი ძველი მონაცემებით იმუშავებს.

სწორ შემთხვევაში ეს დაყოვნება ერთ ბიჯზე მოდელირების სიზუსტეს არ ამცირებს. იმ შემთხვევაში, როცა ეს დაყოვნება დაუშვებელია, მთვლიანი სისტემის გამართვის დროს სინქრონიზაცია პროგრამულად შეიძლება განხორციელდეს.

დინამიკური სისტემების მოდელირება კომპიუტერების ბაზაზე

დ. ცინცაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია რამდენიმე კომპიუტერზე განხორციელებული დინამიკური ობიექტების მოდელირების საკითხები და ამ მიზნით პროგრამული ინტერფეისის გამოყენების შესაძლებლობა.

MODELING OF DYNAMIK SYSTEMS BASED ON COMPUTERS

D. TSINTSADZE

Summary

The paper represents the issues of dynamic object simulation based on several computers and possibility of using the software interface.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА БАЗЕ КОМПЬЮТЕРОВ

Д. ЦИНЦАДЗЕ

Резюме

В статье рассмотрены вопросы моделирования динамических объектов на базе нескольких компьютеров и возможность использования программного интерфейса с этой целью.

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. Мюллер Скотт – Модернизация и ремонт персональных компьютеров. Москва, ЗАО «Издательство БИНОМ», 1998г.

მობილური რობოტის მართვის სისტემა

დ. შურცხვანიძე

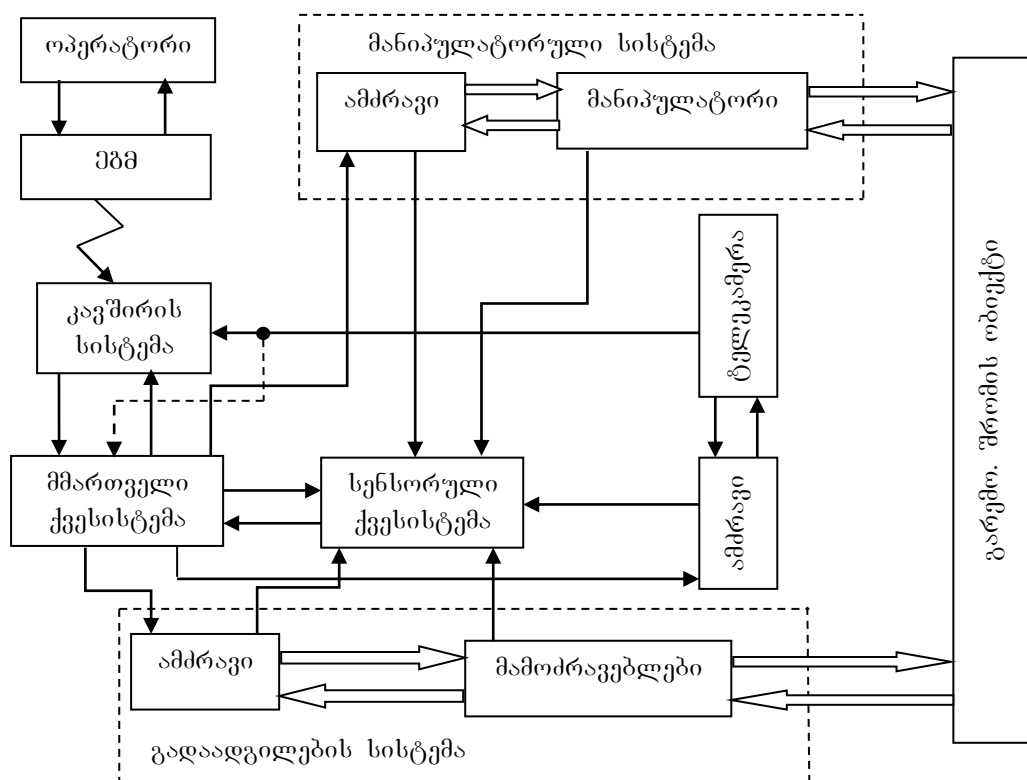
mshoblebi@posta.ge

ხელით შრომის ავტომატიზაციის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ასპექტს წარმოადგენს რობოტებისა და მანიპულატორების შექმნა ტექნოლოგიური ოპერაციების შესასრულებლად ისეთ გარემოში, რომელიც სახიფათოა ადამიანის ჯამრთელობისათვის ან საერთოდ მიუწვდომელია მისთვის.

რობოტი – ესაა ავტომატიზაციის საშუალება, განკუთვნილი ავტომატური მანიპულატორების მეშვეობით შრომის ობიექტზე მიზანმიმართული ზემოქმედებისათვის, რომელსაც გააჩნია გარემოს მდგომარეობის აღქმის საკუთარი სისტემა და საკუთარი მოქმედების ავტომატური დაგეგმვის უნარი. რობოტების სხვადასხვა კლასებს შორის, მნიშვნელოვან თანამედროვე კლასს მიეკუთვნება მანიპულატორი რობოტები, განთავსებულნი მოძრავ საფუძველზე, რომლებიც საყოფაცხოვრებო დანიშნულებით გამოიყენება წარმოებაში, ეკოლოგიაში, სამხედრო საქმეში.

განსახილველი კლასის მობილური რობოტების უმრავლესობა წარმოადგენს მანიპულატორს, განთავსებულს ბორბლებიან ბაზაზე. ამასთანავე მამოძრავებლები ბორბლებიან პნევმატური საღებრებით, ან მუხლუხები. ამ ტიპის მამოძრავებლების გამოყენება განპირობებულია მათი ტექნიკური რეალიზაციისა და მოძრაობის მართვის ალგორითმის სიმარტივით, რომელიც ბევრად არ განსხვავდება ავტომობილის ან მუხლუხა სატრანსპორტო საშუალების მართვის ალგორითმისგან. ამასთანავე ბორბლებიანი მანქანების მოძრაობის ალგორითმის რეალიზაციისათვის გამოყენებული იქნება მინიმალური გამოთვლითი და სხვა რესურსები.

რობოტის, როგორც ავტომატიზაციისა და მართვის ობიექტის, ფუნქციონალური სქემა წარმოდგენილია ნახ.1-ზე.



ნახ.1 მობილური რობოტის ფუნქციონალური სქემა

მობილური რობოტი მოიცავს ექვს სისტემას: გადაადგილების, მანიპულაციურს, ინფორმაციულ-გამზომ და მმართველ სისტემას, ტექნიკური მხედველობის, მართვის პუნქტთან კავშირის და ენერგეტიკულს.

გადაადგილების სისტემა მოიცავს ენერგეტიკულ დანადგარს, ტრანსმისიას, მამოძრავებლებს. ენერგეტიკული დანადგარის სახით მობილურ რობოტებში შეიძლება გამოყენებული იქნეს შიგაწვის ძრავი ან ელექტროძრავი. ტრანსმისიის მოწყობილობას განსაზღვრავს გადაადგილების სისტემაში გამოყენებული ენერგეტიკული მოწყობილობის ტიპი. თუ ძრავის სახით გამოიყენება შიგაწვის ძრავა, მაშინ, მისი ჩქაროსნული მახასიათებლების თავისებურებებიდან გამომდინარე, ტრანსმისიის შემადგენლობაში უნდა შედიოდეს გადაბმულობა და გადაცემათა კოლოფი. ამასთანავე, ტრანსმისიის მოწყობილობა დამოკიდებულია აგრეთვე გამოყენებული მამოძრავებლების ტიპზე.

შიგაწვის ძრავაზე მომუშავე ბორბლებიან სატრანსპორტო საშუალებებში გამოიყენება დიფერენციალი. შიგაწვის ძრავის მქონე მუხლუხა მოძრავ რობოტში გამოიყენება გადაცემათა კოეფიციენტების ვარიატორი ან განცალკევებული გადაცემათა კოლოფები მარჯვენა და მარცხენა მამოძრავებლებისათვის. ენერგეტიკული დანადგარის სახით მუდმივი დენის ელექტრო ძრავის გამოყენებისას ზემოთ ჩამოთვლილი კვანძები გასწვრივი მოძრაობის და მობრუნების შესასრულებლად საჭირო არაა, რაც მნიშვნელოვნად ამარტივებს როგორც კონსტრუქციას, ასევე რობოტის მართვის პროცესს.

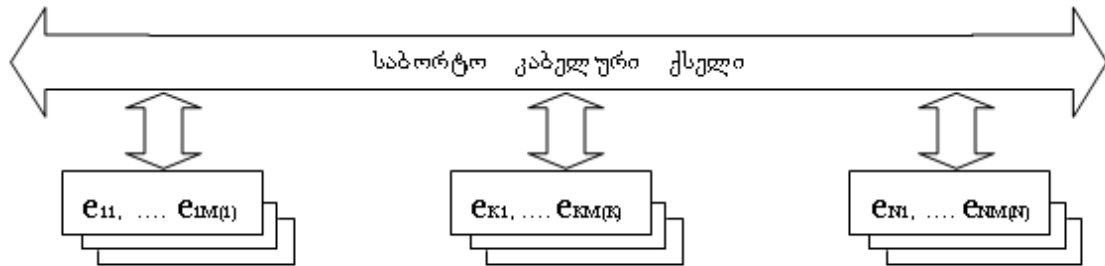
მობილური რობოტის ძირითადი სისტემა, რომელიც მისი სხვა სისტემების ორგანიზებას ახდენს, არის ინფორმაციულ-გამზომი და მმართველი სისტემები (Oზ და მს). Oზ და მს შედგებიან ორი დიდი ქვესისტემებისაგან: სენსორული და მმართველი.

მობილურ ბორბლებიან რობოტში Oზ და მს-ის ფუნქციები სხვადასხვაგვარია. ასეთი ფუნქციებია: მიღება შეტყობინებებისა საბორტო სისტემების გადამწოდებისგან: მანიპულაციური, გადაადგილების, ტექნიკური მხედველობის, კავშირის, ენერგეტიკული, თვით ინფორმაციულ-გამზომი და მართვის სისტემები. აღნიშნული სისტემების კვანძებისა და ელემენტების მდგომარეობის შესახებ; კავშირის სისტემების მეშვეობით რობოტის მართვის პულტიდან სამართი ბრძანებების მიღება, მათი დეშიფრაცია და ბრძანებების ფორმირება მობილური ბორბლებიანი რობოტის საბორტო სისტემების მართვისათვის; რობოტის საბორტო სისტემების მართვისას ადგილობრივი უკუკავშირების განხორციელება; მობილური რობოტის სამუშაოდ მომზადებისათვის საბორტო სისტემების სტატიკური კონტროლი და რეგლამენტირებული სამუშაოების შესრულება; მუშა ორგანოს კოორდინატების გაანგარიშება სენსორული ქვესისტემების გადამწოდებისგან მოსული სიგნალების მიხედვით, რომლებიც გვაწვდიან ინფორმაციას მანიპულაციური სისტემის შუალედური კვანძების მდგომარეობის შესახებ; საბორტო ენერგეტიკული რესურსების კონტროლი, მიმდინარე სამუშაოს დროულად შეწყვეტისათვის. მტყუნებამდგრალობის უზრუნველყოფა და საბორტო სისტემების რეკონფიგურაცია აპარატურის გარე და შიდა შემოფოთების ზემოქმედებით გამოწვეული მტყუნების დროს.

თანამედროვე რობოტტექნიკურ კომპლექსებში არსებობს ტენდენცია აღნიშნული ფუნქციების გაერთიანებისა და კომპლექსური ანალიზი რობოტების ტაქტიკო-ტექნიკურ მახასიათებლებზე მათი გავლენისა. საბორტო მოწყობილობების ინფორმაციულ-გამზომ და მმართველ სისტემად ინტეგრაციის არქიტექტურული ასპექტები ელემენტური ბაზის ნაკლებობის კომპენსირებისა და მაღალეფექტური რობოტტექნიკური კომპლექსის შექმნის საშუალებას იძლევა.

მმართველი ქვესისტემა წარმოადგენს წრედს მიკროკონტროლერებისა და/ან ცენტრალური საბორტო ეზმ-ისა, მიერთებულს კავშირის სისტემასთან, რომელიც ცენტრალურ მართვის პულტიდან ინფორმაციის მიღება-გაცემის საშუალებას იძლევა.

მოდულთაშორისი კავშირები ხორციელდება საბორტო კაბელური წრედით. მმართველი სისტემის ძირითად ამოცანას წარმოადგენს სხვა საბორტო სისტემების მართვის ფუნქციების შესრულება, მასაზე, ფასზე, მოხმარებულ ენერჯიაზე და საიმედოობაზე მკაცრი შეზღუდვების პირობებში. სენსორული ქვესისტემის განზოგადოებული სქემა მოცემულია ნახ.2-ზე.



ნახ.2 სენსორული ქვესისტემის განზოგადოებული სქემა

სენსორული ქვესისტემის გადამწოდები მოზილურ რობოტში დაჯგუფებულია N ჯგუფებად ისეთნაირად, რომ გადამწოდების k-ური ჯგუფი $\{E_{k1}, \dots, E_{kM(k)}\}$ აწარმოებს ინფორმაციის შეგროვებას მოზილური რობოტის რომელიმეც ლოკალურ სივრცეში. გადამწოდი ზომავს რომელიმეც პარამეტრს და გაზომვის შედეგის გადაცემა ხდება საბორტო კაბელური წრედით მმართველ ქვესისტემაში. ზოგიერთი ტექნიკური გადაწყვეტა ითვალისწინებს გადამწოდთა ჯგუფიდან მიღებული სიგნალების წინასწარ დამუშავებას წინასწარდამუშავების ბლოკის მეშვეობით, რომელიც საბორტო სივრცის იმავე არეშია განლაგებული, სადაც გადამწოდები.

მოზილური რობოტის სხვადასხვა მოდიფიკაციაში გადამწოდების სიგნალები განიცდის შემდეგ გარდაქმნებს: სიმძლავრის გაზრდას, ანალოგურ და/ან ციფრულ ფილტრაციას, ანალოგურ-ციფრულ გარდაქმნას, ანალოგურ ან ციფრულ მულტიპლექსირებას, მიმდევრობითი კოდის ფორმირებას.

მოზილური რობოტის გარემოსა და საბორტო სისტემების მდგომარეობის შესახებ ინფორმაცია ფორმირდება სენსორული ქვესისტემების გადამწოდთა მეშვეობით და მმართველი ქვესისტემის საბორტო ემპ-ში იქნება შეყვანილი, სადაც ალგორითმულად მულტიპლექსირდება კავშირის სისტემით ცენტრალურ პულტზე გადასაცემად. ცენტრალური პულტის ემპ-ში, რომელსაც გააჩნია ინფორმაციის ასახვის საშუალებები, მულტიპლექსირებული სიგნალი გაიშიფრება, გარდაიქმნება გრაფიკებად, დიაგრამებად, ხელსაწყოთა ჩვენებებად, რომლებიც ასახავენ საბორტო სისტემების მდგომარეობებს მონიტორზე. ოპერატორი ღებულობს გადაწყვეტილებას და შეჰყავს შესაბამისი ბრძანებები ემპ-ში, რომელშიც ბრძანებები მულტიპლექსირდება და კავშირის სისტემების მეშვეობით გადაეცემა მოზილურ რობოტს, სადაც დემულტიპლექსირებისა და დამატებითი გარდაქმნის შემდეგ გარდაიქმნება საბორტო სისტემების მმართველ ბრძანებებად.

მოზილური რობოტის მართვის სისტემა

დ. შურცხვანიძე

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია მოზილური ბორბლებიანი რობოტის მართვისათვის ელექტრული ძრავის გამოყენების უპირატესობა. დამუშავდა მოზილური რობოტის ფუნქციონალური სქემა, სენსორული ქვესისტემის განზოგადოებული სქემა. მოყვანილია

მობილური რობოტის ინფორმაციულ-გამზომი და მმართველი ქვესისტემების პროექტირების საკითხები.

MOBILE ROBOT CONTROL SYSTEM

D. PURTSKHVANIDZE

Summary

The article considers advantages of use of an electric motor in the operation of the mobile wheel robot. The function chart of the mobile robot, the general scheme of a sensor subsystem is developed. The issues of design for informational-measuring and operational subsystems are discussed.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ

Д. ПУРЦХВАНИДЗЕ

Резюме

В статье рассмотрены преимущества использования электрического двигателя для управления мобильным колёсным роботом. Разработана функциональная схема мобильного робота, обобщённая схема сенсорной подсистемы. Приведены вопросы проектирования информационно-измерительной и управляющей подсистемы.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. ფურცხვანიძე დ. განადგომითი ოპერაციებისათვის საჭირო რობოტის დაგეგმარება. ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი 2011წ. გვ. 160 – 162.
2. ფურცხვანიძე დ. კორექტირებული უკუმოდელის გამოყენება ადაპტურ მართვის სისტემაში. ა. ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი 2009წ. გვ. 141 – 147.

ინფორმეტიკა

INFORMATICS

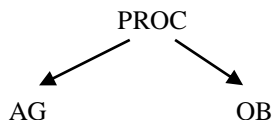
ИНФОРМАТИКА

ქართული წინადადების როლბორივი სტრუქტურა

ბ. გიგჩიკიძე

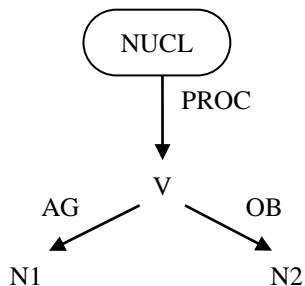
gogichikoidze@yahoo.com

“როლბორივი სტრუქტურაში” იგულისხმება წინადადების წევრების სემანტიკური როლების დადგენა. თავის მხრივ, წინადადების წევრებით ასახულია ფუნქციები (როლები), რომლებსაც ისინი წინადადებით გადმოცემულ სიტუაციაში, ანუ პროცესში ან მდგომარეობაში ასრულებენ. მაგალითად, პროცესის “წამყვანი” წევრი, “მოავარი შემსრულებელი” არის AG (აგენსი), რომელიც უშუალო “ზემოქმედებას” ახდენს მეორე ძირითად მონაწილეზე – ობიექტზე (OB) და ასახავს ცენტრალური როლების განაწილებას პროცესში (PROC). პროცესის ინდივიდუალური ხასიათის დასახულებლად აუცილებელია იმ (ზმნური) ლექსემის დადგენა, რომელიც ამ კერძო შემთხვევაში პროცესის თავისუფლებას გამოხატავს: წინადადების შესაბამისი კომპონენტის შინაარსის სრული სურათის მისაღებად ყოველი როლისთვისაც უნდა დაკმაყოფილდეს ანალოგიური მოთხოვნა. ასე, მაგალითად, ე.წ. “რეგულარული” სუპერ-პარადიგმის შემთხვევაში მისი ცენტრალური კომპონენტი ხასიათდება შემდეგი როლბორივი სტრუქტურით (ნახ. 1):



ნახ. 1

თუმცა, იმისთვის, რომ სქემა შინაარსის გამოხატვას უფრო მიუახლოვდეს, აუცილებელია მასში სათანადო ლექსიკური ერთეულების ასახვაც (ნახ. 2):

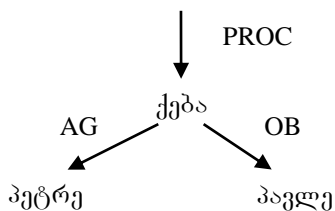


ნახ. 2

მეორე ნახაზზე V, N1 და N2 სიმბოლოები შესაბამისად ზმნურ და სახელურ ლექსემებს გულისხმობს. ამავე დროს სემანტიკური როლების მახვენებლები (AG, OB) გადაიქცნენ იმ რკალების ჭლებად, რომლებიც ასახავენ როლების მიმართებას სქემის “ბირთვთან” (NUCL) ანუ ზმნასთან (V). ამ შემთხვევაში ზმნის ძირითადი მახასიათებელი არის PROC, რომელიც მიუთითებს სუპერ-პარადიგმაში ზმნური პარადიგმის ადგილზე, მის “სემანტიკურ როლზე”. ნახ. 1-2-ის კონკრეტული მაგალითია წინადადება:

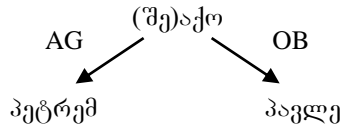
პეტრემ აქო/ლანძღა პავლე,

სადაც შემადგენელი ლექსემები (ქება, პეტრე და პავლე) ავსებს ნახ. 1-ის სქემას:



თუკი პროცესი უკვე დასრულდა და რეალიზებულია, დამატებითი სემანტიკური ნიუანსები (“როდის?”, “პროცესი დასრულდა?”, “მოხდა/მოხდეს/მომხდარიყო(ს) ის?” და ა.შ.) მიუთითებს წევრების მწკრივზე (*აქო/ლანძღა*). ეს არჩევანი, თავის მხრივ,

განსაზღვრავს მონაწილეთა (პეტრე, პავლე) ბრუნვას, რომელთა ხასიათი (მხოლოდითი რიცხვი, მე-3 პირი) მიუთითებს ზმნის მწკრივის კონკრეტულ წევრზე, რაც ჯამში გვაძლევს სქემას:



მაგალითი მარტივად და ნათლად აჩენს სემანტიკური როლების (AG და OB) წვლილს სიტუაციის შინაარსში და შესაბამისად მის ენობრივ გამოხატულებაში: მხოლოდ იმის ცოდნა, რომ მიმდინარე/მომხდარი პროცესის (ქება) მონაწილეები არიან კონკრეტული პირები (პეტრე და პავლე) არ არის საკმარისი არც შესაბამისი გამონათქვამის აგებისათვის, არც არსებული წინადადების შინაარსის სრული ამოკითხვისთვის, რადგანაც ამ ორივე პროცედურის (სინთეზი/ანალიზი) დასასრულებლად აუცილებელია ცოდნა

“ვინ-ვის?” (ამ შემთხვევაში) აქებს?

იგივე პრაგმატიკულადაც ამოუხსნელი გამოცანა ახლავს თან სხვა პროცესების გამოხატვასაც, რომელშიც ისეთი სემანტიკურად “თანაბარი” მოქმედი პირები მონაწილეობენ, როგორც “პეტრე” და “პავლე”:

გალანძლა, გაიციხა, დალოცა, აკურთხა, შეაგინა, სცემა და ა.შ.

თუმცა იმ შემთხვევაშიც, როცა პრაგმატიკული მოსაზრებები მიუთითებს სიტუაციაში მოცემული მონაწილის “წვლილზე”, სემანტიკური როლი უფრო ნათლად და ცალსახად გამოხატავს ამ მახასიათებლებს. სახელდობრ, მოცემულ სიტუაციაში ის პირდაპირ მიუთითებს მონაწილის ადგილზე და ამით ამართლებს “შინაარსის” ინტუიციურ გაგებას, რომელიც აკლია ტრადიციულ სინტაქსურ მახასიათებლებს (ქვემდებარე, პირდაპირი დამატება და ა.შ.) ერთობლიობის ცალკეულ წევრებში. ამას მოჰყვება სუპერ-პარადიგმის ფარგლებში ის “მდგრადობა”, სტაბილურობა, რომელიც (ისევე ტრადიციული სინტაქსისგან განსხვავებით) დამახასიათებელია სემანტიკური როლებისთვის.

ეს სტაბილურობა გულისხმობს იმას, რომ სემანტიკური როლი უცვლელად გამოხატავს ერთსა და იმავე მონაწილეს სუპერ-პარადიგმის ნებისმიერი პარადიგმის კონტექსტში. ანუ ნებისმიერ პარადიგმას, რომელიც არის ნაწარმოები ერთი და იმავე ზმნური ლექსემისაგან და ამგვარად არის იმ სიმრავლის წევრი, რომელიც წარმოადგენს სუპერ-პარადიგმას [1], [2]. მეტიც, შეიძლება ითქვას, რომ სუპერ-პარადიგმა ერთობლივ ვირტუალურ პროცესს ასახავს, რომლის ცალკეული ასპექტები, ეტაპები, სტადიები აისახება ერთობლიობის ცალკეულ წევრ-პარადიგმებში. მაგალითად, რეგულარული სუპერ-პარადიგმის შემთხვევაში გლობალური ვირტუალური პროცესის დაწყება “სტარტი” უკავშირდება მის ვირტუალურ სტიმულირებას კაუზატორის (CAUS) მხრიდან:

CAUS: *გააკეთებინა (მან (CS) მას (AG), ის (OB) მიხთვის (AD))*,

სადაც CS კაუზატორია, AG აგენსი, OB ობიექტი და AD ადრესატი, რაც გულისხმობს, რომ CS სტიმულს აძლევს AG-ს იმისთვის, რომ მან შეასრულოს პროცესი (PROC), რომელიც წარმოადგენს მოცემული ლექსემის ბირთვის, მის ძირითად შინაარსს (კეთება). პროცესის (PROC) შესრულების არსი კი მდგომარეობს AG-ის ზემოქმედებაში OB-ზე. ამ ზემოქმედების შედეგი (RES) კი გამოიწვევია AD-ისთვის. ჯამში ვიღებთ ჯაჭვს:

$$CS \rightarrow AG \rightarrow OB \rightarrow AD,$$

სადაც გამოსახულია გავლენა, რომელსაც ჯაჭვის ყოველი რგოლი ახდენს თავის მარჯვენა “მეზობელზე”.

ანალოგიური ჯაჭვი შეიძლება აისახოს სუპერ-პარადიგმას გლობალური პროცესის ეტაპების გამომხატველი პარადიგმების თანამიმდევრობითაც:

$$CAUS \rightarrow PROC \rightarrow RES.$$

ამ ჯაჭვის მე-2 და მე-3 რგოლს ახასიათებს ასეთი როლებრივი სტრუქტურა:

PROC: *გა(ა/უ)კეთა (მან (AG) ის (OB) მიხთვის/მას (AD))*;

RES: *გა(/უ)კეთდა (ის (OB) მიხთვის/მან (AD))*.

ასეთი მიდგომა, თავის პირველწყაროსგან [3] განსხვავებით, დიდ მნიშვნელობას ანიჭებს როლების გაფორმებას ამა თუ იმ პარადიგმის კონტექსტში. კერძოდ, როლების ძირითად სიმრავლეში, პირველ რიგში, ჩაირიცხება მხოლოდ ისეთი როლი, რომელსაც ესა თუ ის პარადიგმა თავისი აფიქსებით მიმართავს ექსპლიციტურად. მაგალითად, CAUS მიმართავს CS-ს და AG-ს, PROC – AG-ს და OB-ს ან AD-ს, RES – OB-ს და (შესაძლოა) AD-ს. თუმცა ეს არ გამოირიცხავს იმას, რომ ზოგი პარადიგმა ამა თუ იმ როლს ექსპლიციტური “ყურადღების” გარეშე ტოვებს (მაგ. OB და AD CAUS-თან, OB ან AD – PROC-თან და ა.შ.). ამავე დროს არსებობს მორფოლოგიური საშუალებები, რომელთა მეშვეობით შესაძლებელია ნებისმიერი ძირითადი როლის ექსპლიციტური გამოჩენა სუპერ-პარადიგმის ნებისმიერი რგოლის კონტექსტში. გარკვეულ გამონაკლისს წარმოადგენს მხოლოდ CS, რომლის მოხსენება PROC-ის და RES-ის კონტექსტში შესაძლებელი ხდება მხოლოდ ზოგადი კაუზაციის ერთგვარი დაკონკრეტების შედეგად:

პეტრემ თავისი განკარგულებით/თხოვნით/დახმარებით/ ... გააკეთებინა ეს საქმე →

პეტრეს განკარგულებით/თხოვნით/დახმარებით/ ... გააკეთე ეს საქმე →

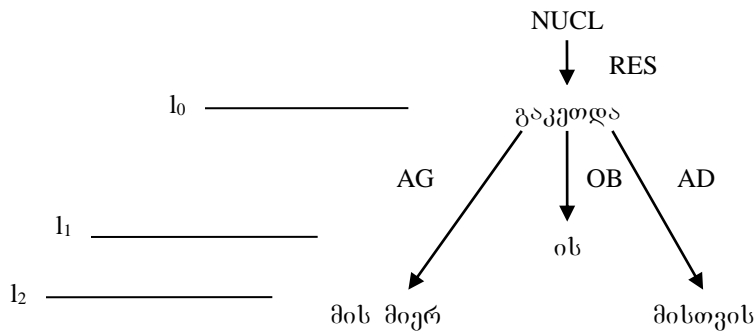
პეტრეს განკარგულებით/თხოვნით/დახმარებით/ გაკეთდა ეს საქმე ...

მაგალითიდან ჩანს ისიც, რომ პირველი ან მეორე პირის ზმნური აფიქსები ჩაენაცვლებიან შესაბამისი როლების ექსპლიციტურ გამოხატვას. სახელდობრ, უმეტეს შემთხვევაში ამ ნაცვალსახელების ექსპლიციტური ხსენება სასურველი ხდება მათზე აქცენტის გადატანის დროს:

ეს საქმე მე გააკეთე (და არა “პეტრემ”, “პავლემ” და ა.შ.).

როლების სემანტიკურ სტაბილურობას მათი მორფოლოგიური გაფორმების ასეთივე უცვლელობა არ შეესაბამება. ამ თვალსაზრისით სტაბილურობა ვლინდება უფრო ფორმების კანონზომიერ ცვლილებებში. კანონზომიერება განსაკუთრებით მკაცრად დაცულია როლების იმ პოზიციაში, რომელსაც ზმნა მიმართავს თავისი აფიქსებით. ასე, მაგალითად, AG როლის გაფორმება CAUS პარადიგმის კონტექსტში უცვლელია – ობიექტური წყობა, მიცემითი ბრუნვა, ან PROC პარადიგმაში: სუბიექტური წყობა, სახელობითი ბრუნვა I სერიაში, მოთხრობითი ბრუნვა II სერიაში. ამ შემთხვევაში გაფორმების ხასიათს განსაზღვრავს თვით სუპერ-პარადიგმის შინაგანი სტრუქტურა ანუ მისი რგოლები (CAUS, PROC) და არა შესაბამისი ზმნური ლექსემის სემანტიკური სპეციფიკაცია. სიტუაცია იცვლება RES პარადიგმის კონტექსტში, რომლის აფიქსები “იგნორირებას უკეთებენ” AG როლს. ასეთ კონტექსტში ჩნდება დამოკიდებულება როგორც ზმნის, ისე თავად AG-ის სემანტიკურ მახასიათებლებზე: სულიერი AG, როგორც წესი, გაფორმებას მოითხოვს “მიერ” თანდებულებით; ზმნა, რომელიც მოასწავებს დადებით, “სასურველ” შედეგს, იგუებს გაფორმებას სიტყვით – “წყალობით” და საპირისპირო შემთხვევაში უფრო გამართლებულად მიიჩნევს “გამო”-ს ხმარებას ან ზოგჯერ ორივე ვარიანტში არაუადგილოდ ჟღერს “შედეგად”.

თუკი მივმართავთ [4]-ის ტერმინოლოგიას, შეიძლება ითქვას, რომ ზმნური აფიქსებით მოხსენებულ როლებს უფრო მჭიდრო კავშირი უნდება წინადადების “შუაგულის” (Core) ბირთვთან (Nucleus), ანუ ზმნასთან, რაც შეიძლება “შუაგულის” ფენოვან სტრუქტურაში (layered structure) აისახოს, თუმცა ეს უკანასკნელი ცნება მის პირველწყაროში “შუაგულის” (Core) შინაგან სტრუქტურაზე არ ვრცელდება. ასეთ მიდგომას შეიძლება მივცეთ შემდეგი გრაფიკული ასახვა:



ნახ. 3

სადაც I₁ სიმბოლოები მონიშნავენ შესაბამის “ფენებს” და ამგვარად აღნიშნავენ სათანადო როლის “დისტანციას” ცენტრალური სტრუქტურის (Core) ბირთვითან (გაკეთდა). ამავე დროს, მე-3 პირის მონაწილეთა გამოტოვება აჩენს ელიპსის შთაბეჭდილებას, პირველ რიგში, იმ კონტექსტში, სადაც ზმნა თავისი აფიქსებით ექსპლიციტურად მიმართავს მონაწილეს:

ააშენა სახლი: აუშენდა [სახლი] ...

ზემოთ მოყვანილი ნახაზები (ნახ. 1-3) მარტივი წინადადების “შუაგულ” სტრუქტურას ასახავს. კერძოდ, ბოლო ნახაზში (ნახ. 3) ეს კომპონენტი დაყოფილია “ფენებად” – I₀, I₁, I₂. ამგვარი “ფენოვანი” სტრუქტურა წინადადების “პერიფერიაშიც” (ცენტრალურ “გარემოებებში”) ჩნდება, თუკი შევეცდებით პერიფერიული როლების დახარისხებას როლებრივი სტრუქტურის ცენტრალურ (Core) კომპონენტთან მათი დამოკიდებულების დონის და სიახლოვის მიხედვით. როლების თვალსაზრისით ორ კომპონენტს (“შუაგული”, “პერიფერია”) შორის დისტანცია ფასდება იმის მიხედვით, რამდენად შესაძლებელია ამა თუ იმ პერიფერიული როლის გადანაცვლება ცენტრალურ სტრუქტურაში, ანუ სინონიმური წინადადების ჩამოყალიბება, რომელშიც პერიფერიული როლი თავისი სემანტიკური არსის შენარჩუნებით ცენტრალური როლის სტატუსს იძენს:

ამ დანით (I) პური (OB) კარგად დაიჭრა → ამ დანამ (AG) კარგად დაჭრა პური (OB).
სიმბოლო I – “ინსტრუმენტი” პერიფერიულ როლს გულისხმობს. ანალოგიური, ან ყოველ შემთხვევაში, კვაზისინონიმური გარდაქმნები შესაძლებელია ისეთი პერიფერიული როლებისთვისაც, როგორცაა “მიზეზი/საბაბი” (C) და “მიზანი/შედეგი” (R):

მან შეწვევტა ვარჯიში (OB) ტრამვის გამო (C) → ტრამვამ (CS) შეაწვევტინა მას (AG) ვარჯიში (OB);

მიუეახლოვდით გამარჯვებას/წარმატებას (AD) → ახლოს ვართ გამარჯვებასთან/წარმატებასთან (R).

ბოლო ნიმუში წარმოდგენილია კვაზი-სინონიმური გარდაქმნით, თუმცა, ფორმალური განსხვავების მიუხედავად, AD და R როლების შინაგანი სემანტიკური მსგავსება ეჭვს არ უნდა იწვევდეს. სწორედ ეს შინაგანი მსგავსება, როგორც ჩანს, განაპირობებს ზემოთ მოყვანილ ნიმუშში გამოვლენილ მჭიდრო კავშირს წინა ორი წყვილის წევრებს შორის, სახელდობრ, R-სა და AD-ს, ერთი მხრივ, და I-სა და AG-ს შორის, მეორე მხრივ.

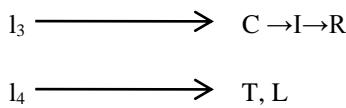
ამ მიმართებების შესაბამისად შეიძლება დავადგინოთ გარკვეული კორელაცია უკვე განხილულ პერიფერიულ როლებს (C, I, R) და ზემოთ ჩამოყალიბებულ მონაწილეთა ჯაჭვს (Actor Chain) შორის, რის შედეგადაც მივიღებთ შესაბამისი პერიფერიული როლების შემდეგ ჯაჭვს:

$$C \rightarrow I \rightarrow R,$$

დომელიც, საწყისი (ცენტრალური) როლების ჯაჭვის მსგავსად, ასოცირდება სუპერ-პარადიგმის ვირტუალური გლობალური პროცესის დასაწყისთან, ანუ მის მიზეზთან (CS, R), განვითარებასთან (AG, I) და დასასრულთან, ანუ მიზანთან (AD, R).

ცენტრალური სტრუქტურის როლებთან სწორედ ამისთანა სიდრმისეული შინაარსობრივი კორელაციის არარსებობა “აქვეითებს” ორი დანარჩენი, თავისთავად საკმაოდ მნიშვნელოვანი, პერიფერიული როლის დონეს, ეს როლებია “დრო” (T) და “ადგილი” (L), რომლებიც განსაზღვრავენ “როდის” და “სად” აქვს/ჰქონდა/ექნება ადგილი სიტუაციას, გლობალურ ვირტუალურ პროცესს/მდგომარეობას, რომელსაც გამოსატყვევ მსცემული სუპერ-პარადიგმას წევრი პარადიგმები.

ზემოთ აღნიშნული მოსაზრებების საფუძველზე პერიფერიას შეიძლება მივანიჭოთ ზოგადი “ფენოვანი” სტრუქტურა:



ნახ. 4

კონსტრუქციასთან წინააღმდეგობაში არ მოდის, რომ ზოგ კონტექსტში T და L თითქოს ენაცვლებიან, პირველ რიგში, OB როლს:

*მახსენდება ის დილა;
მომწონს შატელი.*

ორივე შემთხვევაში სიდრმისეული თვალსაზრისით საქმე გვაქვს არა დროისა და ადგილის პუნქტების ხსენებასთან, არამედ ამ პუნქტებთან დაკავშირებულ რაღაცასთან, რაც ამ კონტექსტში წარმოადგენს მათ შინაარსს, მათ სიდრმისეულ სემანტიკას: კერძოდ, მოცემულ ნიმუშებში ეს უნდა იყოს “მოგონებებისა” და “შთაბეჭდილებების” მეტაფორები და არა “ქრონომეტრული გეოდეზიური” მონაცემები, რომლებიც კონტექსტში ვლინდება:

გუშინ (T) ვერის ბაღში (L) შემხვდა ერთი ძველი ნაცნობი (OB).

ბოლო ორი სქემის (ნახ. 3,4) ჯამი იძლევა მარტივი წინადადების როლებრივი სტრუქტურის “შიშველ ჩონჩხს”. მისი “ხორცშესხმა” იმის გათვალისწინებას მოითხოვს, რომ ამ სქემის კვანძები სინამდვილეში შევსებული უნდა იყოს არა V, N_i სიმბოლიკით, არამედ – VP, NP_i. ანუ რეალურად ისინი შესაბამისი ზმნური (VP) თუ სახელური (NP_i) ფრაზებია, რომლებსაც საკუთარი როლებრივი სტრუქტურა გააჩნიათ.

ეს სტრუქტურები წინადადების ზოგადი როლებრივი სტრუქტურის განუყრელი ნაწილია. ამის მიუხედავად, ამ ასპექტს დღემდე ნაკლები ყურადღება ექცეოდა, რაც, შესაძლოა, საკითხის სირთულით იყოს გაპირობებული. უკანასკნელი გარემოების გამო პრობლემის გადასაწყვეტად შევეცდებით მხოლოდ გარკვეული ვარაუდების ჩამოყალიბებას.

[4]-ის თანახმად, “ფრაზების” (VP, NP) სტრუქტურას გარკვეული ანალოგია გააჩნია მარტივი წინადადების მთლიან სტრუქტურასთან და, პირველ რიგში, მის “ჩონჩხთან”, რომელიც წარმოდგენილია (ნახ. 3, 4)-ით. მათი სტრუქტურის “ბირთვის”, ანუ “თავს” (Head) ამ შემთხვევაში წარმოადგენს (V, N) კომპონენტი, რომელიც უშუალოდ ჩართულია “ჩონჩხის” სქემაში, სადაც რომელიმე სემანტიკურ როლს (CS, AG, OB, AD) ასრულებს.

ფრაზების ყველაზე ზოგად სემანტიკური თვისებაა მისი კომპონენტების მიერ “ბირთვის” ამა თუ იმ მახასიათებლის გამოხატვა და ამგვარად მისი ატრიბუტების (A) როლის შესრულება. ასე, მაგალითად, ამ მიმართების უმარტივეს ნიმუშს წარმოადგენს სიტყვაშენაერთები:

ღამაზი გოგო/მალაღი ბიჭი / საინტერესო წიგნი/ახალი ფეხსაცმელი და მრ. სხვა.

სიტყვაშენაერთების სინონიმურ კონსტრუქციებად გვევლინება:

გოგო ღამაზია/ბიჭი მალაღია/ ...

რომლებიც დასრულებულ გამონათქვამებს წარმოადგენენ.

ამგვარი სინონიმური ტრანსფორმაციების საშუალებით შესაძლებელია გავაფართოვოთ და ამავე დროს გავამარტივოთ ისეთი გამონათქვამის სტრუქტურა, როგორიცაა, მაგალითად:

გუშინ (T) [მე (AG)] გავიცანი ღამაზი (A) გოგო (OB) → გუშინ (T) გავიცანი [მე (AG)] გოგო (OB) + გოგო (OB) ღამაზია (A).

ეს ძირითადი კომბინაცია

ზედსართავი + არსებითი,

ყოველთვის ექვემდებარება ასეთ ტრანსფორმაციას, მაგრამ სხვა გაფორმების შემთხვევაში ზოგჯერ გარკვეული გართულებები ჩნდება.

ასე, მაგალითად,

N_გ+N

ანუ არსებითი ნათესაობით ბრუნვაში (N_გ) და სხვა არსებითი ნებისმიერ ბრუნვაში (N) ხშირად ქმნის “ფრაზას” (NP), რომელიც “არაცალსახა” მიმართებას გამოხატავს მის წევრებს შორის, რასაც მოჰყვება სხვადასხვა სახის ტრანსფორმაციების აუცილებლობა:

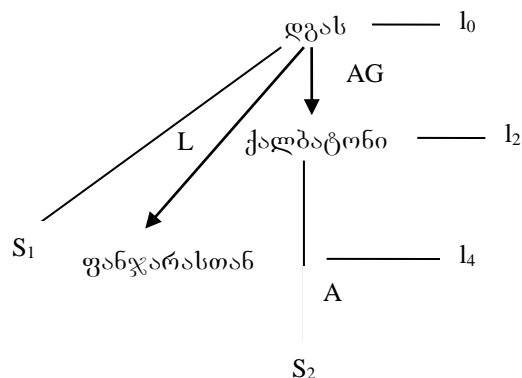
ვიყიდე ხის სახლი; გავაქირავე მამის სახლი; აღვადგინე კულტურის სახლი; ...

პირველ შემთხვევაში მიმართება შეიძლება დავახასიათოთ როგორც “მასალა” (“ხის მასალით აშენდა”), მეორე ნიმუშში – როგორც “კუთვნილება” (“მამას ეკუთვნოდა”), ბოლო მიმართება კი არის “დანიშნულება” (კულტურისთვის დანიშნული/გამიზნული).

მიმღეობა უშუალოდ საწყის ტექსტშიც შეიძლება იყოს ასახული:

... ღია ფანჯარასთან (L) დვას ძვირფასი ბეწვის ქურქში ჩაცმული ქალბატონი;

ამ ნაწევრის სტრუქტურა შეიძლება ავსახოთ სქემით:



ნახ.5

- S₁: ... აცვია ქურქი (→ S₂);
- S₂: ... შეკერილია ბეწვისგან (→ S₃);
- S₃: ... ძვირფასია;
- S₄: ... ღიაა;

შინაარსის ასეთ დანაწევრებულ წარმოდგენას ის უპირატესობა გააჩნია, რომ მან შეიძლება უზრუნველყოს საფუძველი ამ შინაარსის სხვადასხვა სინონიმური ან კვაზი-სინონიმური წარმოდგენისთვის. კერძოდ, ისეთი წარმოდგენისთვისაც, რომელიც იმეორებს სიტუაციის ყველა დეტალს, თუმცა თითოეულ მათგანს ასახავს ცალკე გამოყოფილ დამოუკიდებელ გამონათქვამში:

ფანჯარასთან დგას ქალი (S₀). ფანჯარა ღიაა (S₄). ქალს აცვია ქურქი (S₂). ქურქი ბეწვისაა (S₃) [თანაც] ძვირფასი ბეწვისა (S₃).

ქართული წინადადების როლებრივი სტრუქტურა

ბ. ჩიკოიძე

რეზიუმე

ნაშრომში მოცემულია ქართული მარტივი წინადადების როლებრივი სტრუქტურის განსაზღვრა. სტრუქტურის მთავარი კომპონენტებია წინადადების ცენტრალური სტრუქტურა (Core) და პერიფერია, რომლებიც, ამავე დროს, დაყოფილია “ფენებად” (layers). მათი თანმიმდევრობა ასახავს შესაბამის სემანტიკურ კავშირს, ანუ მათ “სიახლოვეს” სტრუქტურის ბირთვთან, რომელსაც ზმნა წარმოადგენს.

როლებრივი სტრუქტურის მთავარ ღირსებად (სინტაქსურ სტრუქტურასთან შედარებით) უნდა ჩაითვალოს მისი უფრო მჭიდრო კავშირი შინაარსთან.

THE ROLE STRUCTURE OF GEORGIAN SENTENCE

G. CHIKOIDZE

Summary

The paper presents some schemes of role structure for Georgian simple sentence. The main components of this scheme are its core with its Nucleus (verb) and the Periphery, which includes such characteristics of situation, expressed by the utterance, as Instrument, Time, Place and so on. The both main components have the “layered structure”, and the order of these layers is defined by the degree of “nearness” to the verb, that is to the Nucleus of the Core.

The essential advantage of the role structure is its immediate relative unite the meaning of utterance differently from traditional and syntax, it defines the semantic functions of meaning components and unites there in one system.

РОЛЕВЫЕ СТРУКТУРЫ ГРУЗИНСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Г. ЧИКОИДZE

Резюме

Представлен набросок ролевой структуры простого грузинского предложения. Основными ее составляющими являются центральный компонент (Core) и «периферия», разделенные на слои (layers), последовательность которых зависит от степени близости к ядру центрального компонента к глаголу.

Достоинством этой структуры является то, что она (по сравнению с синтаксисом) представляет собой дополнительный шаг к сближению с содержанием, смыслом высказывания.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Чикойдзе Г. 2010. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Институт Систем Управления им. Элиашвили, Тбилиси (монография);
2. Chikoidze G. The “Regular” Type of Georgian verbal super-paradigm. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 6, no. 3, pp.145-153, 2012;
3. Fillmore 1968. The Case for Case. In “Universals of Linguistic Theory”, Edited by Emmon Bach and Robert T. Harris, University of Texas at Austin;
4. Van Valin et al. 1997. Co-author: R.J. Lapolla. Syntax. Structure, Meaning and Function. Cambridge University Press.

საერთაშორისო სტანდარტი EAGLES ქართული ტექსტური კორპუსის ანოტირებისთვის

ლ. ლორთქიფანიძე, ნ. ჯავაშვილი

L_lordkipanidze@yahoo.com, ninojavashvili@yahoo.com

ტექსტური კორპუსები. თანამედროვე ენათმეცნიერებაში კომპიუტერული ლინგვისტიკის სფეროში მტკიცედ დამკვიდრდა ახალი დარგი – კორპუსის ლინგვისტიკა, რომლის ძირითადი ცოდნის ბაზა არის ტექსტური კორპუსი. კორპუსი არის დიდი მოცულობის ელექტრონულ ტექსტებზე დაფუძნებული სტრუქტურირებული საინფორმაციო-საცნობარო სისტემა. მსოფლიოს მრავალ ქვეყანას უკვე შექმნილი აქვს თავისი ნაციონალური კორპუსები. საყოველთაოდ ცნობილია ბრიტანული ნაციონალური კორპუსი British National Corpus (BNC) [1], რომელზეც ორიენტირებულია ბევრი თანამედროვე კორპუსი: ჩეხური – The Czech National Corpus (CNC) [2], რუსული – Национальный корпус русского языка [3] და სხვა ენის კორპუსები. პირველი ნაბიჯებია გადადგმული ქართული კორპუსების შესაქმნელად. დღეისთვის არსებობს: TITUS-ARMAZI [4], თანამედროვე ქართული ენის კორპუსი – GEKKO [5], საქართველოს ლინგვისტური პორტრეტი – ქართული დიალექტური კორპუსი [6].

ნაციონალური კორპუსების მთავარი დანიშნულებაა ენის ლექსიკასა და გრამატიკაში სამეცნიერო კვლევების უზრუნველყოფა, ასევე ენაში უწყვეტად მიმდინარე პროცესების შესწავლა-დაფიქსირება. კორპუსის ერთ-ერთი ძირითადი ამოცანაა, აგრეთვე, ენის შესახებ ყოველგვარი (ლექსიკური, გრამატიკული, ისტორიული) ცნობების წარმოდგენა. სხვა ელექტრონული ტექსტებისაგან განსხვავებით, კორპუსი შეიცავს მნიშვნელოვან განმარტებით, ლინგვისტურ ინფორმაციას მასში შემავალი ტექსტების შესახებ.

კორპუსის ანოტირება. ზოგადად, ანოტაცია მოიცავს ტექსტის ენის შესახებ ნებისმიერი სახის ანალიტიკურ ინფორმაციას. ცნობილია ანოტაციის რამდენიმე ტიპი: მორფოსინტაქტიკური, სინტაქსური, სემანტიკური, დისკურსული და ლემატური. უფრო ხშირად გამოიყენება მორფოსინტაქტიკური (თითოეული სიტყვის გრამატიკული კლასის განმსაზღვრელი) და სინტაქტიკური (წინადადების სინტაქსური სტრუქტურის განმსაზღვრელი) ანოტაციები. კორპუსის ანოტირება ტექსტური კორპუსისთვის განმარტებით, განსაკუთრებით ლინგვისტური, ინფორმაციის დამატებას წარმოადგენს, რომელიც კოდირების საშუალებით თვით ტექსტის ელექტრონულ აღწერას ემატება. კორპუსის ანოტირების ტიპურ შემთხვევაში მორფოსინტაქტიკური ანოტაციის (მას ასევე გრამატიკულ ტეგირებასაც უწოდებენ) საშუალებით იარლიყი ან ტეგი დაკავშირებულია ტექსტში თითოეული სიტყვის ტოკენტან მისი გრამატიკული კლასიფიკაციის აღსანიშნად. ანოტირების მარტივი მაგალითია ტექსტის ტეგირება მეტყველების ნაწილების ან გრამატიკული კატეგორიების მიხედვით, სადაც თითოეულ სიტყვასთან პირველ შემთხვევაში მითითებულია ინფორმაცია მეტყველების ნაწილის შესახებ (სახელი, ზმნა, ზედსართავი სახელი და ა.შ.), მეორე შემთხვევაში კი გრამატიკული კატეგორიის შესახებ (ბრუნვა, პირი, რიცხვი, გვარი და ა.შ.). ანოტირების შედეგად შესაძლებელია ტექსტზე ნებისმიერი ტიპის ანალიტიკური ინფორმაციის მიღება.

სტანდარტიზაცია. არსებობს მრავალი საერთაშორისო პროექტი, რომელთა მიზანია ენობრივი კორპუსების კოდირებისა და დამუშავებისთვის სტანდარტებისა და ინსტრუქციების ჩამოყალიბება, აგრეთვე, ამ სტანდარტების განსახორციელებლად ენობრივი რესურსების, ტექსტური კორპუსების და სხვა საშუალებების განვითარება. ფართოდ გავრცელებულია კოდირების საერთაშორისო სტანდარტები: Text Encoding Initiative (TEI) (ბრიტანული კორპუსი კოდირებულია ამ სტანდარტით), The Corpus Encoding Standard (CES), International Organization for Standardization (ISO), Expert Advisory Group on Language Engineering Standards (EAGLES), Multilingual Text Tools and Corpora (Multext) და სხვ. სტანდარტიზაციის მთავარი შედეგი არის კომპიუტერისთვის გასაგები ტექსტის კოდირების მეთოდების განმსაზღვრელი პრინციპების ჩამოყალიბება.

გარკვეული სახის სტანდარტიზაცია გადაუდებელი ამოცანაა, განსაკუთრებით მორფოსინტაქტიკური ანოტაციის სფეროში. ამ მხრივ ბევრი სამუშაოა ჩატარებული და მორფოსინტაქტიკური ტეგირება უკვე მრავალი ენისთვის არსებობს. ანოტირებული კორპუსების ურთიერთთავსებადობისა და მათი განმეორებითი გამოყენების ინტერესებიდან გამომდინარე, უფრო კი მრავალენოვანი კორპუსების განვითარებისთვის, მნიშვნე-

ლოვანია ტეგირების პროცესში თავისუფალი ჩართულობის პრაქტიკის თავის არიდება. მეორე მხრივ, მკაცრი სტანდარტიზაცია დიდ სიფრთხილეს მოითხოვს, ვინაიდან ანოტირებისას სხვადასხვაგვარი სახის მოთხოვნები და შეზღუდვები ჩნდება. სტანდარტული სპეციფიკატორების შეთავაზება მნიშვნელოვანია, თუ ენაში მისი მიღება-შეთვისება შესაძლებელია და სტანდარტის უარყოფის მიზეზი არ არსებობს.

გასათვალისწინებელია მიღებული სტანდარტის გვერდის ავლის აუცილებლობაც. ზოგჯერ ენის სპეციფიკა მოითხოვს მახასიათებლების გაფართოებას და ერთი და იმავე მნიშვნელობის განსხვავებული კუთხით წარმოჩენას. ანოტირების სტანდარტებისთვის ძალიან მკაცრი ნორმატიული რეცეპტები არ არსებობს, ხშირად შეიძლება მხოლოდ მითითება სტანდარტზე. ანოტატორს კონკრეტული მიზნებისთვის შეუძლია მიზანშეწონილად მიიჩნიოს და გააფართოოს მახასიათებელთა სიმრავლე.

სტანდარტი EAGLES (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards) [7]

ეს სტანდარტი ლინგვისტური კვლევებისა და ტექნიკური პროგრამის ფარგლებში ევროპული კომისიის ინიციატივაა, რომლის მიზანია სტანდარტების წარმოდგენა უზარმაზარი ტექსტური რესურსებისთვის, როგორცაა მაგალითად, კომპიუტერული ლექსიკონები, ტექსტური და სამეტყველო კორპუსები.

ანოტაციის ყველაზე ჩვეულებრივი ასპექტი არის ამა თუ იმ ენობრივი მოვლენის კოდირებული მახასიათებლებით წარმოდგენა. რომელიმე ენობრივი მოვლენის კოდირებისთვის ნებისმიერი მეთოდი არის თავისუფალი და შესაძლებელია მისი ავტომატურად კონვერტირება. აღნიშნები უნდა იყოს კომპაქტური, ადვილად წასაკითხი და იოლად გამოსაყენებელი. თუმცა, სასურველია, ლოკალური ენობრივი მახასიათებლები თავსებადი იყოს EAGLES სტანდარტებთან შუალედური ტეგების საშუალებით.

ლინგვისტური კატეგორიების/სტრუქტურების საერთო სტანდარტების სპეციფიკაცია საკმაოდ რთულია. ეს შეიძლება ნაკლებად პრობლემური იყოს სახელისთვის ან წინდებუდიანი ფრაზებისთვის (Prepositional Phrase), რომლებიც თავისი მოცულობით უზარმაზარი კატეგორიებია. მორფოსინტაქტიკური ტეგირების დონე სტანდარტიზაციის ხარისხებს შორის ერთ-ერთი ყველაზე მოსახერხებელია და მასზე საერთო სტანდარტების დაფუძნება ძალზე საჭირო და მნიშვნელოვანია.

მორფოსინტაქტიკური ტეგების მნიშვნელობის მიხედვით სიტყვის კატეგორიების აღწერაში ცნობილია შეზღუდვების ოთხი დონე:

- სავალდებულო მახასიათებლები/მნიშვნელობები;**
- რეკომენდებული მახასიათებლები/მნიშვნელობები;**
- სპეციალური გაფართოებები** – დამატებითი საერთო მახასიათებლები/მნიშვნელობები;
- სპეციალური გაფართოებები** – ენისთვის სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები.

სავალდებულო მახასიათებლები/მნიშვნელობები ნებისმიერი მორფოსინტაქტიკური ტეგების სიმრავლეში უნდა შედიოდეს. ძირითადად, სავალდებულო მახასიათებლები მეტყველების ნაწილებია.

- | | | |
|------------------------------|------------------|----------------------------|
| 1. N [არსებითი სახელი]; | 2. V [ზმნა]; | 3. AJ [ზედსართავი სახელი]; |
| 4. PD [ნაცვალსახს./დეტერმ.]; | 5. AT [არტიკლი]; | 6. AV [ზმნიზედა]; |
| 7. AP [თანდებული]; | 8. C [კავშირი]; | 9. NU [რიცხვითი სახელი]; |
| 10. I [შორისდებული]; | 11. U [უნიკუმი]; | 12. R [განუმარტავი]; |
| 13. PU [პუნქტუაცია]; | | |

პირველი ათი მეტყველების ნაწილი კომენტარს არ საჭიროებს, რაც შეეხება ბოლო სამს: U სიდიდეში (11) იგულისხმება მახასიათებლები, რომლებიც იშვიათად იხმარება ან მხოლოდ მცირე ჯგუფისთვის არის განკუთვნილი; R (12) მოიცავს სიტყვებს, რომლებიც ტრადიციულ გრამატიკულ კლასებს არ მიეკუთვნება (უცხო სიტყვები, მათემატიკური ფორმულები, აკრონიმები, სიმბოლოები, აბრევიატურა და ა.შ.) და რომელთა ტეგირებაც აგრეთვე საჭიროა; PU (13) – პუნქტუაციის ნიშნები აქ განიხილება მორფოსინტაქტიკური ანოტაციის ნაწილად, რადგანაც ტეგების ავტომატურად მონიშნისთვის მათ ხშირად სიტყვის ექვივალენტად აღიქვამენ.

რეკომენდებული მახასიათებლები/მნიშვნელობები ფართოდ გავრცელებული გრამატიკული კატეგორიებია, რომლებიც ყველა ჩვეულებრივ გრამატიკაში გვხვდება (პირი, რიცხვი, სქესი).

შენიშვნა: შეზღუდვებში მოცემული სპეციალური გაფართოებები ფაქტობრივად დამატებითი მახასიათებლებია, რომლებიც მიღებულია ორი შეზღუდვის – საერთო და ენისთვის სპეციფიკური მახასიათებლების – გაერთიანებით. **საერთო მახასიათებლების/ მნიშვნელობების** კოდირება, როგორც წესი, არ ხდება ხოლმე, მაგრამ მოთხოვნილებების გათვალისწინებით შესაძლებელია მათი დამატება. ზოგი მათგანი სცილდება მორფოსინტაქტიკურ გარემოს და უფრო სინტაქსის ან სემანტიკისკენ იხრება. **ენის სპეციფიკური მახასიათებლები** კი შეიძლება კონკრეტული ენისთვის იყოს მნიშვნელოვანი, მაგრამ არა ენათა უმრავლესობისთვის. EAGLES სტანდარტი მხარს არ უჭერს სპეციალურ მახასიათებლებს, მაგრამ წარმოადგენს როგორც საილუსტრაციო სიდიდეებს.

საერთო სურათი უფრო თვალსაჩინო რომ ვახდეს, სტატიაში სპეციალურ გაფართოებებს რეკომენდებულ მახასიათებლებთან ერთად ერთი ხაზის გამოტოვებით წარმოადგენთ სათანადო მითითებებით. ქართულ მორფოლოგიურ მახასიათებლებს, რომლებიც სტანდარტებში, რასაკვირველია, გათვალისწინებული არ არის და ანოტაციისთვის საჭიროდ მიგვაჩნია, EAGLES სტანდარტთან მისადაგებით ცხრილებში დახრილი და მუქი შრიფტით არის მოცემული. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ცხრილებში მოყვანილი ქართული მახასიათებლები მთლიანად ქართულ მორფოლოგიურ მახასიათებლებს არ ამოწურავს. აქ განიხილება მხოლოდ ისინი, რომლებიც გამოყენებულია სტატიის ავტორთა (თანაავტორებთან ერთად) მიერ შოთა რუსთაველის ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის “ავტომატური განმარტებით-კომპინატორული ლექსიკონი როგორც ქართული ენის მოდელირების საფუძველი” ფარგლებში შექმნილი ქართული ენის კომპიუტერული მორფოლოგიური პროცესორისთვის, რომლის საშუალებითაც გაკეთდება ქართული ტექსტების ანოტაცია.

რეკომენდებულ მახასიათებლებში მეტყველების ნაწილთა სახელების ნომრები სავალდებულო კატეგორიებში მითითებულ ნომრებს ეთანადება. თითოეული მახასიათებლის მნიშვნელობები არ წარმოადგენს დახურულ სიმრავლეს და სხვადასხვა ენის თვისებების შესაბამისად შესაძლებელია მათი გაფართოება. ყოველი მახასიათებლისთვის 0 აღნიშნავს კონკრეტულ ენაში ამ სპეციფიკატორის არარსებობას. რეკომენდებული მახასიათებლების/მნიშვნელობებისთვის სტანდარტი არის ის, რომ თუ ეს მახასიათებელი კონკრეტულ ენაში არსებობს, მაშინ სასურველია, ამ ენის ტეგების სიმრავლემ (tagset) მისი კოდირება შექმლოს.

1. Nouns (N) – არსებითი სახელი

| | | | | | | |
|-------|---------|---------------|----------------|-------------|---------------|-------------|
| (i) | ტიპი: | 1. საზოგადო | 2. საკუთარი | | | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მსოფლობითი | 2. მრავლობითი | | | |
| (iv) | ბრუნვა: | 1. სახელობითი | 2. ნათესაობითი | 3. მიცემითი | 4. ბრალდებითი | 5. წოდებითი |

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | | |
|--------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| (i) | ტიპი: | 3.სულიერი | 4. უსულო | | | |
| (iv) | ბრუნვა: | 6.მოთხრობითი | 7.მოქმედებითი | 8.ვითარებითი | | |
| (v) | თვლადობა: | 1.თვლადი | 2. უთვლადი | | | |
| (vi) | ფუძის ტიპი: | 1.ხმოვან-ფუძიანი კვეცადი | 2.ხმოვან-ფუძიანი უკვეცადი | 3.თანხმოვან-ფუძიანი კუმშვადი | 4. თანხმოვან-ფუძიანი უკუმშვადი | 5. ხმოვან-ფუძიანი კუმშვად-კვეცადი |
| (vii) | სულ.ტიპი | 1.სულიერი | 2. უსულო | | | |
| (viii) | ვინ-რა ჯგ. | 1. ვინ ჯგუფი | 2. რა ჯგუფი | | | |
| (ix) | ჯგუფები შინაარსის მიხედვით | 1. კრებითი | 2.ნივთიერებათა | 3.რელიგიური | 4.გეოგრაფიული | 5.ერთეული პიროვნება |

[დამატებითი საერთო მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------|
| (vi) | განსაზღვრულობა: | 1. განსაზღვრული | 2. განუსაზღვრელი | 3. არამარკირებული | [დანიურში] |
|------|-----------------|-----------------|------------------|-------------------|------------|

2. Verbs (V) – ზმნა

| | | | | | |
|--------|-------------------|----------------|----------------|---------------|-------------|
| (i) | პირი: | 1. პირველი | 2. მეორე | 3. მესამე | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მხოლოდობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (iv) | ასპექტი: | 1. სრული | 2. უსრული | | |
| (v) | ზმნის ფორმა/კილო: | 1. თხრობითი | 2. კავშირებითი | 3. ბრძანებითი | 4. პირობითი |
| | | 5. ინფინიტივი | 6. მიმღეობა | 7. გერუნდივი | 8. სუპინუმი |
| (vi) | დრო: | 1. აწმყო | 2. უსრული | 3. მომავალი | 4. ნამყო |
| (vii) | გვარი: | 1. მოქმედებითი | 2. ვნებითი | | |
| (viii) | სტატუსი: | 1. ძირითადი | 2. დამხმარე | | |

(v) სპეციფიკატორი ორი ნაწილისგან შედგება, რადგანაც სხვადასხვა ენაში კილოს ხმარების განსხვავებული ტრადიციებია. 1-4 სრული ზმნებია, 5-8 – უსრული.

(vii) (გვარი) ეხება მორფოლოგიურად კოდირებულ პასივს, მაგ. დანიურში და ბერძნულში. სადაც პასივი ერთზე მეტი ზმნით რეალიზდება, ტეგირება საჭირო არ არის.

იგივე ითქმის რთულ დროზეც (vi). ზოგადად რთული დროები მორფოსინტაქტიკურ დონეზე არ განიხილება, რადგან ერთზე მეტი ზმნის კომბინაცია გაერთიანებულია უფრო დიდ კონსტრუქციაში.

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|--------|---------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| (vii) | გვარი: | 3. საშუალო | | | |
| (ix) | ასპექტი: | 1. სრული | 2. უსრული | | |
| (x) | გამოყოფადობა: | 1. გამოყოფობადი | 2. გამოყოფადი | | |
| (xi) | რეფლექსურობა: | 1. რეფლექსური | 2. არარეფლექსური | | |
| (xii) | დამხმარე: | 1. Have | 2. Be | | |
| (xiii) | ქცევა: | 1. საარვისო | 2. სათავისო | 3. სახხვისო | 4. საზედაო |
| (xiv) | კონტაქტი: | 1. უშუალო | 2. შუალობითი | | |
| (xv) | წყობა: | 1. სუბიექტური | 2. ობიექტური | | |

(vii) მახასიათებელი ქართულისთვის შეიძლება გაიყოს მედიოაქტივად და მედიოპასივად.

(ix) მახასიათებელი, ისევე როგორც ქართულისთვის, სხვა ენებისთვისაც არის საჭირო. მაგ. სლავური ენებისთვის, ბერძნულისთვის.

(x) რეფლექსურობა გერმანული რთული ზმნებისთვის, ასევე დანიურსა და ინგლისურში ფრაზული ზმნებისთვის.

(xiii) მახასიათებელს ვერსიის სახელითაც მოიხსენებენ. ქცევა ქართულში მნიშვნელოვანია სუბიექტსა და ობიექტს, ან ობიექტებს შორის კუთვნილება-დანომუხულებს მიხედვით ურთიერთობის გამოხატვის თვალსაზრისით.

(xiv) მახასიათებელი ქართულში გვინგენებს სუბიექტური პირი პირდაპირ ობიექტზე უშუალოდ მოქმედებს თუ სხვა პირის საშუალებით. შუალობით კონტაქტს კაუზატივსაც უწოდებენ. (xiii) და (xiv) მარკერები წარმოქმნის კატეგორიებს მიეკუთვნება.

(xv) დამოკიდებულია იმაზე, მოქმედი პირი სუბიექტურია თუ ობიექტური.

[დამატებითი საერთო მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

(xiii) მახასიათებელს შეიძლება დაემატოს მოდალური და დამხმარე ზმნები, ნახევრად-დამხმარე ზმნა, (v)-ში კი – ინგლისური ენისთვის ing-ანი ფორმები.

3. Adjectives (AJ) – ზედსართავი სახელი

| | | | | | |
|-------|----------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| (i) | ხარისხი: | 1. დადებითი | 2. უდარებითი | 3. აღმატებითი | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მხოლოდობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (iv) | ბრუნვა: | 1. სახელობითი | 2. ნათესაობითი | 3. მიცემითი | 4. ბრალდებითი |

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|--------|----------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|--------------------|
| (iv) | ბრუნვა: | 6. მოთხრობითი | 7. მოქმედებითი | 8. ვითარებითი | |
| (v) | ფლექსიის ტიპი: | 1. სუსტი-ფლექსია | 2. ძლიერი-ფლექსია | 3. შერეული | |
| (vi) | გამოყენება: | 1. ატრიბუტული | 2. პრედიკატული | | |
| (vii) | NP ფუნქცია: | 1. ცვლილებამდე | 2. ცვლილების მერე | 3. მეთაური ფუნქცია | |
| (viii) | ფუძის ტიპი: | 1. ხმოვანფუძიანი | 2. თანხმოვანფუძიანი | 3. კეცვალი | 4. კუმშვალი |

(v) მახასიათებლის ძლიერი და სუსტი ნიშანი დანიურის, ჰოლანდიურის და გერმანიკული ენებისთვის ზედსართავობრივი ფლექსიის გამომხატველი სიდიდეებია.

(vi) სინტაქსური ატრიბუტი განასხვავებს, მაგალითად ინგლისურში, *main* (ატრიბუტული) და *asleep* (პრედიკატული) მნიშვნელობებს.

(viii) ფუძის ტიპებს ქართულში დიდი მნიშვნელობა აქვს სახელთა ბრუნებისთვის.

4. Pronouns and Determiners (PD) – ნაცვალსახელები და დეტერმინატორები

იმის გამო, რომ ნაცვალსახელებისა და დეტერმინატორების ფუნქციონალური და ფორმალური თვისებები ნაწილობრივ ემთხვევა ხოლმე ერთმანეთს, EAGLES სტანდარტი გარკვეული მოსაზრებების გამო მათ ერთ კატეგორიაში აერთიანებს.

| | | | | | |
|--------|-------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| (i) | პირი: | 1. პირველი | 2. მეორე | 3. მესამე | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მხოლოდობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (iv) | კუთვნილება: | 1. მხოლოდობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (v) | ბრუნვა: | 1. სახელობითი | 2. ნათესაობითი | 3. მიცემითი | 4. ბრალდებითი |
| | | 5. არანათესაობითი | 6. ირიბი ბრუნვა | | |
| (vi) | კატეგორია: | 1. ნაცვალსახელი | 2. მსაზღვრელი | 3. ორივე | |
| (vii) | ტიპი: | 1. ჩვენებითი | 2. განუსაზღვრ. | 3. კუთვნილებითი | 4. უარყ/რელატ. |
| | | 5. პირის/რეფლექ. | | | |
| (viii) | მსაზღვრელის ტიპი: | 1. ჩვენებითი | 2. განუსაზღვრ. | 3. კუთვნილებითი | 4. უარყ/რელატ. |
| | | 5. მაცალკეებელი | | | |

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|-------|---------|---------------|-------------------------|-----------------|-------------------|
| (v) | ბრუნვა: | 6. მოთხრობითი | 7. მოქმედებითი | 8. ვითარებითი | |
| (vii) | ტიპი: | 6. კითხვითი | 7. კითხვით-კუთვნილებითი | 8. ურთიერთობითი | 9. განსაზღვრებითი |
| | | 10. უარყოფითი | 11. მიმართებითი | | |

[დამატებითი საერთო მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | |
|------|----------------|--------------|----------------|-------------|
| (ix) | სპეც. ტიპი: | 1. პირის | 2. რეფლექსიური | 3. შერეული |
| (x) | Wh-ტიპი: | 1. უარყოფითი | 2. მიმართებითი | 3. კითხვითი |
| (xi) | ზრდილობიანობა: | 1. თავაზიანი | 2. ფამილარული | |

(xi) მახასიათებელი მეორე პირის ნაცვალსახელებით შემოიფარგლება. იმ ენებში, სადაც თავაზიანობის გამოხატველი ნაცვალსახელები არსებობს (ჰოლანდ. *u* და ესპანური *usted*), დამატებითი მახასიათებელი მოითხოვება.

5. Articles (AT) – არტიკლი

| | | | | | |
|-------|---------|-----------------|------------------|-------------|---------------|
| (i) | ტიპი: | 1. განსაზღვრული | 2. განუსაზღვრელი | | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მხოლოდობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (iv) | ბრუნვა: | 1. სახელობითი | 2. ნათესაობითი | 3. მიცემითი | 4. ბრალდებითი |

6. Adverbs (AV) – ზმნიზედა

| | | | | |
|-----|----------|-------------|---------------|---------------|
| (i) | ხარისხი: | 1. დადებითი | 2. შედარებითი | 3. აღმატებითი |
|-----|----------|-------------|---------------|---------------|

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|-------|-----------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| (ii) | ტიპი: | 1. ზოგადი | 2. ხარისხი | | |
| (iii) | საწინააღმდეგო: | 1. Wh-ტიპი | 2. არა-wh-ტიპი | | |
| (iv) | Wh-ტიპი: | 1. უარყოფითი | 2. მიმართებითი | 3. კითხვითი | |
| (v) | ჯგუფები შინაარსის მიხედვით: | 1. ადგილის | 2. დროის | 3. განუსაზღვრ. | 4. კითხვითი |
| | | 5. მიმართებითი | 6. მითითებითი | 7. მიზეზის | 8. რიგობით-ჯერობის |
| | | 9. უარყოფითი | 10. ვითარების | | |
| (vi) | ჯგუფები ფორმის მიხედვით: | 1. მიცემითის ფორმით | 2. ნათესაობითის ფორმით | 3. მოქმედებითის ფორმით | 4. ვითარებითის ფორმით |
| | | 5. სახელის ფუძით | 6. საკუთარი წარმოებით | | |

(ii) მახასიათებელი ზმნიზედის ხარისხის განსხვავების საშუალებას იძლევა, რომელსაც სხვადასხვა სინტაქსური ფუნქცია აქვს (მაგ. *very, so, too*), (iv) მახასიათებელი კი – **Wh-** ან **Qu-** ტიპის (უარყოფითი, მიმართებითი ან კითხვითი) ზმნიზედების მონიშნისა (ინგლისური *when, where, how* და *why*).

(v) და (vi) მარკერები ქართულში ზმნიზედებს განსაზღვრავენ ფორმისა და ფუნქციის მიხედვით.

7. Adpositions (AP) – თანდებული

| | | |
|-----|-------|--------------|
| (i) | ტიპი: | 1. წინდებული |
|-----|-------|--------------|

პრაქტიკულად, უმრავლეს შემთხვევაში, ევროპულ ენებში Adpositions, ანუ ე.წ. მიერთებული პოზიციები, არის თანდებულები. ამიტომ რეკომენდებულ მახასიათებლებში მხოლოდ ეს სიდიდეა მითითებული. დანარჩენები, როგორცაა პოსტპოზიციური (Postpositions) და ცირკუმპოზიციური (Circumpositions), დამატებით მახასიათებლებში განიხილება.

8. Conjunctions (C) – კავშირი

| | | | |
|-----|-------|---------------|---------------------|
| (i) | ტიპი: | 1. მაერთებელი | 2. მაქვემდებარებელი |
|-----|-------|---------------|---------------------|

[დამატებითი საერთო მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|------|--------------|--------------------|----------------|------------------|----------------|
| (ii) | მაერთ.-ტიპი: | 1. მარტივი | 2. კორელაციური | 3. საწყისი | 4. მომდევნო |
| | | 5. მაპირისპირებელი | 6. მაჯგუფებელი | 7. მაცალკევებელი | 8. მაიგივებელი |

ეს მახასიათებელი მაერთებელ კავშირს ჰყოფს ქვეჯგუფებად. უფრო ადვილია დაინიშნოს ერთ სიტყვაზე ერთი ტეგი და მერე მოინიშნოს დანარჩენი: მარტივი გამოიყენება რეგულარული ტიპისთვის, მაგ. გერმანული *und*. როდესაც იგივე სიტყვა დგას პირველი კავშირის წინ, მაგ. ფრანგ. *ou...ou...*, წინა მოცემულია როგორც კორელაციური სიდიდე, და მომდევნო – როგორც მარტივი. შესიტყვებაში, როგორცაა გერმანული *weder...noch...*, პირველს ენიჭება საწყისი (Initial) სიდიდე, მეორეს – მომდევნო (Non-initial).

| | | | | | | |
|-------|----------------|----------|------------|---------------|------------------|-------------|
| (iii) | მაქვემდ.-ტიპი: | 1. სრული | 2. უსრული | 3. შედარებითი | [გერმანულისთვის] | |
| | | 4. დროის | 5. მიზეზის | 6. მიზნის | 7. პირობის | 8. დათმობის |

ორივე ტიპის კავშირს (მაერთებელსაც და მაქვემდებარებელსაც) ქართულისთვის დაემატა ქვეჯგუფები. მაქვემდებარებელ კავშირებად ხშირად გამოიყენება მიმართებითი ზმნიშედები და ამიტომ, შესაბამისად, ზმნიშედებივით აქაც შინაარსის მიხედვით იქმნება ქვეჯგუფები.

9. Numerals (NU) – რიცხვითი სახელი

| | | | | | |
|-------|----------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|
| (i) | ტიპი: | 1. რაოდენობითი | 2. რიგობითი | 3. წილობითი | |
| (ii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | |
| (iii) | რიცხვი: | 1. მხოლობითი | 2. მრავლობითი | | |
| (iv) | ბრუნვა: | 1. სახელობითი | 2. ნათესაობითი | 3. მიცემითი | 4. ბრალდებითი |
| | | 5. მოთხრობითი | 6. მოქმედებითი | 7. ვითარებითი | 8. მოთხრობითი |
| (v) | ფუნქცია: | 1. ნაცვალსახელი | 2. მსაზღვრელი | 3. ზედსართავი სახ. | |

ზოგ ენაში (მაგალითად პორტუგალიურში) ეს კატეგორია არ განიხილება, როგორც ცალკე მეტყველების ნაწილი, რადგანაც მისი მიკუთვნება შესაძლებელია სხვა მეტყველების ნაწილისადმი (მაგ. რაოდენობითი რიცხვითი სახელი იქცევა ისე, როგორც ნაცვალსახელი, რიგობითი – როგორც ზედსართავი სახელი). EAGLES სტანდარტი აღიარებს, რომ ტეგების ზოგ სიმრავლეში რიცხვითი სახელი შეიძლება მოხდეს როგორც რომელიმე მეტყველების ნაწილის ქვეკატეგორია. ამავე დროს, შესაძლებელია რიცხვითი სახელის კატეგორიაში მისი გამოყენება ზედსართავი სახელის ფუნქციით.

10. Interjections (I) – შორისდებული

EAGLES სტანდარტით რეკომენდებულ მახასიათებლებში ეს ქვეკატეგორია არ არის. ქართულ შორისდებულებს, რომლებიც ჯგუფებად არის დაყოფილი შინაარსის მიხედვით, დამატებით მახასიათებლებში წარმოვადგენთ.

[სპეციფიკური დამატებითი მახასიათებლები/მნიშვნელობები]

| | | | | | |
|-----|-----------------|---------------------------|--------------------------|--------------|-------------------|
| (i) | გრძობათა ჯგუფი: | 1. სიხარული, აღტაცება | 2. მწუხარება | 3. მოწონება | 4. წყენა |
| | | 5. გაკვირვება, გაოცება | 6. ნატვრა | 7. დანანება | 8. გაჯავრება |
| | | 9. გაბრაზება | 10. შეცოდება | 11. ზიზღი | 12. ნიშნის მოგება |
| | | 13. წაქეზება, გამხნეება | 14. ფიცელი | 15. აკრძალვა | 16. შებახილი |
| | | 17. მოკითხვა-გამოთხოვების | 18. სააღერსო, სამადლობლო | 19. მოწოდება | |

11. Unique/Unassigned (U) – უნიკუმი

ქვეკატეგორიები რეკომენდებული არაა, თუმცა, მოსალოდნელია, რომ ტეგების სიმრავლებს ინდივიდუალური ენებისთვის დასჭირდეს ერთწევრიან სიტყვათა ისეთი კლასების ტეგირება, როგორცაა: უარყოფითი ნაწილაკი, ინფინიტივის მარკერი და ა.შ.

12. Residual (R) – დარჩენილი სიტყვები

| | | | | | | |
|-------|---------|-----------------------|---------------|------------|-------------|----------------|
| (i) | ტიპი: | 1. უცხო სიტყვები | 2. ფორმულა | 3. სიმბოლო | 4. აკრონიმი | 5. აბრევიატურა |
| | | 6. არაკლასიფიცირებული | | | | |
| (ii) | რიცხვი: | 1. მსოლობითი | 2. მრავლობითი | | | |
| (iii) | სქესი: | 1. მამრობითი | 2. მდედრობითი | 3. საშუალო | | |

არაკლასიფიცირებულ კატეგორიებში გამოიყენება ტექსტის სიტყვისმაგვარი ნაწილები, რომლებიც ძნელია მიაკუთვნო ზემოაღნიშნულ სიდიდეებს. მიუხედავად იმისა, რომ ამ კატეგორიის სიტყვები ლექსიკონის ბოლოსაა, მათ შეუძლიათ მიიღონ სახელის ზოგი გრამატიკული მახასიათებელი. მაგ. აბრევიატურა *IBM* საკუთარი სახელის მსგავსია; ანბანის ასოები შეიძლება ვარირებდეს რიცხვში (მაგალითად, *How many Ps are there in 'psychopath'?*) და ამით ის საზოგადო სახელს წააგავს. ზოგ ენაში (პორტუგალიურში) ასეთ სიმბოლოებს აქვთ სქესი. სრულიად მართებულია, რომ ტეგირების ზოგ სქემაში სიტყვათა ეს კლასები კლასიფიცირდეს რომელიმე მეტყველების ნაწილის მიხედვით.

13. Punctuation marks (PU) – პუნქტუაციის ნიშნები

თუ მორფოსინტაქტიკური ტეგირებისთვის პუნქტუაციის ნიშნებს სიტყვებად განვიხილავთ, მაშინ თითოეული ძირითადი პუნქტუაციის ნიშნისთვის ზოგჯერ ინიშნება ცალკეული ტეგი.

| | | | | |
|-----|------------------------|----------|-------------------|-----------------|
| (i) | 1. დამთავრ. წინადადება | 2. მძიმე | 3. კითხვის ნიშანი | ... და სხვა ... |
|-----|------------------------|----------|-------------------|-----------------|

ალტერნატიული ვარიანტია პუნქტუაციის ნიშნების პოზიციურ კლასებად დაჯგუფება:

| | | | | |
|-----|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| (i) | 1. წინად. ბოლო | 2. წინად. შუაში | 3. მარცხენა ფრჩხილი | 4. მარჯვენა ფრჩხილი |
|-----|----------------|-----------------|---------------------|---------------------|

პირველში დაჯგუფებულია ნიშნები: . ? !. მეორეში – , ; : -. მესამეში გაერთიანებულია პუნქტუაციის ნიშნები, რომლებიც მიუთითებენ შემადგენელი ნაწილის დასაწყისს, როგორებიცაა ([და ესპანური ¿. მეოთხეში დაჯგუფებულია დასრულების მიმთითებელი ნიშნები:)] და ესპანური ?. EAGLES სტანდარტი ბოლო ორი სიმრავლისთვის რეკომენდაციას არ იძლევა.

შუალედური ტეგების სიმრავლე

EAGLES სტანდარტის პრინციპები არ ზღუდავს გრამატიკული კატეგორიების წარმოდგენას, მაგრამ მნიშვნელოვანია, რომ ტეგების სიმრავლე მახასიათებლებისთვის/ მნიშვნელობებისთვის ადვილად დასანახი და აღსაქმელი იყოს (თუ შესაძლებელია, ავტომატურადაც), სხვაგვარად რომ ვთქვათ, რუქასავით უნდა იყოს. ეს შესაძლებლობა უნდა ვრცელდებოდეს დამატებით საერთო და ენისთვის სპეციფიკურ მახასიათებლებზეც. ეს თვისება ანოტატორს საშუალებას აძლევს მორფოსინტაქტიკურად ტეგირებულ კორპუსში ინფორმაცია გადასცეს ლექსიკონის მორფოსინტაქტიკურ კომპონენტს.

ტეგების სიმრავლის თვალსაჩინოებისთვის და მისი ქმედუნარიანობის შესამოწმებლად EAGLES სტანდარტი გთავაზობს შუალედური ტეგების სიმრავლეს (Intermediate Tagset). ის გამოიყენება როგორც მახასიათებლების/მნიშვნელობების სიმრავლის შუამავალი ენა, რომელიც სიტყვის კატეგორიზაციას ეყრდნობა. იგი შუალედური ეტაპით არის კორპუსის ანოტაციაში სიტყვისთვის დანიშნულ ტეგსა და ლექსიკონში სიტყვისთვის დანიშნულ ჭდეს შორის. შუალედური ტეგების სიმრავლის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფუნქცია ისიცაა, რომ ის იყოს გაცვლის ბაზისი სხვადასხვა ლოკალური ტეგების სიმრავლეს შორის გარკვეული ენებისა და გარკვეული კორპუსებისათვის.

შუალედური ტეგების სიმრავლის წარმოდგენა მოსახერხებელია ხაზოვანი მეთოდით, რომელიც შემდეგნაირად არის ჩამოყალიბებული:

1) პირველ ადგილას ლათინური დიდი ასოთი მეტყველების ნაწილის მახასიათებელია წარმოდგენილი ისე, როგორც ეს სავალდებულო მახასიათებლებშია აღნიშნული. მაგ. N (არსებითი სახელი), V (ზმნა), AJ (ზედსართავი სახელი) და ა.შ.

2) მთელი ტეგი წარმოდგენილია როგორც მახასიათებლების რიგი. ყოველი მახასიათებელი (რომაული ციფრებით აღნიშნული (i), (ii), (iii), (iv), ...) ციფრების რიგში გვიჩვენებს პირველ, მეორე, მესამე, მეოთხე, ... ადგილს.

3) თითოეული მახასიათებლის თითოეული მნიშვნელობა წარმოდგენილია არაბული ციფრებით, რომლებიც გამოყენებულია მახასიათებლებში/მნიშვნელობებში. ამგვარად, ციფრების ხაზოვანი ინტერპრეტაცია მეტყველების ნაწილების კატეგორიების მიხედვით იცვლება.

მაგალითები:

- არსებითი სახელი – საზოგადო, მდედრობითი, მრავლობითი, თვლადი – წარმოდგენილი იქნება ასეთი სახით: N122010
- ზმნა – III პირი, მსოფლიოთი რიცხვი, სრული, თხრობითი კილო, წარსული დრო, მოქმედებითი გვარი, არადაამხარე, არაფრაზული, არარეფლექსური – V3011141101200
- ზედსართავი სახელი – შედარებითი ხარისხი – AJ2000000

მახასიათებლის ადგილი 0-ით აღინიშნება მაშინ, თუ ტეგების სიმრავლეში ამ სიტყვისთვის შესაბამისი მნიშვნელობა არ არსებობს. უფრო მარტივად რომ ვთქვათ, სიტყვას ასეთი მახასიათებელი არ აქვს. შესაძლებელია რიგში ბოლო ნულების გამოტოვებაც. მაგ. ზემოთ ნაჩვენები ზედსართავი სახელი მარტივად შეიძლება ასეთი სახით წარმოჩნდეს: AJ2. თუმცა, სიცხადისთვის, ნულების დამატება სასურველია.

ხარვეზი და ორაზროვნობა ტეგირების დროს. ორაზროვნობა და ხარვეზი ორი არასრული მოვლენაა, როდესაც რაღაც გარკვეული ინფორმაცია, რომელიც ტეგების სიმრავლეს შეუძლია გაითვალისწინოს, არ არის გათვალისწინებული. მაგრამ ამ ინფორმაციის არქონის მიზეზი ორივე შემთხვევაში ძალიან განსხვავებულია და მკაფიოდ უნდა განისაზღვროს.

ხარვეზი. ხარვეზი არის მოვლენა (მას ზოგჯერ ნეიტრალიზაციასაც ეძახიან), რომელიც შუალედურ ტეგებში წარმოდგენილია 0-ის გამოყენებით. ეს ნიშნავს, რომ მოცემულ შემთხვევაში მახასიათებლის სხვადასხვა მნიშვნელობებს შორის განსხვავება

არარელევანტურია. ასევე შეიძლება ითქვას, რომ 0-ით მონიშნული კონკრეტული ატრიბუტი განხილვას არ ექვემდებარება. ამისთვის სამი მიზეზი არსებობს:

ენობრივი ხარვეზი:

ენაში მეტყველების ნაწილებთან არ გამოიყენება მახასიათებელი. მაგალითად, ინგლისურში არსებით სახელთან სქესი არ განიხილება. ფრანგულში კი ზედსართავ სახელებთან – ბრუნვა.

ტეგების სიმრავლის ხარვეზი:

მიუხედავად იმისა, რომ არსებობს მეტყველების ნაწილის მახასიათებელი, მის წარმოსადგენად ტეგების სიმრავლე არ არის საკმარისად სტრუქტურირებული. მაგალითად, ინგლისურში კონკრეტულმა ტეგების სიმრავლემ შეიძლება გამოტოვოს ნაცვალსახელებისთვის სქესის (he, she) გამოხატვა.

სიტყვის ხარვეზი:

მახასიათებელი ენაში განიხილება და ტეგების სიმრავლეშიც არის წარმოდგენილი, მაგრამ ის კონკრეტულ სიტყვაზე არ არის მონიშნული, ნეიტრალიზებულია. მაგალითად, ფრანგულში სქესისთვის არ არის განსაზღვრული მრავლობითის არტიკლი les, ასევე გერმანულში ზედსართავი prima განუსაზღვრელია სქესის, ბრუნვისა და რიცხვისთვის.

არსებობს სხვადასხვა თვალსაზრისი, რომ მორფოლოგიურმა დაუნაწევრებლობამ (სინკრეტიზმმა) შეიძლება მიგვიყვანოს სიდიდეების გამოტოვებასთან, ანდა მონაცემები, თუნდაც ისინი მორფოლოგიურად არ იყოს მარკირებული, უნდა განისაზღვროს კონტექსტზე დაყრდნობით. ასევე არსებობს აზრთა სხვადასხვაობა იმის შესახებ, რომ ბინარული მახასიათებლის არამარკირებული სიდიდე მიმართული უნდა იქნეს მარკირებული სიდიდის არქონაზე (მაგალითად, დანიურში ყველა ზმნა, რომელიც არ არის ვნებითი, უნდა მოინიშნოს როგორც მოქმედებითი?).

და მაინც, მნიშვნელოვანია, რომ ხარვეზი, როგორც წესი, ტეგების სიმრავლეში მახასიათებლის ნებისმიერი ინდიკატორის არარსებობით მარტივად მოინიშნება. სხვაგვარად, როგორც შუალედური ტეგების სიმრავლეში, 0 გამოიყენება მახასიათებლის უქონლობის დასადასტურებლად.

ორაზროვნობა. ხარვეზისგან განსხვავებით, ორაზროვნობა ინფორმაციის არქონის მოვლენაა, სადაც არსებობს გაურკვეველობა ორ ან მეტ ალტერნატიულ აღწერას შორის. მორფოსინტაქტიკური ტეგირებისას შეიძლება გამოიყოს ორაზროვნობის ოთხი სხვადასხვა მნიშვნელობა:

გრამატიკული ომონიმია. (ჩამოთვლაში ან სხვა შრიფტი ან რიცხვი ან ორიწერტილი) მაგალითად, ინგლისურ სიტყვას აქვს ხუთი შესაძლებელი ტეგი: თანდებული, ზმნიზედა/ნაწილაკი, ზედსართავი სახელი, არსებითი სახელი ან ზმნა. როგორც წესი, ორაზროვნობის ეს ტიპი ანოტირებულ კორპუსში ვერ მოხვდება, სანამ ორაზროვნობის საკითხი არ გადაიჭრება.

შერეული, კრებითი ტეგები.

დიდ კორპუსებში ტეგირება ავტომატურად ხდება და მთელი კორპუსის რელაქტირების შემდგომი ეტაპის ხელით დამუშავების საჭიროება არ მოითხოვება. ეს შეიძლება პრაქტიკული იყოს იმ შემთხვევაში, როდესაც ერთზე მეტი ტეგის შენახვა ხდება ანოტირებულ კორპუსში, სადაც ავტომატური ტეგირების ალგორითმებში მკაფიოდ არ არის დადასტურებული ორაზროვნობა. მაგალითად, ბრიტანულ კორპუსში ასეთი ტეგების სიმრავლე გამოიყენება ორაზროვნობის ჩასაწერად. ერთ-ერთია ტეგი VVD-VVN, რომელიც აღნიშნავს – ზმნის “ან წარსული დრო, ან წარსული დროის მიმდებარეობა”. შერეული ტეგი გაურკვეველობის ნიშანს იძლევა სათანადო ტეგის შესახებ იმის გამო, რომ ავტომატური დამუშავებისას შეცდომის დაშვება შესაძლებელია. ივარაუდება, რომ მომზადებულ პოსტ-რელაქტორს არ გაუჭირდება ორაზროვნობის საკითხის გადაჭრა.

ორაზროვნობა არაავტომატური ტეგირების დროს.

ორაზროვნობის კიდევ ერთი ტიპი ჩნდება მაშინ, როდესაც ანოტატორი ვერ ირჩევს შესაფერის ტეგს. ამის მიზეზი შეიძლება იყოს:

- ორაზროვნობის მოსახსნელად ვერ შეირჩეს სათანადო კრიტერიუმები;
- ერთსა და იმავე ფაქტზე ორ ან მეტ ანოტატორს განსხვავებული თეორიული შეხედულებები ან მოსაზრებები ჰქონდეთ;

- კატეგორიები არ იყოს მკაფიოდ განსაზღვრული არა ანოტატორის პოზიციიდან გამომდინარე, არამედ თვითონ ლინგვისტური კატეგორიების გამო.

მორფოსინტაქტიკური ტეგების განვითარების თანამედროვე ეტაპზე ასეთი სახის ორაზროვნობის მოხსნას დიდი მნიშვნელობა არ ენიჭება, მაგრამ მომავალში ეს შეიძლება ძალიან მნიშვნელოვანი გახდეს.

წმინდა ტექსტური ორაზროვნობა. იგულისხმება ისეთი შემთხვევები, სადაც ორ ან მეტ მკაფიოდ განსაზღვრულ კატეგორიებს შორის ორაზროვნობის მოსახსნელად ტექსტი საკმარის ინფორმაციას არ იძლევა. მაგალითად, წამოძახილში – Fire! – არ ჩანს ეს სიტყვა ზმნაა თუ სახელი. ასეთ შემთხვევაში ტექსტურ სიტყვას უნდა დაერთოს ერთზე მეტი ტეგი.

მორფოსინტაქტიკურ ანოტაციებში ორაზროვნობის მარკირებას ნაკლები ყურადღება ექცეოდა. EAGLES სტანდარტი რეკომენდაციებს არ იძლევა, მაგრამ საჭიროდ მიიჩნევა, რომ ორაზროვნობის ზემოთ ჩამოთვლილი ყველა ტიპი დამატებითი მარკირებით განსხვავდებოდეს.

მრავალჯერადი ტეგირების პრაქტიკა: ფორმა-ფუნქცია და ლემბატიზაცია. ორაზროვნობა ერთ-ერთი მოვლენაა, რომლისთვისაც ტექსტში ერთი და იმავე სიტყვაფორმისთვის მრავალჯერადი ტეგირება არის საჭირო.

1. ტეგების ფორმა-ფუნქცია:

ზოგჯერ ერთსა და იმავე სიტყვას უნდა დაენიშნოს ორი განსხვავებული ჭდე: ერთი ფორმალური კატეგორიებისთვის, მეორე – ფუნქციონალურისთვის. მაგალითად, სიტყვა ნამყო მიმდებარის ფორმით, მაგრამ ზედსართავი სახელის ფუნქციით; სიტყვა ზედსართავის ფორმით, მაგრამ ზმნიზედის ფუნქციით. შეიძლება დასაბუთება, რომ თითოეულ ამ სიტყვას უნდა დაენიშნოს ორი ტეგი და მკაფიოდ უნდა განისაზღვროს. პრაქტიკულად, აქამდე პრიორიტეტი რატომღაც ენიჭებოდა ერთ-ერთს, ანუ ფუნქციას ეძლეოდა უპირატესობა ფორმასთან შედარებით, ან პირიქით. მოცემული ტეგებისთვის კორპუსმა მკაცრად უნდა განსაზღვროს ასეთი კრიტერიუმების გამოყენება.

2. ლემების ტეგირება:

მორფოსინტაქტიკურად ტეგირებულმა კორპუსმა ტექსტში სიტყვის გრამატიკული ფორმა ლემის აღდგენის ნაცვლად უნდა განსაზღვროს. თუმცა, ლექსიკონსა და კორპუსს შორის ინფორმაციის გაცვლის დროს უფრო მნიშვნელოვანი ლემბატიზაციის ალგორითმი იქნება. ასევე, ანოტაციის ტიპისთვის (განსაკუთრებით სემანტიკური და სინტაქსური წინასწარი ანოტაციების დროს) არის შემთხვევები, რომლებიც თითოეული სიტყვისთვის ტექსტში განსაზღვრავენ ლემას, როგორც გრამატიკულ ფორმას. ლემების ტეგირება, თუ ამ პროცესს ასე შეიძლება დაერქვას, ადრე არ იყო ფართოდ გავრცელებული. საჭიროება თავად განსაზღვრავს ლემის ტეგირებისა და გრამატიკული ფორმის ტეგირების წარმოდგენის საშუალებებს.

მრავალჯერადი მარკირების ორივე შემთხვევაში, ისევე, როგორც ორაზროვნობის ორაზროვნობის დროს, აუცილებელია ერთსა და იმავე სიტყვას დაენიშნოს ერთზე მეტი ტეგი. კორპუსის მრავალჯერ ტეგირების წარმოდგენის შემთხვევაში უპირატესობა ენიჭება ვერტიკალურ ფორმატს. ერთ ანოტირებულ კორპუსში სიტყვის ტეგირების სხვადასხვა კომბინაცია ადვილად გამოსაყენებელია, როდესაც თითოეული ტეგი ვერტიკალურ ტექსტში სხვადასხვა სივრცეში ან სვეტშია განლაგებული.

დასასრულ, ნიმუშად წარმოდგენილია შუალედური ტეგების სიმრავლის საშუალებით აღწერილი ინგლისური და ქართული სიტყვები.

| ტეგი | სიტყვის კატეგორიის აღწერა | მაგალითები | შუალედური ტეგები |
|------|--------------------------------------|------------|------------------|
| AJT | აღმატებითი ხარისხი, ზედსართავი | biggest | AJ30000000 |
| APR | თანდებულები | at, of | AP1 |
| ATD | განსაზღვრული არტიკლი | the | AT1000 |
| CSC | მაკვებდებარებელი კავშირი, შედარებითი | than | C203 |
| DDs | მხოლოდითი, ჩვენებითი ნაცვალსახელი | this, that | PD001002010000 |

| | | | |
|------|--|-------------|------------------|
| DV2 | კუთვნილებითი ნაცვალსახელი, II პირი | your | PD200002030000 |
| NCs | მხოლოდითი, ზოგადი, არსებითი სახელი | book, man | N101000 |
| NPs | მხოლოდითი, საკუთარი სახელი | Mary | N201000 |
| RSYs | სიმბოლო, მხოლოდითი რიცხვი | A, b | R310 |
| UI | ინფინიტივის მარკერი | to (eat) | UI |
| VPM | აწმყო, I პირის ნაცვ., მს.რ. | am | V101111020001 |
| VVN | ნამყო მიმღეობა, ძირითადი ზმნა | eaten, left | V0002640100000 |
| NCs | არს.სახ.,სახოგადო, მს.რ. ნათ.პრ., თვლადი, ხმოვანფუძიანი კვეცადი, უსულო, რა ჯგ. | კაბის | N1012112200000 |
| VP | ზმნა, III პირი, მრ.რ, სრული ასპ., თხრ.კილო, ნამყო, მოქმ.გვ., სასხვ.კცევა, უშუალო კონტ., სუბიექტური წყობა | დაუხატეს | V302114100000311 |

საერთაშორისო სტანდარტი EAGLES ქართული ტექსტური კორპუსის ანოტირებისთვის

ლ. ლორთქიპანიძე, ნ. ჯავაშვილი

რეზიუმე

ტექსტური კორპუსების მთავარი დანიშნულებაა ენის ლექსიკასა და გრამატიკაში სამეცნიერო კვლევების უზრუნველყოფა. კორპუსის ანოტირების შედეგად შესაძლებელია ტექსტის შესახებ ნებისმიერი ტიპის ანალიტიკური ინფორმაციის მიღება. არსებობს მრავალი საერთაშორისო პროექტი, რომელთა მიზანია ენობრივი კორპუსების კოდირებისა და დამუშავებისთვის სტანდარტებისა და ინსტრუქციების ჩამოყალიბება. ერთ-ერთი მათგანია სტანდარტი EAGLES (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards), რომელიც ლინგვისტური კვლევებისა და ტექნიკური პროგრამის ფარგლებში ევროპული კომისიის ინიციატივით შეიქმნა. მისი მიზანია სტანდარტების წარმოდგენა უზარმაზარი ტექსტური რესურსებისთვის, როგორცაა კომპიუტერული ლექსიკონები, ტექსტური და სამეტყველო კორპუსები.

ნაშრომში აღწერილია EAGLES სტანდარტის მორფოსინტაქტიკური მახასიათებლები. მოცემული სტანდარტის მიხედვით განხილულია ქართული ტექსტური კორპუსის ანოტირებისთვის საჭირო ქართული მორფოსინტაქტიკური მახასიათებლებიც.

INTERNATIONAL STANDARD “EAGLES” FOR ANNOTATION OF A GEORGIAN TEXT CORPUS

L. LORTKIPANIDZE, N. JAVASHVILI

Summary

The main purpose of text corpora is to provide scientific researches in vocabulary and grammar of language. As a result of corpora annotation, it is possible to get any analytical information about the text. There is a set of the international projects that develop standards and instructions for coding and development of language corpora. One of them is EAGLES standards (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards), which is an initiative of the European commission within Linguistic Research and Engineering program. Its aim is to accelerate the provision of standards for very large-scale language resources (such as text corpora, computational lexicons and speech corpora).

Morphosyntactic features of EAGLES standard are described in this article. According to the standard, the Georgian morphosyntactic features, which are necessary for annotation of a Georgian text corpus, are submitted.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ EAGLES ДЛЯ АННОТАЦИИ ГРУЗИНСКОГО ТЕКСТОВОГО КОРПУСА

Л. ЛОРТКИПАНИДЗЕ, Н. ДЖАВАШВИЛИ

Резюме

Главное назначение текстовых корпусов обеспечивать научные исследования в лексике и грамматике языка. В результате аннотирования корпуса, возможно, получить любую аналитическую информацию о тексте. Существует множество международных проектов, целью которых является разработка стандартов и инструкций для кодирования и разработки языковых корпусов. Один из этих стандартов EAGLES (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards), который был создан по инициативе Европейской комиссии в рамках лингвистических исследований и технической программы. Его цель представить стандарты для огромных текстовых ресурсов, какими являются, например, компьютерные словари, текстовые и речевые корпусы.

В работе описаны морфосинтаксические характеристики стандарта EAGLES. В соответствии с данным стандартом, рассмотрены грузинские морфосинтаксические характеристики, которые необходимы для аннотирования грузинского текстового корпуса.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.natcorp.ox.ac.uk>;
2. <http://ucnk.ff.cuni.cz>;
3. <http://www.ruscorpora.ru>;
4. <http://armazi.uni-frankfurt.de/indexe.htm?index.htm#georgian>;
5. <http://iness.uib.no/gekko/overview?session-id=231054467571963>;
6. <http://www.mygeorgia.ge/gdc/Default.aspx>;
7. <http://www.ilc.cnr.it/EAGLES/home.html>.

დროის დეიქსისი ქართულში

ა. ჩუტკერაშვილი

annachutkerashvili@yahoo.com

ენასა და კონტექსტს შორის მიმართების ასახვა ენის სტრუქტურაში ყველაზე უფრო ნათლად დეიქსისის ფენომენის სახით არის წარმოდგენილი. ეს ტერმინი (დეიქსისი) წარმოიქმნა ბერძნული სიტყვიდან, რომელიც ნიშნავს მითითებას ან აღნიშვნას.

დეიქსისი წარმოადგენს ენის იმ საშუალებებს, რომლითაც კოდირებულია (გამოხატულია) გამონათქვამის ან საუბრის კონტექსტის გარკვეული ნიშნები. დეიქსისის პროტოტიპური მაგალითებია ჩვენებითი და პირის ნაცვალსახელები, დროისა და ადგილის სპეციფიკური ზმნიზებები (მაგ., ‘ახლა’ ან ‘აქ’) და სხვა გრამატიკული ნიშნები, რომლებიც პირდაპირ ებმის სამეტყველო ვითარებას. მაგალითად, ნაცვალსახელი ‘ეს’ მისი გამოყენების ყოველ ჯერზე რომელიმე ერთსა და იმავე კონკრეტულ ერთეულზე (საგანზე) კი არ მიგვანიშნებს, არამედ იგი წარმოადგენს ცვლადს ან “ადგილს” კონტექსტში მოცემული ერთი გარკვეული სახის ერთეულისათვის.

დეიქტური ინფორმაციის მნიშვნელობა გამონათქვამის ინტერპრეტაციისათვის კარგად ჩანს ჩ. ფილმორის შემდეგი მაგალითიდან: წარმოდგინეთ, რომ ოფისის კარზე დაგხვდათ ფურცელი ასეთი მინაწერით: “მოვალ ერთ საათში”. იმის გამო, რომ ჩვენ არ ვიცით როდის იყო დაწერილი ეს ბარათი, არც ის ვიცით, თუ როდის მოვა ამ ბარათის ავტორი, რადგან ამ ტექსტს აკლია აუცილებელი (საორიენტაციო) ინფორმაცია.

დეიქსისის მრავალი ფაქტი ისეთი გამჭოლია და ისე დრმად არის ჩამჯდარი ენის გრამატიკაში, რომ ისინი სემანტიკის თავისთავად ცხადი და არსებითი მახასიათებლებია. მაგრამ დეიქსისი არის პრაგმატიკის შესწავლის საგანი, რამდენადაც იგი პირდაპირ კავშირს გამოხატავს კონტექსტსა და გამონათქვამს შორის.

დეიქსისის დესკრიპციული აღწერა

დეიქსისის ტრადიციული კატეგორიებია პირის, ადგილის და დროის კატეგორიები.

პირის დეიქსისი გადმოსცემს საუბრის მონაწილეთა როლებს მეტყველების დროს: პირველი პირი წარმოადგენს მოლაპარაკის მიერ თავისი თავის გრამატიკულ აღნიშვნას; მეორე პირი - მოლაპარაკის მიერ ერთი ან მეტი მსმენელის აღნიშვნას; მესამე პირი გადმოსცემს პირებს ან ერთეულებს, რომლებიც არც მოლაპარაკეა და არც მსმენელი მოცემული გამონათქვამის წარმოთქმის დროს.

საუბრის მონაწილეთა ამ როლების კოდირება ენაში, ჩვეულებრივ, ნაცვალსახელებითა და მათთან დაკავშირებული პრედიკატული შეთანხმებით ხდება.

ადგილის დეიქსისი შეეხება საუბრის დროს სივრცული განაწილების (ლოკაციის) აღნიშვნას საუბრის მონაწილეთა ადგილის მიმართ. როგორც ჩანს, ყველაზე გავრცელებული გრამატიკული ფორმა სივრცული დეიქსისისთვის არის განსხვავება პროქსიმალური (მოლაპარაკესთან ახლოს) და დისტალური (არა-პროქსიმალური, ზოგჯერ ადრესატთან ახლოს) მდგომარეობას შორის სივრცეში. თუმცა, უნდა ითქვას, რომ არსებობს სივრცული განაწილების ბევრად უფრო რთული და დახვეწილი გამოხატვაც. ეს განსხვავებები, ჩვეულებრივ, გამოიხატება ჩვენებითი ნაცვალსახელებით (მაგ., “ეს” და “ის”; ან ინგლისური *this* და *that*), ასევე ადგილის დეიქტური ზმნიზებები (მაგ., “აქ” ან “იქ”, ან ინგლისური: *here* ან *there*).

დროის დეიქსისი შეეხება დროით მომენტებსა და მონაკვეთებს იმ დროსთან მიმართებაში, რომელშიც ხდება გამონათქვამის წარმოთქმა (ან როდესაც იქმნება წერილობითი შეტყობინება). დროს, როდესაც შეიქმნა გამონათქვამი, ვუწოდებთ კოდირების დროს (*coding time* or *CT*), რომელიც შეიძლება განსხვავდებოდეს მიღების დროსგან (*receiving time* or *RT*). დროის დეიქსისი, დროს აღნიშნავს იმ კოორდინატებზე, რომელიც მიბმულია საუბრის მომენტთან. დროის დეიქსისის გრამატიკული ასახვა ჩვეულებრივ ხდება დროის გრამატიკული ზმნიზებებით (მაგ., “ახლა” ან “მერე”; “გუშინ”, “შარშან”, “გაისად” და სხვა).

ამ ტრადიციულ კატეგორიებს ს. ლევისონი უმატებს (ჯ. ლაიონზისა და ჩ. ფილმორის მსგავსად) დისკურსის (ტექსტის) დეიქსისსა და სოციალურ დეიქსისს [4].

დისკურსის დეიქსისი ახდენს ტექსტის (ან დისკურსის) დანაწილების აღნიშვნას ტექსტის გაშლის, განვითარების დროს. ლევისონს მოჰყავს შემდეგი მაგალითები:

მაგ., *Puff puff puff: that is what it sounded like.*

This is what phoneticians call creaky voice.

გამოყოფილი სიტყვები სწორედ ტექსტის დანაწევრების აღმნიშვნელი სიტყვებია [3].

სოციალური დეიქსისი ეხება სოციალური განსხვავებების აღნიშვნას, რომლებიც ფარდობითაა მოსაუბრეთა როლებსათვის. განსაკუთრებით აღინიშნება ხოლმე მოლაპარაკისა და მსმენელის, ან მოლაპარაკისა და საუბრის ობიექტის სოციალური მიმართებები.

მრავალ ენაში მოლაპარაკისა და მსმენელის სოციალური მიმართების ფარდობითი ხარისხის აღნიშვნა ხდება რეგულარულად, მაგალითად, მორფოლოგიურ სისტემაში, ამას ჰქვია ონორიფიკი; მაგრამ ასეთი განსხვავებები აგრეთვე გამოიხატება ნაცვალსახელთა არჩევაში, დაძახების ფორმებში ან წოდებით ფორმებში.

დეიქსისის გრამატიკულ ფორმებსა და ლექსიკურ ფორმებს კარგად განსხვავებს ჯ. ლაიონზი:

“დეიქსისის გრამატიკალიზაცია და ლექსიკალიზაცია ყველაზე კარგად იხსნება გამონათქვამის ე.წ. კანონიკურ სიტუაციასთან მიმართებაში, რომელიც შედგება კომუნიკაციის დროს ბგერითი შეტყობინების გადაცემით სახმო და სასმენ არხში, როდესაც ყველა მონაწილე არსებობს ერთსა და იმავე რეალურ სიტუაციაში; მათ შეუძლიათ ერთმანეთის დანახვა და ამდენად, შეუძლიათ არავერბალური, პარალინგვისტური ნიშნების აღქმა. კომუნიკაციის ყოველ მონაწილეს შეუძლია შეასრულოს ხან მოლაპარაკისა და ხან მსმენელის როლი. მრავალი რამ ენის სტრუქტურაში შეიძლება აიხსნას მხოლოდ იმის საფუძველზე, რომ მოცემული მახასიათებელი წარმოიშობა და ვითარდება პირისპირ, კომუნიკაციის დროს. ეს არის სწორედ დეიქტური მნიშვნელობის წარმოქმნის საფუძველი” [4].

საზოგადოდ, მიჩნეულია, რომ დეიქსისი აწყობილია ეგოცენტრულად. მაშასადამე, თუ მართალია, რომ დეიქსისი მიბმულია საკომუნიკაციო ვითარების სპეციფიკურ მომენტებზე, მაშინ დეიქტური ცენტრის არამარკირებული ბმის წერტილები დაკავშირებულია მოლაპარაკესთან, კერძოდ, ეს გამოიხატება შემდეგში:

1. საკომუნიკაციო ვითარების ცენტრალურ ფიგურას წარმოადგენს მოლაპარაკე;
2. ცენტრალური დრო არის ის დრო, როდესაც მოლაპარაკე წარმოქმნის გამონათქვამს;
3. ცენტრალური ადგილი (ლოკაცია) ის ადგილია, სადაც მოლაპარაკე იმყოფება გამონათქვამის წარმოქმნის დროს;
4. დისკურსის (ანუ ტექსტის) ყურადღების ცენტრს ის ქმნის, რასაც მოლაპარაკე ამბობს თავისი გამონათქვამის წარმოქმნის მოცემულ მომენტში;
5. სოციალური ცენტრი კი არის მოლაპარაკის სოციალური სტატუსი და რანგი, რომელთა მიმართ მსმენელის სოციალური სტატუსი ან რანგი მხოლოდ ფარდობითია;

ამასთან ერთად, უნდა ითქვას, რომ არსებობს ამ კანონზომიერებიდან სხვადასხვა სახის გადახრებიც. მაგალითად, ზოგ ენაში არსებობს ჩვენებითი სიტყვები, რომლებიც ნაწილობრივ თავს იყრის (ორგანიზებულია) არა მოლაპარაკის, არამედ სამეტყველო სიტუაციის სხვა მონაწილეთა ირგვლივ (ვთქვათ, მსმენელის ირგვლივ). არსებობს, აგრეთვე, ისეთი შემთხვევები, როდესაც დეიქტური გამონათქვამები ისე გამოიყენება, რომ დეიქტური ცენტრები გადაინაცვლებს სამეტყველო სიტუაციის სხვა მონაწილეებზე, ან ნაამბობის სხვა საინტერესო ობიექტზე.

ჯ. ლაიონზი ამ მოვლენას დეიქტურ პროცესიას (გადანაცვლებას) უწოდებს, ჩ. ფილმორი კი – თვალსაზრისის (თვალთახედვის) გადანაცვლებას. პროცესები, რომლებიც ასეთ გადანაცვლებაში მონაწილეობს, არსებით ინტერესს წარმოადგენენ სხვადასხვა დეიქტური სიტყვების დიაქრონიული შესწავლის დროს, აგრეთვე არაფორმალური საუბრის ანალიზის დროს [4].

ზემოთქმულის მიხედვით, მოლაპარაკე შეიძლება წარმოვიდგინოთ არამარკირებული დეიქტური ცენტრის შუაგულში, სადაც წარმოდგენილია სამი სივრცული განზომილება პლუს ერთი დროითი ღერძი. აქვე შეიძლება წარმოვიდგინოთ კონკრეტული წრეხაზები, რომლებიც სივრცულ სიახლოვეს გამოხატავენ მოლაპარაკის მიმართ.

დროით ღერძზე, რომელიც გაივლის მოლაპარაკეზე, შეიძლება წარმოვიდგინოთ მოვლენათა წინსწრება ან მომდევნობა მოლაპარაკის საუბრის მომენტის მიმართ. ამავე დროითი ღერძის გასწვრივ ვითარდება თვით დისკურსიც (ტექსტი).

სოციალური დეიქსისის გადმოსაცემად ამ სქემას კიდევ ერთი განზომილება მაინც უნდა დავამატოთ, სადაც წარმოდგენილია მოლაპარაკის უფრო მაღალი, უფრო დაბალი

ან თანაბარი სოციალური რანგი მსმენელის ან სხვა პირთა მიმართ. ასეთ დეიქტურ შინაარსს, რა თქმა უნდა, ექნება ფარდობითი მნიშვნელობა.

როდესაც მოლაპარაკე და მსმენელი იცვლიან როლებს, კოორდინატთა მთელი ეს სტრუქტურა გადაინაცვლებს ყოფილი მსმენელის (ახლა კი მოლაპარაკის) სივრცულ-დროით-სოციალურ კოორდინატებზე. დეიქტური ტერმინების ასეთი ცვლილებების აღქმა (და ტექსტის სწორი აღქმაც) რაღაც სასწაულს ჰგავს. ბავშვისთვის ენის ათვისების დროს ამაში გარკვევა ხშირად პრობლემატურია ხოლმე (ბავშვი კარგა ხანს საუბრობს თავის თავზე მესამე ან მეორე პირში, გვიან ითვისებს მოვლენათა დროში თანმიმდევრობის ფარდობით ხასიათს, სივრცულ დანაწევრებას და ა.შ.).

დეიქტური გამონათქვამების ხმარება შეიძლება სხვადასხვა იყოს: უესტიკულაციით გამოხატული და სიმბოლური (წმინდა ენობრივი), ამავე დროს დეიქტური სიტყვების ხმარება შეიძლება იყოს ანაფორული და არაანაფორული.

დროის დეიქსისი

დროისა და ადგილის დეიქსისის გაგება ძლიერ რთულდება დროისა და ადგილის დეიქტური ღერძებისა და მათი არადეიქტური, კონცეპტუალური წარმოდგენების (მნიშვნელობების) მიმართების გამო. დეიქსისის ამ ასპექტების ღრმად გაგებისათვის აუცილებელია კარგად გვესმოდეს ადამიანის ცნობიერებაში სივრცისა და დროის სემანტიკური დალაგება (ორგანიზაცია), რაც განხილული აქვთ ჯ. ლინჩს, ჩ. ფილმორს, ჯ. ლაიონზსა და სხვებს. ენათა უმრავლესობაში დროის გააზრებისა და აზომვის ბუნებრივ საფუძველს ქმნის დღისა და ღამის ბუნებრივი და ადვილად აღსაქმელი ციკლები, მთვარის თევები, წელიწადის დროები და წლები. ასეთი ერთეულები გამოიყენება კომუნიკაციისათვის საინტერესო რომელიმე ფიქსირებული მომენტის (მაგალითად, დეიქტური ცენტრის) მიმართ ფარდობის გამოსახატავად ან ისინი შეიძლება გამოვიყენოთ კალენდრის მიხედვით მოვლენების განსათავსებლად. დროის დეიქსისს ამ ფარდობით ან კალენდარულ ერთეულებთან აქვს მიმართება.

ყველა დეიქტური მნიშვნელობის მსგავსად დროის დეიქსისი უკავშირდება კომუნიკაციის მონაწილეთა როლს. ასე, მაგალითად, “ახლა” შეიძლება განიმარტოს, როგორც ‘დრო, როდესაც მოლაპარაკე წარმოთქვამს გამონათქვამს.’ მნიშვნელოვანია გამონათქვამის წარმოთქმის (ან დაწერის) დრო ანუ კოდირების დრო (CT) განგასხვავოთ გამონათქვამის მიღების დროისგან (RT). შეიძლება გამონათქვამის მიღების დრო დაემთხვეს მისი წარმოთქმის დროს – ამას ლაიონზი უწოდებს დეიქტურ ერთდროულობას (deictic simultaneity).

სირთულეები თავს იჩენს მაშინ, როდესაც დროის ფორმების გამოყენება, დროის ზმნიხედების და სხვა დროის დეიქტური მორფემების ხმარება არ დაემთხვევა ამ ამოსავალ დებულებას, მაგალითად, როგორც ხდება წერილის წერის დროს: წერილი იწერება ერთ დროს, ხოლო იკითხება სხვა, ზოგჯერ CT-სგან სრულიად განსხვავებულ დროს, ან სატელევიზიო ან სხვა მედიის პროგრამების წინასწარი ჩაწერის დროს. ამ შემთხვევაში უნდა გადაწყდეს, რომელია დეიქტური ცენტრი – მოლაპარაკისა და კოდირების დრო, ან მოხდეს დეიქტური პროცესია და დეიქტურ ცენტრად ჩათვლება მსმენელისა და გამონათქვამის მიღების დრო. ჩ. ფილმორს [2] მოჰყავს შემდეგი მაგალითები:

a. This programme is being recorded today, Wednesday April 1st, to be relayed next Thursday.

b. I write this letter while chewing an apple.

და

a. This programme was recorded last Wednesday April 1st, to be relayed today.

b. I wrote this letter while chewing an apple.

გამონათქვამის მიღების დრო არ ემთხვევა კოდირების დროს ლათინურში, როდესაც მაგალითად, “ეპისტოლარულ დროებში” მოვლენების აღსაწერად კოდირების დროის ჩათვლით გამოიყენებოდა წარსული დროები, პლუპერფექტი კი ამ მოვლენებისათვის, რომლებიც წინ უსწრებდნენ კოდირების დროს, ანუ დეიქტური ცენტრი მოთავსებული იყო მომავალზე, გამონათქვამის მიღების დროზე.

ახლა განვიხილოთ სიტყვები: დღეს, ხვალ, გუშინ. ეს სიტყვები გამოიყენება იმისათვის, რომ დრო დაიყოს რუტინულ, დროით მონაკვეთებად ჩვეულებრივი მოქმედებების შესრულებისათვის, ან დღის მონაკვეთებად; “დღეს” აღნიშნავს დროის მონაკვეთს კოდირების მომენტის ჩათვლით; “გუშინ” არის დროის მონაკვეთი, რომელიც წინ უსწრებს კოდირების დროს, და ა.შ.

ზემოთ ჩამოთვლილი სიტყვების ხმარება არასაჭიროდ ხდის კალენდარული დღეების აბსოლუტურ ხმარებას, მაგალითად, თუ ხუთშაბათს ვიტყვით – გნახავ ხუთშაბათს – ეს იმას ნიშნავს, რომ შეხვედრა შეიძლება შედგეს მხოლოდ შემდეგ ხუთშაბათს (ან კიდევ უფრო მოშორებულ რომელიმე ხუთშაბათს), სხვა შემთხვევაში ვიტყვით: “დღეს”. ასევე, თუ ოთხშაბათს ვამბობთ, გნახავ ხვალ, ეს მიუთითებს ხვალინდელ ხუთშაბათზე და აქ ზედმეტია კალენდარული ტერმინის დასახელება, რადგან ამას ცხადს ხდის დეიქტური “ხვალ”.

ენები ერთმანეთისგან განსხვავდება იმით, თუ დღის რამდენი ასეთი დეიქტური აღსანიშნები აქვთ: ჩინანტის ამერიკულ ენაში არის ასეთი ოთხი სიტყვა: ორ-ორი დღის მოცემული კოდირების მომენტის აქვთ და იქით; იაპონურში შეიძლება დასახელდეს სამი დღე “დღევანდლამდე” და ორი დღე “დღეის შემდეგ”; ჰინდიში არის ერთი და იგივე სიტყვა (ნიშანი) გუშინდელი და ხვალინდელი დღის აღსანიშნად, იგი ნიშნავს ‘რელევანტური’ დღე, რომელიც უშუალო სიახლოვეს არის საკომუნიკაციო დღესთან კოდირების მომენტის ჩათვლით.

ქართულში გვაქვს: დღეს, ხვალ, ზევ, მაზევ და გუშინ, გუშინწინ, გუშინწინისწინ; წელან, ამაღამ, წუხელ. ასეთივე დეიქტური სიტყვები არსებობს ქართულში წელიწადისა და მასთან დაკავშირებული დროის ფარდობითი მონაკვეთების აღსანიშნავად: წელს, შარშან, შარშანწინ, გაისად, კვლავ. ასევე, შეიძლება ენაში იყოს შედგენილი დროის ზმნიხედებიც: ამ წელს, ამ დილას, ამ ხუთშაბათს, სადაც ამ არის დეიქტური მსახდრელი, რომელსაც შეიძლება დამატოს არადეიქტური სიტყვა, მაგალითად, დილა, ხუთშაბათი. იგივე ითქმის თვეების საკუთარ სახელებზე: იანვარი, ოქტომბერი, დეკემბერი და სხვა. ამ აგვისტოს ნიშნავს იმ კალენდარული წლის აგვისტოს, რომელშიც შედის კოდირების დრო და ა.შ.

აქვე მოკლედ უნდა ითქვას ენობრივი დროის შესახებ, რომელიც სპეციფიკურია. ზოგადად, დრო – tense – უზრუნველყოფს იმას, რომ თითქმის ყველა წინადადება ‘დაბმულია’ გამონათქვამის კონტექსტზე.

ჯ. ლაიონზი განასხვავებს დროის სემანტიკურ ან თეორიულ კატეგორიას, რომელსაც შეიძლება ვუწოდოთ მეტალინგვისტური გრამატიკული დრო – metalinguistic tense (M-tense) და ენობრივ ფლექსიებს, რომლებსაც მოცემული ენის ტრადიციული გრამატიკა უწოდებს გრამატიკულ დროებს, ენის დროებს – language tenses (L-tenses). მეტალინგვისტურ დროებს შეიძლება მიეცეს წმინდა დეიქტური, მკაცრად დროითი ინტერპრეტაცია, მაგრამ ენის დროითი მნიშვნელობებისთვის ეს ყოველთვის არ არის ასე. ლოგიკური აზროვნება გვიჩვენებს, რომ მეტა-დრო და ენის დრო ხშირად ერთმანეთს ძალიან სცილდება და მეტა-დროზე მსჯელობა არ არის ბევრის მომტანი დროითი მნიშვნელობების დახასიათებისათვის ენაში. მეტა-დრო განარჩევს წარსულს (მოვლენები, რომლებიც ხდება CT-ზე ადრე), აწმყოს და მომავალს. ასევე შეიძლება ერთმანეთისგან განვასხვავოთ დროის მომენტები, დროის მონაკვეთები და სხვა. მაგრამ ასეთი მეტა-დროები არ ეთანადება ხოლმე ენის დროებს, რადგან ენის დროები დამატებით ყოველთვის გამოხატავენ ასპექტურ და მოდალურ შინაარსსაც. მაგალითად, ენის მომავალი დროები თითქმის ყოველთვის მოიცავს მოდალურ ელემენტს. ყველაზე მიახლოებული თანაფარდობა მეტა-ენასა და ენის დროებს შორის შეიძლება გამოჩნდეს ოპოზიციაში – წარსული/არაწარსული.

ზოგჯერ წერენ, რომ არსებობს ენები, რომლებშიც არ არსებობს ნამდვილი დროები, მაგალითად ჩინურში. ეს სწორიც არის იმ აზრით, რომ დროები არ არის სისტემატურად მორფოლოგიურად მარკირებული, მაგრამ დანამდვილებით შეიძლება ითქვას, რომ არ არსებობს ენები, რომლებშიც მეტა-დროების სისტემა არ იყოს ასახული, თუნდაც დროის ზმნიხედების დონეზე, ან აწმყო მეტა-დროის იმპლიციტური მნიშვნელობით, როდესაც არ არის წარმოდგენილი სხვა დროითი სპეციფიკაცია.

ბოლოს უნდა აღვნიშნოთ, რომ დროის დეიქსისი რელევანტურია ენის სხვა დეიქტური ელემენტების შესწავლის დროს. მაგალითად, მისაღება არის ყოველთვის დროში შეზღუდული: ‘დილა მშვიდობისა’ ყოველთვის გამოიყენება მხოლოდ დღით. უცნაურია, მაგრამ ‘ღამე მშვიდობისა’ არ ნიშნავს მისაღებას არამედ დამშვიდობებას, ისე, რომ აქ ერთმანეთს თანხვდება დროისა და დისკურსის დეიქსისი (საღამო მშვიდობისა კი არის მისაღება).

დროის დეიქსისი ქართულში

ა. ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

ენასა და კონტექსტს შორის მიმართების ასახვა ენის სტრუქტურაში ყველაზე უფრო ნათლად დეიქსისის ფენომენის სახით არის წარმოდგენილი. ეს ტერმინი (დეიქსისი) წარმოიქმნა ბერძნული სიტყვიდან, რომელიც ნიშნავს მითითებას ან აღნიშვნას. დეიქსისის ტრადიციული კატეგორიებია პირის, ადგილის და დროის კატეგორიები. დროის დეიქსისი შეეხება დროით მომენტებსა და მონაკვეთებს იმ დროსთან მიმართებაში, რომელშიც ხდება გამონათქვამის წარმოქმნა (ან როდესაც იქმნება წერილობითი შეტყობინება). დროს, როდესაც შეიქმნა გამონათქვამი, ეწოდება კოდირების დრო (coding time or CT), რომელიც შეიძლება განსხვავდებოდეს მიღების დროსგან (receiving time or RT). დროის დეიქსისის გრამატიკული ასახვა ჩვეულებრივ ხდება დროის გრამატიკული ზმნიზედებით (მაგ., “ახლა” ან “მერე”; “გუშინ”, “შარშან”, “გაისად” და სხვა).

DEIXIS OF TIME IN GEORGIAN

A. CHUTKERASHVILI

Summary

The relation between language and context in a language structure is most clearly represented by the phenomenon of deixis. The term (deixis) is of the Greek origin and it means indicating, denoting. The traditional ones are personal, place and time categories of deixis. Deixis of time describes time moments or sections with respect to the time on which an expression is uttered. The time when the expression is created is called Coding Time (CT) that is different from Receiving Time. Deixis of time is generally expressed by adverbs of time.

ДЕИКСИС ВРЕМЕНИ В ГРУЗИНСКОМ

A. ЧУТКЕРАШВИЛИ

Резюме

В языковой структуре связь между языком и контекстом лучше всего представлена феноменом деиксиса. Этот термин происходит от греческого слова и означает ссылку, обозначение. Традиционные категории деиксиса - категории лица, места и времени. Деиксис времени касается временных моментов и отделов относительно с тем временем, в котором происходит произношение высказывания. Время, в котором создается высказывание, называется временем кодирования, которое может отличаться от времени принятия. Грамматическое отражение деиксиса времени, как обычно, происходит грамматическими наречиями (напр. «сейчас» или «потом», «завтра»).

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. შენგელაია ნ., არასრული სიტყვები და ტექსტის სემანტიკური მთლიანობა თბილისი, 2000.
2. Fillmore Ch. J. Types, of Lexical Information. Studies in Syntax and Semantics. Dordrecht – Holland, 1970.
3. Levinson S.C. Pragmatics. Cambridge University Press, 1987.
4. Lyons J. Deixis and Anaphora. The Development of Conversation and Discourse. Edinburgh, 1977.

კოდირების სტანდარტული სისტემა CES და ქართული ლინგვისტური კორპუსი

ნ. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე
ninomaskh@yahoo.com, liasams@yahoo.com

თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების საშუალებით გაცილებით მარტივი და დანქარებული გახდა დიდი მოცულობის ტექსტების ლინგვისტური დამუშავება.

ტექსტური მასივების დასამუშავებლად და მათგან მრავალმხრივი საჭირო ინფორმაციის მისაღებად შეიქმნა სხვადასხვა სახის ლინგვისტური კორპუსები, ანუ ტექსტების კოლექცია, რომელიც სპეციალურად იქნა შერჩეული, ანოტირებული სხვადასხვა ლინგვისტური პარამეტრებით და უზრუნველყოფილი საძიებო სისტემებით.

კორპუსი არის საინფორმაციო-საცნობარო სისტემა, რომელიც დაფუძნებულია სპეციფიკურ ელექტრონულ ფორმატში ჩაწერილ დიდი რაოდენობის ტექსტებზე. იგი შეიცავს განსაკუთრებულ დამატებით ინფორმაციას მასში შემავალი ტექსტების შესახებ (ე.წ. ანოტირებული ტექსტები). ანოტირება კორპუსის ძირითადი მახასიათებელია. ელექტრონული ბიბლიოთეკისაგან განსხვავებით, კორპუსი არ არის მხოლოდ საინტერესო ტექსტების ნაკრები. იგი ისეთი ტექსტების ერთობლიობაა, რომლებიც საინტერესო და გამოსადეგია ენის შესწავლისათვის. რაც უფრო მდიდარი და მრავალფეროვანია ენის ანოტირების საშუალებები, მით უფრო მაღალია კორპუსის მეცნიერული ღირებულება.

ქართული ენის ნაციონალური კორპუსის არქონა ართულებს კვლევების წარმართვას ქართველოლოგიის მიმართულებით და ქართული ენობრივი მასალის გადრმავებულ შესწავლას მსოფლიოში აღიარებული სტანდარტებისა და მეთოდების გამოყენებით.

კორპუსი, როგორც წესი, უნდა იძლეოდეს მისი ფართოდ და მრავალჯერადად გამოყენების საშუალებას. სხვადასხვა ტიპის კორპუსებთან მუშაობის უნიფიკაციისათვის, იმისათვის, რომ კორპუსის მონაცემები არ იყოს დამოკიდებული კონკრეტული პროგრამის რეალიზაციაზე და კორპუსთან მუშაობის ინტერფეისზე, მუშავდება ტექსტური კორპუსების ანოტირების სტანდარტები. არსებობს კარგად ცნობილი კოდირების სისტემები: კორპუსის კოდირების სტანდარტი – The Corpus Encoding Standard (CES), ტექსტის კოდირების ინიციატივა (პირველი მცდელობა) – Text Encoding Initiative (TEI), EAGLES-ის სახელმძღვანელოები (Expert Advisory Group on Language Engineering Standards (EAGLES)), და ა.შ., რომლებიც მონაცემთა კოდირების – მონიშვნის უნივერსალურ ენას SGML (Standard Generalized Markup Language) იყენებენ. იგი წარმოადგენს (ISO 8879 - International Organization for Standardization) საერთაშორისო სტანდარტს, რომელიც საშუალებას გვაძლევს ტექსტის კოდირების სქემა ელემენტებისა და ატრიბუტების და ტექსტში მათი განლაგების საშუალებით წარმოვადგინოთ.

კოდირების ეს სისტემები შექმნილია კორპუსზე ისეთი მარტივი ოპერაციების შესასრულებლად, როგორიცაა: რომელიმე კონკრეტული ქვეკორპუსის ამოღება, ტექსტში საჭირო საძიებო საშუალებების განხორციელება და უკან დაბრუნება, რომელიმე სიტყვის კონკორდანსის მოძებნა და ა.შ.

კოდირება გულისხმობს ტექსტის ნებისმიერი სახის ზუსტ ახსნა-განმარტებას.

მარკირება ანუ მონიშვნა არის ტექსტის კოდირების საშუალება, რომელიც ტეგირებული ანუ მარკირებული ტექსტის სეგმენტების თანამიმდევრობას წარმოადგენს.

ინფორმაციის სამი ფართო კატეგორია გამოიყოფა: ინფორმაცია ტექსტის შესახებ, მისი შინაარსი, მისი კოდირება. პირველად მონაცემებში შეიძლება გამოვყოთ ორი სახის ინფორმაცია, რომელიც კოდირებული უნდა იქნას:

1. დიდი მოცულობის სტრუქტურა, რომელიც შეიძლება შეიცავდეს:

ა) ტექსტის სტრუქტურულ ერთეულებს როგორცაა ტომი, თავი და ა.შ. ასევე პარაგრაფი, ჩამოტანილი შენიშვნები და კომენტარები, სათაურები, ცხრილები, ფიგურები და ა.შ.

ბ) ტიპოგრაფიულ მახასიათებლებს;

გ) არატექსტურ – გრაფიკულ ინფორმაციას.

2. ქვეპარაგრაფების სტრუქტურა. მასში შედის ორთოგრაფიული წინადადებები, ციტატები; ორთოგრაფიული სიტყვები; აბრევიატურები, სახელები, თარიღები, საზგასმული სიტყვები.

The Corpus Encoding Standard (CES) სისტემით დოკუმენტში ყველა ელემენტი ტეგების საშუალებით არის განსაზღვრული. CES-სტანდარტულ სისტემაში ტექსტის შესახებ ზოგადი ინფორმაციის ანოტირების რამდენიმე მაგალითი:

ელემენტის დასაწყისი და ბოლო აღინიშნება ტეგებით: "<" და ">". ის შეიცავს ელემენტის სახელს `xi` – generic identifier – ზოგადი იდენტიფიკატორი, რომელიც შედგება როგორც დიდი, ასევე პატარა ასოებისა და ციფრებისაგან 0-დან 9-მდე. თუ ტეგის სახელი ორსიტყვიანია, მეორე სიტყვა დიდი ასოთი იწყება. მაგ., `<fileDesc>`. ეს ელემენტი შეიცავს კორპუსის ან ტექსტის სრულ ბიბლიოგრაფიულ აღწერას; ყოველი ელემენტის დასრულება აღნიშნულია "/" ნიშნით და მისივე სახელის გამეორებით: `</fileDesc>`. ყველა მახასიათებელს აქვს დაახლოებით ასეთი ფორმა:

"attributeName=value".

კოდირებული ელექტრონული ტექსტის შესახებ ინფორმაცია მოცემული გვაქვს ე.წ. ჰედერში. `<cesHeader>` ელემენტი შეიცავს შემდეგ ოთხ მთავარ ელემენტს:

```
<cesHeader>
<fileDesc></fileDesc>
<encodingDesc></encodingDesc>
<profileDesc></profileDesc>
<revisionDesc></revisionDesc>
</cesHeader>
```

`<fileDesc>` – შეიცავს კორპუსის ან ტექსტის სრულ ბიბლიოგრაფიულ აღწერას;

`<encodingDesc>` – აღნიშნავს კავშირს ორიგინალურ ტექსტსა და მის ელექტრონულ ვერსიას შორის.

`<profileDesc>` – გვაძლევს უფრო ფართო ინფორმაციას ტექსტის ვერსიის შესახებ, აღწერს ენის სპეციფიკას, მისი გამოცემისდროინდელ სიტუაციას და თარიღს, გვაძლევს ინფორმაციას გამოცემაში მონაწილეების შესახებ.

`<revisionDesc>` – აღწერს ფაილის რევიზიის ისტორიას.

კორპუსში თითოეულ ტექსტს აქვს თავისი ჰედერი (header) (`<cesDoc>` ელემენტი), ასევე მთლიან კორპუსსაც აქვს თავისი ჰედერი corpus header, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას მთელი კორპუსის შესახებ. ორივე კორპუსის და ტექსტის ჰედერი წარმოდგენილია (`<cesDoc>` element) ელემენტებით.

`<cesHeader>` შეიცავს შემდეგ მახასიათებლებს:

`type` – განსაზღვრავს დოკუმენტის ტიპს არის ის კორპუსი თუ ტექსტი: `CORPUS` აღნიშნავს, რომ საქმე გვაქვს კორპუსთან, ხოლო `TEXT` – ტექსტთან.

`creator` – აღნიშნავს დაწესებულებას, რომელიც მოცემული ჰედერის შექმნის პასუხისმგებელია.

`version` – გვიჩვენებს იმ CES header.elt-ის ვერსიას, რომელიც გამოყენებულია მოცემული ჰედერის კოდირებისას.

`status` – გვიჩვენებს ჰედერის სტატუსს – ახალია თუ ძველი:

`NEW` – ჰედერის პირველი ვერსია;

`UPDATE` – განახლებული ვერსია.

`date.created` – მიუთითებს როდის არის შექმნილი.

`date.updated` – როდის არის განახლებული.

ამას მოჰყვება კორპუსის სათაურის წარმოდგენა – Title statement.

ეს ელემენტი შედგება `<h.title>` ელემენტისაგან, რომელსაც მოჰყვება 0 ან `<respStmnt>` ის ელემენტები.

<h.title>-ში წარმოდგენილია ელექტრონული ფაილის სათაური ქვესათაურების ჩათვლით.

<respStmt> – შეიცავს ინფორმაციას ნებისმიერი პიროვნების ან დაწესებულების შესახებ, რომელიც პასუხისმგებელია ტექსტზე, გამოცემაზე ან ელექტრონულ ვერსიაზე. თავის მხრივ <respStmt> შეიცავს შემდეგ ელემენტებს:

<respType> – აღწერს პიროვნების ან დაწესებულების ინტელექტუალურ პასუხისმგებლობას.

<respName>-ში წარმოდგენილია კორპუსის გამომცემის პიროვნების გვარი და სახელი, ადგილი და დაწესებულების სახელი.

<extent> ელემენტი აღწერს სიტყვების რაოდენობას მთელ კორპუსში ან კონკრეტულ ტექსტში. იგი შეიცავს:

<wordCount> – სიტყვების რაოდენობა ტექსტში;

<byteCount> – ბაიტების რაოდენობა ტექსტში.

units – გვიჩვენებს რა ერთეულებით იზომება ბაიტები:

BYTES bytes

KB kilobytes

MB megabytes

GB gigabytes

<extNote> – შეიცავს ნებისმიერ დამატებით ინფორმაციას კორპუსის ან ტექსტის შესახებ.

<publicationStmt> – ელემენტი შეიცავს შემდეგ ქვეელემენტებს:

<distributor> – ტექსტის ან კორპუსის დისტრიბუტორის სახელი;

<pubAddress> – დისტრიბუტორის საფოსტო მისამართი;

<telephone> – დისტრიბუტორის ან დაწესებულების ტელეფონის ნომერი;

<fax> – ფაქსის ნომერი;

<eAddress> – პიროვნების ან დაწესებულების ელექტრონული მისამართი;

type გვაძლევს ელექტრონული მისამართის ტიპს (email address, web site, ftp site etc.).

<availability> – აღწერს ტექსტის ხელმისაწვდომობას, მაგალითად მისი გამოყენების ნებისმიერი აკრძალვა ან გადაწერა და ა.შ.

region – აღწერს იმ ტერიტორიას, სადაც შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოცემული ტექსტი. მაგალითად,

WORLD – the text is freely available – ტექსტი ხელმისაწვდომია ყველასათვის;

EU – European Union only – მხოლოდ ევროგაერთიანებაში;

status გვიჩვენებს მიმდინარე პერიოდში ტექსტის ხელმისაწვდომობას:

RESTRICTED – the text is not freely available – არ არის თავისუფლად ხელმისაწვდომი;

UNKNOWN – the status of the text is unknown – სტატუსი უცნობია.

<sourceDesc>-ში წარმოდგენილია წყაროების აღწერა. იგი შეიცავს ორ ქვეელემენტს:

<biblStract> – სტრუქტურირებული ბიბლიოგრაფიული ციტირებები გარკვეული რიგით;

<biblFull> – ბიბლიოგრაფიული ციტატები იმ ტექსტისათვის, რომელიც წინასწარ იქნა კოდირებული ელექტრონულ ფორმაში. ეს ელემენტი შეიცავს იგივე მნიშვნელობას, რასაც <fileDesc> ელემენტი.

თუ ელექტრონული ტექსტი მიღებულ იქნა წინა ელექტრონული ვერსიისაგან, წყაროების აღწერაში გვექნება <biblFull> ელემენტი, ხოლო თუ იგი მიღებულია ნაბეჭდი წყაროდან – <biblStract> ელემენტი.

ჰედერის მეორე მთავარი კომპონენტია კოდირების აღწერა, რომელიც შეიცავს ინფორმაციას კოდირებულ ტექსტსა და მის წყაროს შორის დამოკიდებულების შესახებ და კორპუსში განხორციელებულ რედაქტირების პრინციპებს აღწერს.

<encodingDesc> ელემენტს აქვს შემდეგი 6 კომპონენტი:

<projectDesc> დეტალურად აღწერს მიზანს, რისთვის იქნა კოდირებული ელექტრონული ფაილი;

<samplingDecl> შეიცავს ლოგიკურ ახსნას იმ მეთოდებისა, რომლებიც გამოყენებულია კორპუსის მოცემულ ტექსტში;

<editorialDecl> აღწერს რედაქტირების პრინციპებს, რომლებიც გამოყენებულია ტექსტის კოდირებისას;
<tagsDecl> გვაძლევს დეტალურ ინფორმაციას ტეგირების შესახებ SGML დოკუმენტის მიხედვით;
<refsDecl> გვიჩვენებს თუ როგორ უნდა აიგოს კანონიკური მიმთითებლები მოცემული ტექსტისათვის;
<classDecl> შეიცავს <category>-ის ელემენტებს, აღნიშნავს კლასიფიკაციის კოდებს, რომლებიც კორპუსის შიგნით გამოიყენება.

დაბოლოს, დასკვნის სახით აღვნიშნავთ, რომ ნაშრომის მიზანია (CES) და (TEI) კოდირების სტანდარტულ სისტემებზე დაყრდნობით ქართული ლინგვისტური კორპუსისათვის შესაბამისი ანოტირების სისტემის შექმნა, რომელიც საერთაშორისო სტანდარტების გამოყენებით ქართულ ენაზე შესრულებული ნებისმიერი ელექტრონული ტექსტის აღწერის შესაძლებლობას მოგვცემს.

კორპუსის CES სტანდარტული სისტემა და ქართული ლინგვისტური კორპუსი

6. ამირეზაშვილი, ლ. სამსონაძე

რეზიუმე

ტექსტური მასივების დასამუშავებლად და მათგან მრავალმხრივი საჭირო ინფორმაციის მისაღებად შეიქმნა სხვადასხვა სახის ლინგვისტური კორპუსები. განსხვავებული ტიპის კორპუსებთან მუშაობის უნიფიკაციისათვის, იმისათვის, რომ კორპუსის მონაცემები არ იყოს დამოკიდებული კონკრეტული პროგრამის რეალიზაციაზე და კორპუსთან მუშაობის ინტერფეისზე, მუშავდება ტექსტური კორპუსების ანოტირების სტანდარტები.

ნაშრომში აღწერილია CES სტანდარტის მორფოსინტაქსური მახასიათებლები.

ჩვენი მიზანია კოდირების სტანდარტულ სისტემებზე დაყრდნობით შევქმნათ ქართული ლინგვისტური კორპუსისათვის შესაბამისი ანოტირების სისტემა, რომელიც შესაძლებლობას მოგვცემს საერთაშორისო სტანდარტების გამოყენებით აღვწეროთ ქართულ ენაზე შესრულებული ნებისმიერი ელექტრონული ტექსტი.

CES ENCODING STANDARD SYSTEM AND A GEORGIAN LINGUISTIC CORPUS

N. AMIREZASHVILI, L. SAMSONADZE

Summary

Different kinds of linguistic corpora have been created to work on large amount of texts and take out the necessary information. For working unification with different kinds of corpora, and for the fact, that the data of a corpus were not depended on the realization of a certain program and on the interface of working with the corpus, standards of annotation of textual corpora are being developed.

In this article morphosyntactic features of CES standard are described.

Our goal is to create a corresponding annotation system for Georgian linguistic corpus on the basis of encoding standard systems, which enables us to describe any electronic text, written in Georgian language by international standards.

**СТАНДАРТНАЯ СИСТЕМА КОДИРОВАНИЯ CES И ГРУЗИНСКИЙ
ЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ КОРПУС**

Н. АМИРЕЗАШВИЛИ, Л. САМСОНАДЗЕ

Резюме

Для обработки текстовых массивов и для получения из них необходимой информации, было создано множество лингвистических корпусов. Для унификации работы с разными типами корпусов, для того, чтобы данные корпусы не были зависимы от реализации конкретной программы и от интерфейса работы с корпусом, разрабатываются стандарты аннотирования текстовых корпусов.

В работе описаны морфосинтаксические характеристики CES стандарта.

Наша цель на основе стандартных систем кодирования создать для грузинского лингвистического корпуса соответствующую систему аннотирования, которая даст возможность, используя международные стандарты, описать любой электронный текст, написанный на грузинском языке.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.cs.vassar.edu/CES/>;
2. <http://nl.ijs.si/et/talks/essli99/erjavec/node42.html>;
3. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.82.734&rep=rep1&type=pdf>.

ნანოელექტრონიკის მოლეკულური ბაზამრთველების შესახებ

მ. სურბულაძე

sfm12@mail.ru

მიკროელექტრონიკის ტრანზისტორთა წრფივი ზომები კვლავაც მცირდება, მაგრამ ზღვარი უკვე ჩანს – სილიციუმის თხელი ფენების გამტარ და იზოლირებულ მონაკვეთებს შორის გაუონვები ძალიან შესაძინევი ხდება, რის გამოც ვერც სატაქტო სისშირის ზრდა და ვერც მინიატურიზაცია ვეღარ გაგრძელდება უსასრულოდ.

თუ ჩვენ მომავალშიც გვსურს სწრაფქმედების გაზრდა, მაშინ სხვა გზები უნდა ვეძიოთ. იმართება კვლევითი სამუშაოები როგორც კვანტურ კომპიუტრებთან დაკავშირებით, რომლებიც მუშაობის სულ სხვა პრინციპზეა აგებული, ისე ოპტიკურ მოწყობილობებთან დაკავშირებითაც, სადაც ინფორმაციის გადაცემა არა ელექტრონების, არამედ ფოტონების მეშვეობით ხდება. თუმცა, ამ პერსპექტიული ტექნოლოგიებიდან თითოეულს თავისი ნაკლი აქვს.

თანამედროვე კომპიუტრების ტრადიციული საელემენტო ბაზის შესაძლებლობები სულაც არაა უსაზღვრო. წარმოების ყველაზე დახვეწილმა ტექნოლოგიებმაც კი, რომლებიც ახალ მასალებს იყენებენ, თავის პიკს მიაღწიეს. სილიციუმის ტრანზისტორის კრიტიკული ელემენტია სილიციუმის ოქსიდის მაიზოლირებელი ფენის სისქე საკეტსა და გამტარ ფენას შორის. მიუხედავად იმისა, რომ სილიციუმის ოქსიდის მაიზოლირებელი ფენის წარმოების ტექნოლოგიები იხვეწება და ის სულ უფრო თხელი ხდება, მას მაინც აქვს 2 ნანომეტრის (ანუ 8-10 მოლეკულის) რიგის ფიზიკური ზღვარი. უფრო თხელ ფენებში იწყება ელექტრონების ტუნელირების არაკონტროლირებადი პროცესები, რომლებიც ხელს უშლიან გამოთვლითი სისტემის მუშაობას. კვანტური კანონების გამო ტრანზისტორთა ნაკლები ზომის მქონე ინტეგრალური სქემების ფორმირება ფოტოლითოგრაფიის სტანდარტული ტექნიკის ბაზაზე შეუძლებელია. სწრაფქმედების ზრდა ტრადიციული ტრანზისტორების ზომების შემცირების ხარჯზე გაჩერდება. მიკრონიპების მწარმოებლურობის მომდევნო ზრდისათვის საჭირო გახდება პრინციპულად ახალი ტექნოლოგიების დანერგვა. აი, რატომ აბანდებენ ინვესტიციებს სუპერკომპიუტრთა შემქმნელი კომპანიები პერსპექტიული ტექნოლოგიების კვლევებში, ეძებენ რა წინასწარ ალტერნატივას.

პრობლემის გადაჭრის ერთ-ერთი ვარიანტი შეიძლება გახდეს ტრადიციულ ტრანზისტორებზე უარის თქმა მოლეკულური ბაზამრთველების სასარგებლოდ. მომავალი მოლეკულური ტრანზისტორის ზომები ორი რიგით ნაკლები იქნება, ვიდრე ყველაზე მინიატიურული სილიციუმის ტრანზისტორებისა. მწარმოებლურობაში მოგება შეიძლება უზარმაზარი იყოს, თუ ტრანზისტორების ზომები ერთი ნანომეტრის რიგის მოლეკულურ ზომამდე შემცირდება.

მაშინ ინტეგრალური სქემის ფართობის ერთეულზე მილიონჯერ მეტი ტრანზისტორი დაეტევა. უფრო მეტიც, თუ გამოძახილის დრო ფემტოწამებამდე შემცირდება (ანუ ექვსი რიგით – სწორედ ასეთია ქიმიური რეაქციის ელემენტარული სტადიის მიმდინარეობის დრო), მაშინ მოლეკულური კომპიუტრის ეფექტიანობა შეიძლება 100 მილიარდჯერ მეტი აღმოჩნდეს, ვიდრე სილიციუმის საელემენტო ბაზაზე აგებული თანამედროვე კომპიუტრის წარმადობა. უფრო რთული მოლეკულური მოწყობილობების სამშენებლო ბლოკის სახით ასეთი მოლეკულის გამოსაყენებლად აუცილებელია მოლეკულური სისტემების ღრმა გაგება. მასიური პარალელიზმის მქონე სუპერკომპიუტრებზე მაღალი სირთულის პროცესების მოდელირებას შეუძლია იწინასწარმეტყველოს ურთულესი ნანოსისტემების ქცევა.

მოდელირების პრობლემები

მოლეკულური ელექტრონული მოწყობილობების შექმნა, რომლებიც შეიძლება გადაირთოს მაღალი და დაბალი წინაღობების მქონე მდგომარეობებს შორის, წარმოადგენს მოლეკულური ელექტრონიკის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს მიმართულებას. საინტერესოა თვით იმ უმცირესი ფიზიკური სისტემების იდენტიფიკაციისა და გაგების ფუნდამენტური პრობლემა, რომლებსაც აქვს გადამრთველი ქცევის უნარი. ერთეული მოლეკულები, რომლებსაც გადააქვთ ელექტრონული დენი ლითონის ელექტროდთა წყვილს შორის, შეიძლება გამოყენებულ იქნეს როგორც ელექტრონული კომპონენტები. ეს შეიძლება იყოს ლოგიკური საკეტები, მეხსიერების ელემენტები, ტრანზისტორები ან

გადამრთველები. მოლეკულური სისტემების მოდელირებისათვის ფართოდ გამოიყენება სუპერკომპიუტერები. ამრიგად, ტექნოლოგიური პროცესების და მოწყობილობების სუპერკომპიუტერული მოდელირება ახალი ტექნოლოგიების შექმნისა და თავად სუპერკომპიუტერების დახვეწის პროცესის აუცილებელი ნაწილი ხდება.

მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გამოთვლითი მათემატიკისა და კიბერნეტიკის ფაკულტეტზე მიმდინარე სამუშაოები ეძღვნება „პირველი პრინციპების“ ექსპერიმენტების კვანტურ-მექანიკურ მოდელირებას. ესაა ნაფტალოციანინის მოლეკულაში მასკანირებელი ტუნელური მიკროსკოპის (STM) დენის ზეგავლენით მიმდინარე გამტარობის მოლეკულური გადართვის ექსპერიმენტები. დასაკვირვებელი ეფექტების თეორიული კვლევების სამუშაოები და გადართვის პროცესის ოპტიმიზირება მიმდინარეობს ციურისში არსებულ IBM-ის კვლევით ლაბორატორიასთან თანამშრომლობით. მოლეკულური გადამრთველების შესწავლის ექსპერიმენტები ამ ლაბორატორიაში 2007 წლიდანაა დაწყებული. ლაბორატორია მსოფლიოში ერთ-ერთი მოწინავე ნანოტექნოლოგიების შექმნის დარგში.

„პირველი პრინციპების“ მოდელში ნავარაუდევია, რომ მოლეკულური სტრუქტურა დადებითი ბირთვებისა და უარყოფითი ელექტრონებისგან შედგება, რომელთა შორის მოქმედებს ურთიერთობის კულონური ძალები, და მოდელში არ არის რაიმე მორგების პარამეტრები. ეს მოლეკულური სისტემის ევოლუციის პრინციპული მექანიზმებისა და მიმდინარე ქიმიური რეაქციების შესწავლის საშუალებას იძლევა. სუპერკომპიუტერის გამოყენება მრავალნაწილიანი კვანტური პრობლემის მოდელირებისას პრინციპული გახლავთ.

ექსპერიმენტები გვიჩვენებს, რომ მოლეკულური იზომერიზაციის პროცესი შეიძლება გამოყენებული იქნეს მოლეკულის ფარგლებში მისი მოლეკულური გეომეტრიის შეცვლის გარეშე. ნაფტალოციანინის ცალკეული მოლეკულის შიდა არეში ორი წყალბადის ატომის პოზიციებში არსებული ბისტაბილობა ორდონიან სისტემას წარმოადგენს. მოლეკულა შედგება აზოტის, ნახშირბადის და წყალბადის ატომებისაგან (ნახ. 1 (ა,ბ)). წყალბადური იზომერიზაციის რეაქცია იმით ვლინდება, რომ მოლეკულის ცენტრალურ ღრუში არსებული წყალბადის ორი ატომი, STM-ს მიერ შექმნილი გარე პოტენციალის ზემოქმედების ქვეშ აზოტის ერთი ატომებიდან აზოტის სხვა ატომებზე გადადის. გადართვის ასეთი პროცესი მოლეკულის სიბრტყეში მოლეკულისგვე 90 გრადუსით მობრუნების ექვივალენტურია, თანაც მისი გეომეტრია მეორე მდგომარეობაში იგივეა.

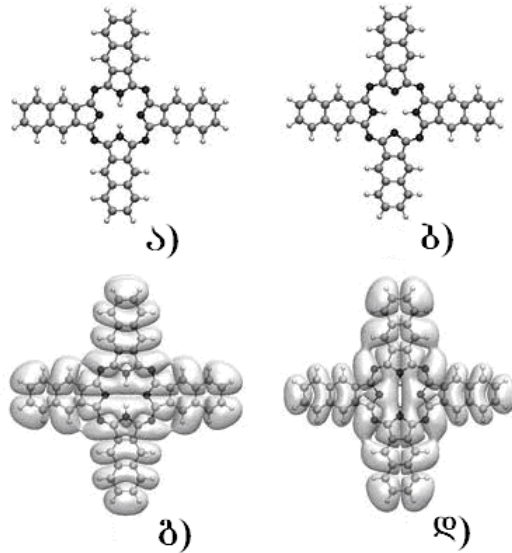
იზომერიზაციის პროცესის კომპიუტერული მოდელირებისათვის ვიყენებთ კარპარინელოს მოლეკულურ დინამიკას. მეთოდი რეალიზებულია CPMD (Car-Parrinello Molecular Dynamics) მოლეკულური დინამიკის რიცხობრივ კვანტურ-მექანიკურ კოდში. ბირთვების რხევები იზომერიზაციის ქიმიური რეაქციის გზების მოძებნისას მიიღება მხედველობაში. ძირითადი ყურადღება ენიჭება თავისუფალი 142 ნერგიის ზედაპირზე (FES) არსებული ბარიერის გამოანგარიშებას, რომელიც უნდა იქნეს დაძლეული გადართვის რეაქციის განსახორციელებლად. თავისუფალი ნერგიის დაღარულ ლანდშაფტზე რეაქციის გზის მოძებნა წარმოადგენს მნიშვნელოვან ნაბიჯს იზომერიზაციის რეაქციის მექანიზმის გასაგებად. ქიმიური რეაქციის გზის მოძებნა წარმოადგენს მრავალგანზომილებიან სივრცეში უნაგირა წერტილების მოძებნის რთულ ამოცანას. იბსის თავისუფალი 142 ნერგიის ზედაპირის ანალიზისათვის და რეაქციის ენერგეტიკული ბარიერის მოსაძებნად და ასევე გადართვის მექანიზმის გასაგებად ვიყენებთ მეტადინამიკის მეთოდს.

ანოზომის მოლეკულური სისტემები შეიძლება მოიცავდეს ათასობით ბირთვებსა და ელექტრონებს. გაანგარიშების ხანგრძლივობა სუპერკომპიუტერზე საათებში იზომება, ხოლო ჩვეულებრივ კომპიუტერზე – ასობით წლებში. ამრიგად, მსგავსი კვლევების ჩატარება სუპერკომპიუტერის გარეშე შეუძლებელი იქნებოდა.

მოლეკულური ზომის გადამრთველების პრობლემებს შორის უნდა გამოიყოს პრინციპული ამოცანები, რომლებზედაც მიმართულია ჩვენი კვლევები. ესაა მოლეკულური სისტემის მუშაობის სტაბილიზაცია და ოპტიმიზაცია. გადართვის პროცესის ფიზიკური მექანიზმებისა და მიზეზების დადგენაზე პირდაპირ არის დამოკიდებული მომავალი ტექნოლოგიების ღირებულება.

რეალურ მოწყობილობებში გადართვები უნდა რეალიზებულ იქნეს მოლეკულური ფენის დიდ მატრიცაზე, რომელიც გარკვეულ კრისტალურ ფუძემდებზეა განლაგებული.

143 ნერგიეს ქცევა მთლიანობაში შეიძლება განსხვავდებოდეს ცალკეულ თავისუფალ მოლეკულაში გადართვისაგან. ფუქემის გავლენა შეიძლება გამოისახოს გადართვის პროცესის მიმდინარეობის შეუძლებლობაში. ასეთი სისტემის მუშაობის სტაბილურობა გამოსაკვლევიანია. ექსპერიმენტები გვიჩვენებს, რომ ერთ მოლეკულაში მიმდინარე გადართვებმა შეიძლება სხვა მოლეკულარულ მატრიცაშიც გამოიწვიოს გადართვები. საჭიროა ასეთი არალოკალური ეფექტების მიზეზების გარკვევა. გარდა ამისა, გადართვის ეფექტურობა დამოკიდებულია იმ ადგილზე, რომელზედაც იმყოფება მიკროსკოპის ნემსი, თუნდაც ერთი მოლეკულის არეში.



ნახ. 1. ნაფტალოციანინის მოლეკულის ოპტიმიზირებული გეომეტრია მეტადინამიკის პროცესების სხვადასხვა სტადიებზე, რომელიც გამოთვლილია CPDM კოდის მეშვეობით:

- ა) ნაფტალოციანინის მოლეკულის საწყისი კონფიგურაცია;
 - ბ) საბოლოო კონფიგურაცია, რომელსაც მეორე იზომერის გეომეტრია აქვს;
 - გ) LUMO მოლეკულური ორბიტალების განაგარიშებული სტრუქტურა (უდაბლესი შეუვსებელი მოლეკულური ორბიტალი);
 - დ) LUMO+1 ორბიტალები.
- თეთრი ბურთულები შეესაბამება წყალბადის ბირთვებს, შავები – აზოტის ბირთვებს, ნაცრისფერები – ნახშირბადის ბირთვებს.

კვანტურ-მექანიკური მოდელის გამოთვლითი სირთულე და პარალელური განაგარიშების პრინციპული აუცილებლობა.

კვლევები ტარდებოდა ორი მოდელისა და მათი შესაბამისი რიცხობრივი კოდების საფუძველზე. პირველი, ვრცელი სტატისტიკური მოდელი დაფუძნებულია CPMD კოდზე და გამოიყენება თერმოდინამიკური წონასწორობისა და თავისუფალი 143 ნერგიეს მოძებნაზე. მეორე მოდელს, რომელიც ჩვენ მიერაა შემუშავებული, ეწოდება მრავალ-მასშტაბიანი მოდელი და აერთიანებს თავის თავში პირველ ეტაპზე მიღებული თავისუფალი 143 ნერგიეს პროფილებს და აღზნებული ორბიტალების საფუძველზე მომუშავე სისტემის მდგრადობის კვლევებს.

„პირველი პრინციპების“ მოლეკულური დინამიკის მოდელის აგებისას ამოდიან შრედინგერის განტოლებიდან და დამუხტული ნაწილაკების კულონური ურთიერთქმედებიდან. ჩვენ ვიყენებთ კარ-პარინელის მოლეკულური დინამიკის მათემატიკურ მოდელს ბორნ-ოპენჰაიმერის მიახლოების საფუძველზე. ბორნ-ოპენჰაიმერის მიახლოებაში ითვლება, რომ მასიური ბირთვების მოძრაობის აღწერა კლასიკურ მიახლოებაში შეიძლება. ელექტრონების მხრიდან ბირთვებზე მოქმედი ძალები იანგარიშება ძირითად მდგომარეობაში მყოფი ელექტრონებისათვის არსებული შრედინგერის განტოლების საფუძველზე. თითოეული მოლეკულისათვის ელექტრონული სტრუქტურა მიიღება ბირთვთა კლასიკური მოლეკულური დინამიკის თითოეული ნაბიჯისთვის შრედინგერის სტაციონარული განტოლების ამოხსნით. ჩვენ ვიყენებთ კვანტურ-მექანიკურ ფორმულირებას, რომელიც სიმკვრივის ფუნქციონალის განტოლებებზეა (DFT) დაფუძნებული.

ტალღური ფუნქციები – შრედინგერის განტოლების ამონახსნები – წარმოდგენილია ბრტყელი ტალღების მიხედვით განშლის სახით.

პარალელური ალგორითმები და ასეთი მრავალნაწილიანი კვანტურ-მექანიკური ამოცანის ამოსახსნელად არსებული პროგრამები სუპერკომპიუტერებზე მათი რეალიზაციის ერთადერთ შესაძლებლობად იქცევა. მრავალპროცესორულ გამოთვლით სისტემას IBM Blue Gene/P, აქვს 2048 პროცესორული კვანძი, რომელთაგან თითოეული 4 ბირთვისაგან შედგება. ასეთი სისტემის პიკური მწარმოებლურობა 27,8 ტერაფლოპს უდრის.

გაანგარიშებები ტარდებოდა 82, 130 და 178 ატომებისაგან შემდგარი მოლეკულური სისტემებისათვის. 82 ატომისათვის ერთი გაანგარიშება პროცესორული დროის 20 საათს საჭიროებდა 512 კვანძზე, 97 საათს 130 ატომისათვის 512 კვანძზე და 94 საათს 178 ატომისათვის 1024 კვანძზე. 82 ატომისგან შემდგარი მოლეკულური გადამრთველის მცირე სისტემაში, გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღებოდა 129 ელექტრონული ორბიტალი, 540000 ბრტყელი ტალღა თითოეული ორბიტალისათვის. მოლეკულური დინამიკის რეგულარული გაანგარიშებები ტარდებოდა 0,1125 ფემტოწმ დროით ნაბიჯით, ელემენტარული უჯრედის სივრცითი ბადე შეიცავდა 320x320x192 კვანძს.

გაანგარიშების ხანგრძლივობა განისაზღვრება არა მარტო ატომთა ოდენობით, არამედ ასევე თერმოდინამიკური წონასწორობის მიღწევის დროით და გადართვის პროცესით.

ნანოელექტრონიკის მოლეკულური გადამრთველების შესახებ

მ. სურგულაძე

რეზიუმე

აღწერილია ერთ-ერთი ექსპერიმენტი მომავლის კომპიუტერული მოწყობილობების საელემენტო ბაზის შესაქმნელად. წარმოდგენილია ნანოელექტრონული სქემების მოდელირების პრობლემები. მითითებულია მოლეკულური ელექტრონიკის ელემენტების მოდელირებისას სუპერკომპიუტერების გამოყენების აუცილებლობის ფაქტორები.

ABOUT THE MOLECULAR SWITCHES OF NANOELECTRONICS

M. SURGULADZE

Summary

One experiment for creation of basic element of the future computing devices is described in the work. Problems of modeling of nanoelectronic circuits are presented. The factors needed for using supercomputers for modeling the elements of molecular electronics are considered in the paper.

О МОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯХ НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

M. СУРГУЛАДЗЕ

Резюме

Описан один из экспериментов для создания элементной базы будущих компьютерных устройств. Представлены проблемы моделирования нанoeлектронных схем. Указаны факторы необходимости использования суперкомпьютеров при моделировании элементов молекулярной электроники.

ლიტერატურა - REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. Белоцерковский О. М. Математическое моделирование на суперкомпьютерах (опыт и тенденции). Вычисл. матем. и матем. физ., 2000, т. 40, № 8, с. 1221–1236,
2. Сборник докладов международной научной конференции, посвященной 70-летию со дня рождения академика В. А. Мельникова, г. Москва, 1999 год, стр. 13-32.

**ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარების პერსპექტივები
საბანკინათო სფეროში**

მ. გემეშვილი, ვ. ბახტაძე, თ. ლომინაძე, მ. არჩუაძე, მ. ოლიაძე
merigeg@gmail.com, verona64@mail.ru

სამეცნიერო-კვლევით და სასწავლო პროცესში თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიების (იტ) დანერგვისას მოსალოდნელი შედეგების მიღწევა მხოლოდ მთელი იტ ინფრასტრუქტურის საიმედო, უსაფრთხო და ნაყოფიერი მუშაობის პირობებშია შესაძლებელი. დასამუშავებელი ინფორმაციის მოცულობის მუდმივი ზრდის, იტ რესურსებისადმი საგანმანათლებლო-სამეცნიერო დაწესებულებებისა და კომპანიების ცვალებადი მოთხოვნების პარალელურად იზრდება მოთხოვნა იტ ინფრასტრუქტურის მწარმოებლურობაზე, საიმედოობაზე და მის ადაპტურობაზე, ამასთან მისი განვითარებისათვის საჭირო ხარჯების შემცირებაზე. ამ მოთხოვნების დაკმაყოფილების ყველაზე ეფექტური საშუალებაა ღრუბლოვანი გამოთვლებზე (Cloud Computing) დამყარებული იტ-ს განვითარება სწავლებასა და სამეცნიერო კვლევებში. დღეისათვის, ღრუბლოვანი გამოთვლები, რომლებიც გამოირჩევიან თავიანთი მასშტაბურობით, საძიებო მოთხოვნების დამუშავების სისწრაფით, მოქნილობით, მდგრადობით და უსაფრთხოებით, სერვისული იტ განვითარების ერთ-ერთ ყველაზე პერსპექტიულ ინოვაციურ მიმართულებას წარმოადგენს.

ღრუბლოვანი გამოთვლების არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გამოთვლების ორგანიზება და მონაცემების დამუშავება პერსონალური კომპიუტერიდან მსოფლიო ქსელის სერვერებზე გადაიტანება. კომპიუტერული რესურსები და სიმძლავრეები მომხმარებელს მიეწოდება ინტერნეტ-სერვისების სახით ნებისმიერ დროს და ნებისმიერ ადგილზე. მომხმარებელს შეუძლია მუდმივად მიწვდეს საკუთარ ინფორმაციას (რომელიც მუდმივად ინახება ვებ-სერვერებზე), მხოლოდ როგორც ინტერნეტ-სერვისების კლიენტს. ამასთან, შეუძლია განათავსოს ინფორმაცია და მისი დამუშავების შედეგები ნებისმიერ მოწყობილობაზე (პერსონალური კომპიუტერები, ნოუთბუქები, სმარტფონები და ა.შ.). ღრუბლოვანი გამოთვლების კონცეფცია ეფუძნება რწმენას, რომ ინტერნეტ ქსელს შეუძლია დააკმაყოფილოს მომხმარებლის ფართო მოთხოვნები მონაცემების გენერირებასა და დამუშავებაში [3].

დღეისათვის გამოყოფენ რამდენიმე ძირითად ტექნოლოგიას (მოდელს), რომლებიც შესაძლებელია წარმატებით იქნეს გამოყენებული მეცნიერებასა და განათლებაში. კერძოდ:

- ინფრასტრუქტურა როგორც მომსახურება (Infrastructure as a Service, IaaS);
- პლატფორმა როგორც მომსახურება (Platform as a Service, PaaS);
- მონაცემები როგორც მომსახურება (Data as a Service, DaaS);
- პროგრამული უზრუნველყოფა როგორც მომსახურება (Software as a Service, SaaS);
- სამუშაო ადგილი როგორც მომსახურება (Workplace as a Service, WaaS);
- ყველაფერი როგორც მომსახურება (All as a Service, AaaS).

ეს ტექნოლოგიები მოიცავენ ინსტრუმენტების ფართო ნაკრებს (საკომუნიკაციო საშუალებები, შეფასების ინსტრუმენტები, კონტენტი), რომლებიც ჩაენაცვლებიან ან ავსებენ სასწავლო და სამეცნიერო დაწესებულებებში უკვე არსებული სისტემების ფუნქციებს (ელექტრონული ფოსტა, კალენდარული გეგმის შედგენა, პერსონალური დოკუმენტების შექმნა და შენახვა, Web-საიტების შექმნა და სხვა). ისინი საშუალებას იძლევიან [1]:

- შეიქმნას ვებ-ორიენტირებული ლაბორატორიები (ხაბები) კონკრეტული საგნობრივი სფეროსთვის (მოდელირების ინსტრუმენტებისადმი ინტერაქტიური წვდომა, ახალი რესურსების დამატების მექანიზმი, საინფორმაციო რესურსები, შედეგების ვიზუალიზაცია და სხვა);
- შეიქმნას პრინციპულად ახალი შესაძლებლობები მკვლევარებისთვის გამოყენებითი მოდელების წვდომის ორგანიზებაში, დამუშავებასა და გავრცელებაში;
- შეიქმნას ცოდნის - ლექცია, სემინარი (პრაქტიკული მეცადინეობები), ლაბორატორიული სამუშაოები და სხვა - გადაცემის პრინციპულად ახალი შესაძლებლობები.

მნიშვნელოვანია ისიც, რომ ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების ისეთი მოდელების გამოყენებისას, როგორცაა IaaS, PaaS, DaaS, SaaS და WaaS, დაიზოგება მომხმარებლების სახსრები და რესურსები. არ იქნება კორპორატიული აღჭურვილობისა და პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნის, მომსახურების და მოდერნიზაციის აუცილებლობა; მომხმარებელი კი არ შეიძენს პროგრამულ პროდუქტს, არამედ გამოიყენებს მას დროებით, საჭიროების შემთხვევაში; დამკვეთს ექნება შესაძლებლობა შეაჩეროს ან განაახლოს პროგრამული პროდუქტი საჭიროების მიხედვით და გადაიხადოს არა მისი ფლობის, არამედ მხოლოდ მისი არენდის და მოხმარების შემთხვევაში. ვინაიდან ღრუბლოვანი პროვაიდერების რესურსები იაფია, ამიტომ დანახარჯები იქნება უმნიშვნელო და პერიოდული, სააბონენტო გადასახადის სახით. იტ პერსონალი (რომელიც იტოვებს ტექნიკური მხარდაჭერის ფუნქციას) უზრუნველყოფს მომხმარებელს აუცილებელი სერვისებით, სერვერების მართვისთვის საჭირო დროისა და ძალდონის დახარჯვის გარეშე.

საგანმანათლებლო და სამეცნიერო დაწესებულებებმა, რომლებიც გეგმავენ ღრუბლოვანი გამოთვლების გამოყენებას და ახალ ინფრასტრუქტურაზე გადასვლას, უპირველეს ყოვლისა უნდა გაიარონ შემდეგი ეტაპები:

- შეაფასონ საჭირო დანართები;
- მოახდინონ კლასიფიცირება;
- განსაზღვრონ ღრუბლოვანი გამოთვლების ყველაზე უფრო ხელსაყრელი ტიპი (IaaS, PaaS ან SaaS);
- დაადგინონ პლატფორმის არქიტექტურა;
- დაადგინონ კონტროლის ტექნოლოგიები;
- დაადგინონ კონფიდენციალობის დონე. [2]

აგრეთვე გაითვალისწინონ ღრუბლოვანი გამოთვლების ნაკლოვანი მხარეები და ის რისკები, რომლებიც შეიძლება მოყვეს ღრუბლოვანი სერვისების გამოყენებას. მაგალითად: ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების უსაფრთხოებისთვის საყოველთაოდ მიღებული სტანდარტები დღეისათვის არ არსებობს; ახალ ინფრასტრუქტურაზე გადასვლისას დამკვეთი დამოკიდებული ხდება მხოლოდ ერთადერთ მომწოდებელზე, სამომხმარებლო მონაცემების დაცულობა კი პროვაიდერულ კომპანიაზე; პროვაიდერის არასტაბილურმა მუშაობამ, შეიძლება ჩაშალოს ხანგრძლივი პროექტების დაგეგმვა და დამუშავება; მომხმარებელს, რომელიც არ არის ამ ტექნოლოგიების მფლობელი, არ ექნება შიდა ღრუბლოვანი ინფრასტრუქტურაზე წვდომის საშუალება; ხარისხიანი მომსახურების მიღებისათვის აუცილებელი წინაპირობა იქნება ინტერნეტ ქსელში სწრაფი და საიმედო წვდომის შესაძლებლობა [4].

ზემოაღნიშნული ნაკლოვანებებისა და რისკების მიუხედავად ჩვენ ვფიქრობთ, რომ ღრუბლოვანი ტექნოლოგიებს გააჩნია გამოყენების ფართო პერსპექტივები განათლებასა და მეცნიერებაში. მათი გამოყენების საფუძველზე გაიზრდება სასწავლო-სამეცნიერო დაწესებულებების ფუნქციონირებისა და განვითარების ეფექტურობა, მათი კონკურენტუნარიანობა, ამაღლება სამეცნიერო პერსონალის, ასპირანტებისა და სტუდენტების მომზადების დონე.

ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარების პერსპექტივები საგანმანათლებლო სფეროში

მ. გემუჯვორი, ვ. ბახტაძე, თ. ლომინაძე, მ. არჩუაძე, მ. ოდილაძე

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ღრუბლოვანი გამოთვლების განვითარების პერსპექტივები განათლებასა და მეცნიერებაში. ნაჩვენებია ღრუბლოვანი გამოთვლების გამოყენების შესაძლებლობები სასწავლო და სამეცნიერო-კვლევით საქმიანობაში.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОБЛАЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СФЕРЕ
ОБРАЗОВАНИЯ**

М. ГЕГЕЧКОРИ, В. БАХТАДЗЕ, Т. ЛОМИНАДЗЕ, М. АРЧУАДЗЕ, М. ОДИЛАДЗЕ

Резюме

Рассмотрены перспективы развития облачных вычислений в сфере образования и науки. Показаны возможности применения облачных вычислений в учебной и научно-исследовательской деятельности.

PERSPECTIVE OF DEVELOPMENTS OF CLOUD COMPUTING IN EDUCATION

M. GEGECHKORI, V. BAKHTADZE, T. LOMINADZE, M. ARCHUADZE, M. ODILADZE

Summary

Perspective of development of Cloud Computing in the fields of education and sciences are considered in the work. Innovative potential of Cloud Computing are shown.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

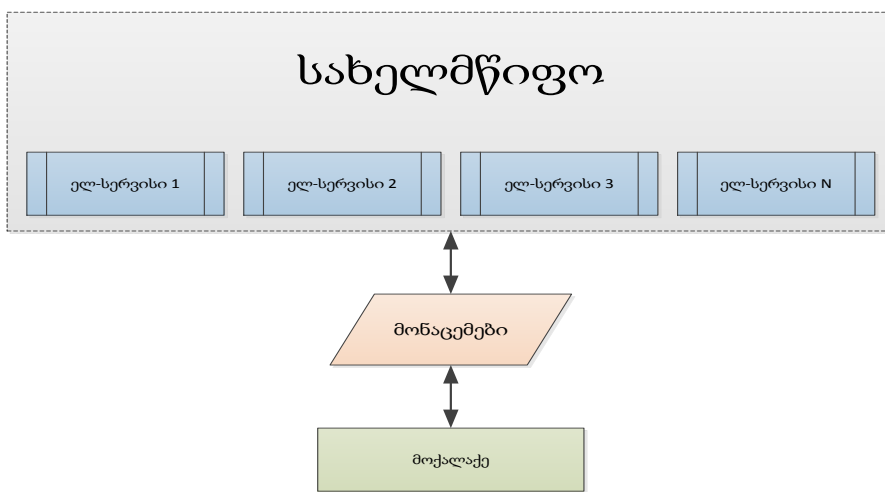
1. Нил Склейтев. Облачные вычисления в образовании: Аналитическая записка/Пер. с англ. Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании. - Москва, 2010.-12 ст.
2. Рихтер К. Chris Richteron Cloud Computing Security and Compliance. blog.savvis.net.
3. И.П. Клементьев, В.А. Устинов. Введение в облачные вычисления. <http://www.intuit.ru/department/se/incloudc/0/>.
4. Ковалева Н. А. Тезисы конференции "Новые информационные технологии в образовании". "Использование облачных сервисов в преподавании специальных дисциплин направления 230700 "Прикладная информатика". 2012г.

ელექტრონული სახელმწიფოს შესახებ
ო. ბახტაძე, ი. მარბალიტაძე, მ. ბებეჟაძე

ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარებას უამრავი ბენეფიტი ახლავს, მათ შორის ელექტრონული სახელმწიფოს (ელ-სახელმწიფოს) კონცეფციის ფორმულირება.

ელექტრონული სახელმწიფო განიხილება, როგორც XXI საუკუნის სახელმწიფოს სინონიმი, რომელსაც შეუძლია გლობალიზაციისა და გაურკვევლობის მაღალი რისკების პირობებში უზრუნველყოს საზოგადოების მდგრადი სოციალურ-ეკონომიური განვითარება.

სახელმწიფო ინფორმაციის ან სახელმწიფო სერვისების მიწოდება მოქალაქეებისთვის World-Wide-Web-ის საშუალებით განიმარტება, როგორც ელ-სახელმწიფო. ელ-სახელმწიფო – ეს არის სახელმწიფო საქმიანობის ინფორმაციული ასპექტების განხორციელების საშუალება, რომელიც დაფუძნებულია ინფორმაციული და საკომუნიკაციო (ისტ) სისტემების გამოყენებაზე და ასევე ახალი ტიპის სახელმწიფო, რომელიც ემყარება ამ ტექნოლოგიების გამოყენებას. ელ-სახელმწიფოს მნიშვნელობა დამოკიდებულია ზოგადად, სახელმწიფოს განვითარების დონეზე და მისი მოქალაქეების დაინტერესებაზე სახელმწიფოსთან იქონიონ ურთიერთობა ელექტრონული ფორმით. ელექტრონული ფორმით სახელმწიფოსთან ურთიერთობა ბევრად ეფექტურია და ბევრად ეკონომიური სხვა მეთოდებთან შედარებით. ძირითადი დაინტერესება ელ-სახელმწიფოს ფორმირებაში აუცილებლად უნდა მოდიოდეს უშუალოდ სახელმწიფოს მხრიდან, რადგანაც ეს უკანასკნელი წარმოადგენს იმ ინსტანციას, რომელიც ფლობს, იღებს და გასცემს მნიშვნელოვან ინფორმაციას. ისტორიული კონტექსტით ელ-სახელმწიფო შეიძლება ჩაითვალოს, როგორც სახელმწიფოს განვითარების შემდეგი ეტაპი. ელ-სახელმწიფოს არსებობა ეფუძნება ელექტრონულ სერვისებს (ელ-სერვისებს) რომელიც სახელმწიფოს სააგენტოების მიერ არის რეალიზებული და გარკვეული ფორმატით მიწოდებული.



ნახ. 1. ელ-სერვისები

ელ-სახელმწიფოს არსებობისთვის უმნიშვნელოვანესია ელ-სერვისები აკმაყოფილებდნენ შემდეგ კრიტერიუმებს:

1. ეფექტურობა

სახელმწიფო მუდამ უნდა იყოს ეფექტური მისი სტრუქტურისგან დამოუკიდებლად. ნებისმიერი სერვისი უნდა იყოს მაქსიმალურად სწრაფი გამოყენებაში. უნდა იყოს შესაძლებელი საკმაოდ მცირე დროის მონაკვეთში სასურველი სერვისის გამოძახება და საკმაოდ მცირე დროის მონაკვეთში სასურველი შედეგის მიღებაც.

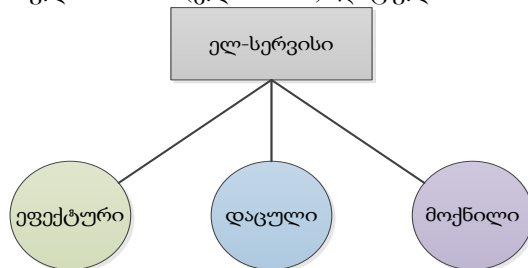
2. მოქნილობა

სახელმწიფო სტრუქტურის პერიოდული ცვლილება გარდაუვალია. ცვლილებას მოყვება ახალი კანონები, რეგულაციები და დებულებები, რომელიც პირდაპირ ან ირიბად აისახება ელ-სერვისების სტრუქტურაზე და/ან ნატურაზე. მოქნილობის

რეალიზაცია საუკეთესოდ არის შესაძლებელი სერვისების ვერსირებით ან ადაპტირებადი მონაცემთა სტრუქტურით.

3. უსაფრთხოება

ერთ-ერთი ყველაზე კრიტიკული ამოცანა სახელმწიფოსთვის როგორც ელ-სერვისების მომწოდებლისთვის არის მოწოდებული ინფორმაციის უსაფრთხოების კონტროლი. სხვადასხვა რეგულირების მექანიზმით შესაძლებელია ელ-სერვისების წვდომის და ელ-სერვისებზე დაშვების რეგულირება. შესაძლებელია მოწოდებული ინფორმაციის ელექტრონული არხის (ელ-არხის) დაცულობის ამაღლებაც.



ნახ. 2. ელ-სერვისის კრიტერიუმები

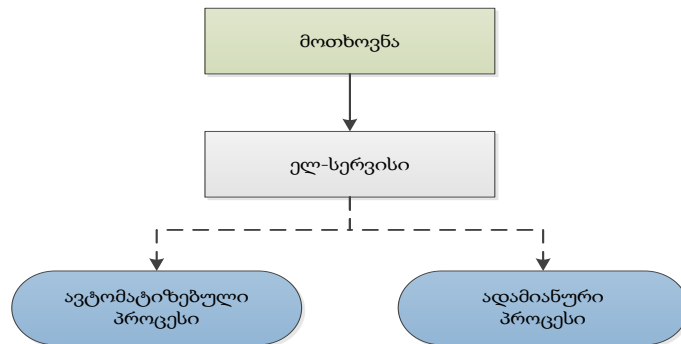
სახელმწიფო ელ-სერვისები განსხვავდება ნატურით. არსებობს ორი ნატურის სერვისები:

1. სინქრონული

სერვისის მომხმარებელი მოთხოვნიდან წამებში იღებს პასუხს. ეს მიუთითებს მაღალი დონის ავტომატიზაციაზე. როგორც წესი მსგავსი ნატურა გააჩნიათ სერვისებს რომელსაც ესაჭიროება ინფორმაცია გარკვეული (უკვე არსებული) მონაცემთა ბაზიდან.

2. ასინქრონული

სერვისის მომხმარებელი მოთხოვნიდან რამდენიმე საათიდან რამდენიმე დღის ინტერვალში იღებს პასუხს. ეს მიუთითებს ადამიანური რესურსის გამოყენებაზე სერვისების მიერ მოთხოვნილი შედეგების მისაღებად. თვით პერიოდი რომლის განმავლობაშიც უნდა იყოს მიღებული პასუხი შესაძლოა რეგულირდებოდეს გარკვეული კანონით.

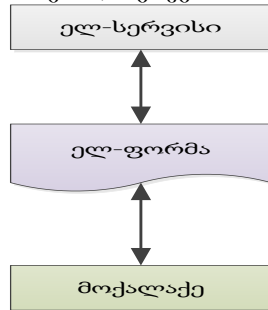


ნახ. 3. ელ-სერვისების ნატურა

შესაძლებელია სერვისების კომპოზიციაც გარკვეული შედეგების მისაღწევად. ანუ, გარკვეული ელ-სერვისი შესაძლოა მოიცავდეს როგორც ასინქრონულ ასევე სინქრონულ ელ-სერვისებს.

ელ-სერვისებთან ინტერაქციის პროცესი და პროცედურა საჭიროებს საკმაოდ დელიკატურ მიდგომას. სახელმწიფო უწყებების რაოდენობის სიდიდის გამო რთულია ყოველი უწყების შესაბამისი ელ-სერვისის ფორმალის დამახსოვრება და ყოველდღიურ ცხოვრებაში გამოყენება წინასწარი გაცნობის და ტრენინგის გარეშე. სირთულეს ფორმატების და ინტერფეისების სიმრავლე წარმოადგენს. რეგულაციების და სტანდარტების არარსებობის პირობებში ელ-სახელმწიფოსთან ინტერაქცია რთულდება და უკიდურეს შემთხვევებში შეუძლებელი ხდება. როდესაც მომხმარებელს ურთულდება

სახელმწიფო უწყების ელ-სერვისების ინტერფეისებთან მუშაობა ეს პირდაპირ აისახება ელ-სახელმწიფოს ეფექტურობაზე და წარმადობაზე. პრობლემის თავიდან აცილების მიზნით აუცილებელია სტანდარტების შემუშავება ყველა უწყების მასშტაბით და მათი რეგულარული დაცვა. მოქალაქეები სახელმწიფოს ელ-სერვისებით სარგებლობენ ელექტრონული ფორმების (ელ-ფორმების) მეშვეობით (ნახ. 4).



ნახ. 4. ელ-ფორმები

ელ-ფორმა, როგორც ტერმინი აღწერს იმ ელექტრონულ ინტერფეისს, რომელიც ტიპურად მონაცემების შეტანა/გამოტანის ველეებისგან შედგება. ელ-ფორმები მოქალაქეებთან ინტერაქციის საუკეთესო საშუალებაა. მათი სტანდარტიზაცია და რეგულაცია გაცილებით მარტივი პროცესია. შესაძლებელია ფორმის ზომების, ველეების განლაგების, ტერმინების დაშიფრების სტანდარტიზაცია. სტანდარტიზაცია, მაქსიმალური მიმსგავსება, მცირედი განმარტებითი ველეების დამატება უკვე საკმაოდ ამარტივებს მოქალაქისთვის ინტერაქციას ელ-სერვისებთან.

ელ-სერვისების ელექტრონული მდგენელი სახელმწიფოს ეძლევა ძალიან დიდი შესაძლებლობა რეალურად და სრულიად უტყუარად გაზომოს თავისი ეფექტურობა. გარდა უშუალო სტატისტიკისა, აუცილებელია მოქალაქეების აზრის მოსმენა, მისი გაანალიზება და გათვალისწინება სამომავლოდ. მოქალაქის აზრს ძალიან დიდი და გადაამწყვეტი წონა აქვს ელექტრონული მმართველობის (ელ-მმართველობის) მომავლისთვის.

ელექტრონული სახელმწიფოს შექმნას ზოგადად ძალიან ბევრი ბარიერი ახლავს. მათი უმეტესობა გადალახვადია მცირე დროის პერიოდში, მაშინ როდესაც სხვებს გაცილებით მეტი დრო სჭირდება. ტიპური ბარიერებია:

1. ელ-სერვისის პროვაიდერების იდენტიფიკაცია.

ნებისმიერ ელ-სერვისს ესაჭიროება პროვაიდერი. ანუ იურიდიული ერთეული, რომელიც იქნება ამ სერვისის მიერ წარმოებულ ოპერაციებზე პასუხისმგებელი. სირთულე მეტწილად კანონშია, რომელიც შესაძლოა არ იყოს ცალსახა განმსაზღვრელი სერვისის მფლობელის. ასეთ პირობებში აუცილებელია პრობლემის მიტიგაცია სარეგულაციო დადგენილებებით.

2. ინფორმაციული ინფრასტრუქტურის ნორმალიზაცია მთელი სახელმწიფოს მასშტაბით.

ხშირია განმეორებადი ან დუბლირებადი ინფორმაციის პრობლემა. ინფორმაციის დუბლირება საკმაოდ დიდი სირთულეების წყარო შეიძლება გახდეს. ამიტომაც, უნდა არსებობდეს მონიტორინგი და კონტროლი სახელმწიფო ინფრასტრუქტურის მასშტაბით, რომელიც მსგავსი პრობლემების მიტიგაციას ან სრულად არიდებას შეუწყობს ხელს. ნორმალიზაცია, როგორც წესი საკმაოდ რთული ამოცანაა, ამიტომაც აუცილებელია განმეორებადი საქმიანობის წინასწარ თავიდან აცილება მთელი სახელმწიფოს მასშტაბით.

3. მენეჯმენტი.

ელექტრონული სახელმწიფო ეფუძნება ერთ გარკვეულ კურსს ან ხედვას, რომელიც საწყის ეტაპებზე განისაზღვრება და რომელიც პერიოდულად განიცდის ევოლუციას. ამ პროცესის კონტროლი საკმაოდ რთული ამოცანაა თუ არ არსებობს შესაბამისი მენეჯმენტის ინფრასტრუქტურა. ყოველი სიახლე ან ცვლილება უნდა იყოს საკმაოდ მკაფიოდ სინქრონიზებული, დოკუმენტირებული და შეთანხმებული მთელი ელ-სახელმწიფოს მასშტაბით. ცვლილება ერთ რგოლში შესაძლოა კასკადურად აისახოს ყველა დამოკიდებულ რგოლზე, რაც პარალიზების საკმაოდ მაღალი რისკის შემცველია.

დღეს შესაძლოა მკაფიო კონცეფცია არ გამოიხატებოდეს, მაგრამ მეტისმეტად ბევრი ბენეფიტის ფონზე ელ-სახელმწიფოს იდეას დიდი გამოყენება და მომავალი აქვს. მის რეალიზაციას ძალიან დიდი დრო სჭირდება და ეს დრო პირდაპირპროპორციულია არსებული სახელმწიფოს სირთულისა და ეფექტურობისა. ელ-სახელმწიფოს პირველი ხელშემწყობი ერთეული მოქალაქეა. ნებისმიერ მოქალაქეს სჭირდება ეფექტური სახელმწიფო, რომელიც მცირედი დაყოვნებებით და ხარჯებით ემსახურება მას და სთავაზობს დიდ კომფორტს. ასეთი სახელმწიფო ხელს უწყობს მოქალაქეთა ნდობის აღდგენას სახელმწიფო მართვის ინსტიტუტებისადმი და საზოგადოების დემოკრატიულ განვითარებას ანიჭებს ახალ იმპულსს. ამიტომაც მსოფლიოს განვითარებულ ქვეყნებში მმართველი ორგანოები და საზოგადოება დაინტერესებულნი არიან შექმნან ელ.სახელმწიფო.

ელექტრონული სახელმწიფოს შესახებ

თ. ბახტაძე, ი. მარგალიტაძე, მ. გეგეჩკორი

რეზიუმე

ნაშრომში ზოგადად განხილულია ელ-სერვისების ის უმნიშვნელოვანესი კრიტერიუმები, რომელიც აუცილებელია ელექტრონული სახელმწიფოს არსებობისთვის. შემოთავაზებულია ელექტრონული სახელმწიფოს შექმნისას თანხმდები ბარიერების მოხსნის მეთოდები.

ОБ ЭЛЕКТРОННОМ ГОСУДАРСТВЕ

Т. БАХТАДЗЕ, И. МАРГАЛИТАДЗЕ, М. ГЕГЕЧКОРИ

Резюме

В работе рассмотрены важнейшие критерии электронных сервисов, необходимых для существования электронного государства.

Предложены методы снятия барьеров, сопутствующих созданию электронного государства.

ABOUT ELECTRONIC STATE

T. BAKHTADZE, I. MARGALITADZE, M. GEGECHKORI

Summary

The most important criteria of e-services that are necessary for e-states to exist are considered in the paper. The methods how to move away barriers that accompany the process of e-state creating are given in the work.

ლიტერატურა – REFERENCES - ЛИТЕРАТУРА

1. <http://en.wikipedia.org/wiki/E-Government>
2. http://usatoday30.usatoday.com/tech/columnist/ericjsinrod/2004-06-30-sinrod_x.htm
3. <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/un/unpan048065.pdf>
4. <http://www.youtube.com/watch?v=NJ-JyDO0vHs>
5. http://youtu.be/8v_uc5GsxO0
6. <http://web.worldbank.org/wbsite/external/topics/extinformationandcommunicationandtechnologies/etxtgovernment/0,contentmdk:20507153~menuupk:702592~pagepk:148956~pipk:216618~thesitepk:702586,00.html>

К ВОПРОСУ О БИНАРИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ

М. МИКЕЛАДЗЕ

mikeladzemaia@yahoo.com

Задачи, сводящиеся к классу задач распознавания образов, возникают в различных областях человеческой деятельности: медицине, экономике, технической диагностике, роботехнике, геологии и т.д. Создание интеллектуальных систем по распознаванию образов остаётся сложной теоретической и технической проблемой. Для решения этой проблемы в качестве математического аппарата были привлечены многие разделы информатики и прикладной математики: теория статистических решений, теория информации, методы алгебры логики и т.д. В процессе решения прикладных задач распознавания на основе прецедентов (задач классификации) сформировался целый ряд семейств алгоритмов: алгоритмы распознавания на основе принципа разделения, алгоритмы классификации на основе вычисления оценок, статистические, логические и структурные методы распознавания. В условиях такого многообразия методов распознавания выбор конкретного алгоритма диктуется спецификой и типом данных предметной области.

В данной статье основное внимание уделено логическим методам распознавания. Основное преимущество этих методов заключается в том, что их можно использовать при отсутствии сведений о функциях распределения и при малых объемах обучающей выборки. В этих методах также отпадает необходимость выбора метрики в пространстве описаний объектов, так как признаки объектов рассматриваются как логические переменные, а описания классов на языке признаков представляются в форме булевых соотношений. Все это обуславливает предпочтительность логических методов распознавания в случаях качественной (нечисловой) информации, например, в задачах медицинской диагностики, когда состояние пациента описывается как наличие или отсутствие ряда симптомов (головной боли, слабости, тошноты и т.д.). В случае количественной (числовой) информации также возможно применение логических методов – в результате бинаризации исходных признаков. При бинаризации количественного признака множество значений исходного признака разбивается на интервалы, а сам признак заменяется на ряд бинарных признаков – одноместных предикатов, определяющих принадлежность значений признака соответствующим интервалам разбиения [1, 2]. Так как вариантов разбиения довольно много, возникает задача выбора «оптимального» варианта разбиения множества значений бинаризуемого признака.

В данной статье предлагается алгоритм бинаризации количественных признаков для логических методов распознавания, обеспечивающий эффективность правила –классификатора с точки зрения как диагностирующей, так и дифференцирующей способности.

Группа логических методов разнообразна и включает методы различной сложности. В общем виде логические методы представляют собой поиск по обучающей выборке логических закономерностей для классов. Как правило, логические закономерности являются конъюнкциями элементарных высказываний (в общем случае – предикатами), принимающими истинное значение для достаточно большого числа объектов из соответствующего класса (диагностирующая способность) и ложное значение почти на всех объектах других классов (дифференцирующая способность). И тут возникает вопрос: согласно какому критерию следует называть предикат логической закономерностью того или иного класса объектов?

Для этого вводится понятие информативности и критерий информативности, и задача построения информативного предиката (логической закономерности) сводится к задаче оптимизации критерия информативности.

Пусть на основе обучающей выборки X^l следует определить информативность предиката φ по отношению к классу объектов c .

P_c - количество объектов класса c в выборке X^l ;

N_c - количество объектов во всех остальных классах в выборке X^l ;

$p_c(\varphi)$ - количество объектов класса c , для которых $\varphi(x) = 1$;

$n_c(\varphi)$ - количество объектов во всех остальных классах, для которых $\varphi(x) = 1$.

Различают следующие определения и критерии информативности [3]:

Эвристический. Информативность предиката тем выше, чем больше он выделяет объектов из «своего» класса и чем меньше – из других классов. Т.о. информативный предикат φ может быть получен в результате оптимизации по двум критериям:

$$p_c(\varphi) \rightarrow \max \text{ и } n_c(\varphi) \rightarrow \min .$$

Статистический. Для оценки информативности используется метод проверки статистических гипотез. Информативный предикат φ может быть получен в результате оптимизации статистического критерия:

$$I_c(\varphi) = -\ln h \begin{pmatrix} p_c(\varphi) & n_c(\varphi) \\ P_c & N_c \end{pmatrix}, \text{ где } h \begin{pmatrix} p & n \\ P & N \end{pmatrix} = \frac{C_P^p C_N^n}{C_{P+N}^{p+n}} .$$

Энтропийный. Для оценки информативности используется теория информации. Информативный предикат φ может быть получен в результате оптимизации энтропийного критерия:

$$IGain_c(\varphi) = \hat{H}(P, N) - \hat{H}_\varphi(P, N, p, n) ,$$

где $\hat{H}(P, N)$ - энтропия выборки X^l , а $\hat{H}_\varphi(P, N, p, n)$ - энтропия всей выборки после получения информации φ .

Так как предикаты, соответствующие интервалам разбиения бинаризуемого признака, участвуют в построении логических закономерностей для класса объектов, то «оптимальным» естественно считать разбиение, обеспечивающее наиболее информативные предикаты. В общем виде алгоритм разбиения множества значений количественного признака на информативные интервалы выглядит следующим образом [3]:

1. разбиение множества значений признака на «мелкие» интервалы;
2. выбор тройки соседних интервалов, для которых информативность предиката, соответствующего их объединению, превосходит информативность предикатов, соответствующих исходным интервалам разбиения;
3. слияние таких троек интервалов, для которых информативность предиката, соответствующего их объединению, максимальна.

На практике в качестве разбиения на «мелкие» интервалы, как правило, выбирается разбиение вида:

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

где $f(x)$ - количественный признак,

$$d_i = \frac{f^{(i)} + f^{(i+1)}}{2} , \quad i = 1, \dots, r - \text{пороги,}$$

$f^{(1)} \leq \dots \leq f^{(l)}$ - упорядоченные по возрастанию значения признака f , принимаемые им на объектах выборки x_1, \dots, x_l . Пороги определяются только для пар точек x_i, x_{i+1} , одна из которых принадлежит классу c , а другая - классу $\text{не } c$ (рис.1).

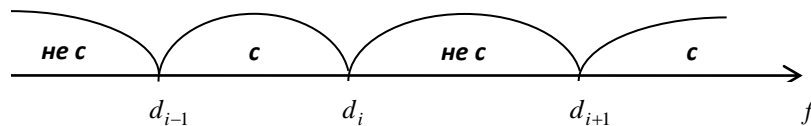


Рис. 1. Разбиение множества значений признака на «мелкие» интервалы.

Следует отметить, что при использовании вышеприведенного алгоритма бинаризации в реальных задачах возникают определенные трудности. Как правило, законы распределений реализаций объектов неизвестны, а малый объем обучающей выборки не обеспечивает достаточную надежность оценки параметров распределений и, соответственно, оценки информативности. Даже при наличии информации о законах распределений вычисление точных

критериев информативности достаточно сложно, а приближенные критерии, вычисляемые по сравнительно простым формулам, допускают значительную погрешность при малых объемах выборки. В такой ситуации предпочтительнее использовать эвристический критерий, который оценивает информативность предиката по количеству ошибок, полученных на контрольной выборке объектов.

Однако, в случае эвристического критерия отбор предикатов осуществляется по двум критериям $p_c(\varphi) \rightarrow \max$ и $n_c(\varphi) \rightarrow \min$ одновременно. Выделение предикатом объекта из «чужого» класса является ошибкой. Невыделение предикатом объекта из «своего» класса, в принципе, не считается ошибкой, так как этот объект может быть выделен другим предикатом. Хотя, чем больше объектов из «своего» класса выделяет предикат, тем он информативнее. На практике используются различные свертки критериев p и n , выбор той или иной свертки обусловлен особенностями предметной области или же особенностями постановки задачи распознавания.

В работе [4] для характеристики качества диагностического правила (конъюнкции) φ в задаче медицинской диагностики вводятся свойство существенности $P(\varphi)$ и свойство дифференциации $D(\varphi)$ правила:

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

Фактически, свойство существенности $P(\varphi)$ – это область охвата правила φ , а величину $D(\varphi)$ можно принять за степень уверенности в диагнозе, поставленном по правилу φ . Очевидно, требование $p_c(\varphi) \rightarrow \max$ и $n_c(\varphi) \rightarrow \min$ для поиска наиболее информативного предиката будет выполняться при $P(\varphi) \rightarrow \max$ и $D(\varphi) \rightarrow \max$. Однако на практике в задачах распознавания с неточными, нечеткими и неполными данными и некатегоричными знаниями (например, в задачах медицинской диагностики) вместо поиска предикатов, обеспечивающих максимальную степень уверенности в диагнозе, выбирают предикаты, просто обеспечивающие приемлемый уровень D степени уверенности (напр., $D = 0.95$). Это позволяет избежать решения сложной оптимизационной задачи. Именно этот подход используется в предлагаемом алгоритме бинаризации количественного признака.

Кроме этого, в реальных задачах, вследствие неточности, нечеткости и неопределенности (и, возможно, ошибочности) данных, признак может принимать одинаковые значения на разных классах. В этом случае требование, чтобы пороги проходили между точками, принадлежащими разным классам, меняется на требование, чтобы пороги проходили между точками, встречающимися в разных классах. Вместо картины, изображенной на рис.1, будет иметь место следующая картина (рис.2):

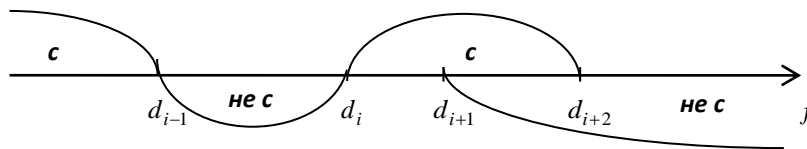


Рис. 2. Разбиение множества значений признака на «мелкие» интервалы для случая одинаковых значений на разных классах.

Окончательно, предлагаемый алгоритм бинаризации количественных признаков состоит в следующем:

1. разбиение множества значений признака на исходные интервалы вида

$$f(x) \leq d_1;$$

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

$$f(x) \geq d_r,$$

$d_i = \frac{f^{(i)} + f^{(i+1)}}{2}$, $i = 1, \dots, r$ - პოროგი, კორონი ოპრედელაიუნთა თოლიკო დია პარ თოქოვ x_i , x_{i+1} , ვსტრეჩაიუნთა ვ რაზნიხ კლასაჲ;

2. ვბორო ინტერვალი, დია კორონი სოიჩესტვენნიხ $P(\varphi) = \frac{P_c(\varphi)}{P_c}$ სოოტვესტვოიუნთა პრედიაკა φ მაქსიმალთო;
3. ვბორო სოსედნოგო ს ნიმ ინტერვალი, კორონი ობესეჩიტ ნაიბოლიშეე სოიჩესტვენნიხ $P(\psi) = \frac{P_c(\psi)}{P_c}$ პრედიაკა ψ , სოოტვესტვოიუნთა ობედინიუნთა ეთიხ ინტერვალოვ;
4. ესლი $D(\psi) = 1 - \frac{n_c(\psi)}{N_c} \geq D$ - სტენი უვერენნიხ პრედიაკა ψ , სოოტვესტვოიუნთა ობედინიუნთა ინტერვალოვ, ნე ნიჲე პრიემლეოგო ურენია D სტენი უვერენნიხ, სლით ეთი ინტერვალი ვ პროდოლიჲთ ვპოლინთა სტაგა 3 დია ნოვოგო ინტერვალი; ვ პროტივნიო სლუჩაე პერიტი კ სტაგა 2. ვ რეზულთა ვე დოლთა რაზბიენი მნოჲესტვა ჲნიჩესტვენნიო პრიზნაკა ნა ინფორმატივნიე ინტერვალი: $p_c(\psi) \rightarrow \max$ ვ ობსოლიტოე ჩისო ოშიბოკ $\frac{n_c(\psi)}{N_c} \leq 1 - D$ ბლიკო კ 0 პრი ფიქსიროვანი დოსთატოე ვისოკოგო, ბლიკოგო კ 1, ურენია D სტენი უვერენნიხ.

პრეიმუშესტო პრედოჲენიო ალგორითმა ჲკლიჩესტა ვ თო, კო პრი მალთა ობეჲოვ მობუჩაიუნთა ვბორო, პრი ობსოტვესტიე ინფორმატიე ო პარამეტრაჲ რაზბრედელენი, ვ ოსოილთა პერესეკაიუნთა მნოჲესტვა ჲნიჩესტვენნიო პრიზნაკა ნა რაზნიხ კლასაჲ ვ ბეზ რეშენიე სლოჲნიო ოპტიმიზაციონნიო ჲდაკი მობოლიტოე რაზბიენი მნოჲესტვა ჲნიჩესტვენნიო პრიზნაკა ნა ინფორმატივნიე ინტერვალი.

ბამოცნოზის ლოგიკური მეთოდებისთვის განკუთვნილი რაოდენობრივი ნიშნების ბინარიზაციის საკითხისათვის

მ. მიქელაძე

რეზიუმე

წარმოდგენილია რაოდენობრივი ნიშნების ბინარიზაციის ალგორითმი გამოცნობის ლოგიკური მეთოდებისათვის. ამ ალგორითმში გამოიყენება ინფორმატიულობის ევრისტიული კრიტერიუმი, რაც საშუალებას იძლევა რთული ოპტიმიზაციური ამოცანის ამოსხნის გარეშე მივიღოთ ნიშანთვისებების მნიშვნელობათა სიმრავლის დაყოფა ინფორმატიულ ინტერვალებად.

ON THE ISSUE OF A BINARIZATION OF QUANTITATIVE FEATURES FOR LOGICAL METHODS OF RECOGNITION

M. MIKELADZE

Summary

The algorithm of a binarization of quantitative features for logical methods of recognition is considered in the paper. The heuristic criterion of informativeness, that allows to receive splitting of a set of quantitative feature values into informative intervals without the solving a complex optimization problem, is used in this algorithm.

**К ВОПРОСУ О БИНАРИЗАЦИИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ
ЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ**

М. МИКЕЛАДЗЕ

Резюме

Предложен алгоритм бинаризации количественных признаков для логических методов распознавания на основе эвристического критерия информативности, который позволяет получить разбиение множества значений количественного признака на информативные интервалы без решения сложной оптимизационной задачи.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Вапник, В. Н., Червоненкис, А. Я. Теория распознавания образов. Москва: Наука, 1974, 416 с.
2. Микеладзе М., Радзиевский В., Джалябова Н., Радзиевский Д. Методы искусственного интеллекта для решения неформализованных задач диагностики сложных систем на примере медицины. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები”, თბ., 2012, გვ. 403-406.
3. Воронцов К. В. Лекции по логическим алгоритмам классификации. 2007 (<http://www.ccas.ru/voron/download/LogicAlgs.pdf>)
4. Микеладзе М.Г. Об одном методе выявления предпочтений эксперта на множестве диагностических критериев. *J. Georgian Engineering News*. 2008, №3, с.141-143.

**სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტა
კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მახასიათებლებზე**

მ. რადიევსკი, მ. მიქლაძე, ნ. ჯალიაბოვა, ღ. რადიევსკი

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

შესავალი

დიაგნოსტიკის ამოცანათა ამოხსნა მჭიდროდაა დაკავშირებული დიაგნოზირებადი ობიექტის დაკვირვებად დარღვევათა ანალიზთან და მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენასთან. მხოლოდ დარღვევათა მიზეზების გამოვლენის საფუძველზე შეიძლება არჩეულ იქნეს ობიექტზე ზემოქმედების მეთოდები, რომლებსაც ექნებათ ამ დარღვევათა აცილების უნარი. უნდა აღინიშნოს, რომ დიაგნოზირებადი ობიექტის თვისებები, მათი წარმოდგენის ხერხი, კარნახობს დასმული ამოცანის ამოხსნის სხვადასხვა მეთოდებს. თუ ობიექტი წარმოადგენს რთულ სისტემას, მაშინ მისი მონაცემთა დიდი ნაწილი წარმოდგინება არა მხოლოდ რაოდენობრივ, არამედ თვისებრივ მონაცემთა სახით. ასეთი ამოცანები წარმოადგენენ არაფორმალურად ამოცანებს და ამის გამო მათი ზუსტი, რაოდენობრივი ანალიზი ძნელია და უფრო ხშირად შეუძლებელია. მსგავსი ამოცანების ამოხსნა სრულდება, როგორც წესი, შესაბამისი დარგის სპეციალისტების მიერ, მათი ცოდნის, გამოცდილების და ინტუიციის საფუძველზე. სწორედ ამ კლასს ეხება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა, რომელიც განიხილება მოცემულ ნაშრომში.

ამ ამოცანების ამოხსნის ავტომატიზაცია თხოვლობს ისეთი სისტემების შექმნას, რომლებიც ინახავენ ობიექტის შესახებ ფორმალურ და ევრისტიკულ ცოდნას და შექმნილ ცოდნას იყენებენ შესაბამისი ამოცანის ამოხსნისას. სისტემები, გამოხსნილი მსგავსი ამოცანების გადასაწყვეტად, წარმოადგენენ ინტელექტუალურ სისტემებს. სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა წარმოადგენს არაფორმალურად ამოცანას, რომლის გადასაწყვეტად უნდა იქნეს აგებული ინტელექტუალური სისტემა.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის ამოხსნა

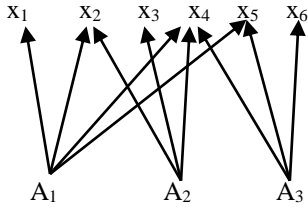
ტრადიციულად დიაგნოსტიკის ამოცანათა კომპიუტერული ამოხსნა დაიყვანება ისეთი სისტემების ან პროგრამების დამუშავებაზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ შესავალ მონაცემთა სიმრავლის (სიმპტომების) ასახვას გამოსავალ სიმრავლეში – დაავადების დიაგნოზებში [1,2]. აღსანიშნავია, რომ ამ მიდგომაზე დიდი გავლენა მოახდინა ბიჰევიარისტულმა ფსიქოლოგიამ, რომელშიც განიხილავენ ადამიანის ქცევას – სტიმულების (შესავალი) და რეაქციების (გამოსავალი) ფიქსირების გზით. თუ ხდება ექიმის ქცევის მოდელირება დიაგნოზის დასმის დროს, მაშინ სტიმულების როლში გვექნება სიმპტომები და რეაქციების როლში – დიაგნოზი. ასეთი მიდგომა თითქმის სრულიად იგნორირებს ექიმის ცოდნას, რომელიც მიღებულია მის მიერ კვალიფიკაციის მიღების შედეგად და, რომელიც არ დაიყვანება მხოლოდ სტიმულების და რეაქციების დამოკიდებულებაზე. ამ ამოცანის ამოხსნის ავტომატიზაციის მიზნით გამოვიყენოთ მიზეზობრივი ანალიზის მეთოდი, შეთავაზებული [1]–ში და გამოყენებული რიგი ამოცანების ამოხსნაში. ამ მეთოდის გამოყენებისას კომპიუტერში უნდა ჩამოყალიბდეს ცოდნა მედიცინის შესაბამისი დარგის შესახებ.

მოცემული სამუშაო წარმოადგენს მცდელობას განვახორციელოთ სამედიცინო დიაგნოსტიკის, ჩვენ შემთხვევაში კუჭის გასტრიტის, ამოცანათა ამოხსნა ცოდნის ელემენტების გამოყენებით. ეს ცოდნა შეიცავს ორგანიზმის და მისი კომპონენტების დარღვევების აღწერას და აგრეთვე, დარღვევებს შორის კავშირებს.

ცოდნის წარმოსადგენად გამოიყენება სემანტიკური ქსელი, რომლის წევრობები ასახავენ სხვადასხვა შესაძლო დარღვევებს, ხოლო წიბოები - დარღვევებს შორის დამოკიდებულებებს [2,3,4]. ვინაიდან ნებისმიერი სემანტიკური ქსელი წარმოადგენს გრაფს და გრაფი შეიძლება წარმოდგენილ იქნეს (0–1) მატრიცის სახით, ამიტომ

სემანტიკური ქსელიც წარმოიდგინება მატრიცის სახით. ქვემოთ წარმოდგენილია აბსტრაქტული სემანტიკური ქსელი (სურათი1) და შესაბამისი მატრიცა (სურათი2).

სემანტიკურ ქსელში სიმპტომებსა და დაავადებებს შორის გამოიყენება ისეთი არამკაფიო დამოკიდებულებები, როგორც არის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“, „ხელს უწყობს“, რომლებიც იძლევიან შესაძლებლობას უფრო ზუსტად აღვწეროთ სიტუაცია დაკავშირებული დაავადებასთან.



სურათი 1

| | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|----------------|----|----|----|----|----|----|
| A ₁ | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| A ₂ | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| A ₃ | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |

სურათი 2

ქსელზე გამოიყოფა წვეროები, რომლებიც შეიძლება უშუალოდ დაკვირვებადი აღმოჩნდნენ. ამ წვეროებს სიმპტომები ეწოდოთ [1,2]. სისტემა-ორგანიზმის თითოეული ქვესისტემა ხასიათდება თავისი სპეციფიური ნიშნებით, მათი მდგომარეობა ხასიათდება მოცემული ქვესისტემისათვის სპეციფიური სიმპტომების ამონაკრევით, რომლებიც მოწმდებიან ყოფნაზე ან არყოფნაზე. სიმპტომები ლაგდებიან იმის მიხედვით თუ რამდენად ადვილია მათი გამოვლენა.

ყოველ ზემოთ ხსენებულ არამკაფიო მიმართებას მიეწერება წონითი კოეფიციენტები a_i $i=1...k$, რომლებიც ასახავენ სარწმუნოების ხარისხს. მაგალითად, მიმართებისათვის „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“ ეს კოეფიციენტები ასახავენ იმის სარწმუნოების ხარისხს, რომ რომელიღაც დარღვევა d_i არის x_j სიმპტომის მიზეზი, ან რომელიღაც x_j სიმპტომი არის d_i დარღვევის შედეგი. წონითი კოეფიციენტები აღებულია (0-1) შუალედიდან. დიაგნოსტიკების ამოცანათა ამოხსნისას, დაკვირვებადი მონაცემების (სიმპტომების) საფუძველზე უნდა გაკეთდეს დასკვნა მათი გამომწვევი მიზეზების შესახებ. ვთქვათ, ჩვენ გვაქვს სიმრავლე რომელიღაც ავადმყოფის სიმპტომების $x = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ (სემანტიკური ქსელის წვეროები) და აგრეთვე გვაქვს სიმრავლე იმ დარღვევებისა (დაავადებებისა), $A = \{A_1, A_2, \dots, A_l\}$, რომელთა მეშვეობით ეს სიმპტომები შეიძლება იყოს გამოწვეული (წვეროები A_1, A_2, \dots, A_l). ეს წვეროები წარმოადგენენ ამ სიმპტომების შესაძლო მიზეზებს. სიმპტომებს და დარღვევებს აკავშირებენ დამოკიდებულებები $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$ „შესაძლო მიზეზი“, „შესაძლო შედეგი“, „ხელს უწყობს“. თუ x_i დაკავშირებულია A_j – სთან, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ A_j არის x_i -ის შესაძლო მიზეზი. ცხადია, რომ ნებისმიერი სიმპტომი x სიმრავლიდან შეიძლება იყოს გამოწვეული სხვადასხვა შესაძლო მიზეზით. ვთქვათ, ჩვენი მონაცემების საფუძველზე აგებულია სემანტიკური ქსელი. ამ ქსელში წარმოდგენილია ექსპერტის ცოდნა შესაბამისი სისტემის შესახებ. ვთქვათ, რომელიღაც ავადმყოფს აღმოუჩნდა სიმპტომები x_i, x_j, x_p . შესაბამის წვეროებს ეწოდოთ აქტივიზირებული წვეროები. რკალები გამოსული აქტივიზირებული წვეროებიდან იკვეთებიან წვეროებში, რომლებიც ასახავენ სავარაუდო მიზეზებს. ამ წვეროების შეფასება ყალბდება იმ რკალების წონითი კოეფიციენტების ჯამის გამოთვლით, რომლებიც გამოდიან აქტივიზირებული წვეროებიდან და იკვეთებიან რომელიღაც წვეროებზე. ეს წვეროები $A = \{A_1, A_2, \dots, A_l\}$ წვეროების ქვესიმრავლეს წარმოადგენენ. ყველაზე ალბათური ჰიპოთეზა იქნება ის, რომელიც წარმოდგენილია წვეროთი რომელსაც გააჩნია მაქსიმალური შეფასება. ეს წვერო ასახავს სავარაუდო დიაგნოზს. თუ ცოდნა წარმოდგენილია მატრიცის სახით, მაშინ ყველაზე ალბათური ჰიპოთეზა გამოითვლება იმ სვეტების სტრიქონთა წონითი კოეფიციენტების ჯამით, რომლებიც

ასახავენ აქტივობებზე უკეთესი მონაცემებს. ყველაზე ალბათური ჰიპოთეზა იქნება ის, რომელიც წარმოდგენილია სტრიქონით, რომელსაც გააჩნია მაქსიმალური შეფასება.

იყო განხილული 49 სიმპტომი და გასტრიტის 11 სახის დაავადება. სიმპტომების ძირითადი რაოდენობა იყო წარმოდგენილი თვისობრივად ბუნებრივ ენაზე. სიმპტომების რაოდენობის შემცირების მიზნით ტარდება მათი ანალიზი. ანალიზის ერთ-ერთი ფორმა მდგომარეობს შემდეგში: თუ სიმპტომს აქვს ერთი და იგივე მნიშვნელობა სხვადასხვა კლასის დაავადებისთვის, მაშინ კოორდინატა სათავის მიწვევა საშუალებას მოგვცემს ეს მნიშვნელობა ნულის ტოლი გავხადოთ. ეს ცვლადი არაინფორმატულია და შეიძლება გამორიცხულ იქნეს ცვლადების ნაკრებიდან. ცვლადები, რომელთა მნიშვნელობა სხვადასხვა კლასის დაავადებისთვის მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მნიშვნელოვანია, რადგან მოაქვთ დიდი ინფორმაცია ობიექტთა სხვაობის შესახებ. თუ ერთი კლასის დაავადებისთვის ერთი და იგივე სიმპტომის მნიშვნელობა მკვეთრად განსხვავებულია, მაშინ ეს სიმპტომი არაინფორმატულია და შეიძლება იყოს გამორიცხული სიმპტომების ნაკრებიდან. სემანტიკური ქსელის წევრობებში იყო წარმოდგენილი ისეთი სიმპტომები როგორც არის:

1) კუჭის ტკივილი ჭამამდე ან ჭამის შემდეგ, 2) კუჭ-ნაწლავის მუშაობის დარღვევა, 3) კუჭში შეკრულობა ან ფაღარათი, 4) სისუსტე, 5) თავის ტკივილი, 6) გულისრევა, 7) დებინება 8) გამონაყარი მუცელზე, 9) უფერულობა, 10) თავბრუსხვევა, 11) ცივი ნაშიანი კანი, 12) პულისის დაცემა, 13) ტკივილი პირში, 14) ყლაპვის სირთულე, 15) ტკივილი მკერდის უკან და ეპიგასტრალურ არეში, 16) წებოვანი ნერწყვი, 17) ტკივილი მუცლის ზედა ნაწილში, 18) ნერწყვის დენა, 19) დებინება სისხლით, 20) ტკივილი ზედა ნაწილში, 21) სლოკინი, 22) უსიამოვნო გემო პირში, 23) პირიდან ცუდი სუნი, 24) მადის დარღვევა, 25) გულმმარვა, 26) მუცლის შებერილობა, 27) კუჭის სიმაგრის გრძობა, 28) ყრუ მწიწკნავი ტკივილები გულის კოვზთან საჭმლის მიღების შემდეგ, 29) მუცელ სლოკინი, 30) უზომოზე მშვიერი ტკივილები, რომელიც ჩერდება ჭამის შემდეგ, 31) ციება, 32) აწეული სიცხე, 33) სისუსტე, 34) ტკივილი მუცლის ზედა არეში პულსაციის დროს, 35) ტკივილები გულის კოვზთან, 36) უარი ჭამა-სმაზე, 37) ეპიგასტრალურ არეში სიმძიმის გრძობა ჭამის შემდეგ, 38) ყრუ მწიწკნავი ტკივილები ეპიგასტრალურ არეში, 39) ყლაპვის გაძნელება, 40) სლოკინი ჰაერით, 41) სისხლში მაღალი ნეიტროფილური ლეიკოციტოზი, 42) სოფ-ს გადიდება, 43) ცვლილება ცილების ფრაქციებში და ანთების სხვა ნიშნები, 44) კუჭის და ნაწლავების დისპეპსია, 45) კუჭის სეკრეცია, 46) ძლიერი ტკივილი და სისხლი, 47) კუჭის ლორწოვანი გარსის დაზიანება – სიღრმისეული დაზიანება, 48) კუჭის წვენის გამოყოფა.

იყო განხილული გასტრიტის დაავადებების ისეთი სახეები როგორც არის:

1) ალერგიული, 2) ეროზიული, 3) კოროზიული, 4) ენდოგენური, 5) ფლეგმანური, 6) ქრონიკული, 7) სეკრეციული უკმარისობით მიმდინარე, 8) არასპეციფიკური, 9) ნორმალური ან მოჭარბებული სეკრეციული ფუნქციით მიმდინარე, 10) გიგანტური ჰიპერტროფული, 11) პოლიპოზური გასტრიტი.

დიაგნოზის დასმისას უპირველეს ყოვლისა განიხილება ანამნეზის მონაცემები და მონაცემები, რომელთა მოპოვება შესაძლებელია უშუალო დაკვირვების მეშვეობით ანალიზების ჩატარების გარეშე და ამის საფუძველზე ხდება სავარაუდო ჰიპოტეზების დადგენა. შემდეგ განიხილება სიმპტომები, რომლებიც მიღებულია ანალიზის შედეგად, და ამის საფუძველზე ხდება სავარაუდო დიაგნოზის დაზუსტება. საბოლოოდ მოწმდება დაზუსტებული დიაგნოზი. ამისათვის მოწმდება აქვს თუ არა ავადმყოფს სიმპტომები, რომლებიც უნდა ჰქონოდა იმ შემთხვევაში, თუ სავარაუდო დიაგნოზი გამართლდა. ამისათვის ხორციელდება ავადმყოფის დამატებითი გამოკვლევა. ყოველი აღმოჩენილი ახალი სიმპტომი ზრდის შესაბამისი წევრობის შეფასებას, რაც იწვევს წევრობის შეფასებების ახალ განაწილებას. ამ ახალი განაწილების საფუძველზე მიიღება საბოლოო გადაწყვეტილება. წევრო, რომლის შეფასება იქნება მაქსიმალური სხვა წევრობებთან შედარებით, ასახავს ყველაზე ალბათურ დიაგნოზს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, შეფასებები ახასიათებენ კონკრეტულ ავადმყოფს და იცვლებიან ყოველ ახალ პაციენტზე. თუ წევრო A_i დაკავშირებულია არა მარტო წევრობებთან, რომლებიც სიმპტომებს ახასიათებენ, არამედ სხვა წევრობებთანაც, რომლებიც ახასიათებენ, მაგალითად პაციენტის რაიმე დამატებით დაავადებას ან რაიმე მანეჟმენტს, მაშინ წონა, რომელიც მიეწერება ამ კავშირებს, ემატება შესაბამისი წევროს წონას, რაც ზრდის ამ წევროს სარწმუნოების ხარისხს.

ყველაზე ალბათური დიაგნოზის დასადგენად (განხილვის მოცემული დონის ფარგლებში) ამოირჩევა წვერო, რომელიც ღებულობს მაქსიმალურ შეფასებას (5,6,7). ეს წვერო ყველაზე სარწმუნო პიპოთეზას ასახავს. ამ პიპოთეზის შემოწმების მიზნით ვათვალიერებთ იმ წვეროებს (სიმპტომებს), რომლებიც დაკავშირებული არიან განხილულ წვეროსთან და ვამუდავებთ იმ სიმპტომებს, რომლებიც საწყის სტადიაზე არ იყვნენ გამოვლენილნი, მაგრამ რომლებიც დაკვირვებადი უნდა იყონ თუ საწყისი პიპოთეზა სწორია. ამ მონაცემების საფუძველზე გამოითვლება აღნიშნული წვეროს ახალი შეფასება, აგრეთვე სხვა წვეროების ახალი შეფასებები ხელახლა გამოვლენილი სიმპტომების გათვალისწინებით. ამოირჩევა წვერო, რომელმაც მაქსიმალური შეფასება მიიღო. თუ ეს არის აღნიშნული წვერო, მაშინ პიპოთეზა ითვლება დადასტურებულად. წინააღმდეგ შემთხვევაში მთელი პროცედურა მეორდება იმ ახალი წვეროსადმი, რომელმაც მიიღო მაქსიმალური შეფასება. დიაგნოზის დასმის პროცედურა მოცემულ დონეზე მთავრდება, როდესაც რომელიმე პიპოთეზა დასტურდება. მაგალითისთვის ავიღოთ გასტრიტის მონაცემები, რომლებიც წარმოადგენენ ძირითადი მონაცემების ქვესიმრავლეს. ეს მონაცემები წარმოადგენენ კუჭის გასტრიტის ზოგიერთი სახეობის სიმპტომებს. ყოველი სიმპტომი წარმოდგენილია ბუნებრივ ენაზე თვისობრივად და მოცემულია შემდეგი შემადგელობით:

- 1) კუჭის ტკივილი ჭამამდე ან ჭამის შემდეგ, 2) კუჭ-ნაწლავის მუშაობის დარღვევა, 3) კუჭში შეკრულობა ან ფადარათი, 4) სისუსტე, 5) თავის ტკივილი, 6) გულისრევა, 7) ღებინება 8) გამონაყარი მუცელზე, 9) უფერულობა 10) თაგბრუხვევა, 11) ცივი ნამიანი კანი, 12) პულსის დაცემა, 13) ტკივილი პირში, 14) ყლაპვის სირთულე, 15) ტკივილი მკერდის უკან და ეპიგასტრალურ არეში, 16) წებოვანი ნერწყვი, 17) ტკივილი მუცლის ზედა ნაწილში, 18) ნერწყვის დენა, 19) ღებინება სისხლით, 20) ძლიერი ტკივილი და სისხლი, 21) კუჭის ლორწოვანი გარსის დაზიანება-სიღრმესეული დაზიანება, 22) კუჭის წველის გამოყოფა.

როგორც იყო აღნიშნული ნებისმიერი სემანტიკური ქსელი წარმოიდგინება (0-1) მატრიცის სახით. ასეთი წარმოდგენა ხელსაყრელია კომპიუტერში წარსადგენად. სემანტიკური ქსელი ასახული ბოლო მონაცემების მიხედვით წარმოიდგინება შემდეგი მატრიცის სახით (სურათი 3):

სიმარტივისთვის აქ ისევე როგორც სემანტიკურ ქსელში, აღებულია მხოლოდ ორი სახის კოეფიციენტი 0 და 1.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| A ₁ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A ₂ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A ₃ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A ₄ | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

სურათი 3

სემანტიკური ქსელის მონაცემთა ანალიზის და შესაბამისი მიმართებითი მატრიცის ანალიზის საფუძველზე შეიძლება იყოს მიღებული პიპოტეზები დაკვირვებადი დარღვევების (სიმპტომების) მიზეზების შესახებ.

ასე, სიმპტომების 5, 6, 8, 9, 11 საფუძველზე ხდება აქტივიზირება პიპოტეზის, რომ ამ დარღვევების შესაძლო მიზეზი არის ალერგიული გასტრიტი. სიმპტომების 13, 14, 15, 16 საფუძველზე ხდება აქტივიზირება პიპოთეზის, რომ ამ დარღვევების შესაძლო მიზეზი არის კოროზიული გასტრიტი. სიმპტომების 16, 17, 18, 19 საფუძველზე ხდება

აქტივიზირება ჰიპოთეზის, რომ ამ დარღვევების შესაძლო მიზეზი არის ენდოგენური გასტრიტი. იმისათვის, რომ უფრო ზუსტად დავადგინოთ მიზეზები, უნდა გამოყენებულ იქნეს ზემოთ მოყვანილი იტერაციული პროცედურა და აგრეთვე, ყოველ რეალს ჰქონდეს მინიჭებული სარწმუნოების კოეფიციენტები. როგორც წესი. ამ კოეფიციენტებს ანიჭებს შესაბამისი დარგის სპეციალისტი – ექსპერტი.

**სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალური ამოცანის გადაწყვეტა
კუჭის გასტრიტის კლასის დაავადებათა მატალითზე**

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

რეზიუმე

განიხილება გასტრიტის კლასის კუჭის დაავადებების კომპიუტერული დიაგნოსტიკის ამოცანა დაავადებათა შესახებ ცოდნის საფუძველზე. ეს ცოდნა შეიცავს დაავადებული ორგანიზმის კომპონენტების შესაძლო დარღვევათა აღწერებს, აგრეთვე, ინფორმაციას სიმპტომებსა და მათ მიზეზებს შორის არსებული ურთიერთკავშირების შესახებ. ხორციელდება დაავადებული ორგანიზმის დარღვევათა მიზეზობრივი ანალიზი, რომლის საფუძველზე ხორციელდება საბოლოო დიაგნოზის დასმა.

**SOLUTION OF INFORMALIZED PROBLEM OF MEDICAL DIAGNOSIS APPLIED
TO THE STOMACH GASTRITIS CLASS OF DISEASES**

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

Summary

The problem of computer diagnosis of gastritis class stomach diseases, on the basis of knowledge about the disease is considered in the paper. This knowledge includes a description of possible alterations in the components of a sick organism, as well as information about the relations that exist between the symptoms and their causes. Applying this knowledge, casual analysis of alterations in a sick organism is performed on the basis of which a final diagnosis is given.

**РЕШЕНИЕ НЕФОРМАЛИЗОВАННОЙ ЗАДАЧИ МЕДИЦИНСКОЙ
ДИАГНОСТИКИ НА ПРИМЕРЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ КЛАССА ГАСТРИТ ЖЕЛУДКА**

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

Резюме

Рассматривается задача компьютерной диагностики желудочных заболеваний класса гастритов, на основе знаний о заболеваниях. Эти знания включают описания возможных нарушений компонентов больного организма, а также информацию о взаимосвязях, существующих между симптомами и их причинами. Осуществляется причинный анализ нарушений больного организма, на основе которого ставится окончательный диагноз.

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. Радзиевский В.С., Радзиевский Д.В. Причинный анализ негативных экологических состояний окружающей среды. Сборник трудов Института Систем управления Арчила Элиашвили №13, Тбилиси, 2009.
3. Радзиевский В.С., Джалябова Н.И., Ломашвили Н.Г. Экспертная система с нечёткими знаниями для задач технической диагностики. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1999წ. გვ. 198-203.
4. რაძიევსკი ვ., ჯაღიაბოვა ნ., ლომაშვილი ნ. არამკაფიო ცოდნის მოდელი სამედიცინო დიაგნოსტიკის და მკურნალობის მეთოდის არჩევის ამოცანებში. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 1998წ. გვ. 214-218.
5. Микеладзе М., Радзиевский В., Джалябова Н., Радзиевский Д. Методы искусственного интеллекта для решения неформализованных задач диагностики сложных систем на примере медицины. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის დაარსებიდან 90 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “21-ე საუკუნის მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების განვითარების ძირითადი პარადიგმები”. საქართველო, თბილისი 19-21 სექტემბერი, 2012 გვ. 403–406.
6. Радзиевский, Н. Джалябова, Д. Радзиевский Интеллектуальная система медицинской диагностики и выбора лечения. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №16, გვ. 212-218, 2012.
7. რაძიევსკი ვ., ჯაღიაბოვა ნ., მიქელაძე მ., რაძიევსკი დ. ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა წონასწორობის თვალსაზრისით და მისი შესაძლო დარღვევების მიზეზობრივი ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №16, გვ. 226-232, 2012.

ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

В. РАДЗИЕВСКИЙ, Д. РАДЗИЕВСКИЙ

v_radzievski@yahoo.com, dradzievski@gmail.com

Один из подходов, связанный с созданием систем диагностики, осуществляется путём наблюдения за субъектом, осуществляющим диагностику. Если речь идёт о моделировании процесса медицинской диагностики, то осуществляется наблюдение за поведением врача при постановке диагноза. Следует при этом отметить, что наблюдение за поведением субъекта, который осуществляет диагностику, сводится к рассмотрению стимулов, которые получает испытуемый (входов) и его реакций (выходов). На этой основе строится функция, от которой требуется имитация поведения испытуемого, т.е. выдача на одни и те же стимулы одинаковых реакций с испытуемым. Ещё важное требование предъявляемое к этой функции заключается в требовании давать экстраполяцию, т.е. уметь диагностировать объекты, не входящие в обучающую выборку. Эта функция, как правило, формируется путём обучения, что в конечном итоге даёт возможность построить систему, моделирующую деятельность человека (врача) в процессе установления диагноза. Такой же результат может быть получен на основе изучения истории болезней. Следует отметить, что на этот подход большое влияние оказала бихевиористская психология, в которой изучается поведение человека путём фиксации стимулов (входов), получаемых испытуемым и реакций (выходов). В кибернетике такой подход известен как метод чёрного ящика. Существует большое количество систем распознавания, и диагностики, при создании которых используются методы бихевиористской психологии или чёрного ящика. Это перцептрон Розенблата /1/, Обучаемая матрица Штеинбуха /2/, Адаптивный линейный пороговый элемент Видроу /3/ и другие. Следует, однако, отметить, что все эти системы требуют большого количества статистических данных (примеров) необходимых для обучения.

В данной работе для решения подобных задач предпринята попытка использования знаний специалиста соответствующей предметной области. В нашем случае для установления диагноза или решения задачи медицинского прогнозирования используются медицинские знания. Приоритет, который присваивается знаниям, основан на принципах, высказанных многими специалистами искусственного интеллекта и экспертных систем, в частности, Фейгенбаумом /4/. Один из этих принципов касается мощности систем, базирующихся на знаниях или экспертных систем. В нём говорится, что мощность экспертной системы обусловлена в первую очередь мощностью базы знаний и возможностью её пополнения, и только во вторую очередь используемыми ею методами (процедурами). Опыт показал, что важнее иметь разнообразные специальные знания, а не общие процедуры вывода. При этом, не игнорируя данные входов и выходов (стимулов и реакций), при решении данной задачи будем использовать знания врача, полученные им в результате квалификации, которые не сводятся к соотношению входных данных (стимулов) и выходных реакций.

Существуют различные модели представления знаний – это продукционные правила, фреймы семантические сети и т. д. Выбор того или иного метода связан со спецификой задачи. В данной работе наиболее удобным оказалось использование продукционных правил. Продукция представляет собой правило, имеющее вид: *если – то* или $\alpha \rightarrow \beta$, где α означает некоторое условие или совокупность условий (условная часть продукции), представленных обычно на естественном языке или на формализованном языке, близком к естественному, а β означает новый факт (констатирующая часть продукции), выведенный из условий α . Этот факт может рассматриваться как заключение вывода, либо как оператор, производящий некоторое действие. В частности заключение может быть диагнозом заболеваний. Проанализируем на некоторых примерах рассуждения врача при установлении диагноза или при решении задачи прогнозирования.

Рассмотрим, например, знания, касающиеся эндокринной системы организма и представим эти знания в форме продукционных правил. Источником этого знания может быть врач эндокринолог или книги и справочники по эндокринологии. Рассмотрим в качестве примера одно из заболеваний эндокринной системы, связанное с изменением функции паращитовидной железы. Паращитовидная железа вырабатывает так называемый паратиреоидный гормон (паратгормон). Пониженное выделение гормона ведёт к уменьшению выделения фосфатов с мочой и к увеличению уровня фосфатов в крови. Это приводит к уменьшению содержания кальция в плазме крови. В результате появляются судороги (тетания).

Повышенное выделение гормона ведёт к увеличению выделения неорганического фосфора с мочой. При этом содержание неорганического фосфора в плазме крови понижается. В связи с этим фосфаты кальция из костной ткани переходят в кровь и быстро выводятся из организма с мочой. Соли кальция выделяются медленнее, поэтому их концентрация в плазме крови и в мышцах повышается, появляется тенденция к отложению солей кальция в почках (почечнокаменная болезнь). Представим знание, связанное с понижением функции паращитовидной железы в виде продукционных правил и будем прогнозировать последствия этой ситуации. При этом ведётся прямая цепочка рассуждений от условной части к констатирующей. Здесь, как мы видим, рассуждения, имеют категоричный характер.

1. ЕСЛИ функция паращитовидной железы понижена
ТО уменьшается выделение фосфатов с мочой
2. ЕСЛИ уменьшается выделение фосфатов с мочой
ТО увеличивается уровень фосфатов в крови
3. ЕСЛИ увеличивается уровень фосфатов в крови
ТО уменьшается содержание кальция в плазме крови
4. ЕСЛИ уменьшается содержание кальция в плазме крови
ТО появляются судороги (тетания)

Здесь рассуждение проводится по известной схеме логического вывода (*modusponens*).

Из А следует В

А истинно

Следовательно В истинно

Подобная схема, как мы видим, осуществляется в продукционных системах и её называют прямой цепочкой рассуждений. Допустим возникла ситуация (функция паращитовидной железы понижена), т.к. возникшая ситуация удовлетворяет условной части первого правила возникает новая ситуация (уменьшается выделение фосфатов с мочой). Рассуждения продолжают, и возникает новая ситуация (увеличивается уровень фосфатов в крови). Если уровень фосфатов в крови, правда, увеличивается, то в соответствии с правилом 3 уменьшается содержание кальция в плазме крови. Если правда, что уменьшается содержание кальция в плазме крови, тогда делается заключение что, появляются судороги (тетания). Таким образом, прямая цепочка рассуждений приводит к предсказанию будущей ситуации, т.е. к прогнозированию. Программа, осуществляющая прогнозирование, должна ответить на вопросы пользователя. Для этого она должна запросить у пользователя данные о возникшей ситуации и имя базы знаний, просмотреть информацию в базе знаний и на этой основе сделать вывод, что появятся судороги (тетания). Таким образом, моделируемые рассуждения врача носят чёткий, однозначный характер и также чёткий, однозначный характер носят моделирующие этот процесс продукционные правила.

Представим теперь знание связанное с повышением функции паращитовидной железы в виде продукционных правил и рассмотрим задачу диагностики. Следует при этом отметить, что для решения задач диагностики, нужно вести обратную цепочку рассуждений от констатирующей части к условной, выявляя тем самым причину сложившейся ситуации.

- 1.ЕСЛИ функция паращитовидной железы повышена
ТО выделение паратиреоидного гормона увеличивается
- 2.ЕСЛИ выделение паратиреоидного гормона увеличивается

ТО увеличивается выделение неорганического фосфора с мочой

3.ЕСЛИ увеличивается выделение из организма неорганического фосфора

ТО содержание неорганического фосфора в плазме крови понижается

4.ЕСЛИ содержание неорганического фосфора в плазме крови понижается

ТО минеральные соли (фосфаты кальция) из костной ткани переходят в кровь

5.ЕСЛИ фосфаты кальция переходят в кровь

ТО фосфаты быстро выводятся из организма мочой

6.ЕСЛИ фосфаты быстро выводятся из организма

ТО концентрация солей кальция в плазме крови и мышцах увеличивается

7.ЕСЛИ концентрация солей кальция в плазме крови и мышцах увеличивается

ТО появляется тенденция к отложению солей в почках (почечнокаменная болезнь).

Симптомы: боли в поясничной области, тошнота, рвота, иногда повышение температуры, озноб.

Пусть, например, у больного симптомы почечнокаменной болезни. Ситуация представлена в констатирующей части правила 7. Причину возникшей ситуации следует искать в условной части этого же правила. Эта причина заключается в том, что концентрация солей кальция в плазме крови и мышцах увеличивается. Эта новая ситуация описана в констатирующей части правила 6. Её причина представлена в условной части правила 6 (фосфаты быстро выводятся). Продолжая подобные рассуждения, делаем окончательный вывод о причинах возникшей ситуации, который заключается в том, что функция паращитовидной железы повышена. Так извлекая информацию в базе знаний и анализируя последовательность причин, программа строит окончательное заключение. Здесь была использована обратная цепочка рассуждений при которой от констатирующей части переходим к условной. Также как и в предыдущем случае, программа, осуществляющая диагностику, должна ответить на вопросы пользователя. Для этого она должна запросить у пользователя данные о возникшей ситуации и имя базы знаний, просмотреть информацию в базе знаний и на этой основе сделать вывод, что причиной наблюдаемых симптомов является повышение функции паращитовидной железы.

Сравнивая эти 2 случая, отметим одно важное обстоятельство. В первом случае заключение имеет чёткий однозначный характер, во втором же заключение не чёткое. Так, например, если выделение паратиреоидного гормона увеличивается то нельзя сказать однозначно, что причина этого заключается в повышении функции паращитовидной железы. Очевидно, что могут быть и другие причины повышенного выделения паратиреоидного гормона. Аналогичный вывод можно сделать и в других случаях обратной цепочки рассуждений. Рассуждения от следствия к причине в соответствии с /5/ всегда носят правдоподобный характер. Здесь мы имеем дело со следующими схемами умозаключений:

Из А следует В Из А следует В

В истинно В ложно

А более правдоподобно А ложно

Поиск причин, вызвавших заболевание, с помощью обратной цепочки рассуждений – прекрасный способ настройки системы прогнозирования, в которой реализована прямая цепочка рассуждений. Уточнение причин даёт возможность делать более точные прогнозы на будущее. Обратная цепочка рассуждений используется для выявления причин, прямая – для прогнозирования.

Следует, однако, отметить, что область, в которой используется база знаний, носит, как правило, нестрогий, нечёткий характер, поэтому здесь часто используются методы теории вероятности и нечёткой логики. Приведём ещё ряд примеров, связанных с заболеваниями эндокринной системы, где будут использоваться методы теории вероятности и нечёткой логики. Рассмотрим нарушения в организме, связанные с изменением функции щитовидной железы.

Рассмотрим случай, когда функция щитовидной железы повышена.

1.ЕСЛИ функция щитовидной железы повышена

ТО увеличивается выделение тироксина

2.ЕСЛИ увеличивается выделение тироксина

ТО повышается интенсивность основного обмена

3.ЕСЛИ повышается интенсивность основного обмена

ТО сердцебиение, желудочно-кишечные расстройства, повышение давления, нервное напряжение, раздражительность, мышечная слабость, дрожь, выпячивание глазных яблок, пучеглазие, бессонница, похудание, зоб. Причина этого явления связана с повышением функции щитовидной железы (комплекс симптомов S).

Поскольку эвристические правила ЕСЛИ - ТО основываются исключительно на человеческом опыте с полной определенностью нельзя сказать что они верны. Врач тоже не может быть уверен, что значения, которые он присваивает переменным абсолютно корректны. Любое из правил приведённых выше верно не всегда, поэтому можно придать ему значение некоторого коэффициента уверенности КУ, который может иметь значение от 0 до 1. Рассмотрим один из методов подсчёта коэффициентов уверенности на примере повышения функции щитовидной железы. Пусть каждому из правил приписаны коэффициенты уверенности, полученные от эксперта. Пусть каждое из приведённых выше правил имеет КУ= 0.9, а условной части первого правила приписан КУ=0.8. Тогда коэффициент уверенности, что увеличивается выделение тироксина (первое заключение) будет равно произведению КУ условной части и КУ всего правила, т.е. $0.8 \cdot 0.9 = 0.72$. Теперь значение КУ =0.72 приписывается к условной части второго правила и т.д. в соответствии со значениями приведёнными выше. В результате устанавливаем, что КУ окончательного заключения равен 0.6.

1.ЕСЛИ функция щитовидной железы повышена КУ= 0.8

ТО увеличивается выделение тироксина КУ=0.8 * 0.9 =0.72.

2.ЕСЛИ увеличивается выделение тироксина КУ=0.72

ТО повышается интенсивность основного обмена КУ= 0.72 * 0.9 = 0.65

3.ЕСЛИ повышается интенсивность основного обмена КУ = 0.65

ТО появляется комплекс симптомов SKU = 0.65 * 0.9 = 0.6

В случае, когда условная часть правила состоит из двух высказываний с двумя КУ связанных конъюнкцией, то выбирается минимальный КУ и умножается на КУ всего правила. Если вместо конъюнкции стоит дизъюнкция, то выбирается максимальный КУ и умножается на КУ всего правила. Приписывая коэффициенты элементам каждого правила, получаем КУ для окончательного заключения.

Как было сказано выше, обратная цепочка рассуждений не даёт точных заключений; эти заключения имеют вероятностный характер. Поэтому, представляя эти рассуждения в виде продукций необходимо приписать вероятности её компонентам. В таком случае продукцию вида “если у больного заболевание d_i , то у него должен быть комплекс симптомов S” можно заменить условной вероятностью $P(S/d_i)$, приписывая вероятность P комплексу симптомов S. Однако, решая задачу диагностики на основе симптомов нужно выявить причину, т. е. какая болезнь вызывает эти симптомы. Поэтому нас будет интересовать вероятность $P(d_i/S)$. Эта вероятность находится по формуле Байеса, в которой определяется вероятность некоторого события при условии, что произошло некоторое другое событие. Она выглядит так:

$$P(d_i/S) = \frac{P(d_i) \cdot P(S/d_i)}{\sum_1^n P(d_i) \cdot P(S/d_i)}$$

Эта формула позволяет фактически определить степень правдоподобия исходной посылки. Обозначим заболевание “повышение функции щитовидной железы” через d_1 , а его отрицание -

\bar{d}_1 обозначим через d_2 ($\bar{d}_1 = d_2$). В нашем случае $P(d_1)$ вероятность заболевания “повышение функции щитовидной железы”, $P(S/d_1)$ вероятность комплекса симптомов S при условии повышения функции щитовидной железы. Эти вероятности должны быть заданы. $P(d_1/S)$ вероятность повышения функции щитовидной железы при наличии комплекса симптомов S которую нужно определить. Формула Байеса позволяет на основе наблюдаемых данных определить вероятность исходной посылки. Рассмотрим использование этой формулы для случая, когда функция щитовидной железы повышена (предыдущий пример).

У нас имеется 2 гипотезы относительно заболеваний
 гипотеза 1 у больного заболевание d_1
 гипотеза 2 у больного заболевание $\bar{d}_1 = d_2$
 условные вероятности этих гипотез $P(S/d_1) = 0,95$ и $P(S/d_2) = 0,7$
 вычислим вероятность $P(d_1/S)$ и $P(d_2/S)$

Пусть $P(d_1) = 0,8$ и $P(d_2) = 0,2$,

$P(S/d_1) = 0,95$ и $P(S/d_2) = 0,7$. Тогда:

$$P(d_1/S) = \frac{P(d_1) \cdot P(S/d_1)}{P(d_1) \cdot P(S/d_1) + P(d_2) \cdot P(S/d_2)} = \frac{0,8 \cdot 0,95}{0,8 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,7} = \frac{0,76}{0,9} = 0,84$$

$$P(d_2/S) = \frac{P(d_2) \cdot P(S/d_2)}{P(d_1) \cdot P(S/d_1) + P(d_2) \cdot P(S/d_2)} = \frac{0,2 \cdot 0,7}{0,8 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,7} = \frac{0,14}{0,9} = 0,15$$

Таким образом, степень правдоподобия гипотезы d_1 при условии S равна 0.84, а степень правдоподобия гипотезы d_2 при условии S равна 0.15. Следовательно, наиболее вероятная причина комплекса симптомов S есть заболевание d_1 и степень правдоподобия гипотезы d_1 оценивается действительным числом 0.84, а гипотезы d_2 действительным числом 0.15. Таким образом, приписывая вероятностные оценки компонентам продукций и используя формулу Байеса определяется наиболее вероятная причина комплекса наблюдаемых симптомов, т. е. диагноз заболевания.

ცოდნის პროდუქციული მოდელები სამედიცინო დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების ამოცანებში

ვ. რადიევსკი, დ. რადიევსკი

რეზიუმე

ნაჩვენებია, რომ დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების პროცესების მოდელები, რომლებიც ეყრდნობა ბიხევიორისტული ფსიქოლოგიის პრინციპებს არის არასაკმარისად ეფექტური. შემოთავაზებულია სამედიცინო დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების პროცესების მოდელი, დაფუძნებული შესაბამისი პრობლემური არის ცოდნაზე. ცოდნის წარმოსადგენად გამოიყენება დეტერმინირებული, ალბათური და არამკაფიო პროდუქციის მოდელები.

PRODUCTION MODEL OF KNOWLEDGE IN THE PROBLEMS OF MEDICAL DIAGNOSIS AND PROGNOSIS

V. RADZIEVSKI, D. RADZIEVSKI

Summary

It is shown in the paper that the models of the processes of diagnosis and prediction based on the principles of behavioral psychology are not effective enough. A model of the process of medical

diagnosis and prognosis, based on the knowledge on the subject field is suggested. Models of deterministic, probabilistic and fuzzy productions are used to represent knowledge.

**ПРОДУКЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ В ЗАДАЧАХ МЕДИЦИНСКОЙ
ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ**

В. РАДЗИЕВСКИЙ, Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Показано, что модели процесса диагностики и прогнозирования, базирующиеся на принципах бихевиористской психологии недостаточно эффективны. Предложена модель процесса медицинской диагностики и прогнозирования, базирующаяся на знаниях соответствующей предметной области. Для представления знаний используются модели детерминированных, вероятностных, а также нечётких продукций.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Розенблатт Ф. Принципы нейродинамики. Перцептрони теория механизмов мозга, МИР, М, 1966.
2. Kazmierczak H, Steinbuch K. Adaptive systems in pattern recognition. IEEE Trans 1963, EC-12, №6, p.822-835.
3. Widrow B. Pattern recognition and adaptive control. IEEE Trans, on Application and Industry, 1964, Sept, vol, 83, №74, p. 269-277.
4. Feigenbaum E. A., Barr A., 1982. The handbook of artificial intelligence, New York: Academic Press, 1982.
5. Пойа Д. Математика и правдоподобные рассуждения. М., Издательство иностр. лит., 1957. 535с.
6. Уинстон П. «Искусственный интеллект», «Мир», Москва, 1980.
7. Левин, Д., Дранг, Б., Эдельсон. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем. Москва, "Финансы и статистика". 1990.
8. Радзиевский В.С. Детерминированные и стохастические модели знаний в экспертных системах прогнозирования. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2003წ. გვ. 40–247.
9. Радзиевский В., Радзиевский Д. Компьютерные модели распознавания и модель знаний в задачах управления сложными системами. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ა. ელიაშვილის სახ. მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, №9, 2005წ. გვ. 318 – 324.

СИСТЕМА ПРИЧИННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ НАБЛЮДАЕМОГО ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

dradzievski@gmail.com

Экологическое состояние неживых компонентов окружающей среды определяется, прежде всего, степенью их загрязнения, которое складывается из загрязнения трёх её компонентов – воздуха, воды и почвы. Каждый из этих компонентов может быть загрязнен множеством различных веществ. При этом возникает сложный процесс загрязнения и очистки, требующий серьёзного анализа.

Для устранения загрязнений необходимо прежде всего выявить источники загрязнения и исключить их действие. Отсюда возникает задача выявления причины загрязнения окружающей среды конкретными загрязнителями, которая является достаточно трудоёмкой и требует автоматизации.

В работе /1/ описана теоретическая основа модели интеллектуальной системы диагностики состояния экологической системы с точки зрения равновесия. Её программная реализация состоит из двух частей. Первая часть – программа распознавания степени загрязнения окружающей среды по отдельным её компонентам – воздуху, воде и почве /2/. В ней использовался концептуальный метод оценки загрязнения окружающей среды по образцам, построенным при помощи экспертов /3/. Вторая часть – программа причинного анализа данных о загрязнении окружающей среды, которая рассматривается в данной работе.

Пусть имеются причины и последствия некоторого явления, например, загрязнения окружающей среды.

| Обозначение | Источники загрязнения |
|-------------|--|
| a_1 | Тепловые электростанции. |
| a_2 | Заводы чёрной и цветной металлургии. |
| a_3 | Заводы искусственного волокна. |
| a_4 | Сахарные заводы. |
| a_5 | Коксохимические комбинаты. |
| a_6 | Нефтеперерабатывающие предприятия. |
| a_7 | Сжигание угля, нефти, природного газа, цветная металлургия, производство серной кислоты. |
| a_8 | Производства азотных удобрений и азотной кислоты. |
| a_9 | Производства строительных материалов. |
| a_{10} | Производства алюминия, эмали, стекла, стали фосфорных удобрений. |
| a_{11} | Выхлопы автотранспорта и сжигание твёрдых отходов. |

Таблица 1

| Обозначение | Загрязняющее вещество |
|-------------|-----------------------|
| p_1 | Пыль. |
| p_2 | SO ₂ |
| p_3 | NO ₂ |
| p_4 | NO |
| p_5 | MnO ₂ |
| p_6 | SO ₄ |
| p_7 | H ₂ S |
| p_8 | CO ₂ |
| p_9 | CO |
| p_{10} | CS ₂ |
| p_{11} | Соединения хлора. |
| p_{12} | Соединения фтора. |
| p_{13} | Соединения ртути. |
| p_{14} | Соединения мышьяка. |

Таблица 2

В таблицах 1 и 2 даются источники загрязнения и причины, которые могут их вызывать. Разработанная программа использует систему управления баз данных Paradox /4/. В базах данных хранится информация об источниках загрязнения (таблица 1), загрязняющих веществах (табл. 2) и коэффициентах, указывающих причинную связь загрязняющих веществ и источников загрязнения. Если они связаны, то коэффициент равен 1, а если нет, то коэффициент равен 0.

Разработанная система состоит из трёх частей – административная часть (рис. 1), основная часть (рис. 2) и программа связи административной и основной части (рис. 3).

| ნაწარმის ნომერი | დაბინძურებული ნივთიერებები | დაბინძურების წყაროები | ფაქტორი |
|-----------------|----------------------------|--|---------|
| 11 | მტვერი | თბო ელექტროსადგურები | 0 |
| 12 | გოგირდის ჟანგი (IV) | შავი და ფერადი ლითონების მეტალურგიული ს | 0 |
| 13 | აზოტის ჟანგი (IV) | ხელოვნური ბოჩკოს დამზადების საწარმო | 0 |
| 14 | აზოტის ჟანგი (II) | შაქრის დამზადების საწარმო | 0 |
| 15 | მარგანეტის ჟანგი (IV) | კოქსიმიური საწარმო | 0 |
| 16 | გოგირდის ჟანგი (VI) | ნავთობის გადამამუშავების საწარმო | 0 |
| 17 | გოგირდწყალბადი | ნახშირის, ნავთობის აირის დაწვა, ფერადი ლით | 0 |
| 18 | ნახშირორჟანგი | აზოტის სასუქის, აზოტმეფას საწარმო | 0 |
| 19 | ნახშირბადის მონოქსიდი | სამშენებლო მასალების წარმოება | 0 |
| 20 | ნახშირბადის სულფიდური (IV) | ალიუმინის, ემაილს, მინის ფოლადის, ფოსფორუ | 0 |
| 21 | ქლორის ნაერთი | ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მყარ ნარჩენ | 0 |
| 22 | ფტორის ნაერთი | ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მყარ ნარჩენ | 0 |
| 23 | ვერცხლისწყლის ნაერთი | ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მყარ ნარჩენ | 0 |
| 24 | დარიშხანის ნაერთი | ავტომანქანების გამონაბოლქვი და მყარ ნარჩენ | 0 |

Рис. 1

В административной части программы происходит запись в базу данных всех параметров программы – наименований загрязняющих веществ, источников загрязнений и коэффициентов их связи. В поле с названием **დაბინძურებული ნივთიერებები** записываются источники загрязнения (табл. 1). В поле с названием **დაბინძურების წყაროები** записываются загрязняющие вещества (табл. 2). В поле **ფაქტორი** записываются коэффициенты – значения связи между источниками загрязнения и загрязняющими веществами. Данные о связи между источниками загрязнения и загрязняющих веществах даются экспертами.

Сохранённые в базе данных параметры используются в основном модуле программы (рис. 2). В этом модуле программы пользователю предлагается выбрать из списка одно или несколько загрязняющих веществ, которые были обнаружены в пробах воздуха, воды или почвы. Для каждой из сред – воздуха, воды и почвы берётся отдельный набор веществ. Все данные берутся из базы данных, которая была построена при помощи административной части программы. Данные выбираются при помощи элемента Windows checkbox. Завершается выбор по нажатии кнопки с надписью “**შერჩეულია**”. Выбранные данные помещаются в отдельный список, а внизу выводится результат работы программы.

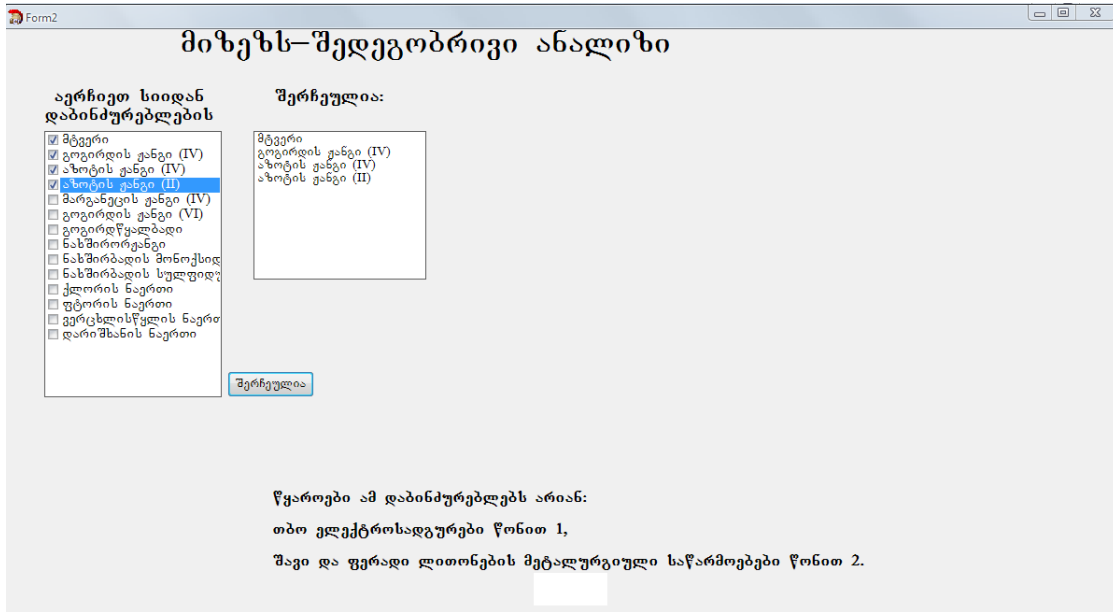


Рис. 2

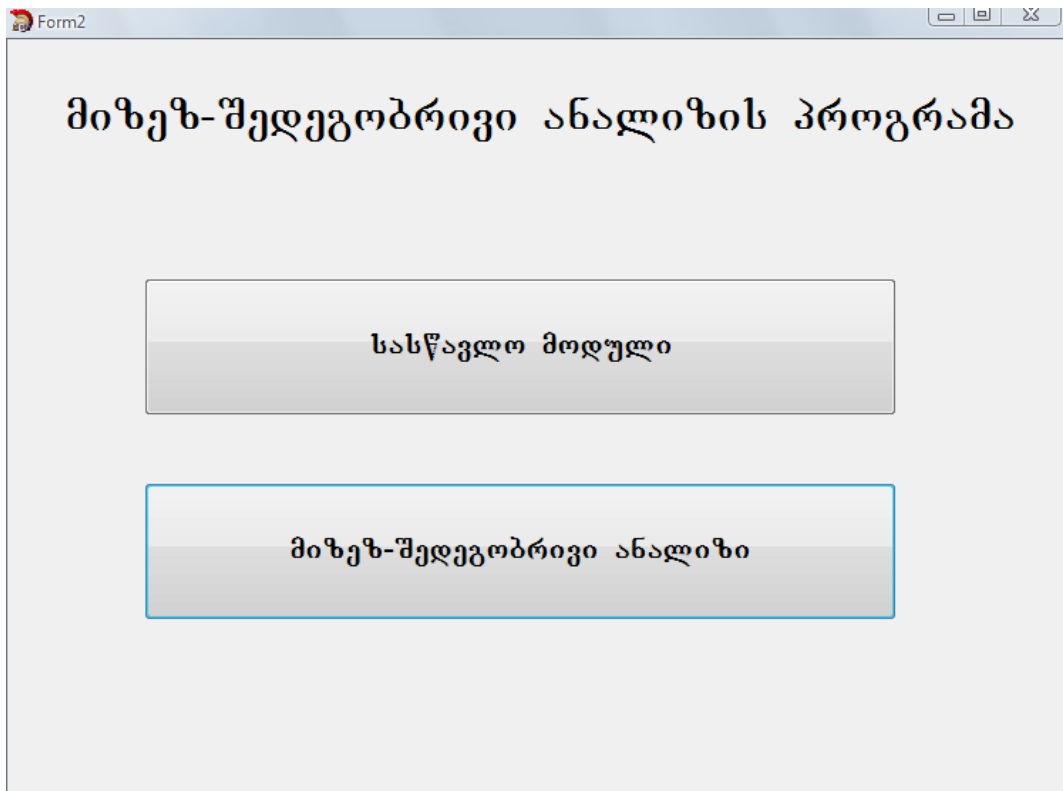


Рис. 3

Например, на рис. 2 показан фрагмент программы, в котором пользователь отметил 4 загрязняющего вещества – это пыль, оксид серы (IV), оксид азота (IV) и оксид азота (II). После того как пользователь выбрал загрязняющие вещества и нажал кнопку с надписью “შერჩეულია”, выбранные элементы переносятся в колонку справа. А в нижней части окна программа выдаёт результат. В данном случае имеем результат, связанный с выбором пользователя, показанный на рис.2: “წყაროები ამ დაბინძურების არიან: თბოელექტროსადგურები წონით 1, შავი და ფერადი ლითონების მეტალურგიული საწარმოები წონით 2.”

ფერადი ლითონების მეტალურგიული საწარმო წონით 2”. Это означает, что программа выдаёт результат работы – источниками загрязнения являются тепловые электростанции с весовым коэффициентом, равным 1 и производства цветной металлургии с весовым коэффициентом, равным 2.

В основной части программы происходит считывание из базы данных и обработка информации, которая была записана в административной части программы. Результатом обработки информации является заключение, которое выдаётся пользователю об источниках загрязнения окружающей и вероятностных весах данного результата. Так, в рассмотренном выше примере мы исходя из введённых данных (пыль, оксид серы (IV), оксид азота (IV) и оксид азота (II)) получаем, что источниками загрязнения являются тепловые электростанции с весовым коэффициентом, равным 1 и производства цветной металлургии с весовым коэффициентом, равным 2. Т.е. мы получаем информацию о том, что указанные выше предприятия в той или иной мере загрязняют окружающую среду, причём вероятность влияния на окружающую среду предприятия цветной металлургии в 2 раза большие, чем тепловых электростанций. Таким образом, разработанная программа позволяет выявить наиболее вероятные источники загрязнения окружающей среды исходя из сделанных проб окружающей среды.

На рис. 3 показан третий модуль программы. Этот модуль служит для связи административной и основной части программы. При нажатии пользователем на кнопку “სასწავლო მოდული” вызывается административный модуль программы, а при нажатии на кнопку “მიზეზ-შედეგობრივი ანალიზი” – вызывается основной модуль программы. Программа реализована на языке C++ в системе Code Gear™ C++ Builder 2007 /4/.

Подобным методом могут решаться не только задачи, связанные с экологией. Это могут быть также задачи медицинской диагностики, диагностики технических систем и другие задачи. В задачах медицинской диагностики по названным симптомам ставится диагноз. В этом случае компьютерный анализ не заменяет врача, а помогает врачу поставить правильный диагноз. Некоторые заболевания характеризуются очень большим количеством симптомов и результатов проведённых анализов и обследований. Человек (врач) может не справиться с обработкой такого огромного количества информации и, следовательно, поставить верный диагноз. Подобные программы значительно упрощают работу врача, увеличивают точность поставленного диагноза и, следовательно, выбора правильного лечения. Аналогичным образом данные методы могут значительно ускорить диагностику сложных технических систем, выявить неполадки в их работе и, следовательно, значительно ускорить устранение этих неполадок.

ეპოლოგიური ინფორმაციის ანალიზის მაგალითზე დაკვირვებადი ობიექტის მდგომარეობის მიზეზობრივი ანალიზის სისტემა

დ. რადიევსკი

რეზიუმე

მოყვანილია ინფორმაციის დამუშავების სისტემის აღწერა, რომელიც აგებულია მიზეზობრივი ანალიზის საფუძველზე. მოცემულია თითოეული პროგრამული მოდულის დაწვრილებითი აღწერა. კონკრეტულ მაგალითზე ხდება პროგრამის აგების და მუშაობის პრინციპის განმარტება.

SYSTEM OF A CAUSAL ANALYSIS OF THE OBSERVED OBJECT BY ANALYZING ENVIRONMENTAL INFORMATION

D. RADZIEVSKI

Summary

The description of an information processing system, built on the basis of causal analysis is considered in the paper. Detailed description of each software module is provided. The principle of construction and operation of the program is explained on the example of the analysis of environmental information.

**СИСТЕМА ПРИЧИННОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ НАБЛЮДАЕМОГО
ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Д. РАДЗИЕВСКИЙ

Резюме

Приводится описание системы обработки информации, построенной на основе причинного анализа. Дается подробное описание каждого программного модуля. На конкретном примере объясняется принцип построения и работа программы.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. რადიევსკი ვ., ჯალიაბოვა ნ., მიქელაძე მ., რადიევსკი დ. ეკოლოგიური სისტემის დიაგნოსტიკა წონასწორობის თვალსაზრისით და მისი შესაძლო დარღვევების მიზეზობრივი ანალიზი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №16. გვ. 226 – 232.
2. Радзиевский. Д. Программа распознавания степени загрязнения окружающей среды по отдельным её компонентам – воздуху, воде и почве. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, №16. გვ.233 – 238.
3. Радзиевский В., Радзиевский Д. Модель интеллектуальной системы анализа и оценки экологического состояния окружающей среды с целью управления её качеством. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, № 11, თბილისი, 2007წ. გვ. 228 – 234.
4. Архангельский А.Я. Программирование в С++ Builder. Москва. Издательство Бинوم. 2010.

კონცეპტუალური დაფუძნებული ცოდნის ამოკრეფის მეთოდი შეფასებითი ტექსტიდან

მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, ბ. ბესიაშვილი

manana.khachidze@tsu.ge, maia.archuadze@tsu.ge, gela.besiashvili@tsu.ge

შესავალი

უკანასკნელ წლებში სულ უფრო დიდი მნიშვნელობა ექცევა მარკეტინგულ კვლევებში შეფასებითი ტექსტების გამოყენებას. როგორც წესი, მწარმოებელი ფირმები, ამა თუ იმ ახალი პროდუქციის შესაფასებლად, მომხმარებელთა გამოკითხვას იყენებენ. გამოკითხვის პროცესში მომხმარებელი აღარ იყენებს ფიქსირებული პარამეტრების ფიქსირებულ მნიშვნელობებს. მას სთავაზობენ შეფასებითი ტექსტის სახით პროდუქციის დახასიათებას. ასეთი ტექსტები მნიშვნელოვანია ისეთი დეტალების აღმოსაჩენად, რომლებიც ტექნოლოგიურად ადვილი მისაღწევია, მაგრამ დაპროექტების პროცესში ყურადღება არ იქნა გამახვილებული. შესაბამისად იქმნება შეფასებითი ტექსტების არასტრუქტურირებულ მონაცემთა ბანკი, რომელიც „სემანტიკურ ანალიზს“ მოითხოვს ისეთი სახით, რომ შეფასებითი ტექსტების ანალიზის საფუძველზე მივიღოთ ერთი განზოგადოებული შეფასება. ეს პროცედურა წარმოადგენს ცოდნის ამოღების პროცესის ანალოგიას.

ცოდნის ამოკრეფა შეფასებითი ტექსტებიდან

ნაშრომი არის ცოდნის წარმოდგენის მეთოდის შექმნის მცდელობა, რომლის გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვადასხვა დანიშნულების შეფასებითი ტექსტებიდან ცოდნის ამოკრეფისა და წარმოდგენისათვის. ეს მეთოდი ეფუძნება კონცეპტების ფორმირების ანალიტიკური ვერისტიკების მეთოდს და Explicit Semantic Analysis (ESA) მეთოდის ჩვენეულ ინტერპრეტაციას [1].

ანალიტიკური ვერისტიკების მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია გარკვეული თვისებების მქონე სიმრავლეში, რომელსაც ალ სიმრავლეს უწოდებენ [2]. მეთოდის ზოგადი სახით წარმოდგენისათვის ამ სიმრავლეს შევუსაბამოთ ამა თუ იმ ენის სიტყვათა სიმრავლე \mathcal{A} . ყოველი ასეთი სიმრავლე შესაძლებელია თავის მხრივ წარმოვადგინოთ $A_i \quad i = \overline{1, L}$ (L მეტყველების ნაწილების რაოდენობაა კონკრეტულ ენაში) მეტყველების ნაწილების შესაბამისი სიტყვების ქვესიმრავლის გაერთიანებად (1. არსებითი სახელი, 2. ზმნა, 3. ზედსართავი სახელი, 4. რიცხვითი სახელი, 4. ნაცვალსახელი, 6. ზმნიზედა, 7. კავშირი, 8. წინდებული (ან თანდებული), 9. ნაწილაკი, 10. შორისდებული).

ქვესიმრავლეთა რაოდენობა დამოკიდებულია კონკრეტული ენის სპეციფიკაზე. ყოველი A_i არის $a_{i,j}, \quad j = \overline{1, N_i}$ ელემენტებისაგან შემდგარი სიმრავლე, სადაც N_i არის სიტყვათა რაოდენობა კონკრეტულ A_i მეტყველების ნაწილში.

შეფასებითი ტექსტები როგორც წესი, გამოიყენება საგნის, პროდუქტის ან მოვლენის აღსაწერად. იმისდა მიხედვით, თუ ვინ ქმნის ამ ტექსტს (ჩვეულებრივი ადამიანი, მომხმარებელი, ექსპერტი და ა.შ.) და რა მიზანს ისახავს ეს შეფასება, შესაძლებელია საწყის ეტაპზე დაიდოს (ან არ დაიდოს) გარკვეული შეზღუდვები. ეს იძლევა განსხვავებულ სასტარტო პირობებს, რომელიც შეიძლება დაჯგუფდეს შემდეგნაირად:

შემფასებელმა ტექსტის შესაქმნელად გამოიყენოს ფიქსირებული რაოდენობა სიტყვებისაგან შემდგარი ტექსტი. შემოსაზღვროს სიტყვების რაოდენობა ქვემოდან და ზემოდან;

შემფასებელმა გამოიყენოს სიტყვების განსაზღვრული ნაკრები (არსებითი სახელები, ზედსართავი სახელები, ზმნები) – თუ შეფასებას ახდენს კონკრეტული დარგის სპეციალისტი, მაშინ ასეთ შეფასებას აზრი ექნება ცოდნის წარმოდგენისათვის ექსპერტულ სისტემებში;

შეფასებითი ტექსტი ყოველგვარი შეზღუდვების გარეშე.

წარმოვადგინოთ კონკრეტული მოვლენის (ან არსის) აღმწერი შეფასებითი ტექსტების სიმრავლე $T = \{T_1, T_2, \dots, T_M\}$, M – ჩვენს ხელთ არსებული ტექსტების რაოდენობაა. ყოველი $T_i \quad (i = \overline{1, M})$ ტექსტი წარმოვადგინოთ $\{w_{ji}^i\}, \quad (j_i = \overline{1, K_i^i})$,

სიმრავლის სახით, სადაც w_{jL}^i არის ყველა განსხვავებული სიტყვა T_i ტექსტში, ხოლო K_i^i არის T_i ტექსტში A_i $l = (1, L)$ მეტყველების ნაწილის შესაბამისი განსხვავებული სიტყვების რაოდენობა. ყველა ასეთი სიმრავლე წარმოადგენს საწყისი A სიმრავლის ქვესიმრავლეს. ჩვენ შეგვიძლია ეს სიმრავლე გავაფართოოთ ალ-სიმრავლემდე. ასეთ შემთხვევაში შევძლებთ სრულად გამოვიყენოთ ანალიტიკური ევრისტიკის მეთოდი.

ცოდნის ამოღება ფიქსირებული მოცულობის ტექსტებიდან

განვიხილოთ შემთხვევა პირველი სასტარტო პირობით. კონკრეტული მოვლენის (ან არსის) შეფასებით ტექსტებში არსებული ცოდნის შესაბამისი აღმწერი კონცეპტის ფორმირებისათვის ჩვენ დაგვჭირდება TF-IDF(v_j^i) ვექტორის შექმნა [3]. ყოველი ასეთი ტექსტი წარმოვადგინოთ წონითი ნაკრებების სახით TFIDF scheme-ის საშუალებით. სემანტიკური გადამყვანი ახდენს ტექსტის სიტყვების იტერაციას, იღებს ინვერტირებული ინდექსებისაგან შემდგარ შესაბამის ჩანაწერს და აერთიანებს მას ცნების ვექტორში, რომელიც წარმოადგენს ტექსტს.

თუ ჩავთვლით, რომ ყოველი ტექსტის აღწერისათვის სემანტიკური თვალსაზრისით საკმარისია არსებითი სახელები, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია გამოვიყენოთ Explicit Semantic Analysis (ESA) მეთოდი და წარმოვადგინოთ ყოველი T_i ($i = \overline{1, M}$) ტექსტი სიტყვების სიმრავლის სახით $T_i = \{w_j\}$, $j=1, \dots, N^i$ (N^i არის T_i შეფასებით ტექსტებში შემავალი განსხვავებული სიტყვების, ამ შემთხვევაში არსებითი სახელების, რაოდენობა), რომელსაც შეესაბამება TF-IDF(v_j^i) ვექტორი (სადაც ყოველ w_j სიტყვა აღიწერება v_j^i წონით).

სიტყვის (ტერმინის) წონა დამოკიდებულია მის სიხშირეზე. ერთი და იგივე ტერმინს სხვადასხვა დოკუმენტში შესაძლებელია სხვადასხვა წონა გააჩნდეს. ვექტორული სივრცის მოდელში დოკუმენტში ტერმინის წონები („ტერმინების სივრცეში“) განიხილება, როგორც მისი კოორდინატები. დოკუმენტების და ტერმინების „სივრცის“ გაერთიანებით მიიღება მატრიცა დოკუმენტი-ტერმინი.

ტერმინის წონების დასადგენად წარმატებით გამოიყენება წონების ავტომატური გენერაციის სქემა „Term Frequency * Inverse Document Frequency“, რომელიც შემდგენიარად გამოისახება: „TF*IDF“ [3].

$$TF*IDF_{t,d} = t_{ft,d} \times id_{ft}$$

ასევე იქმნება (k^i) ვექტორი, რომელშიც k_j^i წარმოადგენს w_j სიტყვის ინვერტირებულ ინდექსს T_i ტექსტისათვის. ამ ტექსტისათვის გვექმნება V^i წონების ვექტორი, რომელიც განისაზღვრება როგორც:

$$\sum_{w_j \in T^i} v_j^i \cdot k_j^i$$

ცხადია, რომ T_i ტექსტში შემავალი ყველა სიტყვა არ იქნება მნიშვნელოვანი მისი სემანტიკური შინაარსის აღწერის თვალსაზრისით, ამიტომ $\{w_j\}$, $j=1, \dots, N^i$ სიმრავლიდან გამოიყოფა ის სიტყვები, რომელთა შესაბამისი წონები მაღალია. ყოველი w_j სიტყვის მოხვედრა აღწერაში განისაზღვრება T ტექსტის V_j^i წონების ვექტორით. გამოყოფილი სიტყვების რაოდენობის დადგენის რაიმე კონკრეტული პროცედურა ჯერჯერობით შემუშავებული არაა. აღწერაში მონაწილე სიტყვების რაოდენობა მკვლევარის (კონცეპტის შემმუშავებლის) აზრზეა დამოკიდებული. ამ რაოდენობის განსაზღვრად შესაძლებელია გამოვიყენებულ იქნას სხვადასხვა მიდგომა, რომელიც უმთავრესად დამოკიდებული იქნება ტექსტის მოცულობაზე, შინაარსობრივად განსხვავებული სიტყვების რაოდენობაზე და სხვ. ამ ეტაპზე ჩვენ ვთვლით, რომ ყოველი $\{w_j\}$ გამოიყოფა $N^i/3$ მაღალი წონის სიტყვები. ეს საკმარისია ტექსტის სემანტიკური აზრის წარმოსადგენად.

ყოველივე ამის გათვალისწინებით ჩვენ შეგვიძლია T_i ტექსტი წარმოვადგინოთ ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდისათვის [1] მისაღებ ფორმაში. გავამარტივოთ აღნიშვნები და ჩავთვალოთ, რომ ყოველი T_i ტექსტი აღიწერება $(w_1, w_2, \dots, w_{n_i})$ „სიტყვების ვექტორით“ (n_i წარმოადგენს T_i ტექსტისათვის გამოყოფილ სიტყვების რაოდენობას). თუ გამოვიყენებთ ამ მეთოდს კონკრეტული მოვლენის (ან არსის) აღმწერი ჩვენს ხელთ არსებული ყველა ტექსტისათვის, მივიღებთ შესაბამის რამდენიმე შესაძლოა განსხვავებულ, „სიტყვების ვექტორს“.

ცხრილი 1.

| ტექსტი | სიტყვების ვექტორი |
|--------|----------------------------------|
| T_1 | $w_1^1, w_2^1, \dots, w_{n_1}^1$ |
| T_2 | $w_1^2, w_2^2, \dots, w_{n_2}^2$ |
| ... | ... |
| T_i | $w_1^i, w_2^i, \dots, w_{n_i}^i$ |
| ... | ... |
| T_M | $w_1^M, w_2^M, \dots, w_K^M$ |

მიღებული აღმწერი ვექტორები შესაძლებელია სხვადასხვა სიგრძის იყოს. გარდა ამისა, ვექტორში შემაჯავალი „ელემენტები“, სიტყვების ნაწილი, მეორდება. გავაერთიანოთ ეს სიტყვები და მივიღოთ სიტყვების საერთო სიმრავლე $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{\max}\}$, \max - არის ყველა განსხვავებული სიტყვის რაოდენობა. ჩავთვალოთ, რომ ეს რიცხვია N . ამ აღნიშვნებში ჩვენ შეგვიძლია ყველა T_i ტექსტის აღმწერი ვექტორი წარმოვადგინოთ ერთი და იგივე N სიგრძის ვექტორის სახით, რომლის ელემენტებია $\check{w}_j, j=1, \dots, N$

$$\check{w}_j = \begin{cases} w_j \text{ სიტყვა მოწაწილეობდა } T_i \text{ ტექსტის აღმწერ საწყის ვექტორში} \\ \bar{w}_j \text{ სიტყვა არ მოწაწილეობდა } T_i \text{ ტექსტის აღმწერ საწყის ვექტორში} \end{cases}$$

შესაბამისად ცხრილი 1, მიიღებს უნიფიცირებულ სახეს:

ცხრილი 2.

| ტექსტი | w_1 | w_2 | ... | w_j | ... | w_N |
|--------|-------------------|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|
| T_1 | $\check{w}_{1,1}$ | $\check{w}_{2,1}$ | ... | $\check{w}_{j,1}$ | ... | $\check{w}_{N,1}$ |
| T_2 | $\check{w}_{1,2}$ | $\check{w}_{2,2}$ | ... | $\check{w}_{j,2}$ | ... | $\check{w}_{N,2}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| T_i | $\check{w}_{1,i}$ | $\check{w}_{2,i}$ | ... | $\check{w}_{j,i}$ | ... | $\check{w}_{N,i}$ |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| T_M | $\check{w}_{1,m}$ | $\check{w}_{2,m}$ | ... | $\check{w}_{j,m}$ | ... | $\check{w}_{N,m}$ |

სადაც

$$\vec{w}_{i,k} = \begin{cases} \{w_i \text{ სიტყვა მონაწილეობდა } T_i \text{ ტექსტის აღმწერ საწყის ვექტორში;} \\ \{w_i \text{ სიტყვა არ მონაწილეობდა } T_i \text{ ტექსტის აღმწერ საწყის ვექტორში} \end{cases}$$

რადგან ყოველი T_i აღწერა სასრულია, სასრულია $W = \{w_1, w_2, \dots, w_{\max}\}$ სიმრავლეც, ჩვენ შეზღუდვის გარეშე შეგვიძლია ეს სივრცე აღ-სიმრავლედ წარმოვიდგინოთ [2], და მასში განვმარტოთ ყველა ის ოპერაციები, რაც განმარტებულია ასეთი ტიპის სიმრავლეებში. აქედან გამომდინარე, ყოველი T_i ტექსტი მოხერხებულია წარმოვადგინოთ ჩვეულებრივი იმპლიკანტის სახით:

$$c_j^{(k)} = \vec{w}_{1,k} \& \vec{w}_{2,k} \& \dots \& \vec{w}_{N,k}$$

c_j სრული რეალიზაცია წარმოვადგინოთ დიზიუნქციური ნორმალური ფორმის სახით:

$$[(\vec{w}_{1,1} \& \vec{w}_{2,1} \& \dots \& \vec{w}_{N,1}) \vee \dots \vee (\vec{w}_{1,k} \& \vec{w}_{2,k} \& \dots \& \vec{w}_{N,k}) \vee \dots \vee ((\vec{w}_{1,m} \& \vec{w}_{2,m} \& \dots \& \vec{w}_{N,m}))]$$

ამ დიზიუნქციური ნორმალური ფორმის მინიმაზაციით მივიღებთ შეფასებით ტექსტებში არსებული ცოდნის განზოგადოებულ წარმოდგენას, ეგრეთ წოდებული, ანალიტიკური ევრისტიკების კონცეპტის სახით.

ასეთი სახით ფორმირებული კონცეპტი წარმოადგენს იმ სიტყვათა ჯგუფების გაერთიანებებს, რომლებიც ყველაზე მნიშვნელოვანია (წონების მიხედვით) უმრავლეს აღწერებში. სიტყვათა ჯგუფების ქვეშ იგულისხმება არსებითი სახელების შეწყვილება ზედსართავ სახელებთან.

მეთოდის საცდელი შემოწმება

შემოთავაზებული მეთოდის ეფექტურობის შესამოწმებლად ჩატარდა სატესტო შემოწმება. ერთ-ერთი ფორმის პროდუქციის შესაფასებლად მოხდა მომხმარებელთა გამოკითხვა - სულ 80 რესპოდენტი. ყოველი შეფასებითი ტექსტიდან გამოიყო 10 ყველაზე მაღალწონიანი სიტყვათა წყვილი, რომლის საფუძველზე ყოველი აღმწერი ტექსტისათვის შეიქმნა იმპლიკანტი. მოხდა აღმწერითი პარამეტრების შემცველი ცოდნის კონცეპტის ფორმირება ზემოთ აღწერილი მეთოდის შესაბამისად, რომელიც წარმოადგა ნორმალური დიზიუნქციური ფორმით. მარკეტინგის სპეციალისტების თვალსაზრისით, ასეთი სახით დამუშავებულმა შეფასებითმა ტექსტებმა გამოყო პროდუქციის ისეთი ახალი მახასიათებლები, რომლებიც არ იყო გათვალისწინებული მარკეტინგული კვლევის სხვა ეტაპებზე. მათი აზრით ეს მნიშვნელოვანი ფაქტორია და გავლენას იქონიებს საქონლის გასაღებაზე.

დასკვნა

მეთოდის სატესტო შემოწმებამ აჩვენა, რომ შემოთავაზებული მეთოდით კონცეპტების შემუშავება განზოგადოებულად აღწერს მის სემანტიკურ არსს. ეს მეთოდი საშუალებას იძლევა კონცეპტის არასტრუქტურირებული აღმწერი მეტამონაცემების (ტექსტების) საფუძველზე მოხდეს განზოგადებული სემანტიკური არსის მქონე სტრუქტურის ფორმირება. ეს სტრუქტურა წარმოიდგინება, როგორც მარკეტინგული კვლევის ერთ-ერთი ძირითადი კომპონენტი.

კონცეპტუალური დაფუძნებული ცოდნის ამოკრევის მეთოდი შეფასებითი ტიპის ტიპიდან

მ. ხაჩიძე, მ. არჩუაძე, ბ. ბენიაშვილი

რეზიუმე

ნაშრომში განხილულია ცოდნის ამოღების მეთოდი შეფასებითი ტექსტებთან. აღნიშნული მეთოდი შემუშავებულია ორი მეთოდის სინთეზის საფუძველზე: ცხადი სემანტიკური ანალიზი (Explicit Semantic Analysis - ESA) და ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი. სტატიაში განიხილება კონცეპტების (მისი ატრიბუტების) აღწერის და ცნების

გამოთვლის ახალი და უფრო მოხერხებული მეთოდი. ეს მეთოდი აღწერს კონცეპტებს უფრო კომპაქტურად და სემანტიკურად უფრო ზუსტად. მისი გამოყენება შესაძლებელია ცოდნის ბაზის ფორმირების პროცესში.

KNOWLEDGE ACQUISITION METHOD FROM EVALUATION TEXTS ON THE BASIS OF CONCEPTS

M. KHACHIDZE, M. ARCHUADZE, G. BESIASHVILI

Summary

The paper considers the method of Knowledge acquisition from evaluating texts. The said method has been worked out by synthesizing two existing methods: Explicit Semantic Analysis (ESA) and analytical heuristics. The article examines a new and more convenient method for concept describing (its attributes) and calculating. This method describes concepts more compactly and semantically more precisely. The described method together with other methods can be used in formation process of knowledge basis.

МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗНАНИЯ ИЗ ОЦЕНОЧНЫХ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПТОВ

М. ХАЧИДЗЕ, М. АРЧУАДЗЕ, Г. БЕСИАШВИЛИ

Резюме

В статье рассматривается метод извлечения знаний из оценочных текстов. Указанный метод разработан на основе синтеза двух существующих методов: явный семантический анализ (Explicit Semantic Analysis - ESA) и аналитические эвристики. В статье рассматривается новый и более удобный способ для описания концепции (ее атрибутов) и для расчета понятий. Этот метод описывает концепты более компактно и семантически более точно. Описанный способ совместно с другими методами может быть использован в процессе формирования базы знаний.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Egozi O., Markovitch S. and Gabrilovich E. "Concept-Based Information Retrieval using Explicit Semantic Analysis", ACM Transactions on Information Systems, Vol. 29, No. 2, Article 8, Publication date: April 2011.
2. Chavchanidze, V. "Heuristic Analysis of Artificial Intelligence in the Formation of Concepts, Pattern Recognition and Classification of Objects", p.20. Institute of Cybernetics, Georgian Academy of Sciences, 1970, dep. 2080-70, Tbilisi.
3. Manning D., Raghavan P., Schütze H. "Scoring, term weighting and the vector space model", in Introduction to Information Retrieval, Cambridge University Press, 2008, pp. 109-133.
4. Archuadze M., Besiashvili G., khachidze M. and Kervalishvili P. "Knowledge Engineering: Quantum Approach", published in Philosophy and Synergy of information: Sustainability and Security, Publication is supported by: The NATO Science for Peace and Security programme Sub-Series E: Human and Societal Dynamic-, 2012, vol.93 ISSN 1874-6268, pp.175-185.

**სიმსივნურ დაავადებათა მიკროკალორიმეტრული დიაგნოსტიკის
მხარდაჭერი საინფორმაციო სისტემის ლობიკური სქემა**

მ. ხაჩიძე, ღ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე

manana.khachidze@tsu.ge, khachodg@yahoo.com, nia_khach@yahoo.com

შესავალი

დიაგნოსტიკის ამოცანათა ამოხსნა მჭიდროდაა დაკავშირებული დიაგნოზირებადი ობიექტის დაკვირვებად დარღვევათა ანალიზთან და მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენასთან. მხოლოდ დარღვევათა მიზეზების გამოვლენის საფუძველზე შეიძლება არჩეულ იქნას ობიექტზე ზემოქმედების მეთოდები, რომლებსაც ექნებათ ამ დარღვევათა აცილების უნარი. უნდა აღინიშნოს, რომ დიაგნოზირებადი ობიექტის თვისებები, მათი წარმოდგენის ხერხი, კარნახობს დასმული ამოცანის ამოხსნის სხვადასხვა მეთოდებს. თუ ობიექტი წარმოადგენს რთულ სისტემას, მაშინ მისი მონაცემთა დიდი ნაწილი წარმოდგინება არა მხოლოდ რაოდენობრივ, არამედ თვისებრივ მონაცემთა სახით. ასეთი ამოცანები წარმოადგენს არაფორმალური ხერხეული ამოცანებს და ამის გამო მათი ზუსტი, რაოდენობრივი ანალიზი ძნელია და უფრო ხშირად შეუძლებელია. მსგავსი ამოცანების ამოხსნა სრულდება, როგორც წესი, შესაბამისი დარგის სპეციალისტების მიერ, მათი ცოდნის, გამოცდილების და ინტუიციის საფუძველზე. სწორედ ამ კლასს ეხება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა, რომელიც განიხილება მოცემულ ნაშრომში.

ტელემედიცინა, როგორც თანამედროვე მედიცინის მიმართულება, სულ უფრო აქტუალური ხდება. ტექნოლოგიები რომლებიც ინერგება ამ მიმართულებით უზრუნველყოფს რიგი პრობლემური საკითხების გადაჭრას:

- დაავადების დიაგნოსტიკა;
- მეურნეობის ტაქტიკის განსაზღვრა;
- დიაგნოზის დადგენა;
- ექიმის ქცევის ტაქტიკის შერჩევა ექსტრემალურ და არა ორდინალურ სიტუაციაში;
- ავადმყოფების დისტანციური დაცვა რთული ოპერაციების შემდეგ;
- კრიტიკულ მდგომარეობაში მყოფი ავადმყოფებისთვის სწრაფი კონსულტაციები;
- საექიმო კონსილიუმების ორგანიზაცია.

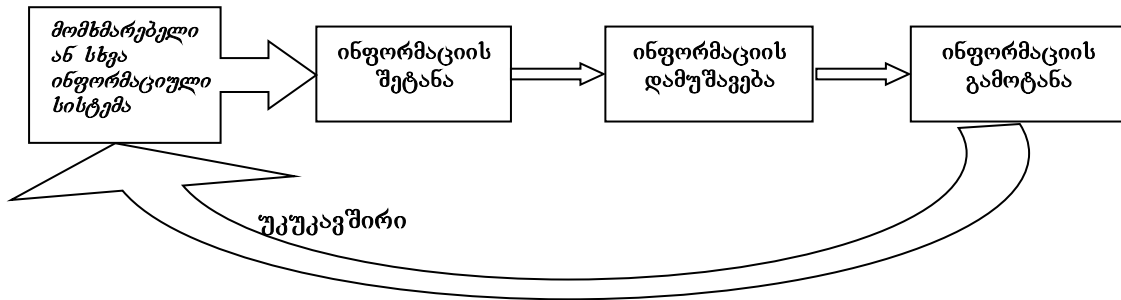
მიუხედავად იმისა, რომ მსოფლიოს ბევრ ქვეყანას გააჩნია ერთიანი სამედიცინო საინფორმაციო სისტემა, ისინი სრულყოფილად ვერ უზრუნველყოფენ მედიცინის ყველა ქვედარგის ჩართულობას ამ პროცესში. იმ ფაქტის გათვალისწინებით, რომ სიმსივნური დაავადებები ერთერთი ყველაზე გავრცელებულია, აქტუალურია მათი დიაგნოსტიკის მხარდაჭერი ნებისმიერი ახალი მეთოდოლოგიის შექმნა, მითუმეტეს ტელემედიცინის როგორც ინსტრუმენტის გამოყენება დაავადების დიაგნოსტიკის და დიაგნოზის დადგენის მიმართულებით.

უდავოა, რომ ავთვისებიანი სიმსივნის დროულად დიაგნოსტიკა განაპირობებს პაციენტის ეფექტურად მეურნეობის საშუალებას, მაგრამ სამწუხაროდ სიმსივნის დიაგნოსტიკის არსებული მეთოდებით ამის საშუალებას ყოველთვის არ იძლევა. გარდა ამისა ეს მეთოდები ზღუდავენ ტელემედიცინის ტექნოლოგიების გამოყენებას დაავადების დიაგნოსტიკის და დიაგნოზის დადგენის მიმართულებით. დიაგნოსტიკის ისეთი ხელსაწყო არსებობა, რომლის საშუალებით მიღებული შედეგები გადაეცემა საინფორმაციო სისტემაში ავტომატურ რეჟიმში მონაცემთა დაგროვების, ანალიზის და დიაგნოზის დასვის მიზნით, დიდ წვლილს შეიტანს სიმსივნურ დაავადებებთან ბრძოლაში. ასეთ მეთოდად შეიძლება გამოდგეს მიკროკალორიმეტრული ანალიზი - იაფი და სწრაფი დამატებითი მეთოდი ონკოლოგიური დაავადებების დიაგნოსტიკაში.

ნებისმიერი დანიშნულების ინფორმაციული სისტემა ზოგადი სქემით შეიძლება წარმოდგეს როგორც სამომხმარებლო ინტერფეისი და სამი ძირითადი ფუნქციონალური მოდულისაგან შემდგარი სტრუქტურა (ნახ.1). ყოველი მოდულის ფუნქციონირების ეფექტურობა და ლოგიკური ურთიერთ კავშირი განსაზღვრავს სისტემის ეფექტურობას. განვიხილოთ ყოველი მოდული ცალკე-ცალკე.

სამომხმარებლო ინტერფეისი – სამომხმარებლო ინტერფეისი სტანდარტული სტრუქტურაა და შესაძლებელია უნივერსალური ვებ ორიენტირებული ინტერფეისული სისტემის გამოყენება.

ინფორმაციის შეტანა – საინფორმაციო სისტემაში შემავალი ინფორმაცია შეიძლება დაიყოს რამოდენიმე ჯგუფად: 1. პაციენტის პირველადი რეგისტრაციის მონაცემები; 2. სუბიექტური გამოკვლევის მონაცემები (დიფერენცირდება ჩივილების შესაბამისად); 3. დიაგნოზი; 4. მკურნალობა.



ნახ. 1

განვიხილოთ პაციენტთა პირველადი რეგისტრაცია – საყოველთაოდ მიღებული სტანდარტის შესაბამისად შემუშავებულია ეგრეთ წოდებული პაციენტის “სამედიცინო ბარათის” ფორმა მასში შემავალი ყველა მონაცემებით. სისტემა მარტივი მოხმარების ინტერფეისის საშუალებით უზრუნველყოფ ამ ინფორმაციის შეტანას ყოველი პაციენტისათვის. ამასთან თუ პაციენტის შესახებ ადრე უკვე იყო ბაზაში მონაცემები დაფიქსირებული (თუნდაც სხვა ექიმის მიერ) მისი პირადი ნომრის (ან სხვა უნიკალური კოდის) საშუალებით შესაძლებელია არსებული ინფორმაციის იმ ნაწილის მოძიება/გამოყენება, რომელიც არ იხდუდება სამედიცინო ეთიკით. ამასთან პაციენტს შეუძლია სრულად დაათვალიეროს მონაცემები თავის შესახებ. საინფორმაციო სისტემის ერთერთი ინტერფეისი წამოდგენილია ნახ. 2-ზე.

შესატან ინფორმაციას შორის გამოსაყოფია ის ნაწილი, რომელიც მონაცემთა ბაზაში ფიქსირდება სისხლის შრატის კალორიმეტრიული ანალიზის შედეგად. დიფერენციალური სკანირებადი მიკროკალორიმეტრი (დსმ) [1], საშუალებას იძლევა ბაზაში მოვათავსოთ მონაცემები, როგორც ადამიანის სისხლის [2], ასევე ადამიანის სისხლიდან გამოყოფილი პლაზმის და შრატის [3] “ღლობის” პროცესის შესახებ.

ინფორმაციის დამუშავება – ეს მოდულიც იყოფა რამოდენიმე ნაწილად:

- სუბიექტური გამოკვლევის მონაცემების დამუშავება - არსებული სამედიცინო სქემების გამოყენებით სისტემის ამ ბლოკში განთავსებულია გადაწყვეტილების მიღების რამოდენიმე მხარდამჭერი სისტემა. გარდა ამისა სისტემა შესძლებს სათანადო რეგისტრაციის გავლისას მოძებნოს შესაბამისი მხარდამჭერი სისტემა სხვა ტელემედიცინის სისტემებშიც.
- დიაგნოსტიკა - რომელიც ეფუძნება დიფერენციალურ სკანირებადი (დსმ) მიკრო კალორიმეტრს - შემოთავაზებული კომპიუტერული დიაგნოსტიკა დსმ-ის საშუალებით ეყრდნობა დაგნილ ფაქტებს:
 1. ადამიანის სისხლის შრატის ძირითადი ცილების დამოუკიდებელი დნობა;
 2. ადამიანის სისხლის შრატის ფიზიოლოგიურთან მიახლოებულ ხსნარებში ძირითადი ცილების დომენების რაოდენობა დიდი სიზუსტით თანხვედა ადამიანის სისხლის შრატის ცილების დომენების რაოდენობას;
 3. დონორის სისხლის შრატის დენატურაციის კალორიმეტრიული მრუდები განმეორებადია;

4. დონორის სისხლის შრატის დენატურაციის კალორიმეტრული მრუდები განსხვავდება არაონკოლოგიური ავადმყოფის მრუდისაგან და არაონკოლოგიური ავადმყოფების მრუდები კი ონკოლოგიური ავადმყოფების მრუდებისაგან.

The screenshot shows a medical software interface. At the top left, there is a logo and the text 'სამედიცინო ბარათი (ვაკუშური პაციენტი)'. Below this are navigation icons for 'PATIENTS', 'PERSONAL', 'SOLUTIONS', and 'CONTACTS'. The main area contains a form with several input fields for patient data, including 'ID', 'Name', 'Date of Birth', 'Sex', 'Marital Status', 'Occupation', 'Address', 'Phone', 'Email', and 'Insurance'. Below the form are three tables: 'სისხლის ანალიზები' (Blood Test Results), 'მულის ტვინის ანალიზები' (Liver Test Results), and 'სიმპტომები' (Symptoms). Each table has columns for 'ID', 'LaborantID', and 'Date', and includes an 'Add' button.

ნახ.2

ამ თვალსაზრისით მნიშვნელოვან ინფორმაციას იძლევა ალბუმინი, რომელიც იერთებს Ca, Fe, Cu, Zn, Mn იონებს, ცხიმოვან მჟავებს, ამინომჟავებს, ჰორმონებს, სხვადასხვა ფარმაცევტულ პრეპარატებს და ტრანსფერინს. ასევე ცერუროპლაზმინები იკავშირებენ Fe და Cu. ბაზაში შეიტანება ინფორმაცია ყველა ამ ცილის შესახებ.

მონაცემების ანალიზში და კლინიკურმა დაკვირვებებმა გამოავლინა დიაგნოსტიკის შესაძლებლობები:

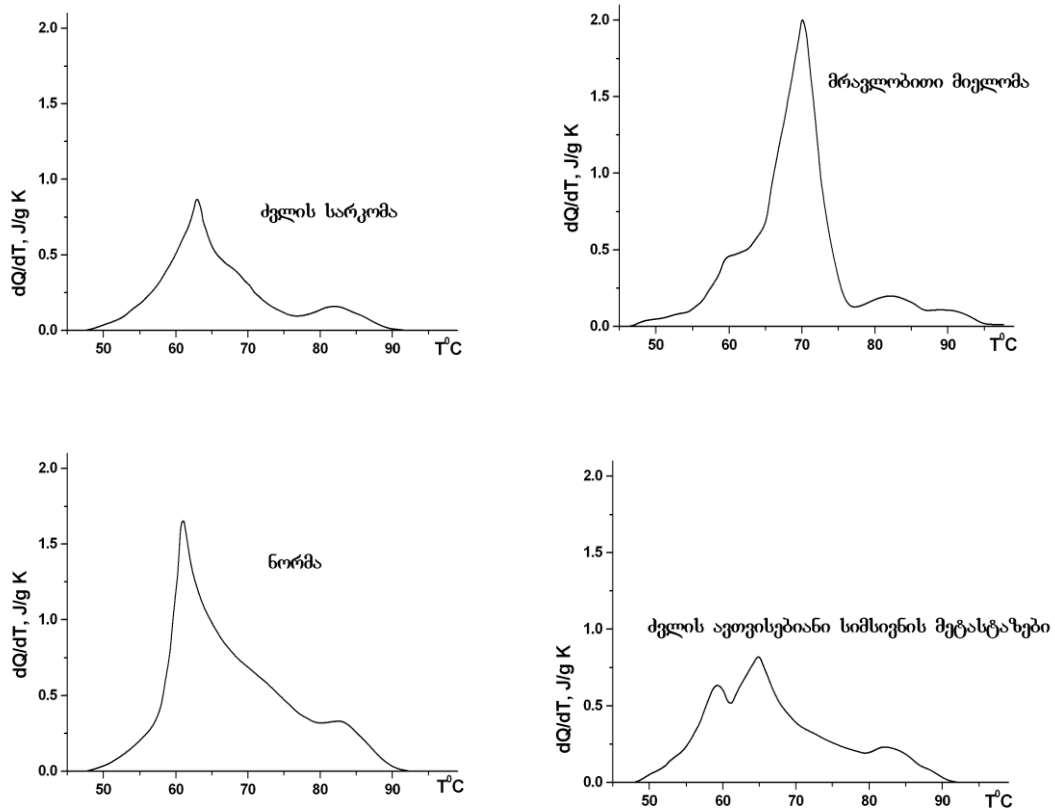
1. მზარდი სიმსივნური პროცესის ოპრეაციისწინა დიაგნოსტიკა;
2. მკურნალობის ეფექტურობის შეფასება;
3. რეციდივების და მეტასტაზების წინაკლინიკური აღმოჩენა;
4. ოპრეაციის შემდგომი დაკვირვებები, რეციდივის აღმოჩენა, რემისიის დადგენა; დიაგნოსტიკა შეიცავს რამდენიმე თანმიმდევრულ საფეხურს:
 - სისხლის შრატის კალორიმეტრული მრუდების ელემენტარულ შემადგენლებად დაშლა (დეკონვოლუცია), რომლებიც შეესაბამება ცალცალკე შრატის შემადგენელი ცილების დნობას: ალბუმინი, γ -გლობულინი, α_1 -გლიკოპროტეიდი, α_1 -ანტიტრიფსინი, ქემოტრიფსინი, α_2 -მიკროგლობულინი, α_{11} - გლობულინები (ცელულოპლაზმინი), β -გლობულინები (ტრანსფერინი, ჰეპოპექსინი);
 - თითოეული ცილისათვის თერმოდინამიკური პარამეტრების (T, ΔT , ΔH , ΔC^{max}) გამოთვლა;
 - თითოეული ცილისათვის $H_{cal}/\Delta H_{30}$ შეფარდების გამოთვლა, რომლის რიცხვითი მნიშვნელობა იძლევა კოოპერატიულად დნობადი სტრუქტურული დომენების რიცხვს.

იმის გამო, რომ პაციენტის პლაზმა/შრატის კალორიმეტრულ მრუდზე დეკონვოლუციის შედეგად ნათლად ჩანს სითბოშთანქმის პიკები, რომლებიც შეესაბამებიან პლაზმა/შრატში შემავალი მთავარი ცილების დნობას, ეს საშუალებას იძლევა:

1. პლაზმა/შრატში შემავალი მთავარი ცილების პარამეტრების Δd , Δt_d , Δt , $\Delta n^{(b)}$ და დონორის და ცნობილი ავადმყოფობით დაავადებული პაციენტების პლაზმა – შრატის დენატურაციის ამავე პარამეტრებთან შედარებით დავსვათ დიაგნოზი, რომლის სიზუსტე ჩვენი წინასწარი მონაცემებით შეეადგენს 70%;
2. დეკონვოლუციის შედეგად მიღებული თითოეული მთავარი ცილის შესაბამისი პიკის დეკონვოლუცია კი იძლევა საშუალებას განვსაზღვროთ ცილაში შემავალი თითოეული დომენის (Δd , Δt_d , Δt , $\Delta n^{(b)}$). ამ პარამეტრების შედარება დონორის და ცნობილი ავადმყოფობით დაავადებული პარამეტრების ამავე პარამეტრებთან იძლევა საშუალებას დაისვას დიაგნოზი სუბმოლეკულურ დონეზე – ცილაში შემავალი დომენების მცირე ცვლილების დონეზე, რაც იძლევა უნიკალურ შესაძლებლობას დიაგნოზის სიზუსტე გაიზარდოს 90-95%-მდე.

მოცემული ჯანმრთელი ადამიანისა და ცნობილი ავადმყოფობით დაავადებული პაციენტთა მიკროკალორიმეტრიული ანალიზის მონაცემები მიიღება პროგრამით გათვალისწინებული სისტემატური შესაწავლის საფუძველზე და ინახება მონაცემთა ბაზაში.

ქვემოთ მოყვანილია სისხლის შრატის მიკროკალორიმეტრიული ანალიზის შედეგად მიღებული რამდენიმე მრუდი.



ნახ.3

აღწერილი მეთოდით მიღებული მონაცემების ბაზაში განსათავსებლად აუცილებელია უნიფიცირება [4], დაყოფა ცალკეულ პარამეტრებად შემდგომი დამუშავებისათვის ცოდნის ბაზის შესაქმნელად.

ამ ეტაპზე დაგროვილი მონაცემებით შექმნილი ცოდნის ბაზა უზრუნველყოფს სიმსივნური დაავადების საწყის დიაგნოზს მიკროკალორიმეტრიული ანალიზის მონაცემების არსებობის შემთხვევაში.

პოტენციური სამედიცინო საინფორმაციო სისტემის ფუნქციონირების სრული ციკლი შედგება რვა ფაზისაგან, რომელთაგან პირველი არის: მონაცემების შეგროვება და ინფორმაციის არსებულ სამედიცინო სისტემებთან შედარება/შეჯერება; მეორე ეტაპი - მსგავსი ინფორმაციის ანალიზი (ასეთის არსებობის შემთხვევაში); მესამე ეტაპი - ინფორმაციის კონვერტაცია oracle-ზე დაფუძნებულ მონაცემთა ბაზაში; მეოთხე ფაზა - მონაცემთა სტრუქტურების ფორმები უნიფიცირებული მონაცემების შესატანად დიდი მოცულობის მონაცემების არსებობის შემთხვევაში მნიშვნელოვანია დამუშავება მოხდეს მაღალი სიჩქარით და სიზუსტით; მეხუთე ფაზა - მონაცემების დამუშავება დასკვნის მისაღებად და ანგარიშის ფორმების შექმნა. ეს ფაზა მეტად მნიშვნელოვანია სწორი და ზუსტი გადაწყვეტილების მისაღებად; მეექვსე ფაზა - სწავლება. ამ ფაზაში მოხდება მომხმარებლების ინფორმირება ამ და სხვა საინფორმაციო სისტემას გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ. მეშვიდე ეტაპი უკავშირდება შენიშვნებისა და წინადადებების დამუშავებას, რაც შემდგომში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნას ცოდნის ბაზის შესავსებად/დასახელებლად; მერვე ფაზა ასახავს სამედიცინო საინფორმაციო სისტემის ურთიერთაკავშირის ანალიზს სხვა ინფორმაციულ სისტემებთან.

წარმოდგენილი საინფორმაციო სისტემა სრულად უზრუნველყოფს ფუნქციონირების პირველ-მეხუთე ფაზას. პირველი სამი ფაზის უზრუნველყოფელი ფრაგმენტი შესაძლებელია განხილულ იქნას როგორც საერთო მოხმარების სისტემა ყველა დანიშნულების სამედიცინო სისტემისათვის. მეხუთე ფაზა ეყრდნობა ორ უნიკალურ მეთოდს - სიმსივნურ დაავადებათა დიაგნოსტიკის ახალი მიკროკალორიმეტრიული მეთოდი, ცოდნის წარმოდგენის ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი [5], რომელიც წარმატებით გამოიყენება სხვადასხვა სადიაგნოსტიკო ამოცანების გადაჭრაში.

**სიმსივნურ დაავადებათა მიკროკალორიმეტრული დიაგნოსტიკის
მხარდაჭერი საინფორმაციო სისტემის ლობიკური სქემა**

მ. ხაჩიძე, დ. ხაჩიძე, ნ. ხაჩიძე

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო საინფორმაციო სისტემის ფუნქციონირების ძირითადი სტრუქტურა. სტრუქტურის ყოველი ლოგიკური ელემენტისათვის შექმნილია შესაბამისი პროგრამული მოდული რომელიც უზრუნველყოფს: პაციენტის კლინიკური მონაცემების შეგროვებას (მიკროკალორიმეტრიული ანალიზის შედეგად მიღებული ანალიზის ჩათვლით); პაციენტის მონაცემების ანალიზს სიმსივნური დაავადების დიაგნოსტიკის თვალსაზრისით. დიაგნოსტიკა ეფუძნება ორ მეთოდს - სიმსივნურ დაავადებათა დიაგნოსტიკის ახალი მიკროკალორიმეტრიული მეთოდს და ცოდნის წარმოდგენის ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდს.

**LOGICAL FRAMEWORK OF MEDICAL INFORMATION SYSTEM FOR CANCER
DIAGNOSIS**

M. KHACIDZE, D. KHACIDZE, N. KHACIDZE

Summary

The logical structure of medical information system is considered in the work. Software modules are built for each logical element. These modules provide: the collection of patient data (including the analysis that is the result of micro calorimetric analysis), analysis of the data of a patient with the purpose to diagnose cancer diseases. Diagnostic is basis on two methods - the new micro calorimetric method of diagnosing and analytical-heuristic method of knowledge representation.

ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА МЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

М. ХАЧИДЗЕ, Д. ХАЧИДЗЕ, Н. ХАЧИДЗЕ

Резюме

Рассматривается логическая схема функционирования основной структуры медицинской информационной системы. Для каждого логического элемента создан программный модуль, который обеспечивает сбор данных пациента (включая данные микрокалориметрического анализа) и анализ данных с целью диагностирования злокачественных заболеваний. Диагностика основана на двух методах – новом микрокалориметрическом методе диагностирования и методе аналитических эвристик представления знаний.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Kalandadze I, Topuridze, 14th JUPAC, Conference on Chemical Thermodynamics, Osaka, Japan, 1996.
2. Khachidze D. and Monaselidze J. "Microcalorimetric study of human blood serum". Biophysics [IF SES 10(r)], vol. 45, №2, pp. 312-316, (2000).
3. Khachidze D. and Monaselidze J. "Independent denaturation of albumin and globulin in human blood serum". Biophysics, vol. 45, №2, pp. 317-319, (2000)
4. Khachidze M.. Data Unification Algorithm for Representing Infomplete and Indefinite Information in Medical Expert System. Computing and Computational Intelligence. Proceedings of the European Computing Conference (ECC'09) Proceedings of the 3rd International Conference on Computational Intelligence (CI'09). Tbilisi, Georgia, June 26-28, 2009, pp.348-352.
5. Микеладзе М., Хачидзе М. Модифицированный концептуально-вероятностный метод формирования правил для медицинских диагностических экспертных систем. ღოღო სისტემების მართვის XIV საერთაშორისო სიმპოზიუმი, თბილისი 2000 წ. გვ.162.

HEARING FUNCTION IN INDUSTRIAL WORKERS: OCCUPATIONAL NOISE INFLUENCE

M. TUSHISHVILI, N. SHARASHENIDZE, A. TUSHISHVILI, Z. KEVANISHVILI

mish_tush@yahoo.com

Noise-induced hearing loss by the prevalence rate keeps the second place in the list of inner-ear pathologies, the first position being occupied by the age-related alterations [1]. Disturbing effects of high-intensity sounds on health, generally, on the cochlea, specifically, have been searched for a long time. The influence of occupational noise on a hearing in industrial workers was in particular the topic of some distinctive studies (e.g. [3, 4, 6]). The noise-induced hearing impairment seems to be the major avoidable inner-ear disorder [2]. Systematic audiometric inspection appears thus important for detection just of incipient hearing abnormality stages. If revealing any dysfunction hints, the existing protective technical procedures are necessary to reinforce and additional items to introduce while the definite medical manoeuvres have to accomplish in parallel aiming the prevention of actual hearing complaints and rehabilitation of happened confusions or at least the blockage of their progression. Background control and systematic recurrent examination of a hearing should particularly be carried out on subjects professionally involved in noisy job affairs [5].

The goal of the present paper was the estimation of a hearing in workers systematically involved in construction of trans-Caucasian oil-pipeline over Georgia and subjected therefore to regular environmental working noise influences. The distinct purpose of accomplished investigations was the evaluation of hearing thresholds in industry workers while within a wide spectral range, including 10- and 12-kHz frequencies. This has been dissimilar from habitual clinical probes where the high-frequency audiometric border is limited as a rule by 8 kHz.

Material and methods

The test share of explored subjects included 157 workers actively involved in trans-Caucasian pipeline manufacturing jobs. The referent team was represented by 115 employees of local non-industrial, in the main of humanitarian and educational institutions. Either the test and control sample was divided into five consecutive age decade subgroups: 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, and 60-69 years. Trans-Caucasian pipeline is relatively a new development. In most test subjects the job-linked ambient noise effects were thus limited in total time frame and covered usually months up to the pair of years. In rare occasions only, the service term amounted to 3, 4, 5 years.

The general characteristics of noises polluted over by the industrial working devices (power shovels, tractors, bulldozers, excavators, compressors, crushers, loaders, drills, conveyers, trucks) have been checked applying a set of the Bruel and Kjaer acoustic measuring devices. Both intensities and frequency spectra of noises demonstrated the dependence upon the essence and number of concomitantly functioning machines. At near distances from, the noise levels reached 90-100 dB SPL while sometimes 105-110 dB SPL even. The frequencies, on the other hand, rather evenly covered the principal hearing range, starting from 0.063-0.125 kHz up to 6-8 kHz.

Participants of both the test and control samples have been checked at first otoscopically and then tympanometrically and all were proved to own normal outer- and middle-ear. None subjects of the control group recalled any high-intensity sound-exposure incident in past while all individuals of both samples were recalled any alternative potentially confounding hearing disturbing affair, e.g. intake of ototoxic drugs, hormonal imbalances, bilirubinaemia. Hearing indices have been assessed in a sound-proof room by the tonal audiometer (ITERA, Madsen). Air- and bone-conduction thresholds were established in both ears within the expanded frequency band, 0.125-12 kHz. The audiometric data in separate age subgroups of the test and control samples were matched statistically via the Student's *t* test.

Results

At lowest audiometric frequencies measured, 0.125, 0.25, and 0.5 kHz, hearing thresholds in the test and control individuals were close to each other proving no reliable perception changes under high-intensity occupational noise exposures within the respective spectral band. At 1-, 2-, and 3-kHz frequencies hearing thresholds appeared generally also similar, although a trend to the greater their values in the test vs. control sample was traced likely. At higher frequencies, 4, 6, 8, 10, and 12 kHz, on the other hand, hearing thresholds in workers systematically exceeded those in non-workers. The 4-12-kHz frequency band seemed thus selectively sensitive to the high-intensity industrial noise exposures. To focus the attention of readers just to the intrinsic sample dissimilarities, in documental materials offered (Table 1;

Figs.1, 2) the data of steady 0.125-0.5-kHz frequencies have been omitted while of dubious 1-3-kHz and of reliable 4-12-kHz frequencies have been presented only.

In three initial age subgroups, 20-29, 30-39, and 40-49 years, the differences in hearing thresholds between the test and control samples appeared proportional (Table 1; Figs. 1, 2). In each subgroup the deviations systematically lessened from the higher to the lower frequencies.

Table 1 Hearing thresholds (dB; means \pm standard errors) in industrial workers (test sample) and non-workers (control sample) of different age subgroups (years) at various sound frequencies (1-12 kHz)

| | 1 kHz | 2 kHz | 3 kHz | 4 kHz | 6 kHz | 8 kHz | 10 kHz | 12 kHz |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 20-29 years | | | | | | | | |
| test | 8.7 \pm 0.5 | 5.2 \pm 0.5 | 5.9 \pm 0.7 | 7.9 \pm 1.2 | 12.3 \pm 1.2 | 11.7 \pm 1.1 | 12.8 \pm 1.7 | 23.7 \pm 2.1 |
| control | 7.5 \pm 0.6 | 5.5 \pm 0.7 | 5.7 \pm 0.7 | 7.8 \pm 0.6 | 5.0 \pm 0.6 | 4.8 \pm 0.7 | 8.7 \pm 0.6 | 6.7 \pm 0.6 |
| 30-39 years | | | | | | | | |
| test | 9.6 \pm 0.5 | 7.1 \pm 0.4 | 11.5 \pm 1.3 | 15.9 \pm 1.6 | 18.2 \pm 1.7 | 19.4 \pm 1.7 | 28.7 \pm 1.6 | 37.0 \pm 2.3 |
| control | 8.8 \pm 0.7 | 9.3 \pm 0.9 | 10.0 \pm 1.4 | 13.4 \pm 1.5 | 17.0 \pm 1.7 | 15.1 \pm 1.8 | 19.1 \pm 2.2 | 26.2 \pm 2.8 |
| 40-49 years | | | | | | | | |
| test | 12.9 \pm 0.6 | 12.5 \pm 0.9 | 17.8 \pm 1.4 | 25.9 \pm 1.5 | 30.6 \pm 1.9 | 29.1 \pm 2.0 | 43.0 \pm 2.1 | 56.8 \pm 2.1 |
| control | 10.4 \pm 0.8 | 12.7 \pm 1.1 | 14.5 \pm 1.4 | 18.7 \pm 1.7 | 22.6 \pm 1.8 | 22.6 \pm 3.1 | 28.4 \pm 2.3 | 39.8 \pm 2.7 |
| 50-59 years | | | | | | | | |
| test | 16.1 \pm 0.7 | 17.3 \pm 1.4 | 26.3 \pm 1.9 | 37.5 \pm 2.3 | 43.5 \pm 2.2 | 47.6 \pm 2.2 | 51.7 \pm 3.4 | 70.3 \pm 2.0 |
| control | 11.1 \pm 0.8 | 15.8 \pm 1.1 | 20.9 \pm 2.1 | 26.0 \pm 2.6 | 34.4 \pm 2.8 | 38.6 \pm 2.8 | 47.9 \pm 3.2 | 64.7 \pm 2.8 |
| 60-69 years | | | | | | | | |
| test | 22.5 \pm 2.9 | 25.0 \pm 5.7 | 32.5 \pm 3.7 | 45.0 \pm 5.0 | 50.8 \pm 4.8 | 55.0 \pm 4.8 | 65.8 \pm 13.1 | 76.7 \pm 8.7 |
| control | 20.6 \pm 1.8 | 27.3 \pm 1.8 | 34.7 \pm 2.0 | 41.5 \pm 2.0 | 47.5 \pm 2.3 | 52.6 \pm 2.6 | 61.5 \pm 2.4 | 76.2 \pm 1.6 |

The greatest gaps between were correspondingly seen at the highest frequency components of the applied band, 12 and 10 kHz. At 12-kHz frequency, in particular, the test vs. control threshold variances in the age subgroups of 20-29, 30-39, and 40-49 years amounted on the mean to 17.0, 10.8, and 17.0 dB, respectively, while at 10-kHz frequency to 4.1, 9.6, and 14.6 dB, respectively. At 12-kHz frequency the differences were statistically significant in all three considered age subgroups ($p < 0.01$, < 0.01 , and < 0.005 , respectively). At 10-kHz frequency, on the other hand, the sample divergence was significant in the age subgroup of 40-49 years only ($p < 0.01$). Those in the subgroups of 20-29 and 30-39 years remained non-significant although looked still attractive. At lower components of the noise-sensitive frequency band, 8, 6, and 4 kHz, the test vs. control sample variations were smaller. In the age subgroup of 20-29 years the disparities between amounted on the mean to 6.9, 7.3, and 0.1 dB, respectively, in that of 30-39 years to 4.3, 1.2, and 2.5 dB, respectively, and in that of 40-49 years to 6.5, 8.0, and 7.2 dB, respectively. All the latter differences were statistically non-significant. Taking into account the general audiogram patterns in the test and control individuals, in all three considered subgroups the sample dissociations seemed nevertheless systematic within the whole band of 12-4-kHz frequencies while the absence of statistically significant distinctions could be attributed to the limited numbers of observations in separate age collections.

In the following age subgroup, 50-59 years, as in previous ones, hearing thresholds in the test sample at high boarder frequencies, 12 and 10 kHz, exceeded those in the control sample (Table 1; Figs. 1, 2). The differences between were however quantitatively lesser, on the mean 5.6 and 3.8 dB, respectively, and statistically non-significant. At preceding components of the noise-sensitive frequency band, 8, 6, and 4 kHz, on the other hand, the threshold deviations among the test and control individuals preserved both the signs and magnitudes. The most reliable difference from occurred at 4-kHz frequency. It amounted on the mean to 11.5 dB and reached the statistically significant level ($p < 0.05$). At two remainder components of the critical frequency band, 8 and 6 kHz, somewhat poorer sample divergences, 9.0 and 9.1 dB, respectively, looked also regular although failed to reach statistically significant grades.

In the utmost age subgroup inspected, 60-69 years, hearing threshold differences between the test and control samples were limited (Table 1; Figs. 1, 2). At all constituents of the noise-sensitive spectral band, 12, 10, 8, 6, and 4 kHz, the trends towards the worse thresholds in the test vs. control subjects were preserved nevertheless. The mean differences amidst were though petty, only 0.5, 4.3, 2.4, 3.3, and 1.0 dB, respectively, and statistically far not significant.

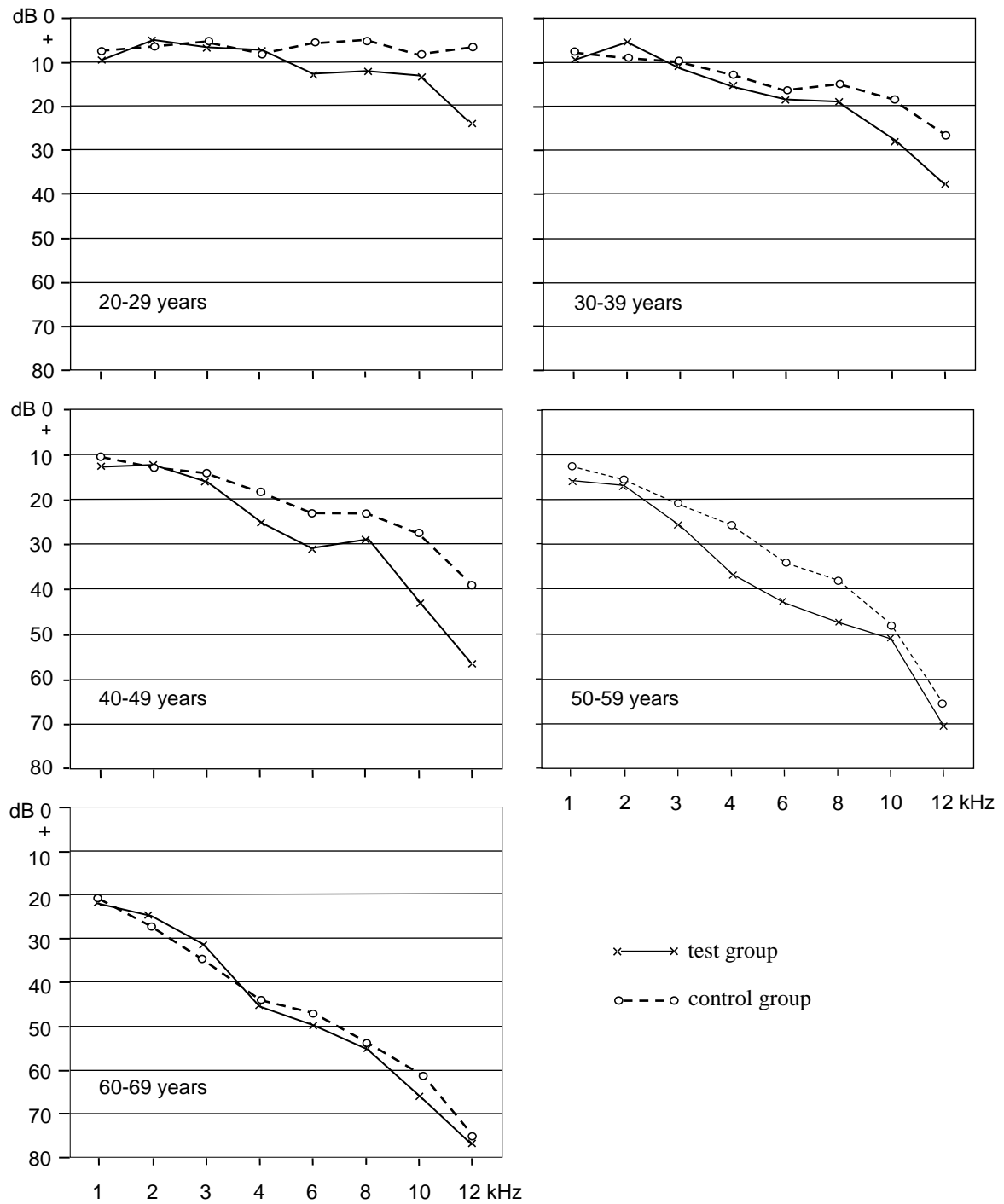


Fig. 1. Mean hearing thresholds (dB) in subjects of test and control samples of different age subgroups (years) at 1-12-kHz frequencies.

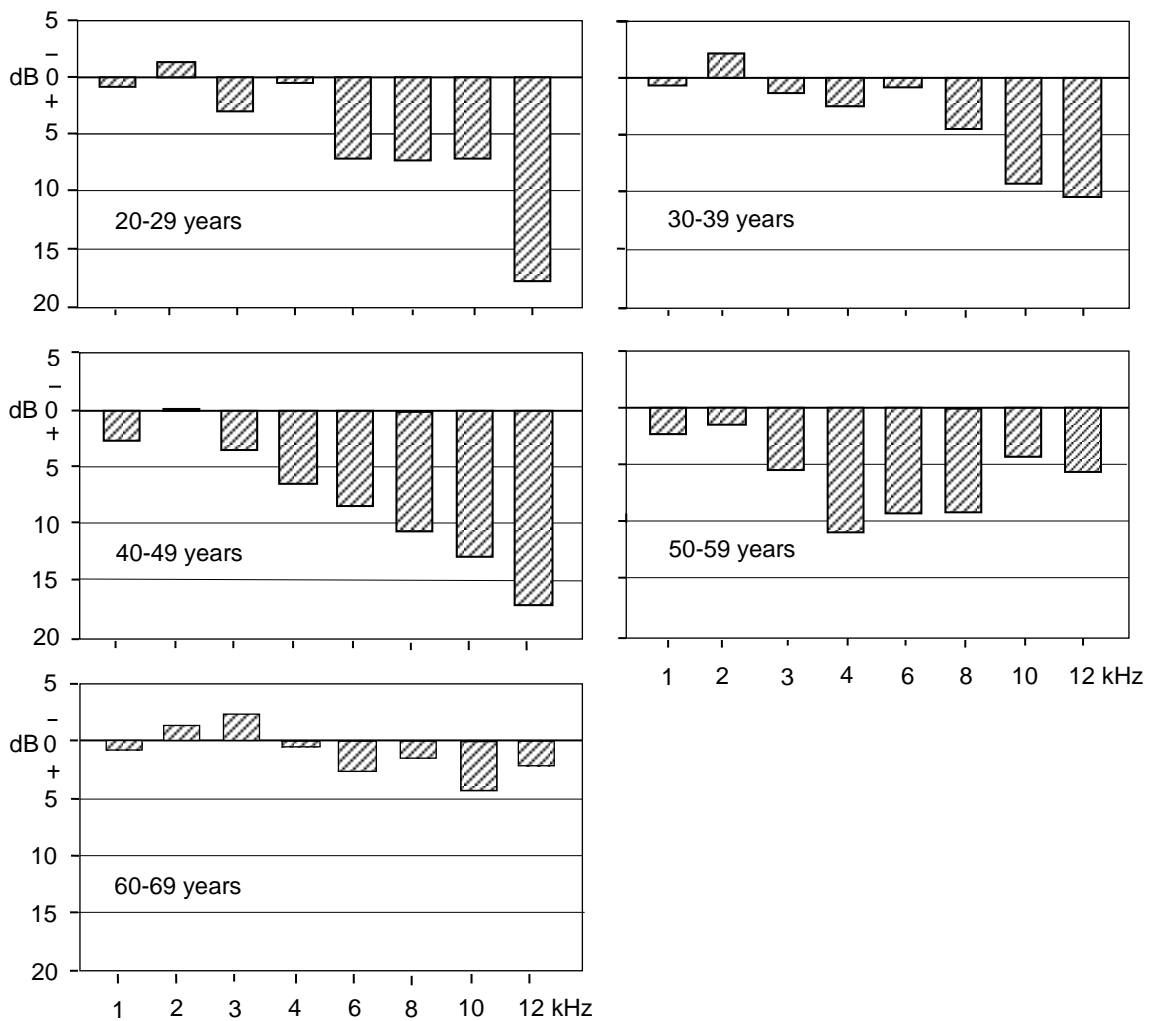


Fig. 2. Differences (dB) between mean hearing thresholds in individuals of test (columns) and control (0 dB) samples of different age subgroups (years) at 1-12-kHz frequencies

Discussion

The data of accomplished investigations have demonstrated that in industrial workers of relatively young and elderly ages, 20-29, 30-39, and 40-49 years, high-intensity job-related noise primarily disturbs the perception of sounds of 12- and 10-kHz frequencies. Sensation of remainder constituents of the high-frequency spectral band, 8, 6, and 4 kHz, also undergoes confusing influences although consecutively of lesser and lesser degrees. Perception qualities of still lower frequencies, 3 kHz and less, on the other hand, are hardly subjected to any regular noise effects. In individuals from 20 up to 50 years of age the sensitivity of 12-4-kHz frequency perception band to high-intensity industrial noise appears in the main similar.

In subjects of the next decade generation, 50-59 years, age-related inner-ear pathological changes are advanced noticeably resulting in a marked hearing loss, particularly at the utmost high audiometric frequencies, 12 and 10 kHz, as being expected (cf. [7]). Due to age-linked increments in sensation thresholds over critical border limits, the environmental noise fails to exert additional disturbing effects on percep-

tion of sounds just of 12- and 10-kHz frequencies. Conversely, with respect to the preceding constituents of the noise-sensitive spectral band, 8, 6, and 4 kHz, age-related threshold alterations do not reach still the intrinsic limits. In the age subgroup of 50-59 years, as in previous species, hearing thresholds at 8-4-kHz frequencies due to noise influences continuo to increase regularly therefore. In general, thus, in individuals of 50-59 years of age the noise-effects are in principal preserved although the exposure-sensitive spectral field is narrowed and is restricted by the inferior part of the intrinsic frequency band: 8-4 kHz instead of 12-4 kHz.

In the oldest workers checked, 60-69 years of age, because of further age-related inner-ear alterations, hearing sensation capacities are reduced additionally while now within the whole noise-sensitive frequency band, 12-4 kHz. Just due to the wider age-linked hearing threshold increments over the critical border magnitudes, the job-related noise becomes actually ineffective for exerting supplemental disturbing influences on cochlear receptors. Hearing threshold differences between workers and non-workers are minimized therefore and pass consecutively into the unreliable boundaries.

Due to better hearing qualities, younger individuals, up to 50 years of age, are more subjected thus by to the noise exposure influences. In older subjects, more than 50 years of age, due to critical age-related increments in high-frequency auditory thresholds, the job-linked noises exert consecutively lesser and lesser effects on a hearing. Correspondingly, noise effects become slighter in degrees and narrower in spectral widths. Moreover, in subjects over 60 years of age the job-related noise actions on a hearing are actually dissipated.

Summarising the obtained results, it could be concluded that the hearing disturbing consequences of regular noise exposures in industrial job workers concern the perception of high sound frequencies, 12-4 kHz. Noise-induced hearing deterioration invades particularly 12- and 10-kHz frequencies. Systematic inspection of a hearing within expanded spectral band, covering 10- and 12-kHz constituents, seems essential for detection of initial hearing disorder hints even. In-time revealing of negative trends should be followed by organization of the complex of reliable technical and medical services aiming neutralization of harmful noise influences on a hearing and rehabilitation of already happened dysfunctions or at least prevention of their progressing.

**სმენის ფუნქცია ინდუსტრიულ მშენებლობაში ჩართულ მუშეებში:
ბარემმაურის ეფექტი**

მ. თუშიშვილი, ნ. შარაშენიძე, ა. თუშიშვილი, ზ. ქავანიშვილი

რეზიუმე

საქართველოს ტერიტორიაზე ტრანსკავკასიური ნავთობსადენის მშენებლობაში მონაწილე მუშეებში სმენის ფუნქცია იქნა შესწავლილი. კონსტრუქციულ სამშენებლო საქმიანობაში აქტიური ჩართულობის გამო ყველა გამოკვლეული ხმაურის რეგულარულ ზემოქმედებას განიცდიდა. რეფერენტული ჯგუფი ჰუმანიტარული პროფილის ადგილობრივი დაწესებულებების თანამშრომლებით იყო წარმოდგენილი. სმენის ზღურბლები 0.125-12 კჰც ანუ ფართო სიხშირულ ზოლში განისაზღვრებოდა. მშენებელთა ჯგუფში, საკონტროლოსთან შედარებით, 4-12 კჰც სპექტრში აღმოჩნდა სმენა შერჩევითად დაქვეითებული. აღქმის მაქსიმალური ვარდნა 12 და 10 კჰც სიხშირეებზე აღინიშნა. ხმაურის მეტი ზემოქმედება 20-29, 30-39 და 40-49 წლების ასაკის ანუ შედარებით ახალგაზრდა მუშეებში დაფიქსირდა. 50-59 და 60-59 წლების ასაკის ანუ უფრო ხანდაზმულ ინდივიდებში სმენის ზღურბლების ასაკთან ასოცირებულ მატებათა გამო ხმაურის გავლენა უფრო სუსტი იყო ხარისხით და უფრო ვიწრო – სპექტრით. ხმაურიან გარემოში მომუშავეთა სმენის რეგულარული ტესტირება გაფართოებულ აუდიომეტრიულ სარტყელში, 12 და 10 კჰც სიხშირეების ჩათვლით, საწყის აუდიოდარღვევათა დროული წარმოჩენის

მნიშვნელოვან პროცედურად არის მიხნეული. სმენის დისფუნქციის გამოვლინებისთანვე საპრევენციო და სარეაბილიტაციო ღონისძიებათა დაუხანებელი გატარება არის რეკომენდებული.

HEARING FUNCTION IN INDUSTRIAL WORKERS: OCCUPATIONAL NOISE INFLUENCE

M. TUSHISHVILI, N. SHARASHENIDZE, A. TUSHISHVILI, Z. KEVANISHVILI

Summary

Hearing function has been estimated in workers engaged in construction of trans-Caucasian pipeline over Georgia and subjected therefore to regular environmental noise exposures. The control group was represented by the employees of local humanitarian institutions. Auditory thresholds were measured within 0.125-12-kHz frequency band. Perception of 4-12-kHz frequencies was found to be selectively disturbed in workers group. Hearing deterioration particularly concerned 12- and 10-kHz frequencies. Younger individuals, 20-29, 30-39, and 40-49 years of age, demonstrated higher sensitivity to the job-related noise. In older subjects, 50-59 and 60-69 years of age, due to age-linked threshold increments primarily in a high-frequency hearing band the noise effects became lesser in degree and narrower in spectral width. The testing of 12- and 10-kHz perception qualities is considered to be essential for revealing even of initial hints of hearing disorders under the noise exposures and for an in-time start then of respective prevention and/or rehabilitation services.

СЛУХОВАЯ ФУНКЦИЯ У РАБОЧИХ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА: ВЛИЯНИЕ ШУМОВ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

М. ТУШИШВИЛИ, Н. ШАРАШЕНИДЗЕ, А. ТУШИШВИЛИ, З. КЕВАНИШВИЛИ

Резюме

Слуховую функцию исследовали у рабочих, участвующих в строительстве транскавказского нефтепровода на территории Грузии и, соответственно, подвергаемых систематическим шумовым воздействиям индустриальной рабочей среды. Контрольную группу образовали служащие местных гуманитарных учреждений. Пороги слуха определяли в расширенной полосе частот – 0.125-12 кГц. В группе рабочих избирательно нарушенным оказалось восприятие звуков частотой 4-12 кГц. Максимальное повышение слуховых порогов имело место, как правило, на частотах 12 и 10 кГц. Рабочие относительно молодого возраста, 20-29, 30-39 и 40-49 лет, оказались более подверженными шумовым эффектам. У более пожилых рабочих, 50-59 и 60-69 лет, из-за снижений слуха возрастного генеза, последствия шумов были слабее по степени и более ограничены по частотной полосе. Для диагностики начальных же проявлений патологических сдвигов в слуховой системе советуется регулярное аудиометрическое тестирование индивидов в расширенной спектральной зоне, включая частоты 12 и 10 кГц. При первых же признаках дисфункций, рекомендуется незамедлительное проведение соответствующих превентивных и реабилитационных процедур.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. Cruickchanks KJ, Zhan W, Zhong W. Epidemiology of age-related hearing impairment. In (eds. Gordon-Salant S, Frisina RD, Fay RR, Popper AN): *The Aging Auditory System*. New York: Springer, 2010; 259-274.
2. Dobie RA. Prevention of noise-induced hearing loss. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1995; 121: 385-391.
3. Eleftherioou PC. Industrial noise and its effects on human hearing. *Appl Acoust* 2002; 63: 35-42.
4. Helfer TM, Canham-Chervak MM, Canada S, Mitchener TA. Epidemiology of hearing impairment and noise-induced hearing injury among U.S. military personnel, 2003-2005. *Am J Prev Med* 2010; 38(1S): S71-S77.
5. McBride DI. Noise-induced hearing loss and hearing conservation mining. *Occup Med* 2004; 57: 290-296.
6. Meyer JD, Chen Y, McDonald JC, Cherry NM. Surveillance for work-related hearing loss in the UK: OSSA and OPRA 1997-2000. *Occup Med* 2002; 52: 75-79.
7. Sharashenidze N, Schacht J, Kevanishvili Z. Age-related hearing loss: Gender differences. *Georg Med News* 2007; 3(144): 14-18.

რეზიუმე: მუხამ ღონკუხონისთვი

ANALYSIS OF THE MATRIX ONE-WAY FUNCTION AND TWO VARIANTS OF ITS IMPLEMENTATION

R. MEGRELISHVILI

r_megreliishvili@yahoo.com

I. INTRODUCTION

The analysis showed that the matrix-way function is broken, if it is used without a joint application with Tropical cryptography or without the use of one-way function (ie, the function is not a carrier of properties one-way function if it is applied without any special versions of, see below).

Matrix one-way function is as follows:

$$v \cdot A' = u \quad (1)$$

Where $A' \in \check{A}$, a \check{A} is a set of high power from an n-dimensional quadratic commutative matrices [1]. Along with this, $v, u \in V_n$. Where V_n vector space of dimension n (for simplicity \check{A} and V_n is considered over the Galois field GF(2)). In expression (1) v and u are open and A' is secret, although A - initial matrix is open with which may be formed a plurality \check{A} (e.g., a plurality \check{A} can be produced with degrees of matrix A). Therefore, if the expression (1) is considered as a one-way function, then it can break down in the following ways: 1. If the matrix set \check{A} contains recursion (that was identified by us), then the expression (1) can easily be broken with the help Companion matrices, that is, the set of n^2 unknown can be lead to a matrix with n unknowns, for any square matrix $A' \in \check{A}$ can be bring to n unknown, i.e., using the equation (1) can obtain a system of n equations in n unknowns, etc. These issues have been discussed in [2-5, 6]. 2. If the matrix of set of \check{A} does not contain recursion (or hard to find), then the matrix one-way function can be broken with the use of the basic matrixes of $A^0, A^1, A^2, \dots, A^{n-1}$ which is not hard to get, if we know the initial matrix A .

II. ON THE POSSIBILITY OF BREAKING THE MATRIX ONE-WAY FUNCTION

We want to show that though (1) the matrix one-way function is broken without additional versions, but this is exceptional function. It is special function because of its speed and therefore deserves special attention. We are convinced that the additional versions will not reduce the speed and efficiency of the entire system. It is interesting, how it is can be possible with additional means maintained the speed, the efficiency and the strength of the system? In addition, for this article we consider the ability to break of matrix one-way function, and then we will discuss the possibilities of using tropical cryptography and exponential one-way function. We'll look at how break the matrix one-way function with the use of said of basis matrixes (other questions, how to hack the function (1), were considered in [2-5,6]). We will consider breaking this function in the particular example.

Suppose, it is given the multiplicative group \check{A} of the commutative matrices of dimension 3×3 (the group has a maximal order, $e = 2^3 - 1 = 7$):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}, A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, \dots, A^7 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Suppose, the two subjects X (Alice) and Y (Bob) can form the secure key k with matrix one-way algorithm via public channel (This algorithm is based on a matrix one-way function (1)). Then Alice selects matrix $A_1 = A^2$ as the secret matrix in (2). Bob, for his part, chooses the matrix $A_2 = A^3$, we also assume that $v = (110)$. Then our algorithm will be functioning as follows:

_ Alice computes and sends to Bob the following vector:

$$u_1 = vA_1 = (011) \quad (3)$$

_ Bob computes and sends to Alice the following vector:

$$u_2 = vA_2 = (111) \quad (4)$$

_ Elice computes the exchanged key:

$$k_1 = u_2 A_1 = (100). \quad (5)$$

_ Bob computes the exchanged key:

$$k_2 = u_1 A_2 = (100). \quad (6)$$

As we see $k = k_1 = k_2$ and the results are correct (The matrixes are commutative: $vA_1 A_2 = vA_2 A_1$). As noted above, we plan to break the algorithm by means of the basis matrix comprising a multiplicative set $\check{A} = \{ c_0 A^{2^0}, c_1 A^{2^1}, \dots, c_{n-1} A^{2^{n-1}} \}$ (where $\{c_0, c_1, \dots, c_{n-1}\} \in GF(2)$). For a set of (2) we form an appropriate basis:

$$A^0 = I, A^1, A^2, \quad (7)$$

Where $A^0 = I$ is the identity matrix. In the beginning we define the matrix $A_1 = A^2$ selected by Alice. The required matrix is denoted by $A_1(x)$, then we will have:

$$A_1(x) = c_0 A^0 + c_1 A^1 + c_2 A^2. \quad (8)$$

Since Ellis opened calculates the value of $u_1 = v A_1(x)$, then we have:

$$u_1 = v A_1(x) = c_0 v A^0 + c_1 v A^1 + c_2 v A^2 = c_0 w_0 + c_1 w_1 + c_2 w_2. \quad (9)$$

Considering (2), (3) and (9) we can determine the values of u_1 and w_0, w_1, w_2 :

$$\begin{aligned} v A^0 &= (110) A^0 = (110) = w_0, \\ v A^1 &= (110) A^1 = (001) = w_1, \\ v A^2 &= (110) A^2 = (011) = w_2, \\ u_1 &= (011). \end{aligned} \quad (10)$$

Using (9) and (10) we may form a system of equations for the coefficients c_0, c_1, c_2 :

$$\begin{aligned} 1c_0 + 0c_1 + 0c_2 &= 0, \\ 1c_0 + 0c_1 + 1c_2 &= 1, \\ 0c_0 + 1c_1 + 1c_2 &= 1. \end{aligned} \quad (11)$$

Solving the system of equations (11), we define the values of the coefficients: $c_0 = 0, c_1 = 0, c_2 = 1$. Then, from (8) we obtain the value of the ratio of the desired matrix: $A_1(x) = A^2$, i.e. get the matrix A^2 of (2). The answer is correct. (Similar we can find the matrix A_2 , chosen by Bob).

III. TWO EMBODIMENT OF THE ONE-WAY FUNCTION MATRIX

As stated above, this paper first announced two special versions of the matrix one-way function. First option, as a result of the natural development of cryptography, involves the use of new tropical arithmetic operations in cryptography. When applying was found that the new tropical operations apart from a general purpose can be thought integral part of our matrix one-way function. Therefore, if earlier, for the construction of matrices \check{A} had to use classical arithmetic operations, it is now necessary to apply our new tropical arithmetic. With new tropical operations, we must build a set of matrices \check{A} with the properties with the same as before: high dimension and order, i.e. we should construct a multiplicative group \check{A} that is formed by degrees of an initial matrix A of new form (of a new structure). Construction of a new matrix of \check{A} , as noted above, is already a meaningful (traditional) problem and we would not have shown any effect if there was not having contact with her. Consider the issues of the first option, that we have introduced, or questions about Tropical Cryptography.

The obtained tropical operations, for simplicity, considered over the Galois field $GF(2)$. Additive operations, in this case, are the same as the classical operations:

$$0 + 0 = 0; 0 + 1 = 1; 1 + 0 = 1; 1 + 1 = 0. \quad (12)$$

But the multiplicative operations are fundamentally different from the classical operations [7]:

$$0 * 0 = 0; 0 * 1 = 1; 1 * 0 = 1; 1 * 1 = 1. \quad (13)$$

Interestingly, what feature and utility of our proposed tropical operations? Must be stated that the new operations cause so impressive effect in their application that raises another question? It is about ensuring the stability of the matrix one-way function (1), i.e. on the solubility or insolubility of the system of equations (11), depending on what kind of arithmetic operations will be applied - the classic or offered by us? For example, in our opinion, the system of equations (11) does not have a unique solution, matrix-way function (1), with tropical operations will not be broken, and satisfies the conditions of stability (under appropriate conditions, implying the proper dimension and higher order for a set of matrices \check{A}). Indeed, when using the new operations (12) and (13), a system (14) has not a unique solution in real time (to the counterweight (11)), since by multiplication coefficients of w_0, w_1, w_2 on the coefficients c_0, c_1, c_2 will not cause the formation of null values but on the contrary, causes the formation of new unknowns (While, in the classical operations and using the Gauss method, the system (11) is rapidly soluble):

$$\begin{aligned} 1 * c_0 + 0 * c_1 + 0 * c_2 &= 0, \\ 1 * c_0 + 0 * c_1 + 1 * c_2 &= 1, \\ 0 * c_0 + 1 * c_1 + 1 * c_2 &= 1. \end{aligned} \tag{14}$$

For example, the first line of system (14) has the six unknowns, therefore, when dimension has high order (and there are used our tropical operations), the system (14) does not has a solution in real time. Therefore, our matrix one-way function according to the first embodiment ensures durability, since it is not can to break in real time (Take into account the fact that tropical group (15) is a multiplicative group and not a field). As an example we present the multiplicative group (in (14) are used: A^0, A^1, A^2 , which are a base of (15) matrixes and the corresponding $u = vA^3$, where $v = (110)$):

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}, A^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, A^3 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \dots, A^7 = A^0 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{pmatrix} \tag{15}$$

The implementation of the algorithm according to (15) does not differ from the implementation of the algorithm (3) - (6), since the main issue here - the generation of the multiplicative group of maximal order, which meets the requirements of Tropical Cryptography (12) - (13).

Interestingly than can one explain that - the second embodiment has, too, a high efficiency and durability as the first, whereas radically different from the first? In a second embodiment, with respect to the matrix of our one-way function is used a different one-way function (i.e. there is a new problem), but as a method of processing, it shows identity with the decision of other cryptography tasks, which, in our opinion, deserves attention (see. below).

For example, ElGamal uses a one-way function to solve their problems, but the thing is - how? He uses a one-way function periodically, for a certain length of time [8]. The similarity with our second option is a period of time for which use the function [9]. In the algorithm of ElGamal degree one-way function is used within a certain time period, to meet the challenges of authentication and verification, we use it also within a certain time period, to resolve the problem of the steady of our matrix one-way function. To do this periodically, by using a degree one-way function is occurs a key exchange via the open channel and the exchanged key is use as secret parameter ($k = v$) in the same time period, when we realized exchange the keys with our algorithm. In this case, in (1) parameters v, A^1 are secret and only parameter u is open. This change defines the steady of (1) one-way function and - of (3) - (6) the algorithm and it does not cause decrease in the rate of operations.

მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის ანალიზი და ფუნქციის იმპლემენტაციის ორი ვარიანტი

რ. მეგრელიშვილი

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში ჩვენ პირველად განვაცხადეთ მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის განხორციელების ორი ვარიანტის შესახებ (რაც შეეხება საკითხის აქტუალობას, გავიშორებთ, რომ მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის მთავარი ღირსება

– მისი სწრაფქმედებაა). პირველი ვარიანტი არის კრიპტოგრაფიის ბუნებრივი განვითარება და უკავშირდება ახალი ტროპიკული არითმეტიკული ოპერაციების გამოყენებას კრიპტოგრაფიაში. ჩვენს მიერ მიღებულ შედეგს შეიძლება ეწოდოს "ტროპიკული კრიპტოგრაფია". ამავე დროს, მიუხედავად მისი საკუთრივ ალგებრული მნიშვნელობისა, აღნიშნული გამოყენებით აღიღი აქვს ახალი თვისებების მქონე მულტიპლიცაციური ჯგუფების გენერაციის საჭიროებას, რაც ახალ ტროპიკულ ოპერაციებზე არის დაფუძნებული. ამიტომ, მისი მიღება და დანერგვა ასოცირდება მის ანალიზსა და აღიარებასთან.

მეორე ვარიანტი არის წლების განმავლობაში მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის შესწავლისა და მისი მრავალმხრივი ანალიზის შედეგი და დაკავშირებულია ხარისხოვანი ფუნქციის გამოყენებასთან დროის გარკვეული ინტერვალის განმავლობაში (მხედველობაშია ხარისხოვანი ცალმხრივი ფუნქცია, რომელიც დიფიმი და ჰელმანმა აიღეს რიცხვთა თეორიიდან და გამოიყენეს თავისი პირველი ასიმეტრიული ალგორითმის შესაქმნელად). თუმცა, აღსანიშნავია, რომ ხარისხოვანი ცალმხრივი ფუნქციის ეს გამოყენება არ გამოიწვევს სისწრაფის სავარაუდო დაკარგვას დროის აღნიშნულ ინტერვალში, როდესაც ჩვენი მატრიცული ცალმხრივი ფუნქციის საშუალებით, ღია არხში, განხორციელდება გასაღების გაცვლის ალგორითმი ან სხვა რამ ქმედება.

ANALYSIS OF THE MATRIX ONE-WAY FUNCTION AND TWO VARIANTS OF ITS IMPLEMENTATION

R. MEGRELISHVILI

Summary

In this article we first announced about two versions of the new matrix one-way function (With respect to the issue of relevance, we repeat, that the main advantage of the matrix one-way function is high speed operation). The first variant is the result of the natural development of cryptography and it is associated with the use in the cryptography of new tropical arithmetic operations. The results of their applications may be named as "Tropical Cryptography." But at the same time, regardless of the general algebraic values "Tropical Cryptography", it is fact, that the construction of multiplicative groups, based on the our tropical operations, may be accepted as an integral part of the realization of the matrix one-way function. Therefore, its adoption and an implementation can be associated with its recognition.

The second option, at this stage, is the result of repeated analysis of matrix one-way function and it is associated with the use of exponential one-way function within a certain time frame (Assuming the exponential one-way function, which Diffie-Hellman took from Number Theory). However, it is obvious that the use of the degree (exponential) one-way function, in a certain time interval is not associated with loss of speed for the matrix one-way function, therefore, and - for the corresponding key exchange algorithm via an open channel communication or to perform other actions.

АНАЛИЗ МАТРИЧНОЙ ОДНОНАПРАВЛЕННОЙ ФУНКЦИИ И ДВА ВАРИАНТА ЕЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Р. МЕГРЕЛИШВИЛИ

Резюме

В этой работе впервые заявлено о двух вариантах осуществления новой матричной однонаправленной функции (что касается вопроса актуальности, повторяем, что основное достоинство матричной однонаправленной функции, это - высокая скорость функционирования). Первый вариант является результатом естественного развития криптографии и связан с применением в криптографии новых операций тропической арифметики. Результат этого применения может быть назван "Тропической криптографией". Но, в то же время, независимо от ее общего алгебраического значения, тропическая криптография, т.е. генерация мультипликативных групп, основанных на тропических операциях, может быть воспринята, как

составная часть осуществления матричной однонаправленной функции. Поэтому, ее принятие и внедрение ассоциировано с ее исследованием и признанием.

Второй вариант, на данном этапе, есть результат многократного анализа матричной однонаправленной функции и связан с применением степенной однонаправленной функции в течение определенного временного интервала (подразумевается однонаправленная функция, взятая Диффи-Хеллманом из теории чисел). Однако, очевидно, что применение степенной однонаправленной функции, в течение определенного временного интервала, не связано с потерей скорости матричной однонаправленной функции и, следовательно, для соответствующего алгоритма обмена ключами по открытому каналу связи или для осуществления иных действий.

ლიტერატურა – REFERENCES – ЛИТЕРАТУРА

1. R.Megrelishvili, M.Chelidsze, K.Chelidze. On the construction of secret and public key cryptosystems. Iv. Javakhishvili Tbilisi State University, I. Vekua Institute of Applied Mathematics, Informatics and Mechanics (AMIM), v. 11, No 2, 2006, pp. 29-36.
2. R.Megrelishvili, A.Sikharulidze. New matrix sets generation and the cryptosystems. Proceedings of the European Computing Conference and 3rd International Conference on Computational Intelligence, Tbilisi, Georgia, June, 26-28, 2009, pp. 253-255.
3. R.Megrelishvili, M.Chelidze, G.Besiashvili. Investigation of new matrix-key function for the public cryptosystems. Proceedings of The Third International Conference, Problems of Cybernetics and Information, v.1, September, 6-8, Baku, Azerbaijan, 2010, pp. 75-78.
4. R.Megrelisvili, M.Chelidze, G.Besiashvili. One-way matrix function - analogy of Diffie-Hellman protocol. Proceedings of the Seventh International Conference, IES-2010, 28 September-3 October, Vinnitsa, Ukraine, 2010, pp. 341-344.
5. R.Megrelishili, M.Jinjikhadze. Matrix one-way function for the exchange of cryptographic keys and method for the generation of multiplicative matrix groups. In Proceedings of the International Conference SAIT 2011, May 23-28, Kyiv, Ukraine, in 2011. p. 472.
6. W.P.Wardlaw. Matrix Reprerentacion of Finite Fields, U.S. Navy, March 12, 1992, pp. 1-10, NRL/MR/5350.1-92-6953.
7. R.P.Megrelishvili. New Direction in Construction of Matrix One-Way Function and Tropical Ctyptography. Archil Eliashvili Institute of Control Systems of The Georgian Technical University, Proceedings, N 16, 2012, pp.244-248.
8. T.ElGamal. A Public-Key Cryptosystem and a Signature Scheme Based on Discrete Logarithms. IEEE Transaction on Information Theory, v. IT-31, n. 4, 1985, pp. 469-472.
9. W.Diffie, M.E.Hellman. New Direction in Cryptography, IEEE Transaction on Information Theory, IT-22, n.6, Nov. 1976, pp. 644-654.

სსმზსს

MEMORY

ПАМЯТЬ

ლამარა მარგველანი



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის კოლექტივს გამოაკლდა სახელოვანი მეცნიერი, ჰეშმარიტად ღირსეული მოქალაქე, ინსტიტუტის ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილების მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ფილოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორი ქალბატონი ლამარა მარგველანი.

ლამარა მარგველანმა მეცნიერული მოღვაწეობა დაიწყო ინსტიტუტის დაარსების დღიდანვე ინსტიტუტის მანქანური თარგმანის განყოფილებაში და ამ მიმართულების ერთ-ერთი ფუძემდებელი გახდა.

ლამარა მარგველანი დაიბადა 1930 წლის 13 თებერვალს ქ. თბილისში. მან ოქროს მედლით დაამთავრა თბილისის 55-ე საშუალო სკოლა,

წარჩინების დიპლომით დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფილოლოგიური ფაკულტეტი და შემდეგ, ასევე წარჩინებით, ასპირანტურა.

1958 წლიდან მუშაობდა მართვის სისტემების ინსტიტუტის ენობრივი და სამეტყველო სისტემების განყოფილებაში სხვადასხვა სამეცნიერო თანამდებობაზე, 2006 წლიდან გარდაცვალებამდე იყო მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი.

1966 წელს დაიცვა სადისერტაციო ნაშრომი ფილოლოგიის მეცნიერებათა კანდიდატის, 2003 წელს კი ფილოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორის სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად.

ქალბატონი ლამარა იყო ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი, ინსტიტუტის შრომათა კრებულის სარედაქციო კოლეგიის წევრი.

ლამარა მარგველანმა ქართულ ენას, რომელზეც უზომოდ იყო შეყვარებული, გზა გაუკვლია ახალი ტექნოლოგიებისკენ. მისი სამეცნიერო შრომებიდან განსაკუთრებით აღსანიშნავია მონოგრაფია „ქართული ენის კომპიუტერული მოდელები“, რომელმაც როგორც ქართველ ისე უცხოელ მეცნიერთა დიდი მოწონება დაიმსახურა. აღსანიშნავია რუსულიდან ქართულ ენაზე განხორციელებული მანქანური თარგმანი (ამ მხრივ მართვის სისტემების ინსტიტუტი პიონერია საქართველოს მასშტაბით). აგრეთვე, აღსანიშნავია მის მიერ სხვადასხვა სახის ლინგვისტური პროცესორების შექმნა, კომპიუტერული ლექსიკონების დამუშავება, ქართული ენის გრამატიკის შესასწავლი დიალოგური და პარადიგმული სისტემების შექმნა. მას მიღებული აქვს მრავალი ადგილობრივი და საერთაშორისო სამეცნიერო გრანტი.

ქალბატონი ლამარა მარგველანი მუდამ აქტიურად მონაწილეობდა ადგილობრივ და საერთაშორისო სამეცნიერო ფორუმებში. მას ჰქონდა უდიდესი ნიჭი მჭევრობისა, მისი გამოსვლა თუ პატარა წერილი ყოველთვის ერთი ლამაზი მხატვრული ნაწარმოების სადარი იყო. განუზომელია მისი დეკლამაციური ქართული ენის ძირფესვიანად შესწავლაში, ენის სიწმინდის დაცვაში და მის შემდგომ განვითარებაში. ქალბატონ ლამარას საოცარი კრძალვა ჰქონდა ყოველი ქართული სიტყვისადმი. ის თავდაუზოგავი შრომით, უდიდესი პასუხისმგებლობით და მეცნიერული პრინციპულობით ემსახურებოდა საყვარელ საქმეს.

ქალბატონი ლამარა იყო სამაგალითო და სანდო პიროვნება – სამაგალითო იყო მეცნიერებაში, ოჯახში, მეგობრობაში, სამშობლოს სიყვარულში. სანდო იყო ყველა თანამშრომლისათვის, ერისათვის, ქვეყნისათვის.

ღმერთმა სასუფეველში ამყოფოს თქვენი წმინდა სული, ჩვენო საყვარელო ქალბატონო ლამარა.

სტამბა
დამანი

თბილისი, პორფირე ჩანჩიბაძის ქუჩა №6

ტელ: (995 32) 95 05 23, (995 32) 14 34 01