

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

ARCHIL ELIASHVILI INSTITUTE OF CONTROL SYSTEMS
OF THE GEORGIAN TECHNICAL UNIVERSITY

PROCEEDINGS

ИНСТИТУТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ АРЧИЛА ЭЛИАШВИЛИ
ГРУЗИНСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

СБОРНИК ТРУДОВ

№23, 2019



თბილისი * Tbilisi * Тбилиси

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი

შრომათა კრებული

ყოველწლიური რეცენზირებადი და რეფერირებადი სამეცნიერო ჟურნალი

Annual peer-reviewed scientific journal

Ежегодный рецензируемый научный журнал

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

PROCEEDINGS

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

СБОРНИК ТРУДОВ

№23, 2019

თბილისი * TBILISI * ТБИЛИСИ

შრომათა კრებულში ძირითადად დაბეჭდილია ინსტიტუტის თანამშრომელთა მიერ 2019 წელს ჩატარებული სამეცნიერო კვლევების შედეგები.

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

The research results carried out mainly by the institute's scientists through 2019 year are given in the proceedings.

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

Настоящий сборник трудов в основном содержит результаты исследований, проведенных научными сотрудниками института в 2019 году. Труды отражают три главных научных направления исследований института: теорию управления, разработку систем и устройств управления, в том числе управление в энергетических системах, и информатику.

მთავარი რედაქტორი

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

სარედაქციო კოლეგია

სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი:

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

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

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

მ. გეგეჭკორი (პასუხისმგებელი მდივანი)

ვ. გაბისონია, ტ.მ.კ.

ო. ლაბაძე, ტ.მ.დ.

მ. მიქელაძე, აკად. დოქტორი

თ. ტროყაშვილი, ტ.მ.კ.

გ. ჩიკოძე, ფილოლ. მ.დ., ფიზ.მათ.მ.კ.

ა. ჩუტკერაშვილი, აკად. დოქტორი

ნ. მირიანაშვილი, ტ.მ.დ.

ნ. ჯავაშვილი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი:

ა. ფრანგიშვილი, აკადემიკოსი

ზ. გასიტაშვილი, პროფესორი

ზ. წვერაძე, პროფესორი

აკაკი წერეთლის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ა. ბარდაველიძე, პროფესორი

იოჰანეს კეპლერის უნივერსიტეტი, ლინცი, ავსტრია

თ. კუცია, პრივატ-დოცენტი, დოქტორი

ინსტიტუტის მისამართი:

0186 თბილისი, ე. მინდელის ქ. №10

ტელ.: (+995 32) 319871

ელ.ფოსტა: martsistem@gmail.com

ვებგვერდი: <http://gtu.ge/msi/>

გამომცემლობა შპს „მაცნე პრინტი“

ელ.ფოსტა: sakmacne@gmail.com

ნომერი ეძღვნება
აკადემიკოს მინდია სალუქვაძის ხსოვნას

The issue is dedicated to the memory of
Academician Mindia Salukvadze

Номер посвящается памяти
академика Миндия Салуквадзе



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებულის წინამდებარე ნომერი პირველია, რომელიც გამოდის აკადემიკოს მინდია სალუქვაძის მთავარი რედაქტორობის გარეშე.

2018 წლის 27 დეკემბერს ბატონი მინდია 85 წლის ასაკში გარდაიცვალა.

მინდია სალუქვაძე დაიბადა 1933 წლის 6 მარტს პედაგოგების, ევგენი (უჩა) სალუქვაძისა და მანონა ცინცაძის ოჯახში. მისი მშობლები 37 წლის რეპრესიებს შეეწირნენ. ობლად დარჩენილი ორი ძმა მამიდამ შეიფარა, გაზარდა, თავისი შვილებისგან არ გამოარჩია, უაღრესად მძიმე წლებისა და დიდი გაჭირვების მიუხედავად, ყურადღება და მზრუნველობა არ მოაკლო, აღზარდა დიდებულ ადამიანებად და სათავე დაუდო მათ ღირსეულ პიროვნებებად ჩამოყალიბებას.

მრავალი წინააღმდეგობის გადალახვით ბატონმა მინდიამ შექმნა თავისი უნიკალური ბიოგრაფია, რომლის მოკლე აღწერაც კი უდიდეს შთაბეჭდილებას ახდენს ადამიანზე.

1955 წელს მან წარჩინებით დაამთავრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ფიზიკის ფაკულტეტი და სამუშაოდ გაანაწილეს სოხუმის ფიზიკატექნიკის ინსტიტუტში, რომელიც იმ დროს საბჭოთა კავშირის ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ინსტიტუტად ითვლებოდა. ბატონმა მინდიამ, რომელსაც დიდი სურვილი ჰქონდა სამეცნიერო საქმიანობაში ჩართვისა, ძალზე გაიხარა ასეთ ინსტიტუტში განაწილებით. სათანადო ორგანოებში მისი საბუთების შესწავლის შემდეგ მას უარი ეთქვა აღნიშნულ ინსტიტუტში მუშაობის

დაწყებაზე. კიდევ რამდენიმე ინსტიტუტს მიაკითხა, მაგრამ ამავე მიზეზით უარით გამოისტუმრეს. საუბედუროდ, 1937 წლის ამბები დაუძლეველ წინააღმდეგობებს უქმნიდა მას.

ამ მარცხის შემდეგ, ბატონმა მინდიამ თბილისის 55-ე საშუალო სკოლაში დაიწყო მასწავლებლად მუშაობა. როგორც ჩანს, იგი მშვენიერი მასწავლებელი იყო და მოსწავლეთა მოწონებით სარგებლობდა. განსაკუთრებით გოგონები არ იყვნენ გულგრილნი მათზე ოდნავ უფროსი ახალგაზრდა სიმპატიური მასწავლებლის მიმართ. ეს ყოველივე იმით დაგვირგვინდა, რომ ბატონმა მინდიამ სანიმუშო ოჯახი შექმნა ...

მიუხედავად სკოლაში მუშაობისა, ბატონ მინდიას მუდმივად ჰქონდა ინტერესი მეცნიერებისადმი. მას კიდევ ჰქონდა სამეცნიერო ინსტიტუტში მუშაობის დაწყების მცდელობა, მაგრამ ისევ უშედეგოდ.

საბედნიეროდ, ამ ქვეყნად არსებობენ უშიშარი, წესიერი, სამართლიანობის ზეობისათვის მებრძოლი და უაღრესად კულტურული ადამიანები. ასეთი ადამიანი ბატონი მინდიას ცხოვრების გზაზე საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მაშინდელი პრეზიდენტი, აკადემიკოსი ნიკო მუსხელიშვილი აღმოჩნდა. ბატონი მინდია გვიამბობდა:

„როდესაც მდივანმა ბატონ ნიკო მუსხელიშვილს ჩემი მისვლის შესახებ მოახსენა, მდივანი მისი კაბინეტიდან გამოვიდა და მითხრა შებრძანდითო. მე შევედი. ბატონი ნიკო კარებთან დამხვდა, მომესალმა, მიმიყვანა მაგიდასთან, დაჯდომა შემომთავაზა, თვითონაც მიუჯდა მაგიდას და მითხრა – აბა, მიაშბეთ რა საკითხზე ხართ მოსულიო. მე ვუამბე ყველაფერი ჩემ შესახებ. მან ყურადღებით მომისმინა, დახმარებას დამპირდა, წამოდგა, კარებამდე მიმაცილა და დამემშვიდობა“.

ამ შეხვედრიდან რამდენიმე ხნის შემდეგ მას შეატყობინეს, რომ მეცნიერებათა აკადემიის სტრუქტურაში გაიხსნა ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტი (ამჟამად არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტი), რომლის დირექტორი არის ბატონი არჩილ ელიაშვილი და მასთან მიდით სამსახურის თაობაზეო.

ისევ ბატონი მინდიას ნაამბობიდან:

„როდესაც ბატონი არჩილის კაბინეტში შევედი, გულთბილად შემხვდა. მთხოვა, თქვენ შესახებ მიაშბეთო. მე ყველაფერი ვუამბე, და როდესაც ვუთხარი, რომ ჩემი მშობლები 1937 წელს დახვრიტეს-მეთქი, მან მაგიდის უჯრიდან ქალაქი ამოიღო, კალამთან ერთად მომაწოდა და მითხრა: ახლავე, დაუყონებლივ დაწერეთ განცხადება სამსახურში მიღების თხოვნითო“.

ამგვარად, ბატონი მინდია გახდა ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტის, როგორც თავად ამბობდა, მე-17 თანამშრომელი.

შემდეგ იყო ასპირანტურა მოსკოვის მართვის პრობლემების ინსტიტუტში, საკანდიდატო და სადოქტორო დისერტაციები, 150-ზე მეტი სამეცნიერო სტატია, გამოქვეყნებული როგორც საქართველოში, ისე საზღვარგარეთის რეიტინგულ ჟურნალებში, 5 სახელმძღვანელო, 15 მონოგრაფია, მათ შორის ამერიკაში გამოცემული ერთ-ერთი პირველი

მონოგრაფია მრავალკრიტერიული ოპტიმიზაციის სფეროში. ცნობილია ამერიკელი და რუსი მეცნიერების ინიციატივით დამკვიდრებული ტერმინები – „სალუქვადის მეთოდი“, „სალუქვადის პრინციპი“, „სალუქვადის ამოხსნა“ და სხვა. მისი ხელმძღვანელობით მომზადდა ორ ათეულზე მეტი საკანდიდატო და სადოქტორო ხარისხის მოსაპოვებელი სადისერტაციო ნაშრომები.

ბატონი მინდია სალუქვადე არჩეული იყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსად, და არაერთი, მათ შორის უცხოური, აკადემიის წევრად. ის იყო ეროვნული აკადემიის პრეზიდიუმის წევრი, ამავედროულად გამოყენებითი მექანიკის, მანქანათმშენებლობის, ენერგეტიკისა და მართვის სისტემების განყოფილების აკადემიკოს-მდივანი. ბატონი მინდია იყო გ. ნიკოლაძის პრემიისა და სახელმწიფო პრემიის ორგზის ლაურეატი.

სამეცნიერო მუშაობას ბატონი მინდია შესანიშნავად უთავსებდა საზოგადოებრივ და პოლიტიკურ მოღვაწეობას. ის წლების განმავლობაში იყო საზოგადოება „მემორიალის“ თავმჯდომარე, ჩოხოსანთა საზოგადოების პრეზიდენტი. საქართველოს დამოუკიდებლობის აქტს მისი, როგორც უზენაესი საბჭოს წევრის, ხელმოწერაც ამშვენებს.

გარდაცვალების შემდეგ მის მრავალ პრემიასა და ჯილდოს კიდევ ერთი შეემატა. საქართველოს პრეზიდენტის 2019 წლის 25 მაისის განკარგულებით ბატონი მინდია სალუქვადე დაჯილდოვდა ბრწყინვალეების ორდენით.

რაოდენ საამაყოა, რომ ასეთი ბიოგრაფიის მქონე საქვეყნოდ ცნობილი მეცნიერი ათეული წლების განმავლობაში ხელმძღვანელობდა ჩვენს ინსტიტუტს, ჯერ დირექტორის, შემდეგ კი სამეცნიერო საბჭოს თავმჯდომარის რანგში. მას უდიდესი წვლილი მიუძღვის ინსტიტუტის წარმატებებში, რომლებიც მრავლად იყო ამ წლების განმავლობაში. ბატონი მინდია იყო ინიციატორი, ხელმძღვანელი და უშუალო შემსრულებელი მრავალი აქტუალური სამეცნიერო პრობლემის, გამოკვლევის წამოწყებისა და წარმატებით გადაჭრისა. იყო უაღრესად ყურადღებიანი თანამშრომლების, განსაკუთრებით კი ახალგაზრდა მეცნიერების მიმართ. მისი ზრუნვის შედეგი იყო ის, რომ არაერთმა ახალგაზრდამ წარმატებით დაიცვა საკანდიდატო თუ სადოქტორო დისერტაციები. ინსტიტუტში შესრულებული სამეცნიერო სამუშაოების არცთუ მცირე რაოდენობა აღინიშნა სხვადასხვა, მათ შორის, სახელმწიფო პრემიებით. ამ წლების განმავლობაში ინსტიტუტში მისი ინიციატივითა და ხელმძღვანელობით ჩატარდა არაერთი დიდი საერთაშორისო კონფერენცია. ბატონი მინდიას დამსახურებაა ინსტიტუტის შრომათა კრებულის ამ ფორმატით დაარსება და ყოველწლიურად გამოცემა იმ მძიმე წლებშიც კი, როდესაც ამის საშუალება მეტისმეტად მწირი იყო.

ბატონი მინდია შეურყეველ ბურჯად ედგა ინსტიტუტს და იცავდა მას სხვადასხვაგვარი შემოტევებისაგან, თუმცა ეს არ იყო იოლი საქმე და ყოველთვის ვერ ხერხდებოდა იმ მძიმე წლებში, როდესაც არაფრად მიიჩნეოდა მეცნიერის ავტორიტეტი. ჩალის ფასად გაიყიდა ინსტიტუტის უზარმაზარი შენობა. ბატონმა მინდიამ საფლავში ჩაიტანა დარდი, რომ ვერ

შემლო საგანგებოდ ინსტიტუტისთვის აშენებული შენობის თუნდაც მცირე ნაწილის შენარჩუნება.

წავიდა ჩვენგან ბატონი მინდია და დაგვიტოვა ნათელი ხსოვნა და მაგალითი იმისა, თუ როგორი უნდა იყოს ჭეშმარიტი მამულიშვილი, დახვეწილი ინტელიგენტი და ნამდვილი მეცნიერი. დაგვიტოვა, აგრეთვე, ათეულ წლებში გამოტარებული და მყარად დამკვიდრებული დიდებული ტრადიციები, რომელთაც სათავე დაუდო ინსტიტუტის დამაარსებელმა და პირველმა დირექტორმა ბატონმა არჩილ ელიაშვილმა.

მუდამ გვემახსოვრება ბატონი მინდიას ნათელი, ღიმილიანი სახე, ინსტიტუტისათვის გაწეული უდიდესი ამაგი და უაღრესად კეთილი დამოკიდებულება ადამიანებისადმი.

*საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის
მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანამშრომლები*

ინსტიტუტის შრომათა კრებულის სარედაქციო კოლეგია

სარჩევი – Contents – Содержание

მართვის თეორია – Control Theory – Теория Управления

Frequency domain identification of block-oriented nonlinear systems	15
<i>B. Shanshiashvili, N. Kavlashvili, N. Dadiani, K. Omiadze</i>	
დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის მათემატიკური მოდელი განუზღვრელობის პირობებში.....	24
<i>ქ. კუთხაშვილი</i>	
On One Problem of Plant Location.....	29
<i>D. Sikharulidze, V. Gabisonia, N. Dadiani</i>	

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

დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორის აგება ინვერტორის გამოყენებით	37
<i>ნ. ყავლაშვილი, ლ. გვარამაძე, ო. ლაბაძე, პ. სტავრიანიძე, თ. საანიშვილი, გ. კიკნაძე</i>	
Study of synergy of insecticidal formulations against BMSB using the mathematical isobole method	42
<i>A. Chirakadze, N. Kavlashvili, Z. Buachidze, N. Meskhi, A. Gigineishvili, A. Jishiashvili, A. Laperishvili, L. Zazadze, N. Khuskivadze, I. Khomeriki, M. Taktakishvili</i>	
Микросистемы массового обслуживания с ремонтом и заменой отказавших элементов	48
<i>В. Хуцишвили</i>	
მომავალ ათწლეულებში საქართველოს ელექტროენერჯით დაკმაყოფილების ზოგიერთი საკითხის შესახებ.....	53
<i>ხ. ლომიძე, მ. ჯანიკაშვილი, ი. არჩვაძე</i>	
თბოგამცემი ზედაპირის ხორკლიანობის შევრილების სიმალლის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე ვერტიკალურ მილზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს.....	60
<i>თ. მაგრაქველიძე, გ. გიგინეიშვილი, ა. მიქაშაძე, ტ. კობერიძე, ხ. ლომიძე</i>	
მუსიკალური ინსტრუმენტების ავტომატური აწყობა.....	65
<i>თ. ტროყაშვილი, გ. ურუშაძე, ნ. შენგელია, ნ. დოლონაძე</i>	
მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტი ადაპტური მართვის სისტემით	68
<i>დ. ფურცხვანიძე, ო. ლაბაძე, ვ. ბახტაძე, ქ. კვირიკაშვილი, მ. გეგეჭკორი</i>	
ახალი ტიპის მრავალსახსრიანი რობოტი.....	75
<i>დ. ფურცხვანიძე, ო. ლაბაძე, პ. სტავრიანიძე, ვ. ბახტაძე, გ. კიკნაძე</i>	

ინტერპოლირების ამოცანის გადაწყვეტა Matlab-ის საშუალებით	81
<i>დ. ცინცაძე, ქ. ოშიაძე</i>	
აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოებში არსებული მეორეული ენერგორესურსების მოხმარება თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით	85
<i>ნ. მირიანაშვილი, ნ. გპელიშვილი, ქ. კვირიკაშვილი, ვ. ხათაშვილი</i>	

ინფორმატიკა – Informatics – Информатика

ენის დინამიკის ზოგი ასპექტი	93
<i>გ. ჩიკოიძე</i>	
Interactive Synthesis of Georgian Sentence	105
<i>G. Chikoidze, N. Javashvili, A. Chutkerashvili</i>	
Morphological Analyzer of Georgian Language Subsystems	115
<i>L. Lortkipanidze, L. Makrakhidze</i>	
Derivation Models According to Otar Tchiladze Text Corpus	119
<i>N. Javashvili, A. Chutkerashvili</i>	
Модель автоматического грузино-английского перевода «сентенциальных примитивов» содержащих имя прилагательное	126
<i>Н. Амirezашвили, Л. Самсонадзе</i>	
გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის პარამეტრების ცვალებადობა და მეტყველებითი აუდიომეტრიის მონაცემები სმენის ლატენტური დაქვეითების ჩამოყალიბების პროცესში	130
<i>ნ. სარალიძე, ნ. სვანიძე, ა. თუშიშვილი, ნ. შარაშენიძე</i>	
სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის შემუშავება ასოციაციების ძიების საფუძველზე	136
<i>მ. მიქელაძე, ვ. რაძიევსკი, ნ. ჯალიაბოვა, ნ. ანანიაშვილი, დ. რაძიევსკი</i>	
სამედიცინო ცოდნის ბაზაში ახალი კანონზომიერებების გამოვლენა და მათი გამოყენება დიაგნოსტიკის და პროგნოზირების ამოცანების ამოხსნისას	142
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი</i>	
სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალიზებული ამოცანები და მათი ამოხსნის მეთოდები	148
<i>ვ. რაძიევსკი, მ. მიქელაძე, დ. რაძიევსკი, ი. ოკონიანი</i>	
ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი პროგრამული უზრუნველყოფის ხარვეზების იდენტიფიცირებისათვის	152
<i>მ. ხაჩიძე, მ. ცინცაძე, მ. არჩუაძე, გ. ბესიაშვილი</i>	
მრავალფუნქციური პროგრამული სისტემები სპორტის მენეჯმენტში	158
<i>მ. ხაჩიძე, დ. ხაჩიძე</i>	

დიდი მონაცემების გამოყენება ცოდნის ხარისხის ამაღლების მიზნით.....	165
<i>პ. ქარჩავა, ლ. სიხარულია</i>	
საუბრიდან ტექსტის ამოცნობის ტექნოლოგია	171
<i>ა. კობიაშვილი, ნ. დარჩიაშვილი, მ. გეგეჭკორი</i>	
პროგრამული უზრუნველყოფის მოდულური ტესტირება	178
<i>ა. კობიაშვილი, თ. ვეკუა</i>	
უცხოური ენის შესწავლის გაუმჯობესება ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების საშუალებით	184
<i>ვ. ველიაშვილი, ე. ჩიკაშუა</i>	

ხსოვნა - Memory – Память

თამაზ ტროყაშვილი	191
------------------------	-----

მართვის თეორია

CONTROL THEORY

ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ

Frequency domain identification of block-oriented nonlinear systems

*Besarion Shanshiashvili, Nugzar Kavlashvili, Nugzar Dadiani,
Ketevan Omiadze*

*besoshan@hotmail.com, nkavlash@gmail.com, nugzar_dadiani@yahoo.com,
Komiadze@mail.ru*

Abstract

The problem of parameter identification of block-oriented nonlinear dynamic systems in the frequency domain is considered. Method of parameter identification in steady state at the input sinusoidal influences is proposed. The solution of the problem of parameter identification is reduced to the solution of the systems of algebraic equations by using the Fourier approximation. The parameters estimations are received by the least squares method. Reliability of the received results in industrial conditions at the presence of noise, depends on the accuracy of the measurement of system input and output signals and mathematical processing of the experimental data at the approximation.

Key words:

nonlinear system, block-oriented model, identification, parameter, sinusoidal.

1. Introduction

Basis of automation of any industrial system is the presence of the information on a condition of the system in the form of mathematical model.

One of the main trends of control theory - system identification is supposed to build optimal system model based on observations system input and output variables at the time of real operation of the system.

The systems identification is connected with the solution of different problems depending on the a priori information about the system. The construction of the system's adequate model in many respects is determined by solving the parameter identification problem.

The problem of parameter identification of systems is solved based on a posteriori information by different approaches and methods.

The majority of the real industrial dynamic systems are nonlinear and possess many "inconvenient" features from the point of view of their control. Such systems can be adequately characterized only by nonlinear models on all working area of change of variables.

The nonlinear systems are generally represented by the block-oriented models [1] consisting of different modifications of the Hammerstein and Wiener models, or general models, in particular, the Volterra [2] and Wiener [3] series and the Kolmogorov-Gabor continuous and discrete polynomials [4-5].

Different modifications of the Hammerstein and Wiener models consist of different combinations of connections of linear dynamic and nonlinear static blocks. Such models are successfully used in many fields of the industrial processes (modelling of ball-tube mills of the concentrating factory, distillation columns, hydraulic actuators, electrical water-heater process, heat transfer process, etc.).

At the representation of nonlinear systems by the block-oriented models, most of the existing developed methods of parameter identification is developed for the simple Hammerstein and Wiener models (e.g. [6-9]). Comparatively small quantity of works is devoted to the identification of parameters of other block-oriented models (e.g. [10-12]). This can be explained by the fact that the majority of such models, except for the Hammerstein models (simple and generalized) are nonlinear relative to the parameters, and because of the big number of estimated parameters. So, for example, the number of estimated parameters of the simple Wiener-Hammerstein cascade model with the nonlinear elements in the form of polynomial functions of n degree and linear dynamic elements described by the differential equations of m_1 and m_2 order, is equal to $n + m_1 + m_2 + 3$. Therefore, the solution of the problem of parameter identification is analytically possible only for some block-oriented low order models.

In this work the problem of parameter identification is considered on the set of models, elements of which are simple Hammerstein and Wiener models, Wiener-Hammerstein and Hammerstein-Wiener cascade models with nonlinear elements in the form of polynomial functions of second degree and linear elements described by the ordinary differential equation of first and second order. Despite their simplicity, such models are widely used for the modelling of industrial processes.

It should be noted that the problem of parameter identification considered in this work can be connected directly with the problem of structure identification using the experimental data, received for solving the problem of structure identification based on a posteriori information application (e.g. [13]).

2. Classes of models and input signals

The problem parameter identification is considered on the following class of continuous block-oriented models:

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

where s_1 is the simple Hammerstein model, s_2 - the simple Wiener model, s_3 - simple Wiener-Hammerstein cascade model and s_4 - simple Hammerstein-Wiener cascade model (Fig. 1).

The nonlinear static elements, which are included in the models are described by finite degree polynomial functions:

$$f(u) = f_1(u) = \sum_{i=0}^n c_i u^i(t), \quad f_2(x) = \sum_{j=0}^m d_j x^j(t), \quad (2)$$

where c_i ($i = 0, 1, \dots, n$), d_j ($j = 0, 1, \dots, m$)- constant coefficients.

$W(p)$ and $W_i(p)$ ($i = 1, 2$) are transfer functions of the linear dynamic systems in the operational form, i.e. p denotes the differentiation operation - $p \equiv d/dt$. $u(t)$ and $y(t)$ are input and output variables, correspondingly.

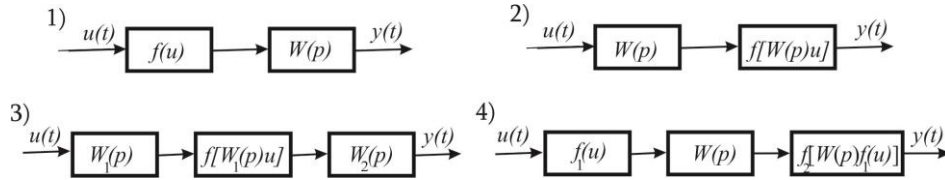


Fig.1. Block-oriented models: 1) simple Hammerstein model; 2) simple Wiener model; 3) simple Wiener-Hammerstein cascade model; 4) simple Hammerstein -Wiener cascade model.

The linear dynamic elements included in the class of block-oriented models, are assumed to be steady, i.e. the roots of their characteristic equations are placed in left half plane of the roots plane.

Models of the set L are generally described by the following equations:

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = W(p) \sum_{i=1}^n c_i u^i(t); \quad (3)$$

- **Simple Wiener model**

$$y(t) = c_0 + \sum_{i=1}^n c_i [W(p)u(t)]^i; \quad (4)$$

- **Simple Wiener-Hammerstein cascade model**

$$y(t) = W_2(p) \sum_{i=0}^n c_i [W_1(p)u(t)]^i; \quad (5)$$

- **Simple Hammerstein -Wiener cascade mode**

$$y(t) = \sum_{j=1}^m d_j \left[W(p) \sum_{i=1}^n c_i u^i(t) \right]^j. \quad (6)$$

For solving the problem of parameter identification of nonlinear systems on the basis of the active experiment it is supposed, that the input variable of the system $u(t)$ is a sinusoidal function:

$$u(t) = A \cos \omega t. \quad (7)$$

3. The Mathematical Description of the Forced Oscillation

When the harmonic signal acts on the input of the nonlinear block-oriented system, the forced oscillation with features for different models is obtained at the output of the system in the steady state after the termination of the transient process.

When a sinusoidal signal acts on the input of the linear element, then at the output of the element in the steady state the sinusoidal signal with same frequency and with the amplitude and phase, which depends on the frequency, is obtained. In this case, the periodic signal is obtained on the output of nonlinear static element, which is the sum of the sinusoidal signals with multiple frequencies. These facts were used to determine analytical expressions of the forced oscillations on the output of models.

Let's consider the case when the transfer functions of the model's linear dynamic parts are defined by the expression:

$$W_i(p) = \frac{1}{T_{0i} p^2 + T_i p + 1} \quad (i=1,2), \quad (8)$$

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

The forced oscillations, obtained at the output of the models in the steady state, as in case when $T_i > 2\sqrt{T_0}$ ($i=1,2$) and $T_i < 2\sqrt{T_0}$ ($i=1,2$), are determined by the expressions:

- **Simple Hammerstein model**

$$y(t) = c_0 + \frac{c_2}{2} A^2 + \frac{c_1 A}{\sqrt{(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2}} \cos(\omega t + \varphi_{11}) + \frac{c_2 A^2}{2\sqrt{(1-4\omega^2 T_{01})^2 + 4\omega^2 T_1^2}} \cos(2\omega t + \varphi_{21}), \quad (9)$$

where

$$\varphi_{1i} = -\arctg \frac{\omega T_i}{1-\omega^2 T_{0i}}, \quad \varphi_{2i} = -\arctg \frac{2\omega T_i}{1-4\omega^2 T_{0i}} \quad (i=1,2). \quad (10)$$

From (10), taking into account (11), after a series of transformations we obtain:

$$y(t) = c_0 + \frac{1}{2} A^2 + \frac{A(1-\omega^2 T_{01})}{(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \cos \omega t + \frac{A\omega T_1}{(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \sin \omega t + \frac{c_2 A^2 (1-4\omega^2 T_{01})}{2[(1-4\omega^2 T_{01})^2 + 4\omega^2 T_1^2]} \cos 2\omega t + \frac{c_2 A^2 \omega T_1}{(1-4\omega^2 T_{01})^2 + 4\omega^2 T_1^2} \sin 2\omega t. \quad (11)$$

- **Simple Wiener simple model**

$$y(t) = c_0 + \frac{c_2 A^2}{2[(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2]} + \frac{c_1 A(1-\omega^2 T_{01})}{(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \cos \omega t + \frac{c_1 A \omega T_1}{(1-\omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} \sin \omega t +$$

$$+ \frac{c_2 A^2 \left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 - \omega^2 T_1^2 \right]}{2 \left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2 \right]^2} \cos 2\omega t + \frac{c_2 A^2 (1 - \omega^2 T_{01}) \omega T_1}{\left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2 \right]^2} \sin 2\omega t ; \quad (12)$$

• **Simple Wiener-Hammerstein cascade model**

To simplify the calculations, we will suppose that in expression (2): $n = 2$, $c_0 = c_1 = 0$, $c_2 = c$ and in (8): $T_{0i} = 0$ ($i = 1, 2$), then after calculation we will receive:

$$y = \frac{cA^2}{2(1 + \omega^2 T_1^2)} + \frac{cA^2(1 - \omega^2 T_1^2 - 4\omega^2 T_1 T_2)}{2(1 + \omega^2 T_1^2)^2(1 + 4\omega^2 T_2^2)} \cos 2\omega t + \frac{cA^2 \left[(1 - \omega^2 T_1^2) \omega T_2 + \omega T_1 \right]}{2(1 + \omega^2 T_1^2)^2(1 + 4\omega^2 T_2^2)} \sin 2\omega t ; \quad (13)$$

• **Simple Hammerstein -Wiener cascade model**

After supposing that in expressions (2), (3): $n = 2$, $c_0 = c_1 = d_0 = d_1 = 0$, $c_2 = d_2 = 1$ and in (8): $T_{0i} = 0$ ($i = 1$) and $T_1 = T$, then we will receive:

$$y = \frac{A^4}{4} + \frac{A^4 + 4A^4 \omega^2 T^2}{8(1 + 4\omega^2 T^2)^2} + \frac{A^4}{2(1 + 4\omega^2 T^2)} \cos 2\omega t + \frac{A^4 \omega T}{1 + 4\omega^2 T^2} \sin 2\omega t + \frac{A^4 - 4A^4 \omega^2 T^2}{8(1 + 4\omega^2 T^2)^4} \cos 4\omega t + \frac{A^4 \omega T}{2(1 + 4\omega^2 T^2)^2} \sin 4\omega t . \quad (14)$$

4. Parameter identification

Let's consider the features for the parameters estimation of models by the method using the Fourier approximation by the method of the least squares.

4.1.1. Simple Hammerstein model

The application of the Fourier approximation [14] for the output periodic signal of the system enables to obtain the estimates of the Fourier coefficients $\frac{a_0}{2}$, a_k , b_k , ($k = 1, 2$). Equating such estimates with their theoretical values we'll get:

$$\frac{\hat{a}_0}{2} = c_0 + \frac{1}{2} c_2 A^2 , \quad (15)$$

$$\hat{a}_1 = \frac{c_1 A (1 - \omega^2 T_{01})}{(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} , \quad \hat{b}_1 = \frac{c_1 A \omega T_1}{(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2} , \quad (16)$$

$$\hat{a}_2 = \frac{c_2 A^2 (1 - 4\omega^2 T_{01})^2}{2 \left[(1 - 4\omega^2 T_{01})^2 + 4\omega^2 T_1^2 \right]} , \quad \hat{b}_2 = \frac{c_2 A^2 \omega T_1}{(1 - 4\omega^2 T_{01})^2 + 4\omega^2 T_1^2} . \quad (17)$$

Using the expressions (16) and (17) at different frequencies $\omega = \omega_i$ ($i = 1, 2, K, n$), we obtain the dependence between the parameters T_{01} and T_1 :

$$\omega_i^2 T_{01} + \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i T_1 + \varepsilon_{1i} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (18)$$

$$4\omega_i^2 T_{01} + 2 \frac{\hat{a}_{2i}}{\hat{b}_{2i}} \omega_i T_1 + \varepsilon_{2i} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (19)$$

where $\hat{a}_{1i}, \hat{b}_{1i}, \hat{a}_{2i}, \hat{b}_{2i}$ ($i = 1, 2, K, n$) - values of the Fourier coefficients at the frequency ω_i , $\varepsilon_{1i}, \varepsilon_{2i}$ ($i = 1, 2, K, n$) - errors of measurements and approximations.

Let's consider the features for T_{01} and T_1 parameters estimation by the method of least squares using the expression (18).

The error squared sum is

$$S = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{li}^2 = \sum_{i=1}^n \left(1 - \omega_i^2 T_{01} - \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i T_1 \right)^2. \quad (20)$$

Now we'll determine the values of the estimates \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 so that their substitution for T_{01} and T_1 should give the minimal value S in the equation (20). For that purpose differentiating (20) at first by T_{01} and then by T_1 , and equating the received results to zero, we'll obtain the following expressions for estimating \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 :

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \omega_i^4 T_{01} + \sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 T_1 &= \sum_{i=1}^n \omega_i^2, \\ \sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 T_{01} + \sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 T_1 &= \sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i. \end{aligned} \quad (21)$$

The solution of the system of equations (21) allows obtaining the estimates of the parameters \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 using the method of the least squares:

$$\hat{T}_{01} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)^2}, \quad (22)$$

$$\hat{T}_1 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)}{\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^4 \right) \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}^2}{\hat{b}_{1i}^2} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\hat{a}_{1i}}{\hat{b}_{1i}} \omega_i^3 \right)^2}. \quad (23)$$

Estimates \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 also can be also obtained by using expression (19). If we know the values of estimates \hat{T}_{01} and \hat{T}_1 it is possible to obtain estimates of parameters \hat{c}_0 , \hat{c}_1 and \hat{c}_2 by using the expressions (15), (16), (17).

4.1.2. Simple Wiener model

Equating the estimates of the Fourier coefficients $\frac{a_0}{2}$, a_k , b_k , ($k=1,2$) to their theoretical values we obtain:

$$\frac{a_0}{2} = c_0 + \frac{c_2 A^2}{2 \left[(1 - \omega^2 T_{02})^2 + \omega^2 T_2^2 \right]}. \quad (24)$$

The coefficients a_1 and b_1 in that case are determined by the expressions (16), and

$$\hat{a}_2 = \frac{c_2 A^2 \left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 - \omega^2 T_1^2 \right]}{2 \left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2 \right]^2}, \quad \hat{b}_2 = \frac{c_2 A^2 (1 - \omega^2 T_{01}) \omega T_1}{\left[(1 - \omega^2 T_{01})^2 + \omega^2 T_1^2 \right]^2}. \quad (25)$$

\hat{T}_{01} and \hat{T}_1 estimates by the method of the least squares are determined by the expressions (22) and (23), and the estimates of the parameters \hat{c}_0 , \hat{c}_1 and \hat{c}_2 - by the expressions (16), (24) and (25).

4.1.3. Simple Wiener-Hammerstein cascade model

Equating the estimate of the Fourier coefficient $\frac{\hat{a}_0}{2}$ of the output periodic signal to its theoretical value from (13), after series of operations according to the least squares method and transformations we'll get system of equation for estimating \hat{c} and \hat{T}_0 :

$$\begin{aligned} A^2 n \hat{c} - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right) \hat{T}_0 &= \sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i}, \\ A^2 \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right) \hat{c} - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^4 \right) \hat{T}_0 &= \sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i}^2 \omega_i^2, \end{aligned} \quad (26)$$

where $T_0 = T_1^2$.

The solution of the system of equations (26) allows obtaining the estimates of the parameters \hat{c} and \hat{T}_1 by the least squares method:

$$\hat{c} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right)^2}{A^2 n \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^4 \right) - A^2 \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right)^2}, \quad (27)$$

$$\hat{T}_1 = \sqrt{\frac{n \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right)}{n \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{a}_{0i} \omega_i^2 \right)^2}}. \quad (28)$$

After receiving estimate \hat{T}_1 using expression of ratio:

$$\frac{\hat{a}_2}{\hat{b}_2} = \frac{1 - \omega^2 T_1^2 - 4\omega^2 T_1 T_2}{(1 - \omega^2 T_1^2) \omega T_2 + \omega T_1}, \quad (29)$$

it is possible to obtain the estimate of the parameter T_2 by the least squares method:

$$\hat{T}_2 = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\hat{a}_{2i} \omega_i^3 \hat{T}_1^2 - 4\hat{b}_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1 \right) \left(\hat{a}_{2i} - \hat{b}_{2i} + \hat{a}_{2i} \omega_i \hat{T}_1 + \hat{b}_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1^2 \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\hat{a}_{2i} \omega_i^3 \hat{T}_1^2 - 4\hat{b}_{2i} \omega_i^2 \hat{T}_1 \right)}. \quad (30)$$

4.1.4. Simple Hammerstein -Wiener cascade model

Equating the estimate of the Fourier coefficient \hat{b}_2 of the output periodic signal to its theoretical value from (14)

$$\hat{b}_2 = \frac{A^4 \omega T}{1 + 4\omega^2 T^2}, \quad (31)$$

after series of operations we'll get system of equation at the different frequencies $\omega = \omega_i (i = 1, 2, K, n)$ for estimating \hat{T} :

$$A^4 \left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) T - \left(4 \sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^3 \right) \hat{T}_0 = \sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i, \quad (32)$$

$$A^4 \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^3 \right) T - \left(4 \sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^4 \right) \hat{T}_0 = \sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^2.$$

The solution of the system of equations (32) allows obtaining the estimate of the parameter \hat{T} :

$$\hat{T} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^3 \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i} \omega_i^2 \right)}{A^4 \left[\left(\sum_{i=1}^n \omega_i^2 \right) \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^4 \right) - \left(\sum_{i=1}^n \hat{b}_{2i}^2 \omega_i^3 \right)^2 \right]}. \quad (33)$$

Using expression of estimate of Fourier coefficient \hat{a}_2 from (14) we obtain another estimate \hat{T} :

$$\hat{T} = \sqrt{\frac{2 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \omega_i^2 - A^4 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i} \omega_i^2}{8 \sum_{i=1}^n \hat{a}_{2i}^2 \omega_i^4}}. \quad (34)$$

5. Investigation of the identification method on accuracy

According to developed method of parameter identification algorithms of parameter identification of nonlinear systems have been designed. In order to use of the designed algorithms of parameter identification in the industrial conditions under noise and disturbances, it is necessary to investigate identification method on accuracy.

The identification method is investigated by theoretical analysis and computer modelling. The investigation of the algorithms of the parameter identification was carried out by means of the computer modelling based on using MATLAB.

We used both, the tool of package Simulink-toolbox for the system modelling and tool Symbolic Math Toolbox for the solution of the equations.

For example, scheme for simple Wiener model is given here.

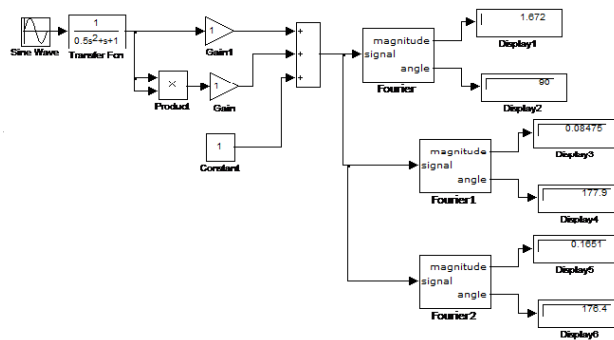


Fig. 2. Scheme for simple Wiener model

The reliability of the received results, at the parameter identification of nonlinear systems of industrial processes conditions in the presence of noise and errors, depends on the measurement accuracy

of the systems' input and output signals and on the mathematical processing of the experimental data at the approximation. Besides, as it is known, that used method of the least squares is noiseless.

6. Conclusion

In this work the problem of parameter identification is considered on the set of models, elements of which are simple Hammerstein and Wiener models, Wiener-Hammerstein and Hammerstein-Wiener cascade models with nonlinear elements in the form of polynomial functions of second degree and linear elements described by the ordinary differential equation of first and second order. Despite their simplicity such models are widely used for the modelling of industrial processes.

The solution of the problem of parameter identification for the majority of block - oriented models is complicated due to the nonlinearity of such models relative to the sought parameters.

Proposed method of parameter identification in steady state based on the observation of the system's input and output variables at the input sinusoidal influences is proposed. The solution of the problem of parameter identification is reduced to the solution of the algebraic equations systems by using the Fourier approximation. The parameters estimations are received by the least squares method. Reliability of the received results depends on the accuracy of the measurement of system output signals and mathematical processing of the experimental data at the approximation.

Developed parameter identification method can be used for the modelling of nonlinear industrial processes when the model structure is known a priori. As the estimations of parameters are received by the least squares method, which is noiseless, it can be used in the industrial conditions in the presence of the noise and measurement errors. The specification of the method of identification allows to use Fourier coefficients of various harmonics to estimate the parameters and compare the received results.

ბლოკურად ორიენტირებული არაწრფივი სისტემების იდენტიფიკაცია სიხშირულ არეში

ბესარიონ შანშიაშვილი, ნუგზარ ყავლაშვილი, ნუგზარ დადიანი, ქეთევან ომიადე

რეზიუმე

განხილულია ბლოკურად ორიენტირებული არაწრფივი დინამიკური სისტემების პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანა სიხშირულ არეში. შემოთავაზებულია პარამეტრული იდენტიფიკაციის მეთოდი დამყარებულ რეჟიმში სისტემის შემავალი სინუსოიდური ზემოქმედების დროს. პარამეტრული იდენტიფიკაციის ამოცანის გადაწყვეტა ფურიეს აპროქსიმაციის გამოყენებით დაიყვანება ალგებრულ განტოლებათა სისტემის ამოხსნაზე. პარამეტრების შეფასებები მიიღება უმცირესი კვადრატების მეთოდით. მიღებული შედეგების საიმედოობა სამრეწველო პირობებში ხმაურის არსებობის პირობებში დამოკიდებულია სისტემის შემავალი და გამომავალი სიგნალების გაზომვისა და ექსპერიმენტული მონაცემების მათემატიკური დამუშავების სიზუსტეზე.

Идентификация блочно-ориентированных нелинейных систем в частотной области

Виссарион Шаншиашвили, Нугзар Кавлашвили, Нугзар Дадиани, Кетеван Омиадзе

Резюме

Рассматривается задача параметрической идентификации блочно-ориентированных нелинейных динамических систем в частотной области. Предложен метод параметрической

идентификации в установившемся режиме при входных синусоидальных воздействиях. Решение проблемы идентификации параметра приводится к решению систем алгебраических уравнений при применении аппроксимации Фурье. Оценки параметров получены методом наименьших квадратов. Надежность полученных результатов в промышленных условиях при присутствии шума, зависит от точности измерения сигналов входа и выхода системы и математической обработки экспериментальных данных при аппроксимации.

ლიტერატურა - References – Литература

1. Haber R & Keviczky L Identification of nonlinear dynamic systems. In: Preprints of the IV IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation, part 1., Moscow, Institute of Control Sciences, 1976, pp. 62-112.
2. Volterra V. Theory of Functionals and of Integral and Integro-Differential Equations. New York, Dover Publ., 1959.
3. Wiener N. Nonlinear Problems in Random Theory. New York, Wiley, 1958.
4. Kolmogorov A. N. Interpolation and extrapolation of stationary random series. Bulletin of the Academy Sciences of USSR, Mathematical series. No. 5, 1941, pp. 3-14.
5. Gabor L, Wilby PL. & Woodcook R. A universal nonlinear filter predictor and simulator which optimizes itself by a learning process. In: Proc. of the IE, part B, vol. 108, issue 40, 1961, pp.422-433.
6. Block-oriented Nonlinear System Identification (eds F. Giri & E-W. Bai). Berlin: Springer, 2010.
7. Giri F., Rochdi Y., Brouri A. & Chaoui F.Z. Parameter identification of Hammerstein systems containing backlash operators with arbitrary-shape parametric borders. Automatica. Vol. 47, no. 8, 2011, pp. 1827-1833.
8. Hagenblad A., Ljung L & Wills A.G. Maximum Likelihood identification of Wiener models. Automatica. Vol. 44, no. 11, 2008, pp. 2697–2705.
9. Salukvadze M. & Shanshiashvili B. Identification of nonlinear Continuous Dynamic Systems with Closed Cycle. International Journal of Information Technology & Decision making. Vol. 12, no. 2, 2013, pp. 179-199.
10. Wills A., Schön T. B., Ljung L. & Ninness B. Identification of Hammerstein–Wiener models. Automatica. Vol. 49, no. 1, 2013, pp. 70–81.
11. Li L. & Ren X. Decomposition-based recursive least-squares parameter estimation algorithm for Wiener-Hammerstein systems with dead-zone nonlinearity. Inter. Jour. of Syst. Sc. Vol. 48, issue 11, 2017, pp. 2405-2414.
12. Shanshiashvili B., Shanshiashvili N. Parametric identification of nonlinear continuous dynamic systems. LEPL Archil Eliashvili Institute of control systems. Proceedings. Tbilisi, № 13, 2009, pp. 46-52.
13. Shanshiashvili B. & Prangishvili A. Structure identification of continuous nonlinear dynamical systems. Procedia Computer Science. Vol. 12, 2017, pp. 1032-1043.
14. Hamming R. W. Numerical methods for scientists and engineers. New York: Dover Publications Inc, 1987.

დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის მათემატიკური მოდელი
განუზღვრელობის პირობებში

ქეთევან კუთხაშვილი, ვლადიმერ გაბისონია

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

რეზიუმე

ნაშრომში აგებულია დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი კლასიკური ამოცანის, კერძოდ, განრიგთა თეორიის მრავალკრიტერიული ამოცანის მათემატიკური მოდელი. განხილულია ამოცანა, სადაც დავალებათა შესრულება ხდება უწყვეტი ერთსაფეხურა სისტემით. პროცესორები ნაწილობრივ ურთიერთშეცვლადია. ნაწილობითი დალაგების სიმრავლე და დამატებითი რესურსების სიმრავლე ცარიელია, წინასწარ ცნობილია პროცესორების წარმადობა, დავალებათა შესრულებისათვის საჭირო დრო და ფინანსური ხარჯები, ხოლო დავალებათა სისტემაში მოხვედრა ზუსტად არ არის განსაზღვრული, არამედ მოცემულია ინტერვალის სახით. ოპტიმალური ამორჩევა ხდება ორი კრიტერიუმის ერთობლივი გათვალისწინებით. კრიტერიუმებად განხილულია დავალებათა მთლიანი სისტემის დამუშავების საერთო ღირებულება და სისტემის შექმნის ხანგრძლივობა. აგებულია ალგორითმი, რისთვისაც გამოყენებულია ინტერვალური და შტოებისა და საზღვრების მეთოდები მრავალკრიტერიული ამოცანისათვის.

საკვანძო სიტყვები:

დისკრეტული; ოპტიმალური; განრიგი; მათემატიკური მოდელი; მრავალკრიტერიული ამოცანის ოპტიმიზაცია.

შესავალი.

ამა თუ იმ კომპანიის მიერ გრძელვადიან პერიოდში პროექტების დაგეგმვა არსებულ (განსაკუთრებით ფინანსურ) რესურსებზე არის დამოკიდებული. რესურსების ოპტიმალური განაწილება და მართვა რთული საქმეა და ფირმისა თუ რაიმე დიდი ორგანიზაციის სტაბილურობისთვისა და ეკონომიკური განვითარებისთვის სწორი გადაწყვეტილების მიღებას მთავარი მნიშვნელობა ენიჭება. ძირითადად, გადაწყვეტილების მიღება მენეჯერის გამოცდილებაზეა დამოკიდებული და რაიმე დასაბუთებულ მსჯელობას არ ეყრდნობა. ამიტომ, ძალზედ მნიშვნელოვანია თუ გადაწყვეტილების მისაღებად გამოყენებული იქნება ზუსტი გამოთვლები და მეთოდოლოგია, რომელიც საშუალებას მოგვცემს უფრო კომპეტენტური და დასაბუთებული გადაწყვეტილება მივიღოთ.

ერთ-ერთ ასეთ მეთოდს მათემატიკური მოდელის აგება და მართვა წარმოადგენს. ცხადია, რაც უფრო ზუსტად ასახავს მათემატიკური მოდელი დასაგეგმ პროცესს, მით უფრო სწორი და ეფექტური იქნება მიღებული გადაწყვეტილება. თუმცა, რეალური ეკონომიკური პროცესები მრავალი პარამეტრითა და ფაქტორით ხასიათდება და ამიტომ ზოგიერთ შემთხვევაში ზუსტი მათემატიკური მოდელის აგება ვერ ხერხდება, ან აგებული მოდელი იმდენად რთულია, რომ მისთვის ამოხსნის მეთოდის შერჩევა შეუძლებელია.

დისკრეტული ოპტიმიზაციის ამოცანები, ძირითადად, პრაქტიკიდანაა ნაკარნახევი. მათ უამრავი გამოყენება აქვთ ეკონომიკის, ტექნიკის სახელმწიფო მართვის და სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა პრაქტიკული ამოცანების გადაწყვეტაში.

არსებობს ამოცანები, როდესაც აღსაწერი პროცესის შესახებ სრული ინფორმაცია გვაქვს. ყველა პარამეტრი, რომელიც პროცესის მართვაში მონაწილეობს, წინასწარ არის ცნობილი. მაგრამ რეალურ სიტუაციაში არსებობს გაუთვალისწინებელი შემთხვევები და ფაქტორები. ძირითადად, არის ამოცანები, რომლებშიც ზოგიერთი პარამეტრის ზუსტი მნიშვნელობა წინასწარ არ არის ცნობილი. ცნობილია მათი მიახლოებითი მნიშვნელობა ან ინტერვალი, რომელშიც ის შეიძლება იცვლებოდეს. ასეთი ამოცანების ამოსახსნელად გამოყენებული მეთოდები სხვადასხვა სახისაა და ის ძირითადად პარამეტრის განუზღვრელობის ბუნებაზეა დამოკიდებული. თუ პარამეტრი ალბათური ხასიათისაა, მაშინ შესაძლებელია გამოყენებული იყოს ინტერაქტიული მეთოდი, სადაც გადაწყვეტილების მიმღებ პირს (ექსპერტს) შეეძლება დააკვირდეს, ჩაერიოს და საჭიროების შემთხვევაში რაიმე შეცვალოს, ან გამოყენებული იყოს სტატისტიკური მეთოდები. იმ შემთხვევაში კი, როდესაც პარამეტრის მნიშვნელობა ინტერვალის სახით არის მოცემული, შესაძლებელი ხდება ისეთი მოდელის აგება, რომელიც არადეტერმინირებულ სისტემას დეტერმინირებულად გადააქცევს და ასეთ შემთხვევაში დისკრეტული ოპტიმიზაციის მეთოდების გამოყენება არის შესაძლებელი.

ნაშრომში სწორედ ასეთი ამოცანის მოდელი იქნება აგებული მრავალკრიტერიული ამოცანისათვის.

ამოცანის დასმა.

რესურსების გარკვეული სიმრავლის საშუალებით უნდა შესრულდეს დავალებათა მოცემული სისტემა, რომელზეც გარკვეული შეზღუდვებია დადებული. საჭიროა დავალებათა შესრულების თანმიმდევრობის დადგენის ეფექტური ალგორითმის აგება, რომელიც ოპტიმალობის რაიმე ზომის მიღწევის საშუალებას მოგვცემს. ოპტიმალობის ზომად სისტემის შექმნაზე გაწეული ფინანსური დანახარჯების მინიმიზაცია და განრიგის სიგრძე განვიხილოთ. დავალებათა შესრულება შესაძლებელია ერთსაფეხურიანი დეტერმინირებული სისტემის საშუალებით. ერთსაფეხურა სისტემა რამდენიმე მოწყობილობისაგან შედგება, ხოლო სისტემაში მოხვედრილი ყველა დავალება სრულად უნდა იქნას დაკმაყოფილებული. წინასწარ ცნობილია მოწყობილობათა წარმადობა, სისტემაში მოხვედრილი ყველა დავალების დამუშავებისათვის საჭირო დრო და მომსახურების ღირებულება. არ არის ცნობილი დავალებათა სისტემაში მოხვედრის დრო და თავად დავალებათა სისტემაში მოხვედრის დრო ინტერვალის საშუალებით მოიცემა. გარდა ამისა, უნდა სრულდებოდეს შემდეგი პირობები: წინასწარ მოცემულია პერიოდი, $[0, T]$ ინტერვალი, რომლის განმავლობაშიც სისტემა მთლიანად უნდა იყოს შესრულებული; არ შეიძლება ერთი და იგივე პროცესორზე ერთდროულად ორი ან რამდენიმე დავალება ერთდროულად სრულდებოდეს; დროის ყოველ ინტერვალზე დაკავებულია ყოველი მოწყობილობა, ანუ განიხილება ე.წ. უწყვეტი მოდელი.

ამ ამოცანის მათემატიკური მოდელი შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოვაყალიბოთ:

მოცემული გვაქვს P პროცესორების სიმრავლე $=\{P_1, \dots, P_m\}$, $j=1, \dots, m$, რომლებიც ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან ფუნქციონალური შესაძლებლობებით და სწრაფმოქმედებითაც. მოცემულია $X=\{\xi_1, \dots, \xi_n\}$ დავალებათა სისტემა, რომლებიც $[0, T]$ პერიოდში P პროცესორების საშუალებით უნდა შესრულდეს. თითოეული დავალებისათვის ცნობილია $[\tau_{ij}]_{j=1, \dots, m, i=1, \dots, n}$ მატრიცა, რომლის τ_{ij} ელემენტი m გვიჩვენებს ξ_j დავალების P_i პროცესორზე შესრულების ხანგრძლივობას. ცხადია, $0 \leq \tau_{ij} \leq T$, $i=1, \dots, m, j=1, \dots, n$.

ცნობილია $\{\omega_{ij}\}_{i=1, \dots, m, j=1, \dots, n}$ მატრიცა, რომლის ω_{ij} ელემენტი გვიჩვენებს ξ_j დავალების R_i პროცესორზე შესრულების ფასს.

მოცემულია $\xi_j, j=1, \dots, n$ დავალების სისტემაში მოხვედრის სავარაუდო დრო $t_i^0 \in [a_i; b_i]$, სადაც a_i არის i -ური დავალების სისტემაში მოხვედრის სავარაუდო მინიმალური დრო, ხოლო b_i კი i -ური დავალების სისტემაში მოხვედრის სავარაუდო მაქსიმალური დროა.

საჭიროა აიგოს განრიგი ცხრილის სახით, სადაც თითოეულ $\xi_j, j=1, \dots, n$ დავალებას შეუსაბამებს t_i^0 რიცხვს, რომელიც j -ური დავალების დამუშავების დაწყების დროს გვიჩვენებს და P_i პროცესორს, რომელზეც j -ური დავალება უნდა იყოს შესრულებული. აღვნიშნოთ აგებული ასახვა ანუ ცხრილი S -ით. ყველა ასეთი S ასახვებიდან, რომლებიც აკმაყოფილებენ ზემოთ ჩამოთვლილ პირობებს, საჭიროა აიგოს ისეთი S^* ასახვა, რომლისთვისაც სრულდება შემდეგი პირობები ერთდროულად

$$\bar{n}(S^*) = \min_S \bar{n}(S) = \min_S \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_j f_j(S),$$

$$\min_S \rho(S) = \min_S [\max_{i \leq n} \{f_i(S)\}].$$

სადაც $f_j(S)$ ფუნქცია S განრიგის მიხედვით i -ური დავალების შესრულების დაწყების მომენტს გვიჩვენებს.

ამ ორი კრიტერიუმის ერთდროული დაკმაყოფილებისათვის ავაგოთ ფუნქციონალი,

$$\rho = \left| \frac{\rho_1(S) - \rho_1^*}{\rho_1^*} \right|^2 + \left| \frac{\rho_2(S) - \rho_2^*}{\rho_2^*} \right|^2 \rightarrow \min,$$

სადაც ρ_1^* და ρ_2^* შესაბამისი ფუნქციონალების ოპტიმალური მნიშვნელობებია.

დისკრეტული ამოცანების ამოხსნის მეთოდების დამუშავების ძირითადი არსი იმაში მდგომარეობს, რომ ვიპოვოთ სასურველი ამონახსნი ყველა ვარიანტის გადარჩევის გარეშე. ვინაიდან განრიგთა თეორიის ამოცანები, ზოგადად, NP სირთულისაა, ყველა კონკრეტულ შემთხვევაში პოლინომიალური სირთულის ალგორითმის აგება მნიშვნელოვანია. ასევე მნიშვნელოვანია აგებული ალგორითმის ეფექტურობის დადგენა.

აღნიშნული ამოცანისათვის აგებულია P სირთულის ალგორითმი, რომელიც შტოებისა და საზღვრების, აგრეთვე ინტერვალურ მეთოდებს ეფუძნება.

ალგორითმის აღწერა.

თუ შევადგენთ ოპტიმალურ განრიგს $t_i^0 = a_i$ მომენტებისათვის, მაშინ შესაძლოა მოხდეს პროცესორის მოცდენა $t_i^{(k)} - a_i$ დროით, ხოლო თუ შევადგენთ ოპტიმალური განრიგს $t_i^0 = b_i$ მომენტებისათვის, მაშინ შესაძლოა მოხდეს ξ_j -ური დავალების რიგში ჩადგომა $|t_i^{(k)} - b_i|$ დროით.

ალგორითმის აგება დავიწყოთ შემდეგნაირად: უნდა შევადგინოთ ორი ხე, რომლის ფესვიც თავდაპირველი X სიმრავლის ყველა ელემენტი შედის. შემდეგ უნდა მოხდეს განშტოება. $N=\{1,2,\dots,n\}$ სიმრავლე დავყოთ m არათანამკვეთ B_i ბლოკებად. $m, B_i \cap B_j = \emptyset$

და $\bigcup_{i=1}^m B_i = N$. თითოეულ B_i ბლოკში შემავალი ელემენტების სიმრავლე შეესაბამება იმ

დავალებათა ინდექსებს, რომლებიც აგებული განრიგის თანახმად i -ურ პროცესორზე უნდა შესრულდეს. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ დასაგეგმი პერიოდის დადგომამდე პროცესორები შესაძლოა დაკავებული იყოს ადრე დაწყებული სამუშაოებით, ამიტომ მათი გათავისუფლების დროებიც t_{p_j} უნდა იყოს გათვალისწინებული. შევადგინოთ A^1 მატრიცა

შემდეგნაირად: $a_j^{(1)}$ სვეტში სვეტების რაოდენობა არის, ხოლო სტრიქონების რაოდენობა

ივლება იტერაციის ნომრის მიხედვით. შევადგინოთ $\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)}$ ვექტორი: ყოველი ξ_i -სთვის ამოვარჩიოთ $\tilde{t}_{\xi_i}^{(k)} = \min_{j \in Q_i} \overline{t_{p_j}}$, $i=1,2,\dots,n$ და $t_{i_i}^{(k)} = \max(d_i, \min_{j \in Q_i} \overline{t_{p_j}})$. $i=1,2,\dots,n$.

ამოვარჩიოთ დავალება, რომელიც მზადაა შესასრულებლად. ამისათვის X სიმრავლიდან გამოვყოთ ქვესიმრავლე $X_1^{(k)} \subset X$, რისთვისაც შევარჩიოთ ის ξ_i , რომლისთვისაც $\varphi = \min_{i_i \in X_1^k} (t_{i_i}^{(k)} + \delta_i)$ მინიმალურია. X_1^k სიმრავლის ელემენტი იქნება $i_i^{(k)}$ დავალება, რომლისთვისაც სრულდება პირობები: $t_{\xi_i}^{(k)} < \eta$, $j^{*(k)} \in Q_i$ და $\tilde{t}_{i_i}^{(k)} - t_{i_i}^{(k)} \geq 0$. ამოვადლოთ $X \setminus \{i_i^{(k)}\}$ ელემენტი. შევცვალოთ $t_{P_{(j_1^*)}}^{(2)} = t_{\xi_{(1^*)}}^{(1)} + \tau_{i_1}$. $\xi_{(2^*)}$ დავალება $j_{(2^*)}$ პროცესორზე დავნიშნოთ. გამოვთვალოთ $\tilde{n}_1 = \tilde{n}_1 + (t_{i_{(2^*)}}^{(2)} + \delta_{ij} - d_{ij}) * u_{ij}$. ამის შემდეგ ვიწყებთ უკუსვლას და როდესაც ბოლო დონეს მივაღწევთ, ყველა შტოს შეფასება ამოწურულია. მიღებული $\rho_1(S^*)$ სიდიდე არის საძიებელი ოპტიმალური მნიშვნელობა, ხოლო S_1^* საძიებელი განრიგი $t_1^{\tilde{n}_1}$ მომენტებისათვის და \tilde{n}_1 კრიტერიუმისათვის. აგებული ხის საფუძველზე შესაძლოა გამოვითვალოთ ოპტიმალური მნიშვნელობა \tilde{n}_2 კრიტერიუმისათვისაც $\rho_2(S^*)$, ხოლო ამის შემდეგ ალგორითმის მუშაობა იწყება თავიდან და ასაგები ხის ყოველ საფეხურზე გამოითვლება სიდიდე

$$\rho = \min \left(\rho, \left| \frac{\rho_1(S) - \rho_1^*}{\rho_1^*} \right|^2 + \left| \frac{\rho_2(S) - \rho_2^*}{\rho_2^*} \right|^2 \right).$$

ზუსტად ანალოგიურად შევადგინოთ ოპტიმალური განრიგი $b^{\tilde{n}}$ მომენტებისათვის. ვთქვათ, ოპტიმალური განრიგი ამ შემთხვევაში არის S_2^* . ამ ორი განრიგის მიხედვით ამოვიწეროთ თითოეული ξ_j , $j=1,\dots,n$ დავალების დანიშნვის მომენტები. ვთქვათ, ეს მომენტებია $(t_0^{\tilde{n}})_1$ და $(t_0^{\tilde{n}})_2$. თუ ეს მომენტები ერთმანეთის ტოლია, მაშინ ეს რიცხვი უცვლელად დავტოვოთ, ხოლო წინააღმდეგ შემთხვევაში რეალური $t_0^{\tilde{n}}$ შევადგინოთ შემდეგნაირად: $t_0^{\tilde{n}} = \min((t_0^{\tilde{n}})_1, (t_0^{\tilde{n}})_2) + |(t_0^{\tilde{n}})_1 - (t_0^{\tilde{n}})_2| \cdot P_j$, სადაც P_j არის j -ური დავალების სისტემაში მოხვედრის ალბათობა შესაბამის ინტერვალში და ის დადგენილია დაკვირვებით ან სხვა მოსაზრებით ექსპერტების მიერ.

მოყვანილი ალგორითმის პირდაპირი სვლა, ძირითადად, 4 ბიჯისაგან შედგება. J პარამეტრის მნიშვნელობა ივლება n -ჯერ. პირველ ბიჯზე შესრულებული გამოთვლების რაოდენობა nm რიგისაა. მეორე ბიჯზე ციკლის პარამეტრი n -ჯერ ივლება. გამოთვლების რაოდენობა n -ის პროპორციულია. n -ის რიგს არ აჭარბებს მესამე და მეოთხე ბიჯებზე გამოთვლების რაოდენობა. საბოლოოდ, წინა სვლაზე გამოთვლების რაოდენობაა αn^2 .

უკუსვლა მეხუთე და მეექვსე ბიჯებისაგან შედგება. ამ ბიჯების შესრულება იმდენჯერ ხდება, რამდენი ელემენტიც არის X_1 სიმრავლეშიც. თუ ვიგულისხმებთ, რომ ამ ელემენტების რაოდენობა არის მაქსიმალური ანუ n , ხოლო იტერაციების რაოდენობაც არის n , მაშინ უკუსვლის გამოთვლების რაოდენობა $\hat{\alpha} n^2$ რიგისაა. ეს გამოთვლები მრავალკრიტერიალური ალგორითმის შემთხვევაში კიდევ ერთხელ სრულდება, ამიტომ საბოლოოდ, მთლიანად ალგორითმში გამოყენებული გამოთვლების რაოდენობაა $2(\alpha n^2 + \hat{\alpha} n^2)$.

ამრიგად, განრიგთა თეორიის ორკრიტერიუმიანი ამოცანისათვის განსაკუთრებულ პირობებში, სადაც კრიტერიუმებად განრიგის სრული ღირებულება და შესრულების ხანგრძლივობა განიხილება, აიგო პოლინომიალური სირთულის ალგორითმი და მოყვანილი ალგორითმის ეფექტურობის ხარისხი $O(n^2)$ სიდიდით განისაზღვრება.

A mathematical model of a single discrete optimization problem under uncertainty

Ketevan Kutkhashvili, Vladimir Gabisonia

Summary

The mathematical model of one classical discrete optimization problem, in particular, the multicriteria problem of order theory, is constructed. The problem is considered where the execution of tasks is carried out by a continuous single-stage system. Processors are partially interchangeable. The partially ordered set and the set of additional resources are empty, the processor performance is known in advance, the time needed to complete the task and the financial expenses, however, the intake to the task system is not exactly defined, but given in the form of an interval. The optimal choice occurs according to two criteria: the total processing cost of the whole system and the period of time the system was created. An algorithm is constructed for a multicriteria problem using interval and branch and boundary methods.

Математическая модель одной задачи дискретной оптимизации в условиях неопределенности

Кетеван Кутхашвили, Владимир Габисония

Резюме

В работе построена математическая модель одной классической задачи дискретной оптимизации, в частности, многокритериальной задачи теории порядка. Рассмотрена задача, где исполнение заданий осуществляется непрерывной одноступенчатой системой. Процессоры частично взаимозаменяемые. Частично упорядоченное множество и множество дополнительных ресурсов пустые, заранее известна производительность процессоров, нужное время для выполнения задачи и финансовые расходы, однако вход в систему заданий точно не определен, а дан в виде интервала. Оптимальный выбор происходит по двум критериям: общая стоимость обработки целой системы и период времени создания системы. Построен алгоритм для многокритериальной задачи используя интервальный и веточный и граничный методы.

ლიტერატურა – References – Литература

- 1 Коффман Э.Г. и др. Теория расписаний и вычислительные машины. Введение в детерминированную теорию расписаний. Алгоритмы построения расписаний М.: Наука. 1984.
- 2 Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М. Теория расписаний. Одностадийные системы. – М.: Наука, 1984.
- 3 Салуквадзе М.Е. Задача А.М.Летова о синтезе оптимальных систем автоматического управления. Тбилиси: «Мецნიერება», 1988. -286с
- 4 კუთხაშვილი ქ., გაბისონია ვ. ალგორითმი განრიგთა თეორიის ერთი ამოცანისათვის ორი კრიტერიუმის გათვალისწინებით. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა მოდესტა, 2009წ. გვ. 61.
- 5 გაბისონია ვ., კუთხაშვილი ქ. განრიგთა თეორიის ერთი კერძო ამოცანის შესახებ. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, გამომცემლობა „პოლიგრაფია“ 2017წ.
- 6 კუთხაშვილი ქ., გაბისონია ვ. დისკრეტული ოპტიმიზაციის ერთი ამოცანის ალბათური მოდელი. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2018წ.

On One Problem of Plant Location

Dali Sikharulidze, Vladimer Gabisonia, Nugzar Dadiani

dali_sx@yahoo.com

Abstract

Proposed problem is concerned with finding of plants optimal location among a given set of possible locations in order to satisfy a given demand at minimum cost. Holding capacity of warehouses, transportation and plants constructing cost and capacity are given. This problem is a binary integer programming problem. When the number of plants and warehouses is not very large, the problem can be solved by enumeration of all possible alternatives of plant location and consideration of corresponding linear programming problems. As the number of all alternatives is finite, the problem will have the solution if feasible region is not empty. An example, when possible number of plants is 3 and number of warehouses is 10, illustrates the method.

Key words:

partially binary programming; enumeration.

Until now considerable attention has been devoted to discrete models for the location of plants and warehouses because of their practical importance. For our specific case among many surveys of this problem, stand out [1], [2], [3]. In spite of the fact, that the simple plant location problem has been studied for many years, yet a number of important real world issues and variants have not been investigated or resolved and merit further attention and research. This paper describes new statement of the problem with new and different objective. The model we consider grew from one specific problem in agriculture. It is formulated in the following way.

Given m warehouses (raw stockreception centers) in some villages, there are k potential locations of processing plants, y_1, y_2, \dots, y_k are binary variables:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{if the plant will be located in the place } i \\ 0, & \text{in the opposite case, } i=1,2,\dots,k. \end{cases}$$

c_{ij} is the fixed cost of transportation of raw materials unit to the plant i from warehouse j and the amount of raw materials transported to the plant i from warehouse j is x_{ij} . For the amount of the raw materials transported from warehouse j we have:

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = A_j, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

Where $A_j, j = 1, 2, \dots, m$ is the holding capacity of the warehouse j . This condition expresses, that the whole amount of raw materials received in each warehouse must be utilized.

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} \leq B_i, \quad i = 1, 2, \dots, k,$$

where $B_i, i = 1, 2, \dots, k$ is the capacity of the plant i . $f_i, i = 1, 2, \dots, k$, is the cost of the constructing of plant i . The problem is to find the location, which minimizes the cost of plants constructing and raw materials transportation. So, the problem is formulated as follows:

$$\sum_{i=1}^k f_i y_i + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} = A_j, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^k x_{ij} \leq B_i, i = 1 \tag{3}$$

$$y_i \in \{0,1\}, i = 1,2, \dots, k; x_{ij} \geq 0, i = 1,2, \dots, k, j = 1,2, \dots, m,$$

where for at least one $y_i \neq 0, i = 1,2, \dots, k$. This is the problem of binary integer programming [4]. There are possible different 2^k-1 locations of plants (except the case, when no plant is built). For each case, we solve corresponding linear programming problem. Then we choose the location, for which the goal function has minimal value, corresponding set of y_i gives optimal solution. The following example illustrates the method, when the number of plants and warehouses is not large.

Example. Suppose, that there are 10 warehouses in the region and it is possible to construct 3 plants. Possible values of binary variables y_i (except when all of $y_i=0, i=1, 2, 3$) are:

y_1	1	0	0	1	1	0	1
y_2	0	1	0	1	0	1	1
y_3	0	0	1	0	1	1	1

The following table shows the constructing cost and capacity of plants (without equipment):

Plant number	Plant constructing cost	Capacity
1	$2 \cdot 10^4L$	180t
2	$2,5 \cdot 10^4L$	200t
3	$3 \cdot 10^4L$	230t

Holding capacity of warehouses and transportation costs to the corresponding plants are:

Warehouse number	Holding capacity	Plant 1	Plant 2	Plant 3
1	20t	100L	120L	100L
2	22t	120L	100L	120L
3	18t	150L	120L	100L
4	22t	100L	120L	100L
5	25t	150L	120L	120L
6	18t	100L	120L	100L
7	20t	150L	100L	150L
8	22t	100L	100L	100L
9	25t	120L	120L	150L
10	22t	150L	120L	100L

1. $y_1 = 1; y_2 = y_3 = 0$. Boundary conditions (2) and (3) look as follows:

$$x_{11}=20; x_{12}=22; x_{13}=18; x_{14}=22; x_{15}=25; x_{16}=18; x_{17}=20; x_{18}=22; x_{19}=25; x_{1,10}=22;$$

Condition (3) $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{1,10} \leq 180$ does not hold ; there is no solution;

2. $y_2 = 1; y_1 = y_3 = 0$. Boundary conditions (2) and (3) look as follows:

$$x_{21}=20; x_{22}=22; x_{23}=18; x_{24}=22; x_{25}=25; x_{26}=18; x_{27}=20; x_{28}=22; x_{29}=25; x_{2,10}=22;$$

Condition (3) $x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{28} + x_{27} + x_{29} + x_{2,10} \leq 200$ does not hold ; no solution; .

3. $y_3 = 1; y_1 = y_2 = 0$. Boundary conditions (2) and (3) look as follows:

$$x_{31}=20; x_{32}=22; x_{33}=18; x_{34}=22; x_{35}=25; x_{36}=18; x_{37}=20; x_{38}=22; x_{39}=25; x_{3,10}=22;$$

Condition (3) $x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} + x_{39} + x_{3,10} \leq 230$ does not hold ; no solution;

4. $y_1 = 1; y_2 = 1; y_3 = 0$. The problem will be written as follows:

$$2 \cdot 10^4 + 2.5 \cdot 10^4 + 100x_{11} + 120x_{12} + 150x_{13} + 100x_{14} + 150x_{15} + 100x_{16} + 150x_{17} + 100x_{18} + 120x_{19} + 150x_{1,10} + 120x_{21} + 100x_{22} + 120x_{23} + 120x_{24} + 120x_{25} + 120x_{26} + 100x_{27} + 100x_{28} + 120x_{29} + 120x_{2,10} \rightarrow \min \quad (4)$$

$$x_{11} + x_{21} = 20; x_{16} + x_{26} = 18; x_{12} + x_{22} = 22; x_{17} + x_{27} = 20; x_{13} + x_{23} = 18; x_{18} + x_{28} = 22;$$

$$x_{14} + x_{24} = 22; x_{19} + x_{29} = 25; x_{15} + x_{25} = 25; x_{1,10} + x_{2,10} = 22;$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{1,10} \leq 180$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{2,10} \leq 200$$

We solve linear programming problem in MATLAB without first two terms in (4). The parameters of linear program in this case are : $x = [1 \times 20]$; $x = [x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1,10}, x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2,10}]$;

$$f = [100; 120; 150; 100; 150; 100; 120; 150; 120; 100; 120; 120; 120; 120; 100; 100; 120; 120]; A = [2 \times 10]; b = [180; 200];$$

$$A = [11111111110000000000$$

$$0000000001111111111];$$

$$Aeq = [10000000001000000000$$

$$0100000000100000000$$

$$0010000000010000000$$

$$0001000000001000000$$

$$0000100000000100000$$

$$0000010000000010000$$

$$0000001000000001000$$

$$0000000100000000100$$

$$00000000100000000010$$

$$00000000010000000001];$$

Aeq=[10×20];beq=[20;22;18;22;25;18;20;22;25;22];lb=[00...0];lb=[1×20];

The result is x=[20;0;0;22;0;18;0;10.5393;12.0989;0;0;22;18;0;25;0;20;11.4607;12.9011;22].

F minimum=2.32e+004. The minimal value of the goal function is 6.82·10⁴.

5. y₁ = 1; y₃ = 1; y₂=0;

The problem will be written as follows:

$$2 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^4 + 100x_{11} + 120x_{12} + 150x_{13} + 100x_{14} + 150x_{15} + 100x_{16} + 150x_{17} + 100x_{18} + 120x_{19} + 150x_{1,10} + 100x_{31} + 120x_{32} + 100x_{33} + 100x_{34} + 120x_{35} + 100x_{36} + 150x_{37} + 100x_{38} + 150x_{39} + 100x_{3,10} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$x_{11} + x_{31} = 20; x_{16} + x_{36} = 18; x_{12} + x_{32} = 22; x_{17} + x_{37} = 20; x_{13} + x_{33} = 18; x_{18} + x_{38} = 22;$$

$$x_{14} + x_{34} = 22; x_{19} + x_{39} = 25; x_{15} + x_{35} = 25; x_{1,10} + x_{3,10} = 22$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} + x_{1,10} \leq 180$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} + x_{39} + x_{3,10} \leq 230$$

We solve linear programming problem in MATLAB without first two terms in (5). x=[1×20];

in this case x=[x₁₁, x₁₂, ..., x_{1,10}, x₃₁, x₃₂, ..., x_{3,10}];

f=[100;120;150;100;150;100;150;100;120;150;100;120;100;100;120;100;150;100;150;100];

A, Aeq, beq, lb are the same as in the case 4. b = [180; 230];

x=[20;9.5491;0;9.471;0;7.5755;8.6957;9.471;25;0;0;12.4509;18;12.529;25;10.4245;11.3043;12.529;0;22];

fminimum =2.384e+004. The minimal value of the goal function is 7.384·10⁴.

6. y₂ = 1; y₃ = 1; y₁=0. The problem will be written as follows:

$$2.5 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^4 + 120x_{21} + 100x_{22} + 120x_{23} + 120x_{24} + 120x_{25} + 120x_{26} + 100x_{27} + 100x_{28} + 120x_{29} + 120x_{2,10} + 100x_{31} + 120x_{32} + 100x_{33} + 100x_{34} + 120x_{35} + 100x_{36} + 150x_{37} + 100x_{38} + 150x_{39} + 100x_{3,10} \rightarrow \min \quad (6)$$

$$x_{21} + x_{31} = 20; x_{26} + x_{36} = 18; x_{22} + x_{32} = 22; x_{27} + x_{37} = 20; x_{23} + x_{33} = 18; x_{28} + x_{38} = 22;$$

$$x_{24} + x_{34} = 22; x_{29} + x_{39} = 25; x_{25} + x_{35} = 25; x_{2,10} + x_{3,10} = 22;$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} + x_{26} + x_{27} + x_{28} + x_{29} + x_{2,10} \leq 200$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} + x_{36} + x_{37} + x_{38} + x_{39} + x_{3,10} \leq 230$$

We solve linear programming problem in MATLAB without first two terms in (6): here x=[1×20];

x=[x₂₁, x₂₂, ..., x_{2,10}, x₃₁, x₃₂, ..., x_{3,10}];

f=[120;100;120;120;120;120;100;100;120;120;100;120;100;100;120;100;150;100;150;100];

A, Aeq, beq, lb are the same as in the case 4. b=[200;230]. The result is

x=[20;22;0;0;11.6123;0;20;10.0951;25;0;0;0;18;22;13.3877;18;0;11.9049];

f minimum=2.28e+004. The minimal value of the goal function is 7.78·10⁴.

7. y₁ = y₂ = y₃=1. The problem will be written as follows:

$$2 \cdot 10^4 + 2.5 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^4 + 100x_{11} + 120x_{12} + 150x_{13} + 100x_{14} + 150x_{15} + 100x_{16} + 150x_{17} + 100x_{18} + 120x_{19} + 150x_{1,10} + 120x_{21} + 100x_{22} + 120x_{23} + 120x_{24} + 120x_{25} + 120x_{26} + 100x_{27} + 100x_{28} +$$

ქარხნების განლაგების ერთი ამოცანის შესახებ

დალი სიხარულიძე, ვლადიმერ გაბისონია, ნუგზარ დადიანი

რეზიუმე

წარმოდგენილი ამოცანა ეხება ქარხნების შესაძლო განლაგებათა მოცემული სიმრავლიდან ოპტიმალური განლაგების დადგენას მოცემული მოთხოვნების მინიმალური დანახარჯებით დაკმაყოფილებისათვის.

მოცემულია საწყოების განლაგება, მათი ტევადობა, ქარხნების აშენების ღირებულება და მათი სიმძლავრე. ეს არის ნაწილობრივ ბინარული პროგრამირების ამოცანა. ამოცანა შეიძლება ამოხსნას ქარხნების განლაგების ყველა შესაძლო ვარიანტის გადარჩევით და შესაბამისი წრფივი პროგრამირების ამოცანების განხილვით, როდესაც ქარხნების და საწყოების რაოდენობა არ არის დიდი. რადგანაც ყველა შესაძლო ალტერნატივის რაოდენობა სასრულია, თუ დასაშვებ ამონახსნთა სიმრავლე არ არის ცარიელი, ამოცანას ექნება ამოხსნა. მეთოდის საილუსტრაციოდ მოყვანილია მაგალითი, რომელშიც ქარხნების შესაძლო რაოდენობა არის 3, ხოლო საწყოების – 10

Об одной задаче размещения заводов

Дали Сихарулидзе, Владимир Габисония, Нугзар Дадияни

Резюме

Предлагаемая задача касается нахождения оптимального размещения заводов среди данного множества возможных размещений для удовлетворения данного спроса с минимальными затратами. Заданы стоимость транспортировки, вместимость складов, стоимость строительства заводов и их мощности. Это задача частично бинарного программирования. Когда вариантов размещения и рассмотрением соответствующих задач линейного программирования. Так как число всех возможных альтернатив конечно, если множество допустимых решений непусто, задача будет иметь решение. Для иллюстрации метода приводится пример, в котором возможное число заводов равно 3, а складов-10.

ლიტერატურა - References - Литература

1. Kaufman L., EedeM.V., Hansen P. A Plant and Warehouse Location Problem.Op.Res.Q., Pergamon Press 1977, Vol.28,3,i.
2. Krarup J.,Prusanp.,M.,The Simple Plant Location Problem:Survey and Synthesis.Europian Journal of Operational Research North_Holand Publishing Company 1983,12.
3. Revelle C.S, Laport G.,The Plant Location Problem: New models and Research Prospects Operations Research.,1996, Vol.44 No.6.
4. Кофман А., Анри-Лабордер А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирование. Мир, Москва 1977.

მართვის სისტემები და მოწყობილობები

CONTROL SYSTEMS AND DEVICES

СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ

დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორის აგება ინვერტორის გამოყენებით

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

nkavlash@gmail.com, lgvaramadze@yahoo.com

რეზიუმე

განხილულია დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორის მოდერნიზაციის გზები, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს გამოვასწოროთ მისი ძირითადი ტრადიციული ნაკლოვანებები (დიდი მასა და ენერჯის ხარჯი).

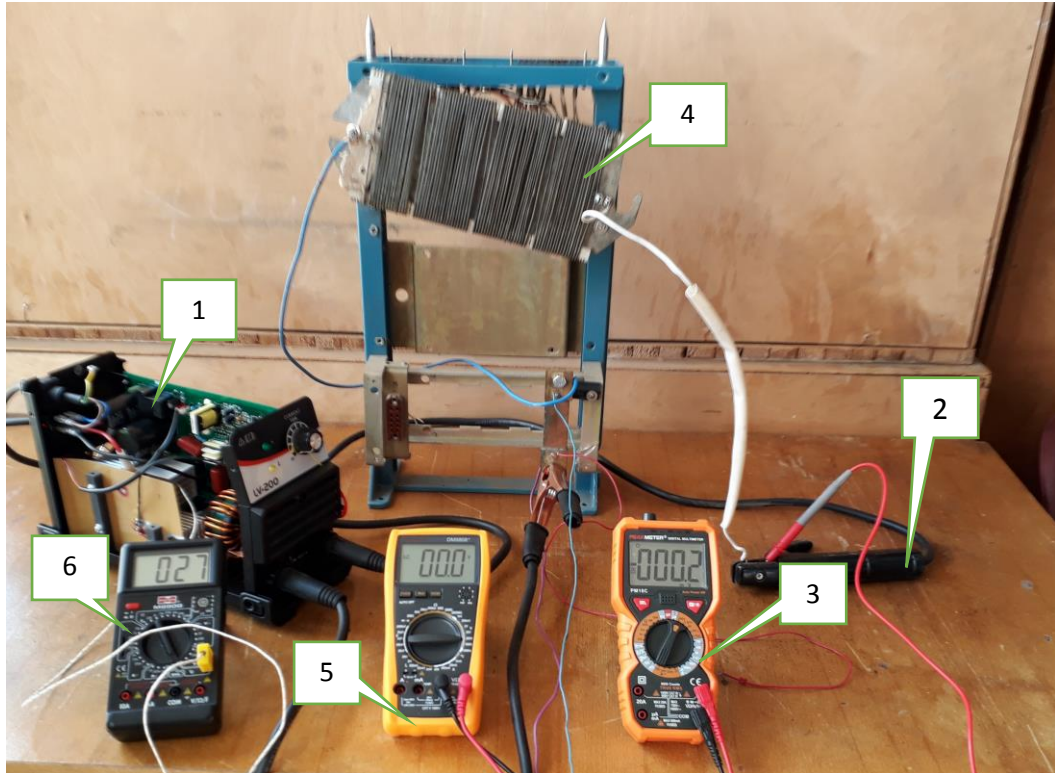
აღწერილია ნახევრადნატურული მოდელირების სტენდი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია დაპროექტების სტადიაზე განვსაზღვროთ კალიბრატორის ძირითადი მახასიათებლები და მოვახდინოთ იმ შედეგის წინასწარი შეფასება, რომელიც თან სდევს კალიბრატორში მზა ბლოკების გამოყენებას, მათი სტრუქტურის ან პარამეტრების ცვლილებას.

მოცემულია რეკომენდაციები არსებული მცირეგაბარიტებიანი ინვერტორის პრინციპზე აგებული შედუღების აპარატების ბლოკების დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორების ასაგებად.

საკვანძო სიტყვები:

ინვერტორი, დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორი, მოდელირება.

ტრადიციულ პრინციპებზე აგებული დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორები ხასიათდება დიდი მასით და გაბარიტებით. ჩვენ მიერ შემოთავაზებული იყო მუდმივი დენის კალიბრატორის ინვენტორული სტრუქტურა, რომელშიც გენერირებული დენის მნიშვნელობის დაყენება ტირისტორების მართვის წრედში ხდება ციფრული ფორმით და გამოსწორებულია მისი ძირითადი ნაკლოვანებები (დიდი მასა და ენერჯის ხარჯი) [1]. ასეთი მოწყობილობის პროექტირება და დამზადება შესაძლებელია ნულიდან ან მისი აგებისათვის უკვე არსებული, ქარხნულად დამზადებული, ბლოკების გამოყენება. ჩვენს მიერ არჩეულ იქნა მეორე გზა. კალიბრატორის ახალ სტრუქტურას საფუძვლად დაედო ბლოკები, რომლებიც გამოყენებულია მცირეგაბარიტებიანი შედუღების აპარატების დასამზადებლად. პროექტირების და გაწყობის პროცესის გაადვილებისათვის შეიქმნა სპეციალური ინსტრუმენტი – ნახევრად ნატურული მოდელირების სტენდი იხ. ნახ.1. სტენდის საშუალებით შესაძლებელია დასაპროექტებელი კალიბრატორის ძირითადი მახასიათებლების გადაღება და იმ შედეგის წინასწარი შეფასება, რომელიც თან სდევს კალიბრატორში მზა ქარხნული ბლოკების გამოყენებას, მათი სტრუქტურის ან პარამეტრების ცვლილებას. სტენდი შედგება: ქარხნული წესით დამზადებულ შედუღების აპარატისაგან - 1; გამოსავალი დენის გაზომვისათვის განკუთვნილ 75 მვ შუნტისაგან - 2 ; შუნტზე ძაბვის გამზომი ხელსაწყოთაგან - 3; დატვირთვისაგან - 4; დატვირთვაზე ძაბვის მნიშვნელობის გამზომისაგან - 5; ტემპერატურის გამზომი ხელსაწყოთაგან - 6.



ნახ. 1.

მცირეგაბარიტიანი კალიბრატორის დაპროექტების პროცესში ერთ-ერთ მნიშვნელოვან პრობლემას წარმოადგენს გამოყოფილი სითბოს გარემოზე გადაცემის სწორი ორგანიზება. ხშირად ტრადიციული მეთოდებით, პასიური რადიატორების და ვენტილატორების საშუალებით ამ პრობლემის მოგვარება ვერ ხერხდება. ამიტომ სტენდში გათვალისწინებულია ტემპერატურის უწყვეტი მონიტორინგი და, შედეგის შესაბამისად, ხელსაწყოში გაზომვების წყვეტილი რეჟიმის განხორციელება. დასაშვები ტემპერატურული რეჟიმიდან გამომდინარე, შესაძლებელია სამუშაო პროცესში პაუზების სიდიდის ისეთი შერჩევა, რომ ტემპერატურა სამუშაო ბლოკებში შენარჩუნებული იყოს დასაშვებ ფარგლებში.

სტენდის საშუალებით შესაძლებელია კალიბრატორის ვოლტამპერული მახასიათებლის გადაღება ძაბვის დამკვეთი პოტენციომეტრის სხვადასხვა მდგომარეობისათვის. დატვირთვის დენი ამ დროს იზომება 75 მვ შუნტზე ძაბვის ვარდნით 3 ხელსაწყოთი, ხოლო დატვირთვის ძაბვა იზომება დატვირთვის წინაღობაზე 5 ტესტერის საშუალებით. 6 ტესტერი გამოყენებულია ტრანზისტორების და დიოდების რადიატორების ტემპერატურული რეჟიმის კონტროლისათვის.

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში ასახულია ექსპერიმენტის შედეგები სტენდის აღწერილი სტრუქტურისათვის. დატვირთვის წინააღმდეგობა ტოლია 0,115 ომ.

ცხრილი 1-დან ჩანს, რომ დენის ძალა დატვირთვაში იზრდება ძაბვის პროპორციულად გარკვეულ მნიშვნელობამდე, ხოლო შემდეგ გადის გაჯერებაზე. გაჯერება განპირობებულია იმით, რომ ძაბვა დატვირთვაზე აღარ იზრდება, რაც, თავის მხრივ, განპირობებულია სტენდში გამოყენებული დანადგარის შესაძლებლობაზე, კერძოდ მაქსიმალურ სიმძლავრეზე.

ცხრილი 1

სტენდის ვოლტამპერული მახასიათებელი			
	V შუნტი მვ.	V დატვირთვა ვ.	I დატვირთვის დენი ამპერი
1	12,7	12,83	16,9
2	21,7	21,9	28,9
3	30	30	40,0
4	35,5	35,1	47,3
5	35,6	35,3	47,5
6	36,1	35,7	48,1
7	35,8	35,6	47,7
8	35,8	35,6	47,7

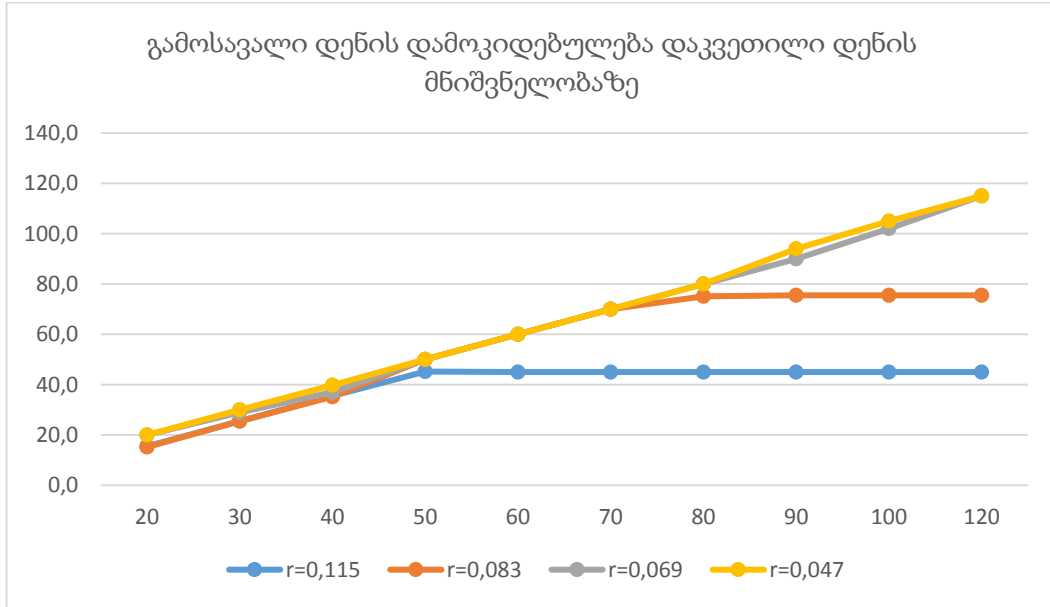
აღწერილი სტენდის გამოყენებით შესწავლილი იყო ქარხნული წესით დამზადებული გადასატანი შედუღების აპარატის LV 200 -ის შესაძლებლობები მაღალი მუდმივი დენის კალიბრატორის როლში გამოყენების შემთხვევაში. კვლევის შედეგად დადგინდა, რომ დანადგარში გამოყენებული გამოსავალი დენის რეგულირების პოტენციომეტრის სკალის მნიშვნელობები არ ემთხვევა გამოსავალი დენის მნიშვნელობას. რაც განპირობებულია იმით, რომ დენის ძალის რეგულირების სისტემა არის გახსნილი და, შესაბამისად, არ ითვალისწინებს დატვირთვის სიდიდის ცვლილებას. გამოსავალი დენის ზუსტი აღრიცხვისათვის ხელსაწყოს



ნახ. 3.

წინა პანელზე (ნახ. 3) ჩამონტაჟებულია 200 ა დიაპაზონის ისრიანი (ანალოგური) ამპერმეტრი, რომელიც მიერთებულია კორპუსის შიგნით მაღალსიხშირული ფილტრის გამოსავალსა და ხელსაწყოს გამოსავალ დადებით მომჭერს შორის ჩართულ 75 მვ იან 200 ამპერიან შუნტზე.

ნახ.4 მოცემული გრაფიკიდან ჩანს, რომ მოდიფიცირებული ხელსაწყოს გამოსავალი მახასიათებელი, პრაქტიკულად, წრფივია. გადახრას ადგილი აქვს დატვირთვის წინააღმდეგობის შედარებით დიდი მნიშვნელობებისათვის.



ნახ. 4.

ჩატარებული კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ LV, LVS სერიის შედუღების აპარატებში [2], შესაბამისი კონსტრუქციული ცვლილებების შეტანით, შესაძლებელია ავად მუდმივი დენის კალიბრატორები, რომლებშიც გამოსავალი დენის ცვლილების დიაპაზონი დამოკიდებულია ქარხნული ხელსაწყოს შესაძლებლობებზე (სიმძლავრეზე). ქვემოთ მოყვანილ ცხრილ 2 - ში მოცემულია ამ სერიის ხელსაწყოების ზოგიერთი მოდელის მონაცემები, რომლებიც უნდა გავითვალისწინოთ კალიბრატორის დაპროექტების ეტაპზე.

ცხრილი 2.

	ხელსაწყოს დასახელება	გამოსავალი დენის დიაპაზონი	სიმძლავრე
1	EDON MMA-300S	20 - 300 ა	6,5 კვტ
2	EDON MMA-250S	20 - 250 ა	6,4 კვტ
3	EDON MMA-200S	20 - 200 ა	5,3 კვტ
4	EDON LV-300	20 - 250 ა	6,8 კვტ
5	EDON LV-250	20 - 200 ა	6,0 კვტ
6	EDON LV-200	20 - 160 ა	5,2 კვტ

Construction of a large-scale direct current calibrator using an inverter

Nugzar Kavlashvili, Levan Gvaramadze, Otar Labadze, Panaiot Stavriani, Tamaz Saanishvili, Giorgi Kiknadze

Summary

The possibilities of the large-scale direct current calibrators modernization allowing to eradicate their main traditional negative aspects (large mass and energy consumption) are considered.

A semi-natural modeling stand, which allows to determine the main characteristics of the calibrator at the design stage and to make a preliminary assessment of the results of the consequences of using the finished blocks changing their structure or parameters, is described.

The recommendations on the use of small-sized welding apparatus blocks when constructing large direct current calibrators are given.

Построение калибраторов большого постоянного тока с использованием инвертора

Нугзар Кавлашвили, Леван Гварамадзе, Отар Лабадзе, Панаиот Ставрианиди, Тамаз Саанишвили, Гиорги Кикнадзе

Резюме

Рассмотрены возможности модернизации калибраторов большого постоянного тока, которые позволяют искоренить их основные традиционные отрицательные стороны (большая масса и потребление энергии).

Описан стенд полунатурного моделирования, который позволяет на стадии проектирования определить основные характеристики калибратора и произвести предварительную оценку результатов использования готовых блоков, изменения их структуры или параметры.

Приведены рекомендации по использованию блоков малогабаритных сварочных аппаратов при построении калибраторов большого постоянного тока.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ლაბაძე ო., ყავლაშვილი ნ., გვარამაძე ლ., სტავრიანიდი პ., საანიშვილი თ., კვიციანიშვილი ქ. დიდი მუდმივი დენის კალიბრატორის აგების ახალი ტენდენციები და პრინციპები. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, №22, 2018, გვ.47-50
2. <https://isurve.ge/collections/edon>

Study of synergy of insecticidal formulations against BMSB using the mathematical isobole method

Archil Chirakadze, Nugzar Kavlashvili, Zakaria Buachidze, Nikoloz Meskhi, Akaki Gigineishvili, Aleksandre Jishiashvili, Ani Laperishvili, Levan Zazadze, Nana Khuskivadze, Irina Khomeriki, Mikhail Taktakishvili

achirakadze@gtu.ge

Abstract

A simple and clear mathematical model, the so called “isobole method“, was modified and applied for the quantitative assessment of synergy of three insecticidal formulations against BMSB (*Halyomorpha Halys*). Farther experiments and development of new algorithm and specialized software is needed to achieve more accuracy and reliability of the assessment. Development of synergic mixtures needs a huge number of in vitro and in vivo experiments which have to be provided during the long-term, expensive and very complicated field trials. That is why, the acute necessity in relatively simple and effective mathematical models of assessing the synergy of interaction of various synthetic and natural insecticides is obvious, which, in addition to the so called in silico experiments, can facilitate the researchers in a time- and resource saving research and development of highly effective and less hazardous insecticidal formulations. The achieved results will encourage the researcher for a more active development of the new synergetic mixtures of substantially studied insecticidal formulations using isobole methods and in silico experiments as a reliable basis for the direct in vitro and in vivo testing of mixtures effectiveness and synergy against BMSB and other invasive and local pests.

Key words:

Synergy, mathematical model, isobole, BMSB, insecticides, dese, effect.

Agricultural pests pose an acute hazard to the economic and environmental welfare of population. Up to 35-40 % of the waste foodstuff is caused by the pests and plant diseases. Particularly important challenge of the last decades is the rapidly increasing resistance of the insects and other pests to the insecticidal formulation and, as a result, the quickly increasing rate of pesticide application and of the corresponding environmental impact and health risks of the rural and urban population. Effective means against the highly resistive populations of insects are the so called synergic (or synergetic) mixtures of different insecticidal formulation revealing the super-additive biological affectivity and, usually, eliminating the resistance effects in insects [1]. Unfortunately, development of synergic mixtures needs a huge number of in vitro and in vivo experiments which have to be approved during the long-term, expensive and very complicated field trials. That is why, the acute necessity in relatively simple and effective mathematical models of assessing the synergy of interaction of various synthetic and natural insecticides is obvious [2], which, in addition to the so called in silico experiments [3], can facilitate the researchers for a rapid and time- and resource saving research and development of highly effective and less hazardous insecticidal formulations.

An intensive study with aim to develop synergetic combined mixtures of synthetic (bifenthrin, deltamethrin) and natural (fresh-water diatomaceous earth, essential oils and natural surfactants) has been studied in the Georgian Technical University beginning from 2017 in the frame of the Governmental Program of combating BMSB (*Halyomorpha Halys*). 8 synthetic, natural and combined formulations have been tested for 31 days showing different biological effectiveness (BE). The main findings of the executed study were the following:

1. The 6 from 8 tested formulations were sufficiently effective (according to Abbott formula - $BE \geq 50\%$) even after 32 days after treatment; 2. The higher BE of one combined formulations compared to

one synthetic formulation could be explained only due to synergetic interaction of the sub-micron fraction of DE with deltamethrin; 3. The unexpectedly high BE of one combined formulation could be explained due to synergetic action of the sub-micron fraction of the diatomaceous earth with the fungal formulation “Melobass®” which was indicated due to the existence of specific fungal mold covering the most of killed insects; 4. Addition of DE in appropriate proportions extends the period of residual activity and, hence, increases the integrated BE of the most of tested insecticidal formulations; 5. Correct use of synergism of the components of the insecticidal formulations can pave the way to effective control of BMSB with combinations of various organic products and combined formulations with extremely low content of synthetic insecticidal substances. 6. The next step should be the experimental testing of all utilized organic products used individually (or individually, but mixed with high rate of DE), and preliminary testing of DE/organic formulations containing both deltamethrin/ bifenthrin and malathion/bifenthrin mixtures, which can significantly increase the effectiveness of insecticides and reduce the environmental impact on the off-targeted species. Unfortunately, because of lack of statistical material, the obtained results can be interpreted only as preliminary and quantitative; on the other hand, having no mathematical model of the reliable quantitative determination of synergism of interaction of formulations we will need too much time and resources for solving the task. That is why we decided to find a simple and highly illustrative quantitative model of assessing the synergism of insecticidal formulations. Very soon we found a simple and clear mathematical method [2] which we easily modified to be applied to arbitrary number of insecticides by examining the objects in pairs, and then again, before reaching the final result. The selected model is based on a basic concept of isobole curve dividing the areas of synergetic and sub-additive interaction. If we have to evaluate the impact agents (insecticides) with similar effect (mortality of insects or biological effectiveness) and we can characterize them by maximum effect or partial effect (e. g., half or 0.75 of maximum) doses, we can easily establish a curve bordering the “synergetic” or super-additive and “antagonistic” or sub-additive patterns. The simplest way is to impose a condition for the constancy of the total of quantities of the two (A and B) formulations under consideration and to postpone along the axes of the Cartesian coordinates two segments equal to the doses corresponding to the half the maximum effect of each insecticide (Figure 1) [2]. The straight line connecting points A and B will be an isobole line, and the distance from point O to any point in the first quarter of the coordinate system shows the dose needed to achieve half the maximum effect. All points on the isobole curve correspond to the common additive interaction of formulations. The equation of the “straight line” isobole is linear:

$$d_A/A = 1 - d_B/B \quad (1)$$

where: d_A is the current dose of insecticide A; d_B is the current dose of insecticide B, and A and B are the doses corresponding to the half the maximum effect of each insecticide

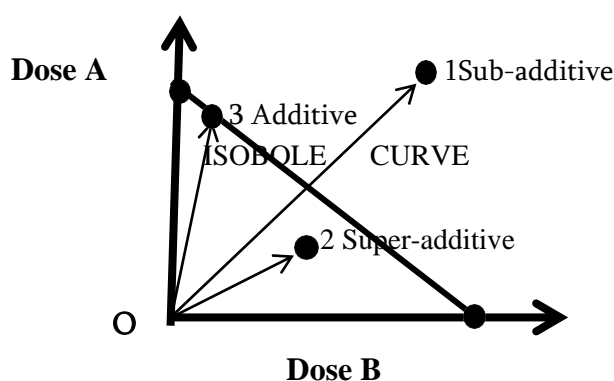


Figure 1. Plotting of an isobole curve: 1 – sub-additive (synergetic) interaction, 2 – super-additive interaction, 3 – additive interaction.

It should be emphasized that the isobole curve in general (and usually – in reality) cannot be a straight line due to many reasons (Figure 2)

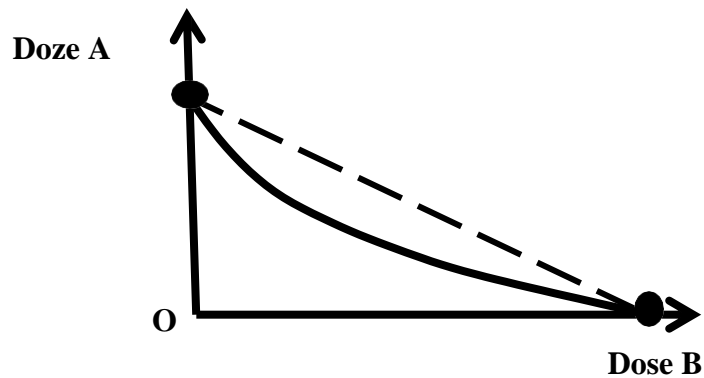


Figure 2. The linear and nonlinear isobole curves

If we have two formulations ($i = 1, 2$) and we establish that the total volume of two insecticides used in experiments is constant, we can determine a relation of equivalent effectiveness of doses:

$$d_{2eq}(1) = d_{2Half} / [(E_{2Max} / E_{1Max})(1 + d_{1Half}/d_1) - 1] \quad (2)$$

It means that in calculations we can use the equivalent dose $d_{2eq}(1)$ of formulation 2 instead of dose d_1 , thus drastically simplifying the calculations.

Again, if the summarized volume of the two insecticides used in experiments is constant, we can establish the isobole equation (adding d and d_{eq}) which, in principle, is no more a straight line (is no more linear, Figure 2.):

$$d_{eq}(A) = d_{2Half} - d_{2Half} / [(E_{2Max} / E_{1Max})(1 + d_{1Half}/d_1) - 1] \quad (3)$$

In the period from September 28 to October 10, 2019, a cycle of experiments was conducted in the laboratory of the Institute for Problems of Engineering Physics of the Georgian Technical University to determine the dose-effect relationship of 3 insecticidal formulations and their combinations (bifenthrin containing “Talstar” 10 % EC, “Fyfanon” 57 % and the food-grade diatomaceous earth DE from Kisatibi mine in Akhaltsikhe, Georgia, containing about 90% of silicon dioxide) for control of BMSB. The methodology of testing experiments was worked out using recommendations of Professor Gregory Krawczyk from the Pennsylvania State University, current possibilities of our laboratory and the necessity of completion of the research in a reasonably short period of time. All three formulations and their combinations “Talstar” + “Fyfanon”, “Talstar” + DE, “Fyfanon” + DE and “Talstar” + “Fyfanon” + DE were tested and their dose – effect dependences, maximum achievable effect and half-maximum effect doses were determined. $4 \times 16 = 64$ plastic 750-ml cups with dome-shaped lids and round openings of 2.5 cm in diameter in the center of the lid were used to test 3 formulations and their mixtures, while 32 plastic cups were used for observation of control groups (without any insecticidal treatment (Figure 3).



Figure 3. A detail of the general view of the experiment

The test insects (about 1400) were kept in one small-size insectary and periodically placed into the treated and untreated (“control”) cups. Holes were sealed with sterile gauze, which ensured access of a sufficient volume of air for the tested insects. Two weeks old wheat grass was planted in all cups and a sufficient amount of food (apple slices) and water (in cotton balls) was fed daily through the holes to the control group insects and insects awaiting the insecticidal treatment. The wheat grass was every day poured with water, and the relative humidity and air temperature in the cups was controlled. Unfortunately we had not enough insects to examine the mixtures with different proportions of components, that is why we prepared the maximum effective mixtures according to our former experience.

After every experiment all insects were removed and the cups were carefully washed before filling with earth and wheat grass (Figure 4.). At the very beginning, we studied the accuracy of the approximation of effect–dose dependence given in equation (2). The standard deviation was less than 5% which encouraged us to continue our research and assess the synergy of the mixtures. As was mentioned above, we had not adequate number of test insects to achieve the desired accuracy. Thus, the obtained results are comparative and additional research is necessary. All mixtures revealed significant synergy, and the maximum super-additive effect (up to about 280 %) was determined by adding bifenthrin to malathion in proportion 1:10. The super-additivity of malathion + DE (1:50), bifenthrin + DE (1: 100) and bifenthrin + malathion + DE (1:10:100) was between 140 and 180 % respectively.



Figure 4. Removal and re-filling of cups

The developed method allows also the plotting of expected dose-effect curves of the mixtures with arbitrary content of components based on the dose-effect curves of the individual components. Figure 5 shows the expected and experimental dose-effect curves of a typical synergic mixture of components. It should be also noted that developing a special algorithm and software for the statistical processing of the experimental results is an indispensable condition for the successful

application of the method of isoboles with aim to test and develop new synergic insecticides against BMSB and other invasive pests.

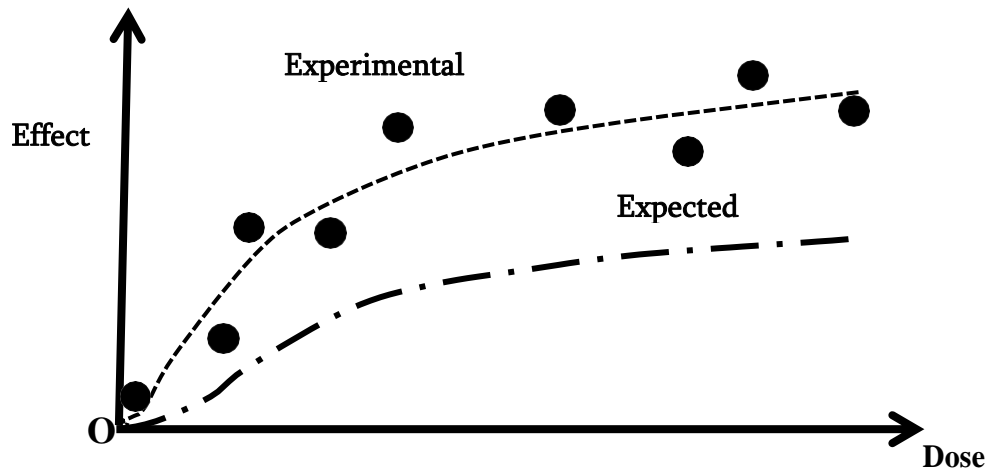


Figure 5. The expected and experimental dose-effect curves of a typical synergic mixture of components with synergy about 150 -170 %.

Acknowledgement

Authors are deeply thankful to dr. Gregory Kravczyk for his kind help, assistance and fruitful discussions. Authors are very thankful to dr. Zurab Chekurishvili, dr. Zurab Lipartia and dr. Otar Tskhvitaridse for the everyday support and advise.

ინსექტიციდური პრეპარატების აზიური ფაროსანას წინააღმდეგ მოქმედების სინერგიზმის შესწავლა მათემატიკური იზობოლური მეთოდის გამოყენებით

ა.ჭირაქაძე, ნ.ყავლაშვილი, ზ. ბუაჩიძე, ნ. მესხი, ა. გიგინეიშვილი, ა. ჯიშიაშვილი, ა. ლაფერიშვილი, ლ. ზაზაძე, ნ. ხუსკივაძე, ი. ხომერიკი, მ. თაქთაქიშვილი

რეზიუმე

მარტივი და თვალსაჩინო მათემატიკური მოდელი, ეგრეთ წოდებული "იზობოლების მეთოდი", მოდიფიცირდა და გამოყენებულ იქნა აზიური ფაროსანას (*Halyomorpha Halys*) წინააღმდეგ სამი ინსექტიციდური პრეპარატის ნარევის მოქმედების სინერგიზმის რაოდენობრივი შეფასებისთვის. შედეგების მაღალი სიზუსტის და სანდოობის მისაღწევად საჭიროა შემდგომი ექსპერიმენტების ჩატარება, აგრეთვე ახალი ალგორითმის და სპეციალიზირებული პროგრამული უზრუნველყოფის შემუშავება. სინერგიული ნარევის შექმნისთვის და ტესტირებისთვის აუცილებელია *in vitro* და *in vivo* ექსპერიმენტების ძალიან დიდი რიცხვი, ხოლო მიღებული შედეგები უნდა შემოწმდეს გრძელვადიანი, ძვირი და რთული სავსე ცდების დროს. სწორედ ამიტომ სხვადასხვა სინთეზური და ბუნებრივი ინსექტიციდების ურთიერთქმედების სინერგიის შეფასების შედარებით მარტივი და მაღალეფექტიანი მათემატიკური მოდელების შემუშავების მწვავე აუცილებლობა სრულიად აშკარაა, რათა, ე. წ. *in silico* ექსპერიმენტებთან ერთად ხელი შეუწყოს მკვლევარებს დროისა და რესურსების დაზოგვით შეიმუშაონ ნაკლებად სახიფათო მაღალეფექტიანი ინსექტიციდური ნარევი. მიღწეული შედეგები ხელს შეუწყობს მკვლევარებს იზობოლების მეთოდის და *in silico* ექსპერიმენტების გამოყენებით უკვე კარგად შესწავლილი ცალკეული

ინსექტიციდური პრეპარატებიდან უფრო აქტიურად შეიმუშაონ სინერგიული ნარევი აზიური ფაროსანას და სხვა ინვაზიური და ადგილობრივი მავნებლების წინააღმდეგ, მათ შორის in vivo და in vitro და სავსე შემოწმებისთვის.

Исследование синергизма инсектицидных составов против мраморного клопа с использованием математического метода изобол

*А. Чиракадзе, Н. Кавлашвили, З. Буачидзе, Н. Месхи, А. Гигинишвили, А. Джишиашвили,
А. Лаперишвили, Л. Зазадзе, Н. Хускивадзе, И. Хомерики, М. Тактакишвили*

Резюме

Простая и наглядная математическая модель - так называемый «метод изобол» - была модифицирована и применена для количественной оценки синергизма трех инсектицидных препаратов против мраморного клопа (*Halyomorpha Halys*). Для достижения большей точности и достоверности оценки необходимы дальнейшие эксперименты и разработка нового алгоритма и специализированного программного обеспечения. Разработка синергетических смесей требует огромного количества экспериментов in vitro и in vivo, которые необходимо проводить в ходе длительных, дорогостоящих и очень сложных полевых испытаний. Вот почему острая необходимость в относительно простых и эффективных математических моделях оценки синергизма взаимодействия различных синтетических и природных инсектицидов очевидна, что, в дополнение к так называемым экспериментам in silico, будет содействовать исследователям в экономии времени и ресурсов при разработке высокоэффективных и более безопасных инсектицидных составов. Достигнутые результаты будут стимулировать исследователей к более активной разработке новых синергетических смесей из уже хорошо изученных инсектицидных составов с использованием «изобольных» методов и экспериментов in silico в качестве надежной основы для прямых in vitro и in-vivo испытаний эффективности и синергии смесей против мраморного клопа и других инвазивных и местных вредителей.

ლიტერატურა - References - Литература

1. D. B. Sponsler, C. M. Grozinger, C. Hitaj, M. Rundlöf, C. Botías, A. Cod, E. V. Lonsdorf, A. P. Melathopoulos, D. J. Smith, S. Suryanarayanan, W. E. Thogmartin, N. M. Williams, M. Zhang, M. R. Douglas. Pesticides and pollinators: A socio-ecological synthesis. *Science of The Total Environment*, 662, 20, 1012-1027, 2019.
2. R. J. Tallarida. Quantitative Methods for Assessing Drug Synergism. *Genes and Cancer*, 2, 11, 1003 – 1008, 2-11.
3. I F. Darvas, G. Keseru, A. Papp, G. Dorman, L. Urge, P. Krajcsi. Silico and Ex silico ADME approaches for drug discovery. *Curr. Top. Med. Chem.* 2, 12, 1287-304, 2002.

Микросистемы массового обслуживания с ремонтом и заменой отказавших элементов

Виктор Хуцишвили

Email: otariko@yahoo.com

Резюме

Рассмотрены и сравнены между собой системы массового обслуживания с малым числом рабочих элементов. Случайному процессу выхода из строя функционирующих элементов, приносящих доход, противопоставлен процесс их восстановления, который может быть разбит на две фазы – фазу ремонта и последующую фазу замены. Всего рассмотрены две однофазные микросистемы и три двухфазные. Выведены соответствующие формулы для вероятностей возможных состояний микросистемы и для её доходности. Для наиболее сложного случая построена наглядная Excel -таблица. В случае с единственным рабочим местом для доходного элемента обнаружена неожиданная связь вероятностей с числами Фибоначчи.

Ключевые слова: массовое обслуживание, микросистема, ремонт, замена, вероятность, доходность, числа Фибоначчи

Системы массового обслуживания с разбиением процесса восстановления отказавших элементов на две фазы – ремонта и замены – давно привлекают исследователей, пытающихся выявить потенциальные выгоды такого разбиения. См., например, работы [1,2]. В настоящей статье мы ограничились рассмотрением микросистем и их характеристик, дающих некоторое представление об общей ситуации, которая ждёт адекватного моделирования и эффективных алгоритмов принятия решений.

Пусть система массового обслуживания состоит из $(m + n)$ однородных элементов, где m – максимально возможное число функционирующих элементов, приносящих доход. Возможное наличие n дополнительных резервных элементов обусловлено случайным выходом из строя рабочих элементов и необходимостью их восстановления – ремонта и замены. Предположим, что интенсивность восстановления отказавших элементов превышает интенсивность отказа отдельно взятого элемента в c раз. Обозначим соответствующие превышения интенсивностей ремонта и замены, составляющих две последовательные фазы восстановления элемента, через a и b . Тогда введённые величины будут связаны соотношением $1/c = 1/a + 1/b$. Если считать замену элемента мгновенной, то $b = \infty$ и $c = a$, но на практике замена занимает некоторое время $1/b$ и в таком случае представляет интерес вопрос об оптимальном соотношении величин a и b при заданном c . Не лишён интереса также и случай мгновенного ремонта $a = \infty$ и $c = b$.

Очевидно, что чем больше m , n и c , тем доходнее система, а также, что хорошо сбалансированная организация ремонта и замены увеличивает доходность системы. Конечно, увеличение значений перечисленных параметров так же, как и организация сбалансированного процесса восстановления отказавших элементов, связаны с определёнными расходами. Задача оптимизации состоит в выборе параметров системы, приносящих максимальную прибыль. При этом наиболее сложным компонентом является расчёт доходности системы. Проиллюстрируем ситуацию на примере микросистем – систем с малым количеством элементов, позволяющим провести сравнительно несложные расчёты доходности.

I. $m = 2, n = 0, a = c, b = \infty$ (мгновенная замена, т. е. одна фаза восстановления).

Эта простейшая микросистема имеет всего три состояния – 2, 1 и 0, соответствующих числу функционирующих элементов (остальные ремонтируются). Известно, что вероятности нахождения системы с непрерывным временем в возможных дискретных состояниях удовлетворяют дифференциальным уравнениям Колмогорова [1-3]. В стационарном случае производные вероятностей по времени равны нулю и мы получаем систему алгебраических уравнений относительно т. н. финальных вероятностей [1-3]. Для нашей микросистемы будем иметь

$$cp_1 - 2p_2 = 0, \quad cp_0 - p_1 = 0, \quad p_2 + p_1 + p_0 = 1,$$

где p_i есть вероятность нахождения микросистемы в состоянии i , $i = 0, 1, 2$.

Первое уравнение описывает приток отремонтированных элементов из состояния 1 в состояние 2 и равный ему отток отказавших элементов из состояния 2 в состояние 1 с коэффициентом 2, соответствующим количеству элементов в состоянии 2. Второе уравнение описывает баланс потоков между состояниями 0 и 1. Третье же уравнение отражает тот факт, что в каждый момент времени микросистема находится в одном из трёх возможных состояний. Выпишем решение системы уравнений:

$$p_0 = 1/(1 + c + c^2/2), \quad p_1 = cp_0, \quad p_2 = (c^2/2)p_0 \quad (\text{формулы Эрланга [1,3]}).$$

Если работающий элемент в единицу времени приносит единичный доход, то средний доход нашей микросистемы в единицу времени (доходность) вычисляется по формуле

$$d_I = 2c(c + 1)/(c^2 + 2c + 2).$$

II. $m = 2, n = 0, 1/c = 1/a + 1/b$, (две фазы восстановления).

Эта микросистема имеет шесть возможных состояний: 20, 10, 11, 00, 01, 02, где первая цифра – это количество функционирующих элементов, а вторая – число элементов в ремонте. Число элементов на замене получается вычитанием суммы этих цифр из двух. Баланс потоков даёт следующую систему уравнений относительно финальных вероятностей нахождения микросистемы в соответствующих состояниях:

$$\begin{aligned} bp_{10} &= 2p_{20}, & bp_{00} + ap_{11} &= (b + 1)p_{10}, \\ ap_{01} &= bp_{00}, & ap_{02} + p_{10} &= (a + b)p_{01}, \\ p_{11} &= ap_{02}, & bp_{01} + 2p_{20} &= (a + 1)p_{11}, \\ p_{20} + p_{10} + p_{11} + p_{00} + p_{01} + p_{02} &= 1. \end{aligned}$$

Можно проверить, что решением этой системы является следующий набор вероятностей:

$$\begin{aligned} p_{02} &= 1/(a^2/2 + a^2/b + a + a^2/b^2 + a/b + 1), \quad p_{20} = (a^2/2)p_{02}, \\ p_{10} &= (a^2/b)p_{02}, \quad p_{11} = ap_{02}, \quad p_{00} = (a^2/b^2)p_{02}, \quad p_{01} = (a/b)p_{02}. \end{aligned}$$

Доходность рассматриваемой микросистемы равна

$$d_{II} = a(a + a/b + 1)/(a^2/2 + a^2/b + a + a^2/b^2 + a/b + 1).$$

Можно показать, что максимум этого выражения при условии $1/c = 1/a + 1/b$ достигается при $a = b = 2c$, поэтому, имея целью сравнение с доходностью микросистемы I, предположим, что $a = b = 2c$. Подставляя эти значения в формулу доходности микросистемы II, получим формулу

$$d_{II} = 2c(c + 1)/(c^2 + 2c + 3/2),$$

т. е. доходность микросистемы II ненамного, но превосходит доходность микросистемы I. Это происходит за счёт параллелизации процесса восстановления, когда часть восстанавливаемых элементов может находиться в фазе ремонта, а часть – в фазе замены.

III. $m = 2, n = 1, a = c, b = \infty$ (мгновенная замена, одна фаза восстановления).

Эта микросистема имеет четыре возможных состояния – состояние 3, когда все три элемента годны, из которых два функционируют и один находится в резерве, состояние 2, когда два элемента функционируют и один находится в ремонте, состояние 1 – один функционирует и два в ремонте и состояние 0 – все три элемента в ремонте. Система уравнений относительно соответствующих вероятностей имеет вид:

$$cp_2 = 2p_3, \quad cp_1 = 2p_2, \quad cp_0 = p_1, \quad p_3 + p_2 + p_1 + p_0 = 1.$$

Решение этой системы уравнений таково:

$$p_0 = 1/(1 + c + c^2/2 + c^3/4), \quad p_1 = cp_0, \quad p_2 = (c^2/2)p_0, \quad p_3 = (c^3/4)p_0.$$

Для доходности будем иметь формулу

$$d_{III} = 2c(c^2 + 2c + 2)/(c^3 + 2c^2 + 4c + 4).$$

IV. $m = 2, n = 1, 1/c = 1/a + 1/b$, (две фазы восстановления).

Эта микросистема имеет девять возможных состояний, которые мы отобразим на следующей трапецевидной схеме:

20	21		
10	11	12	
00	01	02	03

Верхняя строка соответствует состояниям с двумя работающими элементами, средняя – с одним, а нижняя – состояниям, когда все три элемента находятся в процессе ремонта или замены. Вторая цифра в коде состояния указывает на число элементов в ремонте. Число элементов на замене получается вычитанием суммы этих цифр из трёх, за исключением состояния 20, в котором один отремонтированный элемент находится в резерве и замена не происходит. Ремонту соответствует переход в соседнее состояние слева, замене – в соседнее состояние вверху, а отказу – переход в соседнее состояние по диагонали в направлении вниз-вправо.

Для вероятностей пребывания микросистемы в одном из 9 указанных состояний мы не будем записывать уравнений, отражающих баланс потоков между этими состояниями, а прямо выпишем их решение, используя вспомогательные величины P с соответствующими индексами:

$$\begin{aligned}
 P_{03} &= 1, \quad P_{12} = a, \\
 P_{02} &= (a/b)(a^2 + 3a + 2b + 2)/(3a + 2b + 2), \\
 P_{21} &= (a^2 + a - bP_{02})/2, \quad P_{11} = (a + b)P_{02} - a, \\
 P_{01} &= (a/b)[P_{11} + (b + 1)P_{02}]/(a + b + 1), \\
 P_{00} &= (a/b)P_{01}, \quad P_{10} = (a + b)P_{01} - aP_{02}, \quad P_{20} = (aP_{21} + bP_{10})/2.
 \end{aligned}$$

Искомые вероятности p получаются из этих P делением на

$$S = P_{20} + P_{21} + P_{10} + P_{11} + P_{12} + P_{00} + P_{01} + P_{02} + P_{03}$$

– нормирующий делитель, обеспечивающий условие равенства единице суммы всех девяти вероятностей. Для доходности будем иметь следующее выражение:

$$d_{IV} = 2(p_{20} + p_{21}) + p_{10} + p_{11} + p_{12}.$$

Заметим, что, в отличие от случая II, доходность уже несимметрична относительно параметров a и b и, например, при $c = 2$ максимальная доходность достигается при соотношении $a:b = 3:7$. Ниже для этих значений параметров, в соответствии с вышеприведённой трапецевидной схемой, приведена таблица распределения вероятностей по состояниям (в процентах):

41,9	17,2		
5,2	12,5	13,7	
0,6	1,4	2,7	4,8

Доходность равна 1,496. При других соотношениях интенсивностей ремонта и замены a и b доходность меньше. Некоторые результаты приведены в нижеследующей таблице ($c = 2$):

a:b	0	1:4	1:2	1:1	2:1	4:1	∞
d_{IV}	1,429	1,488	1,495	1,462	1,391	1,317	1,200

С целью сравнения приведём и значения доходностей микросистем I–III (для той же величины интенсивности восстановления $c = 2$):

$$d_I = 1,200, \quad d_{II} = 1,263 \text{ (a:b = 1:1)}, \quad d_{III} = 1,429.$$

То, что d_I и d_{III} совпадают с крайними значениями в таблице для d_{IV} , неудивительно, т. к. микросистема IV при мгновенной замене превращается в микросистему III, а при мгновенном ремонте – в микросистему I.

При изменении параметра с максимальная доходность микросистемы IV достигается при различных соотношениях a:b и общая тенденция такова, что при увеличении с соотношение a:b следует уменьшать. Все результаты для микросистемы IV получены с помощью созданного нами Excel-файла со входом (с, а) и выходом в виде трапецевидной таблицы вероятностей состояний и соответствующей доходности d_{IV} . Микросистемы же I–III рассчитываются по вышеприведённым простым формулам.

Для того, чтобы исчерпать набор микросистем массового обслуживания, допускающих сравнительно простой расчёт, рассмотрим микросистему

$$V. m = 1, n = 3, 1/c = 1/a + 1/b, \text{ (две фазы восстановления).}$$

Сразу же отметим, что полученные ниже соотношения легко обобщаются на произвольное число резервных элементов, но мы ограничились случаем $n = 3$, чтобы избежать буквенных индексов и многоточий. Кроме того, при единственном рабочем месте для функционирования элемента наличие большего резерва явно невыгодно. Очевидно, что иметь дело с микросистемой типа V имеет смысл, когда рабочее место для элемента стоит очень дорого по сравнению со стоимостью самого элемента или же создание новых рабочих мест физически невозможно.

Итак, наша микросистема может находиться в одном из девяти состояний (узлов), согласно схеме

10	11	12	13	
00	01	02	03	04

Как и выше, первая цифра в коде состояния указывает на число работающих элементов, а вторая – на число элементов в ремонте. Как и в случае IV, вначале мы поработаем со вспомогательными величинами P, которые впоследствии нормируем. Этот приём позволяет нам записать равенство $P_{04} = 1$. Баланс потоков в узле 04 даёт $P_{13} = aP_{04}$. Далее, по узлам

$$\begin{aligned} 13: P_{03} &= [(a + 1)P_{13}]/b & 03: P_{12} &= (a + b)P_{03} - aP_{04}, \\ 12: P_{02} &= [(a + 1)P_{12} - aP_{13}]/b & 02: P_{11} &= (a + b)P_{02} - aP_{03}, \\ 11: P_{01} &= [(a + 1)P_{11} - aP_{12}]/b & 01: P_{10} &= (a + b)P_{01} - aP_{02}, \end{aligned}$$

а для определения девятого неизвестного используем узел 00: $P_{00} = (a/b)P_{01}$. В конце, как обычно, вероятности p получим делением соответствующих P на нормирующий делитель – сумму всех девяти P.

Весьма примечательно, что при $a = b = 1$ последовательность $P_{04}, P_{13}, P_{03}, P_{12}, P_{02}, P_{11}, P_{01}, P_{10}$ состоит из знаменитых чисел Фибоначчи, а P_{00} равно предпоследнему члену этого ряда:

21	8	3	1	
13	13	5	2	1

Переходя к вероятностям, получим (с точностью до одной десятой процента):

31,3	11,9	4,5	1,5	
19,4	19,4	7,5	3,0	1,5

В заключение, автор выражает благодарность профессору Р. Какубава, на научном семинаре которого он познакомился с проблемами теории массового обслуживания.

მასობრივი მომსახურების მიკროსისტემები მწყობრიდან გამოსული ელემენტების რემონტითა და ჩანაცვლებით

ვიქტორ ხუციშვილი

რეზიუმე

განხილულია და ერთმანეთთან შედარებული მასობრივი მომსახურების სისტემები მუშა ელემენტების მცირე რაოდენობით. შემოსავლის მომტანი ფუნქციონირებადი ელემენტების მტყუნების პროცესს უპირისპირდება მათი აღდგენის პროცესი, რომელიც შეიძლება დაიშალოს ორად - რემონტისა და შემდგომი ჩანაცვლების ფაზებად. სულ განხილულია ორი ერთფაზიანი და სამი ორფაზიანი მიკროსისტემა. გამოყვანილია შესაბამისი ფორმულები მიკროსისტემის შესაძლო მდგომარეობების ალბათობებისთვის და მისი შემოსავლიანობისთვის. ყველაზე რთული შემთხვევისთვის აგებულია თვალსაჩინო Excel-ის ცხრილი. შემოსავლიანი ელემენტისთვის ერთადერთი სამუშაო ადგილის შემთხვევაში გამოვლენილია მოულოდნელი კავშირი ალბათობებსა და ფიბონაჩის რიცხვებს შორის.

Queuing microsystems with repair and replacement of failed elements

Victor Khutsishvili

Summary

Queuing systems with a small number of working elements are examined and compared with each other. The random process of failure of the functioning elements that generate income is opposed by the process of their restoration, which can be divided into two phases - the repair phase and the subsequent replacement phase. In total, two single-phase microsystems and three two-phase ones were considered. Corresponding formulas are derived for the probabilities of possible states of the microsystem and for its income. For the most difficult case, a visual Excel table has been built. In the case of a single workplace for an income-generating element, an unexpected association of probabilities with Fibonacci numbers was discovered.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Barlow R., Proschan F. Mathematical Theory of Reliability. SIAM, 1996, 258 p.
2. Prangishvili A., Meladze H., Kakubava R. Open queuing system for two parallel maintenance operations as mathematical model for dependability and performance analysis. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, V 10, N 3, 2016, pp. 69-74.
3. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. Москва, 1988, 208 стр.

**მომავალ ათწლეულებში საქართველოს ელექტროენერჯით
დაკმაყოფილების ზოგიერთი საკითხის შესახებ**

ხათუნა ლომიძე, მანანა ჯანიკაშვილი, ირმა არჩვაძე

Email: lkhatuna@mail.ru

რეზიუმე

სტატიაში აღნიშნულია, რომ ქვეყნის ნორმალური განვითარებისათვის აუცილებელია ელექტროენერჯის გამომუშავებისა და მოხმარების მკვეთრი ზრდა ძირითადად ადგილობრივი რესურსების ბაზაზე.

საქართველოს ელექტროსადგურების სტრუქტურის ადრე დამუშავებულ მათემატიკურ მოდელში შეტანილია გარკვეული დაზუსტებები მსოფლიოში ელექტროენერჯეტიკის განვითარების ტენდენციებისა და ტექნოლოგიური მიღწევების გათვალისწინებით. ამოხსნილია ოპტიმიზაციის ამოცანები კაპიტალური დანახარჯების მოსალოდნელი დინამიკის გათვალისწინებით. კერძოდ, განხილულია სამი სცენარი: ინერციული, სტაგნაციური და ინოვაციური. მიღებული შედეგების საფუძველზე გაკეთებულია დასკვნა იმის შესახებ, რომ პირველ ეტაპზე უმჯობესია ძირითადი აქცენტი გაკეთდეს ტრადიციულ ენერგორესურსებზე, ხოლო არცთუ შორეულ მომავალში - მზისა და ქარის ელექტროსადგურებზე.

საკვანძო სიტყვები:

ენერჯეტიკა, სიმძლავრე, ენერჯია, ელექტროსადგური

ავტორთა მიერ ადრე გამოქვეყნებულ სამუშაოებში დასაბუთებული იყო, რომ ქვეყნის ნორმალური განვითარებისათვის აუცილებელია მკვეთრად გაიზარდოს ელექტროენერჯის წლიური გამომუშავებისა და მოხმარების დონე, სულ მცირე 45 მლრდ კვტ.სთ წელიწადში [1-3]. ამავე სამუშაოებში შემოთავაზებული მათემატიკური მოდელის საფუძველზე ოპტიმიზაციის ამოცანის ამოხსნის შედეგად დადგენილი იყო, რომ აღნიშნული მოთხოვნების დაკმაყოფილება შესაძლებელია ადგილობრივი რესურსების ათვისებით. ნაჩვენები იყო, აგრეთვე, რომ ძირითადი აქცენტი უნდა გაკეთდეს საქართველოს ჰიდროენერგორესურსების ათვისებაზე როგორც მცირე, ისე დიდი ჰიდროსადგურების აშენების გზით.

ამასთან, აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ წლებში შეინიშნება ე.წ. არატრადიციული რესურსების ელექტროენერჯეტიკაში გამოყენების ზრდის მყარი ტენდენდენცია. ამას ძირითადად განაპირობებს ტექნოლოგიური მიღწევები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ელექტროსადგურების ასაშენებლად საჭირო კაპიტალური დაბანდებების მკვეთრ შემცირებას. ასე მაგალითად, როგორც ცხრილი 1-დან ჩანს, მოსალოდნელია, რომ ქარის ელექტროსადგურის ასაშენებლად საჭირო ხვედრითი კაპიტალური დაბანდება 1400 დოლ/კვტ-დან 2010 წელს შემცირდება 950 დოლ/კვტ-მდე 2030 წლისათვის და 900 დოლ/კვტ-მდე 2050 წლისათვის. კიდევ უფრო მეტი შემცირებაა მოსალოდნელი კაპიტალური დაბანდებებისა მზის ელექტროსადგურების (ფოტოვოლტაიკი) შემთხვევაში - 4000 დოლ/კვტ-დან 2010 წელს, 750 დოლ/კვტ-მდე 2050 წლისთვის [4]. ცხადია, კაპიტალური დაბანდებების ასეთი ტენდენცია ხელს შეუწყობს ქარისა და მზის ელექტროსადგურების ინტენსიურ მშენებლობას. აქვე აღვნიშნავთ, რომ ცხრილი 1-ის თანახმად სხვა სახის არატრადიციული ენერგორესურსებზე (ბიომასა, გეოთერმული ენერჯია) დაფუძნებული

ელექტროსადგურების ასაშენებლად საჭირო კაპიტალდაბანდებებში მნიშვნელოვანი შემცირება არ შეინიშნება.

ცხრილი 1

კაპიტალური დანახარჯების დინამიკა ენერგეტიკაში, დოლ/კვტ

ფაქტორი	2010წ	სცენარები					
		ინერციული		სტაგნაციური		ინოვაციური	
		2030 წ	2050 წ	2030 წ	2050 წ	2030 წ	2050 წ
თბური ენერგეტიკა							
თესი ბუნებრივ აირზე	690	650	600	700	650	610	550
თესი ქვანახშირზე	1320	1250	1200	1300	1300	1160	1100
თესი მურანახშირზე	1570	1450	1350	1600	1600	1350	1290
ატომური ენერგეტიკა							
თბური რეაქტორები	2000	1800	1800	2400	2400	1600	1400
ჩქარი რეაქტორები	3000	2800	2800	3200	3500	2200	1600
განახლებადი ენერგეტიკა							
მიწისზედა ქარის ელ. სადგურები	1400	1200	1100	1100	1100	950	900
ზღვაზე ქარის ელ. სადგურები	2650	18200	1600	1800	1600	1460	1300
მზის ელ. სადგურები ფოტოვოლტაიკი	4000	2620	2000	2200	1600	1000	750
მზის ელ. სადგური კონცენტრატორებით	7000	6000	6000	5500	5000	4200	4200
კონდენსაციური ელ. სადგურები ბიომასაზე (კესი)	2800	2700	2600	2700	2600	2450	2350
თეცი ბიომასაზე	5100	4500	4000	4500	3500	3750	2850
დიდი ჰიდროენერგეტიკა	2700	3100	3300	3100	3300	3100	3300
მცირე ჰიდროენერგეტიკა	2500	2200	2000	2200	2000	2200	2000
გეოთერმული კესი	8000	7250	5200	7250	5200	7250	5200
გეოთერმული თეცი	8500	7500	5500	7500	5500	7500	5500

ამასთან ერთად, ყურადსაღებია ის ფაქტი, რომ ჰიდროელექტროსადგურების მშენებლობაზე გასაწევი ხვედრითი კაპიტალდაბანდებები 2010 წლის მონაცემებთან შედარებით იზრდება დიდი ჰიდროელექტროსადგურებისათვის, ხოლო მცირე ჰიდროელექტროსადგურებისათვის უმნიშვნელოდ მცირდება.

ყოველივე ეს, ცხადია, აუცილებელს ხდის არსებულ მათემატიკურ მოდელში და, სათანადო ოპტიმიზაციის ამოცანების ჩამოყალიბებაში შეტანილ იქნეს სათანადო ცვლილებები.

ზემოთქმულიდან გამომდინარე, ჩვენ მიერ [1] შემოთავაზებულ მოდელში შეტანილია კორექტივები. მოდელში არ შევიდა ატომური ელექტროსადგურები (უსაფრთხოების საკითხებიდან გამომდინარე), მზის ელექტროსადგურები კონცენტრატორებით და გეოთერმული ელექტროსადგურები დიდი კაპიტალური დანახარჯების გამო.

ხსენებულ მოდელში მიზნის ფუნქციის სახე ასეთია:

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

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

$$\text{ჰესების, მზისა და ქარის სადგურებისათვის: } C_i = 0.03 a_i$$

$$\text{თესებისათვის: } C_i = 0.065 a_i + b_i \bar{c}_i t_i$$

სადაც b_i არის i -ური ტიპის სადგურში 1 კვტ.სთ მისაღებად საჭირო სათბობის რაოდენობა,

კვტ.სთ; \bar{c}_i არის i -ური ტიპის სადგურში 1 კვ სათბობის ღირებულება, დოლ/კვ;

ძირითადი, საორიენტაციო შეზღუდვები კი ასეთია:

1. $\sum_{\substack{k=1, \\ i \neq 6}}^n t_i P_i \geq W_{0\beta} - \overline{W_{0\beta}}$
2. $t_6 P_6 \geq W_{0\beta} - \overline{W_{0\beta}}$
3. $t_1 P_1 \leq 2 \cdot 10^9$; დერეგულირებადი ჰესი
4. $t_2 P_2 \leq 2 \cdot 10^9$; დერეგულირებადი ჰესი
5. $t_3 P_3 \leq 1,5 \cdot 10^9$; დერეგულირებადი ჰესი
6. $t_4 P_4 \leq 4 \cdot 10^9$; ნაწილობრივ დარეგულირებადი ჰესი
7. $t_5 P_5 \leq 10 \cdot 10^9$ მარეგულირებადი ჰესი
8. $t_7 P_7 \leq 1 \cdot 10^9$; ქვანახშირზე მომუშავე თესი
9. $t_8 P_8 \leq 0,5 \cdot 10^9$; მურანახშირზე მომუშავე თესი
10. $t_9 P_9 \leq 10 \cdot 10^9$ მზე ელექტროსადგური (ფოტოვოლტაიკი)
11. $t_{10} P_{10} \leq 4 \cdot 10^9$; ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესი
12. $t_{11} P_{11} \leq 4 \cdot 10^9$. ქარის ელექტროსადგური

სადაც $W_{0\beta}, \overline{W_{0\beta}}$ არის მოთხოვნილი ბაზისური და პიკური ენერჯია, ხოლო $\overline{W_{0\beta}}, \overline{W_{0\beta}}$ არის არსებული ბაზისური და პიკური სადგურების მიერ გამომუშავებული ჯამური ენერჯია.

ზემოთ მოყვანილი მიზნის ფუნქციისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით ჩვენ მიერ ამოხსნილ იქნა ოპტიმიზაციის ამოცანები კაპიტალური დანახარჯების დინამიკის ინერციული, სტაგნაციური და ინოვაციური სცენარებისათვის [4]. აღვნიშნავთ, რომ დერეგულირებადი და ნაწილობრივ დერეგულირებადი ჰესებისათვის კაპიტალური დაბანდებები აღებულია საქართველოს ყოფილი ენერჯეტიკის სამინისტროს ვებ-გვერდზე არსებული „ინტერესთა გამოხატვის“ მონაცემების გათვალისწინებით.

ცხრილში-2 მოყვანილია განსახილველი სადგურების ტიპები და სხვა საჭირო მონაცემები სამივე სცენარისთვის.

ცხრილი 2

ინერციული სცენარი							
სადგურის ტიპი	კაპ.დაბ ანდება,	საექსპ. ხარჯი	მუშაობის საათები	სათბობის ღირებულება,	სათბობის რაოდენობა 1კვტ.სთ-ს მისაღებად	ხარჯი	
	დოლ/ კვტ	დოლ/ კვტ	სთ	დოლ/კვ (დოლ/მ ³)	კვ/კვტ.სთ (მ ³ /კვტ.სთ)	დოლ/ კვტ	
	a	C	t	\bar{c}_i	b	L	
1 დერეგულირებული ჰესი	2200	66	5000			330	
2 დერეგულირებული ჰესი	2300	69	5000			345	
3 დერეგულირებული ჰესი	2400	72	5000			360	
4 ნაწილობრივ დერეგულირებული ჰესი	2500	75	5000			375	
5 მარეგულირებელი ჰესი (ბაზ)	3100	93	6000			465	
6 მარეგულირებელი ჰესი (პიკ)	3100	93	3500			465	
7 ქვანახშირზე მომუშავე თესი	1250	225.25	6000	0.03	0.8	375	
8 მურანახშირზე მომუშავე თესი	1450	208.25	6000	0.02	0.95	382	
9 მზის ელექტროსადგური (ფოტოვოლტაიკი)	2620	78.6	1900			393	
10 ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესი	650	193.45	6000	0.14	0.18	271	
11 ქარის ელექტროსადგური	1200	36	5000			180	

სტაგნაციური სცენარი							
სადგურის ტიპი	კაპ.დაბ ანდება,	საექსპ. ხარჯი	მუშაობის საათები	სათბობის ღირებულება	სათბობის რაოდენობა 1კვტ.სთ-ს მისაღებად	ხარჯი	
	დოლ/ კვტ	დოლ/ კვტ	სთ	დოლ/კვ (დოლ/მ ³)	კვ/კვტ.სთ (მ ³ /კვტ.სთ)	დოლ/ კვტ	
	a	C	t	\bar{c}_i	b	L	
1 დერეგულირებული ჰესი	2200	66	5000			330	
2 დერეგულირებული ჰესი	2300	69	5000			345	

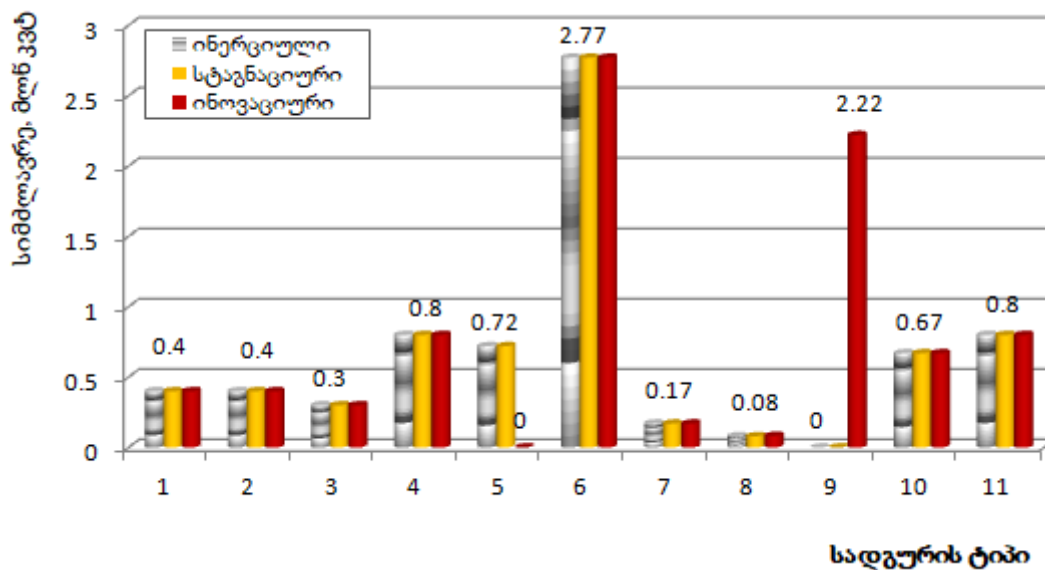
3	დერეგულირებული ჰესი	2400	72	5000			360
4	ნაწილობრივ დერეგულირებული ჰესი	2500	75	5000			375
5	მარეგულირებელი ჰესი (ბაზ)	3100	93	6000			465
6	მარეგულირებელი ჰესი (პიკ)	3100	93	3500			465
7	ქვანახშირზე მომუშავე თესი	1300	228.5	6000	0.03	0.8	385
8	მურანახშირზე მომუშავე თესი	1600	218	6000	0.02	0.95	410
9	მზის ელექტროსადგური (ფოტოვოლტაიკი)	2200	66	1900			330
10	ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესი	700	196.7	6000	0.14	0.18	281
11	ქარის ელექტროსადგური	1100	33	5000			165

ინოვაციური სცენარი							
	სადგურის ტიპი	კაპ.დაბ ანდება,	საექსპ. ხარჯი	მუშაობის საათები	სათბობის ღირებულება	სათბობის რაოდენობა 1კვტ.სთ-ს მისაღებად	ხარჯი
		დოლ/ კვტ	დოლ/ კვტ	სთ	დოლ/კვ (დოლ/მ ³)	კვ/კვტ.სთ (მ ³ /კვტ.სთ)	დოლ/ კვტ
		a	C	t	\bar{c}_i	b	L
1	დერეგულირებული ჰესი	2200	66	5000			330
2	დერეგულირებული ჰესი	2300	69	5000			345
3	დერეგულირებული ჰესი	2400	72	5000			360
4	ნაწილობრივ დერეგულირებული ჰესი	2500	75	5000			375
5	მარეგულირებელი ჰესი (ბაზ)	3100	93	6000			465
6	მარეგულირებელი ჰესი (პიკ)	3100	93	3500			465
7	ქვანახშირზე მომუშავე თესი	1160	219.4	6000	0.03	0.8	359

8	მურანახშირზე მომუშავე თესი	1350	201.75	6000	0.02	0.95	364
9	მზის ელექტროსადგური (ფოტოვოლტაიკი)	1000	30	1900			150
10	ბუნებრივ აირზე მომუშავე თესი	610	190.85	6000	0.14	0.18	264
11	ქარის ელექტროსადგური	950	28.5	5000			143

ცხადია, რომ წარმოდგენილი მონაცემები მიახლოებითია, რაც, ვფიქრობთ, შეფასებითი ანალიზისათვის საკმარისად დასაშვებია.

ამოხსნილი ამოცანის შედეგების ნაწილი 2030 წლისათვის წარმოდგენილია ნახაზზე-1.



ნახ.1 საქართველოში ასაშენებელი ელექტროსადგურების სავარაუდო სტრუქტურა (სიმძლავრეები)

ნახ.1-ზე წარმოდგენილი სტრუქტურის პირობებში საქართველოს ელექტროენერგეტიკული სისტემის წლიური გამომუშავება შეადგენს 45 მლრდ. კვტ.სთ პრაქტიკულად ადგილობრივ რესურსებზე დაყრდნობით. ბაქო-თბილისი-ერზერუმის აირსადენიდან მიღებული სათბობი პრაქტიკულად ადგილობრივად შეიძლება ჩაითვალოს უმაღლეს დონეზე დადებული გრძელვადიანი ხელშეკრულების მდგრადობიდან გამომდინარე [5]. ყოველივე ეს ენერგეტიკული უსაფრთხოების თვალსაზრისითაც უაღრესად მნიშვნელოვანია.

როგორც მიღებული შედეგებიდან ჩანს, ინერციული და სტაგნაციური სცენარების შემთხვევაში ძირითადი აქცენტი კეთდება ტრადიციულ ენერგორესურსებზე მომუშავე სადგურებზე და, აგრეთვე, მცირე ჰესებსა და ქარებსზე, ხოლო ინოვაციური სცენარით განვითარების შემთხვევაში ეფექტური ხდება მზის ელექტროსადგურები (ფოტოვოლტაიკი).

ვინაიდან მომავალ ათწლეულებში მნიშვნელოვანი ტექნოლოგიური ძვრები ტრადიციული ელექტროსადგურების განხრით ნაკლებადაა მოსალოდნელი, ხოლო მზისა და ქარის ენერგეტიკაში ეს ძვრები მნიშვნელოვანი იქნება, შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნა: პირველ ეტაპზე უმჯობესია ძირითადი აქცენტი გაკეთდეს ტრადიციული ენერგორესურსების ათვისებაზე, ხოლო არცთუ შორეულ მომავალში მზისა და ქარის ელექტროსადგურების მშენებლობაზე.

On some issues of providing Georgia with electric power in the coming decades

Khatuna Lomidze, Manana Janikashvili, Irma Archvadze

Summary

In the paper it is noted that for the normal development of the country it is necessary to inflate the power generation and consumption mainly based on local resources.

Certain specifications are introduced in the previously developed mathematical model of the power plants structure of Georgia taking into account the development trends of the world electric power industry and technological achievements. The optimization problems are solved taking into account the expected dynamics of capital costs. In particular, three scenarios: inertial, stagnant and innovative are considered. It is concluded that at the first stage the main emphasis should be made on traditional, and in the near future on solar and wind energy resources.

О некоторых вопросах удовлетворения потребности Грузии электроэнергией в ближайшие десятилетия

Хатуна Ломидзе, Манана Джаникашвили, Ирма Арчвадзе

Резюме

В статье отмечено, что для нормального развития страны необходимым является резкое увеличение выработки и потребления электроэнергии в основном на базе местных ресурсов.

В раннее разработанную математическую модель структуры электростанций Грузии внесены определенные уточнения с учетом тенденций развития мировой электроэнергетики и технологических достижений. Решены оптимизационные задачи с учетом ожидаемой динамики капитальных затрат. В частности, рассмотрены три сценария: инерционный, стагнационный и инновационный. Сделано заключение о том, что на первом этапе предпочтительно сделать акцент на традиционных, а в недалеком будущем – на солнечных и ветряных энергоресурсах.

ლიტერატურა – References – Литература

1. მაგრაქველიძე თ., ჭიჭინაძე ვ., ლომიძე ხ., ჯანიკაშვილი მ., არჩვაძე ი. საქართველოს ენერჯეტიკული რესურსების ოპტიმალურად გამოყენებისა და ენერჯეტიკული უსაფრთხოების პრობლემების შესახებ. სსიპ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი 2010. გვ.131-136.
2. მაგრაქველიძე თ., ლომიძე ხ., მიქაშაიძე ა., ჯანიკაშვილი მ., არჩვაძე ი. საქართველოს ენერჯეტიკული უსაფრთხოების ზოგიერთი საკითხის შესახებ. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2017, გვ. 53-61.
3. მაგრაქველიძე თ., ლომიძე ხ., ჯანიკაშვილი მ., არჩვაძე ი. საქართველოს ელექტროენერჯით უზრუნველყოფასა და სამომხმარებლო ტარიფებთან დაკავშირებული ზოგიერთი საკითხის შესახებ. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2018, გვ. 54-59.
4. Мировая Энергетика – 2050. М. Энергия, 2011г, 360с.
5. ხელშეკრულება საქართველოსა და აზერბაიჯანის რესპუბლიკას შორის სამხრეთკავკასიური მილსადენის სისტემის საშუალებით საქართველოსა და აზერბაიჯანის რესპუბლიკის ტერიტორიებზე და ამ ტერიტორიის ფარგლებს გარეთ ბუნებრივი გაზის ტრანზიტის, ტრანსპორტირებისა და რეალიზაციის შესახებ. საქართველოს ნავთობის საერთაშორისო კორპორაცია. თბილისი 2001წ.

**თბოგამცემი ზედაპირის ხორკლიანობის შვერილების სიმაღლის გავლენა
თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე ვერტიკალურ მილზე წყლის აფსკის
ჩამოდინების დროს**

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

qvelit@rambler.ru

რეზიუმე

სტატიაში ნაჩვენებია პრობლემის აქტუალურობა და ექსპერიმენტულად მისი შემდგომი გამოკვლევის საჭიროება. მოცემულია ექსპერიმენტული დანადგარის მოკლე აღწერა და ცდების ჩატარების მეთოდიკა. ცდები ჩატარდა ვერტიკალურად განთავსებული გლუვი და ხორკლიანი მილების გარე ზედაპირზე წყლის აფსკის ჩამოდინების პირობებში. თბოგამცემი მილის გარე დიამეტრი $d=10$ მმ, ხოლო სიგრძე $l=200$ მმ. თბოგამცემ ზედაპირზე ხორკლიანობა იქმნებოდა მილზე სპილენძის მავთულის სპირალურად დახვევით. აღნიშნული მავთულის დიამეტრი (ხორკლიანობის შვერილების სიმაღლე $-h$) ექსპერიმენტებში იყო 0,3 მმ, 0,5 მმ და 1მმ. ყველა ექსპერიმენტში შვერილებს შორის ბიჯის ფარდობა სიმაღლესთან $- s/h=10$. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ქსელის წყალზე. პრანდტლის რიცხვი $- Pr=10$, ხოლო რეინოლდსის რიცხვი (Re) იცვლებოდა 250-დან 10 000-მდე.

დადგენილია, რომ ჩამოდინების ლამინარულ რეჟიმში ზედაპირის ხორკლიანობა არ ახდენს გავლენას თბოგაცემაზე. გარდამავალ რეჟიმში ხორკლიანობის გავლენა მნიშვნელოვანია. ამასთან შვერილების სიმაღლის ზრდით იზრდება თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ხარისხი. ასევე მნიშვნელოვანია ხორკლიანობის ეფექტი ტურბულენტურ რეჟიმში. ამასთან, შვერილების სიმაღლე თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე პრაქტიკულად არ ახდენს გავლენას.

საკვანძო სიტყვები:

ჩამოდინარე აფსკი, თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია, ხორკლიანობა

როგორც ცნობილია, ზედაპირზე აფსკის ჩამოდინების პირობებში თბოგაცემის პროცესს ადგილი აქვს ენერგეტიკულ, ქიმიურ, კვების მრეწველობის და სხვა დანადგარებში, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ტექნიკაში. ვინაიდან ასეთი დანადგარების ეფექტურობას მნიშვნელოვნად განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობა, ამ პროცესის ინტენსიფიკაციას უაღრესად დიდი მნიშვნელობა ენიჭება.

როგორც არაერთი გამოკვლევით დადასტურდა, თბოგაცემის ინტენსიფიკაციის ერთ-ერთ საუკეთესო საშუალებას წარმოადგენს ხორკლიანობის შექმნა თბოგამცემ ზედაპირზე. აღნიშნული მეთოდით თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია ძალზე კარგადაა შესწავლილი არხებსა და მილებში სითხის ტურბულენტური დინების პირობებში [1-4].

რაც შეეხება ხელოვნური ხორკლიანობის მეთოდით თბოგაცემის ინტენსიფიკაციას ზედაპირზე აფსკის ჩამოდინების პირობებში, მიუხედავად პრობლემისადმი მიძღვნილი არაერთი, მათ შორის ავტორთა, გამოკვლევისა [5-10], საკითხი ვერ ჩაითვლება სრულყოფილად შესწავლილად. ამიტომ პრობლემის შემდგომი შესწავლა აუცილებელია.

კერძოდ, დიდ ინტერესს იმსახურებს ხორკლიანობის შვერილების სიმაღლის გავლენა თბოგაცემის ინტენსიფიკაციაზე. ამ საკითხის შესასწავლად ჩვენ მიერ ჩატარდა ექსპერიმენტები საცდელ დანადგარზე, რომელიც დაწვრილებითაა აღწერილი [10] გამოკვლევაში.

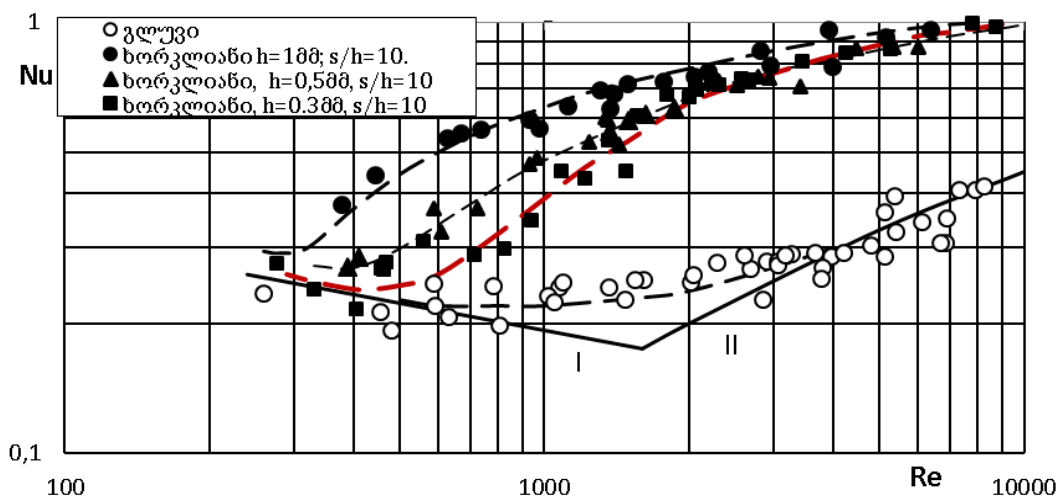
ცდები ჩატარდა ვერტიკალურად განთავსებული გლუვი და ხორკლიანი მილების გარე ზედაპირებზე წყლის აფსკის ჩამოდინების პირობებში. თბოგამცემი მილის გარე დიამეტრი – $d=10\text{მმ}$, ხოლო სიგრძე – $l=200\text{მმ}$. თბოგამცემ ზედაპირზე ხორკლიანობა იქმნებოდა მილზე სპილენძის მავთულის სპირალურად დახვევით. აღნიშნული მავთულის დიამეტრი (ხორკლიანობის შვერილების სიმაღლე – h) ექსპერიმენტებში იყო $0,3\text{ მმ}$, $0,5\text{ მმ}$ და 1 მმ . ყველა ექსპერიმენტში შვერილებს შორის ბიჯის ფარდობა სიმაღლესთან – $s/h=10$. ექსპერიმენტები ტარდებოდა ქსელის წყალზე. პრანდტლის რიცხვი – $Pr=10$, ხოლო რეინოლდსის რიცხვი (Re) იცვლებოდა 250 -დან $10\ 000$ -მდე.

წყლის ხარჯი იზომებოდა როტამეტრით. ტემპერატურები ექსპერიმენტულ უბანში შესვლასა და გამოსვლაზე იზომებოდა ქრომელ-ალუმელის თერმოწყვილებით. ასეთივე თერმოწყვილებით იზომებოდა თბოგამცემი მილის კედლის ტემპერატურა. თბოგამცემი მილი ხურდებოდა მასში დაბალი ძაბვის ელექტროდენის გატარებით, რისთვისაც გამოყენებული იყო ძაბვის დამაბლებელი ტრანსფორმატორი OCY-20 და მარეგულირებელი ტრანსფორმატორი PHO-250. დენის ძალა და ძაბვის ვარდნა თბოგამცემ მილზე, ისევე როგორც თერმოწყვილების ელექტრომომძრავებელი ძალა, იზომებოდა თანამედროვე ციფრული ხელსაწყოებით. გაზომილი სიდიდეების მიხედვით განისაზღვრებოდა თბოგამცემ მილში გამოყოფილი სითბოს რაოდენობა, შესაბამისად თბური ნაკადი, თბოგაცემის კოეფიციენტი და რეინოლდსისა და პრანდტლის რიცხვები. სითხის თბოფიზიკური პარამეტრები აიღებოდა ცხრილებიდან [11] სითხის საშუალო ტემპერატურის მიხედვით. ექსპერიმენტული მონაცემები მუშავდებოდა კომპიუტერის საშუალებით **TurboPascal** ენაზე შედგენილი პროგრამით.

პირველ ნახაზზე წარმოდგენილია ექსპერიმენტული მონაცემები ლოგარითმულ კოორდინატებში (Nu , Re). ჩვენს შემთხვევაში:

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

სადაც, α არის თბოგაცემის კოეფიციენტი, ვტ/მ²°C; λ -სითხის თბოგამტარობის კოეფიციენტი, ვტ/მ °C; v - სითხის სიბლანტის კინემატიკური კოეფიციენტი, მ²/წმ. g - სიმძიმის ძალის აჩქარება, მ/წმ²; G -თბოგამცემი ზედაპირის ე.წ. მორწყვის კოეფიციენტი, მ³/წმ.



ნახ.1. თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე

გრაფიკზე ექსპერიმენტული მონაცემები გასაშუალებულია წყვეტილი ხაზებით. მთლიანი ხაზი I შეესაბამება ჩჟუნის და სებანის ფორმულას ლამინარულ-ტალღურ რეჟიმისათვის, რომელიც აღებულია გამოკვლევებიდან [12], ხოლო, ხაზი II შეესაბამება დ. ლაბუნცოვის ფორმულას აფსკის ტალღურიდან ტურბულენტურ რეჟიმში გარდამავალი ზონისათვის [13].

როგორც ნახ.1-დან ჩანს, გლუვი ზედაპირებისათვის თბოგაცემის ინტენსიურობის დამოკიდებულება რეინოლდსის რიცხვზე კარგ თანხვედრამია ლიტერატურაში არსებულ მონაცემებთან. რაც შეეხება ხორკლიან ზედაპირებს, ჩამოდინების ლამინარულ რეჟიმში, ზედაპირის ხორკლიანობა არავითარ გავლენას არ ახდენს თბოგაცემის ინტენსიურობაზე, მაგრამ აშკარად შეინიშნება ლამინარული აფსკის ტურბულიზაცია რეინოლდსის გაცილებით უფრო ნაკლები მნიშვნელობის დროს, ვიდრე ამას ადგილი აქვს გლუვი ზედაპირების შემთხვევაში. ხსენებული ტურბულიზაცია ხორკლიანობის შვერილების დიდი სიმაღლის შემთხვევაში ხდება უფრო მცირე რეინოლდსების დროს, ვიდრე შვერილების მცირე სიმაღლის შემთხვევაში. გარდა ამისა, ლამინარულიდან ტურბულენტურში გარდამავალი რეჟიმის დროს ხელოვნური ხორკლიანობა განაპირობებს თბოგაცემის ინტენსიურობის მნიშვნელოვან ზრდას. ამასთან, ინტენსივიკაციის ხარისხი იზრდება შვერილების სიმაღლის ზრდით. ასევე მნიშვნელოვანია ხორკლიანობის ეფექტი თბოგაცემაზე ტურბულენტურ რეჟიმში. ამ შემთხვევაში აღნიშნული ეფექტი პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული შვერილების სიმაღლეზე.

მიღებული შედეგები შეიძლება საფუძვლად დაედოს მაღალეფექტური თბური დანადგარების დაპროექტებასა და დამზადებას.

The effect of the height of the roughness elements on the intensification of heat transfer at water film flow on a vertical pipe

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

Summary

The urgency of the problem and the need for its further research are shown. A brief description of the experimental setup and the experimental technique are given. The experiments were carried out under the conditions of runoff of a water film on the outer surface of vertically arranged smooth and rough pipes. The diameter of the heat transfer pipe $d = 10\text{mm}$, and the length $l = 200\text{mm}$. The roughness was created by spiral winding on the heat transfer pipe. The height of the roughness elements h was 0.3 mm , 0.5 mm and 1 mm . The step ratio between the roughness elements to height $s/h = 10$. The experiments were carried out on water with the Prandtl number - $Pr = 10$. The Reynolds number Re was varied from 250 to $10,000$.

It was determined that in the laminar regime of the film draining the roughness of the heat-transfer surface has practically no effect on the heat transfer. In the transition regime the effect is significant. At the same time, the effect grows with the increasing height of the roughness elements. In the turbulent regime the effect is significant too. At that time the degree of intensification does not depend on the height of the roughness elements.

Влияние высоты элементов шероховатости на интенсификацию теплоотдачи при стекании водяной пленки по вертикальной трубе

Тенгиз Маграквелидзе, Гиორგი Гигინეишвили, Авксентий Микашавидзе, Тариел Коберидзе, Хатуна Лომидзе

Резюме

Показана актуальность проблемы и необходимость ее дальнейшего исследования. Дано краткое описание опытной установки и методика проведения экспериментов. Опыты проводились в условиях стекания водяной пленки на внешней поверхности вертикально расположенных гладкой и шероховатых труб. Диаметр теплоотдающей трубы $d=10\text{мм}$, а длина $l=200\text{мм}$. Шероховатость создавалось путем спиральной намотки на теплоотдающую трубу. Высота элементов шероховатости h была 0.3мм , 0.5мм и 1мм . Отношение шага между элементами шероховатости – $s/h=10$. Эксперименты проводились на воде при числе Прандтля – $Pr=10$. Число Рейнольдса Re менялось от 250 до 10000.

Установлено, что при ламинарном режиме стекания пленки шероховатость теплоотдающей поверхности практически не оказывает влияния на теплоотдачу. В переходном от ламинарного в турбулентном режиме влияние является существенным. При этом, эффект растет с увеличением высоты элементов шероховатости. В турбулентном режиме степень интенсификации не зависит от высоты элементов шероховатости.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Gomelauri V. – Influence of two – dimensional artificial roughness on convective heat transfer. Int. J. of Heat and Mass Transfer, v.7, №6, 1964, pp.653-663.
2. Гомелаури В., Канделаки Р., Кипшидзе М. Интенсификация конвективного теплообмена под воздействием искусственной шероховатости. В кн. Вопросы конвективного теплообмена и чистаты водяного пара. Изд-во АН ГССР, 1970, с.98-131.
3. Гомелаури В., Маграквелидзе Т., Микашавидзе А., Джамарджашвили В., Чучулашвили Т. Экспериментальное исследование интенсификации теплоотдачи гелия методом двух размерной шероховатости. Сообщения АН ГССР, 1974, том 79, №1, с.137-140.
4. Калинин Е., Дрейцер Г. Ярхо С. - Интенсификация теплообмена в каналах. М.: Машиностроение. 1972, 219с.
5. Николаев Н., Войнов Н. Теплоотдача в пленке жидкости, стекающей по стенке канала с крупномасштабной шероховатостью при больших числах Рейнольдса. Известия Российской академии наук Энергетика. 2005. с.11-15.
6. Б.И.Нигматулин, М.З.Горюнова, Ю.В.Васильев. К обобщению опытных данных по теплоотдаче при течении жидких пленок вдоль твердых поверхностей. ТВТ, 1981, том 19, выпуск 5, 991-1001
7. მაგრაქველიძე თ., მიქაშავიძე ა., ლომიძე ხ., ბანცაძე ნ. თბოგაცემის ინტენსიფიკაცია ვერტიკალურ ზედაპირზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2017. გვ. 47-51.

8. მაგრაქველიძე თ., გიგინეიშვილი გ., მიქაშავიძე ა., კობერიძე ტ., ლომიძე ხ. თბოგაცემა გლუვ და ხორკლიან ზედაპირებზე წყლის აფსკის ჩამოდინების დროს. ენერგია. თბილისი 2019. გვ.35-39
9. ANDERS ÅKESJÖ Thesis for the degree of doctor of philosophy. Hydrodynamics and Heat Transfer in Vertical Falling Films with Smooth and Modified Heat-Transfer Surfaces – An Experimental and Numerical Investigation. Gothenburg, Sweden 2018.
10. მაგრაქველიძე თ., მიქაშავიძე ა., ბანცაძე ნ., ლომიძე ხ., ლეკვეიშვილი ნ. ხელოვნური ხაოიანობის გავლენა ვერტიკალურ ზედაპირზე ჩამომდინარე აფსკის თბოგაცემაზე. სტუ არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. თბილისი, 2016. გვ.39-44
11. Чиркин В. Теплофизические свойства материалов ядерной техники. Атомиздат. Москва, 1968. 483 ст.
12. Володин О. Теплообмен и кризисные явления при пленочном течении бинарной смеси хладонов на гладких и структурированных поверхностях. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Новосибирск 2014.
13. Лабунцов Д. А. Теплоотдача при пленочной конденсации чистых паров по вертикальных поверхностях и горизонтальных трубах, Теплоэнергетика. 1957. №2, с.49-51.

მუსიკალური ინსტრუმენტების ავტომატური აწყობა

თამაზ ტროყაშვილი, გურამ ურუშაძე, ნოდარ შენგელია, ნინო დოლონაძე

Email: tmt-10@mail.ru

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მუსიკალური ინსტრუმენტების ავტომატურად აწყობის სქემა. რხევები იზომება მიკროფონის გამოყენებით. გამოყენებულია ორი აქტიური ზოლოვანი ფილტრი. პირველი აწყობილია მუსიკალური რხევის შესაბამის რეზონანსულ სიხშირეზე. მეორე არის გამზომი ფილტრი. აწყობისათვის გამოყენებულია ძრავი რედუქტორით. ძრავის მართვის სქემაში შემოტანილია უგრძობლობის ზონა. აწყობის სიზუსტე $0,1 \div 1$ ჰერცი.

საკვანძო სიტყვები:

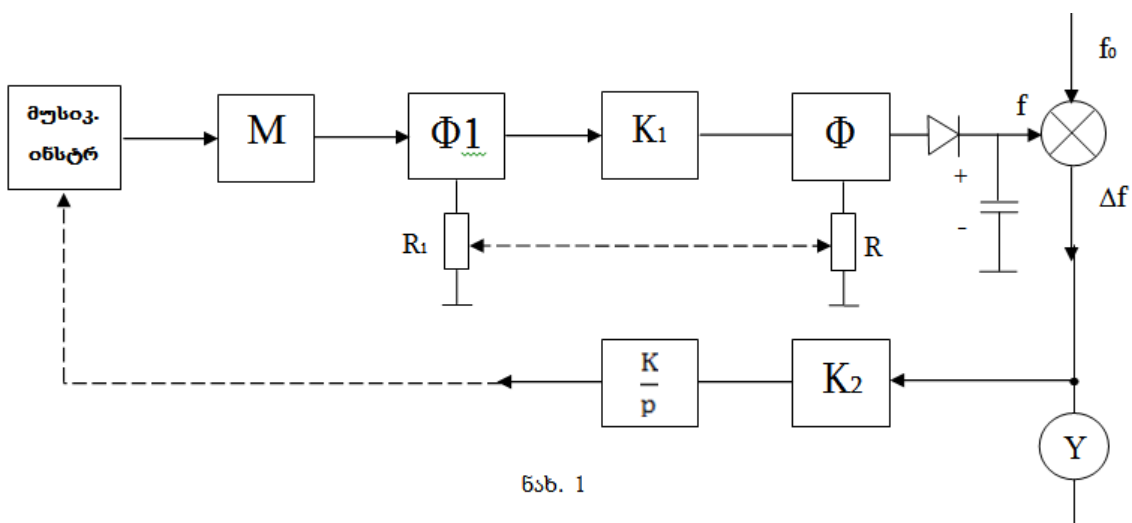
მუსიკალური ინსტრუმენტები, აწყობა, მოწყობილობა, ინდიკატორი.

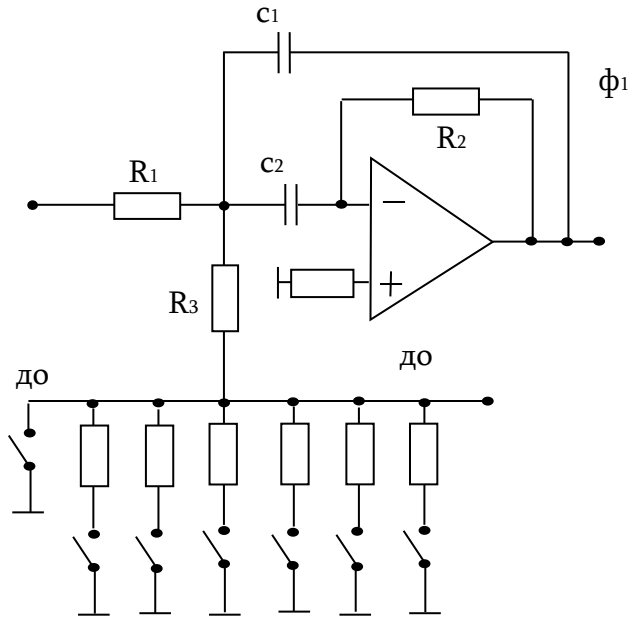
სტატიაში [1] განხილული იყო მუსიკალური ინსტრუმენტების ასაწყობი მოწყობილობა, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია ნებისმიერი მუსიკალური ინსტრუმენტის: პიანინო, ვიოლინო, ექსსიმინი და შვიდსიმინი გიტარების და სხვა ინსტრუმენტების აწყობა.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია ავტომატური აწყობის სტრუქტურული სქემა. მუსიკალური ინსტრუმენტიდან მიღებული რხევა M მიკროფონისა და გამლიერების შემდეგ მიეწოდება Φ_1 ფილტრს. Φ_1 ფილტრი წარმოადგენს აქტიურ ზოლოვან ფილტრს, რომელიც აწყობილია ასაწყობი სიმის შესაბამის რეზონანსულ სიხშირეზე.

ნახ. 2-ზე ნაჩვენებია Φ_1 ფილტრის ელექტრული სქემა, რომელიც გამოიყენება ფორტეპიანოს აწყობისათვის.

Φ_1 ფილტრის სიხშირული დიაპაზონი არის 130,8 Gy-261,6 Gy. ეს დიაპაზონი არის პიანინოს ერთი ოქტავის დიაპაზონი: $\Delta\omega$ - დან გადამრთველის საშუალებით სიმების აწყობა ხორციელდება შესაბამის რეზონანსულ სიხშირეზე. მაგალითად: ნოტა $\Delta\omega$ - 261,6 რეზონანსული სიხშირე ხორციელდება R_3 -წინააღმდეგობის შერჩევით.





ნახ. 2

ნახ. 2-ზე მოყვანილი ფილტრის პარამეტრები იანგარიშება ცნობილი ფორმულებით. საწყის ეტაპზე შეირჩევა კონტურის ვარგისიანობა Q . მოცემული სქემისათვის Q ნაკლები უნდა იყოს 10-ზე. ეს შეზღუდვა განაპირობებს ფილტრის მდგრად მუშაობას და გამორიცხავს ავტორხევით პროცესს, რომელიც შესაძლებელია აღიძრას ამ ფილტრში.

შევარჩიოთ: $Q=8$, $C_1=C_2=0.15$ მკფ. R_2 წინააღობა იანგარიშება ფორმულით

$$R_2 = \frac{Q}{\Pi f_0 C}, \quad R_1 = \frac{-A_1 R_2}{2}, \quad R_3 = \frac{-A_1 R_2}{2Q^2 + A}$$

f_0 რეზონანსული სიხშირეა, A_1 - ფილტრის გაძლიერების კოეფიციენტი, $A_1=-1$. [2]

მოცემული ფილტრისათვის $R_2, R_1, C=C_1=C_2$ მუდმივი სიდიდეებია, ამიტომ ფილტრის გადაწყობა სხვა რეზონანსულ სიხშირეებზე, შესაძლებელია R_3 წინააღობის ცვლილებით. რადგან R_2 მუდმივი სიდიდეა, ამიტომ სიხშირის ცვლილება 261,6 ჰერციდან 130,8 ჰერცამდე, ანუ სიხშირის ორჯერ შემცირება გამოიწვევს Q -ს ცვლილებას 8-დან 4-მდე. ამავე დროს ფილტრის გატარების ზოლი რჩება უცვლელი. Φ_1 ფილტრის პარამეტრების შერჩევას განსაკუთრებული როლი ენიჭება. სხვადასხვა ინსტრუმენტების აწყობამ გვიჩვენა რომ Φ_1 ფილტრს შეუძლია გამოყოს სიხშირეები, რომლებიც არსებობენ მუსიკალურ ინსტრუმენტებში 130,8 ჰერცის ქვედა დიაპაზონში. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ Φ_1 ფილტრს შეუძლია შეასუსტოს ძირითადი სიგნალი და გამოყოს ჰარმონიკები. Φ_1 ფილტრის ასეთი მახასიათებელი საშუალებას გვაძლევს ავაწყოთ ის სიმები, რომელთა სიხშირეები ნაკლებია 130,8 ჰერცზე: ქვედა ოქტავა: 65,4-130,8 ჰერცი, ოქტავა 32,7-65,4 ჰერცი.

ნახ. 1-ზე ნაჩვენებია კომპარატორი K_1 უზრუნველყოფს სიხშირის გაზომვას Φ_1 ფილტრიდან გამოსული მილევადი რხევის ამპლიტუდისაგან დამოუკიდებლად. Φ ფილტრი წარმოადგენს გამზომ ფილტრს. მისი პარამეტრების ანგარიში არის ისეთივე, როგორცაა Φ_1

ფილტრი. განსხვავებაა მხოლოდ რეზონანსულ სიხშირეში. როდესაც Φ_1 აწყობილია რეზონანსულ სიხშირეზე 261,6 ჰერცი, Φ ფილტრი ეწყობა 12-15 ჰერცით მეტ სიხშირეზე.

f_0 - არის ასაწყობი სიმის - შესაბამისი ძაბვა რეზონანსულ სიხშირეზე. როდესაც სიმი აწყობილია, მაშინ $\Delta f = f_0 - f = 0$. Δf -ის გაჩენის შემთხვევაში მოძრაობას იწყებს რევერსიული ძრავი. რედუქტორი - გადაცემის ფუნქციით K/p . K კოეფიციენტი განსაზღვრავს რედუქტორის ბრუნთა რიცხვს, რომელიც უნდა იყოს დაბალი სიხშირის და საკმაო სიმძლავრის იმ გაგებით, რომ თავისუფლად დაძლიოს სიმის დამჭერის უძრაობის მომენტი. ფორტეპიანოს შემთხვევაში მას "ვირბელი" ეწოდება. კომპარატორი K_2 -ით იმართება რევერსიული ძრავი, მასში შემოტანილია უგრძობლობის ზონა, რომელიც განსაზღვრავს სიმის აწყობის სიზუსტეს. ეს ზონა შესაძლებელია იცვლებოდეს დიაპაზონში $0,1 \div 1$ ჰერცის შესაბამისად.

Automatic assembly of musical instruments

Tamaz Trokashvili, Guram Urushadze, Nodar Shengelia, Nino Dogonadze

Summary

An automatic tuning scheme for musical instruments is considered. A microphone is used. The circuit contains active bandpass filters. The first filter is tuned to the resonant frequency of the string. The second filter is used as a measuring one. A motor with a gearbox is used for tuning. A deadband has been introduced in the engine control circuit. The accuracy of the settings is $0.1 \div 1$ Hertz.

Автоматическая сборка музыкальных инструментов

Тамаз Трокашвили, Гурам Урушадзе, Нодар Шенгелия, Нино Догонадзе

Резюме

Рассматривается автоматическая схема настройки музыкальных инструментов. Используется микрофон. Схема содержит активные полосовые фильтры. Первый фильтр настроен на резонансную частоту струны. Второй фильтр используется как измерительный. Для настройки используется двигатель с редуктором. В схеме управления двигателем введена зона нечувствительности. Точность настройки $0,1 \div 1$ Герц.

ლიტერატურა – References – Литература

1. ტროყაშვილი თ. - "ელექტრომექანიკური ობიექტების მართვის საკითხები მათი ხმაურის გამოყენებით". I საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“ 7-11.10.2019 წ.
2. Титце У., Щенк К. – Полупроводниковая схемотехника. МИР, 1983.
3. ტროყაშვილი თ. - აქტიური ზოლოვანი ფილტრები, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემია არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია <<მართვისა და ენერგეტიკის პრობლემები>> №8, გვ.215, თბილისი 2004 წ. გამომცემლობა „ინტელექტი.“

მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტი ადაპტური მართვის სისტემით

დავით ფურცხვანიძე, ოთარ ლაბაძე, ვერიკო ბახტაძე,
ქეთევან კვირიკაშვილი, მერი გეგეჭკორი

dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

განიხილება მეორე თაობის სხვადასხვა ტიპის სენსორებით აღჭურვილი რობოტები. მოყვანილია რობოტების „გამგრძობიერების“ საშუალებები. განიხილება გეომეტრიული და ფიზიკური თვისებების სენსორები. აღწერილია სატელევიზიო კამერით აღჭურვილი ვიზუალური მართვის სისტემა სამრეწველო რობოტის სამართავად. მოყვანილია ადაპტური ვიზუალური მართვის პროცესის ეტაპები. განხილულია ოპტიკური ინფორმაციის წინასწარი დამუშავების სახეები: სტრუქტურირებული განათება, დიფუზური განათება, ობიექტის უკნიდან განათება, მიმართული განათება, მოდულირებული განათება. გაშუქებულია ჩვენ მიერ დაგეგმარებული, მრავალსახსრული საწარმოო რობოტის მართვის სპეციფიკიდან გამომდინარე, ვიზუალური მართვის სპეციალური მოწყობილობები თითოეული სახსრის კოორდინატების დასადგენად მუშაობის ნებისმიერ მომენტში.

საკვანძო სიტყვები:

ადაპტური მართვა, სამრეწველო რობოტი, ვიზუალური მართვის სისტემა, სენსორები.

წარმოების კომპლექსური ავტომატიზაციის ამოცანების გადაწყვეტისას დიდი ყურადღება ექცევა რობოტ-ტექნიკას, როგორც ეფექტურ და საკმაოდ უნივერსალურ საშუალებას ყველაზე შრომატევად, მაგნე ან ადამიანის ჯამრთელობისათვის სახიფათო ხელით შრომის შესაცვლელად, რომელიც ამასთანავე მნიშვნელოვნად ამალღებს შრომის ნაყოფიერებას, წარმოების რიტმულობასა და მნიშვნელოვნად ზრდის პროდუქციის ხარისხს.

მეცნიერებისა და წარმოების მიერ შეიქმნა ყველაზე მრავალფეროვანი რობოტ-ტექნიკური სისტემები - უმარტივესი ავტომატური მანიპულატორებიდან დაწყებული, ყველაზე რთულ კიბერნეტიკულ მანქანებამდე.

რობოტები, მათი მართვის სისტემების სირთულის მიხედვით, იყოფა სამ თაობად: პირველი თაობა - რობოტები პროგრამული მართვით. ამ შემთხვევაში, პროგრამული მართვა გულისხმობს ოპერაციების მყარ კოდირებულ თანმიმდევრობას. ასეთ რობოტებს შეუძლიათ ფუნქციონირება მხოლოდ კარგად ორგანიზებულ გარემოში.

მეორე თაობა - ტექნიკური გრძობებით აღჭურვილი რობოტები, ან მგრძობიარე რობოტები. სენსორული ორგანოების როლს ასრულებს მრავალფეროვანი სენსორი - ტაქტილური, ძალური, ვიზუალური, ადგილმდებარეობის და ა.შ. ასეთ რობოტებს შეუძლიათ მუშაობდნენ როგორც წინასწარ განსაზღვრული პროგრამის შესაბამისად, ისე ინფორმაციის სენსორებისგან მიღებული მაკორექტირებელი ბრძანებების შესაბამისად. სენსორული რობოტების მთავარი მახასიათებელია ფუნქციონირების პროცესში ადაპტაციისა და სწავლის უნარი და, შესაბამისად, არასაკმარისად ორგანიზებულ, ნაწილობრივ ცვალებად გარემოში მუშაობის უნარი.

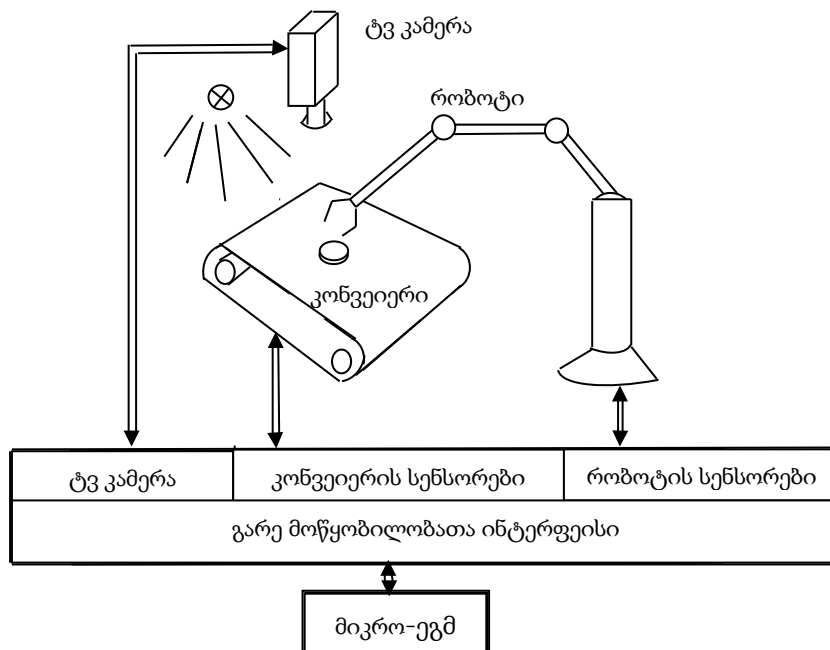
მესამე თაობა - რობოტები ტექნიკური ან ხელოვნური ინტელექტით. ასეთი რობოტები „მგრძობიარე“ ადაპტირებული რობოტების შემდგომი განვითარებაა. მათ შეიძლება გარშემო არსებული სამყაროს ანალიზისა და მათი ქცევის დაგეგმვის საშუალებები, რაც მათ უნარს აძლევს შეასრულონ მუშაობა გარე გარემოში მნიშვნელოვანი გაურკვევლობისა და შემთხვევითი ორგანიზების პირობებში.

რობოტების აღჭურვა ტექნიკური შეგრძნებებით ბუნებრივი და ამავე დროს ეფექტური საშუალებაა ორი ძირითადი ამოცანის წარმატებით გადასაჭრელად - მანიპულირების მუშაობის სიზუსტის გაუმჯობესება და რობოტის ავტონომიური ფუნქციონირების უზრუნველყოფა მრავალფეროვან ცვლად პირობებში [1]. ამ ძირითადი ამოცანების გადასაჭრელად, აუცილებელია რობოტს მივცეთ ორი ტიპის მგრძნობელობა: პირველ რიგში, რობოტმა უნდა იგრძნოს საკუთარი თავი, ანუ სენსორების გამოყენება მოახდინოს ყველა მოძრაობის შედეგის ჩასაწერად და შეაფასოს ამ მოძრაობების სისწორე; მეორეც - რობოტმა უნდა იგრძნოს გარემო, ანუ მისი კორექტირება და მისი მოძრაობები უკავშირდება მის გარეთ მდებარე ობიექტებსა და მათ მოძრაობებს. რობოტი გრძნობს საკუთარ თავს სენსორების გამოყენებით უკუკავშირის გადამწოდების სახით, რომლებიც ზომავენ რობოტის კვანძების პოზიციებს, მოძრაობის სიჩქარეს თავისუფლების თითოეული თავისუფლების ხარისხისათვის მანიპულატორთა კვანძების აჩქარების ან დამუხრუჭების სიდიდეებს.

გეომეტრიული თვისებების სენსორები ასრულებენ მთელ რიგ ფუნქციებს:

1. ვზლუდავთ რობოტის კვანძების გადაადგილებას რობოტის შეხებით ან საგნებთან კონტაქტის შედეგად გარე გარემოში. ამაში შედის ე.წ. ტაქტილური გადამწოდები კიდური გამომრთველების ან პიეზოელემენტების სახით.
2. ვადგენთ მიმდებარე ობიექტებამდე მანძილს ან ობიექტების ზომასა და ორიენტაციას ადგილმდებარეობის გაზომვებით. ასეთ სენსორებს მიეკუთვნებიან ოპტიკური, ულტრაბგერითი და რადიოტექნიკური მანძილზომები, ასევე საკაბელო ტელევიზიის სისტემები.

ფიზიკური თვისებების სენსორები ასრულებენ ფუნქციებს: ძალებისა და მომენტების გაზომვის; თხევადი, მყარი და აირისებრი ნივთიერებების სიმკვრივისა და წნევის გაზომვების; ტემპერატურის გაზომვების; ფერის და სუნის დადგენის.



ნახ.1

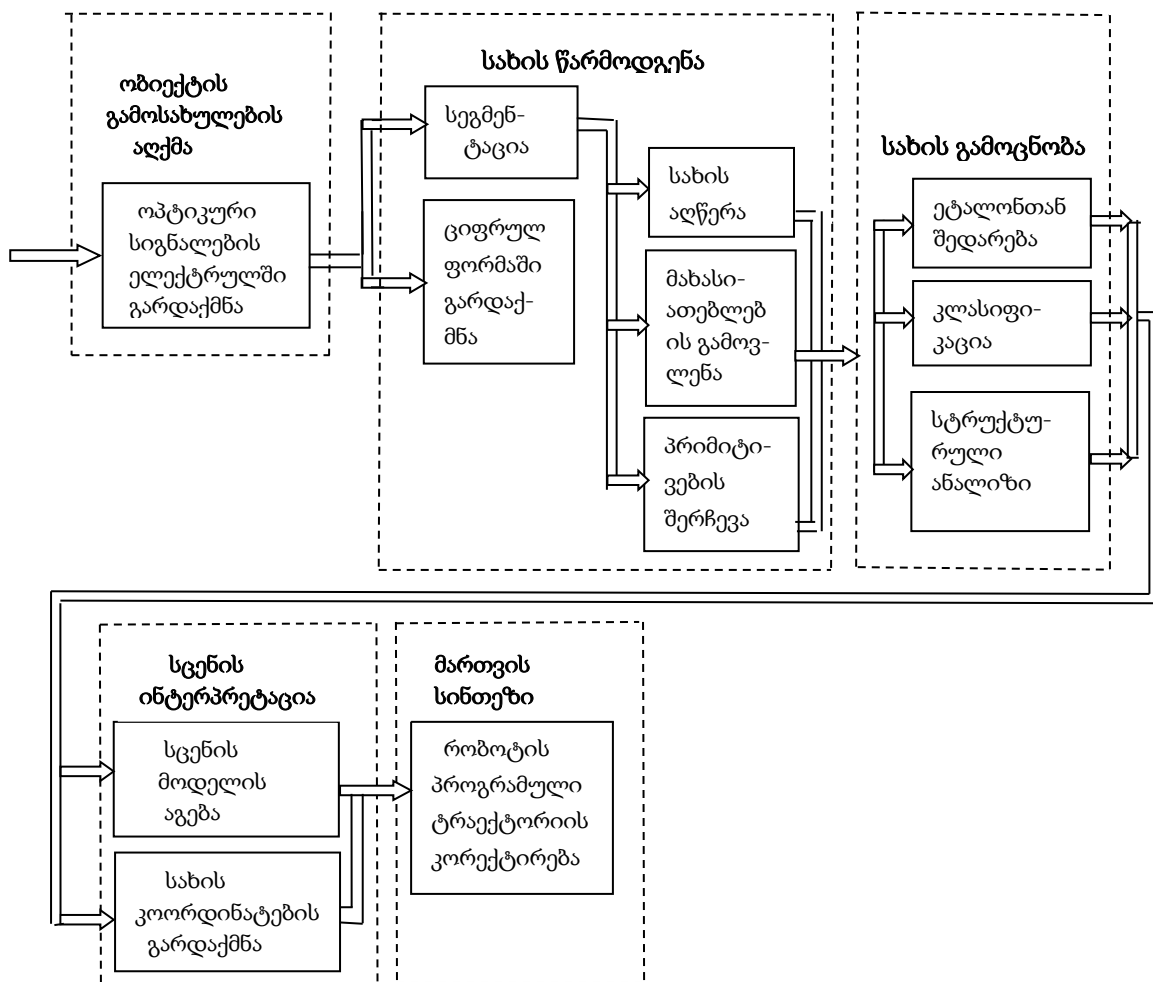
ნახ. 1-ზე წარმოდგენილია ადაპტირებული რობოტის ზოგადი სახე სატელევიზიო ვიზუალური გამგრძნობიერებით. რობოტის მიზანია ნებისმიერად ორიენტირებული დეტალის გადატანა მოძრავი კონვეიერის სარტყლიდან; სატელევიზიო კამერის გამოყენებით მისი პოზიციის, ორიენტაციისა და სიჩქარის დადგენითა და მიღებული მონაცემების მიხედვით კომპიუტერის გამოყენებით ადაპტაციის მართვის სიგნალების მიწოდება

რობოტის ამძრავ მექანიზმებზე. ამ პრობლემის გადასაჭრელად აუცილებელია სურათის აღქმა კამერით, აღქმის შედეგად მიღებული სცენის დაშლა ინფორმაციულ არეებად, დეტალის გამოსახულების აღწერა, დეტალის გამოცნობა და მიღებული გამოსახულების ინტერპრეტაცია რობოტზე საჭირო დეტალის ჩასაჭერად მართვის ბრძანებების ფორმირებისათვის. ამრიგად, ადაპტური ვიზუალური მართვის პროცესი მოიცავს რამდენიმე ეტაპს (ნახ.2): ობიექტის ან სცენის გამოსახულების აღქმა; გამოსახულების წარმოდგენა; სახის გამოცნობა; სცენის ინტერპრეტაცია; ადაპტური მართვის კანონის სინთეზი.

ოპტიკური ინფორმაციის წინასწარი დამუშავება [2]. წინასწარი დამუშავების ძირითად მეთოდად ვიყენებთ სცენის სტრუქტურირებულ განათებას.

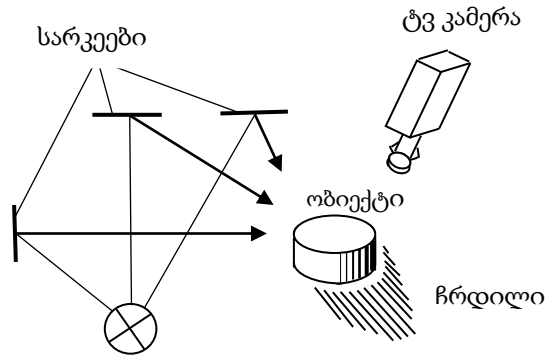
მრავალსახსრული რობოტის ცალკეული კვანძების (თითოეული სახსრის) ადგილმდებარეობის დასადგენად ვახდენთ სახსრების მონიშვნას სხვადასხვა ფერის საღებავით. მათი გამორჩევა ხდება შუქფილტრებით ოპტიკური ინფორმაციის წინასწარი დამუშავების დროს.

სტრუქტურირებული განათება შესაძლებელს ხდის მინიმუმამდე დაიყვანოს გამოსახულების სირთულე, მაგრამ, ამავე დროს, მაქსიმალურად გაზარდოს სურათიდან მიღებული ინფორმაციის რაოდენობა, რომელიც კომპიუტერს გადაეცემა შემდგომი დამუშავებისთვის.



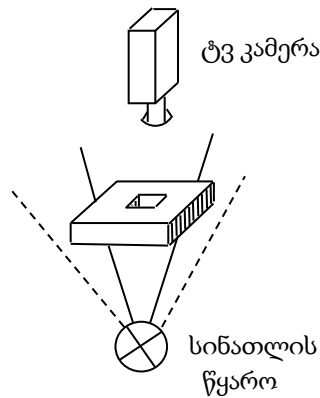
ნახ. 2

სტრუქტურირებული განათების მეთოდების შერჩევა ხორციელდება განათებული ობიექტების სპეციფიკიდან გამომდინარე.



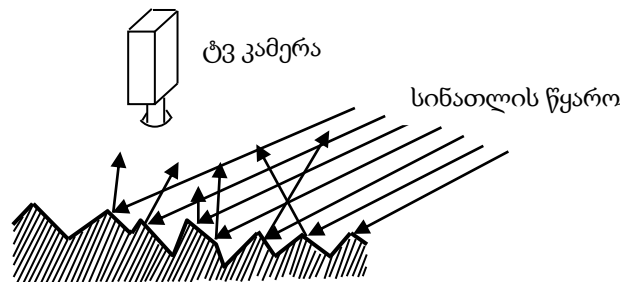
ნახ. 3

საკმარისად რეგულარულად გაგლუვებული ობიექტებისთვის გამოიყენება დიფუზური განათება (ნახ. 3), ე.ი. განათება დიფუზური შუქით, მაგრამ სხვადასხვა მხრიდან - მარჯვნიდან, მარცხნიდან, წინიდან, ზემოდან. ჩრდილების ხაზების ერთობლივი დამუშავება საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ საჭირო ინფორმაცია სურათზე ობიექტის შესახებ. კონტურული ან სილუეტური ობიექტებისთვის, ეფექტურია უკნიდან განათება. (ნახ. 4).



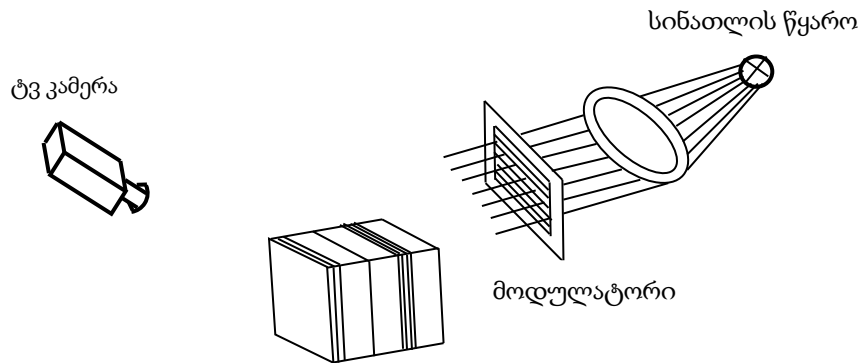
ნახ.4

არასწორი ზედაპირებისთვის სასარგებლო მეთოდია მიმართული განათება (ნახ. 5), რომელიც აძლიერებს და ხაზს უსვამს უსწორმასწორობის ბუნებას.



ნახ. 5

რთული ფორმის ობიექტების შემთხვევაში ვიყენებთ მოდულირებულ განათებას (ნახ. 6) სინათლის ლაქების, ზოლების, ბადეების და ა.შ. პროექციით ობიექტზე.



ნახ. 6

სტრუქტურირებული განათების გამოყენებით ოპტიკური ინფორმაციის წინასწარი დამუშავება ემყარება ობიექტის ამრეკლავი თვისებების კონტროლირებად ცვლილებებს, რათა გაძლიერდეს მისი აღქმა სენსორული სისტემის საშუალებით.

სახის წარმოდგენა არის ვიზუალური ინფორმაციის დამუშავების შემდეგი ეტაპი, რომლის საშუალებითაც შეგვიძლია გამოსახულების გადატანა ციფრული დამუშავებისთვის შესაფერის ფორმაში, შემდეგ კი მოვახდინოთ მისი კოდირება შემდგომი ამოცნობისთვის.

სურათის წარმოდგენა, თავის მხრივ, იყოფა ორ ეტაპად: პირველზე ვამუშავებთ გამოსახულების აღქმის შედეგად მიღებულ ანალოგურ სიგნალს; მეორე ეტაპზე ხორციელდება ციფრულ ფორმაში გადაყვანილი სიგნალების ანალიზი.

სურათის წინასწარი დამუშავება ხორციელდება ანალოგური ფორმით. წინასწარი დამუშავების საფუძველია სეგმენტაცია – გამოსახულების ინფორმაციულ კომპონენტებად გარდაქმნის პროცესი. სეგმენტაცია, ერთი მხრივ, ამჟღავნებს ვიზუალური სისტემის ხედვას და, მეორეს მხრივ, შესაძლებელს ხდის გარდაიქმნას ციფრულ ფორმაში არა სახის მთელი ნიუანსები, არამედ მისი წერტილების მხოლოდ ნაწილი.

ჩვეულებრივ, სეგმენტაციის ყველაზე გავრცელებული მეთოდები დაიყვანება ორი პრინციპის გამოყენებამდე: უწყვეტობის ხარვეზების დაფიქსირება და გამოსახულების მიმდებარე წერტილების მსგავსების დადგენა.

პირველი პრინციპი ხორციელდება კონტურის და საზღვრის დადგენის მეთოდებში. ამ შემთხვევაში, გამოსახულება დისკრეტულად სკანირდება სპეციალურად ჩამოყალიბებული ნიღბით. გამოსახულების წყვეტათა მიხედვით, ნიღბის ქვეშ გამოითვლება გრადიენტის მნიშვნელობები. ნიღბის ქვეშ არსებული გამოსახულების დისკრეტულობიდან გამომდინარე, გრადიენტის მნიშვნელობებია გამოთვლილი, რის შედეგადაც ინახება მხოლოდ კონტურის მრუდები ინტენსივობის და გრადიენტული მნიშვნელობების მკვეთრი ცვლილებების ადგილებში. კონტურული სურათების შემდგომი დამუშავება გამარტივებულია კომპიუტერში შესული ინფორმაციის რაოდენობის მნიშვნელოვანი შემცირების გამო.

მეორე პრინციპი – მსგავსების დადგენა – ხორციელდება ზღურბლური ლოგიკის მეთოდებში [3].

დავუშვათ x, y იყოს გამოსახულების წერტილების კოორდინატები ინტენსივობით $C_i(x, y)$, სადაც i - წერტილების საერთო რაოდენობაა.

ზღურბლური სურათი ფორმირდება სეგმენტირებული $S_i(x, y)$ ფუნქციისა და ინტენსივობის ზღურბლური მნიშვნელობების A_k -ს გამოყენებით

$$S_i(x, y) = k, \text{ თუ } A_k \leq C_i(x, y) < A_{k+1}$$

სადაც k არის სიკაშკაშის ზღურბლების რაოდენობა.

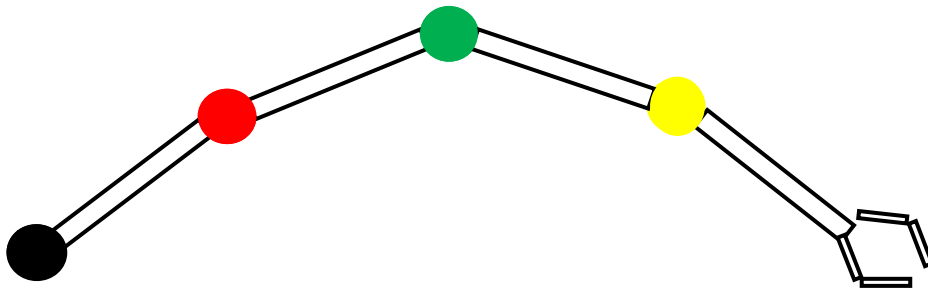
სიკაშკაშის ერთადერთი ზღურბლის შემთხვევაში გვაქვს ბინარული სეგმენტაცია

$$S(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } C_i(x, y) < a; \\ 1, & \text{თუ } C_i(x, y) \geq a; \end{cases}$$

თუ ზღურბლის a - მნიშვნელობა მხოლოდ ინტენსივობის A - ს ფუნქციაა, მაშინ იგი იქნება გლობალური ზღურბლი და გამოიყენება იმ სურათების სეგმენტაციისთვის, რომლებიც კარგად არის განცალკევებული ფონიდან. გლობალური ზღურბლი შეიძლება იყოს მონოქრომატული ინტენსივობა (მაგალითად, ობიექტების სილუეტური გამოსახულებები, რომლებიც მიღებულია უკნიდან დაშუქებით). განსხვავებული ობიექტის ფერი ასევე გლობალური ზღურბლური მახასიათებელია.

დამუშავების შემდგომი ეტაპები - ნიმუშის ამოცნობა, სცენის ინტერპრეტაცია და ადაპტური მართვის სინთეზი - ხორციელდება ციფრული ფორმით, გამომთვლელი მოწყობილობების ან კომპიუტერების გამოყენებით. ამ ეტაპებზე სისტემა მიაჩნებს ობიექტებს სხვადასხვა კლასებს, აიგება გარე სცენის მოდელი, შედეგად მიღებული გამოსახულების კოორდინატები გარდაიქმნება ბრძანებებად რობოტის საწყისი პროგრამული ტრაექტორიის შესწორების მიზნით.

ავტომატური მართვის თეორიის ინტენსიური განვითარება მჭიდრო კავშირშია მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების დარგების სწრაფ განვითარებასთან, რომელშიც გამოიყენება მისი მეთოდები და პრინციპები, კომპიუტერული შესაძლებლობების მზარდი გავრცელებითა და გაფართოებით, ამ უკანასკნელის შედეგით მართვასთან დაკავშირებული საქმიანობის ყველა სფეროში.



ნახ. 7

მრავალსახსრული სამრეწველო რობოტის ადაპტური მართვისათვის ჩვენ მიერ დაგეგმარებული იქნა ვიზუალური მართვის სპეციალური მოწყობილობა თითოეული სახსრის კოორდინატების დასადგენად მუშაობის ნებისმიერ მომენტში. ამ მიზნით თითოეული სახსარი იღებება ერთი განსაზღვრული ფერით. ჩვენს შემთხვევაში ხუთსახსრიანი რობოტისთვის გამოვიყენეთ: შავი, წითელი, მწვანე და ყვითელი ფერები (ნახ. 7). შუქფილტრების მეშვეობით ხდება მათი ამოცნობა და თითოეული სახსრის მდებარეობა დგინდება შესაბამისი ფერის მიხედვით. ცალკეული სახსრების მდებარეობის ცოდნა ამარტივებს მართვის პროცესს. კერძოდ, საშუალებას იძლევა თანმიმდევრულად განვსაზღვროთ ჯერ პირველი, შემდეგ მეორე და ა. შ. სახსრების მდებარეობები. შესაბამისად ჯერ მოვახდენთ პირველი სახსრის მდებარეობის კორექტირებას, შემდეგ მეორე სახსრისა და

ა.შ. ამდენად, მთელი მრავალსახსრული რობოტის მართვა დაიყვანება ცალ-ცალკე თითოეული სახსრის მართვაზე.

A multi-hinge industrial robot with an adaptive control system

D.Purtskhvanidze, O.Labadze, V.Bakhtadze, K.Kvirikashvili, M.Gegechkori

Summary

The second-generation robots equipped with different type of sensors are discussed. The methods of robots' "sensing" are presented. The sensors with geometric and physical properties are discussed. The visual control system equipped with a television camera for controlling an industrial robot is described. The stages of the adaptive visual control process are given. The types of preliminary optical information processing such as structured stage lighting, diffusion lighting, backlighting, directional lighting, modulated lighting are discussed. The control mode, which we have developed especially to control a multi-hinge industrial robot allowing to fix each hinge at any time of the robot's activity, is described in the given work.

Многошарнирный промышленный робот с адаптивной системой управления

Д. Пурцхванидзе, О. Лабадзе, В.Бахтадзе, К. Квирикашвили, М.Гегечкори

Резюме

Обсуждаются роботы второго поколения, оснащенные сенсорами разных типов. Описаны способы «очувствления» роботов. Обсуждаются датчики с геометрическими и физическими свойствами. Описывается система визуального контроля, оснащенная телевизионной камерой для управления промышленным роботом. Приведены этапы процесса адаптивного визуального управления. Обсуждены типы предварительной оптической обработки информации: структурированное освещение сцены, диффузионное освещение, задняя подсветка, направленное освещение, модулированное освещение.

В работе описан разработанный нами способ управления, предназначенный специально для управления многошарнирным промышленным роботом, позволяющим определять местоположение каждого шарнира в любой момент времени работы робота.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Юревич Е.И. Основы робототехники: учеб. пособие 2-е изд. - СПб.: 2005.
2. Демин А. В. Адаптивное управление модульным хоботовидным манипулятором // Молодой ученый. —2016. —№3. — ст. 47–52.
3. Astrom K. J. and Wittenmark B., Adaptive Control, Addison-Wesley, 1989, 2d ed. 1994.

ახალი ტიპის მრავალსახსრიანი რობოტი

დავით ფურცხვანიძე, ოთარ ლაბაძე, პანაიოტ სტავრიანიძი, ვერიკო ბახტაძე,
გიორგი კიკნაძე
dpurcxvani@gmail.com

რეზიუმე

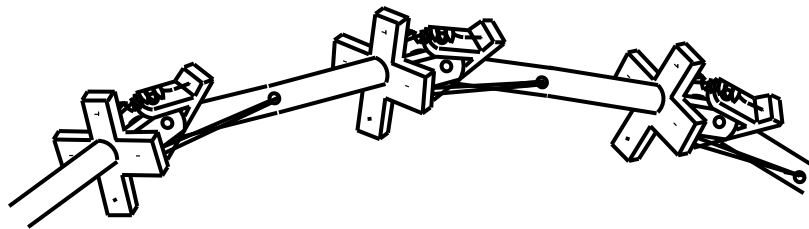
ნაშრომში განიხილება ახალი ტიპის მრავალსახსრიანი საწარმოო რობოტი და მისი უპირატესობა პროტოტიპებთან შედარებით. აღწერილია მრავალსახსრიანი რობოტისათვის დამუშავებული სახსარი. ყოველი სახსარი შედგება ძირითადი პლატფორმისაგან, რომელზედაც დამაგრებულია სახსრის წინა რგოლის მიმართ ღეროს გადამხრელი სერვომრავა და ძირითად პლატფორმასთან გორგოლაჟ-საკისრით დაკავშირებული მცირე პლატფორმისაგან, რომელზედაც ხისტადაა მიბმული ძირითადი პლატფორმის ირგვლივ მბრუნებელი სერვომრავა;

ახალი ტიპის რობოტი გამოიცხავს გვარლების დეფორმაციასთან დაკავშირებულ ცდომილებებს. გამარტივებულია ტრაექტორიის დაგეგმვის ამოცანაც. საკმარისია სახსრის მეზობელ სახსართან ურთიერთგანლაგების გამოთვლა და კოორდინატთა ნაზრდების შეკრება.

საკვანძო სიტყვები:

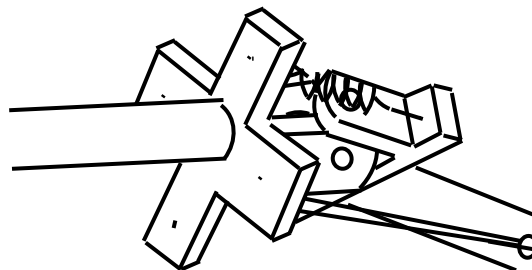
საწარმოო რობოტი, მრავალსახსრიანი რობოტი, რობოტის სახსრის კონსტრუქცია, სერვომრავები.

ჩვენ მიერ ადრე დამუშავებული იყო ორი ტიპის მრავალსახსრიანი საწარმოო რობოტი [1, 2].



ნახ. 1

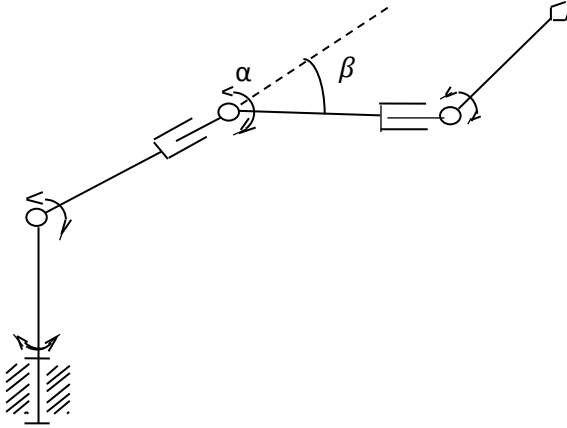
ამ რობოტების შემდეგ დავამუშავეთ ორი გვარლით სამართი მრავალსახსრიანი რობოტი (ნახ. 1). ორი გვარლით სამართი რობოტის სახსარი მანქანათმშენებლობაში კარგად ცნობილი კარდანული სახსარის მსგავსია (ნახ. 2). მანქანათმშენებლობაში გავრცელებული



ნახ. 2

კარდანული გადაცემიდან იგი განსხვავდება დაჭიმვაზე მომუშავე ორი ზამბართით. ეს ზამბარები ახდენენ სახსრის წინა რგოლის უკან დაბრუნებას ზამბარის მოპირდაპირე გვარლის მოდუნებისას.

წინამდებარე სტატიაში შემოთავაზებული ახალი ტიპის მრავალსახსრიანი რობოტი, მანამდე აღწერილი რობოტებისგან განსხვავდება იმით, რომ მის კონსტრუქციაში საერთოდ არაა გამოყენებული გვარლები. ამ რობოტის კინემატიკური სქემა მოყვანილია ნახ. 3-ზე.

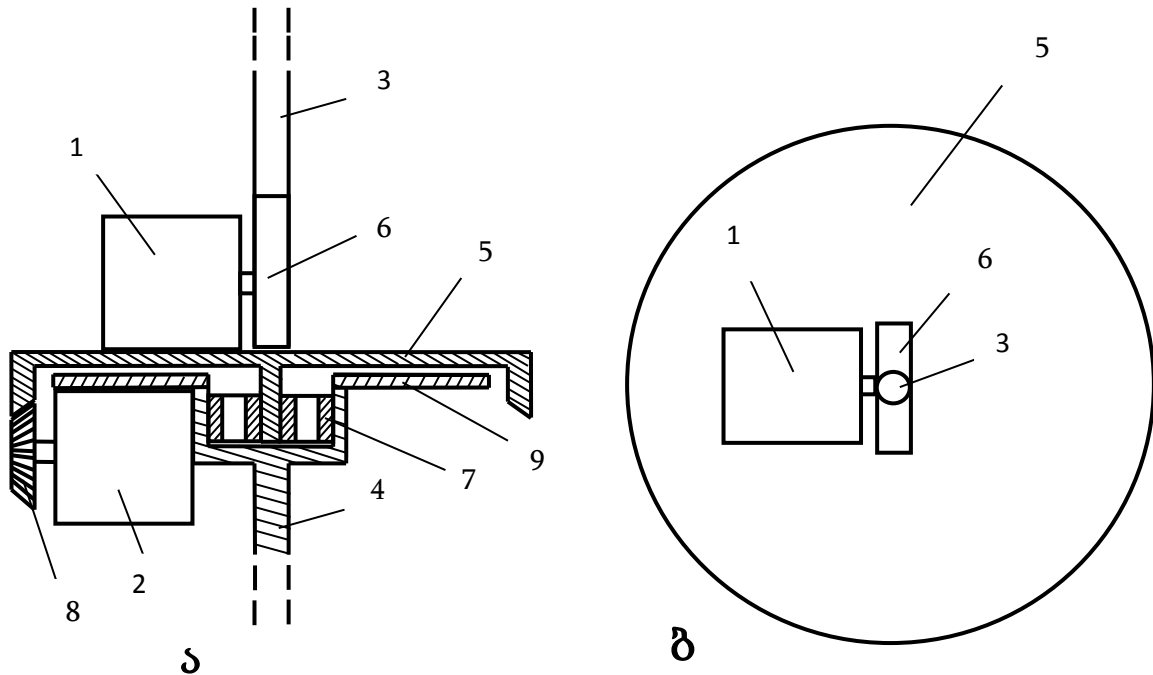


ნახ. 3

ყოველ სახსარში ხდება შემობრუნება სახსრის წინა რგოლის მიმართ α კუთხით და გადახრა წინა რგოლის ღეროს მიმართ β კუთხით. „უგვარლო“ რობოტის ერთი სახსრის კონსტრუქციის გამარტივებული სქემა წარმოდგენილია ნახ. 4-ზე. აქ 5 არის

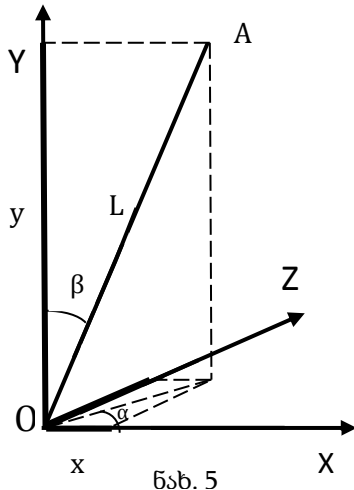
სახსრის წინხედი ჭრილში, ხოლო 6 – სახსრის ზედხედი. ნახაზ 4-ზე: 1 – სახსრის წინა რგოლის მიმართ ღეროს გადამხრელი სერვომოტორი; 2 – სახსრის წინა რგოლის ირგვლივ ღეროს მობრუნებელი სერვომოტორი; 3 – სახსრის მის წინა სახსართან დამაკავშირებელი ღერო; 4 – სახსრის მის უკანა სახსართან დამაკავშირებელი ღერო; 5 – ძირითადი პლატფორმა; 6 – გადამხრელ

სერვომოტორთან დაკავშირებული ღეროს სამაგრი რგოლი; 7 – გორგოლაჭ-საკისარი; 8 – კბილანური გადაცემის კონუსური თავაკი; 9 – მცირე პლატფორმა. 2 – სერვომოტორი ახდენს შემობრუნებას წინა რგოლის მიმართ α კუთხით, ხოლო 1 – სერვომანქანა ახდენს გადახრას წინა რგოლის მიმართ β კუთხით.



ნახ. 4

ვიციტ რა სახსრების დამაკავშირებელი ღეროს L სიგრძე, ადვილად ვიპოვით ერთი სახსრის მდებარეობის განმსაზღვრელ კოორდინატებს წინა სახსრის მიმართ. ნახ. 5-ზე წარმოდგენილია წინა სახსართან უძრავად დაკავშირებული საკოორდინატო სისტემა XOYZ. ნახაზზე O წერტილი წინა სახსრის მდებარეობაა, A წერტილი კი მომდევნო სახსრისა. როგორც ნახაზიდან ჩანს, A წერტილის კოორდინატებია:



$$x_i = [L \cdot \cos(90^\circ - \beta_i)] \cdot \sin \alpha_i = L \cdot \sin \beta_i \cdot \sin \alpha_i;$$

$$y_i = L \cdot \cos \beta_i;$$

$$z_i = [L \cdot \cos(90^\circ - \beta_i)] \cdot \cos(90^\circ - \alpha_i) = L \cdot \sin \beta_i \cdot \sin \alpha_i.$$

აქ i სახსრის ნომერია ($i = 1, 2 \dots n$), სადაც n მრავალსახსრული რობოტის სახსრების საერთო რიცხვია.

რობოტის ბოლოში განთავსებული ჩამჭერის კოორდინატების განსასაზღვრად უნდა მოვახდინოთ თითოეული სახსრის წინამდებარე სახსრის მიმართ არსებულ კოორდინატა შეკრება. ჩამჭერის მდებარეობის კოორდინატები რობოტის სადგარის მიმართ გამოითვლება ფორმულებით:

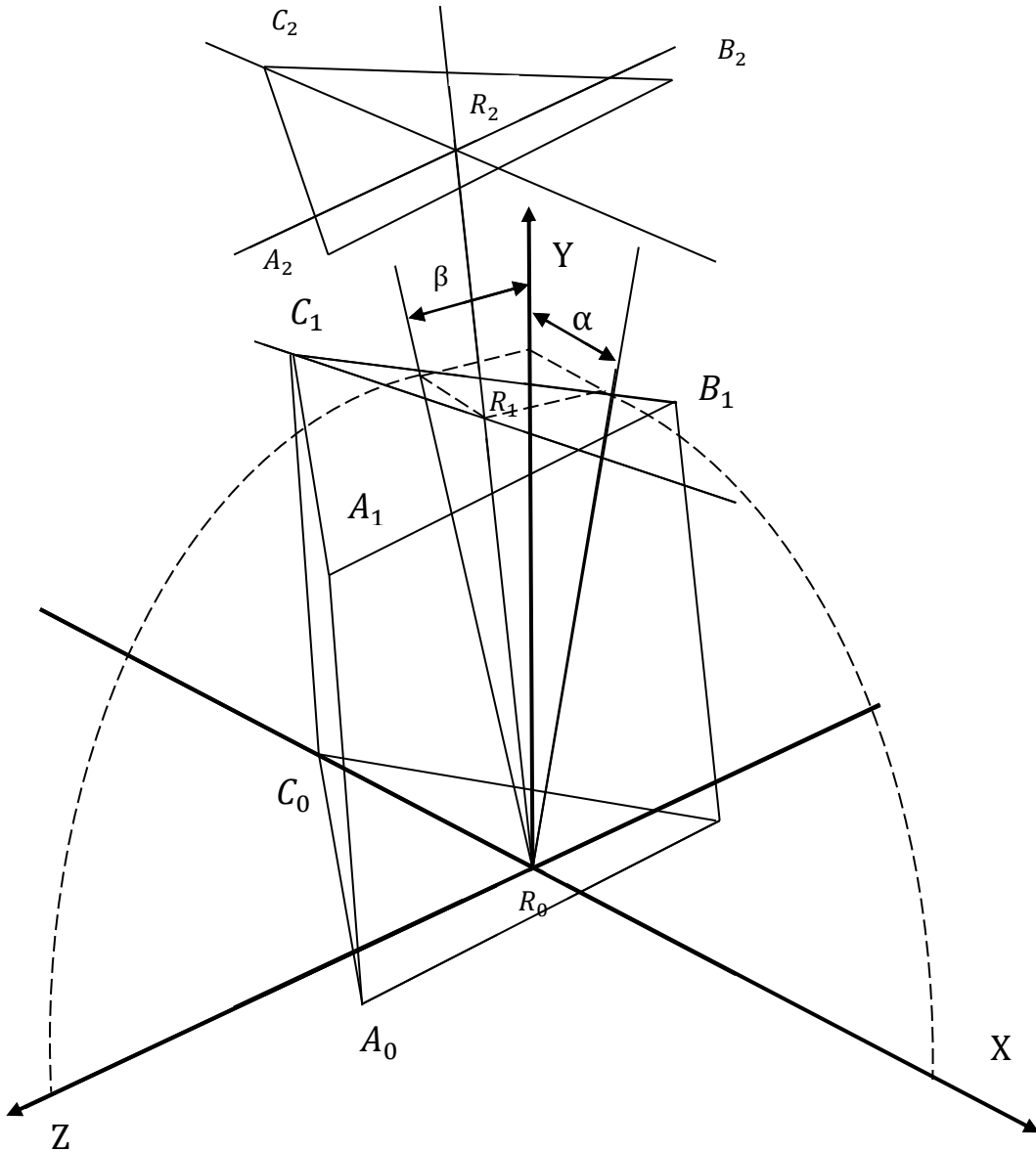
$$x = \sum_i^n x_i ; \quad y = \sum_i^n y_i ; \quad z = \sum_i^n z_i$$

„უგვარლო რობოტის“ აგება შესაძლებელი გახდა თანამედროვე მინიატურული მძლავრი სერვომრავების მაღალი ტექნიკური მახასიათებლების რობოტ-ტექნიკაში შემოტანის შემდეგ, რამაც შესაძლებელი გახდა მანიპულატორის საიმედოობისა და სიზუსტის გაზრდა [3], [4], [5]. მანიპულატორის მართვა, რომელიც შეიცავს სახსრების მცირე რაოდენობასაც კი, რთული ამოცანაა, რომლის გადაწყვეტა მოცემულია ამ სტატიაში. ამისათვის, მანიპულატორში შედის მმართველი მოწყობილობა აგებული მიკროკონტროლერზე, რომელიც, მანიპულატორის რგოლების ორიენტაციის კუთხეებს შორის მოცემული მნიშვნელობების მიხედვით, ითვლის ჩამჭერის კოორდინატებს. მმართველი მოწყობილობის მოქმედების აღსაწერად საკმარისია განვიხილოთ მანიპულატორი, რომელიც შეიცავს ორ სახსარს და სქემატურად ნახ. 6-ზეა წარმოდგენილი.

რგოლი შედგება ქვედა და ზედა ელემენტებისაგან, რომლებიც დაკავშირებულია სფერული სახსართ [2]. რგოლის ღერძული ხაზი მიმართულია დეკარტეს კოორდინატა სისტემის OY ღერძის გასწვრივ, ხოლო ასოებით $A_1, B_1, C_1, \dots, C_2$ აღნიშნულია პლატფორმების სანიშნი წერტილები. განვიხილოთ რგოლის მუშაობა. როდესაც ორიენტაცია იცვლება, რგოლის ფუძე რჩება სტაციონარული ლოკალურ კოორდინატა სისტემის მიმართ და A_0, B_0, C_0 წერტილების კოორდინატები არ იცვლება, ხოლო სახსარი და ღერძული ხაზი ცვლიან თავიანთ მდებარეობას ზედა ელემენტთან და პლატფორმების სანიშნ A_1, B_1, C_1 წერტილებთან ერთად.

თითოეული რგოლის ნებისმიერი ორიენტაცია შეიძლება განხორციელდეს რგოლის შემობრუნებით OX და OZ ღერძების მიმართ α და β კუთხეებით. მოდით განვიხილოთ ზედა სანიშნი წერტილების ახალი კოორდინატები. α და β ორიენტაციის კუთხეების დაყენების შემდეგ ასოებით $A_{2ახ.}, B_{2ახ.}, C_{2ახ.}$

კოორდინატა გარდაქმნები მანიპულატორის რგოლების შემობრუნებისას დროის რეალურ მასშტაბში გაანგარიშებისას მოითხოვს დიდ გამოთვლით რესურსებს და, შესაბამისად, მმართველი მოწყობილობის გამარტივებისთვის გადაწყდა რეალურ დროში მხოლოდ თითოეული რგოლის ცენტრალური ღერძული წერტილის კოორდინატების გამოთვლა, ხოლო ორიენტაციის კუთხური პარამეტრების შეტანა განხორციელდეს გამოთვლების გარეშე მეხსიერებიდან მონაცემთა ამოკითხვით.



ნახ. 6

ორიენტაციის კუთხის შეცვლისას თითოეული რგოლის ცენტრალური ღერძული წერტილის კოორდინატების გამოსათვლელად მიღებული იქნა ფორმულები, რომლებიც მოყვანილია ნაშრომში [6]. ამ ფორმულების თანახმად, მანიპულატორის პირველი რგოლის R_1 -ის ღერძული წერტილის კოორდინატები ფიქსირებულ კოორდინატულ სისტემაში α და β კუთხეების გარდაქმნისას მიიღებენ შემდეგ მნიშვნელობებს:

$$x = R_1 \cdot \sin \beta, \quad y = R_1 \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha, \quad z = R_1 \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha.$$

მანიპულატორის მეორე რგოლის კოორდინატები უნდა გამოითვალოს მის ლოკალურ კოორდინატთა სისტემაში, რომლის ცენტრი ემთხვევა პირველი რგოლის ღერძულ წერტილს R_1 , ხოლო ღერძი OY პირველი რგოლის მობრუნებული ღერძის OR_1 -ის გასწვრივაა მიმართული. ამრიგად, მეორე რგოლის გვარლების სიგრძეების გაანგარიშებისას, ორიენტაციის კუთხეები აითვლება პირველი რგოლის ორიენტაციასთან შეფარდებით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ „ხორთუმის“ ტიპის მანიპულატორებში წინა რგოლის ორიენტაციის ცვლილება იწვევს ყველა მომდევნო რგოლის ორიენტაციის შეცვლას.

მანიპულატორის მართვის მოწყობილობის დაგეგმარებისას მითითებული პრინციპები უნდა ითვალისწინებდეს დაშვებებს, რომლებიც გაკეთდა გამოთვლებში. კერძოდ, ითვლებოდა, რომ მიმდებარე კავშირების პლატფორმების სანიშნი წერტილების საწყისი და საბოლოო კოორდინატები ემთხვევა. ეს უნდა იქნას გათვალისწინებული მანიპულატორის კონსტრუქციის შემუშავებისას, აღწერილი მართვის მოწყობილობის სიზუსტის გასაზრდელად.

დასასრულს აღვნიშნავთ, რომ ახალი ტიპის მრავალსახსრული რობოტის თითოეული სახსრის სამართავად გვჭირდება მხოლოდ ორი მმართველი ზემოქმედება: α კუთხე და β კუთხე. მთელი რობოტის სამართავად კი $2n$ მმართველი ზემოქმედება ნაცვლად $3n$ რაოდენობის მმართველი ზემოქმედებისა [1, 2] ნაშრომებში წარმოდგენილი მრავალსახსრიანი რობოტების ვარიანტების შემთხვევაში. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ ამ რობოტის მართვაში არ მონაწილეობს სამართი გვარლები. ამით იზრდება ჩამჭერის მდებარეობის განსაზღვრის სიზუსტე, რაც დაკავშირებულია გვარლების დეფორმაციის გამორიცხვასთან.

A new type of a multi-hinge robot

David Purtskhvanidze, Otar Labadze, Panayot Stavarianidi, Veriko Bakhtadze

Summary

A new type of a multi-hinge production robot and its advantages over the prototypes are discussed in the article. The description of the hinge developed by us for a multi-hinge robot is given. Each hinge consists of the base platform with a fixed on it servo motor for tilting the rod relative to the hinge located in front of it and connected by a roller bearing with the base platform of a small platform on which a second servo motor is rigidly fixed for rotating around the base platform. The robot of a new type eliminates errors associated with the cables deformation. The trajectory planning task has been also simplified; now it is enough to calculate a relative position of the hinge with the adjacent hinge and add the increment of coordinates.

Новый вид мультишарнирного робота

Давид Пурцхванидзе, Отар Лабадзе, Панаот Ставарианиди, Верико Бахтадзе

Резюме

В статье рассматривается новый тип мультишарнирного производственного робота и его преимущества перед прототипами. Дано описание шарнира, разработанного нами, для мультишарнирного робота. Каждый шарнир состоит из основной платформы с закрепленным на ней серводвигателем для наклона стержня относительно шарнира, расположенного перед ним и соединенного роликовым подшипником с основной платформой небольшой платформы, на которой жестко закреплен второй серводвигатель для вращения вокруг основной платформы.

Робот нового типа устраняет ошибки, связанные с деформацией тросов. Задача планирования траектории также упрощена: достаточно рассчитать относительное размещение шарнира с соседним шарниром и сложить приращение координат.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Д. А. Пурцхванидзе Г. Д. Челидзе МАНИПУЛЯТОР Авторское свидетельство 1077780 опубликовано 07.03.84 Бюлет. № 9.
2. დ. ფურცხვანიძე, ა. ფურცხვანიძე. ახალი ტიპის საწარმოო რობოტი მრავალი სახსრით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბილისი, 2018 წ. გვ.88-91.
3. Н. Кавлашвили, О. Лабაძე, П. Ставариანიძე, Д. Пурцхванидзе, М. Церцვაძე, Г. Кიკნაძე. Модернизированный робототехнический манипулятор. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული N22. 2018.
4. Авцынов И. А., Битюков В. К. Основы роботизации, гибких производственных систем, организационно- технологического управления и транспортно-складских систем. — Воронеж: Воронежская гос. технол. Академия. 2009. — 94 с. — ISBN 5-89448-196-1.
5. Князьков М. М., Семёнов Е. А., Рачков М. Ю. Многозвенный робот для движения внутри труб разных диаметров // Машиностроение и инженерное образование. 2009. № 1. С. 31—36.
6. О. ლაბაძე, П. Ставариანიძე, Д. Пурцхванидзе, М. Церцვაძე, М. Ставариანიძე. Робототехнический манипулятор. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №22, თბილისი, დოვ N21. 2017.

ინტერპოლირების ამოცანის გადაწყვეტა Matlab-ის საშუალებით

დუდუხანა ცინცაძე, ქეთევან ომიადე

Email : dudutsin@gmail.com, Komiadze@mail.ru

რეზიუმე

ტექნიკურ სისტემებში ხშირად გვხვდება ექსპერიმენტის დროს ჩატარებული გაზომვების შედეგად მიღებული შედეგების გამოყენება სხვადასხვა მათემატიკური მოდელების ასაგებად. ერთერთი ასეთი ამოცანაა აეროდინამიკური მახასიათებლების კოეფიციენტების შემოღება, რომლებიც ჩვეულებრივ განისაზღვრებიან ექსპერიმენტების საშუალებით აეროდინამიკურ მილში. მახასიათებლებს ფუნქციონალური დამოკიდებულების სახე აქვთ, წარმოდგენილი არიან გრაფიკების სახით და განსაზღვრულია გარკვეულ სეგმენტზე. ინტერპოლირების მიზანია „აღვადგინოთ“ საწყის ფუნქციასთან მიახლოებული ფუნქცია, ცხრილური მნიშვნელობების გამოყენებით. ასეთი ამოცანა შესრულებული იქნა მართვის სისტემების ინსტიტუტში. თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიები ამ ამოცანის ბევრად უფრო მარტივად გადაწყვეტის საშუალებას იძლევა.

სტატიაში აღწერილია ფუნქციათა ინტერპოლირების ამოცანის დასმა და მისი პროგრამული გადაწყვეტა Matlab-ის მეშვეობით.

საკვანძო სიტყვები: მართვა, ინტერპოლიაცია, პროგრამირება

სხვადასხვა მათემატიკური მოდელების ასაგებად ხშირად გამოიყენება ექსპერიმენტების დროს ჩატარებული გაზომვების შედეგები. აეროდინამიკური მახასიათებლების კოეფიციენტები ექსპერიმენტის საშუალებით განისაზღვრებიან, მათ ფუნქციონალური დამოკიდებულების სახე აქვთ. საწყის ფუნქციასთან მიახლოებული ფუნქციის „აღდგენის“ ერთერთი საშუალებაა ფუნქციათა ინტერპოლირება.

განვიხილოთ $y = f(x)$ ფუნქცია, რომელიც განსაზღვრულია $[a, b]$ სეგმენტზე და ცნობილია მხოლოდ ამ ფუნქციის მნიშვნელობები $[a, b]$ სეგმენტის ერთმანეთისაგან განსხვავებულ წერტილებში, რომლებსაც საკვანძო წერტილები ეწოდებათ და ცხრილის სახით არიან წარმოდგენილი. როცა ფუნქცია რაიმე პროცესს აღწერს და მნიშვნელობები სასრული რაოდენობის წერტილებში იზომება, საწყის ფუნქციასთან მიახლოებული ფუნქციის „აღდგენა“ გულისხმობს ფუნქციის მნიშვნელობის ისეთ წერტილში გამოთვლას, რომელიც არ ემთხვევა ცხრილში მოცემული არგუმენტის არცერთ მნიშვნელობას.

ინტერპოლირების ამოცანის დასმისათვის ვუშვებთ, რომ გვაქვს ცხრილური მნიშვნელობები x_1, x_2, \dots, x_n საკვანძო წერტილებში და ფუნქციის მნიშვნელობები y_1, y_2, \dots, y_n წერტილებში. ასეთ შემთხვევაში ინტერპოლაციის ამოცანა შემდგენიანად ფორმულირდება: ავაგოთ $f(x)$ ფუნქცია ისეთი, რომ x_1, x_2, \dots, x_n საკვანძო წერტილებში მიიღოს y_1, y_2, \dots, y_n მნიშვნელობები, ანუ $f(x_k) = y_k$, ყველა ინდექსისათვის: k - დან n - მდე.

ამ კრიტერიუმის გარდა საჭიროა განისაზღვროს ფუნქციის ინტერპოლირების სახე. არსებობს ინტერპოლირების მეთოდები: ხაზური ინტერპოლირება (ეიტკინის სქემა), ინტერპოლირება მრავალწევრებით. ამ შემთხვევაში ვიყენებთ ინტერპოლირებას ალგებრული მრავალწევრების გამოყენებით. მრავალწევრის ხარისხი აირჩევა საკვანძო

წერტილების რაოდენობის შესაბამისად: თუ გვაქვს n საკვანძო წერტილი, ინტერპოლირების მრავალწევრის ხარისხი იქნება $n - 1$. ასეთი პოლინომია:

$$f(x) = a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + a_3x^{n-3} + \dots + a_{n-1}x + a_n,$$

რომელიც შეიცავს a_1, a_2, \dots, a_n n საინტერპოლაციო მრავალწევრის უცნობ კოეფიციენტებს, ანუ ამოცანა მდგომარეობს ამ კოეფიციენტების განსაზღვრაში საკვანძო (x_k, y_k) $k = 1, 2, \dots, n$ წერტილების საფუძველზე.

პირობიდან $f(x_k) = y_k$, $k = 1, 2, \dots, n$, ვღებულობთ წრფივ, ალგებრულ განტოლებათა სისტემას

$$a_1x_k^{n-1} + a_2x_k^{n-2} + a_3x_k^{n-3} + \dots + a_{n-1}x_k + a_n = y_k \quad k=1,2,\dots,n$$

რომელიც უნდა ამოიხსნას a_1, a_2, \dots, a_n კოეფიციენტების მიმართ და არის წრფივი სისტემა. თუ შემოვიტანოთ ვექტორებს $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ და $\vec{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$, მაშინ სისტემა ჩაიწერება შემდეგნაირად $\vec{a}\vec{W}^T = \vec{y}$, სადაც T აღნიშნავს ტრანსფორმირებას, ხოლო \vec{W} არის ვანდერმონდის მატრიცა.

ვინაიდან ინტერპოლირების საკვანძო x_k წერტილები ერთმანეთისაგან განსხვავებულია, ამიტომ სისტემის დეტერმინანტი $\Delta \neq 0$, წრფივ განტოლებათა სისტემას აქვს ერთადერთი ამონახსნი და Δ დეტერმინანტს ეწოდება ვანდერმონდის დეტერმინანტი; ანუ ინტერპოლირების მიზანი ამ შემთხვევაში შეიძლება ასე ჩამოყალიბდეს: ავაგოთ n - ური რიგის მრავალწევრი, რომლის მნიშვნელობები x_1, x_2, \dots, x_n საკვანძო წერტილებში დაემთხვევა $f(x)$ ფუნქციის მნიშვნელობებს. ვანდერმონდის მატრიცას ამ შემთხვევაში შემდეგი სახე აქვს:

$$\vec{W} = \begin{pmatrix} x_1^{n-1} & x_1^{n-2} & \dots & x_1 & 1 \\ x_2^{n-1} & x_2^{n-2} & \dots & x_2 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n-1}^{n-1} & x_{n-1}^{n-2} & \dots & x_{n-1} & 1 \\ x_n^{n-1} & x_n^{n-2} & \dots & x_n & 1 \end{pmatrix}$$

ანუ ამ მატრიცის ელემენტებისათვის w_{ij} (ინდექსი $i, j = 1, 2, \dots, n$), ვღებულობთ შემდეგ თანაფარდობას $w_{ij} = x_i^{n-j}$.

ვანდერმონდის მატრიცის გამოსათვლელად Matlab - ს გააჩნია ფუნქცია `vander()`, რომლის არგუმენტებია საკვანძო წერტილების x_1, x_2, \dots, x_n მნიშვნელობები (წარმოდგენილი სტრიქონის ან სვეტის სახით). თუ მატრიცა \vec{W} და საკვანძო წერტილებში \vec{y} ფუნქციის მნიშვნელობების ვექტორი ცნობილია, მაშინ ინტერპოლირების მრავალწევრის კოეფიციენტები \vec{a} გამოითვლება შემდეგნაირად: $\vec{a} = \vec{y}(\vec{W}^T)^{-1}$.

ჩვენ შემთხვევაში Matlab-ის სივრცეში ინტერპოლირების ამოცანა გადაწყვეტილია კონკრეტული ფუნქციის $y(x) = \frac{\cos(2\pi x)}{1+x}$ მაგალითზე.

ქვემოთ წარმოდგენილია საინტერპოლაციო Matlab- პროგრამა.

```
To get started, select MATLAB Help or Demos from the Help menu.
>> x = [0,0.2,0.4,0.7,0.9,1.2,1.5];
>> y = cos(2*pi*x)/(1+x);
>> W = vander(x)
```

```
W =
    0    0    0    0    0    0  1.0000
  0.0001  0.0003  0.0016  0.0080  0.0400  0.2000  1.0000
  0.0041  0.0102  0.0256  0.0640  0.1600  0.4000  1.0000
  0.1176  0.1681  0.2401  0.3430  0.4900  0.7000  1.0000
  0.5314  0.5905  0.6561  0.7290  0.8100  0.9000  1.0000
  2.9860  2.4883  2.0736  1.7280  1.4400  1.2000  1.0000
 11.3906  7.5938  5.0625  3.3750  2.2500  1.5000  1.0000
```

```
>> a = y*inv(W.')
```

```
a =
```

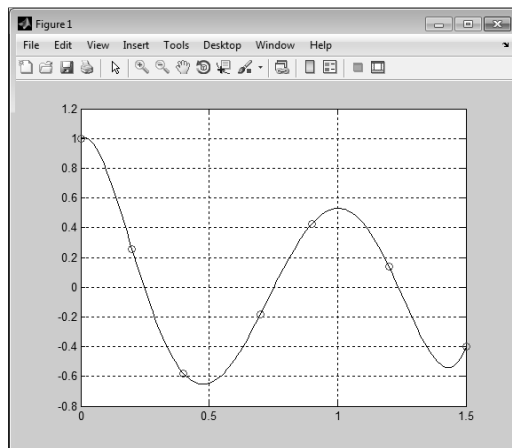
```
-3.2069  34.0922 -96.1307 104.8216 -41.0696  1.0242  1.0000
```

```
>> z = 0:0.01:1.5;
>> f = polyval(a,z);
>> plot(x,y,'ro')
>> hold on
>> plot(z,f,'k-')
>> grid on
>>
```

ბრძანებებით $x = [0, 0.2, 0.4, 0.7, 0.9, 1.2, 1.5]$ და $y = \cos(2 * \pi * x ./ (1 + x))$ მოიცემა საკვანძო წერტილები და ამ წერტილებში შესაბამისად - ფუნქციის მნიშვნელობები. ვანდერმონდის მატრიცა გამოითვლება ბრძანებით $W = \text{vander}(x)$, საინტერპოლაციო მრავალწევრის კოეფიციენტები ბრძანებით - $a = y * \text{inv}(W.')$. ამ ეტაპით სრულდება მრავალწევრის გამოთვლის პროცესი.

მომდევნო ბრძანებების კოდი გამოყენებულია მიღებული შედეგის ილუსტრაციისთვის გრაფიკის სახით. კერძოდ ბრძანებით $z = 0:0.01:1$ და $f = \text{polyval}(a, z)$ მოიცემა წერტილები, რომლის მიხედვით უნდა აიგოს მრავალწევრის მრუდი, ხოლო ბრძანებით $\text{plot}(x, y, 'ro')$ გრაფიკზე გამოისახება ბაზური წერტილები. შემდგომი ინსტრუქციის hold on -ის მეშვეობით პროგრამა გადადის გრაფიკის შეკავების რეჟიმში, ბრძანებით $\text{plot}(z, f, 'k-')$ კი იგება თვით გრაფიკი, ხოლო ინსტრუქცია grid on იძლევა კოორდინატთა ბადის აგების საშუალებას.

გრაფიკი მოცემულია სურათზე 1, სადაც ბაზური წერტილები აღნიშნულია წრეების სახით.



სურათი 1

Solving the interpolation problem through Matlab

Dudukhana Tzintzadze, Ketevan Omiadze

Summary

In technical systems the results of measurements made during experiments are often used to construct various mathematical models. One of these problems is to find aerodynamic coefficients, which are usually defined by experiments in a wind tunnel. Characteristics, which are functional dependencies, are presented in the form of graphs on a specific segment. The purpose of interpolation is to “back up” a function close to the original function using tabular data. Such problem was performed at the Institute of Control Systems. Modern computer technologies afford to facilitate considerably solving of this problem.

In the article there are considered function interpolation problem and its software-based solution using MATLAB.

Решение задачи интерполяции с помощью Matlab

Дудухана Цинцадзе, Кетеван Омиадзе

Резюме

В технических системах для построения различных математических моделей часто используются результаты измерений, выполненных в ходе экспериментов. Одной из таких задач является нахождение аэродинамических коэффициентов, которые обычно определяются экспериментами в аэродинамической трубе. Характеристики, являющиеся функциональными зависимостями, представлены в виде графиков на определенном сегменте. Цель интерполяции - «восстановить» функцию, близкую к исходной функции, используя табличные значения. Такая задача была выполнена в Институте систем управления. Современные компьютерные технологии позволяют намного упростить решение этой задачи.

В статье приводятся постановка задачи интерполяции функций, её программное решение с помощью Matlab.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Остославский И.В., Стражева И.В.–Динамика полёта. Москва, изд. «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1969г.
2. Демидович Б.П., Марон И.А. – Основы вычислительной математики. Москва, ГОСИЗД, 1960г.
3. Дьяконов В.П. – MATLAB 7.*/R2006/R2007, Москва: ДМК ПРЕСС, 2008г.

აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოებში არსებული მეორეული ენერგორესურსების მოხმარება თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით

ნოდარ მირიანაშვილი, ნოდარ გძელიშვილი, ქეთევან კვირიკაშვილი, ვენერა ხათაშვილი

nmirianash@gmail.com

რეზიუმე

აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოებში ხშირია თბური ენერჯის მნიშვნელოვანი დანაკარგები, რომელთა შემცირება შესაძლებელია ენერგოდამზოგი თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით. სტატიაში წარმოდგენილი კვლევა ეხება მეორეული თბური ენერგეტიკული რესურსის დანაკარგების ეფექტურ გამოყენებას.

გაანალიზებულია მაღალი კონდენსაციის ტემპერატურის მქონე მუშა სხეულების მახასიათებლები, რომელთა გამოყენება უფრო ეფექტურს გახდის თბური ტუმბოს დანადგარების მუშაობას როგორც აგროსამრეწველო კომპლექსის, ასევე მრეწველობის სხვა დარგების საწარმოებში.

თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შედეგად, საწარმოში არსებული მეორეული ენერგორესურსების მაქსიმალურად ათვისების შემთხვევაში, შესაძლებელია დანახარჯების შემცირება 20-30%-ის ოდენობით.

საკვანძო სიტყვები:

ენერგოდაზოგვა, მეორეული ენერგორესურსი, თბური ტუმბო, თბოსიცივით მომარაგება.

სამრეწველო დანიშნულების თბური ტუმბოს დანადგარების ძირითადი დანიშნულება არის საწარმოში არსებული დაბალტემპერატურული მეორეული თბური ენერჯის მოხმარება ტექნოლოგიური პროცესების თბომომარაგების მიზნით. ცხრილში 1 მოყვანილია ორგანულ სათბობზე მომუშავე სამრეწველო საწარმოში არსებული მეორეული თბური სიმძლავრის - Q განაწილება ტემპერატურების - t მიხედვით პროცენტებში [1,3].

თბური სიმძლავრის განაწილება ტემპერატურის მიხედვით

ცხრილი 1

დასახელება	$t, ^\circ\text{C}$	$Q, \%$
გამაცივებელი წყალი	30	90-95
	40	80-90
ტექნიკური წყალი, ორთქლის კონდენსატი	50	70-80
	95	65-70
ტექნოლოგიური პროდუქტი	100	60-65
	200	35-40
ქვების საკვამლე მილიდან წარმავალი აირები	200	35-40
	300	30-35
ღუმელის აირები	300	30-35
	700	10-15
	950	5-10

ცხრილი 1- დან ჩანს, რომ 100 °C- ზე დაბალი ტემპერატურების დიაპაზონში გარემოში გამოტყორცნილი მეორეული თბური ენერგიის ოდენობა საწარმოში გამომუშავებული მეორეული ენერგორესურსების 65-95%-ს შეადგენს. აღნიშნული მეორეული თბური ენერგია არის დაბალპოტენციური სითბოს წყარო სამრეწველო დანიშნულების თბური ტუმბოს დანადგარებისათვის.

სითბოს უტილიზაციის შესაძლებლობის საკითხი კომპლექსურია და ის მჭიდროდ არის დაკავშირებული სითბოს მოხმარებელი ტექნოლოგიური დანადგარების მუშაობის რეჟიმებზე. კერძოდ, თბური ტუმბოს გამოყენების მიზანშეწონილობის საკითხის გადასაწყვეტად აუცილებელია მხედველობაში იქნეს მიღებული [1,2]:

— სითბოს მოხმარებისა და მეორეული თბური ენერგიის გარემოში გამოტყორცნის დროში დამთხვევა;

— გარემოში გამოტყორცნილი მეორეული თბური ენერგიისა და მოხმარებული თბური ენერგიის ადგილმდებარეობები;

— მეორეული თბური ენერგიისა და მოხმარებული თბური ენერგიის ხარჯები დროში;

— მეორეული თბური ენერგიის (დაბალპოტენციური სითბოს წყარო) ფაზური მდგომარეობა (მყარი, თხევადი, აირადი);

— მეორეული თბური ენერგიისა და მოხმარებული თბური ენერგიის რაოდენობრივი და ტემპერატურული პოტენციალები;

— რეგიონის კლიმატური თავისებურებები და მისი სათბობ-ენერგეტიკული ბალანსის სტრუქტურა.

თბური ტუმბოს დანადგარით Q_1 თბური სიმძლავრის მისაღებად კომპრესორის ელექტროამძრავით აღჭურვის შემთხვევაში დაიხარჯება $N_K=0,43Q_1$ ელექტრული სიმძლავრე, რაც თბოელექტროსადგურში $Q_2=1,7Q_1$ თბური სიმძლავრის მისაღებად საჭირო ორგანული სათბობის დაწვის ექვივალენტურია.

თბური ტუმბოს დანადგარის ძირითადი მახასიათებლები – მოხმარებელზე მიწოდებული თბური სიმძლავრე – Q , მოხმარებული ელექტრული სიმძლავრე – N და გარდაქმნის კოეფიციენტი – φ შესაძლებელია განვსაზღვროთ ქვემოთ მოყვანილი თანაფარდობებით, რომლებიც მიღებულია ჩვენ მიერ ჩატარებული სამრეწველო ექსპერიმენტების [5] შედეგად მიღებული მონაცემების დამუშავებით. გაანგარიშებების გასაიოლებლად, აგრეთვე სხვადასხვა ტიპისა და მწარმოებლობის თბური ტუმბოს დანადგარების შედარებისათვის, შემოთავაზებულია $P_{დაჭ.}/P_{შეწ.}$ -ზე დამოკიდებული, უგანზომილებო სიდიდეების სახით წარმოდგენილი თბომწარმოებლობის – \bar{Q}_t , მოხმარებული ელექტრული სიმძლავრის – \bar{N}_e და გარდაქმნის კოეფიციენტის – $\bar{\varphi}$ საანგარიშო განტოლებები. აღნიშნული მახასიათებლები (\bar{Q}_t ; \bar{N}_e ; $\bar{\varphi}$), რომლებიც გრაფიკული სახით მოყვანილია ნახაზზე 1, შესაძლებელია საკმარისი სიზუსტით (6-9%) იქნეს გამოყენებული თბური ტუმბოს ბაზაზე მოქმედი თბოსიცივით მომარაგების სისტემების გაანგარიშებისას [1].

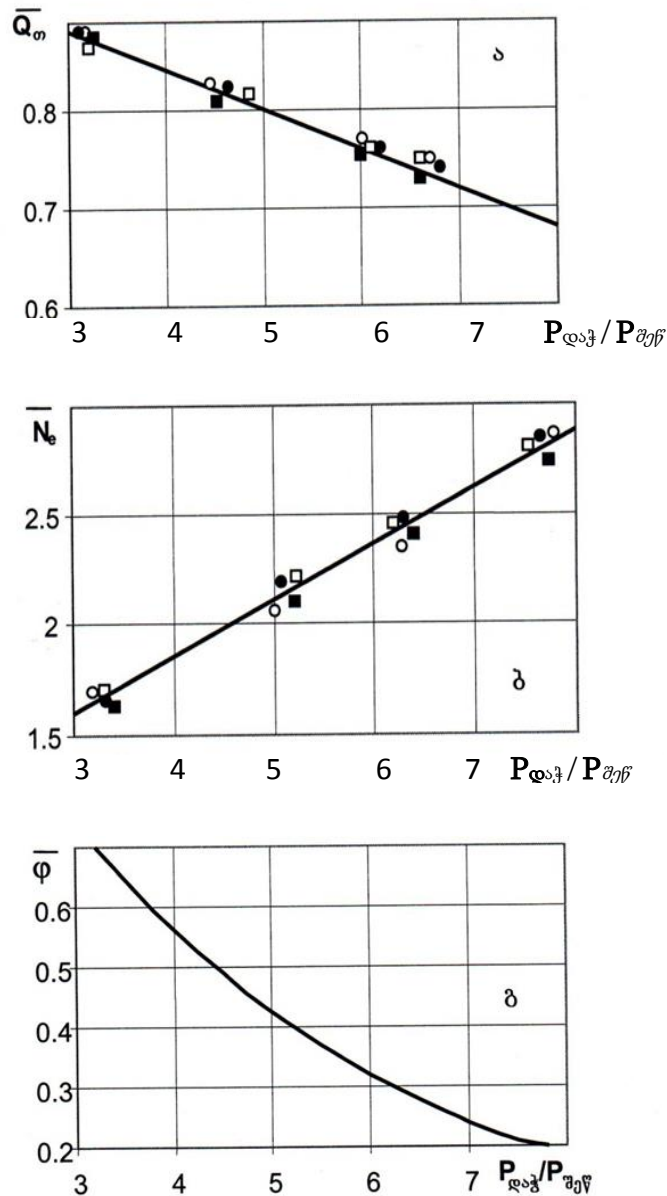
$$\bar{Q}_t = 1 - 0,041 \cdot P_{დაჭ.}/P_{შეწ.};$$

$$\bar{N}_e = 0,33 \cdot P_{დაჭ.}/P_{შეწ.} + 0,34;$$

$$\bar{\varphi} = 1,72 (P_{დაჭ.}/P_{შეწ.} - 0,73)^{-1}$$

სადაც $P_{დაჭ.}/P_{შეწ.}$, შესაბამისად, კომპრესორის დაჭირხვნისა და შეწოვის წნევებია, პა.

მოცემული ფორმულების გამოყენებით ორთქლკომპრესორული თბური ტუმბოს დანადგარებისათვის შესაძლებელია ვიანგარიშოთ მათ მიერ მოხმარებული ელექტროენერგიის ხვედრითი ხარჯი Ne/Q_t $P_{დაჭ.}/P_{შეწ.}$ - ზე დამოკიდებულების მიხედვით.



ნახ.1. უგანზომილებო თბომწარმოებლობის \bar{Q}_m (ა), უგანზომილებო ეფექტური სიმძლავრისა \bar{N}_e (ბ) და უგანზომილებო გარდაქმნის კოეფიციენტის $\bar{\varphi}$ (გ) დამოკიდებულება ორთქლკომპრესორული თბური ტუმბოს დაჭირხვნისა $P_{დაჭ}$ და შეწოვის $P_{შეწ}$ წნევების ფარდობაზე $P_{დაჭ} / P_{შეწ}$. ◦ - ფრეონ R142; • - ფრეონ R12; ◻ - ფრეონ R12 - სა და ფრეონ R142B -ს ნარევი; ■ - ფრეონ R22 - სა და ფრეონ R12B - ის ნარევი.

ეს ფორმულები რეკომენდებულია დგუშიანი ტიპის კომპრესორული თბური ტუმბოს დანადგარების საანგარიშოდ, სადაც ფრეონის კონდენსაციის ტემპერატურა არ აღემატება $t_K \leq 90^\circ\text{C}$ და დანადგარის თბური სიმძლავრე – $Q_m \leq 600\text{კვტ}$ [1,4].

აგროსამრეწველო კომპლექსის რიგ საწარმოებში (მაგ.: სპირტის სახდელი ქარხანა, ლუდსახარში ქარხანა და სხვ.) ტექნოლოგიური პროცესების მოთხოვნებიდან გამომდინარე

(მაგ.: ლუდის ხარშვის პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს 101°C-ზე) საჭირო ხდება აღნიშნული ტექნოლოგიური დანადგარებისათვის თბური ენერჯის მიწოდება, რომლის ტემპერატურა აღემატება 100°C-ს. ამ შემთხვევაში, ტექნოლოგიური პროცესების თბური ენერჯით უზრუნველსაყოფად, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შემთხვევაში, აუცილებელია ისეთი მუშა სხეულების შერჩევა, რომელთა კონდენსაციის ტემპერატურა აღემატება $t_K > 100$ °C.

ცხრილ 2 -ში მოყვანილია მუშა სხეულების მახასიათებლები, რომლებიც საშუალებას იძლევიან მიღწეულ იქნას კონდენსაციის მაღალი ტემპერატურები ($t_K = 100 - 150$ °C), რაც უაღრესად მნიშვნელოვანია სამრეწველო დანიშნულების თბური ტუმბოს დანადგარებისათვის.

მუშა სხეულების მახასიათებლები

ცხრილი 2

დასახელება	კონდენსაციის ტემპერატურა, t_K , °C	კონდენსაციის წნევა, P_K , მპა	თეორიული გარდაქმნის კოეფ-ტი, φ_0	კუმშვის ხარისხი, P_K / P_0
ფრეონ R11	100	0.9	8.0	3.0
	150	20	8.2	2.3
მეთილის სპირტი	100	0,4	8,4	4,2
	150	1,3	8,7	2,8
ეთილის სპირტი	100	0,25	8,8	4,8
	150	0,9	9,0	3,4
ფრეონ R113	100	0,4	7,9	2,8
	150	1,1	8,0	2,2
R718 (წყალი)	100	0.1	9.2	5,2
	150	0,5	10.	3,6

ცხრილში 2 განხილული მუშა სხეულებიდან, მაღალტემპერატურული თბური პროცესების თბური ენერჯით უზრუნველსაყოფად, თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების შემთხვევაში, ოპტიმალური იქნება ფრეონ R113-ის გამოყენება. ფრეონ R113 შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს კონდენსაციის მაღალი ტემპერატურების ($t_K \leq 200$ °C) შემთხვევაში, აქვს მაღალი გარდაქმნის თეორიული კოეფიციენტი – φ_0 და დაბალი კუმშვის ხარისხი – P_K / P_0 .

ამრიგად, აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოები წარმოადგენენ სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების მსხვილ მომხმარებლებს, სადაც როგორც სათბობის, ასევე ენერჯის ეკონომიის პრობლემა მწვავედ დგას.

„საქსტატის“ მონაცემების თანახმად, 2018 წელს აგრობიზნესის წილმა მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკაში შეადგინა დაახლოებით 16-18%, ხოლო ქვეყანაში მთლიანად

მოხმარებული ენერჯის წილიდან ($\approx 4,5$ მლნ ტ.ნ.ე.), აგრობიზნესში მოხმარებული ენერჯის წილმა შეადგინა დაახლოებით 8% [6].

აგროსამრეწველო კომპლექსის საწარმოებში წარმოებული პროდუქციის თვითღირებულების 70-80% მოდის საწარმოში მოხმარებული სათბობის ღირებულებაზე.

აგროსამრეწველო კომპლექსში შემავალ საწარმოებში არსებული მეორეული ენერჯორესურსების მაქსიმალურად ათვისების შემთხვევაში და თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების გათვალისწინებით, შესაძლებელია მოხმარებული სათბობის დაზოგვა 20-30%-ის ოდენობით [7].

Consumption of secondary energy resources in agri-complex enterprises using heat pump equipment

Nodar Mirianashvili, Nodar Gdzlishvili, Ketevan Kvirikashvili, Venera Xatashvili

Summary

The research presented in this article shows that there are significant losses of heat energy in the enterprises of agro-industrial complex, the reduction of which will be effective by using heat pump equipment.

Characteristics of high condensing temperature working bodies are analyzed, which will make the use of heat pump equipment more efficient in both the agro-industrial complex and other industries.

As a result of the use of heat pump equipment, by maximizing the use of secondary energy sources within the enterprise, it is possible to reduce costs by 20-30%.

Потребление вторичных энергоресурсов с применением теплонасосных установок в предприятиях агропромышленного комплекса

Нодар Мирианашвили, Нодар Гдзелишвили, Кетеван Квирикашвили, Венера аташвили

Резюме

Из проведенного исследования, представленного в статье, следует, что в предприятиях агропромышленного комплекса значительные потери тепловой энергии, уменьшение которых будут эффективными при применений энергосберегающих теплонасосных установок.

Проанализированы характеристики рабочих тел, имеющие высокие температуры конденсации, с применением которых работа теплонасосных установок станет более эффективными как в предприятиях агропромышленного комплекса, так и в других отраслях промышленности.

С применением теплонасосных установок при максимальных освоениях вторичных энергетических ресурсов, имеющих в производстве, возможно уменьшение затрат в количестве 20-30%.

ლიტერატურა – References – Литература

1. მირიანაშვილი ნ., გმელიშვილი ნ., ხათაშვილი ნ. თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენების პერსპექტივები საქართველოს ეროვნული მეურნეობის სხვადასხვა დარგში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. #19, თბილისი, 2015, გვ.80-84.
2. მირიანაშვილი ნ., გმელიშვილი ნ. ენერგოდაზოგვა თბური ტუმბოს დანადგარების გამოყენებით ლუდის წარმოებაში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. #21, თბილისი, 2017, გვ.95-100.
3. Palmer J. D. Turbonetics Energy // Turbomachinery Jnt. Jan/Feb. 1982.
4. Везиришвили О. Ш., Меладзе Н. В. Энергосберегающие теплонасосные системы тепло-и хладоснабжения. – Москва: Издательство МЭИ, 1994. – 160с.
5. ყავლაშვილი ნ., მირიანაშვილი ნ., ხათაშვილი ვ. მეორეული ენერგორესურსების გამოყენების პერსპექტივები ლუდის წარმოებაში. „ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები“. V საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია. 25-26 ოქტომბერი 2018 წ. ა.წერეთლის სახ. უნივერსიტეტი. საქართველო, ქუთაისი. გვ.106-110.
6. https://www.geostat.ge/media/13850/QuarterlyBull_2018_III_Geo.pdf
7. მირიანაშვილი ნ., ლომსაძე ზ., გმელიშვილი ნ., კვირიკაშვილი ქ., ხათაშვილი ვ. საქართველოში განახლებადი, არატრადიციული ენერგორესურსების გამოყენების თანამედროვე მდგომარეობა და ქვეყნის სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში მათი ჩართვის პერსპექტივები. I საერთაშორისო სამეცნიერო-ტექნიკური კონფერენცია „ენერგეტიკის თანამედროვე პრობლემები და მათი გადაწყვეტის გზები“. 2019 წლის 7-11 ოქტომბერი. თბილისი. „ენერგია“. №3(91), ტ. II. № გვ.118-120.

ინფორმატიკა

INFORMATICS

ИНФОРМАТИКА

ენის დინამიკის ზოგი ასპექტი

გიორგი ჩიკოიძე

gogichikoidze@yahoo.com

რეზიუმე

სტატია ეხება ენის მოდელის ფუნქციონირების პროცესში გამოვლენილი ძირითადი თვისებების გამოყოფას. ენის ორმომართულეზიანობა (ანალიზი/სინთეზი) არის ენის არსი და ავლენს მის ძირითად დანიშნულებას. ამის გათვალისწინებით, შეიძლება ითქვას, რომ მისი ეს ზოგადი თვისებები ახასიათებს ენის მთელ არსს და ქცევას.

ნაშრომში გამოყოფილია უზოგადესი ურთიერთდაპირისპირებული მახასიათებლები: სტატიკა და დინამიკა; ანალიზი და სინთეზი; გამონათქვამის დაშლა შემადგენელ ნაწილებად და ამ უკანასკნელთა შერწყმა ერთობლივ სტრუქტურაში; ენობრივი დონეების მოქმედების პარალელურობა ინტერაქტიურ რეჟიმში; პროცესის განვითარება, ერთდროულად ჰორიზონტალური (გამონათქვამის გასწვრივ) და ვერტიკალური (გამოხატულებიდან შინაარსისკენ) მიმართულებით; მთლიანი სტრუქტურისა და მისი შემადგენელი ნაწილების დაპირისპირება და შერწყმა; ამ კომპონენტებისა და მათი შინაარსის მიმართებების რადიალური სქემა.

ნაშრომი გულისხმობს, რომ ეს “დაპირისპირებები” თავს იჩენს ენობრივი სისტემის ფუნქციონირების პროცესში და განსაზღვრავს როგორც ამ პროცესებს, ისე ენის მთლიანობის ფუნდამენტურ ხასიათს.

საკვანძო სიტყვები:

ენის ორმომართულეზიანობა (ანალიზი/სინთეზი), გამოხატულება→შინაარსი, სემანტიკური როლები

ენა სამყაროს გაგების ქვეცნობიერი საფუძველია, რომელსაც ემყარება ამ სამყაროს ბუნებრივი ცოდნა. სოციალური გარემო არის სამყაროს უმნიშვნელოვანესი ნაწილი, რომელშიც უშუალოდ „ჩაფლულია“ ინდივიდი. ამ გარემოში ინდივიდის არსებობის უდიდესი კომპონენტი კი არის ურთიერთობის საშუალება – ენა. აქედან გამომდინარე, სოციუმის ნებისმიერ სრულყოფილ წევრს მოეთხოვება შესაბამისი ენის ცოდნა, რომელიც უზრუნველყოფს ურთიერთობის საშუალებას ამ სოციუმის წევრებთან (მათ შორის საკუთარ თავთანაც). ეს ცოდნა კი, ანუ ენის ფლობა, შეიძლება მიღწეულად ჩაითვალოს, თუკი ინდივიდს გააჩნია ორგვარი უნარი: ენის გამოხატულებაზე დაყრდნობით მიაღწიოს გამოხატულების შესატყვის შინაარსს და პირიქით – ნებისმიერ შინაარსს მოუძებნოს სათანადო ენობრივი ფორმა [1].

ენის ზოგადი ცოდნა კონკრეტულად ვლინდება ენის ხმარების ცალკეული აქტებით. მათი საშუალებით ხორციელდება ინფორმაციის გაცვლა დიალოგ-პოლილოგების პროცესში, რომლის დროსაც ვლინდება ენის, როგორც დინამიკური სისტემის, ფუნქციონირება და ფუნქციონირების მახასიათებლები. სახელდობრ, მახასიათებლები, რომლებიც განეკუთვნება ენის „ზედაპირს“, ანუ აკუსტიკურ თუ გრაფიკულ გამოხატულებას. სწორედ ეს „ზედაპირული“ ნიშნები არის პირველადი, საწყისი მონაცემები, რომლიდანაც შეიძლება დაიწყოს კოლოსალური მნიშვნელობის მქონე სისტემის – ენის კვლევა. კვლევის შემდგომი ნაბიჯები კი ეყრდნობა ინტუიციას, ანუ თავად ენით გაპირობებულ ცნობიერებას.

ჩნდება “მანკიერი წრის” ნიშნები, რომლებიც არ უარყოფს ამ მიდგომის სამართლიანობას. კერძოდ, ე. ჰაიდეგერის თვალსაზრისის გათვალისწინებით, რომლის თანახმად, ჩვენი გონება საერთოდ ვერ სცდება ენით შემოხაზულ ფარგლებს, ეს მანკი ენის

შესწავლის პროცესში გარდაუვალია. ბუნებრივია, მანვი აშკარად უნდა ჩნდებოდეს სწორედ ენის შესწავლის მცდელობისას. ამის დამადასტურებელი მაგალითია ნებისმიერი ლექსიკონი თავისი გარდაუვალი ტავტოლოგიებით, რომ არაფერი ვთქვათ განმარტებაზე, რომელსაც ენობრივი შინაარსის (საკვანძო ენობრივი ობიექტის) განსაზღვრის მცდელობა გვთავაზობს. ამ მიდგომის თანახმად, ის წარმოადგენს სინონიმური გამონათქვამების საერთო თვისებას [2], სადაც შინაარსს განმარტავს მასზე დაფუძნებული სინონიმის ცნება.

ჩვენი აზრით, სწორედ შინაარსის/არსის გარკვევისკენ უნდა იყოს მიმართული ენისა და, პირველ რიგში, მისი უმნიშვნელოვანესი დინამიკური ასპექტის კვლევა. ნაშრომში “ენისკენ მიმავალ გზაზე” [3] ეს ვარიანტი ემთხვევა კონკრეტული ცალკეული ენობრივი აქტის ანალოგიურ მიმართულებას, ანუ ენის ფუნქციონირების განმსაზღვრელი ფორმულის გამოხატულება → შინაარსი

კომპონენტს.

პროცესის საწყისი ეტაპია გამონათქვამის აღქმა ყურით (მეტყველება) ან თვალით (ტექსტი). სწორედ მეტყველება არის ენის პირვანდელი, თუმცა უფრო რთული (აკუსტიკური) საშუალება. არსებობს, ჩვენი აზრით სრულიად საფუძვლიანი, თვალსაზრისი, რომ ენობრივი აკუსტიკური სიგნალის აღქმის პირველად ერთეულს წარმოადგენს მარცვალი. პირველი ნაბიჯის გაგრძელება, სავარაუდოდ, არის ორმიმართულებიანი განვითარება [4], რომლის ფარგლებში უშუალოდ აღქმული მარცვალი თავდაპირველად დაიშლება მის შემადგენელ ფონემებად, მას მოჰყვება ცალკეული ფონემების გაერთიანება სავარაუდო მორფებად, რაც, თავის მხრივ, მარცვლების ჯაჭვს გადააქცევს მორფების ჯაჭვად.

და-ბა-დებ-ის-დღე-ზე _ ბავ-შვსა-ჩუქე-სბურ-რთი

გარდაიქმნება მორფების თანმიმდევრობად:

და-ბად-ებ-ის-დღე-ზე _ ბავშვ-ს-ა-ჩუქ-ე-ს-ბურ-რ-ი.

გარდაქმნას ნაწილობრივ ამარტივებს ის, რომ პირველად აკუსტიკურ სიგნალს თავიდან შეიძლება ანაწევრებდეს პაუზა ‘_’.

თუკი მივიღებთ ვარაუდს, რომ პროცესი ვითარდება,

მარცვალი → ფონემა → მორფი

სქემის თანახმად (რაც აუცილებელი არ არის), შემდეგ ნაბიჯს უნდა წარმოადგენდეს მორფების გაერთიანება სიტყვაფორმებად, რომელთა თანმიმდევრობა საბოლოოდ ენობრივ გამონათქვამს აყალიბებს:

დაბადების - დღეზე - ბავშვს - აჩუქეს - ბურთი,

თუმცა, გამორიცხული არ არის, რომ ფონემათა ჯაჭვი უშუალოდ გარდაიქმნება სიტყვაფორმების თანმიმდევრობად, რომელიც შემდგომ მორფებად დაიშლება. დაბოლოს, არც ისაა გამორიცხული, რომ პროცესის ეს ვარიანტები ერთმანეთს ენაცვლება ზოგადი პროცესის ფარგლებში.

ნებისმიერ ვარიანტში, სიტყვაფორმების ეტაპი შეიძლება უკავშირდებოდეს მორფოლოგიურ გენერატორს [5]. სახელდობრ, ყოველი სიტყვაფორმა უნდა მიეკუთვნებოდეს რომელიმე პარადიგმას, რომელსაც წარმოქმნის გენერატორი. თანაც ამ მიკუთვნებას ახლავს როგორც სიტყვაფორმის მორფობრივი შემადგენლების დადგენა, ისე ამ მორფემების შესაბამისი მორფემების “ამოკითხვა” და, საბოლოოდ, იმ გრამატიკული თუ ლექსიკური ინფორმაციის დადგენა, რომელიც მოცემულ კონტექსტში ახლავს ამ მორფებს, ანუ მოცემული სიტყვაფორმის ფარგლებში.

მაგალითად, ზემოთ მოყვანილ მაგალითში ზმნა *აჩუქეს* მიეკუთვნება ლექსემას *ჩუქ*, რომელიც: *-* ზმნისწინთან ერთად იძლევა ზმნურ ფორმას; *-ე-* და *-ს* დაბოლოება გვიჩვენებს II სერიის წყვეტილის მწკრივს მრავლობითის მე-3 პირის ფორმით. ამას გარდა, აქ ჩნდება სხვა საკმაოდ მნიშვნელოვანი სინტაქსური, ლექსიკური, გრამატიკული ინფორმაცია: *ჩუქ/აჩუქ* განსაზღვრავს ჩატარებული პროცესის/აქტის ხასიათს; წყვეტილი მწკრივი – წარსულ დროს და თხრობით კილოს და ბოლო სუფიქსები, როგორც აღნიშნული იყო, მიუთითებენ სათანადო პირზე და რიცხვზე. არანაკლებ მნიშვნელოვანია ის სინტაქსური, ან უფრო ზუსტად, სემანტიკურ-როლებრივი ინფორმაცია, რომელიც აგრეთვე მოჰყვება *ა-ჩუქ* ლექსემას: ის გულისხმობს სემანტიკური როლების შემდეგი სამეულის არსებობას:

AG → OB → AD,

თუმცა, მოცემულ შემთხვევაში პირველი მათგანი ექსპლიციტურად არ არის გამოხატული, რაც სტრუქტურის ელიფსურობაზე მიუთითებს.

ამ ნაბიჯებს (დაყოფებს თუ დანაწევრებებს) ხშირად ახლავს გარკვეული სიძნელეები, ორაზროვანი სიტუაციები, რომელთა დაძლევა უზრუნველყოფს ნახსენები მოპოვებული ინფორმაცია. ასეთი გართულების თვალსაჩინო ნიმუშია ზემოთ მოყვანილი გამონათქვამის პირველივე სიტყვაფორმა – *დაბადების*, რომლის შემადგენლობაში, რეალური შემადგენელი მორფემის (და-ბად-ებ-ის) გარდა, მონაწილეობს ისეთი მონაკვეთები, რომელთაც შეიძლება დაუკავშირდეს სულ სხვა (ამ შემთხვევაში არამართებული) დამოუკიდებელი სტატუსი:

და (არსებითი სახელი ან კავშირი); *ბადე* (არსებითი სახელი), *ების* (და არსებითი სახელის მრავლობითი ფორმის ნათესაობითი ბრუნვა), *დაბა* (არსებითი სახელი), *ის* (ნაცვალსახელი ან ნათესაობითის ამსახველი დაბოლოება), *(და)ბადე* (ზმნის ბრძანებითი ფორმა), *ადე* (ადექი ფორმის უხეში ვარიანტი), *დაბადებ* (ზმნის მყოფადი მწკრივი), *აბა* (ნაწილაკი) და ა.შ.

ასეთი ჩახლართული სიტუაციიდან გამოსვლის საშუალებას უფრო ფართო კონტექსტი იძლევა მხოლოდ. კონკრეტულ შემთხვევაში ეს უნდა იყოს უშუალოდ შემდეგი სიტყვა *დღე*, რომელიც წინა სიტყვასთან (დაბადების) სტაბილურ ლექსიკურ კომბინაციას ქმნის. ის ლექსიკონში შეიძლება ასახული იყოს “ბად” სალექსიკონო ერთეულში, როგორც უფრო ზოგადი ფორმულა: დაბადების + “თარიღი”, სადაც “თარიღი” დღის გარდა შეიძლება წარმოდგენილი იყოს აგრეთვე თვით, წლით, საუკუნით, მომენტი, ...

შემდგომ საფეხურზე შეიძლება დაემატოს ის ყოფითი ცოდნა, რომელიც *ჩუქების* აქტს უკავშირდება. სახელდობრ ის, რომ ბენეფიციარის ბიოგრაფიაში ამ აქტის დრო ხშირად უკავშირდება რაღაც განსაკუთრებულ მოვლენას (ამ შემთხვევაში მის დაბადებას). თუმცა, უნდა ითქვას, რომ ეს შემთხვევა იშვიათ, როდესაც გამონაკლისს წარმოადგენს.

მაგალითად, სიტყვაფორმები *დღეზე*, *აჩუქეს*, *ბავშვს* ასეთ პრობლემას არ ქმნის. რაც შეეხება ბოლო ფორმას *ბურთი*, მისი პირველი მარცვალის ფრინველის სახელს უტოლდება (ბუ), და ამ შემთხვევაში ცალსახა გამოსავალია ბოლო მარცვალის “-რთი”, რომელსაც არავითარი მორფული შესაბამისობა არ გააჩნია (თუმცა ყოფითი ცოდნის თანახმად *ბუ* შეიძლება გულისხმობდეს რაღაც ბუს მსგავს სათამაშოს, რომელიც ბავშვმა დაბადების დღეზე მიიღო საჩუქრად).

გასათვალისწინებელია, რომ დაშლა-გაერთიანების ტიპის გარდაქმნები ხორციელდება არა მთლიანი გამონათქვამის, არამედ მისი მონაკვეთების ფარგლებში, რომლებსაც განსაზღვრავენ პაუზები. ამ მონაკვეთებს ზოგჯერ ახასიათებენ ტერმინით – ფონეტიკური ფრაზა, რომელიც გულისხმობს მთლიანი გამონათქვამის ნაწილს, რომელიც იწყება მორიგი პაუზის შემდეგ და მთავრდება შემდეგ პაუზასთან.

ამის გათვალისწინებით ზოგადი სქემა იძენს შემდეგ სახეს:

ფონეტიკური ფრაზა → მარცვალის → ფონემა ⇒ მორფი ⇒ სიტყვაფორმა,

სადაც ცალხაზოვანი ისრები აღნიშნავენ დაშლას, ორხაზოვანი კი გაერთიანებას.

უნდა აღინიშნოს, რომ ეს სქემა პირობითია, ანუ წარმოადგენს გარკვეული აბსტრაქციის კონკრეტულ პროცესს, რომელიც გამონათქვამის გამოხატულების გამოცნობის პროცედურას ახორციელებს. სინამდვილეში ეს პროცედურა შეიძლება “გადაახტეს” სქემის ამა თუ იმ ეტაპს (მაგალითად: მარცვლების დადგენის შედეგად უშუალოდ ივარაუდოს გარკვეული სიტყვაფორმა), ან პირიქით, გარკვეულ ჩიხში მოექცეს. მაგალითად, მიიღოს ნაშთი, რომელიც არ ექვემდებარება შემდგომ ინტერპრეტაციას. ამ უკანასკნელ ვარიანტს ეთანადება მაგალითი, სადაც მონაკვეთი *ბუ* გაიგივებულია შესაბამის ლექსემასთან, რის შედეგადაც ვიღებთ *რთი* მარცვალს, რომელიც ვერ მიესადაგება ვერც ერთ ენობრივ ერთეულს, მორფს ან სიტყვაფორმას.

უფრო არსებითია საფუძვლები, რომლებიც პირველ ვარიანტს განაპირობებს, ანუ “ზედა” დონეების (მორფოლოგიური, სინტაქსური, სემანტიკური) პარალელური განვითარება ამარტივებს და აზუსტებს წმინდა ფონეტიკურ-სემანტიკურ შემადგენელს.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ყოფითი პრაგმატიკული ინფორმაცია დაბადების ფორმას უკავშირებს გარკვეული თარიღის გამოხატულებას, კერძოდ, დღეს. მეტიც, ასეთი

თარიღი პრაგმატიკულ ასოციაციას იწვევს ზოგ პროცესთან (სტუმრობა, მასპინძლობა, ქეიფი) ან აქტთან (მილოცვა, ჩუქება, ...). სწორედ ბოლო ვარაუდი, პრაგმატიკული ინფორმაცია პროცესს აარიდებს იმ (ამ შემთხვევაში მცდარ) ვარაუდს, რომ აჩუქეს ფორმის მარცვლების პირველი წყვილი (აჩუ) წარმოადგენს დამოუკიდებელ ნაწილაკს (აჩუ, აჩუ ცხენო).

აქედან გამომდინარეობს აფიქსების (ა-, -ს) გრამატიკული ფუნქცია (II სერია, წყვეტილი, მე-3 პირი, მრავლობითი რიცხვი); ფორმის მთლიანობიდან კი გამომდინარეობს პარალელური სინტაქსურ-სემანტიკური ვარაუდი. კერძოდ, რომ ამ ზმნას უნდა ახლდეს არსებითები სემანტიკური როლების სახით:

AG (მოთხრობითი) + OB (სახელობითი) + AD (მიცემითი);

მართალია ნიმუშში წარმოდგენილი არ არის პირველი როლი (AG), მაგრამ კონტექსტში რომ ასეთი ელიფსისი დასაშვებია, შეიძლება ისევ პრაგმატიკას მივმართოთ, ამჯერად მის ზედა ფენას – სტილისტიკას.

პარალელურობა, რომლის ფარგლებში ენობრივ დონეებს შორის მიმდინარეობს თავისებური ინტერაქტიური ურთიერთობა, ენობრივი დინამიკის ერთ-ერთ ძირითადი მახასიათებელია. პარალელური განვითარების ყოველ ნაბიჯზე ენობრივი სისტემა (ორგანიზმი) ახალ ინფორმაციას იძენს სხვადასხვა დონის შესახებ ადრე მოპოვებული მონაცემების საფუძველზე. ამავე დროს, ერთი მხრივ, შეიძლება დაზუსტდეს ადრინდელი მონაცემები და, მეორე მხრივ, გარკვეული ვარაუდები წარმოიქმნას პროცესის და მისი შედეგების მომავალი განვითარების შესახებ [6].

ენობრივ მოდელში პარალელურობის ასახვა მოითხოვს ცალკეული ენობრივი დონეებისთვის აუცილებელი ისეთი “შუამავალი” საშუალების შექმნას, როგორცაა, მაგალითად, შერეული ტიპის გრამატიკულ-სემანტიკური განმარტებითი ლექსიკონი. ასეთ ლექსიკონს სასურველია ახლდეს, პირველ რიგში, მორფოლოგიური გენერატორი [4], [7], რომელიც ნებისმიერი სალექსიკონო ერთეულისთვის წარმოშობს მთლიან შესაბამის პარადიგმას ამ უკანასკნელის ყოველი წევრისთვის სათანადო მორფოლოგიური დახასიათებით.

ამავე დროს, არანაკლებ სასურველია ლექსიკონის თითოეულ ერთეულს ახლდეს მისი ლექსიკური ფუნქციების პარადიგმაც [8], რომელიც უნდა მოიცავდეს მონაცემებს როგორც მისი სემანტიკური პარადიგმის, ანუ სინონიმური მწკრივის შესახებ [9], ისე იმ სემანტიკურ მიმართებებზე, რომელთა კონტექსტში შეიძლება აღმოჩნდეს მოცემული ლექსიკური ერთეული (Magn, Bon, Caus, ..).

უკანასკნელი, შეიძლება ითქვას სინტიგმატურ-სემანტიკური, ინფორმაციის მეტად მნიშვნელოვან კომპონენტს უნდა წარმოადგენდეს სემანტიკური როლების [10] კომპლექტი, რომელიც შეიძლება მართული იყოს მოცემული ლექსიკის (პირველ რიგში, ზმნური) მიერ და რომელიც სინტაქსური თვალსაზრისით წარმოადგენს “ზირთული” ლექსემის აქტანტებს.

ენობრივი პროცესის (ანალიზის) სწორი განვითარებისთვის მეტად ფასეულია, აგრეთვე, სავარაუდო სემანტიკური ველების მითითება, რომლებსაც, ალბათ, უნდა განეკუთვნებოდეს ესა თუ ის სემანტიკური როლი ანუ აქტანტი. მაგალითად, ზემოთ მოყვანილი ნიმუშის მცირე ტრანსფორმირების შედეგად შეიძლება მივიღოთ:

... ამ ბავშვს ჩვენ ვჩუქნით ბურთს,

სადაც, წმინდა მორფოლოგიურ-სინტაქსური ინფორმაციის თანახმად, მიცემითი ბრუნვით გაფორმებული ორივე წევრი (ბავშვს, ბურთს) შეიძლება განასახიერებდეს ორ სემანტიკურ როლს (OB და AD), თუმცა ენის მფლობელი ნებისმიერი ინდივიდისთვის ცხადია, რომ სწორედ ბავშვი მიიღებს ბურთს და არა პირიქით (ბურთი ბავშვს), რადგანაც ჩუქება ზმნის AD სემანტიკური ველი არის ადამიანი, OB კი ნივთი.

ეს მონაცემები, რომელთა გარეშე შეუძლებელია ენობრივი პროცესის განხორციელება, ასახული უნდა იყოს ლექსიკონში, რომელიც სისტემის ხერხემლის თავისებურ როლს ასრულებს. ლექსიკონი დინამიკური სისტემის სტატიკური კომპონენტია, თუმცა მისი „სტატიკურობა“ არ ეწინააღმდეგება ისეთი დინამიკური კომპონენტის ათვისებას, როგორცაა მორფოლოგიური გენერატორი. მეტიც, მორფოლოგიური შემადგენლის გვერდით ჩნდება ინფორმაცია, რომელიც ორიენტირებულია უშუალოდ სინტაქსურ-

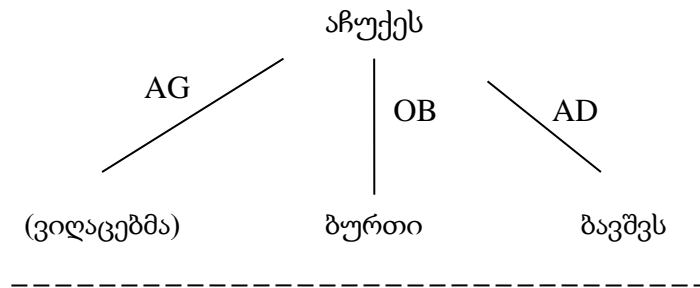
სემანტიკური სტრუქტურის გენერაციაზე, სახელდობრ, გამონათქვამის სრული სინონიმური პარადიგმის წარმოქმნაზე. ასეთია ზემოხსენებული ლექსიკური ფუნქციები, სემანტიკური როლები, სინონიმური მწკრივები და ზოგი სხვა.

ამ სტრუქტურის ზოგად მონახაზად შეიძლება მივიჩნიოთ, მაგალითად, ფენობრივი სინტაქსი [11]. ეს მრავალაქტანტური სქემა განსაკუთრებით კარგად ესადაგება ქართულის მსგავს ენას, რომლის ბირთვული შემადგენლები, ანუ ზმნები, თავისი აფიქსებით ექსპლიციტურად მიმართავენ რამდენიმე აქტანტს, რომლებიც, თავის მხრივ, გამოხატავენ გამონათქვამით ასახული სიტუაციის რამდენიმე მონაწილეს. მაგალითად,

დავხატე, დახატე, დახატა;
 დამხატე, დაგხატე, დახატა;
 დამიხატე, დაგიხატე, დაუხატა;

ეს სტრიქონები სამი სემანტიკური როლის – AG, OB, AD ექსპლიციტურ აღნიშვნას ასახავს *ხატვა* ზმნის აფიქსების საშუალებით.

ფენობრივი სქემის ფარგლებში მორფოლოგიური და სემანტიკური მონაცემების ამგვარი შეფარდება უზრუნველყოფს შინაარსის საკმაოდ გამჭვირვალე ასახვას:



T: დაბადების დღეზე

წყვეტილი ხაზი ჰყოფს ზედა და ქვედა ფენებს. ამ შემთხვევაში ქვედა ფენა დროის გარემოებაა. კერძოდ, დაბადების დღე.

სქემაზე გამონათქვამის შინაარსი განიხილება როგორც ერთობლივი, ერთჯერადი დაუშლელი ფაქტი, რომელიც ამავე დროს, შეიძლება ასახული იყოს სხვადასხვა ენობრივი საშუალებებით, რის შესაძლებლობასაც, მაგალითად, უზრუნველყოფს გამონათქვამის ბირთვის – *ჩუქება* – სინონიმური მწკრივი:

აჩუქა, მიართვა, უბოძა, უსახსოვრა, გადასცა საჩუქრად, დაასაჩუქრა.

მწკრივის ბირთვი არის აქტი, რომლის შედეგად AG-ის წყალობით AD-ი ხდება OB-ის მფლობელი. მნიშვნელოვანი დამატებითი პირობაა “მჩუქებლის” (AG) მიზანდასახულობა და დადებითი განწყობა აქტისა და ადრესატის მიმართ (AD). ამისდა მიუხედავად, ცხადია, რომ სინონიმური მწკრივის წევრები ზოგჯერ ერთმანეთს ვერ ჩაენაცვლებიან ზოგი პრიმიტიული და, კერძოდ, სტილისტური გარემოებების გათვალისწინებით. მაგალითად, ჩვენ მაგალითში სტილისტურად მიუღებელია *ჩუქების* ჩანაცვლება *ბოძებით*, რომელიც სხვა განსაკუთრებულ ნიუანსებს გულისხმობს როგორც საჩუქრის (OB), ისე ადრესატის (AD) მიმართ.

ჩვეულებრივ ტრივიალურ კონტექსტში არც ბავშვი და არც ბურთი არ წარმოადგენს ისეთ გამორჩეულ ინდივიდს (პერსონას) ან საგანს, რომელიც დაექვემდებარება *ბოძების* აქტის ვარიანტს, თუმცა რაღაც სხვა სიტუაციაში ასეთი გაფორმება მართებული შეიძლება იყოს. მაგალითად, თუ ბავშვმა ბრწყინვალედ გაართვა თავი რომელიმე როლს (კინოში,

სპორტში) და ამის გამო დაჯილდოვდა ოქროს ბურთით (ბომბასთან, ალბათ, აგენსს უფრო აქვს მნიშვნელობა, მაგ. მეფემ უბოძა საჩუქარი). ეს უჩვეულო, არასტანდარტული მაგალითი მიუთითებს იმაზე, რომ ენა მისი მოწესრიგებულობის, მისი სისტემატურობის მიუხედავად, არ ექვემდებარება მკაცრ, მათემატიკურ კანონზომიერებას. მისი მწყობრი და თანმიმდევრული ხასიათის მიუხედავად, ის ადგილს ტოვებს გარკვეული “რჩევებისთვის”, რომლებიც უზრუნველყოფენ უჩვეულო სიტუაციების “ჩვეული” საშუალებებით აღწერის შესაძლებლობას და, ამგვარად, ენა “თავს არიდებს” რაღაც დამატებითი საშუალებების შემოღებას, რასაც მოჰყვებოდა მისი ისედაც უზარმაზარი მოცულობის დამატებითი გაზრდა. ამის გამო ხდება ზოგი ლექსემის ხმარების არეალის გაფართოება. მაგალითად, იგივე *ბომბა* შეიძლება გაჩნდეს ირონიულ კონტექსტში, სადაც ხაზი გაესმება საჩუქრის უმნიშვნელობას და მის შეუსაბამობას ადრესატის ან მოვლენის ღირსებასთან.

ცოცხალი ორგანიზმებისთვის დამახასიათებელი ეკონომიის პრინციპი ხშირად ვლინდება უცხო ენის ლექსიკური ერთეულების ათვისების შემთხვევაში. ენა ითვისებს უცხოურ ლექსიკას, თუკი მას არ გააჩნია შესაბამისი მნიშვნელობის მქონე საკუთარი ერთეული (სუბიექტი, როლი, პარადიგმა, ...), მაგრამ სჯერდება საკუთარი ლექსიკის ნიმუშებს, თუკი ისინი უტოლდებიან ან, ყოველ შემთხვევაში, ახლოს არიან ახალ მნიშვნელობასთან. ეს უკანასკნელი ვარიანტი ვლინდება, კერძოდ, ისეთ ლექსიკურ კომბინაციებში, როგორცაა: ორთქლმავალი, თვითმფრინავი, შვეულმფრენი, ქვანახშირი და სხვა.

თვით პროცესის პარალელურობა შეიძლება შეფასდეს როგორც “პროცედურალური” შემადგენელის ეკონომია, რომელიც ზოგავს შესასრულებელი ოპერაციების რაოდენობას და პროცესის ყოველ ბიჯზე ზღუდავს მისი გაგრძელების ვარიანტებს. მაგალითად, ზემოთ გამოყენებულ გამონათქვამში პირველივე წყვილი (დაბადების დღე) გარკვეულ ვარაუდებს აჩენს მომხდარი სიტუაციის ხასიათის და, აქედან გამომდინარე, შესაბამისი ზმნის შესახებ (ჩუქება, სტუმრობა, სუფრის გაშლა და ა.შ.); ამ შემთხვევაში კიდევ უფრო მძლავრი და ჩამოყალიბებული ვარაუდების წარმომქმნელი არის ზმნა *აჩუქეს*, რომელიც გულისხმობს არა მარტო სიტუაციის მოქმედი პირების სამეულს (AG, OB, AD) და მათ გაფორმებას (ბრუნვებს), არამედ იმ სემანტიკურ ველებს, რომლებსაც, ჩვეული კონტექსტის შემთხვევაში, უნდა განეკუთვნებოდეს ყოველი მათგანი (AG, AD - პიროვნება, OB - საგანი).

დამახასიათებელია ისიც, რომ გამონათქვამის ფარგლებში დასაშვებია AG წევრის ხსენების გამოტოვება, რაც, პირველ რიგში, გაპირობებულია ზმნის მრავლობითი რიცხვის ფორმით სუბიექტურ წყობაში (შეადარე – გადაწყვიტეს, ფიქრობენ, ამბობენ). ამ გარემოებას უფრო ნათელს ხდის საპირისპირო, მხოლოდითი ფორმა *აჩუქს*, რომელიც AG-ის ხსენების გარეშე დასაშვებია მხოლოდ გარკვეული ტიპის დიალოგის ფარგლებში, სადაც მას წინ უმდგის შეკითხვა, რომელშიც ექსპლიციტურად ფიგურირებს AG-ის ხსენება,

რა აჩუქს პეტრემ ბავშვს დაბადების დღეზე?

რომლის პასუხი შეიძლება ერთ სიტყვასაც შეიცავდეს:

ბურთი,

რომელიც წარმოადგენს სრულიად დასაშვებ ელიფსისს. ამგვარად, ეკონომიის პრინციპი თავს იჩენს ენის როგორც სტატიკურ, ისე დინამიკურ ასპექტში. ენის მოქნილობა კი იმ მრავალფეროვნებაში ვლინდება, რომელსაც ენა ინარჩუნებს ეკონომიის პრინციპის ფარგლებში. შეიძლება ითქვას, რომ ამ ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო ცნების მიმართება ენის ფარგლებში პოულობს თავისებურ „ოქროს კვეთას“: რაც შეიძლება ცოტა, მაგრამ ისე, რომ დაკმაყოფილდეს ნებისმიერი ფარული მოთხოვნა.

ეკონომიის პრინციპი განაპირობებს ვარაუდებს, რომლებიც თან ახლავს ანალიზის პროცესის განვითარებას, მის გავრცელებას „ჰორიზონტალური“ ღერძის გასწვრივ, რომელიც (მეტაფორულად) წარმოადგენს გამონათქვამის განვითარებას „დროის ღერძის“ გასწვრივ და, ამავე დროს, „ასოთა ჯაჭვის“ მიყოლებით ტექსტის სივრცეში კითხვის პროცესის განვითარებას. ეს ვარაუდები მნიშვნელოვნად ზღუდავს მოცემული გამონათქვამის პოტენციურ გავრცობას მისი განვითარების ყოველ პუნქტში და ამით ამარტივებს პროცესის

განვითარებას. ასეთი ვარაუდების წარმოქმნაში მნიშვნელოვან ფუნქციას ასრულებს ზემოთ ხსენებული ინტერაქტიური რეჟიმი, რომელიც ენობრივ დონეებს შორის პროცესის განვითარების მსვლელობაში ხორციელდება. ამის მარტივი მაგალითია „მ“ დაბოლოება გამონათქვამში:

პეტრე-მ აჩუქა ბიჭს ბურთი,

რომელიც (თითქმის) ცალსახად მიუთითებს იმაზე, რომ მას მოჰყვება გარდამავალი ზმნა, რომლის ქვემდებარე წარმოდგენილი უნდა იყოს არსებითი სახელით (პეტრე), რომელსაც მოსდევს დაბოლოება -მ (მოთხრობითი ბრუნვის ნიშანი). ამავე დროს, არსებითი სახელი, სემანტიკური თვალსაზრისით, უნდა იყოს გამონათქვამში ასახული აქტის/პროცესის აგენსი (AG), ანუ მონაწილე, რომელიც შეასრულებს ამ აქტს, ან რომელსაც მიჰყავს ხსენებული პროცესი. ამგვარად, ეს ვარაუდები არა მარტო პროცესის გავრცელებას ემსახურება „ჰორიზონტალური“ (დროის) დერმის გასწვრივ, არამედ გარკვეულ ნაბიჯსაც ვირტუალური „ვერტიკალური“ მიმართულებითაც, ანუ უზრუნველყოფს გარკვეულ ნაბიჯს გამონათქვამის გამოხატულებიდან შინაარსისკენ, სახელდობრ, იმ მიმართულებით, რომელიც განსაზღვრავს ენობრივი პროცესის მთელ აზრს და რომლის სიმბოლიკა გამოიხატება ფორმულით:

გამოხატულება → შინაარსი.

ზმნური ლექსემა „ჩუქ-ებ-ა“ არა მარტო მეტად მნიშვნელოვანი ვარაუდების წყაროა, არამედ არის „სავარაუდო“ გამონათქვამის შინაარსის როგორც სინტაქსური, ისე სემანტიკური ბირთვი: ფენობრივი სინტაქსის თვალსაზრისით, ის ზედა ფენის (Core) ბირთვის ფუნქციას ასრულებს, სემანტიკურად კი ის არა მარტო მოსალოდნელი აქტის აზრს განსაზღვრავს, არამედ მის სავარაუდო შემსრულებლებსაც (ჯგუფს). აგრეთვე განსაზღვრავს აქტში მათ ზოგად როლებრივ წვლილს და თითოეულის უფრო კონკრეტულ მახასიათებლებს, სახელდობრ, სემანტიკურ ველებს, რომლებსაც თითოეული მათგანი სავარაუდოდ უნდა ეკუთვნოდეს. მაგალითად, აგენსი (AG) და ადრესატი (AD) უნდა იყოს პიროვნება ან პიროვნებათა (სავარაუდოდ ორგანიზებული) ჯგუფი (პეტრე, ბიჭი ან შესაძლოა - სკოლა, გუნდი, ოჯახი და ა.შ.). საჩუქარი (OB) კი უნდა განეკუთვნებოდეს საგნების, ნივთების ცალკეულ ჯგუფს. ამ უკანასკნელის დამატებით მახასიათებლად შეიძლება ჩაითვალოს საგნის/ნივთის ფასეულობის დამოკიდებულება AG-ის და AD-ის სოციალურ „რანგზე“ და იმ სავარაუდო „საბაზზე“, რომელმაც განაპირობა „ჩუქების“ აქტი (მოცემულ შემთხვევაში AD არის ბიჭი ანუ ბავშვი. საგანი (OB) ბურთი აშკარად შეესაბამება ადრესატის (AD) სოციალურ „რანგს“; რაც შეეხება პეტრეს (AG), მისი სოციალური წონა გაურკვეველია. ის შეიძლება იყოს ნებისმიერი პიროვნება, დაწყებული ბიჭის მეგობრისგან (მეზობელი, თანაგუნდელი, თანაკლასელი და ა.შ.) და დამთავრებული ქვეყნის უმაღლესი პირით (პრეზიდენტი, მეფე და ა.შ.), თუმცა ეს ვარიანტი ნაკლებად მოსალოდნელია.

ამგვარად, ზმნა არა მარტო აკონკრეტებს იმ აქტს/პროცესს, რომელიც გამონათქვამში ასახული სიტუაციის მთავარი ასპექტია, არამედ მიუთითებს სიტუაციის მონაწილეთა მთავარ სავარაუდო მორფოლოგიურ, სინტაქსურ თუ სემანტიკურ მახასიათებლებზეც. სწორედ ამით არის განპირობებული, რომ ზმნა აღიქმება როგორც გამონათქვამის ბირთვი, ანუ ცენტრი, როგორც „ათვლის წერტილი“, რომლიდანაც იწყება და ვითარდება სიტუაციის აღქმა. აბსტრაქციის გარკვეულ დონეზე შეიძლება პარალელი გავავლოთ ზმნის სინტაგმატურ გარემოზე გავლენასა და იმ როლს შორის, რომელსაც ცენტრალური, უმეტესად - სივრცობრივი, ცენტრალური მნიშვნელობა ასრულებს მისი პარადიგმატიკული მწკრივის დანარჩენ წევრებზე. თუკი ასეთი მიდგომა მისაღებია, ის საშუალებას გვაძლევს ზმნის სინტაგმატური პოზიციის „რადიალურობის“ კიდევ ერთ ნიმუშად ჩავთვალოთ.

ანალიზური პროცესის დასახასიათებლად აუცილებელია მისი საბოლოო მიზნის, შინაარსის, თუნდაც მიახლოებითი და ჰიპოთეტური მონახაზი. ზემოთ ჩვენ მოვნიშნეთ პროცესის ის ნაწილი, რომელიც, სავარაუდოდ, უნდა იწყებოდეს მარცვალთა ჯაჭვის დადგენით და რომელსაც მიყვავართ სიტყვაფორმების გამოყოფამდე. ყოველი სიტყვაფორმა არის რომელიმე ლექსემა, სალექსიკონო ერთეულს შეესაბამება ლექსიკურ მნიშვნელობათა სპექტრი. ამის შედეგად ანალიზის პროცესი ორი ამოცანის წინაშე დგება: შინაარსის

დასადგენად საჭიროა როგორც სათანადო ლექსიკური მნიშვნელობის არჩევა, ისე იმ როლის დადგენაც, რომელსაც ეს ერთეული ასრულებს მოცემულ გამონათქვამში. პირველი ამოცანის გადაწყვეტა დამოკიდებულია როგორც ენობრივი ურთიერთობის ფართო კონტექსტზე, ისე სიტყვაფორმის უშუალო ლექსიკურ გარემოცვაზე. ეს უკანასკნელი ხშირად იდიომატურ ხასიათს იძენს, რომელიც შეიძლება აისახოს ლექსიკონში:

*გამოვიდა სახლიდან / სიტყვით / მძიმე სიტუაციიდან / ... ;
ხელი გაუწოდა / შეუშალა / აიღო / (არ) მიუწვდა / ...*

უფრო სტანდარტული და სისტემატურია მოცემული ერთეულის როლი გამონათქვამში ასახული კონკრეტული სიტუაციის ფარგლებში.

ამ ასპექტს დამატებითი, შეიძლება ითქვას, გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება იმის გათვალისწინებით, რომ შინაარსი არა ცალკეული სიტყვაფორმების სემანტიკის ჯამია, არამედ სემანტიკური სტრუქტურა, რომლის ცალკეულ შემადგენელ ნაწილებს წარმოადგენს ცალკეული ერთეულების სემანტიკა და რომელშიც უდიდესი წვლილი შეაქვს ამ ერთეულების ერთმანეთთან მიმართებებს. მაგალითად:

პეტრემ პავლეს თინა გააცნო / შეაყვარა / შეაძულა / ...

უდიდესი გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ამ სამეულიდან რომელმაც (AG) რომელს (AD) რომელი (OB) გააცნო / შეაყვარა / შეაძულა / ...

ეს მაგალითი გვთავაზობს გამონათქვამის უმარტივეს (ცენტრალურ) სქემას, რომელიც, ამავე დროს, ნებისმიერი, გაცილებით უფრო ვრცელი და რთული, წინადადების შუაგულია (Core). მაგრამ რთული და ვრცელი სტრუქტურების ანალიზის ჩვეული ხერხია მათი დაშლა უფრო მოკლე და მარტივ შემადგენლებად, ანუ “პრიმიტივებად”. თუ ჩავთვლით, რომ ცენტრალური სტრუქტურა ნებისმიერი “პრიმიტივის” აუცილებელი შემადგენელი ნაწილია, შეიძლება სრულიად ბუნებრივად მივიჩნიოთ ამ პრიმიტივების განხილვა სწორედ შემადგენლის განხილვით, მითუმეტეს, რომ ეს შემადგენელი ყოველთვის დამოუკიდებელი სრული, ელიპსისური გამონათქვამის ფუნქციასაც ასრულებს.

შეიძლება ითქვას, რომ მთლიანი გამონათქვამის ბირთვი არის ცენტრალური სტრუქტურა (Core), რომელიც, პირველ რიგში, გამონათქვამში ასახულ სიტუაციას გამოხატავს. ცენტრალური სტრუქტურის ბირთვს კი განსაზღვრავს ზმნა, რომელიც თავისი ლექსიკით აზუსტებს სიტუაციის მთავარ აზრს – პროცესს/აქტს/ მდგომარეობას. შუა რგოლი შეიძლება იყოს სტატიკური ან დინამიკური. უკანასკნელ შემთხვევაში კი დროში გაწეილი (პროცესი) ან მყისიერი (აქტი). რგოლის სიმბოლოდ შეიძლება მივიღოთ პროცესი (PRC) და, შესაბამისად, მდგომარეობა განვიხილოთ როგორც დროში ზედმეტად გაწეილი, “გაყინული” პროცესი (ყველაფერი მიედინება, ყველაფერი იცვლება); აქტი კი ამის საპირისპიროდ უნდა იყოს მყისიერად დასრულებული პროცესი, რომელიც, კერძოდ, შეიძლება რომელიმე უფრო ვრცელი პროცესის გარკვეულ ეტაპს წარმოადგენდეს.

ცენტრალური რგოლის (PRC) უშუალო გარემო არის პროცესთან მჭიდროდ დაკავშირებული საგნების (სუბიექტების/ობიექტების) ჯგუფი და ჯგუფის მონაწილეთა გარკვეულ კლასიფიკაციას ახდენს, რომელიც მათ გარკვეულ იერარქიასაც გამოხატავს. ზმნა შეიძლება გამოყოფდეს პროცესის “წამყვან” მონაწილეს. პროცესი მისი უშუალო მოქმედების შედეგად ვითარდება (აკეთებს ის/გააკეთა მან). ეს წევრი ხასიათდება როგორც აგენსი (AG).

AG-ის გავლენის ქვეშ მოქმედი პროცესი შეიძლება, თავის მხრივ, უშუალო გავლენას ახდენდეს რომელიღაც სხვა საგანზე (სუბიექტზე თუ ობიექტზე). სიტუაციის ასეთი წევრი განიხილება როგორც ობიექტი (OB).

ზოგადად ამ სამეულის (PRC, AG, OB) წევრების ურთიერთდამოკიდებულება შეიძლება ავსახოთ სქემით:

AG → PRC → OB.

რეალური შესაძლებლობების გათვალისწინებით, სქემა შეიძლება გაფართოვდეს კიდევ ორი მონაწილით:

CS → AG → PRC → OB → AD,

სადაც CS (კაუზატორი) პოტენციური მონაწილეა, რომლის გავლენა აიძულებს, ან, ყოველ შემთხვევაში, “უბიძგებს” აგენსს (AG) შესრულებისკენ; AD კი არის პროცესის (PRC) შესრულების “ბენეფიციანტი” ანუ “მიზანი” OB, რომლისკენაც მიმართულია PRC იმ გაგებით, რომ PRC-ს OB-ზე ზემოქმედების შედეგი განკუთვნილია AD-ისთვის (პეტრემ პავლეს სახლი აუშენა). ან პირიქით, PRC მიმართულია ობიექტზე (OB), რომელიც (უკვე) ეკუთვნის AD-ს (პეტრემ პავლეს სახლი დაუნგრია).

გამონათქვამის სქემის გავრცელების შემდეგ ეტაპად შეიძლება მივიჩნიოთ პერიფერია, ანუ გამონათქვამის წევრები, რომლებიც განსაზღვრავენ მოცემული სიტუაციის დროს და ადგილს (სად? როდის?):

გუშინ (T) ბაღში (L) ვნახე თინა.

შესაძლებელია სიტუაციის გაფართოება მიმართებებით, რომლებსაც ეს სიტუაცია გამოიწვევს, ან რომლებიც სიტუაციის, ანუ მთავარი პროცესის (PRC), შესრულების მიზანია, მისი სასურველი შედეგი:

CAUS → DMN → RES,

სადაც DMN არის დომინანტური სიტუაცია, CAUS – მისი გამომწვევი, RES კი მიზნობრივი სიტუაცია:

რადგანაც თავის ტკივილმა ისევ შემაწუხა (CAUS), მივმართე ექიმს (DMN) მიზეზის გასაგებად (RES))

ბოლოს, უნდა აღინიშნოს, რომ თითოეულ მონაწილეს დამატებით შეიძლება ახასიათებდეს გარკვეული თვისება:

მივმართე ნაცნობ / ცნობილ ოჯახს / ექიმს.

ზემოთ მოცემული სქემა გამონათქვამის ზოგადი, აბსტრაქტული, განყენებული მონახაზია, რომლის დაკონკრეტება, პირველ რიგში, მოითხოვს მისი შემადგენელი ნაწილების რეალიზაციის შესაძლო ვარიანტების დადგენას. რადიალური მიდგომის მიხედვით, შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ “სენტენციური პრიმიტივის” ბირთვი არის რომელიმე ზმნის ლექსიკა, რომელიც გამოხატავს მის PRC ელემენტს და, ამგვარად, ამ პრიმიტივით ასახული სიტუაციის ბირთვს. ამავე ბაზური სიტუაციის მონაწილეებს (CS, AG, OB, AD) შეიძლება დავუკავშიროთ არსებობის ლექსიკა, მახასიათებლებს, ანუ ატრიბუტებს (AT) კი ზედსართავების ან ზმნიზედების ლექსიკური ერთეულები.

თუმცა რეალურ ენობრივ გამონათქვამებში ეს ლექსიკური რეალიზაციები მრავალფეროვან ცვლილებებს განიცდის. მაგალითად, სიტუაციის მონაწილედ შეიძლება მოგვევლინოს ზმნის ლექსემა:

ექიმის რჩევამ / მოთითებამ (CS) დამაწყებინა ვარჯიში (OB).

აქ კაუზატორის (CS) და ობიექტის როლს ასრულებს PRC-ის გამომხატველი ზმნური ლექსემა (რჩევა/მოთითება, ვარჯიში).

ზმნური ლექსემები ჩნდება ატრიბუტულ როლშიც, სახელდობრ, მიმღეობის ფორმით:

კარგად გავარჯიშებული/გაწვრთნილი/მომზადებული სპორტსმენი.

გამონათქვამის სემანტიკური შემადგენლები ზოგჯერ სენტენციური პრიმიტივითაც შეიძლება აისახოს. პირველ რიგში ეს ეხება ზმნური ლექსემებით გამოხატულ ერთეულებს:

პეტრეს მიერ აშენებული სახლი → სახლი, რომელიც პეტრემ ააშენა.

ზოგჯერ ასეთი პრიმიტივი სათანადო ჩვენებით ნაცვალსახელთან ერთად (ან მის გარეშე) უშუალოდ რომელიმე სემანტიკური როლის ფუნქციას ასრულებს:

*(ის) რაც მან ჩაიდინა, მძიმე სასჯელს იმსახურებს;
სასამართლომ გამოიკვლია ის, რაც მან ჩაიდინა;
სახლში რომ დავბრუნდი, ყველას ეძინა;*

და ა.შ.

ასეთი გაფორმების განსაკუთრებულ მაგალითს წარმოადგენს CAUS და RES როლები:

რადგანაც წვიმდა, გავშალე ქოლგა, რომ არ დავსველებულიყავი.

ეს მაგალითები იმაზე მიუთითებს, რომ ხშირად გამონათქვამის შემადგენლები ტრანსფორმაციას ექვემდებარება, რომელიც მათ სენტენციური პრიმიტივის სტატუსს ანიჭებს. აქედან გამომდინარე, ჩნდება აზრი, რომ გამონათქვამის შინაარსი საერთოდ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს როგორც სემანტიკური როლებრივი მიმართებებით შესრულებული სტრუქტურა, რომლის შემადგენელი ერთეულები ეს პრიმიტივებია. თუკი სწორედ ასეთ სტრუქტურას განვიხილავთ როგორც გამონათქვამის შინაარსს, სახელდობრ, როგორც შინაარსის ბაზისურ წარმოდგენას, მაშინ ეს სტრუქტურა გამონათქვამის ანალიზის საბოლოო მიზანს უნდა ასრულებდეს.

ჩვენ განვიხილეთ ანალიზური პროცესის პირველი ეტაპი, რომელიც იწყება მარცვალთა ჯაჭვის დადგენით, მარცვლების ფონემებად დაშლით, ფონემების ჯერ მორფებად და შემდგომ სიტყვაფორმებად გაერთიანებით.

ზემოთ ჩამოყალიბებული სტრუქტურის მისაღებად პროცესის გასაგრძელებლად სავარაუდოა კიდევ ერთი დაშლა-გაერთიანების ნაბიჯი: სიტყვაფორმებად დაშლილი გამონათქვამი ჯერ ერთობლივ სინტაქსურ სტრუქტურაში ერთიანდება მისი შემადგენელი სიტყვაფორმების გრამატიკული მახასიათებლების შესაბამისად. შემდგომ სინტაქსური სტრუქტურა უნდა დაიშალოს მასში ასოცირებულ სენტენციურ პრიმიტივებად, რომელსაც მათ შორის არსებული სემანტიკური მახასიათებლები ერთობლივ სემანტიკურ სტრუქტურად კრავს.

ამგვარად, ასე განხილული ახლებური პროცესი, რომელიც არის გლობალური ენობრივი პროცესის სინთეზთან დაპირისპირებული მიმართულება, თვითონ შედგება დაშლა-გაერთიანების ურთიერთდაპირისპირებული ნაბიჯებისგან. ამავე დროს, ნაბიჯების ერთობლიობა ნათელს ხდის მიმართებებს, რომლებიც გამონათქვამის “შშენებელ ერთეულებს” შორის არსებობს. პროცესი ერთდროულად ვითარდება სხვადასხვა ენობრივ დონეზე ისე, რომ დონეები პროცესის მსვლელობაში მიმართავენ თავისებურ ინტერაქტიურ რეჟიმს. ეს ვერტიკალური ურთიერთობა, რომელსაც პროცესი მიჰყავს აკუსტიკიდან (ფონეტიკა) გამონათქვამის აზრამდე (სემანტიკა/პრაგმატიკა), პროცესის ჰორიზონტალურ მიმართულებასთან ერთად ვითარდება. მეტიც, ვითარდება მის საფუძველზე. ჰორიზონტალურ მიმართულებაში იგულისხმება პროცესის განვითარება გამონათქვამის “სხეულის” გასწვრივ, ანუ დროში (მეტყველებისას), ან სივრცეში ტექსტის სტრიქონის გასწვრივ. მნიშვნელოვან ასპექტს უნდა წარმოადგენდეს ვერტიკალური მიმართებების რადიალური სქემა, ანუ იმ კერძო მნიშვნელობების, რომლებიც ცალკეულ ერთეულებს ახასიათებენ მათი ლექსიკონური ანუ სტატიკური სტატუსის თვალსაზრისით.

რაც შეეხება ჰორიზონტალურ მიმართებას, მის ხასიათს ეკონომიის პრინციპი განსაზღვრავს და, პირველ რიგში, მიმართულია, ვარაუდების სპექტრის შეზღუდვაზე, რომელიც განვითარების ყოველ ბიჯს თან ახლავს ჰორიზონტალური მიმართულებით.

დაბოლოს, ენობრივი პროცესის ყოველ ბიჯზე თავს იჩენს გარემოება, რომელიც გაპირობებულია სისტემის სტატიკური და დინამიკური ურთიერთდაპირისპირებული მახასიათებლებით. ერთი შეხედვით, დაპირისპირების ერთ-ერთი მხარე, ანუ სტატიკა, არის სხვადასხვა ენობრივი ერთეულების ბაზისური ელემენტების სია (მარცვლიდან სიტყვაფორმამდე); საპირისპიროდ, დინამიკა წარმოდგენილია ოპერაციათა თანმიმდევრობით, რომელთა შესრულებას მოითხოვს პროცესის განვითარება.

თუმცა, დაკვირვება გვიჩვენებს, რომ სტატიკა და დინამიკა უფრო მჭიდროდ არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან. შეიძლება ითქვას, რომ მათი სინთეზი გარკვეულად ურთიერთგადახლართულია. სახელდობრ, სტატიკურ სიებში იმპლიციტურად იგულისხმება გენერატორები, რომლებიც სიის ნებისმიერი ბაზისური წევრისგან მთელ მის პარადიგმას წარმოქმნიან.

რაც შეეხება დინამიკას, ყოველი ოპერაციის შესრულება მიმართულია სტატიკური სიების რომელიმე წევრზე. მეტიც, ოპერაციების თანმიმდევრობა, რომელიც განსაზღვრავს

პროცესის შესრულების გზას, ხშირად დამოკიდებულია ამა თუ იმ სტატისტიკურ არგუმენტის მახასიათებლებზე. ამგვარად, შეიძლება ითქვას, რომ დინამიკა მთლიანად მორგებულია ზემოხსენებული სიების წევრებზე ანუ სტატისტიკაზე.

თუმცა, არ შეიძლება არ აღინიშნოს კიდევ ერთი უკუსვლა, რომელიც ურთიერთდაპირისპირებულ მხარეს ახასიათებს. სწორედ დინამიკამ მოახდინა გავლენა სიების (პირველ რიგში, ლექსიკონების) სტრუქტურაზე, რომელიც ენათმეცნიერებამ განიცადა ენის მოდელირების გაჩენის და განვითარების წიაღში. მათგან ყველაზე მისაღებია ლექსიკონის გამდიდრება, ერთი მხრივ, ზემოთ მოხსენებული გენერატორებით, მეორე მხრივ კი, დინამიკისთვის აუცილებელი ისეთი ინფორმაციის დამატებით, როგორცაა ლექსიკური ფუნქციები, სემანტიკური მწკრივები, როლებრივი სტრუქტურები და სხვა.

Some Aspects of Language Dynamics

George Chikoidze

Summary

The separation of key features identified in the functioning of a language model is considered in the paper. The bi-directionality (analysis / synthesis) of the language is the essence of the language and reveals its main purpose. Correspondingly, one can say that these general features characterize the whole essence and behaviour of the language.

The work has some of the most important opposite features: statics and dynamics; analysis and synthesis; dividing the expression into constituent parts and merging the latter into a single structure; Parallel action of language levels in interactive mode; Process development, both horizontal (along expression) and vertical (from content to expression); separation and fusion of the whole structure and its constituents; radial chart of the directions of these components and their contents.

The thesis implies that these "oppositions" emerge in the functioning of the language system and define both these processes and the fundamental nature of language integrity.

Некоторые аспекты динамики языка

Георгий Чикоидзе

Резюме

В статье рассмотрено выделение основных характеристик, которые выявлены при процессе функционирования языковой модели. Двухнаправленность (анализ/синтез) являются сущностью языка и выражает его основное назначение. С учетом этого, можно сказать, что эти общие свойства характерны для всей сущности и поведения языка.

В статье выделены самые противоположные характеристики: статика и динамика; анализ и синтез; расчленение высказываний на составляющие части и объединение последних в одну структуру; параллельностью действий языковых уровней в интерактивном режиме; развитие процесса одновременно горизонтально (вдоль высказывания) и вертикально (от выражения к содержанию); противостояние и объединение целой структуры и ее составляющих частей; радиальная схема этих компонентов и отношения их содержаний.

В работе подчеркнуто, что эти «противопоставления» появляются в процессе функционирования языковой системы и определяют как эти процессы, так и фундаментальное свойство цельности языка.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Wilhelm von Humboldt. Über das vergleichende Sprachstudium in Beziehung auf die verschiedenen Epochen der Sprachentwicklung. 1820.
2. Мельчук И. Ф., Жолковский А.К. Толково-Комбинаторный Словарь русского языка, Вена, 1984.
3. Heidegger, Martin: Unterwegs zur Sprache, Pfullingen 1959 (Verlag Günther Neske) p. 239-268.
4. Чикоидзе Г. Б. Сетевое представление морфологических процессоров. Институт Систем Управления им. А. И. Элиашвили Груз. АН (типография «Интеллекти»), Тбилиси, 2004, (монография – 28 печ. л.).
5. Чикоидзе Г. Б. Интерактивный режим корректировки морфологического генератора. Материалы международной научной конференции «Вербальные коммуникативные технологии», изд. “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, 2008, Тбилиси, стр. 190-196.
6. Чикоидзе Г. Б. Параллельность и инвариантность в языковых моделях. Тезисы докладов и сообщений школы-семинара «Семиотические аспекты формализации интеллектуальной деятельности», Кутаиси, 22-28 апреля 1985 г., стр. 411-414.
7. ლორთქიფანიძე ლ.: ენის მორფოლოგიის წარმოდგენა ექსპერტულ სისტემაში. სსიპ არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, N11, თბილისი, 2007 წ. გვ. 175-181.
8. Мельчук И. Опыт теории лингвистических моделей “Смысл↔Текст”. 1974, изд. “Наука”, Москва.
9. Апресян Ю. Д. Лексическая семантика. Синонимические средства языка. 1995 Избранные труды, том. 1. Школа «Языки русской культуры», изд. «Восточная литература» РАН.
10. Fillmore, C. J. (1968). The case for case. In E. Bach, & R. T. Harms (Eds.), Universals in linguistic theory (pp. 1-88). New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston.
11. Van Valin et al. 1997. Co-author: R. J. La Rolla. Syntax. Structure, Meaning and Function. Cambridge University Press.

Interactive Synthesis of Georgian Sentence

George Chikoidze, Nino Javashvili, Anna Chutkerashvili

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

Abstract

Interactive regime based on dialogue between the user and computer system is proposed as a means for production of Georgian sentence, which should serve as the input for generator of quasi-synonymous utterances. System is represented by means of somewhat transformed Morphological Nets. It is supposed that besides the synthesis of the sentence, may be useful for some psycholinguistic researches and such application systems as automatic translation.

Keywords:

sentence synthesis, interactivity, morphologic nets

1. The origin of Language model theory is [1]. The synthetic direction of this model functioning is there proposed as a generator of (quasi-)synonymous sentences with input represented by some, supposedly most neutral sentence, semantics of which should as near possible to the common semantic birth of the whole set of all sentences generated in this way.

The tenor of this work is a try to make more exact and definite at least the first step of this process that is the choice of its initial input.

It seems, that the proposed for solution of this problem interactive approach, realizes both crucial aspects of the process: some “freedom” of choice for the user and quite “strict” control of her/his decisions.

Already built component of this dialogue system produces the “core” structure of input Georgian sentence: the system asks the user questions concerning the meaning (semantics) of her/his intension (“thought”) and on the basis of user’s answer builds the grammatically correct core structure, based on the concept of Georgian verb super-paradigm [2].

The system is represented by means of duly adopted Morphologic Nets [3].

2. In this paragraph we will consider the sources and addresses of information, which should be received, stored and used in the course of supposed interactive process. The most important, external source of this data, which defines the general style of system functioning, is the user (U), which, firstly, supplies the initial input, which should serve as a basis for definition of the “nucleus” of future sentence, and this initiates the processes as a whole; after that the U continues to “feed” the system with all information, which it cannot procure independently; so, U must “name” all other members of the sentence and define all grammatical features, which cannot be defined proceeding from the already received data (e.g. the tense of verb or the number of nouns).

Each act of this “information flow” should be initiated by the some “question” proceeding from the system and the character of the “questions” should depend on some of supposed peculiarities of the U(ser) and, particularly, on the supposed level of her/his language knowledge and understanding of the system structure and functioning. These essential and valuable (even from some fundamental point of view) details will be touched later.

Another precious source of information for this (and all other) language model is a dictionary. One of the main principles, to which the system functioning must be subjected, is a “minimalising” of addresses to U(ser) and a single basis for following this principle is “maximal” use of the internal source

of information, that is – of dictionary (D). The dictionary, on its turn, must be sufficiently “rich” with corresponding information to satisfy the requirements of this principle.

The most essential characteristic of the dictionary supposed as a basis for the system under consideration is inclusion in it of morphologic generator (PG- paradigm generator), which generates full paradigm of the addressed lexical unit.

Other meaningful feature of this dictionary is addition of special units, which correspond to verbal super-paradigm (SP), which imply the unity of verbal paradigms derived from the one and the same lexeme. The detailed consideration of this concept in the context of Georgian language is given in [2]; only the content of such SP units –SPU will be underlined here:

$$\text{SPU: LXF | T | P1 | P2 | \dots | Pn} \quad (2.1)$$

The symbolic of (2.1) means:

LXF is the word form or its part (stem, root), which represents this SP as its “head”, and serves for identification with this unit of arbitrary its member, that is verb form belonging to one of its paradigms;

T represents the type of SP, which characterizes the peculiarities of the given SP and peculiarly its “deviations” from the “regular” (r) SP structure (in that, what follows we shall imply this “regularity” only);

P_i are pointers to the dictionary units, which represent the verb paradigms belonging to the given SP.

Naturally the assignments of these parameters are constant for each SP unit. Differently from this the characteristics of output sentence members vary in the course of process. For example, the current information block (B) of the sentence “nucleus”, that the verb, which expresses the predicate (PR) on semantic level of structure, will be represented by the following set of parameters

$$\text{PR: SP | DU | WF | VC | M | S | A | T | RW | PSj | Nj |} \quad (2.2)$$

where parameters have the following meaning:

SP – is a pointer, which fixes the position in the dictionary, where the SP unit is placed, to which the verb belongs;

DU – analogously points at the dictionary unit, which corresponds to the paradigm, which includes the given verb form;

WR – is assigned by verb forms, which change during the output verb form, which represents the PR on the surface level;

VC, M, A, T – parameters represent the usual grammatical categories of verb: Voice, Mood, Aspect and Tense respectively;

These categories may have the following set values:

VC – voice, c(ausative), a(ctive), p(assive) (by that a and p value may be additionally marked by “+” symbols, which mean the explicitly addressed by affixes version: a+, p+ (e.g. uk’eteb’s – ‘makes for him/her’, uk’etdeba – is being made for him/her));

M – n(arrative), c(onjunctive), i(mperative);

A – p(erfect), i(mperfect);

T – pr(esent), p(ast), f(uture);

The **PR** block includes also some peculiar for Georgian language features:

S – series with values: I, II, III;

RW – row (mc’k’rivi), enumerated by numbers 1 to 12.

The value of the category depends on the values of preceding ones (M, A, T, S) but for that decisively restricts the area of search for the finally required verb form; the only additional data, which are necessary to fix finally its position in the frames of whole paradigm are:

N_i, PS_i – number and person categories, characterizing the actants (one or two), to which the verb addresses explicitly by its affixes (N – s(ingular), p(lural), PS – 1, 2, 3).

The noun blocks, which correspond to the verb actants (and the end – to the semantic roles (SR)) have a far simple structure:

$$\text{SR}_i: \text{DU | WF | N | C | PS} \quad (2.3)$$

where **DU** points at the corresponding dictionary unit; N, C, PS – define the number, case and person of the noun; the values of N and PS are the same as in (2.2) block; as to case (C) its value spectrum is somewhat larger: n(ominative), g(enetive), d(ative), e(rgative), i(nstrumental), c(ircumstantial). The e, i, c, symbols correspond to following terms accepted in Georgian grammar: motxrobiti, mokmedebiti, vitarebiti.

The number and meaning of SR_i and corresponding informational blocks depend on the type of SP. Particularly, regular SP control four SR with their paradigm affixes: causer – CS, agent –AG, object – OB and addressee –AD. Each single paradigm of regular SP chooses one or two of these SR_i to address them explicitly with its affixes. The choice depends on value of VC category: so, causative addresses to CS and AG, active – to AG and OB or AD, passive – to OB only or to OB and AD.

Taking into account that SR_i designation is more “felicitous” in some context (e.g. in case of cyclic procedures), we will use the double symbolic for the names and pointers of these blocks:

$$SR_0 | CS, SR_i | AG, SR_2 | OB, SR_3 | AD \quad (2.4)$$

As a result, this paragraph defines the following operands for operators, which will be considered in the next section: two source of information (U(ser) and D(ictionary)) and five blocks for accumulation of the current data (PR, $SR_0 | CS, SR_1 | AG, SR_2 | OB, SR_3 | AD$). Supposedly, the data gathered in these blocks should be sufficient for production of the sentence core structure that is at the verb and its actants.

This kind of symbolic can be used also to supply the possibility of assignment to some components of current information blocks (C(B)) the value of some dictionary unit component $C'(DU^*)$. Such analogue of (2') operator will look like:



Remarkable characteristic of (2), (2'), (2'') operators is the fact that they somewhat violate the above proposed general scheme: particularly, their right arc label (RAL) represents the output, the result of this acts, which should be immediately assigned to the component marked by the node label (NL) (instead of data, which should serve as an input for the object marked by the left arc label (LAL), as it takes place in the rest of considered above operators (1), (3), (4)).

More radical contrast to the general scheme demonstrates operator realizing the choice between possible continuations of the process, which depends on the concrete value (vl_2) of some block component C(B):



This discrepancy between general scheme (5) operator interpretations of the labels “semantic roles” is based on the main orientation of the former on procuring and assignment of information to some block components, on the one hand, and on the obvious purpose of the latter to organize the structure of the process itself on the other hand.

In spite of different character of the process and their final aims, the both versions of net representation have much in common. In first instance, they have identical formal structure; nodes coming out of the arcs and trios of labels (NL, LAL, RAL) marking the node and both sides of arc.

Besides this, the semantics of the both means of representation has many points of coincidence, at last on the sufficiently high (perhaps, even metaphorical) level of abstraction.

From this “high” point of view, the processes, which take place in both structures, may be considered as instructions between four elements: one pair of them are participants of a “dialogue” and another pair of them represents “messages” which “move” between the pair of dialogue participants: one can be interpreted as a “question” and other as an “answer” initiated by this “question”.

It would be excessive to repeat the dependence of above defined operators (1)-(4) on this scheme. Thus we shall try to show, what relation to it may be ascribed to the morphologic net (MN) only. Alike to the above defined operators all three labels of MN are included in some kind of “dialogue”, on acts of which is based the whole process of morphologic activity in the frames of language model fourth (constantly implied) participant of these acts is the word form, which is synthesized or analyzed. The meaning of the labels is also unchangeable: NL expression some (grammatical) category, as a rule, the particular value of which is represented by LAL and expression of the latter (LAL) in the context of the current word form is given by RAL. Nevertheless, the functions of these participants in the course of “dialogue” acts depend on the direction of processing, that are different for the synthesis or analysis of word form. In the terms of above already used metaphor: during the synthesis the being produced word form “asks” the category (NL), what should be the current step of its development, in “answer” NL-category seeks the arc with LAL identical to its current value and proposes to the word form morphologic transformation (e.g. addition of some affix) represented by right label (RAL) of the same arc. In the case of the opposite direction (analysis) this scheme is “turned up”: “question” issues from category “answer” from word form, its final content is the required value of NL-category (LAL) chosen as according to the possibility of unification RAL with the word form (in the simplest case - the word form should include the affix expressed by RAL in the corresponding to this affix position). In both cases the “lucky” arc which satisfies the conditions, becomes the continuation of the net process.

Just the back of such “conditions” in functioning of (3.1)-(3.4) operators make difference between them and morphologic nets: the former always imply the “unconditional” receiving and assignment of information. The (3.5) operator must fill up this gap and so supply the possibility of choice among different branches of net structure, which is the basic feature of the net representation as a such.

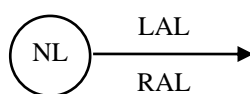
Lastly, the “economic” structurization of the net representation requires addition of more operator, which supplies possibility of cyclic procedures:



The (2.5') operator implies existence of an additional block (CC) with two components (I, L), which represent the variable **Index** and its **Limit** correspondingly; the use of (2.5') implies two preceding operators of (2.2) type, which assign to I and L the initial and final values of the variable I organizing the cycle (CC); the part of net subordinate to this cycle operator (2.5') is repeated till the moment, when I gets equal to L.

Alike (than somewhat otherwise structured) scheme was used already for Morphologic Nets.

3. General semantic of the net scheme.



N(ode), L(able), L(ef) A(rc) L(able), R(ight) A(rc) L(able)

The main scheme of semantic relations between these L(ables) is: NL asks the LAL what is its (NL's) value (RAL); RAL defines this value and assigns it to NL.

So, we have something like dialogue between NL and LAL, which designs by the question from NL to LAL, and ends by the answer of LAL, which satisfies the NL's requirement.

Naturally, the "question" of NL, that is LAL, must contain sufficient information to define for LAL, what "answer" is expressed from it.

These semantic relations between L(ables) are most obviously demonstrated by the central link of the interactive process, that is by the act of dialogue between the system and its user which is given below as the first (1) example: NL=C(B), LAL=U?, RAL=VL(C)



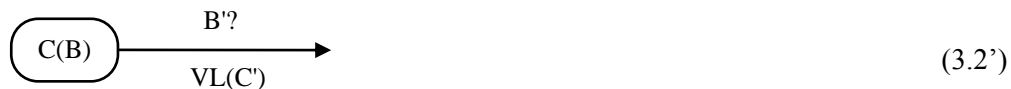
U(ser), B(lock) of the current information Value of C(omponent/category).

The question "VL(C)" is addressed to U: U's answer should define VL of C (B), which will be assigned to C(B).

The value (VL) of C can be defined and assigned without address to some external source (U). The simplest version of such assignment is immediate demonstration of VL in the operator context:



As a result, VL-value will be immediately assigned to C (B). The value of C may also be copied from some other (C') component of the same or another information block (B/B')



One more version of C(B) values (VL) definition is the address to the dictionary (D), which represents the most important sub-set (SS) of this interactive system as a whole, and at the same time, is its most internal component (and as a such is completely opposed to the U(ser)).

The proposed scheme of the sentence interactive synthesis is based, particularly, on the Georgian Computer Dictionary, created in the frames of the Project, supported by Rustaveli Foundation and fulfilled at the Institute of Control Systems (2009-2011). The specificity of this quite voluminous (nearly 100 000 units) dictionary is represented by inclusion in it of the Morphologic Processor, that is of the Morphologic Generator, which defines for each dictionary unit the whole list of its paradigm members. As a result of such combination, this dictionary (difficulty from the usual ones) represents the unity of language all word forms (and not the all lexemes only); and because of this it can "answer" by the concrete word form, if the question contains sufficient information for the choice of the needed form from the whole list of the corresponding paradigm members.

Thus the address to the dictionary can be interpreted like a twostep procedure: first of them implies the definition of the corresponding dictionary unit (DU) position in the dictionary; the other can be initiated by the "order" to generate the paradigm corresponding to the given unit and single out the needed member of this paradigm. The input of the former should be some (arbitrary) word form belonging to this unit paradigm; as for the latter its input should contain the whole information necessary

for the choice of the required form out from the whole set of paradigm members. Just so chosen word form should be returned by the second step and copied in corresponding block component.

Taking into account, that the dictionary unit includes, besides its paradigm, many other necessary data, it seems sensible to fix the position of the dictionary unit already identified or the first step for the further addresses to this information (without excessive operational expenses and “bothering” of the user). So, we will suppose, that the first step of addresses to the dictionary returns the pointer (PN) at the identified dictionary unit, which becomes the value of corresponding component of some block (B).

The difference between inputs/outputs of the above mentioned steps of procedure justifies their implementation by means of different operators with only restrictions: the activation of the first step operator should precede all other addresses to the fixed by it dictionary unit.

The first step, supplying the definition of dictionary unit to which belongs the given word form, can be performed by the following operator:

$$\text{DU(B)} \xrightarrow[\text{WF}]{\text{D?}} \quad (3.3)$$

According to many considerations, it seems sensible to single out the set of verbal super-paradigms and represent it as a separate list of SP units (SPL). Taking into account, that this list should be addressed by the predicate (PR) block only, we can realize this operation by (3.3')

$$\text{SP(PR)} \xrightarrow[\text{WF}]{\text{SPL?}} \quad (3.3')$$

Now the system can on the basis of information procured by (3.3) apply to so defined dictionary units and “require” from them the members of their paradigms, which represent just the word forms necessary in the context of the final output sentence. More exactly, this address should be made to the paradigm generating (PG) components of these units and must be accompanied by the grammatical data fixing the position of output word form in the list of generated paradigm members. Naturally, this bunch of grammatical features is different for each class of word forms and, in the first instance for the different parts of speech: operators (3.4) and (3.4') demonstrate this peculiarity on the examples of verbs which expresses the predicate, and nouns realizing all other semantic roles (SR_i), included in the set of blocks mentioned in the previous paragraph:

$$\text{WF(PR)} \xrightarrow[\text{RW+PRS}_1+\text{N}_1+\text{PRS}_2+\text{N}_2]{\text{PG(DU*) ?}} \quad (3.4)$$

$$\text{WF(SR)} \xrightarrow[\text{N+C}]{\text{PG(DU*) ?}} \quad (3.4')$$

According to (3.4), (3.4') it is necessary for definition of output verb form to supply information about its row (RW) and about grammatical features characterizing its actants (not more than two), to which the verb explicitly addresses by its affixes. Differently from this, it is sufficient in the case of noun to mention the values of its number (N) and case (C) categories.

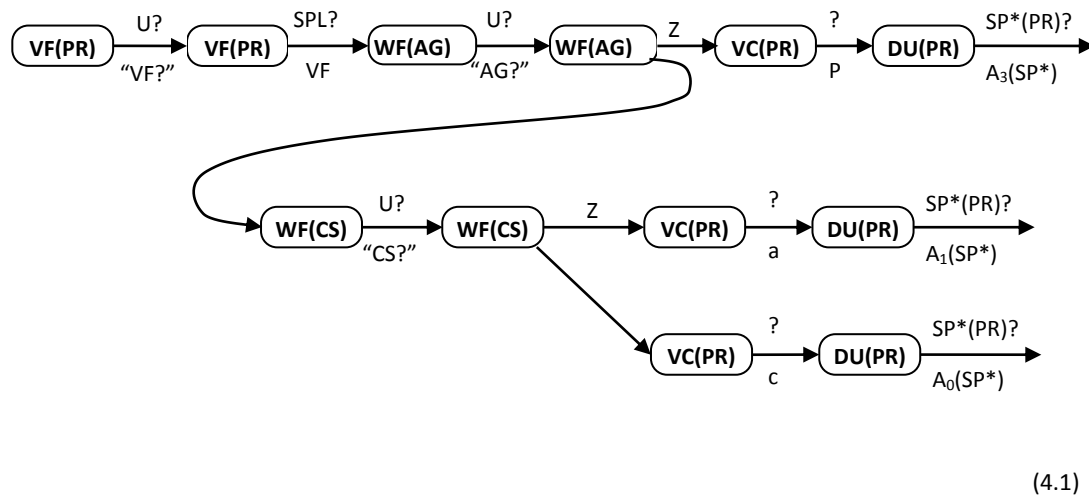
One more peculiarity of (3.4), (3.4') is the use of affixes (*) as the upper index of DU. This (usual for some programming systems) symbolic underlines the fact that the right arc label (RAL) of these operators implies the unit itself, but not the concert current value of DU component, which in reality is only the pointer oriented on this dictionary unit and defining its position in the list of all dictionary units.

4. The use of the operation system period in the preceding section is illustrated by the scheme (4.1-4.5) given below. This scheme produces in the course of interactive regime the main component of Georgian simple sentence – its core structure including the verb (“nucleus”) and its main actants.

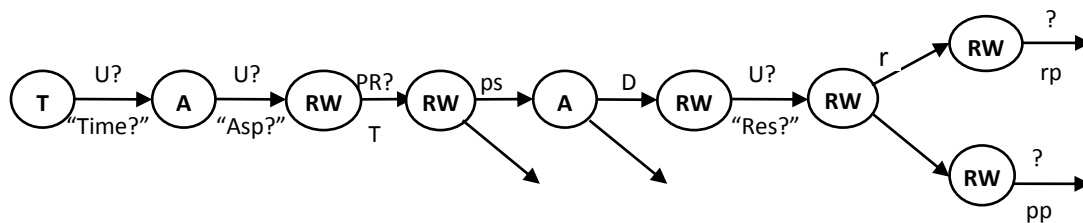
The process realized by this scheme is subject to the following basic restrictions: 1) it deals with verbs belonging to “regular” super-paradigm (SD) only; 2) it takes into account the verb forms of narrative mood only. In the result of the second restriction the set of rows (mc’k’rivi), to which may belong the produced verb, includes six members only: pr(esent), f(uture), p(ast), pp (past perfect) and rp (resultative perfect). The first trio of this symbolic (pr, f, p) is identical with designation of the tense (T) category values.

Each step of the (4.1-4.5) process implies some definite meaningful purpose. So, the first of them (4.1) receives from the user (U) the initial word forms, which “point” at the paradigms of the final verb and actant forms. After that (4.1) procedure defines the value of the voice (VC) category on the basis of semantic roles (SR_i) combination presented by the user; and this information, in its turn, is sufficient for definition of concrete paradigm, to which should belong the output verb form – VF (DR).

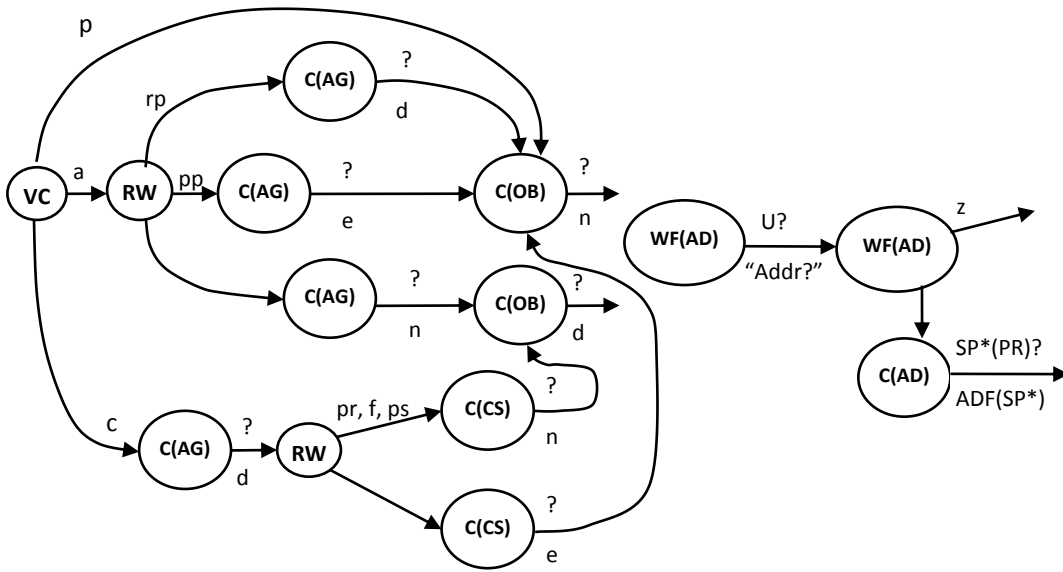
The field for search of VF becomes narrower after implication of (4.2), which defines the row (RW) of this paradigm, which includes the output VF. This definition is based on the values of these tense (T) and aspect (A) supplied by user (U).



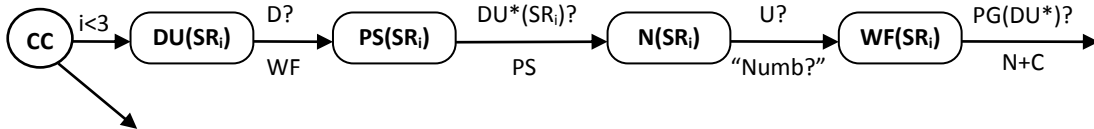
(4.1)



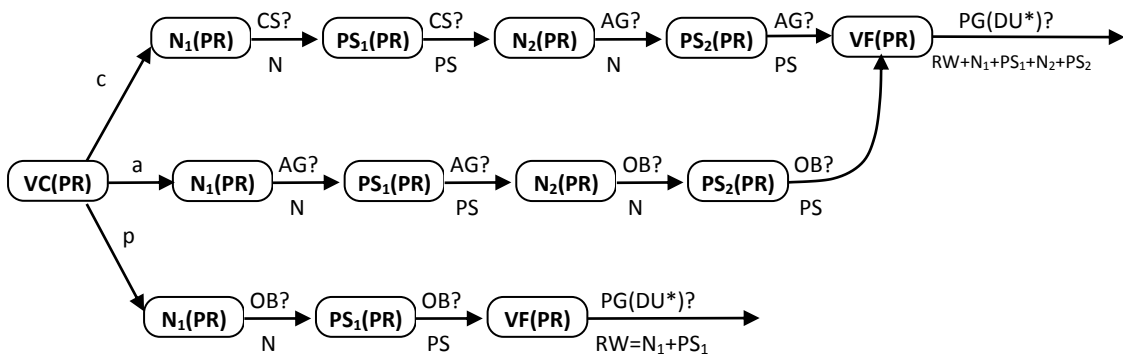
(4.2)



(4.3)



(4.4)



(4.5)

The combination of voice (VC) and row (RW) values is sufficient for definition of case (C) values characterizing the actant expression of semantic roles (SR_i), and just to this purpose serves the procedure (4.3).

The next step (4.4.) completes the data necessary for the choice of word forms (WF) expressing all semantic roles belonging to the core structure, that is, it receives number (N) values from the user and in addition defines the value of person category (PS) marking all SR_i (immediately from corresponding dictionary units (DU)). The sum of C, N data supplies possibility for the choice of the correct output WF among the members of paradigm generated by PG of DU corresponding to the initial WF proposed by the user.

The last step (4.5), firstly, singles out the semantic roles (SR_i), which should be explicitly addressed by VF affixes (on the basis of VC and RW values), and then sends their N and PS values together with RW value to the paradigm generator (PG) of (already defined on the (4.1) step) dictionary unit (DU).

As the final result, this interactive system (4.1-4.5) produces correct expression (VF, WF) for all members of core structure: PR and SR_i.

Perhaps the simplest example will make more transparent the functioning of this system.

Suppose, that the U answers the question about the process, which takes place, by the input *xaṭva* ('painting') and then (by means of corresponding questions) "acknowledges" as an agent of the process - *ḳaci* ('the man') and as its object (OB) - *surati* ('picture'), "ignoring" at the same time the causer (CS). The AG, OB pair (without CS) points at the active (a) paradigm of corresponding SP, defined by initial input (*xaṭva*). After this U makes more exact VF defining tense (T) and aspect categories: past (p) and perfect (p), what is sufficient for choice of the row (RW) - pp.

After this U must define the number categories (N) of AG, OB only (the person values (PS) will be received from the dictionary): N(AG)=N(OB)=3, PS(AG)=PS(OB)=3. Meantime (4.3) will define the case values of both SR_i: C(AG)=e, C(OB)=n, and in conclusion the system will produce:

ḳacma daxaṭa surati ('the man has painted a picture')
processing from the input sequence: *xaṭva* + *ḳaci* + *surati*).

5. This the last section presents some considerations about the main component of the system defining its peculiarities: that is about the dialogue between user and system. Style and content of this dialogue expert essential influence on possibilities of the system applications and the level of its use effectuality.

At the same time the correct choice of these contact means radically depends on the kind of the user itself. Of course, the simplest solution this problem takes place when the human partner of dialogue is represented by some "expert", that is by the person not only speaking the given language, but also having (some) knowledge of its theory (in first instance, - of its grammar). Such user will without any problems understand the questions formulated in the usual linguistic terms and give them correct answers quite acceptable for the system. Nevertheless, such kind of interactivity may be quite useful, and even - necessary, for testing and correction of the system.

After this, duly tested and corrected system can serve as a source of input for synthesizing direction of model functioning.

The main theoretical value of this "input source" is its intermediate position between speaker's intension and its verbal expression, between "thought", as the "soul" of utterance, and its language form, its "body" (according to Hegel). It can be imagined on, the most primitive ("naive") level of abstraction that transformation from "thought" to the utterance begins some analogue of "pattern recognition", where the part of "patterns" play the lexical units, and then precedes by the structuring of these units in correct grammatical sentence. Obviously, the proposed system acts alike to this primitive scheme and thus may serve as some "computer support" for its further development and perfection.

The important aspect of such psycho-linguistic researches is address to the "ordinary" (not "expert") persons as objects of these tests. This condition, in its turn, requires a simpler, more usual, and

understandable for them style of communication with computer system. So, in case of the above mentioned example more felicities should be questions as: “What is going on?”, “What happens?” (xaṭva - ‘painting’); “what is painted” (surati - ‘picture’); “Who paints?” (ḡaci - ‘man’); “Does he paint or has finished already?” (xaṭavs - ‘is painting’ - T=pr); ...

It can be mentioned in conclusion two more fields of possible application for this system. On the ground of some further development it may be used as a basis for analysis of text and in the frames of automatic translation system: in both cases the part of user will play already presented text.

ქართული წინადადების ინტერაქტიული სინთეზი

გიორგი ჩიკოიძე, ნინო ჯავაშვილი, ანა ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია მომხმარებელსა და კომპიუტერულ სისტემას შორის დიალოგზე დამყარებული ინტერაქტიული რეჟიმი, რომელიც, როგორც ქართული წინადადების წარმოების მექანიზმი, კვაზი-სინონიმური გამონათქვამების გენერატორის შესავლის ფუნქციას უნდა ასრულებდეს. სისტემა წარმოდგენილია გარკვეულწილად ტრანსფორმირებული მორფოლოგიური ქსელების საშუალებით. წინადადების სინთეზის გარდა, სისტემა შეიძლება გამოსადეგი იყოს ფსიქო-ლინგვისტიკური კვლევებისთვის და აგრეთვე, ისეთი გამოყენებითი სისტემებისთვის, როგორიცაა ავტომატური თარგმნა.

Интерактивный синтез грузинского предложения

Георгий Чикоидзе, Нино Джавашвили, Анна Чуткерашвили

Резюме

В статье рассмотрен интерактивный режим, основанный на диалоге между пользователем и компьютерной системой, который как механизм произведения грузинского предложения, должен выполнять функцию входа для генератора квази-синонимного высказывания. Система представлена посредством отчасти трансформированной морфологической сетью. Кроме синтеза предложения, система может быть полезной для психо-лингвистических исследований, а так же для автоматического перевода.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Мельчук И. Опыт теории лингвистических моделей “Смысл↔Текст”. 1974, изд. “Наука”, Москва.
2. Чикоидзе. Г. Систематизация значений некоторых классов языковых единиц. Институт Систем Управления Арчила Элиашвили, Тбилиси, 2010 (Монография 27 печ. л.).
3. Чикоидзе Г. Сетевое представление морфологических процессоров. Институт Систем Управления им. А. И. Элиашвили Груз. АН (типография «Интеллекти»), Тбилиси, 2004, (монография – 28 печ. л.)

Morphological Analyser of Georgian Language Subsystems

Liana Lortkipanidze, Levan Makrakhidze

l_lordkipanidze@yahoo.com

Abstract

The morphological analysis is one of the important fields of natural language processing. Our approach for the description of the morphological systems of languages uses training from word change paradigms. In the word-forms the prefixes, lemmas and suffixes are automatically distinguished and it promotes word change model creation. The realized algorithms allow simple compilation of the morphological module practically for any language of inflectional type.

The previous works included the development of a modern Georgian linguistic processor. However, it could not serve for morphological analysis of all Georgian language subsystems, as there is a big lexical, graphical and morphological difference between them. We have developed an analyser with flexible capacity of adaptation for language systems with different spelling. In the article, the development of the morphological analyser for Georgian language subsystems is described.

Key words:

Linguistic processor, morphological analysis, language subsystems.

A modern Georgian language processor cannot serve for morphological analysis of all Georgian language subsystems [1-4], as there is a big lexical, graphical and morphological difference between them. We have developed an analyser with flexible capacity of adaptation for systems with different spelling.

It is impossible to use a modern Georgian language processor for Georgian language subsystems with different orthography. First, it is about graphic configuration of letters. Besides, the vocabulary as well as morphology of these subsystems is different.

The analyser is not rigidly attached to a specific dialect and can be used for any of them. However, the rules of tokenization and grammatical model are needed. Information of the specific sub-language, which are lemma, paradigms, inflectional affixes, stem etc., is not built-in in the code of program application. Special notation has been developed for storing of any word-form building information, which can be easily read or corrected in case of need.

In the algorithm of the analyser a special mechanism of adapting to orthographical subsystems of Georgian languages is stipulated. During the analysis, the input text will be normalized. It might correspond to several orthographical versions. This approach gives the possibility to analyse the texts that consist of words written by any orthography.

The algorithm of the analyser consists of the following stages:

- 1) Tokenization – the program separates tokens and non-identical word forms from the text.
- 2) Normalization – the program transforms the word form into inner representation and the initial form is stored for output.
- 3) Morphologic analysis – Program divides the word form, transformed into inner representation, into stem and possible version of flexion. Then for each version there are verified the following additional conditions:
 - Correspondence between the initial lexical form and the presented flexion;
 - Correspondence between the paradigm and the presented stem of flexion;
 - Correspondence between flexion and grammeme.
- 4) If the program is not able to find the exact equivalent of the modern Georgian language lemma, it utilizes the table of word endings and their possible statistical analysis.

Analysers are based on the morphological models of Akaki Shanidze [5]. It consists of the vocabulary of Georgian language explanatory dictionary [6]. The peculiarity of Georgian languages may be divided conventionally into following groups:

- Orthography: additional letters, writing in other form;
- Inflection: forms and grammemes different from the modern Georgian language forms.
- Vocabulary: different from the modern Georgian language.

1. Orthography

In the Kartvelian alphabet there are letters, which don't occur in the modern literary language: ჳ ო ზ ლ ზ ჟ ჭ.

In the Kartvelian languages, the letter ჳ sounds like eo diphthong. In the modern Georgian language it is replaced by the vowel e. (mepლ -> mepe 'king', ჳs->es 'this', sidzლ->sidze 'son-in-law', sakmლ->sakme 'business').

In the Kartvelian languages, the letter ო is not syllabic. In many cases, it forms diphthongs: აო, ეო, ოო, ოუ. In the modern Georgian language, it is replaced by the corresponding vowel depending on where the ო letter occurs: in the stem, in the prefix or in the ending of the word. (gaodzvera ->gaidzvera 'bilker', dabaო -> daba 'town', maohk'ide -> mohk'ide 'grab').

Sometimes the letter ო mark is palatalized when pronounced and some consonants occur in the equivalent words. (googe -> gavige - 'I understand', gookharev -> gavikhareb - 'I'll be happy', doonakh -> davinakhe - 'I saw', sheshaო->sheshas - 'firewood', gaak'eteო -> gaak'etes - 'they made', aasheneო -> aashenes - 'they built', im kveqanaო -> im kveqanas - 'that country').

In Kartvelian languages, the letter ზ is e diphthong. The first part of it is non-syllabic u and the second part is syllabic i. In modern Georgian ზ is usually replaced by vi. (mshz̄dobis -> mshvidobis - 'of peace', t̄zsi -> tvisi - 'his/her', it'q̄zs -> it'q̄vis - 'he/she will say').

In the modern language, the letter ლ is replaced by x in all the words. (ლeli -> kheli - 'hand', muxli -> muxli - 'knee', ლortsi -> khortsi - 'meat', venaლi ->venaxi - 'vineyard').

ჟ was a closed o with a diphthong-like character (close to oū). Later it was replaced by o. (ჟusjulono -> o usjulono - 'faithless', ჟsanna -> 'Asana').

ჭ is a dull spirant. It is not a typical sound for the Georgian language and it has come by influence of foreign languages. ჭ is replaced by various consonants according to the situation. (ჭarsulad -> sp'arsulad - 'Persian', naჭti -> navti - 'kerosene', čaჭqare -> čavqare - 'I poured into', aჭt'apa -> aghstapa - 'Agstafa').

Aside from the six marks listed above, the following ones occur in the different dialects of Georgian texts:

A non-syllabic u - û; long vowels - ā, ē, ī, ō, ū; a narrow vowel - ỹ; stressed vowels - á, é, í, ó, ú; umlauted vowels - ä, ö, ü; irrational vowel - 2. The rules for transforming the word forms with those marks into the modern Georgian will be detailed presented in the report.

2. Inflection

Grammatical models of Georgian languages differ from the modern Georgian. That is why it is necessary that the analysis include the additional grammatical model, which is not in the modern Georgian. Morphemes, which form: conjugation, participle, preposition etc. have different phonetic variety [7]. We have registered all the differences and developed an algorithm for transforming morphemes of word building for each subsystem into modern morphemes.

3. Vocabulary

The difference between the Georgian languages and the modern literary Georgian in vocabulary is also important. In the modern texts, the word is presented in only one version; however, other Georgian languages may have several different ones. The algorithm of transforming a word into modern Georgian forms for each subsystem on the basis of the old Georgian, Megrelian, Laz, Svan and other dictionaries have been developed.

- If a word only orthographically differs from the modern Georgian one, it will be normalized – different morphemes will be replaced by modern Georgian versions. (menadire -> monadire 'hunter', p'at'eni -> bat'oni 'sir', moore -> meore, gots'khiri -> k'ots'akhuri 'Barberry', mœore -> meore 'second');

- If an orthographically different version does not occur in the modern Georgian, the vocabulary (lexical) model will be widened and the word will be added to the corresponding modern Georgian as a new lexical version.

In the near future, we are going to create a valuable lexical database of Georgian languages. First of all a grammatical dictionary will be developed in which the main lexemes and grammatical forms of all the subsystems of Georgian languages will be combined. Following sources will be used for the lexical basis:

Georgian language explanatory dictionary

Dictionary of Georgian language morphemes and modal elements.

Old Georgian language dictionary [8].

Georgian Verb Conjugation System [9].

The dictionary of Georgian verb stems [10].

Dictionaries of Georgian Dialects: Megrelian, Laz, Svan, Imeretian, Rachian, Gurian, Kakhetian and Ingiloan.

ქართული ენის ქვესისტემების მორფოლოგიური ანალიზატორი

ლიანა ლორთქიფანიძე, ლევან მაკრახიძე

რეზიუმე

მორფოლოგიური ანალიზი ბუნებრივი ენის ავტომატური დამუშავების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი კომპონენტია. ენის მორფოლოგიის აღწერა ჩვენს სისტემაში წარმოდგენილია სიტყვათა ბრუნებისა და უღლების პარადიგმით. წინა სამუშაოებში დასრულდა თანამედროვე ქართული ენის ლინგვისტური პროცესორის რეალიზაცია. მაგრამ ის გამოუსადეგარია სხვა ქართველური ენების დიალექტებისთვის, ვინაიდან მათ შორის დიდია ლექსიკური, გრაფიკული და მორფოლოგიური განსხვავება. ჩვენ შევიმუშავეთ ქართული ენის ქვესისტემებზე ადაპტირებული ანალიზატორი. სტატიაში განხილულია ანალიზატორის შემუშავების პრინციპები.

სტატიაში აგრეთვე განხილულია ქართული ენის ავტომატური მორფოლოგიური ანალიზატორი. თანამედროვე ქართული ენის ანალიზატორზე დაშენებული პროგრამული მოდული ქართული ენის სხვადასხვა დიალექტების მორფოლოგიური ანალიზის საშუალებას იძლევა. სისტემა შეიძლება გამოსადეგი იყოს ავტომატური მორფოლოგიური ანალიზისა და სინთეზისთვის.

Морфологический анализатор подсистем грузинского языка

Л. Лордкипанидзе, Л. Макрахидзе

Резюме

Морфологический анализ является одной из важных областей обработки естественного языка. Наш подход к описанию морфологических систем языков использует обучение из парадигм словоизменения. В словоформах автоматически выделяются префиксы, леммы и суффиксы, что способствует созданию модели изменения слова. Реализованные алгоритмы позволяют легко составить морфологический модуль практически для любого диалекта грузинского языка.

Предыдущие работы включали разработку современного грузинского лингвистического процессора. Однако он не может служить для морфологического анализа всех подсистем грузинского языка, поскольку между ними существует большая лексическая, графическая и морфологическая разница. Мы разработали анализатор с гибкой способностью адаптации к языковым системам с различным написанием. В статье описывается разработка морфологического анализатора для подсистем грузинского языка.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Lortkipanidze L. (2003), Record and reproduction of morphological functions. Proceedings of the 5th Tbilisi Symposium on Language, Logic and Computation. ILLC, University of Amsterdam CLLS, Tbilisi State University, Amsterdam.
2. Lortkipanidze L. (2011) Software Tools for Morphological Annotation of Corpus. Proceedings of the International Conference “Corpus Linguistics – 2011”. Russia, St. Petersburg, (in Russian).
3. Beridze M., Lortkipanidze L., Nadaraia D. (2015). The Georgian Dialect Corpus: Problems and Prospects. "Historical Corpora. Challenges and Perspectives". Narr Francke Attempto Verlag GmbH & Co. KG · editorial department Tillmann Bub Dischinger Weg 5, 72070 Tübingen, Jost Gippert / Ralf Gehrke (eds.) CLIP, Vol. 5)
4. Beridze M., Lortkipanidze L., Nadaraia D. (2015). Dialect Dictionaries with the Functions of Representativeness and Morphological Annotation in Georgian Dialect Corpus. Theoretical Computer Science and General Issues. 10th International Tbilisi Symposium on Logic, Language, and Computation, TbiLLC 2013, Gudauri, Georgia, September 23-27, 2013, Revised Selected Papers. Publisher: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
5. Shanidze Ak. (1953). The works in XII volumes, vol. III. The Basis of Georgian Grammar, Tbilisi, (in Georgian).
6. Chikobava Arn. and all (1951). Georgian language explanatory dictionary. Tbilisi.
7. Jorbenadze B. (1988). Dictionary of Georgian language morphemes and modal elements. “mecniereba”, Tbilisi.
8. Abuladze I. (1973). Old Georgian language dictionary. “mecniereba”, Tbilisi.
9. Melikishvili D. (2001). Georgian Verb Conjugation System. Logos Press, Tbilisi.
10. Gogolashvili G., Kvantaliani Ts., Shengelia D. (1989). The dictionary of Georgian verb stems. “Metsniereba”, Tbilisi.

Derivation Models According to Otar Tchiladze Text Corpus

Nino Javashvili, Anna Chutkerashvili

ninojavashvili@yahoo.com, annachutkerashvili@gmail.com

Abstract

The paper presents some models of word-formation and statistical data according to the corpus of the novels by Georgian writer Otar Tchiladze. There are shown some problems of word production, also some ways and forms of using word-formation.

Derivation is an important part of lingual knowledge. It implies formation of new lexical units, which are created by adding derivation affixes to the stem of a noun. The elements that take part in word-formation differ in semantics and activeness. Therefore, it is more convenient to consider not separate derivative elements but the models that include these elements.

Keywords:

derivation models, productive word-formation, affixation

Language constantly develops - changes morphologic structure of a word, separate words or word patterns also change semantically. The most natural are the transformations of the lexical units. A language is able to derive new words. Derivation implies formation of new lexical units, which are created by adding derivation affixes to the stem of a noun.

The elements that take part in derivation differ in semantics and the way they form words. Therefore, it is more convenient to consider not separate derivative elements but the models that include these elements.

There are various models of word-formation of natural language. Formation of new words can be regular or irregular. The models of word-formation differ into productive and unproductive models. The model is productive if new words are produced after it in a language.

Productive word-formation is the topical one today. "Word-formation" has broad meaning in Georgian. It also means derivation that on its turn means creating new words not only by affixation but also by composition. Learning productive means of word-formation helps to develop word-formation process in a language. In the process of composing the rules and means of word-formation, differ in activeness.

Derivative models considered in the paper are based on text corpus according to Otar Tchiladze novels [1]. The corpus based on six of his novels consists of 95126 words. The text of the corpus is annotated with morphological, syntactic and semantic markers. Ambiguity is partly removed at all levels in the text. The corpus was created at the department of Language and Speech Systems of Archil Eliashvili Institute of Control Systems of the Georgian Technical University in the frames of the project "The full (morphological, syntactic, semantic) annotation system of Georgian Language corpora" supported by The Shota Rustaveli National Science Foundation (FR/463/4-105/12, 2013-2016).

Nowadays spoken language and printed media is full of barbarisms and new terms, as well as, with new composed words that is natural for language development. The research showed that Otar Tchiladze mostly uses Georgian affixes for derivation. From all the affixes that have the same meaning, he chooses the Georgian ones rather than the ones from foreign languages that are commonly used in the Georgian language, e.g. prefix *anti-* occurs only once in corpus; He never uses such affixes as *super-*, *ex-*, *extra-*, *dis-*, although these affixes are very common in Georgian language.

In the corpus among the words formed with the affixes of foreign origin occur the words with affixes *-ist* and *-izm* most often but they cannot be considered as the affixes of word-formation. These words came and were established in the language together with their suffixes. This does not mean that *-ist* and *-izm* suffixes are not productive in the Georgian language. Both suffixes are used to produce the words, which define profession, trade, follower of some kind of doctrine. Otar Chiladze does not use these affixes to create a new word. He prefers Georgian derivative suffix *-oba* that is mostly equal to foreign ones. For example, *k'ašel-oba* (Kasheli – surname of the character of the Novel) here *-oba* generalizes the qualities that is characteristic to a person in this case to someone whose surname is Kasheli and is used as a phenomenon that is characteristic to certain type of people.

Word-formation with infix or only prefix is quite rare in Georgian. Exceptions are the words formed with *ara-* ‘no’ prefix (*ara-damajerebeli* – ‘unconvincing’, *ara-normaluri* – ‘abnormal’, *arasrulc'lovani* – ‘under-age (under 18 years old)’). It occurs in corpus 123 times. Circumfixes are more common in Georgian language: names of purpose e.g. *sa-qur-e* (earring), *sa-pul-e* (purse); names of previous situation *na-p'ur-al-i* (field where wheat was grown last year); names of profession *me-cxvar-e* (shepherd), *me-zḡva-ur-i* (sailor), etc.

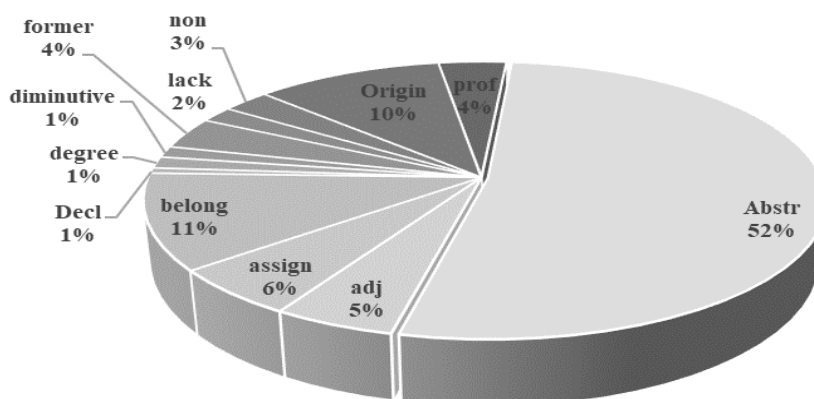
Derivative models of nouns are mainly considered in the paper. There is quite a lot gerund word-formation in the corpus and the author creates very interesting models, but we don't consider them in the paper.

Types of word-formation distinguished in the corpus correspond to the contextual groups in Georgian language described by A. Shanidze [2]. Here we consider twelve types of word-formation. Each of them consists of different derivative models.

The Derivation types are the following:

- Abstract names;
- The names of the origin;
- The words expressing belongings;
- The names expressing lack;
- The names of the former condition;
- The words expressing profession;
- The names expressing degree;
- Diminutives;
- The names expressing assignment;
- Declination affixes;
- Prefixal word-formation;
- Adjectives.

Derivation Types



Abstract names

The numerous and the most productive in the corpus is the type of abstract names that combines three models. These are the models derived by *-oba* (*bavšv-oba* – ‘childhood’) – 1086 words, *-eba* (*bednier-eba* – ‘happiness’) suffixes – 383 words, as well as the models that are produced by circumfix *si- -e* (*si-lamaz-e* – ‘beauty’) – 936 words.

The most words are derived by *-oba* suffix. The author is characterized using proper names of a certain person with *-oba* suffix to express a certain phenomenon e.g. *oidip'os-oba*, *ekvtim-oba*, *egnat'-oba*, *mak'abel-oba*, *k'ašel-oba*, etc. (Ekytime, Egnat'e, mak'abeli, K'ašeli are the characters of the novel); generally, in Georgian public and religious celebrations are often produced by adding *-oba* to private names (*nino-oba* – ‘Feast of St Nino’, *tbilis-oba* – ‘Feast for the honour of Tbilisi’, etc.)

-oba expresses being not only human, but things as well (*tojin-oba* – ‘being a puppet’, *cxvr-oba* – ‘being a sheep’, *potl-oba* – ‘being a leaf’). The writer often uses the suffix to generalize family members as a phenomenon (*ded-oba* – ‘maternity’, *mam-oba* – ‘paternity’, *maminacvl-oba* – ‘being a stepfather’, *ger-oba* – ‘being a stepchild’, *deid-oba* – ‘being an aunt (mother’s sister)’, *mamid-oba* – ‘being an aunt (father’s sister)’, *rʒl-oba* – ‘being a daughter-in-law/ being a sister-in-law’, *dedamtil-oba* – ‘being a mother-in-law’).

There are not many words derived by *-oba* suffix in Georgian language. The author formed lots of words with *-oba* specially for his novels. Perhaps that is the reason why it is so productive in the corpus.

The names of the origin

In the names of the origin, there are five models of production: *-el-*, *-ur-* (*-ul-* in cases when *r* occurs in a stem), *iur/iul*, *eul*, *del*. The most productive of them is the suffix *el* (201 words), which mainly marks the origin and is used for people, e.g. *evrop-el-i* – ‘European’, *tbilis-el-i* – ‘smb. from Tbilisi’. The suffix also expresses follower of something/someone (*volt'erian-el-i* – ‘Voltairean’).

In addition to various prefixes, the suffixes *-ul/-ur* mainly compose participles (2536 words) that we do not consider in the paper. When composing names, the affix *-ul/-ur* express the origin, e.g. *sopl-ur-i* – ‘rural’, *samxret-ul-i* – ‘southern’, *jadokr-ul-i* – ‘magic’ (135 words). O. Tchiladze creates a very interesting word using the suffix- *mocart'-ul-i* – something like a Mozart style.

In the Corpus there are 64 words produced by *-iur/-iul* expressing the belonging and origin (*mšobl-iur-i* – ‘native’, *provinc-iul-i* – ‘provincial’).

There are 55 words derived from the *-del* suffix, which express the origin in terms of time (*dedobam-del-i* – ‘pre-motherhood’, *gušin-del-i* – ‘yesterday’s’, *axlan-del-i* – ‘present’).

eul is attached to the form of a Genitive case and expresses the belonging and the origin (*mamis-eul-i* – ‘paternal’, *čem-eul-i* – ‘(sth) what used to belong to me’, *samotxis-eul-i* – ‘Smth. that is from Paradise’). It is also added to the root of the noun and expresses the variety or species that unite different kind of things. Sometimes *oba*, that expresses collective nouns, is added to the suffix (*rk'in-eul-oba* – ‘ironware’, *t'k'bil-eul-oba* – ‘sweets’). There are only 29 words.

The words expressing belongings

Words that express belongings in Georgian are produced by the *-ian*, *-ier*, *-osan*, *-ovan* and *-ed* suffixes, respectively there are five models. In corpus the most productive suffix of these is *-ian* e.g. *zol-ian-i* – ‘striped’, *mz-ian-i* – ‘sunny’ (337 words). The rest of suffixes are less productive in Georgian language that is also reflected in O. Tchiladze texts:

-ier (*sit'qv-ier-i* – ‘verbal’, *mic'-ier-i* – ‘earthly’, *c'am-ier-i* – ‘momentary’) – 61 words;

-ovan (*asak'-ovan-i* – ‘aged’, *saxel-ovan-i* – ‘famous’, *surnel-ovan-i* – ‘aromatic’) – 46 words;

-osan (*c'ver-osan-i* – ‘bearded’, *sakm-osan-i* – ‘businessman’, *orden-osan-i* – ‘order-bearer’) – 19 words;

-ed (*šaravand-ed-i* – ‘halo’, *ujr-ed-i* – ‘cell’) – 13 words.

The suffix *-ier* shows owning inner qualities, inner potential and thus is different from *-ian* model. *c'ign-ian-i* – ‘having book’, *c'ign-ier-i* – ‘literate’.

The names expressing lack

The names expressing lack of something are produced by circumfix. This type is less productive in the corpus; there are only 2 models and just 86 words that are derived in this way. The affixes are the following: *u- -o*, *u- -ur/-ul*.

u- -o: *u-bolo-o* – ‘endless’, *u-borot'-o* – ‘kind; without malice’, *u-sašvel-o* – ‘helpless, beyond help’,
u-sinatl-o – ‘sightless, blind’, *u-sxeul-o* – ‘immaterial’, *u-xipat-o* – ‘safe’, *u-xmaur-o* –
‘noiseless’ – 44 words.

u- -ur/-ul: *u-per-ul-i* – ‘pale, colourless’, *u-bed-ur-i* – ‘unlucky’, *u-gem-ur-i* – ‘in bad taste’,
u-gun-ur-i – ‘senseless’, *u-k'ac-ur-i* – ‘uninhabited’, *u-sakm-ur-i* – ‘idle’, *u-sus-ur-i* –
‘feeble’ – 42 words.

The names of the former condition

The type of names of the former condition expresses the existence of what the name was before. Expressing the previous situation is considered as the specific peculiarities of the Georgian derivation that was first noted by A. Shanidze [2].

The Georgian language is able to describe a certain thing showing what it looked like in the past or how it is at present in comparison with the past one. The derivate expresses different forms of existence. Semantic relations between the basic word and the derivate shows:

- a) The thing, which was the same as the one expressed by the title word:
minist'ri - ‘Minister’ – *na-ministr-al-i* - ‘The person who once worked as a minister’,
yma - ‘serf’ – *na-ym-ev-i* - ‘The person who once was someone’s serf’
- b) The place, where there was the thing the title word expresses:
sopeli - ‘village’ – *na-sopl-ar-i* - ‘a place, where once was a village/which used to be a village’
venaxi - ‘vineyard’ – *na-venax-ar-i* - ‘a place, where once was a vineyard’)
- c) The thing that was in the place the title word indicates:
saydari - ‘church’ – *na-saydr-al-i* - ‘an object, where once was a church’)
saxli - ‘house’ – *na-saxl-ar-i* - ‘an object, where once was a house’)
- d) The time that has already passed:
gviani - ‘late’ – *na-gvian-ev-i* - ‘to be late more than expected’,
šuaďe - ‘noon’ – *na-šuaď-ev-i* - ‘afternoon’.

The types of former situation are produced by *na-*, *na- -ev*, *na- -ar/al* affixes: This type of word processing is quite productive in Georgian. The writer has also produced a number of interesting words:

na-samšobl-ar-i – ‘a country, which used to be a motherland’,
na-balax-ar-i – ‘a place where grass grew (last year)’,
na-gamocd-ar-i – ‘a person who has just passed an exam’,
na-dyeob-ar-i – ‘a person who has just had his/her birthday’, ‘a person who has just been at birthday party’,
na-mdinar-ev-i – ‘a place where once used to be a river’,
na-sxvis-ar-i – ‘smth which used to belong to smb’,
na-creml-ar-i – ‘that means: signs of tears on the letter’,
na-γvin-ar-i – ‘tipsy see’,
na-γvin-ev-i – ‘after a few drinks of wine’.

The words expressing profession

There are two models in the type expressing profession, both models are produced by affixes: *me- -e* and *me- -ur/-ul*. The names of profession are mainly produced from the stem of noun. There are quite a few models of *me- -ur/-ul* (*me-zγva-ur-i* – ‘sailor’, *me-barg-ul-i* – ‘porter’).

Many of the words used by the author in the corpus are not used at present because such professions do not exist anymore:

me-drog-e – ‘a person who drives four-wheel cart’,
me-et'l-e – ‘coachman’,

me-tuluxč-e – ‘water-carrier’,
me-urm-e – ‘carter’,
me-cixovn-e – ‘fortress guard’,
me-xark'-e – ‘tribute-collector’.

However, *me-* *-e* circumfix is rather productive in contemporary Georgian language: *me-tevz-e* – ‘fisherman’, *me-ezov-e* – ‘janitor’, *me-bay-e* – ‘gardener’, *me-val-e* – ‘creditor’, *me-nagv-e* – ‘garbage collector’.

In general, such types of names are easily generated from nouns. Derivate is not necessarily to express a profession or speciality. Sometimes it can be a characteristic or a feature. There are many examples of this in the corpus:

me-saiduml-e – ‘a person who is good at keeping others' secrets’,
me-login-e – ‘woman who has just given birth’,
me-ambox-e – ‘rebel’,
me-ojax-e – ‘family man/woman’,
me-zyap'r-e – ‘tale-teller’,
me-ocneb-e – ‘dreamer’.

The names expressing degree

In the names expressing degree there are two models. Comparative is produced by *u-* *-es* affix (*u-k'et-es-i* – ‘better’) and the degree expressing the lack of quality by *mo-* *-o* affix. The latter mainly refers to the colour – *mo-lurj-o* – ‘blueish’, the flavour – *mo-t'k'b-o* – ‘sweetish’, the shape – *mo-grž-o* – ‘longish’. The author uses the degree of lack of quality of colour composites for more expression:

mo-mc'van-o-mo-qavispr-o – ‘greenish-brown’
mo-šav-o-mo-nacrispr-o – ‘blackish-gray’
mo-tetr-o-mo-qvital-o – ‘whitish-yellow’

And the ones that express taste:

mo-mj'av-o-mo-t'k'b-o – ‘a sour and sweet’.

Diminutives

The main model of this type of derivation in the corpus are the proper names produced by *-ik'o* morpheme (*Liz-ik'o*, *El-ik'o*) and the words of family members such as *ded-ik'o* – ‘mommy’, *mam-ik'o* – ‘daddy’, *da-ik'o* – ‘little sister’, *žam-ik'o* – ‘little brother’, etc. Such a word derivation is used 65 times in the corpus. According to the context, the author sometimes uses such derivative forms in an ironic way (*kmar-ik'o* – ‘diminutive form of husband’, *biž-ik'o* – ‘diminutive form of uncle’). In general, there are several derivative affixes, which produce diminutive forms in Georgian; however, they are rarely used in the corpus.

The names expressing assignment

The type of assignment is represented in the corpus by three models: *sa-* *-e* (25 words), the most productive affix *sa-* *-o* (213 words) and *sa-* *-ur/ul* – 20 words. Derivates show to whom or what the title word belongs to, what it is assigned for.

sa- *-o*: *sa-mogzaur-o* – ‘for travelling’, *sa-aγdgom-o* – ‘Easter’, *sa-zeim-o* – ‘festive’, *sa-avadmqop-o* – ‘hospital’, *sa-bedisc'er-o* – ‘fatal’.
sa- *-e*: *sa-bost'n-e* – ‘place for vegetable garden’, *sa-tval-e* – ‘spectacles’, *sa-tit-e* – ‘thimble’,
sa-k'ab-e – ‘dress material’, *sa-k'ac-e* – ‘stretcher’.
sa- *-ur/ul*: *sa-pas-ur-i* – ‘money/payment (for sth)’, *sa-ganž-ur-i* – ‘place to store treasure’, *sa-tb-ur-i* – ‘heating’, *sa-gz-ur-i* – ‘sanatorium voucher’, *sa-dg-ur-i* – ‘the place where smb can settle’.

Declination affixes

There are two models of type of the names that are produced by declination affixes. The affixes are: *-it* the marker of Instrumental case and *-ad* the marker of the Circumstantial case. The affix *-it* is

often used to produce grammar terms e.g. *vneb-it-i* (the passive), *k'itxv-it-i* (interrogative), *čveneb-it-i* (demonstrative).

The trend of growth of the usage of *-ad* affix is evident in modern Georgian. Everyday new words are produced with this affix (*qureb-ad-i* – ‘watchable’, *cnob-ad-i* – ‘knowable’, *k'itxv-ad-i* – ‘readable’). However, the model is not productive in the corpus.

Prefixal word-formation

Prefixal production is not common in modern Georgian. However, linguists believe that such production was natural for the old Georgian and the prefixes were grammar class signs [3].

The exception is the prefix *ara-* ‘no’ in Georgian, which gives an opposite meaning to a word and is rather productive affix. The prefix *ara-* ‘no/non’ occurs in corpus 123 times.

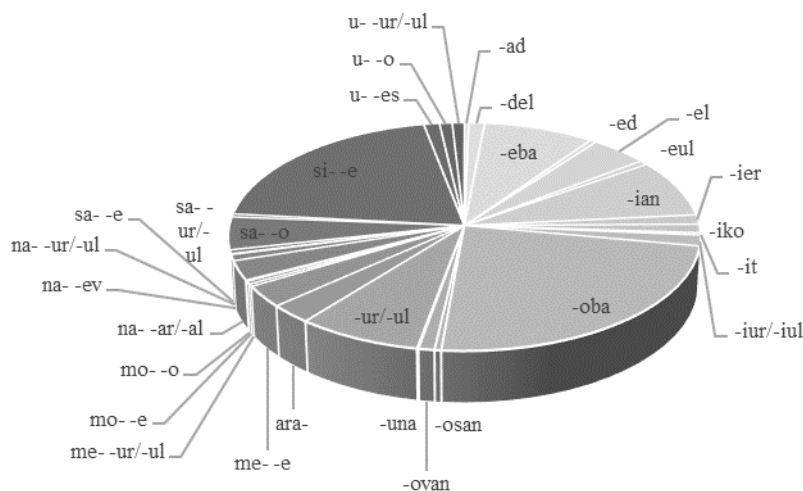
ara-bunebrivi – ‘unnatural’, *ara-tanabari* – ‘unequal’, *ara-mic'ieri* – ‘unearthly’, *ara-seriozuli* – ‘not serious’, *ara-poet'uri* – ‘nonpoetical’.

Adjectives

Adjectives are represented by separate derivative type, which are produced by *-ur/-ul* suffixe. This suffix, in addition to the above-mentioned names of origin, also produces adjectives and expresses the character of the object, the name of which it is attached to, etc. *at'om-i-at'om-ur-i* – ‘atom–atom-ic’, *t'eknik'a-t'eknik'-ur-i* – ‘technology–technical’, *gmir-i-gmir-ul-i* – ‘hero–heroic’, *arkit'ekt'ura-arkit'ekt'ur-ul-i* – ‘architecture– architectural’), etc. There are 132 such type of words in the corpus.

Lastly, the diagram below shows the derivative affixes of all models considered in the paper. Statistical data about the affixes used in the corpus are also presented in the paper (the quantity and percentage of the derivative words).

Derivation Models



Statistic data of derivation affixes. *-ad* – 15 (0%), *-del* – 55 (1%), *-eba* – 383 (8%), *-ed* – 22 (0%), *-el* – 201 (4%), *-eul* – 29 (1%), *-ian* – 377 (8%), *-ier/-iel* – 61 (1%), *-iko* – 57 (1%), *-it* – 14 (0%), *-iur/-iul* – 71 (2%), *-oba* – 1086 (24%), *-osan* – 19 (0%), *-ovan* – 46 (1%), *-una* – 4 (0%), *-ur/-ul* – 360 (8%), *ara-* – 123 (3%), *me- -e* – 140 (3%), *me- -ur/-ul* – 16 (0%), *mo- -e* – 18 (0%), *mo- -o* – 8 (0%), *na- -ar/-al* – 126 (3%), *na- -ev* – 40 (1%), *na- -ur/-ul* – 5 (0%), *sa- -e* – 25 (1%), *sa- -o* – 213 (5%), *sa- -ur/-ul* – 20 (0%), *si- -e* – 936 (20%), *u- -es* – 54 (1%), *u- -o* – 44 (1%), *u- -ur/-ul* – 42 (1%).

დერივაციული მოდელები ოთარ ჭილაძის რომანების ტექსტურ კორპუსში

ნინო ჯავაშვილი, ანა ჩუტკერაშვილი

რეზიუმე

სტატიაში წარმოდგენილია დერივაციული მოდელები ოთარ ჭილაძის ნაწარმოებების ტექსტური კორპუსის მიხედვით. ნაჩვენებია სიტყვაწარმოებითი საშუალებების პრინციპები და თავისებურებები, სიტყვაწარმოების გამოყენების ფორმები და საშუალებები.

სიტყვაწარმოება ენობრივი ცოდნის მნიშვნელოვანი ნაწილია და გულისხმობს ენაში ახალი ლექსიკური ერთეულების წარმოქმნას, რომლებიც სახელის ფუძეზე სიტყვაწარმოებელი აფიქსების დართვით მიიღება. სიტყვის ძირზე დართული სიტყვაწარმოებელი ელემენტები სხვადასხვაგვარ აქტივობას იჩენენ და, ამასთან, მათ სხვადასხვა შინაარსობრივი დატვირთვა აქვთ. ამის გათვალისწინებით, სტატიაში განხილულია არა ცალკეული იზოლირებული სიტყვაწარმოებელი ელემენტები, არამედ მოდელები, რომლებიც ამ ელემენტებს მოიცავენ.

Деривационные модели в текстовом корпусе романов Отара Чиладзе

Нино Джавашвили, Анна Чуткерашвили

Резюме

В статье представлены деривационные модели на материале текстового корпуса произведений Отара Чиладзе. Показаны принципы и особенности словообразовательных средств, формы и возможности применения словообразований.

Словообразование значительная часть владения языка и подразумевает формирование в нем новых лексических единиц, которые образуются при присоединении словообразовательных аффиксов с основой имен существительных. Словообразовательные элементы при соединении к основе слова проявляют разные активности и при этом имеют различные содержания. В статье рассмотрены не отдельные изолированные словообразовательные элементы, а модели, содержащие эти элементы.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Homepage, <http://www.geocorpora.gtu.ge>, Copyright © - 2014-2018.
2. Shanidze, A.: The works in XII volumes. The Basis of Georgian Grammar, vol. III, Tbilisi University press, Tbilisi (1980).

Модель Автоматического Грузино-Английского Перевода «Сентенциальных Примитивов» Содержащих Имя Прилагательное

Нино Амirezашвили, Лиа Самсонадзе

(ninomaskh, liasams@yahoo.com)

Резюме

В статье рассматриваются существенные черты ролевых признаков «сентенциальных примитивов» и конкретно примитивы, содержащие имя прилагательное грузинского языка и модель их автоматического перевода на английский язык. В зависимости от того, имя прилагательное с каким членом предложения связано и какую роль оно выполняет в предложении, выделены типы сентенциальных примитивов.

Если в процессе перевода оба языка будут обеспечены средствами расчленения на примитивы и наоборот, составления выражения из примитивов, то процесс доводится до уровня перевода примитивов, т.е. произойдет предельное упрощение задачи перевода. Вопрос рассмотрен на конкретных примерах.

Ключевые слова:

автоматический перевод, сентенциальные примитивы, ролевые структуры

Одним из основных вопросов современной лингвистики является изучение проблем, связанных с переводом. Особенно актуальными стали переводы с грузинского языка на английский и наоборот с английского на грузинский, соответственно, вопросы, связанные с этим процессом, стали объектом специальных исследований. Как известно, цель перевода - перевести значение выражения с одного языка на другой, так чтобы перевод как можно меньше отличался от оригинала. Проблема применения грамматических форм и значений в переводе мало изучена и исследована. Больше внимания уделяется лексическим неточностям и несоответствиям. А что касается роли грамматики в переводе, то это остается без внимания. Достижения современной лингвистики показала, что для осуществления полного адекватного перевода необходима связь во взаимодействии между лексикой и грамматикой. Грамматика, как совокупность правил, играет важную роль в соединении слов и в правильном составлении предложений. По современной лингвистической теории, авторский стиль проявляется и при выборе конкретных грамматических форм. Переводчику приходится решать грамматические проблемы.

Согласно работе А. В. Федорова «Основы общей теории перевода», процесс перевода требует знания законов как переводимого языка, так и языка, на который переводим и как эти языки соответствуют друг с другом. Поскольку грамматические системы разных языков не совпадают друг с другом, то иногда точность перевода конкретной грамматической формы невозможно достичь. Иногда для компенсации разницы между грамматиками двух языков, переводчик вынужден искать соответствие между выражениями на другом уровне языка, на который он переводит [1].

Смысл любого языкового выражения можно представить в виде простых, так называемых, «сентенциальных примитивов» [2], между которыми сохранены семантические отношения. В предложении каждый примитив выражает отдельный факт, явление, а их совокупность обеспечивает выражение содержания исходного высказывания в целом. Отношения, существующие между «сентенциальными примитивами» присваивают примитивам определенные семантические роли [3], которые они исполняют в целом выражении.

Выделяется доминантный примитив, содержащий основное значение выражения, на котором собраны все остальные примитивы. Кроме того, сами примитивы выражают простые предложения, которые, в свою очередь, имеют собственную ролевую структуру. Можно утверждать, что предложение может содержать не только какие-либо конкретные варианты «сентенциальных примитивов», а целый ряд их лексических синонимов [4].

Если в процессе перевода оба языка будут обеспечены средствами расчленения на примитивы и наоборот, составления выражения из примитивов, то процесс доводится до уровня перевода примитивов, т.е. произойдет предельное упрощение задачи перевода. В частности, для грузино-английского перевода достаточно будет для грузинских примитивов найти английские соотношения и наоборот.

Рассмотрим существенные черты структуры содержания ролевых признаков «сентенциальных примитивов» и конкретно примитивы, содержащие имя прилагательное грузинского языка и модель их автоматического перевода на английский язык.

Цель алгоритма - найти имя прилагательное в каждом отдельном сентенциальном примитиве, установить с каким членом оно связано, определить какую синтаксическую роль оно играет и только после этого будет фраза переведена. Чтобы выразить соответствующий контент, часто синтаксически доминирующее слово требует от зависимого слова конкретную форму. Поэтому, когда мы знаем имя прилагательное с каким членом связано и в какой форме, легко определить его синтаксическую роль в предложении. Например, когда имя прилагательное согласуется с именем существительным, мы уже знаем, что оно выступает в роли определения и соответствующий перевод будет реализован.

В зависимости от того, имя прилагательное с каким членом предложения связано и какую роль оно выполняет в предложении, выделяются следующие типы сентенциальных примитивов:

1. Имя прилагательное, связанное с именем существительным в роли определения - *mayali mta, mtani mayalni* (высокая гора, горы высокие).
Согласование в грузинском языке между ними может быть и в числе, в то время как, первое, в английском языке не имеет постпозиционную структуру, а во-вторых, имя прилагательное будет стоять в единственном числе в независимости от того, в каком числе стоит имя существительное, в единственном или во множественном. - *high mountain, high mountains*.
2. Имя прилагательное, связанное с именем прилагательным - *muki mc'vane* - 'dark green' (темно зеленый).
Здесь осуществляется прямой перевод без каких-либо изменений.
3. Имя прилагательное в творительном падеже, которое является наречием и выступает в роли обстоятельства, связано с глаголом, с причастием прошедшего времени или с герундием - *cudad gaak'eta* - 'he did badly' (Он сделал плохо), *cudad gak'etebuli* - 'badly done' (плохо сделанный), *cudad gak'eteba* - 'bad doing';
4. Точно так же, как в грузинском, так и в английском языке, наречия производятся, главным образом, от основы имени прилагательного, они связаны с глаголом и выступают в роли обстоятельства образа действия. Прилагательное в роли подлежащего - в грузинском языке имя прилагательное иногда может выступать в роли подлежащего. Аналогично это происходит и в английском языке, но в этом случае, к имени прилагательному добавляется артикль. Например, *k'etili masši borot'ze zlieri iyo* - 'The good in him was stronger than the bad' (доброта в нем была сильнее злости). Если имя прилагательное обозначает какой-либо класс людей, то в грузинском оно переходит во множественную форму - *the rich* - *mdidrebi* (богатые), *the poor* - *yaribebi* (бедные), *the old* - *moxucebi* (старые, пожилые).
5. Имя прилагательное в роли дополнения - *dids eubnebdnen* - 'They were talkink to the big' (Говорили с большим). Здесь имя прилагательное выступает в роли существительного, и следовательно в английском, добавляется артикль.

6. Имя прилагательное в роли именной части сказуемого - *zarmaci iyo* - 'he was lazy' (ленивый был), *dyes zyva c'ynaria* 'Today the sea is calm' (Сегодня море спокойное)'.
7. Имя прилагательное в грузинском языке двух типов: обстоятельное и относительное. Обстоятельные это первичные прилагательные: *didi* - 'big' (большой), *šavi* - 'black' (черный), *grzeli* - 'long' (длинный) и т. д. Такого типа прилагательные, со своими формами сравнительной степени, включены в словари и их автоматические переводы легко реализуются.

В английском языке имя прилагательное имеет три сравнительные степени: позитивные (the positive Degree - long), сравнительные (the Comparative Degree - longer) и превосходные (the Superlative Degree - longest). Сравнительные и превосходные формы производятся двумя способами: 1. с суффиксами *-er* и *-est*; 2. специальными словами: в сравнительных формах добавляется слово *more*, а в превосходных формах – слово *most*. Таким способом формируются множество двусловных и все многослоговые формы сравнительной степени прилагательных.

В грузинском языке такой дифференциации не существует, имя прилагательное имеет три формы:

1. Исходная форма – выражает положительную степень (*grzeli* - 'long' длинный),
2. Превосходная форма – показывает, что степень свойства больше, чем в исходной форме (*ugrzesi* – наидлиннейший)
3. «Однаобити» форма - показывает, что степень свойства меньше, чем в исходной форме (*mogrzo* - длинноватый)

Как видим, эти два языка ведут себя по разному. Если переведем английские формы на грузинский, получим следующее:

Позитивные	сравнительные	превосходные
big – didi (большой)	bigger – ufro didi (еще больше)	biggest – udidesi (пребольшой)
difficult-žneli (трудный)	more difficult - ufro žneli (труднее)	most difficult - užnelesi (наитруднейший)

Грузинская «однаобити» форма выражает факт, что у предмета данное свойство имеется в меньшем количестве, чем в исходной форме: *noc'italo* - 'reddish' (красноватый) т.е. не совсем красный, *mogrzo* - longish (длинноватый) – т.е. не совсем длинный, *mot'k'bo* - 'sweetish' (сладковатый) – не совсем сладкий.

Что касается относительных прилагательных, которые в основном производятся из существительных, то формы сравнительной степени у них не образуются. В словарях включены только часть таких прилагательных, и часто их перевод не ограничивается одним словом на английском языке. Например, *usargeblo* - 'useless' (беспольный), *uimedo* - 'hopeless' (безнадежный), *sasargeblo* - 'useful' (полезный), *bavšvuri* - 'childish' (детский), *xis* - 'wooden' (деревянный), *musik'aluri* - 'musical' (музыкальный) и т. д.

Относительные прилагательные в английском языке, так же как и в грузинском, в основном производятся от существительных с помощью суффиксов, и каждый из них включен в словарь со своим значением. Но большинство грузинских относительных прилагательных не входят в словари и в результате, существующие автоматические переводы предлагают абсурдно-искаженный перевод.

Например: *ukudo k'aci* - (человек без шапки) google translate перевел как A man who is a liar (?!).

В грузинском языке существуют словообразовательные суффиксы, которые образуют от имен существительных имена прилагательные и эти суффиксы можно добавить почти к любым существительным. Например: циркумфикс *u-o*, *usaxlk'aro* - 'homeless' (бездомный), *ukudo* - 'without a hat' (без шапки). По этому все варианты словообразования не целесообразно заносить в словарь, но при автоматическом переводе разработанный алгоритм позволяет решить эту задачу.

**ზედსართავი სახელის შემცველი ქართულ-ინგლისური სენტენციური
პრიმიტივების ავტომატური თარგმნის მოდელი**

ნინო ამირეზაშვილი, ლია სამსონაძე

რეზიუმე

სტატიაში განხილულია „სენტენციური პრიმიტივების“ როლურივი მიმართებების არსებითი თვისებები, კონკრეტულად, ზედსართავი სახელის შემცველი პრიმიტივები ქართულ ენაში და მათი ინგლისურ ენაზე ავტომატური თარგმნის მოდელი. იმის მიხედვით, თუ ზედსართავი სახელი წინადადების რომელ წევრს უკავშირდება და რა როლს ასრულებს იგი წინადადებაში, გამოყოფილია სენტენციური პრიმიტივების ტიპები.

თუ მთარგმნელობით პროცესში ორივე ენა უზრუნველყოფილი იქნება პრიმიტივებად დაშლის და პირიქით, პრიმიტივებისგან გამონათქვამის მიღების საშუალებებით, თარგმნის პროცესი მხოლოდ პრიმიტივების თარგმნის დონემდე დავა და თარგმანი საგრძნობლად გამარტივდება. საკითხი განხილულია კონკრეტულ მაგალითებზე.

**Model of The Georgian-English Automatic Translation of "Sentential Primitives"
Containing Adjectives**

Nino Amirezashvili, Lia Samsonadze

Summary

In the article the essential characteristics of the role relations of “sentential primitives” and specifically primitives, containing the adjectives of the Georgian language and a model for their automatic translation into English are considered. According to the fact which member of the sentence the adjective is connected with and what role it plays in the sentence, types of sentential primitives are separated.

If during the translation process both languages are provided with means of partitioning into primitives and vice versa, compiling an expression from primitives, then the process will be brought up to the level of translation of primitives, and the translation will be significantly simplified. The problem is considered on certain examples.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Федоров А. В. Основы общей теории перевода (лингвистические проблемы), Москва Издательский Дом "филология три" 2002, стр. 223-224.
2. ჩიკოიძე გ., „სენტენციური პრიმიტივების“ როლურივი მიმართებებზე აგებული გამონათქვამის შინაარსის წარმოდგენა. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჟურნალი „განათლება“ #1(15). 2016.
3. Fillmore, C. J. (1968). The case for case. In E. Bach, & R. T. Harms (Eds.), Universals in linguistic theory (pp. 1-88). New York, NY: Holt, Rinehart, and Winston.
4. Апресян Ю. Д. Лексическая семантика. Синонимические средства языка. 1995 Избранные труды, том. 1. Школа «Языки русской культуры», изд. «Восточная литература» РАН.

გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის პარამეტრების ცვალებადობა და მეტყველებითი აუდიომეტრიის მონაცემები სმენის ლატენტური დაქვეითების ჩამოყალიბების პროცესში

ნ. სარალიძე, ნ. სვანიძე, ა. თუშიშვილი, ნ. შარაშენიძე.

sharashura@yahoo.com, naniko.saralidze@yahoo.com

რეზიუმე

სმენის ლატენტური (ფარული) დაქვეითება სხვადასხვა ასაკობრივ ჯგუფებში შესწავლილ იქნა როგორც სუბიექტური, ასევე ობიექტური მეთოდებით. კვლევა აუდიოლოგიის ეროვნული ცენტრის და სიმონ ხეჩინაშვილის საუნივერსიტეტო კლინიკის ბაზაზე ჩატარდა. კვლევაში მონაწილეობა მიიღო სუბიექტურად ნორმალური სმენის მქონე 18-დან 30 წლამდე ორმოცმა და 50-დან 55 წლამდე თხუთმეტმა ინდივიდმა. ახალგაზრდები, თავის მხრივ, ორ ჯგუფად იყვნენ გაყოფილი. ერთ ჯგუფში მუსიკის მოსასმენი პერსონალური მოწყობილობების (მმპმ) მომხმარებელი 22 ადამიანი იყო გაერთიანებული, ხოლო მეორე ჯგუფში - 18 მმპმ-ის არამომხმარებელი. ყველა მონაწილეს პირველ ეტაპზე ოტოსკოპიური შემოწმება უტარდებოდა. შემდეგ ივსებოდა კითხვარი, სადაც ყურადღება ექცეოდა მმპმ-ის გამოყენების ხანგრძლივობას, ტიპს, მოსმენის პროცესში მის ინტენსივობას, სუბიექტურ ჩივილებს მმპმ-ის მოსმენის დროს ან შემდეგ და მავნე ჩვევების მოხმარებას. კვლევაში მონაწილე ყველა პირს უტარდებოდა, პირველ რიგში, სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრია 0.125კჰც-დან 16კჰც-მდე სიხშირულ დიაპაზონში; შემდეგ ეტაპზე კვლევაში მონაწილე ყველა ინდივიდის გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისია იწერებოდა. ბოლო ეტაპზე ტარდებოდა მეტყველებითი აუდიომეტრია ხმაურის ფონზე. შედეგებმა შემდეგი ტენდენციები გამოავლინა: ახალგაზრდების ორივე ჯგუფში აღმოჩნდა სუბიექტურ აუდიომეტრიაზე ნორმიდან გადახრა, ხოლო 50-55 ასაკობრივ ჯგუფში, 12-16 კჰც სიხშირეებზე, სმენის ზღურბლის მომატება ასაკთან შესაბამისობაში იყო. გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის ჯამური ამპლიტუდის საშუალო მაჩვენებლები სამივე ჯგუფში რაოდენობრივად და სტატისტიკურად მნიშვნელოვნად არ განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან. ამპლიტუდის სიდიდეების გარკვეული ინდივიდუალური რყევა შეიმჩნეოდა სამივე ჯგუფში, მაგრამ გასაშუალოებული სიდიდეები ერთმანეთს ემსგავსებოდა. ხმაურის ფონზე მეტყველების აღქმის შესწავლამ აჩვენა, რომ მიწოდებული 100 სიტყვიდან მმპმ-ის მომხმარებლებმა საშუალოდ 53 სიტყვის სწორად გამოცნობა შეძლეს, მმპმ-ს არამომხმარებლებმა - 74, ხოლო ასაკოვანთა ჯგუფმა - 63 სიტყვა. კვლევამ აჩვენა, რომ ხმაურში მეტყველების გარჩევადობის უნარი ჯგუფებში განსხვავებული იყო, მაგრამ გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის და სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრიის მაჩვენებლები ამ მონაცემებთან შესაბამისობაში არ მოდიოდა. ამგვარად, ლატენტური სმენის დაქვეითების გამომჟღავნება შესაძლებელია მეტყველებითი აუდიომეტრიით ხმაურის ფონზე.

საკვანძო სიტყვები :

ლატენტური სმენის დაქვეითება, ოტოაკუსტიკური ემისია, სმენის ზღურბლი.

მსოფლიოში, სმენის დაქვეითება ერთ-ერთი გავრცელებული პათოლოგიაა. ტექნიკურმა პროგრესმა ადამიანის ყურზე გარე ხმაურის და მაღალი ინტენსივობის ბგერების ზემოქმედების სიხშირის ზრდა გამოიწვია [3]. თუ წარსულში ხმაურით გამოწვეული სმენის დაზიანება პროფესიულ დაავადებად ითვლებოდა, ამჟამად, პრაქტიკულად, თითოეული ადამიანი ამ საფრთხის წინაშე დგას. ამის მიზეზად ქუჩაში გაზრდილი

მანქანების რაოდენობით გამოწვეული ხმაური, ღამის კლუბები და კაფე-ბარებში ხმამაღალი ცოცხალი მუსიკა გვევლინება [4]. WHO ორგანიზაციის 2015 წლის მონაცემებით, ერთი მილიარდი თინეიჯერი და ახალგაზრდა სმენის დაქვეითების რისკის ქვეშ იმყოფება, რასაც პერსონალური მუსიკის მოსასმენი მოწყობილობის ყოველდღიური გამოყენებით მიღებული დამაზიანებელი ხმაურის ზემოქმედებას უკავშირებენ [5]. Royal National Institute-ის კვლევებით, 2031 წლისთვის ამ მონაცემების დრამატულ მატებას ვარაუდობენ .

XXI საუკუნეში სმენის დაქვეითების გაახალგაზრდავება მუსიკის მოსასმენმა მცირე ზომის ციფრული ხელსაწყოების ფართო გამოყენებამ და ადვილად ხელმისაწვდომობამ განაპირობა [2]. მუსიკის მოსასმენი პერსონალური მოწყობილობების პოპულარიზაციას მისმა კომპაქტურობამ და მარტივმა მოხმარებამაც შეუწყო ხელი. კვლევებმა აჩვენა, რომ შიგნითა ყურში წამწამოვანი უჯრედები ყველაზე დაუცველი ელემენტებია [1]. ასაკის და ხმაურის ზემოქმედების შემთხვევაში, სმენის ორგანოში პათოფიზიოლოგიური და ბიოქიმიური მექანიზმი მსგავსია. საწყის ეტაპზე პათოლოგიური ცვლილებები არ აზიანებს სამეტყველო სიხშირებს, მაგრამ ხელს უშლის საუბრის სრულყოფილ გაგებას რთულად მოსასმენ გარემოში [6]. პირველადი დეგენერაციული ცვლილებები კოხლეარული ნერვის დაბოლოებებს შორის არსებულ სინაფსებზე აისახება. 2009 წელს ამ პათოლოგიას ლატენტური სმენის დაქვეითება უწოდეს [7]. სმენის ანალიზატორის ფუნქციის შესაფასებლად გამოიყენება გამოკვლევის, როგორც სუბიექტური, ისე ობიექტური მეთოდები. ობიექტური მეთოდებიდან უახლესია გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის რეგისტრაცია (გოაე), რომელიც ლოკოკინას სენსორული აპარატის ფუნქციურ მდგომარეობას განსაზღვრავს [8]. კვლევა მიზნად ისახავს სხვადასხვა ელექტროფიზიოლოგიური მეთოდის გამოყენებას ლატენტური სმენის დაქვეითების გამოსავლენად განვითარების ადრეულ ეტაპებზე [9].

მასალა და მეთოდები

კვლევა აუდიოლოგიის ეროვნული ცენტრის და სიმონ ხეჩინაშვილის საუნივერსიტეტო კლინიკის ბაზაზე ჩატარდა. კვლევაში მონაწილეობა მიიღო სუბიექტურად ნორმალური სმენის მქონე 18-30 წლამდე 40 ინდივიდმა და 50-55 წლის 15 ინდივიდმა. ახალგაზრდები, თავის მხრივ, გაყოფილი იყო ორ ჯგუფად: ერთში მუსიკის მოსასმენი პერსონალური მოწყობილობების (მმპმ) მომხმარებელი 22 კაცის რაოდენობით იყო წარმოდგენილი, ხოლო მეორე ჯგუფში - 18 მმპმ-ის არამომხმარებელი. ყველა მონაწილეს პირველ ეტაპზე ოტოსკოპიური შემოწმება უტარდებოდა, გარეთა და შუა ყურის პათოლოგიის გამოსარიცხად. შემდეგ ავსებდნენ კითხვარს, სადაც ყურადღება ექცეოდა მმპმ-ის გამოყენების ხანგრძლივობას, ტიპს, მოსმენის პროცესში მის ინტენსივობას, სუბიექტურ ჩივილებს მმპმ-ის მოსმენის დროს ან შემდეგ, ოჯახურ ანამნეზს სმენის პრობლემებთან დაკავშირებით და მანვე ჩვევებს.

ყველა შერჩეულ მონაწილეს სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრია უტარდებოდა. სმენის გამოკვლევისას გამოსაკვლევი პირი ბგერა-ატენუირებულ კაბინაში თავსდებოდა. Madsen Itera მოდელის სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრის გამოყენებით სმენის ზღურბლები 0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, 4, 8, 9, 10, 11.2, 12.5, 14, 16 კჰც სიხშირეებზე ჯერ ერთ, შემდეგ მეორე ყურის მიმართ, ანუ მონაშურალურად განისაზღვრებოდა. მითითებულ სიხშირეებზე მმპმ-ის მომხმარებლების, არამომხმარებლების და 50-55 წლის ასაკობრივი ჯგუფის სმენის ზღურბლის მაჩვენებლების შედარება ხდებოდა.

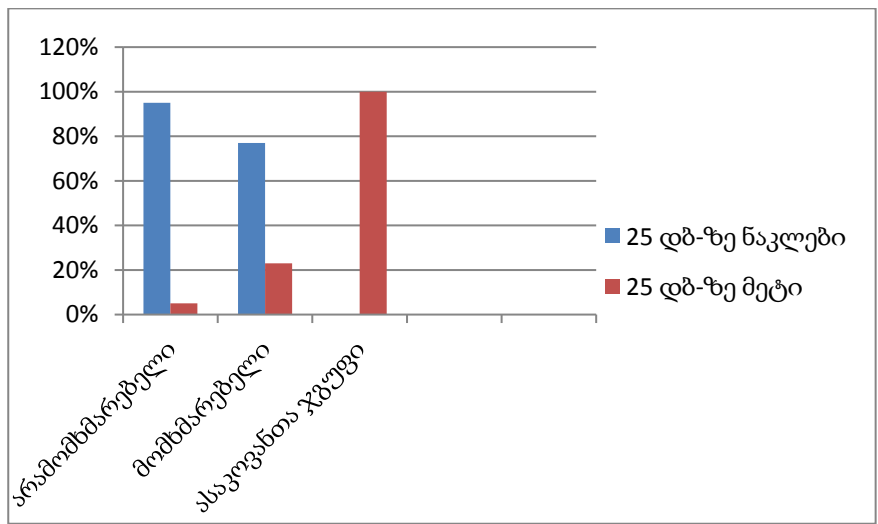
გოაე-ს სარეგისტრაციოდ CAPPELA (Madsen)-ის ტიპის ემისიომეტრი გამოიყენებოდა. გოაე-ს ჩაწერისთვის გამოსაკვლევი პირის გარეთა სასმენ მილში ერთ ბლოკში გაერთიანებული მიკროფონი და აკუსტიკური ზონდი თავსდებოდა. ყურის ჩანართის შერჩევა გარეთა სასმენი მილის დიამეტრის შესაბამისად, ინდივიდუალურად წარმოებდა. გოაე 75 დბ SPL ინტენსივობის, 750-4500 ჰც სიხშირული ზოლის და არაწრფივი ბგერითი ტკაცუნების საპასუხოდ რეგისტრირდებოდა. გასაშუალოების რიცხვი შეადგენდა 6-ს,

ანალიზის ეპოქა 15 მწმ იყო. სპეციალური კომპიუტერული პროგრამის გამოყენებით აღნიშნულ ეპოქაში ჩაწერილი გოაე-ის ჯამური ამპლიტუდები განისაზღვრებოდა. პროგრამა გოაე-ის ჯამურ ამპლიტუდას გბ-ში გამოხატავდა. ყველა გამოკვლევა ბგერაიზოლირებულ სივრცეში ტარდებოდა.

ხმაურში სიტყვების გაგების შესამოწმებლად ჩატარდა მეტყველებითი აუდიომეტრია. სიტყვების ჩამწერი მოწყობილობა აუდიომეტრზე იყო მიერთებული, გამოსაკვლევი პირიდან 1მ-ის დაშორებით, ხოლო მის უკან ასევე 1 მ-ის დაშორებით კომპიუტერში ჩაწერილი Bable ხმაური იყო გაჟღერებული. გამოსაკვლევი პირი იმეორებდა გაგებულ სიტყვას, ხდებოდა გაგებული სიტყვების დაფიქსირება სპეციალურ ცხრილში. მეტყველებითი აუდიომეტრის გამოსავალზე სიტყვის ინტენსივობა დაახლოებით 62 დბ-ს შეადგენდა, ხმაურის ინტენსივობა - კი დაახლოებით 82 დბ ფარგლებში ვარიირებდა. მათი ინტენსივობის გაზომვა Decibel X version 7.0.0 (5365) მობილური აპლიკაციით ხდებოდა.

კვლევის შედეგები და განსჯა

სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრიის შედეგად მიღებული სმენის ზღურბლის საშუალო სიდიდეები 0.125-დან 16 კჰც სიხშირულ დიაპაზონში დათვლილ იქნა სამივე ჯგუფში. იქიდან გამომდინარე, რომ კვლევაში მონაწილე ყველა პირი სუბიექტურად ნორმალური სმენის მქონე იყო, 0.125-დან 8 კჰც-მდე სიხშირეებზე მათი სმენის ზღურბლები ნორმის ფარგლებში თავსდებოდა. მმპმ-ს მომხმარებლების და არამომხმარებლების ჯგუფში, სმენის ზღურბლები 1-8 კჰც სიხშირულ დიაპაზონში 15 დბ-ს არ აღემატებოდა, ასაკოვანთა ჯგუფში კი -20 დბ-ს. 10-დან 16 კჰც-მდე სიხშირეებზე სამივე ჯგუფში განსხვავებული მონაცემები იყო მიღებული. ერთი შეხედვით სმენის ზღურბლის საშუალო მაჩვენებლები მმპმ-ის მომხმარებლებსა და არამომხმარებლებში 25 დბ-ს არ აღემატებოდა, სხვაობა სულ 3.5 დბ უტოლდებოდა, მაგრამ მმპმ-ს მომხმარებელთა ინდივიდუალური მონაცემების შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ მმპმ-ის მომხმარებლების 23%-ს სმენის ზღურბლები 25დბ-ზე მაღალი იყო, ხოლო არამომხმარებლების ჯგუფში მხოლოდ 5%-ს. რაც შეეხება ასაკოვანთა ჯგუფს, ყველა გამოკვლეულს 10 და 12 კჰც სიხშირეზე სმენის ზღურბლი 25 დბ-ს აღემატებოდა, ხოლო 14 და 16 კჰც სიხშირის სიგნალები საერთოდ არ ესმოდათ. (სურათი 1)



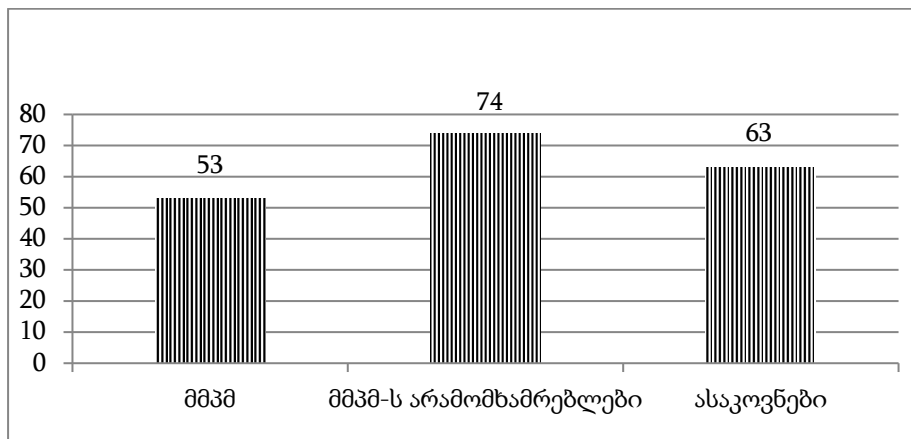
სურ.1. მაღალი სმენის ზღურბლის მქონე ინდივიდთა პროცენტული მაჩვენებელი მმპმ-ის მომხმარებლებსა, არამომხმარებლებსა და ასაკოვანთა ჯგუფში 10 და 16 კჰც სიხშირამდე.

გოაე ყველა გამოკვლეულში დაფიქსირდა. ჯამური ამპლიტუდის საშუალო მაჩვენებლები სამივე ჯგუფში რაოდენობრივად და სტატისტიკურად მნიშვნელოვნად არ განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან. ამპლიტუდის სიდიდეების გარკვეული ინდივიდუალური რყევა შეიმჩნეოდა სამივე ჯგუფში, მაგრამ გასაშუალოებული სიდიდეები თითქმის არ განსხვავდებოდა. მმპმ არამომხმარებლებში გოაე-ს ჯამური ამპლიტუდის საშუალო სიდიდე ყველაზე მაღალი იყო და 14.7 დბ-ს უდრიდა, თუმცა მომხმარებლებელთა ჯგუფში იგივე მაჩვენებელი უმნიშვნელოდ ჩამორჩებოდა და 13.3 დბ-ის ტოლი იყო. გასაშუალოების შემდეგ ყველაზე დაბალი ჯამური ამპლიტუდა 50-55 ასაკობრივი ჯგუფის მონაწილეებს ჰქონდათ, თუმცა ამპლიტუდის მაქსიმალური მაჩვენებელიც ზუსტად ამ ჯგუფში დაფიქსირდა (იხილეთ ცხრილი 1).

ჯგუფები	საშუალო	მაქსიმალური	მინიმალური
მმპმ მომხმარებლები	13.3±0.5	22.9	6.5
მმპმ არამომხმარებლები	14.7±7.6	21.7	8.0
50-55 წლის მონაწილეები	10.8±1.0	23.5	2.5

ცხრილი 1. გოაე-ს ჯამური ამპლიტუდის საშუალო, მაქსიმალური და მინიმალური მაჩვენებლები (დბ-ში) ჯგუფების მიხედვით

ხმაურის ფონზე მეტყველებითი აუდიომეტრიის შედეგების შესწავლისას აღმოჩნდა, რომ მოსმენილი 100 სიტყვიდან მმპმ-ის მომხმარებლებმა სიტყვების საშუალოდ 53% გაიგო სწორად, არამომხმარებლებმა - 74%, ხოლო ასაკოვანთა ჯგუფში - 63% (სურათი2).



სურ.2 სწორად გაგებული სიტყვების რაოდენობის პროცენტული მაჩვენებლები მმპმ- მომხმარებლებსა, არამომხმარებლებსა და ასაკოვან ჯგუფში.

კვლევის შედეგებმა ცხადყო, რომ ლატენტური სმენის დაქვეითების იდენტიფიკაცია სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრიის და გამოწვეული ოტოაკუსტიკური ემისიის რეგისტრაციის მეთოდით არ არის შესაძლებელი. სუბიექტური ტონალური აუდიომეტრიით კონვენციონალურ სიხშირეებზე ცვლილებები არც ერთ ჯგუფში არ დაფიქსირდა. 14 და 16 კჰც სიხშირეზე ბგერითი აღქმის არსებობა 50 და 55 წლამდე ასაკობრივ ჯგუფში სმენის ასაკობრივი დაქვეითების ბუნებრივი პროცესის შედეგია. გოაე-ის შედეგებმა აჩვენა, რომ მმპმ-ს არამომხმარებელთა ჯგუფში ჯამური ამპლიტუდის საშუალო მაჩვენებელი უმნიშვნელოდ მაღალი იყო სხვა ჯგუფებთან შედარებით, მაგრამ ინდივიდუალური მონაცემები ძალიან ვარიაბელური და მსგავსი იყო.

სტატისტიკურად სარწმუნო განსხვავება ჯგუფებს შორის აღმოჩნდა ხმაურში მეტყველებითი აუდიომეტრიის შედეგების დამუშავებისას. სიტყვების გარჩევადობის ყველაზე ცუდი უნარი აღმოჩნდათ ახალგაზრდებს, რომლებიც სისტემატურად ისმენდნენ ხმამაღალ მუსიკას. მეტიც, საშუალოდ 30 წლით უფროს პირებს გაცილებით მეტი სიტყვის გაგონება შეეძლოთ.

ლატენტური სმენის დაქვეითების გამოსავლენად ყველაზე ეფექტური მეთოდი აღმოჩნდა მეტყველებითი აუდიომეტრია ხმაურის ფონზე. მაშინ, როცა სმენის ანალიზატორის გამტარ გზებში დაწყებული პათოლოგიური პროცესები არ ვლინდება არც სუბიექტურად, არც რუტინული გამოკვლევებით, ჩვენს მიერ მოწოდებული მარტივი მეთოდით ახალგაზრდა ორგანიზმში დაწყებული შეუქცევადი პროცესების გამოამკარავება და შესაბამისად შეჩერება შესაძლებელია.

Variation of induced otoacoustic emission parameters and speech audiometry data in the formation of Hidden hearing loss

N.Saralidze, N. Svanidze, A. Tushishvili, N. Sharashenidze

Summary

Latent hearing loss has been investigated by both subjective and objective methods. The study involved young people age 18 to 30, in the amount of 40 people and people from 50 to 55 years old, in the amount of 15 people. The participants were divided into three groups. The first was composed of young users of portable music players, the second group included young people -nonusers and the third group consisted of adults who did not listen to loud music. Everyone underwent Subjective audiometry in the frequency range 125-16000 Hz, Evoked otoacoustic emission and Speech audiometry in the noise. Auditory thresholds at frequencies of 125-8000Hz were normal in all participants. The summary indicators amplitudes of evoked otoacoustic emission quantitatively or statistically did not differ in the groups. A significant difference was obtained in results of speech audiometry in noise. In the first group listened 53 words from 100, in the second - 74 and in the third - 63 words. Based on the results of the study, it can be said that latent hearing loss is best manifested through speech audiometry in noise.

Изменение параметров вызванной отоакустической эмиссии и речевой аудиометрии в процессе формирования латентного понижения слуха

Н. Саралидзе, Н. Сванидзе, А. Тушишвили, Н. Шарашенидзе

Резюме

Латентное понижение слуха было исследовано как субъективными, так и объективными методами. В исследовании принимали участие молодые люди в возрасте от 18 до 30, в количестве 40 человек и лица от 50 до 55 лет, в количестве 15 человек. Участники были подразделены на три группы. Первую составили молодые пользователи портативных музыкальных плееров, во вторую группу входили молодые не слушающие музыку посредством наушников и третью составляли взрослые не слушающие громкую музыку. В процессе исследования всем производилась субъективная аудиометрия в частотном диапазоне 125-16000 Гц, вызванная отоакустическая эмиссия и речевая аудиометрия на фоне шума. Слуховые пороги на частотах 125-8000 Гц были в пределах нормы у всех участников. Усредненные показатели суммарной амплитуды, вызванной отоакустической эмиссии, количественно и статистически по группам не отличались друг от друга. Существенная разница была получена в разборчивости слов при фоновом шуме. В первой группе из 100 слов было услышано 53, во второй 74, а в третьей – 63 слова. Основываясь на

результатах исследования можно сказать, что латентное понижение слуха лучше всего проявляется посредством речевой аудиометрии в сопровождении шума

ლიტერატურა – References – Литература

1. Biassoni E. C., Serra M. R., Richtert U. (2007) - Recreational noise exposure and its effects on the hearing of adolescents. Part II: Development of hearing disorders. *Internet J Audio*, 44: 74-85.
2. Bradley R., Eortnua H., (1987) - Coles R. Patterns of exposure of school children to amplified music. *Brit J Audiol*, 21: 119-125.
3. Eggermont JJ. Effects of long-term non-traumatic noise exposure on the adult central auditory system. Hearing problems without hearing loss. *Hear Res*. 2017 Sep; 352:12–22. doi:10.1016/j.heares.2016.10.015.
4. European Commission. 2008. [2018-02-21]. Potential health risks of exposure to noise from personal Music players and mobile phones including a music playing function Preliminary 5. Lonescu D. (2009) - Evolution of the MP3 player: *PCWorld*, Oct 29.
6. Lutman ME, Davis AC, Ferguson MA. Health and Safety Executive. 2008. [2018-02-24]. Epidemiological evidence for the effectiveness of the noise at work regulations
7. Mostafapour S.P., Lahargoue K., Gates G.A. (2006) - Noise-induced hearing loss in young adults: The Role of personal listening devices and other sources of leisure noise. *Laryngoscope*, 108: 1832-1839.
8. Williams W. (2005) - Noise exposure levels from personal stereo use. *Internet J Audio* 1, 44: 231-236.
9. World Health Organization, Regional Office for Europe. 2011. [2018-02-21]. Burden of disease from Environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe

**სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის შემუშავება ასოციაციების
ძიების საფუძველზე**

*მაია მიქელაძე, ვადიმ რადიევსკი, ნორა ჯალიაბოვა, ნათელა ანანიაშვილი,
დიმიტრი რადიევსკი*

*Email: mikeladzemaia@yahoo.com, v_radzievski@yahoo.com, noraj@mail.ru,
ia.ananiashvili@gmail.com, dradzievski@gmail.com,*

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო მონაცემების ინტელექტუალური ანალიზის ამოცანა სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის აგების მიზნით. მონაცემთა ანალიზისთვის გამოიყენება ასოციაციების ძიების მეთოდის მოდიფიცირებული ვერსია, რომელიც განკუთვნილია სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის ამოსახსნელად. სამედიცინო მონაცემების შემოთავაზებული მეთოდით დამუშავებისას შესაძლებელია თითოეული დაავადებისთვის ხშირად შემხვედრი სიმპტომების და სიმპტომთა ნაკრებების გამოვლენა; აგრეთვე, მოძიებული სიმპტომების სპეციფიურობისა და სიმპტომთა ხშირად შემხვედრი ნაკრებების საფუძველზე აგებული ასოციაციური წესების სანდოობის შეფასება. მიღებული ასოციაციური წესების მეშვეობით შესაძლებელია დაავადებათა სინდრომული დიაგნოსტიკის პროცესის განხორციელება. შემოთავაზებული მეთოდი გამოყენებულ იქნა რამდენიმე ენდოკრინოლოგიური დაავადების კლინიკური მონაცემების დამუშავებისთვის. მიღებული ასოციაციური წესების საფუძველზე აგებულ იქნა ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის ცოდნის ბაზა, რომელიც განკუთვნილია ენდოკრინოლოგიური დაავადებების დიაგნოსტიკისთვის.

საკვანძო სიტყვები

სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემა, სინდრომული დიაგნოსტიკა, მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზი, ასოციაციების ძიება

I. შესავალი

სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის დანიშნულებაა დაეხმაროს ექიმს გადაწყვეტილების მიღებაში მკურნალობის ყველა ეტაპზე. სამედიცინო ინტელექტუალურ სისტემაში აკუმულირებულია ის ცოდნა და გამოცდილება, რომელიც შესაბამის სფეროში მოღვაწე ექიმებს გააჩნიათ.

სამედიცინო დარგის კომპიუტერიზაციამ წარმოქმნა სხვადასხვა ტიპის ელექტრონული სამედიცინო მონაცემები, რომლებიც ხასიათდებიან დიდი და სულ უფრო მზარდი მოცულობით. ესაა ინფორმაცია პაციენტთა ელექტრონული ისტორიებიდან: პაციენტის ჯანმრთელობის მაჩვენებლები, გამოკვლევების შედეგები, ჩატარებული მკურნალობა და სხვ. პაციენტთა გამოკვლევების და მკურნალობის შედეგად მიიღება არა მხოლოდ რიცხვითი და ტექსტური ინფორმაცია, არამედ ვიზუალურიც: რენტგენის სურათები და ეკგ, ულტრაბგერითი და ტომოგრაფიული გამოკვლევების შედეგები. ამის გარდა, სამედიცინო დაწესებულებებში გროვდება დიდი მოცულობის ინფორმაცია, რომელიც წარმოდგენილია ბუნებრივ ენაზე დაწერილი ტექსტების სახით.

სამედიცინო სფეროში დაგროვებული ინფორმაციის დამუშავება იძლევა იმის საშუალებას, რომ გამოვლინდეს ფარული ცოდნა და გარკვეული კანონზომიერებები შესაბამის სამედიცინო დარგში. ამ მიზნით ფართოდ გამოიყენება მონაცემთა

ინტელექტუალური ანალიზის მეთოდები [1]. შემდგომ, გამოვლენილი ცოდნის საფუძველზე შესაძლებელია სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის ცოდნის ბაზის შემუშავება.

მოცემულ სამუშაოში დიდი მოცულობის სამედიცინო ინფორმაციის დასამუშავებლად შემოთავაზებულია ასოციაციების ძიების მეთოდის მოდიფიკაცია, რომლის მეშვეობით გადაწყვეტილია სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა. მიღებული შედეგების საფუძველზე შემუშავდა სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდამჭერი სისტემის ცოდნის ბაზა, რომელიც განკუთვნილია ზოგიერთი ენდოკრინოლოგიური დაავადების დიაგნოსტიკისათვის.

II. სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა.

სინდრომული დიაგნოსტიკა და სიმპტომების დიაგნოსტიკური მნიშვნელობის შეფასება.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანა კლასიფიკაციის ამოცანას წარმოადგენს და გულისხმობს სიმპტომების და გამოვლენების შედეგების საფუძველზე პაციენტის მდგომარეობის გარკვეული დაავადებისადმი (კლასისადმი) მიკუთვნებას.

გასათვალისწინებელი სიმპტომების დიდი რაოდენობის პირობებში ექიმი იძულებულია დაეყოს ეს სიმპტომები კატეგორიებად. დიაგნოსტიკური მნიშვნელობის მიხედვით ყოველი კონკრეტული დაავადებისთვის განასხვავებენ სპეციფიკურ, არასპეციფიკურ და პათოგნომურ სიმპტომებს.

პათოგნომური სიმპტომი - ესაა სიმპტომი, რომელიც აღინიშნება მხოლოდ ერთი დაავადების დროს და რომელსაც აქვს აბსოლუტური დიაგნოსტიკური მნიშვნელობა ამ დაავადებისათვის.

სპეციფიკური სიმპტომი აგრეთვე ახასიათებს კონკრეტულ დაავადებას, მაგრამ არ არის საკმარისი აბსოლუტურად უტყუარი დიაგნოზის დასასმელად. თუმცა მისი არსებობა სხვა სიმპტომებთან ერთად ზრდის დიაგნოზის სანდოობას.

არასპეციფიკური სიმპტომი - ესაა სიმპტომი, რომელიც ვლინდება მრავალი დაავადების დროს.

დაავადების დიაგნოსტიკა, როგორც წესი, ეფუძნება დაავადების სინდრომის გამოვლენას - სპეციფიკური და არასპეციფიკური სიმპტომების მდგრად ერთობლიობას, რომლებიც წარმოადგენენ დაავადების დამახასიათებელ სურათს. თერაპევტის დონეზე სინდრომულ დიაგნოზს აქვს გარკვეული უპირატესობა: ის საკმაოდ სწრაფად დგინდება დიაგნოსტიკური გამოვლენების მინიმალური მოცულობის პირობებში და, ამასთანავე, საკმარისია იმისათვის, რომ იყოს დასაბუთებული პაციენტის გადამისამართება ექიმ-სპეციალისტთან ან სტაციონარში.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, შეგვიძლია გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნა: დიდი მოცულობის სამედიცინო მონაცემების (დაავადებათა ისტორიების) დამუშავება, ხშირად შემხვედრი სიმპტომების ერთობლიობების აღმოსაჩენად, მოგვცემს საშუალებას გამოვავლინოთ დაავადების ახალი ან დავაზუსტოთ დაავადების უკვე არსებული სინდრომები. ამ ამოცანის ამოსახსნელად გამოყენებული იყო ასოციაციების ძიების მეთოდი.

III. ასოციაციების ძიება

ასოციაციების ძიების მეთოდი განკუთვნილია მონაცემთა დიდ მასივებში ელემენტთა ხშირად შემხვედრი ნაკრებების გამოვლენისთვის. ამ ძიების შედეგები, როგორც წესი, წარმოიდგინება ასოციაციური წესების სახით. ასოციაციურ წესს აქვს შემდეგი სახე [2]:

A მოვლენიდან გამომდინარეობს B მოვლენა,

სადაც *A* და *B* – ელემენტთა ნაკრებებია, რომლებსაც არ აქვთ საერთო ელემენტები.

ასოციაციური წესის ძირითად მახასიათებლებს წარმოადგენს წესის მხარდაჭერა (*support*) და წესის სანდოობა (*confidence*).

წესის მხარდაჭერა გამოითვლება როგორც იმ ჩანაწერების რაოდენობის შეფარდება, რომლებიც შეიცავენ ერთდროულად ორივე A და B ნაკრებს, მონაცემთა ბაზაში შემავალი ჩანაწერების რაოდენობასთან [2].

$$Supp(A \rightarrow B) = \frac{N(A, B)}{N} = P(A, B) \quad (1)$$

წესის სანდოობა - ეს არის ალბათობა იმისა, რომ თუ ჩანაწერი A ნაკრებს შეიცავს, მაშინ ის B ნაკრებსაც შეიცავს. წესის სანდოობა გამოითვლება როგორც იმ ჩანაწერების რაოდენობის შეფარდება, რომლებიც შეიცავენ ერთდროულად ორივე A და B ნაკრებს, იმ ჩანაწერების რაოდენობასთან, რომლებიც შეიცავენ A ნაკრებს [2]:

$$Conf(A \rightarrow B) = P(B|A) = \frac{P(A, B)}{P(A)} = \frac{N(A, B)}{N(A)} \quad (2)$$

ფაქტობრივად, სანდოობა ახასიათებს წესის სიზუსტეს,

ასოციაციური წესების ძიების ალგორითმები საშუალებას იძლევა მივიღოთ „ $A \rightarrow B$ “ სახის წესები მხარდაჭერის და სანდოობის სხვადასხვა მნიშვნელობებით. აგებული წესების რაოდენობა შესაძლოა დიდი იყოს. წესების რაოდენობის შეზღუდვის მიზნით წინასწარ დგინდება მხარდაჭერის *MinSupp* და სანდოობის *MinConf* მინიმალური ზღურბლები. ამავე დროს გათვალისწინებულ უნდა იქნას, რომ მხარდაჭერის მაღალი მნიშვნელობის მქონე წესები თვალსაჩინოა და ანალიტიკოსებისთვის უკვე ცნობილია. მეორეს მხრივ, მხარდაჭერის დაბალი მნიშვნელობა საშუალებას მოგვცემს მოვძებნოთ არათვალსაჩინო და უცნობი წესები, მაგრამ მათი უმრავლესობა სტატისტიკურად დაუსაბუთებელი იქნება.

ასოციაციური წესების ძიების პროცესი შედგება ორი ეტაპისგან:

1. ელემენტთა ყველა ხშირად შემხვედრი ნაკრების პოვნა – ნაკრებების, რომლებიც აკმაყოფილებენ მხარდაჭერის ზღურბლს;
2. ხშირად შემხვედრი ნაკრებებისგან იმ ასოციაციური წესების გენერირება, რომლებიც აკმაყოფილებენ სანდოობის ზღურბლს.

ასოციაციური წესების ძიების ყველაზე ცნობილ ალგორითმს წარმოადგენს ალგორითმი *Apriori* [2]. ამ ალგორითმის ძირითადი აზრი იმაში მდგომარეობს, რომ ხშირად შემხვედრი ნაკრების ყველა ქვესიმრავლე უნდა იყოს ასევე ხშირად შემხვედრი. ამგვარად შესაძლებელი ხდება ძებნის არის შემცირება.

IV. სიმპტომების სპეციფიურობის დადგენა და დაავადების სინდრომის გამოვლენა ასოციაციების ძიების მეთოდის გამოყენებით.

სპეციფიკური სიმპტომების და დაავადებათა სინდრომების გამოვლენის მიზნით მონაცემთა ბაზის დასამუშავებლად გამოყენებულ იქნა ალგორითმი *Apriori*. ვინაიდან ეს ალგორითმი შექმნილი იყო ეკონომიკური მონაცემების დამუშავებისთვის, ჩვენ განვახორციელეთ მისი ადაპტაცია სამედიცინო მონაცემებისთვის.

მონაცემთა ბაზა მონაცემების სახით შეიცავდა სამი ენდოკრინული დაავადების კლინიკურ სურათებს: შაქრიანი დიაბეტი, ჰიპერთირეოზი, ჰიპოთირეოზი. მონაცემთა ბაზის შესაქმნელად მოვახდინეთ საწყისი სამედიცინო ინფორმაციის სტრუქტურირება და, შემდეგ, ბინარიზება არსებული და ჩვენს მიერ შემუშავებული მეთოდების მიხედვით [3]. მონაცემთა ბაზის თითოეული S_i ველი წარმოადგენდა დაავადების კონკრეტულ სიმპტომს, ხოლო თითოეული ჩანაწერი – კონკრეტულ პაციენტს. თითოეული ველი მნიშვნელობის სახით შეიცავს ან 1-ს – შესაბამისი სიმპტომი აღენიშნება ავადმყოფს, ან 0-ს – შესაბამისი სიმპტომი არ აღენიშნება ავადმყოფს. გარდა ამისა, მონაცემთა ბაზის სამი ველი – D_1 , D_2 და D_3 გამოყოფილი იყო დიაგნოზების ჩასაწერად.

ეკონომიკური მონაცემების შემთხვევაში მონაცემთა ბაზა შეიცავს ერთგვაროვან ნიშანთვისებებს. სამედიცინო მონაცემების შემთხვევაში გვაქვს ნიშანთვისებების 2

კატეგორია: სიმპტომები (90-მდე ბინარული S_i ნიშან-თვისება) და დიაგნოზები (სამი ბინარული D_1, D_2 და D_3 ნიშან-თვისება). ვინაიდან მიზანს წარმოადგენდა კონკრეტული დაავადებისთვის დამახასიათებელი სიმპტომების და სინდრომების გამოვლენა, მონაცემთა ბაზის დამუშავებისას ჩვენ ვეძებდით ნიშნების არა ნებისმიერი სახის ნაკრებებს, არამედ ნაკრებებს, რომლებიც ერთერთი ნიშნის სახით შეიცავდნენ რომელიმე დიაგნოზს D_j :

$$S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k} D_j.$$

ასეთი სახის ხშირად შემხვედრი ნაკრები ნიშნავს, რომ $S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k}$ სიმპტომები ხშირად აღენიშნება D_j დიაგნოზის მქონე პაციენტებს. ე.ი. $S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k}$ სიმპტომები შეიძლება ჩაითვალოს D_j დაავადების სინდრომად. ამ ხშირად შემხვედრი ნაკრების საფუძველზე შექმნილია ასოციაციური წესი, რომელსაც აქვს შემდეგი სახე:

$$(S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k} \rightarrow D_j) - \text{“თუ ადგილი აქვს } S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k} \text{ სიმპტომებს, მაშინ ადგილი აქვს } D_j \text{ დაავადებასა”}.$$

ეს წესი შეიძლება შემდგომ გამოყენებულ იქნას სამედიცინო ინტელექტუალური მხარდაჭერი სისტემის ცოდნის ბაზაში სინდრომული დიაგნოსტიკის პროცესის განხორციელებისთვის. ხოლო ასოციაციური წესის სანდოობა კი

$$Conf(S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k} \rightarrow D_j) = P(D_j | S_{i_1} S_{i_2} \dots S_{i_k})$$

შეიძლება განვიხილოთ როგორც ამ წესის მიხედვით დასმული დიაგნოზის სანდოობა.

ასოციაციური წესებისთვის მინიმალური მხარდაჭერის ზღურბლის - *MinSupp* ასარჩევად გათვალისწინებულ იქნა შემდეგი გარემოებები:

- ხშირად შემხვედრ ნაკრებში შემავალი თითოეული ნიშანი აგრეთვე უნდა იყოს ხშირად შემხვედრი;
- მონაცემთა ბაზა შეიცავს განსხვავებული დიაგნოზების თანაბარ რაოდენობას, ანუ თითოეული დიაგნოზის წილი შეადგენს 0.33;
- S_i სიმპტომი ჩავთვალოთ D_j დაავადებისთვის დამახასიათებლად, თუკი ის აღენიშნება შესაბამისი დიაგნოზის მქონე პაციენტების არანაკლებ 50%-ს.

ამ ყველაფრის გათვალისწინებით: $MinSupp = 0.33 * 0.5 = 0.17$.

მონაცემთა ბაზის დამუშავების შედეგები მოყვანილია ცხრ.1 და ცხრ.2-ში.

ცხრილი 1. მონაცემების დამუშავების შედეგად თითოეული დაავადებისთვის გამოვლენილი ხშირად შემხვედრი სიმპტომები.

დაავადება	ხშირად შემხვედრი სიმპტომები						
შაქრიანი დიაბეტი	გაზლიერებული წყურვილი	პირის სიმშრალე	პოლი-ურია	სისუსტე	თავის ტკივილი		
<i>Supp</i>	0.33	0.30	0.26	0.30	0.18		
ჰიპერ-თირეოზი	პულსის აჩქარება	წონაში კლება	ადვილად დაღლა	სისუსტე			
<i>Supp</i>	0.23	0.17	0.21	0.29			
ჰიპო-თირეოზი	მეხსიერების დაქვეითება	წონაში მატება	ადვილად დაღლა	სისუსტე	აპათია	ყაზობა	ძილი-ანობა
<i>Supp</i>	0.19	0.18	0.20	0.24	0.18	0.17	0.19

მიღებული შედეგები არ ეწინააღმდეგება მედიცინაში ცნობილ ფაქტებს: ჩვენს მიერ გამოყოფილი ყველა ხშირად შემხვედრი სიმპტომი მედიცინაში ითვლება შესაბამისი დაავადებებისათვის დამახასიათებელ სიმპტომად.

ცხრილი 2. თითოეული დაავადებისთვის გამოვლენილი ხშირად შემხვედრი სიმპტომების სპეციფიურობის მაჩვენებელი.

დაავადება	ხშირად შემხვედრი სიმპტომები						
შაქრიანი დიაბეტი <i>Conf</i>	გაზლიერებული წყურვილი 1.00	პირის სიმშრალე 0.96	პოლიურია 1.00	სისუსტე 0.39	თავის ტკივილი 0.50		
ჰიპერთირეოზი <i>Conf</i>	პულსის აჩქარება 0.71	წონაში კლება 0.57	ადვილად დაღლა 0.39	სისუსტე 0.39			
ჰიპოთირეოზი <i>Conf</i>	მეხსიერების დაქვეითება 0.69	წონაში მატება 0.98	ადვილად დაღლა 0.39	სისუსტე 0.32	აპათია 1.00	ყაზობა 0.98	ძილიანობა 0.90

სანდოობის განსაზღვრიდან (3) გამომდინარე, თითოეული ხშირად შემხვედრი სიმპტომისთვის ($S_{ik} \rightarrow D_j$) წესის სანდოობა წარმოადგენს მოცემული დაავადებისთვის ამ სიმპტომის სპეციფიურობის მაჩვენებელს.

მონაცემთა ბაზის დამუშავების შედეგად გამოვლენილი სინდრომები:

შაქრიანი დიაბეტი: გაძლიერებული წყურვილი, პირის სიმშრალე, პოლიურია, სისუსტე – $Conf = 1$

ჰიპერთირეოზი: პულსის აჩქარება, ადვილად დაღლა, სისუსტე – $Conf = 0,89$

ჰიპოთირეოზი: წონაში მატება, ადვილად დაღლა, აპათია – $Conf = 1$
წონაში მატება, ყაზობა, აპათია – $Conf = 1$
მეხსიერების დაქვეითება, სისუსტე, ძილიანობა – $Conf = 1$

V. დასკვნა.

ასოციაციების ძიების მეთოდი, რომელიც თავის დროზე შეიქმნა საცალო გაყიდვების ანალიზისთვის, გარკვეული მოდიფიცირების შემდეგ შეიძლება გამოყენებულ იქნას კლასიფიკაციის ამოცანების, მათ შორის სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტად. სამედიცინო ინფორმაციის ამ მეთოდით დამუშავებისას შესაძლებელია:

თითოეული დაავადებისთვის ხშირად შემხვედრი (ანუ დამახასიათებელი) სიმპტომების გამოვლენა და ამ სიმპტომების სპეციფიურობის შეფასება;

თითოეული დაავადებისთვის სიმპტომთა ხშირად შემხვედრი ნაკრებების გამოვლენა, რაც მოგვცემს საშუალებას დავადგინოთ დაავადების ახალი სინდრომები ან დავაზუსტოთ უკვე არსებული სინდრომები;

სიმპტომთა ხშირად შემხვედრი ნაკრებების საფუძველზე ასოციაციური წესების აგება, რაც სინდრომული დიაგნოსტიკის განხორციელების საშუალებას მოგვცემს.

და ბოლოს, მიღებული ასოციაციური წესები შეიძლება განთავსდეს სამედიცინო ინტელექტუალური სისტემის ცოდნის ბაზაში, რომელიც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს სამედიცინო დიაგნოსტიკის პროცესის მხარდაჭერას.

Development of a Medical Intelligent Decision Support System Based on Association Rule Mining

Maia Mikeladze, Vadim Radziewski, Nora Jaliabova, Natela Ananiashvili, Dimitri Radziewski

Summary

The problem of medical data mining is considered in order to build a medical intelligent decision support system. For data analysis, the association rule mining method is used, modified to solve the medical diagnosis problem. The processing of medical data by the proposed method allows to identify frequent symptoms and symptom sets for each disease, as well as assess the specificity of the symptoms found and the confidence of association rules generated from frequent symptom sets. The resulting association rules make it possible to organize the process of syndromic diagnosis of diseases. The proposed method was used to process the clinical data of a number of endocrinological diseases. Based on the obtained association rules, a knowledge base of the intelligent decision support system designed for diagnosing endocrinological diseases was formed.

Разработка медицинской интеллектуальной системы поддержки принятия решений на основе поиска ассоциаций

Maia Mikeladze, Vadim Radziewski, Nora Jaliabova, Natela Ananiashvili, Dimitri Radziewski

Резюме

Рассматривается задача интеллектуального анализа медицинских данных с целью построения медицинской интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Для анализа данных используется метод поиска ассоциаций, модифицированный для решения задачи медицинского диагностирования. Обработка медицинских данных предложенным методом позволяет выявить для каждого заболевания часто встречающиеся симптомы и наборы симптомов, а также оценить специфичность найденных симптомов и достоверность ассоциативных правил, построенных на основе часто встречающихся наборов симптомов. Полученные ассоциативные правила позволяют организовать процесс синдромного диагностирования заболеваний. Предложенный метод был применен для обработки клинических данных ряда эндокринологических заболеваний. На основе полученных ассоциативных правил была сформирована база знаний интеллектуальной системы поддержки принятия решения, предназначенной для диагностирования эндокринологических заболеваний.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Микеладзе М., Радзиевский В., Бесиашвили Г., Джалябова Н., Карчава П., Радзиевский Д. Задачи, методы и системы интеллектуального анализа данных в медицине. Юбилейная сессия, посвященная 60-летию Института систем управления. Сборник трудов Института систем управления А.Элиашвили Грузинского технического университета №20., Тб., 2016, с. 45-52.
2. Agrawal, R., Imielinski, T., Swami A. Mining Associations between Sets of Items in Massive Databases. In Proc. of the 1993 ACM-SIGMOD Int'l Conf. on Management of Data, 1993.
3. მიქელაძე მ., რადიევსკი ვ., ჯალიაბოვა ნ., რადიევსკი დ. ცოდნის ორგანიზება ინტელექტუალურ საინფორმაციო სისტემებში დიაგნოსტიკის არაფორმალური ელემენტების გამოყენების გადარჩევით. ვახტანგ გომელაურისა და არჩილ ელიაშვილის ხსოვნისადმი მიძღვნილი საიუბილეო სესია “ენერგეტიკა და მართვის პროცესები”, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული. №18, თბილისი, 2014, გვ. 50-56.

სამედიცინო ცოდნის ბაზაში ახალი კანონზომიერებების გამოვლენა და მათი გამოყენება დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების ამოცანების ამოხსნისას

ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი

v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო ცოდნის ბაზაში ახალი ცოდნის გამოყვანის ამოცანა და მისი გამოყენება სამედიცინო დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების სფეროში. ცოდნის წარმოსადგენად გამოიყენება სემანტიკური ქსელის ერთ-ერთი სახე – მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი. ახალი კანონზომიერებების გამოსავლენად გამოიყენება ცოდნის შევსების ოპერაცია. ეს ოპერაცია ხორციელდება ქსელში არსებულ დამოკიდებულებათა ალგებრული თვისებების საფუძველზე. ეს ახალი ცოდნა წარმოადგენს დამატებით ინფორმაციას, რომლის მეშვეობით ხორციელდება დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების ამოცანის ამოხსნა უფრო მაღალი ეფექტურობით.

საკვანძო სიტყვები:

ცოდნა, დიაგნოსტიკა, მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი, დაავადება.

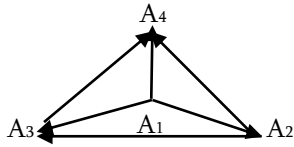
კვლევები რთული სისტემების ისეთ სფეროებში, როგორც არის რთული სისტემების დიაგნოსტიკა, პროგნოზირება, რთული სისტემების მართვა და ბევრი სხვა, დაკავშირებულია მონაცემთა დიდი რაოდენობის ანალიზთან. ასეთი ამოცანების ამოხსნა ხშირად მოითხოვს მონაცემთა ინტელექტუალური ანალიზის (Data Mining) მეთოდების გამოყენებას [1]. ამ მეთოდების მეშვეობით შესაძლებელი ხდება ახალი ცოდნის ამოღება მონაცემთა ბაზიდან. აღსანიშნავია, რომ ეს მეთოდები, როგორც წესი, გამოიყენება ობიექტებზე, სადაც მონაცემები არ არის ფორმალიზებული. ერთ-ერთ სფეროს, სადაც ჭარბობს არაფორმალიზებული მონაცემები, წარმოადგენს მედიცინა. მოცემული სამუშაო წარმოადგენს მცდელობას განვახორციელოთ არაცხადი ცოდნის გამოყვანა სამედიცინო ცოდნის ბაზაში და ამ დამატებითი ცოდნის მეშვეობით ამოვხსნათ სამედიცინო დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების ამოცანები უფრო მაღალი ეფექტიანობით.

სამედიცინო დიაგნოსტიკა წარმოადგენს დიაგნოზის დასმის პროცესს, ე.ი დასკვნას პაციენტის დაავადების არსის შესახებ და იმის დადგენას, თუ რითია გამოწვეული დაავადება. პროგნოზირება იძლევა პასუხს იმის შესახებ, თუ რა მდგომარეობამდე განვითარდება დაავადება ან რაღაც დარღვევა. როგორც დიაგნოზი, ასევე პროგნოზი ხორციელდება ავადმყოფის ანამნეზის, ლაბორატორიული და სხვა გამოკვლევების საფუძველზე. როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, ეს მონაცემები არის არამკაფიო, თვისებრივი და ძირითადად წარმოდგენილი ბუნებრივ ენაზე. ამასთან, დიაგნოზირების და პროგნოზირების პროცესი არ არის სრულად ფორმალიზებული.

სამუშაოში იხსნება კომპიუტერული დიაგნოსტიკების და პროგნოზირების ამოცანა თანამიმდევრული კლასიფიცირების საფუძველზე [2] ენდოკრინული სისტემის ზოგიერთი დაავადების მაგალითზე. ორივე ამოცანის გადასაწყვეტად, საჭიროა გამოსაკვლევი დაავადების შესახებ ცოდნის მოძიება.

მოცემულ სამუშაოში ცოდნის წარმოსადგენად გამოიყენება სემანტიკური ქსელი. სემანტიკური ქსელი, ზოგადად, წარმოადგენს გრაფს აღნიშნული წვეროებით და რკალებით. თითოეული წვერო წარმოადგენს ობიექტს, ხოლო რკალები ობიექტებს შორის დამოკიდებულებებს. ისევე როგორც გრაფი, სემანტიკური ქსელი შეიძლება იყოს წარმოდგენილი მიმართებების მატრიცის სახით. ნახ. 1 წარმოდგენილია ზოგადი სახის

სემანტიკური ქსელი და ნახ. 2 შესაბამისი მიმართებების მატრიცა. ცნობილია, რომ ნებისმიერი დაავადება გამოწვეულია სხვადასხვა დარღვევებით.



ნახ. 1

$$\begin{matrix} & A_1 & A_2 & A_3 & A_4 \\ A_1 & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ A_2 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \\ A_3 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ A_4 & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ნახ. 2

მოცემულ სამუშაოში ცოდნის – ამ დარღვევების და მათ შორის არსებული კავშირების – წარმოსადგენად გამოიყენება სემანტიკური ქსელის ერთ-ერთი სახე – მიზეზ-შედეგობრივი ქსელი. მიზეზ-შედეგობრივი ქსელის წვეროები ასახავენ ორგანიზმში შესაძლო დარღვევებს, ხოლო რკალები – დარღვევებს შორის მიზეზ-შედეგობრივ დამოკიდებულებებს. საწყის სემანტიკურ ქსელში რკალები აერთიანებენ წვეროებს, რომელთა შორის მანძილი არის ერთბიჯიანი. ამავე დროს, აღსანიშნავია, რომ ცოდნა, რომელიც ასახულია ასეთი სემანტიკური ქსელით, ხშირად არ არის საკმარისი ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად.

ეფექტიანობის გაზრდის მიზნით, მიზეზ-შედეგობრივ ქსელში ტარდება ცოდნის შევსების ოპერაცია, რომელიც ხორციელდება არსებულ დამოკიდებულებათა ალგებრული თვისებების ხარჯზე. თუ ცნობილია, რომ R არის დამოკიდებულება, მოცემული დარღვევათა სიმრავლეზე, და აგრეთვე ცნობილია, რომ R არის ტრანზიტული, მაშინ ფაქტიდან $(c_1 R c_2) \& (c_2 R c_3)$ გამომდინარეობს $(c_1 R c_3)$ - დამოკიდებულება ორი ნაბიჯის დაშორებით, რომელიც ქსელში ცხადად არ არის ასახული. ეს ფაქტი გამოყვანილია არსებული ფაქტების საფუძველზე და უნდა იყოს ასახული ქსელში [3]. ამისათვის ქსელში უნდა მოხდეს შესაბამისი წვეროების შეერთება. ეს ოპერაცია ფაქტობრივად ასახავს მიმართებათა ნამრავლს. თუ გრაფი წარმოდგენილია მიმართებების მატრიცის სახით, მაშინ მიმართებების ნამრავლი წარმოიდგინება მატრიცების ნამრავლის სახით [4]. ჩვენ შემთხვევაში ყველა დარღვევა ერთმანეთთან დაკავშირებულია იდენტური მიზეზ-შედეგობრივი მიმართებებით. ამიტომ n მატრიცის ნამრავლი მოგვცემს მატრიცის n -ურ ხარისხში აყვანას.

ჩატარებული ოპერაცია საშუალებას იძლევა ახალი კანონზომიერების და ახალი ცოდნის გამოვლენას ცოდნის ბაზაში, რაც ქმნის წინაპირობას დიაგნოსტიკებისა და პროგნოზირების ამოცანაში ეფექტიანი გადაწყვეტილების მისაღებად. თუ გვანტერესებს პროგნოზი საწყისი მდგომარეობიდან ერთი ბიჯის შემდეგ, ვექტორი, რომელიც ასახავს საწყის მდგომარეობას, უნდა გავამრავლოთ საწყის D მატრიცაზე. თუ ვექტორს, რომელიც ასახავს საწყის მდგომარეობას აღვნიშნავთ $C^{(0)}$, მაშინ $C^{(1)} = C^{(0)}D$, $C^{(2)} = C^{(1)}D = C^{(0)}D^2, \dots, C^{(n)} = C^{(0)}D^n$, სადაც $C^{(0)}$ -ში, $C^{(1)}$ -ში, $C^{(2)}$ -ში და ა.შ. $C^{(n)}$ -ში ფრჩხილებში მითითებული რიცხვი წარმოადგენს ბიჯების რაოდენობას [4, 5]. ამიტომ, თუ გვანტერესებს პროგნოზი საწყისი მდგომარეობიდან ორი ბიჯის შემდეგ, საწყისი მდგომარეობის ვექტორი უნდა გავამრავლოთ საწყისი მატრიცის კვადრატზე და ა.შ.

ქსელის დამოკიდებულებებს ხშირად გააჩნია არამკაფიო ხასიათი. ასეთ ქსელში გვექნება ისეთი მიმართებები, როგორც არის “შესაძლო მიზეზი” და “შესაძლო შედეგი”. ამ მიმართებებს მიეწერება წონითი კოეფიციენტები $\mu_i \in [0, 1]$, რომლებიც წარმოადგენენ სარწმუნოების ხარისხს იმისა, რომ d_i დარღვევა არის S_i სიმპტომის შესაძლო მიზეზი, ან S_i სიმპტომი არის d_i დარღვევის შესაძლო შედეგი. იმისათვის, რომ მივიღოთ ქსელი, რომელშიც ერთდროულად იმყოფება როგორც ცხადი დამოკიდებულებები დარღვევათა შორის, ასევე ის დამოკიდებულებები, რომლებიც იყო გამოვლენილი ცოდნის შევსების პროცესში, ტარდება ტრანზიტული ჩაკეტვის ოპერაცია. ასე, თუ R არის რაღაც

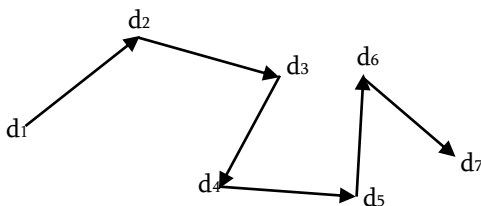
დამოკიდებულება, მაშინ მისი ტრანზიტული ჩაკეტვა იქნება წარმოდგენილი შემდეგი ტოლობის სახით:

$$\hat{R} = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \dots \cup R^n$$

თუ ტრანზიტული ჩაკეტვის ოპერაცია წარმოდგენილ უნდა იქნას გრაფის სახით, მაშინ ოპერაცია დაიყვანება რკალის მეშვეობით ყველა ორგოლიან, სამრგოლიან და ა.შ. წვეროების შეერთებაზე და მიღებული ქსელის გაერთიანებაზე საწყის ქსელთან. თუ სემანტიკური ქსელი წარმოდგენილია მიმართებების მატრიცის სახით, მაშინ R^2, R^3, \dots, R^n შესაბამემა საწყისი მატრიცის მე-2, მე-3 და ა.შ. ხარისხში აყვანას. ამასთან, ხარისხში აყვანის პროცესი მთავრდება, როდესაც სრულდება პირობა: $R^{n+1} = R^n$. ტრანზიტული ჩაკეტვის ოპერაციის ჩატარების შედეგად მიიღება სრული ინფორმაცია სისტემაში სხვადასხვა დარღვევებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების შესახებ; გამოვლინდება ახალი კანონზომიერება, რომელიც ქსელში ცხადად არ იმყოფებოდა. მაშასადამე, ფარული ცოდნის გამოვლენისთვის შეიძლება გამოვიყენოთ მიზეზ-შედეგობრივ ქსელზე განხორციელებული ტრანზიტული ჩაკეტვის ოპერაცია.

განვიხილოთ, მაგალითად, ცოდნა, რომელიც ეხება ენდოკრინული სისტემის ერთ-ერთ დაავადებას, რომელიც დაკავშირებულია პარათირეოიდული ჯირკვლის ცვლილებასთან. წარმოვადგინოთ ეს ცოდნა დაავადების მიზეზ-შედეგობრივი ქსელისა და შესაბამის მიმართებათა მატრიცის მეშვეობით. დაავადების ქსელის და მატრიცის ასაგებად ჩამოვწეროთ პარათირეოიდული ჯირკვლის დარღვევები – ქსელის წვეროები. დაავადების ქსელზე (ნახ. 3) და შესაბამის დაავადების მატრიცაზე (ნახ. 4) წარმოდგენილია სხვადასხვა დარღვევების შედეგები, რაც საშუალებას იძლევა ვაწარმოოთ დაავადების პროგნოზირება. ამისათვის ხელსაყრელია ავგოთ პროგნოზირების ცალკე ქსელი და მატრიცა.

- d1 პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერება
- d2 პარათირეოიდული ჰორმონის გამოყოფის მომატება
- d3 არაორგანული ფოსფორის გამოყოფის მომატება
- d4 არაორგანული ფოსფორის შემადგენლობის სისხლში შემცირება
- d5 კალციუმის ფოსფატების ძვლის სხეულიდან გადასვლა სისხლში
- d6 ფოსფატების სწრაფი გამოყოფა ორგანიზმიდან
- d7 კალციუმის მარილების კონცენტრაციის მომატება სისხლსა და კუნთებში და მათი დაღეჟვა თირკმელებში



ნახ. 3

	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7
d_1	0	1	0	0	0	0	0
d_2	0	0	1	0	0	0	0
d_3	0	0	0	1	0	0	0
d_4	0	0	0	0	1	0	0
d_5	0	0	0	0	0	1	0
d_6	0	0	0	0	0	0	1
d_7	0	0	0	0	0	0	0

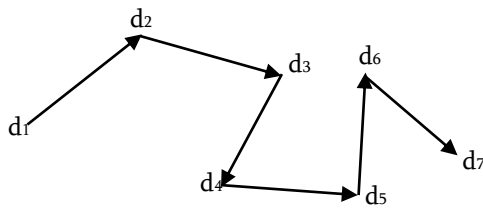
ნახ. 4

დაავადების მიზეზების გამოვლენა ხდება შებრუნებული ქსელის და შესაბამისი მატრიცის მეშვეობით. მიზეზების გამოვლენისთვის უნდა გადავადგილოდეთ ქსელზე უკუმიმართულებით და ავგოთ შესაბამისი მატრიცა. მაგრამ უფრო ხელსაყრელია ისევე, როგორც პროგნოზირების შემთხვევაში, ავგოთ დიაგნოსტიკების ცალკე ქსელი და მატრიცა. დიაგნოსტიკების ქსელის და მატრიცის ასაგებად ჩამოვწეროთ პარათირეოიდული ჯირკვლის დარღვევები - ქსელის წვეროები.

- d1 კალციუმის მარილების კონცენტრაციის მომატება სისხლში და კუნთებში და მათი დაღეჟვა თირკმელებში

- d_2 ფოსფატების სწრაფი გამოყოფა ორგანიზმიდან
- d_3 კალციუმის ფოსფატების ძვლის სხეულიდან გადასვლა სისხლში
- d_4 არაორგანული ფოსფორის შემადგენლობის სისხლში დაკლება
- d_5 არაორგანული ფოსფორის გამოყოფის მომატება
- d_6 პარათირეოიდული ჰორმონის გამოყოფის მომატება
- d_7 წყვილფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერება

პაციენტის დაავადების პროგნოზირება ხორციელდება იმ ვექტორის წრფივი გარდაქმნით, რომელიც ასახავს ავადმყოფის საწყის მდგომარეობას, დაავადების პროგნოზირების მატრიცის მეშვეობით (ნახ. 4). აგრეთვე დარღვევების მიზეზების გამოვლენა ხორციელდება იმ ვექტორის წრფივი გარდაქმნით, რომელიც ასახავს ავადმყოფის საწყის მდგომარეობას, დაავადების დიაგნოსტიკების მატრიცის მეშვეობით (ნახ. 6). ორივე შემთხვევაში ვექტორი, მიღებული წრფივი გარდაქმნის შედეგად, მიუთითებს ან მომავალ დარღვევაზე (ნახ. 4) ან მიზეზზე (ნახ. 6.)



ნახ. 5

$$\begin{matrix}
 & d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 & d_6 & d_7 \\
 \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \\ d_7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

ნახ. 6

იმისათვის, რომ მივიღოთ პროგნოზი ან მიზეზი ორი, სამი და ა.შ. ბიჯების დაშორებით, უნდა საწყისი ვექტორი გავამრავლოთ მიმართებათა მატრიცის კვადრატზე, კუბზე და ა.შ. ქვემოთ მოცემულია დაავადების დიაგნოსტიკების მატრიცა (ნახ. 7) და კვადრატში აყვანილი დაავადების დიაგნოსტიკების მატრიცა (ნახ. 8).

$$D^1 = \begin{matrix} & d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 & d_6 & d_7 \\ \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \\ d_7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

ნახ. 7

$$D^2 = \begin{matrix} & d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & d_5 & d_6 & d_7 \\ \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ d_3 \\ d_4 \\ d_5 \\ d_6 \\ d_7 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{matrix}$$

ნახ. 8

თუ გვაქვს არამკაფიო დამოკიდებულებები, რაც დამახასიათებელია სამედიცინო სისტემებისათვის, ყოველ მიმართებას მიეწერება წონითი კოეფიციენტები μ_i , $\mu_i \in [0, 1]$, რომლებიც წარმოადგენენ სარწმუნოების ხარისხს იმისა, რომ d_i არის S_i დარღვევის შესაძლო მიზეზი, ან S_i არის d_i დარღვევის შესაძლო შედეგი. ორივე შემთხვევაში წრფივი გარდაქმნით მიღებული ვექტორის მაქსიმალური ელემენტი მიუთითებს ან მომავალ დარღვევაზე, ან მიზეზზე [5]. არამკაფიო დამოკიდებულებების შემთხვევაში დაავადების მატრიცა მიიღებს შემდეგ სახეს (ნახ. 9). ტრანზიტული ჩაკეტვის ოპერაცია არამკაფიო მიმართებებისთვის ტარდება იმის შესაბამისად, როგორც მიღებულია არამკაფიო სიმრავლეების თეორიაში.

ახალი ცოდნის გამოვლენა სამედიცინო ცოდნის ბაზაში საშუალებას იძლევა გამოვიყენოთ არა მხოლოდ საწყისი ქსელი, არამედ ქსელი, რომელიც მიღებულია ცოდნის შევსების ხარჯზე.

$$D^* = \begin{matrix} & d_1 & \dots & d_m \\ \begin{matrix} d_1 \\ \vdots \\ d_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} \mu_{11} & \dots & \mu_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \mu_{n1} & \dots & \mu_{nm} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

ნახ. 9

როგორც ცნობილია, მსჯელობის შებრუნებული ჯაჭვი არ იძლევა ზუსტ დასკვნას მოვლენების მიზეზების შესახებ, ამ დასკვნას აქვს ალბათური ხასიათი. ამიტომ როდესაც ასეთი მსჯელობა წარმოიდგინება სემანტიკური ქსელის სახით, უნდა მივუწეროთ ალბათობები მის კომპონენტებს. თითოეული ალბათობა წარმოადგენს S დარღვევის პირობით ალბათობას d_i დაავადებისას, ანუ $P(S/d_i)$. მაგრამ ჩვენ S დარღვევის საფუძველზე უნდა გამოვავლინოთ მიზეზი. ამიტომ ჩვენ გვინტერესებს $P(d_i/S)$ ალბათობა. ეს ალბათობა გამოითვლება ბაესის ფორმულის მეშვეობით. ამ ფორმულას აქვს სახე:

$$P(d_i/S) = \frac{P(d_i) \cdot P(S/d_i)}{\sum_1^n P(d_i) \cdot P(S/d_i)}$$

აქ $P(d_i)$ არის დაავადების ალბათობა, $P(S/d_i)$ არის პირობითი ალბათობა იმისა, რომ S დარღვევა გამოწვეულია d_i დაავადებით. $P(d_i/S)$ არის პირობითი ალბათობა d_i დაავადების იმ პირობით, რომ გვაქვს დარღვევა S .

აღვნიშნოთ დაავადება „პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერება“ d_1 ასოთი, ხოლო მისი უარყოფა \bar{d}_1 ავღნიშნოთ d_2 ასოთი: $\bar{d}_1 = d_2$. ჩვენ შემთხვევაში $P(d_1)$ არის დაავადების „პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერება“ ალბათობა, $P(S/d_1)$ - ალბათობა S დარღვევის იმ პირობით, რომ პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქცია გაძლიერებულია. ეს ალბათობები მოცემულია. $P(S/d_2)$ ალბათობაა S დარღვევის იმ პირობით, რომ პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქცია არ არის გაძლიერებული. $P(d_1/S)$ – წარმოადგენს ალბათობას იმისა, რომ პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქცია გაძლიერებულია S დარღვევის არსებობისას. ეს ალბათობა უნდა განვსაზღვროთ ბაესის ფორმულის მეშვეობით. ჩვენ გვაქვს ორი ჰიპოტეზა:

ჰიპოტეზა 1: ავადმყოფს აქვს დაავადება d_1 , ჰიპოტეზა 2: ავადმყოფს აქვს დაავადება d_2 .

ვთქვათ, ამ ჰიპოტეზების პირობითი ალბათობები არის $P(S/d_1) = 0,95$ და $P(S/d_2) = 0,7$. გამოვთვალოთ ალბათობა $P(d_1/S)$ და $P(d_2/S)$. დავუშვათ, ალბათობები $P(d_1) = 0,8$ $P(d_2) = 0,2$. მაშინ:

$$P(d_1/S) = \frac{P(d_1) \cdot P(S/d_1)}{0,8 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,7} = \frac{0,8 \cdot 0,95}{0,9} = \frac{0,76}{0,9} = 0,84 \quad P(d_2/S) = \frac{P(d_2) \cdot P(S/d_2)}{0,8 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,7} = \frac{0,2 \cdot 0,7}{0,9} = \frac{0,14}{0,9} = 0,15$$

ჩვენ შემთხვევაში S დარღვევა ნიშნავს პარათირეოიდული ჰორმონის გამოყოფის მომატებას. აქედან კეთდება დასკვნა, რომ პაციენტს გააჩნია დაავადება d_1 – „პარათირეოიდული ჯირკვლის ფუნქციის გაძლიერება“.

Identification of New Patterns in the Medical Knowledge Base and their Use in the Tasks of Diagnostics and Forecasting

Vadim Radzievski, Maia Mikeladze, Dimitri Radzievski, Ilia Okoniani

Summary

The task of identifying new knowledge in the medical knowledge base and its use in the field of medical diagnostics and forecasting is considered. For the representation of knowledge, one type of

semantic network is used – the cause-effect network. To identify new patterns, the knowledge replenishment operation is used. This operation is carried out at the expense of the algebraic properties of the relations present in the network. This new knowledge provides additional information that helps to perform the task of diagnostics and forecasting with higher efficiency.

Выявление новых закономерностей в медицинской базе знаний и их использование в задачах диагностики и прогнозирования

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радзиевский, Илья Оконян

Резюме

Рассматривается задача выявления новых знаний в медицинской базе знаний и их использование в сфере медицинской диагностики и прогнозирования. Для представления знаний используется один из видов семантической сети - причинно-следственная сеть. Для выявления новых закономерностей используется операция пополнения знаний. Эта операция осуществляется за счёт алгебраических свойств отношений, присутствующих в сети. Эти новые знания представляют дополнительную информацию, с помощью которой задача диагностики и прогнозирования осуществляется с более высокой эффективностью.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Микеладзе М., Радзиевский В, Бесиашвили Г., Джалябова Н., Карчава П., Радзиевский Д. Задачи, методы и системы интеллектуального анализа данных в медицине. არჩილ ელიაშვილის მართვის სისტემების ინსტიტუტის 60 წლისთავისადმი მიძღვნილი საიუბილეო კონფერენცია, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №20, თბილისი., 2016. გვ 45 – 52.
2. რადიევსკი ვ. პარალელური და თანამიმდევრული კლასიფიცირება სახეთა გამოცნობის და დიაგნოსტიკის ამოცანებში საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული №19, თბილისი., 2015. გვ 141 – 145.
3. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. Москва, Энергоиздат. 1981.
4. Кемени Дж., Снелл Дж., Томпсон Дж. Введение в конечную математику. Издательство иностранной литературы, Москва, 1963.
5. Э.Хант Искусственный интеллект, Мир, Москва, 1978.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალიზებული ამოცანები და მათი ამოხსნის მეთოდები

*ვადიმ რადიევსკი, მაია მიქელაძე, დიმიტრი რადიევსკი, ილია ოკონიანი
v_radzievski@yahoo.com, mikeladzemaia@yahoo.com, dradzievski@gmail.com*

რეზიუმე

განიხილება სამედიცინო დიაგნოსტიკის არაფორმალიზებული ამოცანები. ნაჩვენებია, რომ თუ ობიექტი აღწერილია რაოდენობრივი ნიშნების მეშვეობით, მაშინ ამოცანის ამოსახსნელად შეიძლება გამოყენებული იყოს მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება მანძილის ცნებას. ობიექტები მიეკუთვნება ერთსა და იმავე კლასს, თუ წერტილები, რომლებიც ამ ობიექტებს წარმოადგენენ ევკლიდეს სივრცეში, ერთმანეთთან ახლოს არიან. სამედიცინო დიაგნოსტიკის სფეროში მონაცემთა ნაკრები ხშირად წარმოდგინება თვისობრივად ბუნებრივ ენაზე. ასეთი ამოცანების ამოსახსნელად სტატიაში შეთავაზებულია ვექტორების შედარების მეთოდი, რომელშიც გამოიყენება ე.წ მიკუთვნების ფუნქცია. ეს ფუნქცია განსაზღვრავს ვექტორების სიახლოვეს ნიშნების სივრცეში.

საკვანძო სიტყვები:

არაფორმალიზებული ამოცანები, მანძილი, გამოცნობა, დიაგნოსტიკა, დაავადება.

ხელოვნური ინტელექტის ისეთი ამოცანები, როგორც არის სახეთა გამოცნობა, დიაგნოსტიკა, პროგნოზირება, რთული სისტემების მართვა და ბევრი სხვა, მჭიდროდაა დაკავშირებული ობიექტის აღწერილი ნიშნების გამოყენებასთან. უნდა აღინიშნოს, რომ ობიექტის თვისებები და მისი წარმოდგენის ხერხები, კარნახობს სხვადასხვა მეთოდების გამოყენებას დასმული ამოცანების გადაწყვეტისას. თუ ობიექტი აღწერილია რაოდენობრივი ნიშნების მეშვეობით, მაშინ მისი წარმოდგენა შესაძლებელია როგორც X წერტილი n-განზომილებიან ევკლიდეს სივრცეში. ამ მიდგომის თანახმად, ამოცანის ამოსახსნელად შეიძლება იყოს გამოყენებული მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება მანძილის ცნებას. ობიექტები მიეკუთვნება ერთსა და იმავე კლასს, თუ წერტილები, რომლებიც ამ ობიექტებს წარმოადგენენ ევკლიდეს სივრცეში, ახლოს არიან ერთმანეთთან [1]. ასეთი ამოცანის ამოსახსნელად გამოიყენება ზუსტი მათემატიკური მეთოდები. თუ მონაცემთა ნაკრები არის თვისობრივი ხასიათის და არ არსებობს მანძილის გონივრული ინტერპრეტაცია, მაშინ ობიექტის წარმოდგენა, როგორც წერტილი ევკლიდეს სივრცეში, შეუძლებელია. ხელოვნური ინტელექტის სფეროში არსებობს მრავალი ამოცანა, სადაც მონაცემები წარმოდგინება არარიცხობრივ ფორმაში და მათი აღწერა ხორციელდება ბუნებრივ ენაზე. ასეთი ამოცანები მიეკუთვნება არაფორმალიზებული ამოცანების კლასს [2]. ერთ-ერთ სფეროს, სადაც ჭარბობს თვისობრივი მონაცემები, წარმოადგენს მედიცინა. მოცემულ სამუშაოში განიხილება სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის გადაწყვეტის მეთოდი თვისობრივი ნიშნების შემთხვევისთვის.

სამედიცინო დიაგნოსტიკა წარმოადგენს სახეთა გამოცნობის ერთ-ერთ მიმართულებას, რომელიც დაკავშირებულია დაავადების ამოცნობასთან. ამოცნობა ხორციელდება მონაცემების საფუძველზე, ამიტომაც დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მონაცემთა წარმოდგენას და ობიექტების აღწერის ხერხს. როგორც აღნიშნული იყო, სამედიცინო დიაგნოსტიკის სფეროში მონაცემები ხშირად არის წარმოდგენილი თვისობრივად და ამ შემთხვევაში ობიექტის წარმოდგენა, როგორც წერტილი ევკლიდეს სივრცეში, შეუძლებელია. ეს იქნება, მაგალითად, იმ შემთხვევაში, როდესაც ობიექტის აღწერის

მონაცემები წარმოადგენენ ისეთ ნიშნებს, როგორცაა: გულისრევა, ღებინება, ტკივილი გულის არეში და სხვა.

სამედიცინო დიაგნოსტიკის ამოცანის გადასაწყვეტად მოცემულ სამუშაოში, იმ შემთხვევისთვის, როცა ობიექტის მდგომარეობა წარმოდგენილია თვისობრივი ნიშნების სახით, შეთავაზებულია სიახლოვის ზომა. ამ შემთხვევაში პაციენტის მონაცემების ერთობლიობა, რომელიც წარმოდგენილია ვექტორის სახით, შედარებული უნდა იყოს დაავადების ამსახველ მონაცემებთან, რომლებიც წარმოდგენილია ვექტორ-ეტალონის სახით. ვექტორების შედარება ხორციელდება ე.წ მიკუთვნების ფუნქციის გამოყენებით [3, 4]. ცხადია, რომ რაც უფრო მეტია დამთხვევა შემავალ ობიექტსა და კლასის აღმწერ ვექტორს შორის, მით უფრო მეტია ობიექტის მიკუთვნების ხარისხი ამ კლასისადმი.

ვთქვათ, A ვექტორი აღწერს ავადმყოფის მდგომარეობას, ხოლო B ვექტორი არის ვექტორ-ეტალონი, რომელიც აღწერს კლასს და წარმოადგენს ცოდნას დაავადების შესახებ. მიკუთვნების ფუნქცია μ განისაზღვრება როგორც შეფარდება, სადაც მრიცხველში იქნება A და B სიმრავლეების გადაკვეთაში შემავალი ელემენტების რაოდენობა, ხოლო მნიშვნელში ეტალონური ვექტორის ნიშნების რაოდენობა.

$$\mu = \frac{n(A \cap B)}{n(B)} \quad \mu \in [0-1] \quad (1)$$

ასეთი სიახლოვის ზომა აღმოჩნდა ხელსაყრელი დიაგნოსტიკის რიგი ამოცანის გადასაწყვეტად. ასეთი სიახლოვის ზომა შეიძლება იყოს გამოყენებული სამედიცინო დიაგნოსტიკის სისტემის ასაგებად. განვიხილოთ მაგალითი: ვთქვათ მატრიცა (ნახ. 1) აღწერს სიმპტომებს და დაავადებებს. ავადმყოფის სიმპტომები აღიწერება ვექტორით 011001. გადაკვეთა B_1 - დაავადებასთან არის 3 და სიმპტომების რაოდენობა 6 ე.ი. $\mu = \frac{3}{6} = 0,5$; გადაკვეთა B_2 - დაავადებასთან არის 2 და $\mu = \frac{2}{6} = 0,3$; B_3 - დაავადებასთან გადაკვეთა არის 2 $\mu = \frac{2}{6} = 0,3$; B_4 - დაავადებასთან არის 3 $\mu = \frac{3}{6} = 0,5$; B_5 - დაავადებასთან არის 4 $\mu = \frac{4}{6} = 0,7$. მაშასადამე B_5 არის ყველაზე სარწმუნო დიაგნოზი, ვინაიდან შესაბამისი მიკუთვნების ხარისხი არის მაქსიმალური.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
B_1	0	1	0	1	1	1
B_2	1	0	1	0	1	0
B_3	1	1	0	1	0	0
B_4	0	0	1	0	1	0
B_5	1	1	1	0	1	1

ნახ. 1

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
B_1	0,3	0,5	0,4	0,7	0,2	0,8
B_2	0,4	0,3	0,5	0,6	0,7	0,4
B_3	0,2	0,4	0,7	0,8	0,3	0,5
B_4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,2	0,8
B_5	0,2	0,3	0,6	0,5	0,4	0,7

ნახ. 2

თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ნიშნები არ არის ეკვივალენტური, უნდა შემოვიღოთ წონითი კოეფიციენტები (ნახ. 2) ყოველი ნიშნისათვის და ავიღოთ შეფარდება, სადაც მრიცხველში იქნება A და B სიმრავლეების გადაკვეთაში შემავალი ნიშნების წონითი კოეფიციენტების ჯამი, ხოლო – მნიშვნელში ეტალონური ვექტორის ნიშნების წონითი კოეფიციენტების ჯამი. ამ შემთხვევაში B_1 დაავადებასთან $\mu = 0,5$, B_2 დაავადებასთან $\mu = 0,4$, B_3 - დაავადებასთან $\mu = 0,2$, B_4 დაავადებასთან $\mu = 0,5$, B_5 დაავადებასთან $\mu = 0,8$. მაშასადამე B_5 არის ყველაზე სარწმუნო დიაგნოზი.

განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი დაკავშირებული დიაბეტის დაავადებასთან. არსებობს ორი სახის დიაბეტი – დიაბეტი I და დიაბეტი II. ამ დაავადებათა გარჩევა ძნელია იმის გამო, რომ ამ დაავადებებში ბევრი სიმპტომი არ განსხვავდება ერთმანეთისაგან. ამოვწეროთ დიაბეტი I-ის და დიაბეტი II-ის სიმპტომები: აღინიშნება უმეტესად

ახალგაზრდებში - A_1 , აღინიშნება სწრაფი დასაწყისი - A_2 , აღინიშნება მიდრეკილება კეტოზისაკენ - A_3 , აღინიშნება ინსულინის დეფიციტი A_4 , აღინიშნება წონაში დაკლება - A_5 , აღინიშნება დაღლილობა - A_6 , აღინიშნება ხშირი შარდვა - A_7 , აღინიშნება ყურადღების კონცენტრაციის დაკლება - A_8 , აღინიშნება ჭარბი წონა - A_9 , აღინიშნება ტკივილი ფეხებში A_{10} , აღინიშნება მაღალი წნევა - A_{11} , აღინიშნება ტკივილი ფეხებში - A_{12} , აღინიშნება შიმშილობის გრძობა - A_{13} , აღინიშნება ჭრილობის ნელი შეხორცება - A_{14} , აღინიშნება წყურვილი - A_{15} . სიმპტომები და ვექტორ-ეტალონი წარმოვადგინოთ ე.წ. დაავადების მატრიცის სახით (ნახ. 3). ავადმყოფის მონაცემები წარმოიდგინება ბინარული ვექტორით: 1 1 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 1. ფორმულა 1-ის გამოყენებამ მოგვცა რომ დიაბეტი I-ისთვის (პირველი სტრიქონი ნახ. 3) მიღებული μ არის 0,7, ხოლო დიაბეტი II-ისთვის (მეორე სტრიქონი ნახ. 3) მიღებული μ არის 0,4.

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
B_I	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
B_{II}	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1

ნახ. 3

B_I – დიაბეტი I $\mu=0,7$ B_{II} – დიაბეტი II – $\mu = 0,4$

ამის საფუძველზე დაისვა დიაგნოზი დიაბეტი I, რაც შეესაბამება ექიმის მიერ წინასწარ დასმულ დიაგნოზს. რაც შეეხება წონებს, ისინი შეიძლება მიღებული იყოს ექიმისგან ან სასწავლო ამონაკრეფის საფუძველზე დასწავლის ალგორითმის გამოყენებით. განვიხილოთ იგივე დაავადებების დიაგნოსტიკა იმ შემთხვევისთვის, როდესაც დაავადების მატრიცის ელემენტებს მინიჭებული აქვთ წონითი კოეფიციენტები (ნახ. 4).

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
B_I	0,7	0,8	0,6	0,9	0,5	0,7	0,8	0,6	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,3	0,9
B_{II}	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,8	0,3	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8

ნახ. 4

B_I – დიაბეტი I $\mu= 0,6$ B_{II} – დიაბეტი II – $\mu= 0,4$

ფორმულა 1-ის გამოყენებამ მოგვცა რომ დიაბეტი I-ისთვის (პირველი სტრიქონი ნახ. 4) მიღებული μ არის 0,6, ხოლო დიაბეტი II-ისთვის (მეორე სტრიქონი ნახ. 4) მიღებული μ არის 0,4. ამის საფუძველზე დაისვა დიაგნოზი დიაბეტი I, რაც შეესაბამება ექიმის მიერ წინასწარ დასმულ დიაგნოზს. რაც შეეხება წონით კოეფიციენტებს, ჩვენს შემთხვევაში წონითი კოეფიციენტები მიღებული იყო ექიმისგან.

Unformalized Problems of Medical Diagnosis and Methods for Solving them

Vadim Radzievski, Maia Mikeladze, Dimitri Radzievski, Iliia Okoniani

Summary

Unformalized tasks of medical diagnostics are considered. It is shown that if an object is described using quantitative features, then methods that rely on the concept of distance can be used to solve the problem. Objects belong to the same class if the points that represent these objects in Euclidean space are close to each other. In the field of medical diagnostics, the data set is often presented qualitatively in

natural language. To solve such problems, a method for comparing vectors is proposed in the work, which is carried out using the so-called membership function. This function determines the proximity of vectors in the feature space.

Неформализованные задачи медицинской диагностики и методы их решения

Вадим Радзиевский, Майя Микеладзе, Дмитрий Радзиевский, Илья Оконян

Резюме

Рассматриваются неформализованные задачи медицинской диагностики. Показано, что если объект описан с помощью количественных признаков, тогда для решения задачи могут быть использованы методы, которые опираются на понятие расстояние. Объекты относятся к одному классу, если точки, которые представляют эти объекты в евклидовом пространстве, близко расположены друг к другу. В области медицинской диагностики набор данных часто представляется качественно на естественном языке. Для решения таких задач в работе предлагается метод сравнения векторов, в котором используется т. наз. функция принадлежности. Эта функция определяет близость векторов в пространстве признаков.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Нильсон Н. Обучающиеся машины. «МИР». Москва. 1967.
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”, საქართველო, თბილისი 19 – 21 სექტემბერი, 2012 წელი, გვ. 403 – 406.
3. Радзиевский В.С. Использование концептуального подхода при описании размытых множеств – материалы VIII Всесоюзного симпозиума по кибернетике. Тбилиси. 1976. стр. 137 – 140.
4. Радзиевский В.С. Использование оценочных функций и знаний в задаче автоматизации поиска решений при управлении сложными системами. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტის შრომათა კრებული, თბილისი, 2000 წ. გვ. 184 – 188.

ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი პროგრამული უზრუნველყოფის ხარვეზების იდენტიფიცირებისათვის

მანანა ხაჩიძე, მაგდა ცინცაძე, მაია არჩუაძე, გელა ბესიაშვილი

manana.khachidze@tsu.ge, magda.tsintsadze@tsu.ge, maia.archuazde@tsu.ge, gela.besiashvili@tsu.ge

რეზიუმე

პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების პროცესში მნიშვნელოვანია არა მხოლოდ შეცდომების და უზუსტობების აღმოჩენა, არამედ მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენა. პროგრამული უზრუნველყოფის მრავალფეროვნება მათი ფუნქციონალურობის, შემუშავების ინსტრუმენტების, მასში გამოყენებული ალგორითმების და პროგრამირების ენის, საბოლოო მომხმარებლის და სხვ. გათვალისწინებით, ტესტირების პროცესს წარმოაჩენს როგორც მრავალპარამეტრიან რთულ ამოცანას, რომლის გადასაწყვეტადაც ცალსახა მიდგომის მოძიება რთულია. ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი წარმოადგენს ინსტრუმენტს, რომელიც საშუალებას იძლევა მოხდეს რთული ობიექტის აღწერა, რომელიც ჩვენს შემთხვევაში წარმოადგენს პროგრამულ უზრუნველყოფას, მრავალი პარამეტრებით მათი მნიშვნელობების შესაბამისად. ასევე, აღიწეროს ამ რთული ობიექტების სხვადასხვა მდგომარეობა (შეცდომების და უზუსტობების ტიპის მიხედვით). ერთი და იგივე მდგომარეობის ობიექტების აღსაწერად შემუშავდება განზოგადოებული „კონცეპტი“ (კონკრეტული ტიპის შეცდომების და უზუსტობების მქონე პროგრამული უზრუნველყოფის განზოგადოებული აღწერა). შემდგომში ეს კონცეპტები შექმნიან „არასწორი პროგრამული უზრუნველყოფის თარგების“ ბიბლიოთეკას.

საკვანძო სიტყვები:

შეცდომების აღმოჩენა, ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი, კონცეპტები.

შესავალი

პროგრამული უზრუნველყოფა წარმოადგენს ურთულეს „ცოცხალ“ სისტემას, რომლის სიცოცხლისუნარიანობა, სწორი ქმედითუნარიანობა, საიმედოობა, დამოკიდებულია მრავალ პარამეტრზე – დაწყებული მის შექმნამდე დასმული ამოცანის კორექტულობიდან, დამთავრებული აპარატურული მოწყობილობის ტექნიკური და ლოგიკური ხარვეზებით. აქედან გამომდინარე, სრულიად ლოგიკურია, პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირება შევადაროთ ადამიანის ჯანმრთელობის მდგომარეობის ტესტირებას, რომლის სრული სურათის წარმოსადგენად საჭიროა ერთმანეთისგან ტიპობრივად განსხვავებული (გაზომვადი, აღწერადი, ვიზუალური და სხვ.) მაჩვენებლების (პარამეტრების) მნიშვნელობების გასაზღვრა ურთიერთდამოკიდებულებების შეფასებით. ცნობილია, რომ პროგრამული უზრუნველყოფა ძირითადად სამ ტიპად იყოფა საერთო ფუნქციის, ტიპისა და გამოყენების სფეროდან გამომდინარე (გამოყენებითი პროგრამული უზრუნველყოფა, სისტემური პროგრამული უზრუნველყოფა და კომპიუტერული პროგრამირების ინსტრუმენტები). თუ გავითვალისწინებთ იმ ფაქტს, რომ თითოეული ტიპი კიდევ რამოდენიმე ქვეტიპს მოიცავს, ასევე ერთი პროგრამული უზრუნველყოფა შეიძლება თავის

თავში მოიცავდეს სხვადასხვა ქვეტიპის პროგრამულ კომპონენტს. პროგრამული უზრუნველყოფის ტიპების რაოდენობა შესაძლოა უსასრულოდაც ჩავთვალოთ. ჩვენ შევჩერდებით გამოყენებით პროგრამებზე.

პროგრამული უზრუნველყოფა შეიძლება იყოს საერთო დანიშნულების (მონაცემთა ბაზის მართვის პროგრამული უზრუნველყოფა, ტექსტის დამამუშავებელი პროგრამული უზრუნველყოფა, ვებ ბრაუზერები და ა.შ.) ან ჰქონდეს სპეციალური დანიშნულება (სხვადასხვა საქონლის აღრიცხვა, workflow და ა.შ.). ყველა ტიპის პროგრამული უზრუნველყოფა უნდა აკმაყოფილებდეს ხარისხის მოთხოვნებს.

ჩვენ შევეცდებით წარმოვადგინოთ მოდელი, რომელიც მოახდენს პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის ამსახველი ატრიბუტების განმსაზღვრელი პარამეტრების ურთიერთშეთანადებას.

პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის ატრიბუტების კლასიფიცირება

პროგრამული უზრუნველყოფის შეფასებისას, უმთავრესად განასხვავებენ ხარისხის ატრიბუტების ხუთ ძირითადად კლასს: ფუნქციონალური ატრიბუტები, ოპერაციული ატრიბუტები, გამოყენებადი ატრიბუტები, ბიზნეს ატრიბუტები, სტრუქტურული ატრიბუტები. აღვნიშნოთ თითოეული ატრიბუტი $A_i, i = 1, \dots, 4$ (ჩვენს აღწერაში ბიზნეს ატრიბუტები, რომლებიც წარმოადგენენ პროგრამული პროდუქტის შემუშავების, გამოყენების და განვითარების მახასიათებლებს, მონაწილეობას არ ღებულობენ). თავის მხრივ, ზოგიერთი ეს ატრიბუტი მოიცავს ქვეატრიბუტებს. აღვნიშნოთ ეს ქვეატრიბუტები $a_{i,j}, i = 1, \dots, 4; j = 1, \dots, n_i$ (n_i არის i -ური ატრიბუტის ქვეატრიბუტების რაოდენობა).

ჩვენ შემოთავაზებულ აღნიშვნებში წარმოვადგინოთ პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის განმსაზღვრელი ატრიბუტების სრული ჩამონათვალი:

ფუნქციონალური ატრიბუტები (A_1), რომლებიც პროგრამული პროდუქტის შეტანა/გამოტანის მახასიათებელია, ორი ტიპის ატრიბუტს მოიცავს – ბულის და სტატიკურს. ამათგან პირველი პროგრამულ პროდუქტს გააჩნია ან არ გააჩნია, ხოლო მეორე, მეტ-ნაკლებად ყველას აქვს. თავის მხრივ, ბულის ატრიბუტი არის: კორექტული ($a_{1,1}$) და მდგრადი ($a_{1,2}$). რაც შეეხება სტატიკურს, იგი გამოისახება ატრიბუტებში: დამოკიდებულება და დაცვა, რომელთაგან პირველი მოიცავს ორ ატრიბუტს საიმედოობა ($a_{1,3}$) და უსაფრთხოება ($a_{1,4}$), ხოლო დაცვა ოთხ ატრიბუტს – კონფიდენციალურობა ($a_{1,5}$), მთლიანობა ($a_{1,6}$), აუთენტიფიკაცია ($a_{1,7}$), ხელმისაწვდომობა ($a_{1,8}$).

ოპერაციული ატრიბუტი (A_2), რომელიც წარმოადგენს პროგრამული პროდუქტის მუშაობის პირობების მახასიათებელს, აისახება ოთხი ატრიბუტით: ლატენცია ($a_{2,1}$), გამტარუნარიანობა ($a_{2,2}$), ეფექტურობა ($a_{2,3}$), წარმადობა ($a_{2,4}$).

გამოყენებითი ატრიბუტები (A_3) აღწერს პროგრამული პროდუქტის გამოყენებადობის ხარისხს და მისი ადაპტირების უნარს მომხმარებლის მოთხოვნების მიმართ. ამ ტიპის ატრიბუტებს წარმოადგენენ შემდეგი ქვეატრიბუტები, რომლებიც აღწერენ გამოყენების სივრცეს ($a_{3,1}$), სწავლების სივრცეს ($a_{3,2}$), გამართულობას ($a_{3,3}$), კალიბრირებას ($a_{3,4}$), ფუნქციონალურ თავსებადობას ($a_{3,5}$).

სტრუქტურული ატრიბუტები (A_4), რომელიც ახასიათებს პროგრამული უზრუნველყოფის შიდა სტრუქტურას, ოთხ ქვეატრიბუტში გამოისახება: დაპროექტების სისრულე ($a_{4,1}$); მოდულარულობა, რომელიც თავის მხრივ ორ ქვეატრიბუტს მოიცავს

გაერთიანებადობა ($a_{4,2}$), შეწყვილება ($a_{4,3}$); შემოწმებადობა – მასაც გააჩნია ორი ქვეატრიბუტი მართვადობა ($a_{4,4}$) და დაკვირვებადობა ($a_{4,5}$); ადაპტირებულობა ($a_{4,6}$).

მიღებული $\{a_{i,j}\}, i = 1, \dots, 4; j = 1, \dots, n_i$ ატრიბუტების სიმრავლის საშუალებით შეგვიძლია აღვწეროთ ნებისმიერი სხვადასხვა S_k პროგრამული უზრუნველყოფა (ხარისხის თვალსაზრისით):

$$S_k \rightarrow \check{a}_{1,1} \& \check{a}_{2,1} \& \dots \& \check{a}_{4,6}$$

სადაც:

$$\check{a}_{i,j} = \begin{cases} a_{i,j}, & \text{if } a_{i,j} \text{ არის } S_k \text{ პროგრამული უზრუნველყოფის ატრიბუტები;} \\ \bar{a}_{i,j}, & \text{if } a_{i,j} \text{ არ არის } S_k \text{ პროგრამული უზრუნველყოფის ატრიბუტები;} \end{cases}$$

განსხვავებული S_k პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის შესაბამისობის ასეთი სახით წარმოდგენა საშუალებას მოგვცემს ანალიტიკური ევრისტიკების ენაზე ჩამოვყალიბოთ განზოგადებული ცნება თუ რას ნიშნავს წარმოდგენილი ხუთი შეფასების შესაბამისი ხარისხის მქონე პროგრამული უზრუნველყოფა. ასეთი იმპლიკანტების ერთობლიობა საფუძვლად დაედება პროგრამული უზრუნველყოფის ხარვეზების იდენტიფიცირების მეთოდს.

პროგრამული უზრუნველყოფის გათიშვა, შეცდომა და ჩავარდნა

პროგრამული უზრუნველყოფის გათიშვის, შეცდომების და ჩავარდნის სიმრავლე ისევე უსასრულო შეიძლება იყოს, როგორც თვით პროგრამული უზრუნველყოფა, მაგრამ მაინც არსებობს მათი კლასიფიცირება. ჩვენი მეთოდის აღსაწერად შევჩერდით პროგრამული უზრუნველყოფის გათიშვის, შეცდომის და ჩავარდნის ისეთ შემთხვევებზე, რომლებიც ყველაზე ფართოდაა გავრცელებული – შესრულების შეცდომები, ურთიერთქმედების შეცდომები, მართვის შეცდომები, სინტაქსური შეცდომები, შეცდომებთან გამკლავების შეცდომები, გამოთვლის შეცდომები და მართვის შეცდომები. ასევე მოვახდენთ ყველაზე ხშირად გამომწვევი მიზეზების ფორმალიზებას.

აღვნიშნოთ თითოეული ხარვეზი $F_m, m = 1, \dots, 7$. თითოეული ტიპის ხარვეზი შეიძლება აღწერდეს მასში შემავალ რამდენიმე „პრობლემას“. აღვნიშნოთ ეს „პრობლემები“ $f_{m,n}, m = 1, \dots, 7; n = 1, \dots, l_n$ (l_n არის m -ური ხარვეზში შემავალი „პრობლემების“ რაოდენობა).

ასე მაგალითად: **Performance Errors** (F_1) შეიძლება მოიცავდეს პრობლემებს **Long Load time** ($f_{1,1}$), **Poor response time** ($f_{1,2}$), **Poor scalability** ($f_{1,3}$), **Bottlenecking** ($f_{1,4}$); **Interaction Errors** (F_2) მოიცავს **Functionality** ($f_{2,1}$), **Communication** ($f_{2,2}$), **Command Structure and Entry** ($f_{2,3}$), **Missing Commands** ($f_{2,4}$), **Program Rigidity** ($f_{2,5}$), **Performance** ($f_{2,6}$), **Output** ($f_{2,7}$) დაკავშირებულ პრობლემებს და ა.შ.

ამ აღნიშვნების გამოყენებით ყოველი კონკრეტული პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების საფუძველზე მიღებული შედეგები შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

აღვნიშნოთ S_k პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების ოპერაცია $Test(S_k)$, ხოლო ტესტირების შედეგად გამოვლენილი პრობლემების ერთობლიობა იმპლიკანტი $\check{f}_{1,1} \& \check{f}_{2,1} \& \dots \& \check{f}_{7,17}$

სადაც:

$$\check{f}_{i,j} = \begin{cases} f_{i,j}, & \text{if } f_{i,j} \text{ არის } S_k \text{ ტესტირების შედეგების პრობლემა;} \\ \bar{f}_{i,j}, & \text{if } f_{i,j} \text{ არ არის } S_k \text{ ტესტირების შედეგების პრობლემა.} \end{cases}$$

ტესტირების შედეგების ასეთი აღწერების შეგროვებით ჩვენ გვექნება მონაცემთა ბაზა, რომელიც საფუძვლად დაედება ცოდნის ბაზას.

ანალიტიკური ევრისტიკების მეთოდი

დავუშვათ გვაქვს პროგრამული უზრუნველყოფების რაღაც $\{ S_k \}, k = 1, \dots, K$, სიმრავლე. ყოველი პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების შედეგი წარმოვადგინოთ წინა პარაგრაფში მოცემული აღნიშვნების იმპლიკანტების სახით.

$$Test(S_1) \rightarrow f_{1,1}^1 \& f_{1,2}^1 \& \dots \& f_{7,l_7}^1,$$

$$Test(S_2) \rightarrow f_{1,1}^2 \& f_{1,2}^2 \& \dots \& f_{7,l_7}^2,$$

...

$$Test(S_K) \rightarrow f_{1,1}^K \& f_{1,2}^K \& \dots \& f_{7,l_7}^K$$

ასევე მოვახდინოთ პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის შეფასება software quality attributes-ის გამოყენებით და წარმოვადგინოთ ისინი ხარისხის ამსახველი იმპლიკანტების სახით (შესაბამისი ხარისხის აღნიშვნელი ატრიბუტი აღწერაში წარმოდგება „დადებითი სხით“, ხოლო თუ პროგრამული უზრუნველყოფა ვერ აკმაყოფილებს რომელიმე ხარისხის ატრიბუტს, იმპლიკანტში იქნება მისი „უარყოფა“):

$$S_1 \rightarrow \checkmark_{1,1}^1 \& \checkmark_{1,2}^1 \& \dots \& \checkmark_{4,6}^1,$$

$$S_2 \rightarrow \checkmark_{1,1}^2 \& \checkmark_{1,2}^2 \& \dots \& \checkmark_{4,6}^2,$$

...

$$S_K \rightarrow \checkmark_{1,1}^K \& \checkmark_{1,2}^K \& \dots \& \checkmark_{4,6}^K$$

მოვახდინოთ ხარისხის იმპლიკანტების დაჯგუფება ერთგვაროვნების მიხედვით (ერთი და იგივე შეფასების მქონე პროგრამული უზრუნველყოფების შეთანადებით) და წარმოვადგინოთ ნორმალური დიზიუნქციური ფორმით. სიცხადისათვის: თუ დავუშვებთ, რომ S'_1, S'_2, \dots, S'_z პროგრამულ უზრუნველყოფებს გააჩნიათ ერთნაირი Q^x შეფასებები. მათი საერთო აღწერა იქნება:

$$\checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{4,6}^{z'} \vee \checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{4,6}^{z'} \vee \checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{4,6}^{z'}$$

ამ ნორმალური დიზიუნქციური ფორმის მინიმუზაციის შედეგად მივიღებთ Q^x შეფასების აღმწერ „კონცეპტს“ გამოსახულს ხარისხის ატრიბუტებით. ასეთი სხვადასხვა შეფასების შესაბამისი კონცეპტების სიმრავლე იქნება ჩვენი „ცოდნის ბაზის“ ერთ-ერთი ძირითადი ნაწილი.

დავაჯგუფოთ $Test(S_1), \dots, Test(S_k)$ ტესტირების შესაბამისი ხარვეზების შესაბამისი იმპლიკანტები ხარისხის შეფასებების შედეგების მიხედვით. ასე მაგალითად, დიზიუნქციურ ნორმალურ ფორმაში გაერთიანდებიან პროგრამულ უზრუნველყოფათა ტესტირების შესაბამისი შეცდომების აღმწერი ის იმპლიკანტები, რომელთა ხარისხის შეფასება შესაბამებია Q^x -ს:

$$\checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{7,l}^{z'} \vee \checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{7,l}^{z'} \vee \checkmark_{1,1}^{z'} \& \checkmark_{1,2}^{z'} \& \dots \& \checkmark_{7,l}^{z'}$$

ამ ნორმალური დიზიუნქციური ფორმის მინიმუზაციის შედეგად მივიღებთ „კონცეპტებს“, რომლებიც აღწერენ Q^x შეფასების შესაბამის პროგრამულ უზრუნველყოფებში დაფიქსირებულ შეცდომებს. ყოველი განსხვავებული Q^y შეფასებისთვის გვექნება განსხვავებული „კონცეპტი“, ხოლო ასეთი „კონცეპტების სიმრავლე იქნება ჩვენი „ცოდნის ბაზის“ მეორე ძირითადი ნაწილი.

პროგრამული უზრუნველყოფის ხარვეზებზე შემოწმების სქემა

მას შემდეგ, რაც შევავსებთ „ცოდნის ბაზის“ ორივე ნაწილს (ხარისხის და შეცდომების „კონცეპტები“) უკვე შესაძლებელია სხვა პროგრამული უზრუნველყოფის შეცდომების „პროგნოზირება“. პროცესი შემდეგნაირად მიმდინარეობს:

1. პროგრამული უზრუნველყოფა მოწმდება ხარისხის ატრიბუტების არსებობა-არარსებობაზე და მიღებული შედეგი იწერება იმპლიკანტის სახით;
2. პროგრამული უზრუნველყოფა ხარისხის ამსახველი იმპლიკანტი დარდება „ცოდნის ბაზის“ შეფასების აღმწერ „კონცეპტებს“ და შეთანადების საფუძველზე ფიქსირდება მისი საბოლოო ხარისხი Q^x ;
3. პროგრამული უზრუნველყოფის Q^x ხარისხის შესაბამისად, შეცდომების „კონცეპტების“ ცოდნის ბაზიდან ამოირჩევა კონკრეტული „კონცეპტი“, რომელიც მოიცავს შესაძლო ურთიერთდაკავშირებული შეცდომების ჩამონათვალს.

სამომავლო სამუშაოები

შემოთავაზებული მეთოდის საფუძველზე შექმნილი სისტემა საშუალებას მოგვცემს შეფასების ცალკეული ატრიბუტების მიხედვით შეფასებული პროგრამული უზრუნველყოფის ხარისხის ერთი ცნებით და ამ ცნების შეთანადებით განვსაზღვროთ ის კონკრეტული ხარვეზები, რამაც გამოიწვია პროგრამის ხარისხის კონკრეტული „ხარვეზი“.

ამჟამად მეთოდი აპრობირებულია იმიტირებულ პროგრამულ უზრუნველყოფებზე და შედეგები დამაიმედებელია, თუმცა სრულყოფისათვის აუცილებელია მოხდეს პროგრამული უზრუნველყოფის ტიპების მიხედვით ყველა ატრიბუტის, პროგრამული შეცდომების და უზუსტობების განსაზღვრა.

Method of Analytical Heuristics for Identifying Software Flaws

Manana Khachidze, Magda Tsintsadze, Maia Archuadze, Gela Besiashvili

Summary

It is important not only to detect errors and bugs in the software testing process but also to identify what causes them. Software diversity in means of their functionality, development tools, algorithms, programming language, end-user, etc. represents the testing process as a multi-parameter complex problem that is difficult to solve with a straightforward approach. The method of Analytical Heuristics method is a tool that allows describing a complex task in our case the software with multiple parameters (parameters defining software functionality), also according to the values of the parameters the method might be used to describe the state of this complex object (based on types of errors and bugs). A generalized "concept" (generalized description of software with specific types of errors and bugs) will be developed to describe objects of the same state. Subsequently, these concepts will create a library of "buggy software" templates.

Метод аналитической эвристики для выявления недостатков программного обеспечения

Манана Хачидзе, Магда Цинцадзе, Майя Арчуадзе, Гела Бесиашвили

Резюме

В процессе тестирования программного обеспечения важно не только обнаруживать ошибки, но и выявлять причины их возникновения. Разнообразие программного обеспечения в смысле его функциональности, средств разработки, алгоритмов, языка программирования, конечного пользователя и т.д. представляет процесс тестирования как многопараметрическую сложную задачу, которую трудно решить с помощью простого подхода. Метод аналитической эвристики - это инструмент, который позволяет описать сложную задачу в нашем случае с программным обеспечением с несколькими параметрами (параметрами, определяющими функциональность программного обеспечения), также в соответствии со значениями параметров, которые метод может использовать для описания состояния это сложный объект (на основе типов ошибок и ошибок). Обобщенная «концепция» (обобщенное описание программного обеспечения с конкретными типами ошибок и ошибок) будет разработана для описания объектов одного и того же состояния. Впоследствии, эти концепции создадут библиотеку шаблонов с «ошибочным программным обеспечением»

ლიტერატურა – References – Литература

1. A.J. Ko, B.A. Myers. A framework and methodology for studying the causes of software errors in programming systems. *Journal of Visual Languages and Computing* 16 (2005) 41–84
2. P. Tröger, L. Feinbube, M. Werner, What activates a bug? a refinement of the laprie terminology model, in: *Software Reliability Engineering (ISSRE)*, 2015 IEEE 26th International Symposium on, IEEE, 2015
3. P.K. Chaurasia, R.A. Khan. Classification of Software Requirement Errors: A Critical Review. *International Journal of Computer Applications* (0975 – 8887) Volume 132 – No.7, December 2015. Pp. 9-14
4. Yang Feng, James A. Jones, Zhenyu Chen, Chunrong Fang. An Empirical Study on Software Failure Classification with Multi-Label and Problem-Transformation Techniques. 2018 IEEE 11th International Conference on Software Testing, Verification and Validation . 0-7695-6388-0/18/\$31.00 ©2018 IEEE DOI 10.1109/ICST.2018.00039. pp. 320-330.
5. D. Lo, H. Cheng, J. Han, S.-C. Khoo, and C. Sun. Classification of software behaviors for failure detection: a discriminative pattern mining approach. In *Proceedings of the 15th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, pages 557–566. ACM, 2009.
6. A. Podgurski, D. Leon, P. Francis, W. Masri, M. Minch, J. Sun, and B. Wang. Automated support for classifying software failure reports. In *Software Engineering, 2003. Proceedings. 25th International Conference on*, pages 465–475. IEEE, 2003
7. Ali Mili, Fairouz Tchier. *Software Testing: Concepts and Operations (Quantitative Software Engineering Series)* 1st Edition. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey Published simultaneously in Canada. 2015. 400 p.
8. Chavchanidze V. V. Analiticheskiye evristiki iskussnvennogo intellekta pri formirovanii ponyatiy, opoznaniy obrazov i klassifikatsii obyektov. *VINITI*. № 2080-70 Dep. (Analytical Heuristics of the Artificial Intellect in the Formation of Notions, Identification of Images and Classification of Objects, *VINITI*, #2080-70 Dep.
9. Chavchanidze V. V. Analiticheskoye Resheniye Zadachi Formirovaniya Ponyaty i Raspoznavaniya Obrazov (Analytical Resolution of the Problem of Identification of Notions and Recognition of Images). *Proceedings of the Academy of Sciences of the Georgian SSR*, vol.63, No.1, 1971.

მრავალფუნქციური პროგრამული სისტემები სპორტის მენეჯმენტში

დავით ხაჩიძე, თენგიზ კვეკვესკირი, მანანა ხაჩიძე

khachodg@yahoo.com, tengo16414@gmail.com, manana.khachidze@tsu.ge,

რეზიუმე

პროგრამული სისტემები თანამედროვე სპორტში აქტიურად გამოიყენება სხვადასხვა სახის მენეჯმენტსა და ადმინისტრაციულ საკითხებში. ნაშრომში შემოთავაზებულია ახალი მიდგომა სპორტის მენეჯმენტის სისტემებში, რომლებიც საშუალებას იძლევა ეროვნულ დონეზე ჩატარებულ შეჯიბრებებზე საინფორმაციო ტაბლოს მართვასა და ინფორმაციული სახით ჩვენებას. ის ასევე აერთიანებს საქართველოში მოასპარეზე სპორტსმენებისა და ორგანიზებულ ტურნირების ბაზას და სამართავ პანელს. აპლიკაცია შეიცავს ალგორითმს, რომელიც ატარებს ტურნირზე წარდგენილი სპორტსმენების შეწყვილების ცხრილის შედგენას. პროგრამის მოხმარება შეუძლია არაავტორიზებულ მომხმარებელს საინფორმაციო მიზნებით და ავტორიზებულ მომხმარებელს სხვადასხვა დონეზე სამართავად. აპლიკაცია გამიზნულია რეალურ დროში ტრანზაქციის რეჟიმზე. აქედან გამომდინარე, მომხმარებლისთვის ტურნირის მსვლელობის თვალის დევნება შესაძლებელია როგორც ტაბლოზე, ასევე დისტანციურადაც.

საკვანძო სიტყვები:

საინფორმაციო სისტემა, სპორტის მენეჯმენტი, შეწყვილების ალგორითმი.

შესავალი

საქართველოში ძიუდო, სამბო, ბერძნულ-რომაული და კლასიკური ჭიდაობა პოპულარული და საერთაშორისო ასპარეზზე შედეგიანი სპორტის სახეობებია. ამას განაპირობებს საქართველოში უძველესი ხანიდან არსებული „ქართული ჭიდაობა“, რომელიც ახლაც ინარჩუნებს პოპულარობას ყველა რეგიონში. წარმატებულ ქართველ სპორტსმენტს უმრავლესობას ერთხელ მაინც აქვს მიღებული მონაწილეობა „ქართული ჭიდაობის“ რეგიონალურ თუ ნაციონალურ შეჯიბრში.

სპორტის ამ სახეობათა პოპულარობა ბევრ პიროვნებას აერთიანებს. რეგულარულად ტარდება სხვადასხვა რეგიონალური და ნაციონალური შეჯიბრებები, რომელთა მენეჯმენტი, მიუხედავად საინფორმაციო ტექნოლოგიების განვითარებისა, სრულად არ არის მხარდაჭერილი შესაბამისი საინფორმაციო სისტემებით. ეს უმთავრესად გამოწვეულია იმ ფაქტით, რომ სპორტის მენეჯმენტში გამოყენებულ პოპულარულ სხვადასხვა პროგრამულ უზრუნველყოფას თითქმის არ აქვს ქართული ენის მხარდაჭერა (რაც საქართველოს რეგიონებისათვის მნიშვნელოვანია) და არ არის იმდენად მოქნილი, რომ შესაძლებელი იყოს არსებულ რეალობაზე მორგება. მნიშვნელოვანია, რომ შეჯიბრებების ინფორმაციულ მართვასთან ერთად, შესაძლებელი იყოს ერთიანი მონაცემთა ბაზის შექმნა, სადაც სტანდარტიზირებული სახით განთავსდება ინფორმაცია ყველა შეჯიბრების, სპორტსმენის და მწვრთნელის შესახებ. ასეთი სისტემა გაადვილებს შეჯიბრებების ჩატარების პროცესს, სპორტსმენტსა შერჩევას სხვადასხვა საერთაშორისო ასპარეზობებისათვის და მწვრთნელების დამსახურებების აღრიცხვას. ტექნიკური თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია ასეთ სისტემას

ჰქონდეს მრავალენოვანი ინტერფეისი, რათა შესაძლებელი იყოს მონაცემების ინტეგრირება საერთაშორისო სპორტული ფედერაციების მიერ გამოყენებად საინფორმაციო სისტემებთან.

სისტემის დიზაინი

სისტემის შესაქმნელად გამოვიყენეთ იდეოლოგია, რომელიც ეფუძნება პროგრამული უზრუნველყოფის არქიტექტურის ტექნოლოგიას Struts, Spring and Hibernate (SSH). ამ მიდგომის თანახმად, სისტემა შეიძლება დაიყოს ოთხ ძირითად დონედ – გარეგნული სახე, მოდელი, მართვა და დათვალიერება (View, Model, Controll and Browser). ასეთი არქიტექტურა საშუალებას იძლევა, მკვეთრად ჩამოყალიბებული ვებების სტრუქტურაზე დაყრდნობით, შეიქმნას სამართავად მარტივი სტრუქტურა.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული სისტემა „CHIDAoba” შედგება რამდენიმე ურთიერთდაკავშირებული მოდულისაგან. შესაძლებელია ზოგი მათგანის დამოუკიდებლად ფუნქციონირება „სამაგიდო“ აპლიკაციად. ამ აპლიკაციების გამოყენება შესაძლებელი იქნება სხვა სპორტის სახეობებისთვისაც, სადაც საჭიროა ეტაპობრივად სპორტსმენების შეწყვილების უზრუნველყოფა. ზოგადი სახით სისტემის შემადგენლობაში შედის: ზოგადი საინფორმაციო მოდული, მონაცემთა ბაზა, კონკრეტული შეჯიბრების მართვის მოდული, შედეგების ანალიზის მოდული.

როგორც აღვნიშნეთ, პროგრამული უზრუნველყოფა იყოფა რამდენიმე ლოგიკურ მოდულად ფუნქციონალის და მომხმარებლის გამოყენების უფლებების მიხედვით. სისტემაში არსებობენ არაავტორიზებული და ავტორიზებული მომხმარებლები. არაავტორიზებულ მომხმარებელს პროგრამის მოხმარება შეუძლია საინფორმაციო მიზნებისთვის და ავტორიზებულ მომხმარებელს – სხვადასხვა დონეზე სამართავად. არაავტორიზებული მომხმარებელი ეცნობა ინფორმაციას სპორტსმენების და ტურნირების შესახებ. ასევე მას შეუძლია თვალყურის ადევნოს ნებისმიერი შეჯიბრის ტაბლოს ინფორმაციას პირდაპირ რეჟიმში.

ავტორიზებული მომხმარებლები იყოფიან სამ ჯგუფად განსხვავებული როლის მიხედვით User, Administrator და Super Administrator. User-ს აქვს ნებართვა და სპეციალური პანელი იმისთვის, რომ მართოს ტაბლოზე განთავსებული ინფორმაცია. Administrator-ს აქვს ნებართვა და დამატებით ფუნქციონალი, რომ აკონტროლოს და მართოს სისტემაში არსებული User-ები, ასევე დაამატოს, შეცვალოს ან წაშალოს სპორტსმენის ან ტურნირის შესახებ ინფორმაცია და შექმნას ახალი ტურნირი, დაამატოს მასში სპორტსმენები და შექმნას ან მოდიფიკაცია გაუკეთოს შეწყვილების ცხრილს. Super Administrator-ს აქვს ნებართვა და ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ფუნქციონალი და ამას დამატებით შეუძლია მართოს სისტემაში არსებული Administrator-ები.

ძირითადი მოდულები

ინფორმაციის შეტანა/გამოტანის მოდული

სისტემის ფუნქციონირების ერთ-ერთი ძირითადი მოდულია მონაცემთა ბაზა, სადაც შენახულია ინფორმაცია სპორტსმენების, მწვრთნელების, მსაჯების და ტურნირების შესახებ. სისტემის ადმინისტრატორს შეუძლია დაამატოს, შეცვალოს ან წაშალოს ამ სახის ნებისმიერი ინფორმაცია. ბაზის მართვის სისტემა საშუალებას იძლევა შევინახოთ ყოველი კონკრეტული

შერკინების შესახებ ინფორმაცია, რომელიც ბაზაში არსებული სპორტსმენის მონაცემებს ემატება რეალურ დროში მყისიერად.

მონაცემთა ბაზის მართვის სისტემა საშუალებას იძლევა მოხდეს სხვადასხვა საინფორმაციო ანგარიშების გამოტანა (ტურნირის შედეგი, სპორტსმენის და მწვრთნელის ზოგადი და სტატისტიკური მონაცემები). სპორტსმენის პირად მონაცემებზე დაყრდნობით ფუნქციონირებს ტურნირის დაგეგმვის მოდული.

ტურნირის დაგეგმვის მოდული

ადმინისტრატორის მიერ საწყის საფეხურზე იქმნება „ტურნირი“ და, შესაბამისად, ბაზაში თავსდება ინფორმაცია, შემდგომ აღნიშნულ ტურნირს ემატება მონაწილეები. დამატებული მონაწილეების რაოდენობის და მათი რეიტინგის მიხედვით შეწყვილების ალგორითმის გამოყენებით იქმნება შეჯიბრების განრიგი/ სქემა, რის მიხედვითაც ტარდება შერკინებები. შეწყვილების ალგორითმი უნიკალურია და მის აღწერას წარვადგენთ ქვემოთ.

შეჯიბრის ტაბლო

ტაბლოს მართვა დაფუნქციონირებულია ძიუდოს შეჯიბრის პრინციპზე. აღირიცხება და ეკრანზე გამოდის ორთაბრძოლის განმავლობაში სპორტსმენების აქტივობები (ქულა, ჯარიმა, გამარჯვება, დამარცხება) და შეჯიბრის დასრულებისას გადაიცემა მონაცემები სპორტსმენის მონაცემების ბაზაში. სისტემა საშუალებას იძლევა მოხდეს ტაბლოზე გამოსატანი ინფორმაციის კორექტირება კონკრეტული ტიპის შეჯიბრებისათვის (ქალთა ტურნირი, ასაკობრივი ზღვარი, სხვა სახეობის ქულობრივი ბადე და სხვ.).

შეწყვილების ალგორითმი

სპორტის თითქმის ყველა სახეობაში (ორთაბრძოლებში), რომლებიც ეგრეთწოდებული ოლიმპიური სისტემით ტარდება, მოასპარეზე წყვილების შერჩევა ხორციელდება ერთი და იგივე სქემით. აუცილებელია სპორტსმენთა გამოცდილების და რეიტინგის გათვალისწინება. შეჯიბრებაში მონაწილეთაგან უძლიერესები ტურნირში ერთმანეთს ხვდებიან რაც შეიძლება გვიან, ტურნირის დამამთავრებელი ეტაპისაკენ. ეს პროცესი მარტივად ასე აღიწერება: შემოდის მონაცემები ტურნირის მონაწილეთა შესახებ. საჭიროა მათი სიძლიერის (შედარებადი ველი) მიხედვით დახარისხება/შეწყვილება და ისეთი სახით დაბრუნება, რომ შეიძლებოდეს გარკვევა, თუ ვინ ვის ეჯიბრება და რა ეტაპზეა ტურნირის დაწყებამდე. განიხილება ორი შესაძლო შემთხვევა:

- ნორმალური შემთხვევა – როდესაც მონაწილე კარგად ზის ტურნირის შეხვედრათა ცხრილში.
- დამატებითი შემთხვევა – შეჯიბრთა „ორობითობისა“ და, მონაწილეთა რაოდენობიდან გამომდინარე, შესაძლოა ზოგიერთ მონაწილეს ე.წ. დამატებითი შეხვედრების ჩატარება დასჭირდეს.

ალგორითმი მონაწილეთა შეწყვილებისათვის და მონაცემთა ადვილი აღქმისათვის იყენებს ორობითი ხის სისტემას. იგი რეალიზებულია C#-ზე და იყენებს .Net-ის სტანდარტულ ბიბლიოთეკებს მონაცემთა სიაში შენახვისა და სორტირებისთვის.

მონაწილეთა შეწყვილების უზრუნველსაყოფად საჭიროა მონაცემთა საწყისი დამუშავება – მონაწილეთა რაოდენობის მიხედვით გამოთვლილი რიცხვის შესაბამისი მქონე

ცარიელი ორობითი ხის ინიციალიზება. მთავარი ხის სიღრმე გამოითვლება მონაწილეთა რაოდენობიდან ორობითი ფუძის ლოგარითმის ამოღებით და მთელიობამდე ნაკლებობით დამრგვალებით:

$$Depth = floor(\log(n));$$

შემდგომ, სანამ თვითშეწყვილებას დავიწყებთ, საჭიროა კიდევ ერთი მონაცემის, დამატებითი შეხვედრების რაოდენობის განსაზღვრა. იძებნება უახლოესი, მცირე, 2-ის ხარისხი რიცხვი და იგი აკლდება მონაწილეთა რაოდენობას. ორობით ხეში ყოველი დამატებითი შეხვედრა არა ერთი, არამედ ორი დამატებითი კვანძის გაჩენას იწვევს, შედეგად საჭირო დამატებით კვანძთა რაოდენობა ორმაგდება:

$$Additional = 2 * (n - 2^{floor(\log(n))});$$

დავიწყოთ მონაწილეთა სიის დამუშავება მათი შეწყვილების მიზნით. ზევით ინიციალიზებული ცარიელი ხე, მონაწილეთა სია და დამატებით კვანძთა რაოდენობა გადაეცემა ფუნქციას, რომელიც გარკვეული სახით ორად ხლეჩს სიას და რეკურსიულად იძახებს თავის თავს მარცხენა და მარჯვენა შვილებისთვის ყოველი ახლად შექმნილი სიით. რეკურსიული გამოძახება მოხდება მანამ, სანამ გადმოცემული სია არ ჩამოვა ერთ ელემენტამდე, ანუ მივაღწევთ ხის ფოთლამდე, ამ შემთხვევაში ხდება მონაწილის მონაცემის შენახვა კვანძში და ფუნქციის დასრულება. განსაკუთრებული ყურადღება სჭირდება დამატებითი კვანძების შექმნას. ყოველთვის, როდესაც ვცდილობთ გადავცეთ მონაწილეთა სია შვილებს, მაგრამ აღმოჩნდება რომ ასეთი შვილი კვანძი არ იყო განსაზღვრული საწყისად ინიციალიზებულ ხეში, ეს ნიშნავს, რომ ასეთი კვანძი არის დამატებითი შეჯიბრისათვის. შეძლებისდაგვარად ემატება ახალი კვანძი და რიცხვითი ცვლადი მცირდება ერთით. სიის გახლეჩა – ყოველ ბიჯზე შემომავალი სია უნდა იყოს დახარისხებული (ზრდადობით ან კლებადობით); იქმნება ორი დამატებითი, ცარიელი სია მარცხენა და მარჯვენა შვილებისთვის გადასაცემად. სიაზე ხორციელდება ინდექსირებული ჩამოვლა (for ციკლი), ინდექსატორი მონაცვლეობს 0-დან (საწყისი) სიაში ჩანაწერთა რაოდენობამდე (არჩათვლით) ერთის ბიჯით; შემდეგი მანიპულაცია მარტივია. ყოველი სიის ელემენტის ინდექსი მოწმდება ლუწ-კენტობაზე და შედეგის მიხედვით ემატება სიას მარცხენა ან მარჯვენა შვილისათვის.

აღწერილი ალგორითმი, თავისი სიმარტივის მიუხედავად, მშვენივრად ასრულებს საკუთარ დანიშნულებას და მონაწილეები გადანაწილდებიან ხეზე იმგვარად, რომ ყველაზე ძლიერთა შეხვედრა მოხდება რაც შესაძლებელია გვიან; და ეს ეხება არა მხოლოდ ორ უძლიერეს მონაწილეს, არამედ ყოველ უძლიერეს წყვილს. მათი შეხვედრა მოხდება შეძლებისდაგვარად ყველაზე გვიან.

სისტემური მოდელი

ორობითი ხე - ორობითი ხე არის მონაცემთა სტრუქტურა, რომლის მონაცემები მოთავსებულია კვანძებში. ყოველი კვანძი შეიცავს ინფორმაციას ხეში საკუთარი სიღრმის, მშობელი კვანძის, მარცხენა და მარჯვენა შვილი კვანძების შესახებ. ყოველ ხეს გააჩნია ე.წ. ფესვი - ეს არის კვანძი, რომელსაც არ ჰყავს მშობელი კვანძი, მისი პირობითი სიღრმეა 0 და ამ

ხის ყოველი სხვა კვანძი არის მისი შვილი და შვილთაშვილი სხვადასხვა სიღრმეში. ფოთოლი - არის კვანძი, რომელსაც არ ჰყავს არც მარჯვენა და არც მარცხენა შვილი კვანძი.

ალგორითმის მუშაობა პირობით სამ ნაწილად შეიძლება დაიყოს:

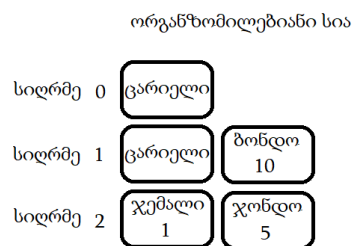
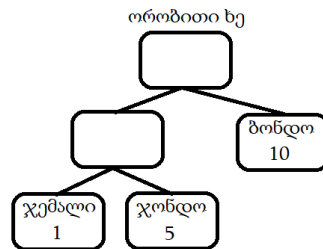
მონაცემთა მიღება, სიაში ჩაწერა და დახარისხება.

დახარისხება ხდება მონაწილეთა სიძლიერის მიხედვით. დახარისხებისთვის გამოიყენება .Net-ის სტანდარტულ ბიბლიოთეკაში quicksort-ის იმპლემენტატორი, რომელიც ახარისხებს List ტიპის კოლექციას და მუშაობისთვის ითხოვს, რომ კოლექციაში მყოფი ობიექტები იყვნენ System.IComparable ინტერფეისის მაინიმუმ იმპლემენტაციები და გადატვირთონ ნახსენები ინტერფეისის CompareTo(object o) ფუნქცია.

დახარისხებული მონაწილეთა კოლექციის გამოყენებით მონაწილეთა შეხვედრების ამსახველი ორბითი ხის გენერირება.

შეწყვილების შედეგად მიღებული ხის უკეთ აღსაქმელი ფორმით გამოტანა.

ორბითი ხე არ არის ინფორმაციის მარტივად გასაგები ფორმა, საჭიროა მთლიანი ხის გარკვეული ხით ჩამოვლა და მონაცემთა გადატანა. შემუშავებულია ფუნქცია, რომელიც იღებს ხის ფესვს და აბრუნებს ორგანოზომილებიან შეჯიბრის სიას: პირველი განზომილება აღნიშნავს შეჯიბრის სიღრმეს (ფინალიდან შერჩევითებამდე ზრდადობით), მეორე განზომილებაში მოქცეულია მონაცემები მოცემულ სიღრმეში მონაწილეთა წყვილების შესახებ (დაწყებული ნულიდან ზრდადობით, მიმდევრობით). ტურნირი იწყება ყველაზე ღრმა სიიდან მონაწილეთა წყვილების არჩევით და შემდეგი სიმაღლის ცარიელ უჯრებში გამარჯვებულის გადაყვანით.



დასკვნა

საბოლოო პროგრამული პაკეტი მეტად მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტია ქართული სპორტის მენეჯმენტში. მსგავსი პროდუქტის არარსებობის გამო იგი უნიკალურია საქართველოში.

ასეთი მიდგომა გვცხმარება ეროვნულ დონეზე ჩატარებულ ტურნირებზე შეჯიბრისას საინფორმაციო ტაბლო ვმართოთ და ინფორმაციული სახით ვაჩვენოთ, რაც ძალიან მნიშვნელოვანია. ის ასევე აერთიანებს საქართველოში მოასპარეზე სპორტსმენებისა და ორგანიზებული ტურნირების ბაზას. ალგორითმი, რომელსაც აპლიკაცია შეიცავს, ტურნირზე წარდგენილი სპორტსმენების შეწყვილების ცხრილს ადგენს (იძლევა მოდიფიკაციის საშუალებას), ასევე აკეთებს მესამე ადგილის შეწყვილების ალგორითმს.

ამასთან პროექტში გამოყენებული ტექნოლოგია შერჩეულია თანამედროვეობიდან გამომდინარე და წარმოადგენს მიმდინარე, სწორ და ეფექტურ მიდგომებს. პროექტის არქიტექტურა სრულიად აკმაყოფილებს პროგრამული უზრუნველყოფის მაჩვენებლებს, როგორებიცაა: სისწორე, მდგრადობა, გაფართოებითობა, დიზაინის სიმარტივე, დეცენტრალიზაცია, ხელმეორედ გამოყენებითობა, თავსებადობა, ეფექტურობა, გამოყენების სიმარტივე, ფუნქციონალურობა, პორტაბელურობა, დროულობა, შემოწმებადობა, ინტეგრირებულობა და შეკეთებადობა. ასევე აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ სისტემა მოქნილია და შესაძლებელია მისი მრავალმხრივ განვითარება და გაუმჯობესება ახალი ფუნქციონალის დამატებით.

Multifunctional Software for Sport

David Khachidze, Tengiz Kvekveskiri, Manana Khachidze,

Summary

In this paper, a new approach is offered regarding sports management systems using a judo example. This is mainly to manage information screen by administration and to give information through the screen display to spectators during the contest on a national level. Moreover, the latter forms a database by uniting all the players and held tournaments in Georgia as well as a managing it's panel. An application includes an algorithm that can make a list of paired contestants and afterwards you are given a chance to modify the timetable. In addition to this, the algorithm can match participants to compete for the 3rd position.

This program can be used by a non-authorized person for informational purposes and by an authorized person for governing occasions on several stages. The application is meant to be working in a real time state, which directly reflects into exchanging information asynchronously from administrator to a spectator. This enables every person to follow the news whether they attend or remotely use a display screen.

Многофункциональное программное обеспечение для спорта

Давид Хачидзе, Тенгиз Квеквескири, Манана Хачидзе,

Резюме

В работе предлагается новый подход к системам спортивного менеджмента на примере дзюдо. Это главным образом для управления информационным экраном администрацией и для предоставления информации через экранное отображение зрителям во время соревнования на национальном уровне. Более того, последняя формирует базу данных, объединяя всех спортсменов и проводящих турниры в Грузию Приложение включает в себя алгоритм,

который может составить список парных участников, и после этого предоставляется возможность изменить расписание..

Программа может использоваться не уполномоченным лицом в информационных целях и уполномоченным лицом для управления мероприятиями на нескольких этапах. Приложение предназначено для работы в режиме реального времени, что напрямую влияет на асинхронный обмен информацией от администратора к зрителю. Это позволяет каждому человеку следить за новостями, независимо от того, посещают они или удаленно используют экран дисплея.

ლიტერატურა – References – Литература

1. P. Fletcher, "<https://docs.microsoft.com/>," Microsoft, 10 06 2014. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/aspnet/signalr/overview/getting-started/introduction-to-signalr> [Accessed 23 12 2017].
2. M. Bostock, "<https://d3js.org/>," Data-Driven Documents, [Online]. Available: <https://d3js.org/>.
3. Microsoft, "<https://www.asp.net/>," ASP.NET
4. Bootstrap, "<https://getbootstrap.com/>," BootsTrap. [Online]
5. R. Fagin, P. Kolaitis, R. Miller, and L. Popa. "Data exchange: semantics and query answering." Theoretical Computer Science, 336(1):89–124, 2005W.-K. Chen, Linear Networks and Systems. Belmont, Calif.: Wadsworth, pp. 123-135, 1993. (Book style)
6. M. S., " LearnNowOnline," 28 August 2012. [Online]. Available: <http://blogs.learnnowonline.com/2012/08/28/4-benefits-of-object-relational-mapping-orm/>.

დიდი მონაცემების გამოყენება ცოდნის ხარისხის ამაღლების მიზნით

პაპუნა ქარჩავა, ლიკა სიხარულია

pqarchava@gmail.com, lika.sikharulia@gmail.com

რეზიუმე

წინამდებარე ნაშრომში განხილულია დიდი მონაცემების, სენტიმენტ ანალიზის, ელექტრონული სწავლების და ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენება თანამედროვე სასწავლო პროცესში. მოყვანილია მათი მოკლე აღწერები. სტატიაში საუბარია აღნიშნული ტექნოლოგიების გამოყენებით სწავლის ხარისხის გაუმჯობესებაზე უმაღლეს სასწავლებლებში. ავტორის აზრით, სენტიმენტ ანალიზის მეთოდის გამოყენება იძლევა სტუდენტების გამოკითხვის პროცესის სრულად ავტომატიზირების საშუალებას. სახელდობრ, მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენებით შესაძლებელია შესაბამისი სისტემის დასწავლა სტუდენტების მიერ შესრულებული ელექტრონული დავალებების გამოყენებით, რომლებიც დახარისხებულია მიღებული შეფასებების მიხედვით. შემდეგ სენტიმენტ ანალიზის გამოყენებით მოხდება შესრულებული დავალებების შემოწმება. სტუდენტების შეფასების ავტომატიზირებით პედაგოგი თავისუფლდება რუტინული საქმიანობისგან და მას ექნება საშუალება საკუთარი ენერჯია მიმართოს სასწავლო კურსის გაუმჯობესებისკენ.

საკვანძო სიტყვები:

დიდი მონაცემები, სენტიმენტ-ანალიზი, ელექტრონული სწავლება, მანქანური სწავლება, ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები.

შესავალი

ბოლო ათწლეულების მანძილზე ინფორმაციის მოცულობა შემაშფოთებელი სისწრაფით იზრდება, რაც განპირობებულია იაფფასიანი მოწყობილობების და ინტერნეტ სერვისების სწრაფი განვითარებით. მონაცემების დიდი ზომის გამო საჭირო გახდა “მონაცემთა ბაზის,” როგორც ტერმინის მნიშვნელობის შეცვლა. ახალ კონცეპტს, რომელიც გამოიყენება დიდი მოცულობის სტრუქტურირებული ან არასტრუქტურირებული მონაცემების აღსაწერად, ეწოდება დიდი მონაცემი [1].

აღნიშნული ტერმინი სათავეს იღებს 1997 წლიდან და პირველად გამოყენებული იქნა ნასას მკვლევარების: Michael Cox და David Ellsworth მიერ [2]; ერთი წლის შემდეგ SGI-ის (Silicon Graphics Inc) მკვლევარმა John R. Mashey გამოიყენა ეს კონცეპტი [3], ხოლო მომდევნო წელს Bryson-მა გამოაქვეყნა სტატია [4], რომელშიც განიხილავდა დიდ მონაცემებს ACM-სთვის (Association for Computing Machinery) [5].

დიდ მონაცემებზე დაწყებულმა კვლევებმა საფუძველი ჩაუყარა პროგრამული და აპარატული უზრუნველყოფის განვითარებას [6], რასაც შედეგად მოჰყვა ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების განვითარება [7]. ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები იძლევა ინტერნეტ სივრცეში მონაცემების განთავსების საშუალებას და მათ ხელმისაწვდომობას, ასევე, სხვადასხვა გამოთვლითი სიმძლავრის მიღების საშუალებას.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების განვითარებამ, თავის მხრივ, ხელი შეუწყო ელექტრონულ სწავლებას [8], რომელიც იძლევა უსაზღვრო შესაძლებლობებს ახლის შესწავლის მსურველთათვის. მისი მეშვეობით შესაძლებელია სტუდენტსა და პედაგოგს

შორის კომუნიკაცია. კერძოდ, დისტანციურად დავალების განსაზღვრა და დავალების შესრულების პროცესზე თვალყურის დევნება და ა.შ.

წინამდებარე ნაშრომი მიზნად ისახავს დიდი მონაცემების დამუშავების ტექნოლოგიის, კერძოდ, მანქანური სწავლების მეთოდებისა და სენტიმენტ-ანალიზის გამოყენებით სწავლის პროცესის გაუმჯობესების შესაძლებლობას.

ნაშრომში დახასიათებულია შესაბამისი ტექნოლოგიები და მოყვანილია მოსაზრება, თუ როგორ შეიძლება მათი გამოყენებით სწავლის პროცესის გაუმჯობესება. ქართულენოვანი ტექსტის დამუშავებისთვის შესაბამისი სენტიმენტ-ანალიზის არარსებობის გამო (ქართული ენის რთული სტრუქტურის გამო) და (ზოგადად) უმაღლეს სასწავლებლებში შესრულებული ელექტრონული დავალებების ბაზის არარსებობის გამო, ამ მოსაზრების შემოწმება შეუძლებელია. თუმცა თსუ-ში ჯგუფური პროექტის ფარგლებში ინგლისურენოვანი არასასწავლო ტექსტისთვის მანქანური სწავლების მეთოდებისა და სენტიმენტ-ანალიზის გამოყენებით შესრულდა არაერთი პროექტი, მაგალითად, „დიდი მონაცემების დამუშავება სემანტიკური ანალიზის გამოყენებით Twitter სოციალური ქსელის მაგალითზე“, რომელიც წარმატებით ართმევს თავს დასახულ ამოცანას. აღნიშნული მეთოდების დანერგვა და გამოყენება სასწავლო პროცესში საკმარისად გაამარტივებს ცოდნის ხარისხს.

დიდი მონაცემები (Big Data)

დიდი მონაცემების განმარტებად გამოიყენება 2012 წელს დ. ბოიდისა და კ. კლაუფორდის სტატიაში [9] მოყვანილი Big Data-ს განმარტება, როგორც კულტურული, ტექნოლოგიური და სამეცნიერო ფენომენი, რომელშიც გაერთიანებულია:

1. **ტექნოლოგია**, რომელიც იძლევა გამოთვლითი სიმძლავრის მაქსიმიზირების, მონაცემების შეგროვების, ანალიზის, რთული კავშირების გამოვლენის და ა.შ. საშუალებას;
2. **ანალიზი**: მონაცემების ერთობლიობის გამოსახვა იმ ფორმით, რომ შესაძლებელი იყოს ეკონომიური, სოციალური, ტექნიკური და იურიდიული მტკიცებულებების მისაღები სტრუქტურის იდენტიფიცირება;
3. **მიფოლოგია**: საყოველთაო მტკიცებულება, რომ Big Data წარმოადგენს ცოდნის უფრო მაღალ ფორმას.

ელექტრონული სწავლების კონტექსტში დიდი მონაცემები შედგება პედაგოგების მიერ შექმნილი ინფორმაციის წყაროებიდან (სასწავლო კურსები, მოდულები, ბილეთების ბანკი და სხვა) და განსაკუთრებით სწავლის პერიოდში სტუდენტების მხრიდან მომავალი მონაცემებით (შეკითხვები, სტუდენტების გამოკითხვის ელექტრონული დოკუმენტები და სხვა). ასეთი მონაცემების მოცულობა მთელი სასწავლო წლის განმავლობაში შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე ათეულ გიგაბაიტს.

ნებისმიერი ორგანიზაციისთვის დიდი მონაცემების შეგროვება და დამუშავება განსაკუთრებით მომხიბვლელია მათი მახასიათებლების მრავალფეროვნების გამო. სხვადასხვა წყარო გამოყოფს დიდი მონაცემების განსხვავებული რაოდენობის მახასიათებლებს. მაგალითად, Oracle ორგანიზაციაში გამოყოფენ 4 მახასიათებელს, ესენია [10-11]:

- **მოცულობა**: დიდი მონაცემებისთვის მოცულობის საზღვრის განსაზღვრა რთულია. ის შეიძლება იყოს შედარებითი განსხვავებული აპლიკაციისთვის და სასწავლო ნაკრებისთვის;
- **სწრაფქმედება**: მონაცემთა გაზრდილი ნაკადი საჭიროებს აპარატულ საშუალებებს და საკომუნიკაციო მოწყობილობებს, რომელთაც შეუძლიათ დიდი მოცულობის ინფორმაციის გადაცემა და პროგრამული გადაწყვეტებები მათი სწრაფი დამუშავების შესაძლებლობისთვის.
- **მრავალფეროვნება**: დიდი მონაცემები აერთიანებს ნებისმიერი ტიპის არასტრუქტურირებულ და სტრუქტურირებულ მონაცემებს;

- **ღირებულება:** დიდი სასწავლო მონაცემების ღირებულებას წარმოადგენს მაღალი დონის განათლების მიღების შესაძლებლობა.

სენტიმენტ-ანალიზი

სენტიმენტ-ანალიზი (Sentiment Analysis) წარმოადგენს კომპიუტერულ ლინგვისტიკაში კონტენტ-ანალიზის მეთოდების ერთობლიობას, რომლებიც გამოიყენება ტექსტში ლექსიკის ემოციური გაფორმების გამოვლენის ავტომატიზირების და ტექსტში შემავალი ობიექტების მიმართ ავტორების მიერ ემოციური შეფასების გამოვლენის მიზნით.

სენტიმენტ-ანალიზი ფართოდ გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში: მონიტორინგი, რეკლამა, მარკეტინგი, ანალიტიკა და სხვა. მისი გამოყენება სასწავლო დაწესებულებაში შესაძლებელია სტუდენტების მიერ შესრულებული დავალებების შეფასების თვალსაზრისით. ამის გაკეთება, თავის მხრივ, პედაგოგის ჩარევის გარეშე სტუდენტის ყოველკვირეული გამოკითხვის საშუალებას იძლევა. როგორც ვიცით, სტუდენტს საშუალება აქვს სემესტრულად აირჩიოს გარკვეული საგნები. ყოველ საგანზე სტუდენტს განესაზღვრება საგანზე (მასალის სრულფასოვანი ათვისების მიზნით) დამოუკიდებელი მუშაობისთვის საათების გარკვეული რაოდენობა, რომელიც არ მოწმდება. ყოველკვირეული გამოკითხვის დანერგვით სტუდენტს მოუწევს მასალასთან დამოუკიდებელი საქმიანობა და შესაბამისი დავალების გაკეთება. სტუდენტის მიერ შესრულებული დავალების შეფასება მოხდება სენტიმენტ-ანალიზის გამოყენებით. აუცილებლობის შემთხვევაში პედაგოგს შესაძლებლობა ექნება გადაამოწმოს მიღებული შეფასების მართებულობა.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები და ელექტრონული სწავლება

თანამედროვე ტექნოლოგიები იმდენად სწრაფად ვითარდება, რომ შეუძლებელია უმაღლესმა სასწავლო დაწესებულებამ ფეხი აუწყოს ტექნოლოგიური განვითარების პროცესს ფინანსური და მატერიალური ღირებულებების გამო. შესაბამისად, რიგ შემთხვევებში უმაღლეს სასწავლებლებში აპარატურული უზრუნველყოფა წარმოადგენილია „რამდენიმე წლიანი დაძველებით“, რაც, ტექნოლოგიების თვალსაზრისით, შემამფოთებელიც შეიძლება იყოს. ამ შემთხვევაში ალტერნატიულ გადაწყვეტას წარმოადგენს ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები, რომელიც იძლევა თანამედროვე მოთხოვნილების შესაბამისი აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენების საშუალებას გარკვეული ფინანსური დანახარჯების გაღების ხარჯზე, რაც გაცილებით ნაკლები იქნება, ვიდრე ფიზიკური მოწყობილობების და მათი პროგრამული უზრუნველყოფების შეძენაზე და მათ მოვლაზე დახარჯული თანხები.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები იძლევიან აპარატურის და პროგრამული უზრუნველყოფის რესურსებისთვის დიდი მონაცემების შენახვის პრობლემის გადაწყვეტის საშუალებას. მონაცემების შენახვასთან ერთად, საჭიროა მონაცემების მაღალი ხარისხით ხელმისაწვდომობის და უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. სწორედ აღნიშნული ორი საკითხი თამაშობს გასაღებ როლს ელექტრონული სწავლების პროცესში. ელექტრონული სწავლების პორტალზე განთავსებული მონაცემები ხელმისაწვდომი უნდა იყოს როგორც პედაგოგისთვის, ისე სტუდენტებისთვის. პედაგოგს შეუძლია შესაბამისი პორტალის გამოყენებით სასწავლო მასალისა და დავალებების განსაზღვრა, ხოლო სტუდენტს კი მასალის გაცნობა და დავალების შესრულება.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენება სასწავლო პროცესში წარმოგვიდგენს მრავალ შესაძლებლობას [12]:

- მძლავრი ინფრასტრუქტურის უზრუნველყოფა, აპარატურული და პროგრამული უზრუნველყოფის რესურსების ჩათვლით, რომელიც აუცილებელია ელექტრონული სწავლების საქმიანობისთვის;
- სწავლის ობიექტების წარმოდგენისთვის შესაბამისი გადაწყვეტის მიღება, იმის გათვალისწინებით, რომ ყველა უმაღლეს სასწავლებელს აქვთ საკუთარი სწავლის

მართვის სისტემა, რომელიც იმპლემენტირებულია კერძო ღრუბლებში, მაგრამ განსხვავდება სასწავლებლებისთვის;

- კერძო ღრუბელში მონაცემების კონფიდენციალურობის უზრუნველყოფა: სამეცნიერო ჩანაწერების, პერსონალური მონაცემების და კვლევითი პროექტების;
- საგანმანათლებლო კონტენტის ხელმისაწვდომობა და მისი ინსტრუმენტარიების გამოყენების შესაძლებლობა ელექტრონული სასწავლო ღრუბლოვანი პროექტში ჩართული სტუდენტებისა და პედაგოგებისთვის;
- კლასტერული არქიტექტურების შექმნა, ღია კოდით, არასტრუქტურირებული მონაცემების შეგროვებისა და დამუშავებისთვის.

ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენება წარმოადგენს მოტივაციას უნივერსიტეტებისთვის, რომლებსაც შეუძლიათ მიიღონ სარგებელი ცოდნისა და ინფორმაციის გაცვლის შეუზღუდავი ხელმისაწვდომობით პედაგოგებსა და სტუდენტებს შორის.

NoSQL

დიდი მონაცემების დამუშავებისას არანაკლებ მნიშვნელოვანი საკითხია მონაცემების შენახვა. მონაცემების დიდი რაოდენობის გამო მათი შენახვა და დამუშავება ჩვეულებრივი რელაციური მონაცემთა ბაზების გამოყენებით შეუძლებელია. დიდი მონაცემების შესანახად ფართოდ გამოიყენება NoSQL მონაცემთა ბაზები [13].

NoSQL მონაცემთა ბაზები, მონაცემების შენახვის პრინციპიდან გამომდინარე, შეიძლება დაიყოს შემდეგ 4 ტიპად:

1. key-value (გასაღები-მნიშვნელობა)
2. document (დოკუმენტი)
3. column-family (სვეტების-ჯგუფი)
4. graph (გრაფი)

NoSQL მონაცემთა ბაზის ერთ-ერთ ფართოდ გავრცელებულ პროგრამას წარმოადგენს MongoDB მონაცემთა ბაზის პროგრამა, რომელიც ბაზაში მონაცემის ჩაწერის საშუალებას იძლევა დოკუმენტის სახით. ის ვრცელდება ღია კოდით და შესაბამისად მისი გამოყენება არ გულისხმობს ფინანსური დანახარჯების გაღებას.

დიდი მონაცემების გამოყენება ელექტრონულ სწავლებაში

ელექტრონული სწავლების პორტალის გამოყენებით გაადვილებულია სტუდენტებთან ურთიერთობა (სასწავლო მასალის მიწოდება, დავალებების განსაზღვრა და ა.შ.). წლების განმავლობაში ელექტრონულ პორტალში მონაცემების რაოდენობა საგრძნობლად იზრდება. ეს რიცხვი საკმარისად იზრდება, თუ გარკვეული შეთანხმების საფუძველზე რამდენიმე უმაღლესი სასწავლო დაწესებულება იყენებს საერთო ელექტრონულ პორტალს, რაც ემსახურება სტუდენტების თანაბარ პირობებში ჩაყენებას და ერთი და იმავე სასწავლო მასალის მიწოდებას.

სტუდენტების აქტივობები და მათ მიერ შესრულებული დავალებები, მათი მოცულობიდან გამომდინარე, ქმნიან დიდ მონაცემებს, რომელთა დამუშავება ჩვეულებრივი მეთოდების გამოყენებით შეუძლებელია.

სენტიმენტ-ანალიზის გამოყენება სტუდენტების შეფასების პროცესში

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სენტიმენტ-ანალიზი ბუნებრივ ენაზე შემუშავებული ტექსტური მონაცემების ანალიზის საშუალებას იძლევა ტექსტის შინაარსზე (კონტენტზე) დამოკიდებულებით. ამიტომ მისი გამოყენება სტუდენტების ნაშრომების შეფასების პროცესში მოახდენს შეფასების პროცესის სრულ ავტომატიზირებას. ამ მიზნით ერთ-ერთი

არააუცილებელი მოთხოვნა, რომელიც შეიძლება გაკეთდეს, არის დავალების ელექტრონული ფორმით შესრულება, რისი უზრუნველყოფაც პრობლემას არ წარმოადგენს.

სენტემენტ-ანალიზის გამოყენებით შესაძლებელია არა მხოლოდ საბოლოო შეფასების გაკეთება, არამედ ყოველკვირეული შეფასების დანერგვა და გაკეთება. ყოველკვირეული შეფასების გაკეთება მოემსახურება სტუდენტის მიერ ცოდნის გაღრმავების მიზნით გამოყენებული დამოუკიდებელი საათების შეფასებას. ამ შემთხვევაში სტუდენტს განესაზღვრება „საშინაო“ დავალება, რომლის გაკეთების შემდეგ ის გაიგზავნება შესაბამის სერვერზე, სადაც მოხდება შემოსული დავალების შეფასება.

რა თქმა უნდა, ასეთი შეფასების გაკეთების საწყის ეტაპზე მოითხოვება პედაგოგის აქტიური ჩართულობა, რათა სწორად და ხარისხიანად წარიმართოს მანქანური მეთოდების დასწავლის პროცესი, ხოლო გარკვეული პერიოდის შემდეგ კი, როცა დასწავლის ბაზა იქნება შედარებით სრული, საჭირო იქნება პედაგოგის ნაკლები ჩართულობა.

მანქანური სწავლების ალგორითმებისა და სენტემენტ-ანალიზის გამოყენებით მოხდება შეფასების სისტემის სრული ავტომატიზირება და პედაგოგი გათავისუფლდება იმ რუტინული საქმიანობისგან, რასაც ის აწყდება სტუდენტების ნაშრომის გასწორებისას. ნაცვლად ამისა, მას შეეძლება უფრო მეტი ყურადღება გადაიტანოს სასწავლო კურსის გაუმჯობესებაზე და სამეცნიერო საქმიანობის განხორციელებაზე.

დასკვნა

ტრადიციული ელექტრონული სწავლების არქიტექტურა მოძველებულია და საჭიროებს განახლებას. სწორედ ასეთი განახლების როლში მოიაზრება ღრუბლოვანი ტექნოლოგიები. ღრუბლოვანი ტექნოლოგიების გამოყენებით შესაძლებელია დიდი მონაცემების განთავსება ინტერნეტსივრცეში. გარდა მონაცემების განთავსებისა, ის იძლევა დიდი მოცულობით გამოთვლების განხორციელების საშუალებას, რაც აუცილებელია მანქანური სწავლების მეთოდებისა და სენტემენტ-ანალიზის გამოყენებისას.

სენტემენტ-ანალიზის მეთოდების გამოყენება ბუნებრივ ენაზე შექმნილი ტექსტების დამუშავების პროცესში ფართოდ გავრცელებულია დიდ მონაცემებში, მაგრამ აქამდე არ მომხდარა ამ მეთოდის გამოყენება სწავლის ხარისხის გაუმჯობესების კუთხით. მათი გამოყენებით შესაძლებელია სტუდენტების შეფასების პროცესის სრული ავტომატიზირება, რაც, თავის მხრივ, ათავისუფლებს პედაგოგს რუტინული სამუშაოსგან და საშუალებას აძლევს საკუთარი საქმიანობა მიმართოს სასწავლო კურსის გაუმჯობესებისკენ.

Use big data to increase knowledge

Papuna Qarchava, Lika Sikharulia

Summary

In presented paper are discusses big data, sentiment analysis, e-learning and cloud technologies. Here are their brief descriptions. The article is about improving the quality of learning in higher education institutions using these technologies. According to the author, the use of sentiment analysis method allows to fully automate the student survey process. In particular, machine learning methods can be used to teach the relevant system using students' electronic assignments, which are sorted according to the grades received. Then, using sentiment analysis, the tasks will be checked. By automating student assessment, the teacher is relieved of routine activities and will be able to direct his or her energy toward improving the course.

Использование больших данных для повышения знаний

Папуна Карчава, Лика Сихарулия

Резюме

В этой статье рассматриваются большие данные, sentiment анализ, электронное обучение и облачные технологии. Даны их краткие описания. Статья посвящена повышению качества обучения в вузах с использованием этих технологий. По мнению автора, использование метода sentiment анализа позволяет полностью автоматизировать процесс опроса студентов. В частности, методы машинного обучения могут использоваться для обучения соответствующей системе с помощью электронных заданий учащихся, которые сортируются в соответствии с полученными оценками. Затем, используя sentiment анализа, новые задачи будут проверены. Автоматизируя оценку ученика, учитель освобождается от рутинной деятельности и сможет направить свою энергию на улучшение курса.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Baby, N., Pethuru, R., IGI Global, Big Data Computing and the Reference Architecture, What is Hadoop, <http://www.igi-global.com/dictionary/hadoop/12699> , 2014
2. Banica, L., Burtescu, E., Stefan, C., Advanced Security Models for Cloud Infrastructures, Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences, Vol. 5, No. 6, pp. 484-491, 2014
3. Banica, L., Different Hype Cycle Viewpoints for an e-learning System, Journal of Research & Method in Education, Vol. 4, Issue 5, pp.88-95, 2014
4. Banica, L., Stefan, C., Rosca, D. & Enescu, F., Moving from Learning Management Systems to the e-Learning Cloud, AWERProcedia Information Technology & Computer Science. pp 865-874, www.awer-center.org/pitcs , 2013
5. Banica, L., Paun, V., Stefan, C., Big Data leverages Cloud Computing opportunities, International Journal of Computers & Technology, Volume 13, No.12, <http://cirworld.org/journals/index.php/ijct/article/view/3036> , 2014
6. Bastian M., Heymann S., Jacomy M., Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks, International AAAI Conference on Weblogs and Social Media, San Jose, USA , 2009
7. Briggs, S., Big Data in Education: Big Potential or Big Mistake? <http://www.opencolleges.edu.au/informed/features/big-data-big-potential-or-big-mistake/> , 2014
8. Bryson, S., Kenwright, D., Cox, M., Ellsworth, D., and Haines, R., Visually exploring gigabyte data sets in real time, <http://www.forbes.com/sites/gilpress/2013/05/09/a-very-short-history-of-big-data/> , 1999
9. Boyd, d., Crawford, K., Critical questions for big data: Provocations for a cultural, technological, and scholarly phenomenon. Information, Communication & Society, 15(5), 662–679, 2012
10. Dumitru, A., Hadoop - Enterprise Data Warehouse Data Flow Analysis and Optimization, OSCON Open Source Convention, Portland, available at <http://www.oscon.com/oscon2011-public/schedule/detail/21348> , 2011
11. Ferkoun, M., Cloud computing and big data: An ideal combination, available at <http://thoughtsoncloud.com/2014/02/cloud-computing-and-big-data-an-ideal-combination/> , 2014
12. Frank Lo, Big Data Technology, available at <https://datajobs.com/what-is-hadoop-and-nosql>, 2014
13. List of nosql database management systems, <http://nosql-database.org/>

საუბრიდან ტექსტის ამოცნობის ტექნოლოგია

ანა კობიაშვილი, ნოდარ დარჩიაშვილი, მერი გეგეჭკორი

anakobia@hotmail.com, nodob19@gmail.com

რეზიუმე

ნებისმიერ სატელეფონო ცენტრში ყოველდღიურად ფიქსირდება ასობით და ათასობით ზარი. ამის გამო, მომსახურების ხარისხის გაუმჯობესების მიზნით, აუცილებელი ხდება მონაცემების შეგროვება და მათი გაანალიზება. ცენტრის პროდუქტიულობის გაზრდის საჭიროებამ განაპირობა ისეთი ელექტრონული სისტემების შექმნის აუცილებლობა, რომლებიც მენეჯერებს საშუალებას მისცემს მომენტალურად მიიღონ წვდომა ცენტრის მუშაობის კრიტიკულ მაჩვენებლებზე. ასეთი ელექტრონული სისტემის ერთ-ერთი ძირითადი ფუნქციაა ხმის ჩანაწერების ან მიმდინარე ზარების ანალიზი საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგიის გამოყენებით, რომლის მიზანია შემოსული ზარის შინაარსიდან სასარგებლო ინფორმაციის მოძიება და საუბრის ხარისხის გაუმჯობესება.

სტატიაში განხილულია პროგრამა, რომელიც შეიქმნა გადაუდებელი რეაგირების ცენტრის სამუშაო პროცესში საუბრის ანალიტიკის გამოყენების დემონსტრირებისთვის.

მსგავსი სისტემის სატელეფონო ცენტრში დანერგვა საშუალებას მისცემს ოპერატორს შეამციროს ზარზე მუშაობის ის დრო, რომელიც მისამართისა და შემთხვევის ტიპის ძებნის პროცესს სჭირდება. სისტემა აბსოლუტურად ზუსტი ვერ იქნება, რადგან ხმის ამოცნობის ტექნოლოგია ყოველთვის მხოლოდ საფარაუდო შედეგებს იძლევა.

საკვანძო სიტყვები:

ტექსტის ამოცნობა, საუბრის ანალიტიკა, სატელეფონო ცენტრი, საუბრის ამოცნობის სისტემა, ზარზე მუშაობის საშუალო ხანგრძლივობა

დღეისათვის სატელეფონო ცენტრების უმეტესობას აქვს ელექტრონული სისტემა, რომელიც მენეჯერებს საშუალებას აძლევს მომენტალურად მიიღონ წვდომა ცენტრის მუშაობის როგორც მიმდინარე, ისე გასული დღეების კრიტიკულ მაჩვენებლებზე, რაც საშუალებას აძლევს ორგანიზაციას გადადგას შესაბამისი ნაბიჯები ცენტრის პროდუქტიულობის ასამაღლებლად [1].

საუბრის ანალიტიკა არის საუბრის ამოცნობის ტექნოლოგიის გამოყენებით ხმის ჩანაწერების ან მიმდინარე ზარების ანალიზის პროცესი. მისი მიზანია ზარის შინაარსიდან სასარგებლო ინფორმაციის მოძიება და საუბრის ხარისხის გაუმჯობესება. საუბრის ანალიზი მომხმარებლის საუბარში ამოცნობს სიტყვებს და აუდიო შაბლონებს.

საუბრის აღქმა კომპიუტერული მეცნიერების ერთ-ერთი ყველაზე რთული სფეროა, ნაწილობრივ იმიტომ, რომ ეს ინტერდისციპლინარულია: ის მოიცავს რთულ ლინგვისტიკას, მათემატიკასა და გამოთვლებს [2].

არსებობს ოთხი ძირითადი მიდგომა, რომლის საშუალებითაც კომპიუტერს შეუძლია წარმოთქმული ბგერების წერილობით სიტყვებად გარდაქმნა:

- **შაბლონური შედარება** – კომპიუტერს ყოველი სიტყვისათვის აქვს შესაბამისი შაბლონი. სიტყვის მოსმენისას ხდება მისი შედარება ამ შაბლონებთან და დამთხვევისას სიტყვა ამოცნობილად ფიქსირდება.
- **შაბლონებისა და მახასიათებლების ანალიზი** – სიტყვები იყოფა შემადგენელ ნაწილებად და ხდება მათი ამოცნობა საკვანძო მახასიათებლებით, მაგალითად, ხმოვნებით.

- **ენის მოდელირება და სტატისტიკური ანალიზი** – ამ მიდგომის გამოყენებისათვის სისტემას უნდა ჰქონდეს გრამატიკის ცოდნა. სიტყვის ამოცნობისათვის გამოიყენება იმის ალბათობა, თუ რა სიტყვა შეიძლება გვხვდებოდეს ამა თუ იმ სიტყვის შემდეგ.
- **ხელოვნური ნეირონული ქსელები** – ტვინის მსგავსი მოდელები, რომლებსაც ხანგრძლივი სწავლების შემდეგ შეუძლია შაბლონების საიმედოდ ამოცნობა.

საუბრის ამოცნობის ყველაზე მარტივი გზა შაბლონური შედარებაა [3]. როგორც წესი, ის გამოიყენება მარტივი მოთხოვნების შესასრულებლად. მაგალითად, ბანკის ავტომოპასუხე მომხმარებელს აძლევს რამდენიმე არჩევანს ნომრების სახით, რის შემდეგაც მომხმარებელი დაასახელებს თავისი არჩევანის შესაბამის ციფრს. ასეთ სისტემაში საჭიროა მხოლოდ ელემენტის ამორჩევა მოკლე სიიდან. ამიტომ კომპიუტერს, რომელზეც სისტემაა დაყენებული, არ უწევს რთული გამოთვლების ჩატარება. მას არ სჭირდება სინტაქსის ან სემანტიკის ცოდნა. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ასეთი სისტემები რეალურად საუბრის ამოცნობას არ ახდენენ, ისინი უბრალოდ 10 სხვადასხვა სიგნალს განარჩევენ ერთმანეთისაგან (წარმოთქმული ციფრები 0-დან 9-ის ჩათვლით).

მართალია, 10 ციფრის ფარგლებშიც შეიძლება ფართო ცვალებადობა იყოს, რადგან ყველა ადამიანი ზუსტად ერთნაირად არ წარმოთქვამს სიტყვებს „ოთხი“ ან „ნული“, მაგრამ ეს 10 ციფრი ერთმანეთისგან საკმარისად განსხვავებულია და სისტემისათვის მათი ერთმანეთისაგან გარჩევა დიდ პრობლემას არ წამოადგენს.

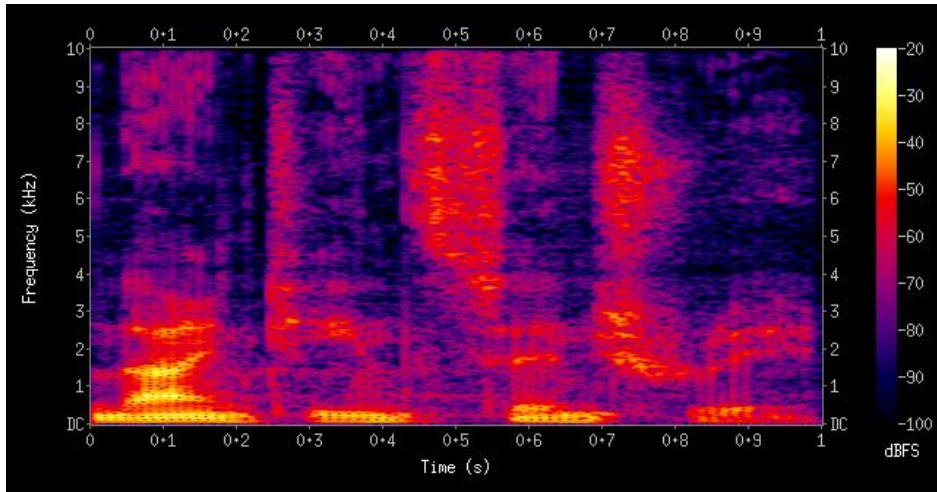
ავტომატური გადართვის სისტემები, როგორც წესი, საიმედოდ მუშაობენ, რადგან მათ ძალიან მცირე ლექსიკონი აქვთ: ძირითადად ათი სიტყვა ათი ციფრის წარმოსადგენად. ლექსიკონს, რომელთანაც ესა თუ ის სისტემა მუშაობს, ეწოდება მისი სფერო. ადრეული საუბრის ამომცნობი სისტემები ოპტიმიზებული იყო მცირე სფეროებზე, როგორც არის ექიმის ჩანაწერები, კომპიუტერული ბრძანებები და ლოკალური ჟარგონი. ეს საუბრის ამოცნობის პრობლემას გაცილებით ამარტივებდა (იმიტომ, რომ ლექსიკონი ძალიან მცირე იყო და სისტემას წინასწარ „ასწავლიდნენ“ საჭირო სიტყვებს).

ადამიანის ლექსიკონი შედგება ასობით გავრცელებული და ათასობით ნაკლებად გავრცელებული სიტყვისაგან. თეორიულად, შესაძლებელია სისტემას ვასწავლოთ სრული ლექსიკონი. ამისათვის საჭიროა მიკროფონში ყოველი სიტყვა 3-4-ჯერ წავიკითხოთ [4].

ამ მიდგომის უარყოფითი მხარეა მისი არაეფექტურობა. სისტემას უნდა ვასწავლოთ ყოველი სიტყვის ამოცნობა ცალ-ცალკე, როდესაც ყველა ეს სიტყვა ბგერების ერთი და იგივე კომპლექტისაგან შედგება. მაგალითად, ადამიანს არ სჭირდება ავტომობილის ყველა მოდელის ნახვა იმის მისახვედრად, რომ მის თვალწინ არსებული საგანი ავტომობილია. ცხოვრების განმავლობაში მრავალი ავტომობილის ნახვის შედეგად, ტვინში იქმნება ე. წ. პროტოტიპი. ამის შემდეგ, როდესაც ისეთ ავტომობილს ვხვდავთ, რომელიც ადრე ნანახი არ გვქონდა, ვადარებთ მას პროტოტიპს და ვხვდებით, რომ ის ავტომობილია. ანალოგიურად, სიტყვის ამოცნობისთვის არ გვჭირდება მსოფლიოში ყოველი ადამიანის მიერ წარმოთქმული ყველა სიტყვის მოსმენა. სიტყვების ამოცნობას ვახდენთ მათი საკვანძო მახასიათებლების ცნობით.

საუბრის ამომცნობი სისტემები მუშაობას იწყებენ ხმის მონაკვეთის მოსმენით, მიკროფონის გამოყენებით. პირველი საფეხური არის ხმის ციფრულ ფორმაში გარდაქმნა. შემდეგ, ციფრული მონაცემები გარდაიქმნება სპექტროგრამაში (გრაფიკი, რომელიც გვიჩვენებს დროის განმავლობაში ხმის სიხშირის ცვლილებას) და დაიყოფა ურთიერთგადამკვეთ ნაწილებად – აკუსტიკურ კადრებად, რომელთა საშუალო ხანგრძლივობა 1/25-დან 1/50 წამამდეა (სურ.1). ამ კადრების ციფრული დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად ხდება მათი შემადგენელი სასაუბრო კომპონენტების პოვნა. მოსმენილი საუბრის სიტყვებად დაყოფისა და ამ სიტყვების

საკვანძო თვისებების პოვნის შემდეგ საჭიროა მათი შედარება ფონეტიკურ ლექსიკონთან (ცნობილი სიტყვებისა და მათი დამახასიათებელი თვისებების სია), რის შედეგადაც ვიგებთ, სავარაუდოდ რა იყო ნათქვამი. საუბრის ამოცნობას სიტყვა „სავარაუდოდ“ ყოველთვის ახასიათებს, რადგან მხოლოდ მოსაუბრემ იცის 100%-იანი სიზუსტით, თუ რა იყო ნათქვამი.



სურ. 1. ხმოვანი ჩანაწერი, წარმოდგენილი სპექტროგრამის სახით

სპექტროგრამა სამგანზომილებიანი გრაფიკია: დრო წარმოდგენილია ჰორიზონტალურ ღერძზე, სიხშირე – ვერტიკალურზე, ხმამაღლობა ნაჩვენებია გრაფიკის ფერით, რაც გვიჩვენებს ყოველი სიხშირის ხმამაღლობას დროის მოცემულ მონაკვეთში.

თეორიულად, რადგანაც სასაუბრო ენები შედგება მცირე რაოდენობის ფონემებისგან (ქართულ ენაში 33, ინგლისურში – დაახლოებით 46), შეგვიძლია ყველა სიტყვა ამოვიცნოთ, თუ ვისწავლით ბგერების ცნობას. იმის ნაცვლად, რომ ვისწავლოთ დაახლოებით 40 000 სიტყვა, დაგვჭირდება მხოლოდ 33 ელემენტის სწავლა.

პრაქტიკაში, საუბრის ამოცნობა ბევრად უფრო რთულია, ვიდრე ბგერების ამოცნობა და მათი შედარება შენახულ შაბლონებთან. ამისთვის არსებობს რამდენიმე მიზეზი:

- საუბარი ძალიან ცვალებადია: სხვადასხვა ადამიანები სხვადასხვანაირად საუბრობენ (იმის მიუხედავად, რომ ყველა იყენებს ერთსა და იმავე სიტყვას და თეორიულად ყველა სიტყვა ფონემების ერთი და იგივე კომპლექტისგან შედგება).
- სიტყვებს ყოველთვის ერთნაირად არ წარმოვთქვამთ. ასეც რომ იყოს, სიტყვის წარმოთქმაზე გავლენას ახდენს მისი წინა ან მომდევნო სიტყვა.
- ადამიანის ლექსიკონის ზრდასთან ერთად იზრდება ისეთი სიტყვების რაოდენობა, რომლებიც ერთმანეთის მსგავსად ჟღერს. ციფრები 0-დან 9-ის ჩათვლით ჟღერადობით საკმაოდ განსხვავებულია ერთმანეთისაგან, თუმცა სიტყვები „ხუთი“ და „ყუთი“ ძალიან ჰგავს ერთმანეთს. ამის გამო, ციფრების ამოცნობა 50 000 სიტყვიან ლექსიკონში ბევრად უფრო რთულია, ვიდრე 10 სიტყვიან (მხოლოდ ციფრები) ლექსიკონში.
- რაც უფრო მეტ მოსაუბრეს უსმენს სისტემა, მით მეტი ცვალებადობა უნდა გაითვალისწინოს მან და მეტად გაიზრდება შეცდომების ალბათობა.

საუბრის ამოცნობისათვის ელემენტების იდენტიფიცირება მნიშვნელოვანია, მაგრამ არ არის საკმარისი. ეფექტურობისათვის აუცილებელია ენის მოდელის გათვალისწინება. ყოვე-

ლი წარმოთქმული სიტყვა დამოკიდებულია მის წინა ან მომდევნო სიტყვაზე. გრამატიკის წესები ზოგიერთი სიტყვის ერთმანეთის მიყოლებით წარმოთქმას გამორიცხავს.

პრაქტიკულად ყველა საუბრის ამოცნობის სისტემა იყენებს სტატისტიკურ ანალიზს. ბგერებისა და სიტყვების თანამიმდევრობის ალბათობა, ბგერებს შორის სიჩუმის ალბათობა – ყველა ეს ფაქტორი გავლენას ახდენს სისტემის მუშაობის ეფექტურობაზე. კომპიუტერისათვის საუბრის ამოცნობა ყოველთვის არის სავარაუდო პასუხებს შორის ყველაზე მეტად მოსალოდნელი ვერსიის არჩევა და სწორი პასუხის ცოდნა შეუძლებელია იქამდე, სანამ თვითონ მოსაუბრე არ გაასწორებს ან დაადასტურებს ამოცნობილ სიტყვებს.

დღეისათვის ძალიან მცირე რაოდენობის სერვისი არსებობს ქართული საუბრის ავტომატური ამოცნობისათვის [5-8]. ერთ-ერთი მათგანი არის Google Cloud Speech სერვისი. Google-ის ეს ტექნოლოგია იყენებს ძლიერ ნეირონულ ქსელს და შეუძლია 120 ენის საუბრის ამოცნობა.

Google გვთავაზობს API-ს, რისი გამოყენებითაც შეგვიძლია ჩვენ მიერ შექმნილ აპლიკაციაში გამოვიყენოთ Cloud Speech სერვისი. C# პროგრამისთვის საწყისი კოდი შემდეგნაირად გამოიყურება:

```
using System;
using Google.Cloud.Speech.V1;

namespace NodoSpeechRecognition
{
    class Program
    {
        public static void Main(string[] args)
        {
            var speech = SpeechClient.Create();
            var config = new RecognitionConfig
            {
                Encoding =
                RecognitionConfig.Types
                .AudioEncoding.Flac,
                SampleRateHertz = 8000,
                LanguageCode = "ka-GE"
            };
            var audio = RecognitionAudio
            .FromFile(@"C:\TestSpeechAudio.flac");
            var response = speech.Recognize(config, audio);

            foreach (var result in response.Results)
            {
                foreach (var alternative in
                result.Alternatives)
                {
                    Console.
                    WriteLine(alternative.Transcript);
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }
  }
}

```

მოცემული კოდი კითხულობს ფაილს, სახელად TestSpeechAudio.flac და აგზავნის მისი შემცველი საუბრის ამოცნობის მოთხოვნას Google-ის სერვისში.

Encoding პარამეტრი აღნიშნავს დასამუშავებელი ფაილის გაფართოებას, ჩვენს შემთხვევაში ეს არის FLAC ფორმატი, რომელიც MP3-საგან განსხვავებით, ხმოვანი ჩანაწერის შეკუმშვას ახდენს ხარისხის შემცირების გარეშე.

LanguageCode – ამოსაცნობი ტექსტის ენის კოდია. ქართული ენის შემთხვევაში კოდი არის „ka-GE“.

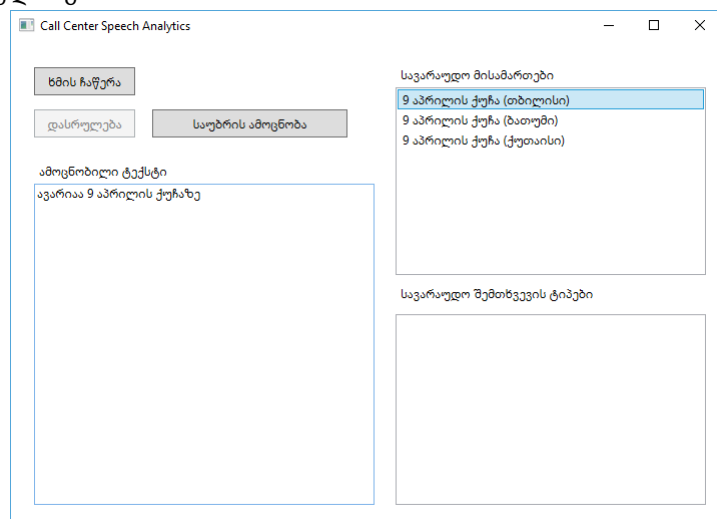
„var response = speech.Recognize(config, audio);“ – კოდის ეს სტრიქონი არის უშუალოდ სერვისისადმი მიმართვის ბრძანება. ის პარამეტრებად იღებს კონფიგურაციისა და ფაილის მისამართის შემცველ ცვლადებს. მიღებული შედეგი ჩაიწერება response ცვლადში.

დაბრუნებული შედეგი შეიძლება შეიცავდეს ამოცნობილი ტექსტის რამდენიმე შესაძლო მნიშვნელობას. ამ შემთხვევაში result.Alternatives ველს ექნება რამდენიმე ტექსტური მნიშვნელობა.

სურათზე ნაჩვენებია აპლიკაცია, რომელიც ამოცნობილი ტექსტის მიხედვით მომხმარებელს სთავაზობს მისამართის ან შემთხვევის ტიპის სავარაუდო მნიშვნელობებს (სურ. 2).

ეს პროგრამა შექმნილია გადაუდებელი რეაგირების ცენტრის სამუშაო პროცესში საუბრის ანალიტიკის გამოყენების დემონსტრირებისათვის. მასში შეტანილია საქართველოს რამდენიმე მისამართი და შემთხვევის რამდენიმე ტიპი.

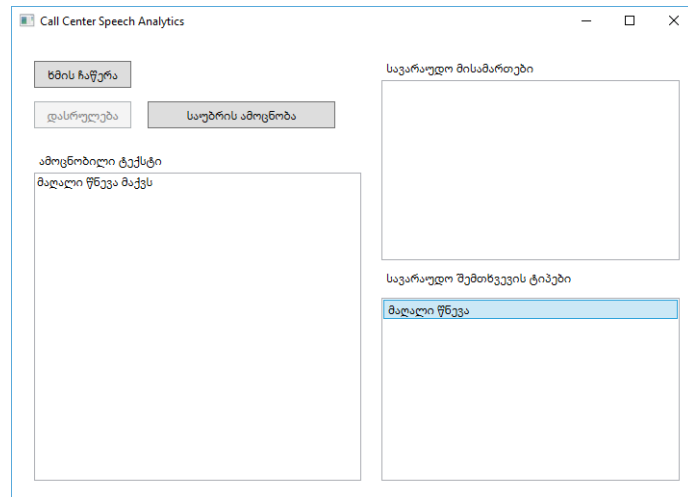
მომხმარებელი აჭერს „ხმის ჩაწერა“ ღილაკს, საუბრობს და ხმის ჩაწერას „დასრულება“ ღილაკით წყვეტს. ჩაწერის შემდეგ, „საუბრის ამოცნობა“ ღილაკზე დაჭერით „ამოცნობილი ტექსტი“ ველში ვხედავთ მის მიერ წარმოთქმულ ტექსტს. ტექსტის ამოცნობისთანავე, პროგრამა ტექსტური ძებნის ალგორითმების გამოყენებით ეძებს სიებში ამოცნობილი სიტყვების შემცველ მნიშვნელობებს.



სურ. 2. საუბრის ანალიტიკის დემონსტრირება მისამართის ამოცნობისათვის

მოცემულ მაგალითში, პროგრამის მიერ ამოცნობილი ტექსტის მიხედვით მოიძებნა „9 აპრილის ქუჩა“ ქალაქ თბილისში, ბათუმსა და ქუთაისში (სურ. 3).

შემდეგ სურათზე მოცემულია მაგალითი, რომელშიც ამოცნობილი ტექსტი შეიცავს მაღალი წნევის შემთხვევის ტიპს.



სურ. 3. საუბრის ანალიტიკის დემონსტრირება დაავადების ამოცნობისათვის

მსგავსი სისტემის სატელეფონო ცენტრში დანერგვა საშუალებას მისცემს ოპერატორს შეამციროს ზარზე მუშაობის ის დრო, რომელიც საჭიროა მისამართისა და შემთხვევის ტიპის მოსაძებნად. რა თქმა უნდა, სისტემა აბსოლუტურად ზუსტი ვერ იქნება, რადგან ხმის ამოცნობის ტექნოლოგია ყოველთვის სავარაუდო შედეგებს იძლევა. ამიტომ, ოპერატორს უნდა ჰქონდეს არჩევანი, ჩასვას თუ არა სისტემის მიერ შეთავაზებული მნიშვნელობა საქმეში.

Text Recognition Technology from the Conversation

Ana Kobiashvili, Nodar Darchiashvili, Meri Gegechkori

Summary

Every telephone center daily has hundreds and thousands of calls. Due to this, it is necessary to collect and analyze the data to improve the quality of service. The need to increase the productivity of the center has led to the need for creating electronic systems that enable managers to get instant access to the critical performance of the Center's work. One of the main functions of such an electronic system is the use of voice recordings or current calls using speech recognition technology that aims to find useful information from the incoming call content and improve the quality of the conversation.

The article discusses the program, which was created to demonstrate the use of analytics in the working process of the emergency response center.

The introduction of a similar system in the telephone center will allow the operator to reduce the time of the call, which is caused by the search of the type and address of the accident. The system cannot be absolutely accurate, because the voice recognition technology always gives probable results.

Технология распознавания текста из разговора

Анна Кобиашвили, Нодар Дарчиашвили, Мери Гегечкори

Резюме

Каждый телефонный центр ежедневно получает сотни и тысячи звонков. В связи с этим необходимо собирать и анализировать данные для улучшения качества обслуживания. Необходимость повышения производительности центра привела к необходимости создания электронных систем, которые позволят менеджерам получить мгновенный доступ к критически важным показателям работы центра. Одной из основных функций такой электронной системы является использование голосовых записей или текущих вызовов с использованием технологии распознавания речи, целью которой является поиск полезной информации из содержимого входящего вызова и повышение качества разговора.

В статье рассматривается программа, которая была создана для демонстрации использования аналитики в рабочем процессе центра аварийного реагирования.

Внедрение аналогичной системы в телефонном центре позволит оператору сократить время разговора, которое обусловлено поиском типа и адреса аварии. Система не может быть абсолютно точной, потому что технология распознавания голоса всегда дает вероятные результаты.

ლიტერატურა – References – Литература

1. <https://www.explainthatstuff.com/voicerecognition.html>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
2. <https://medium.com/swlh/the-past-present-and-future-of-speech-recognition-technology-cf13c179aaf>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
3. http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_95/journal/vol1/ks4/article1.html, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
4. <https://www.tenfold.com/business-development/benefits-speech-analytics-customer-support-call-centers>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
5. <https://www.analyticsindiamag.com/doing-more-with-real-time-speech-analytics-a-showcase/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
6. <http://www.nexidia.com/about-nexidia/news/what-every-call-center-needs-to-know-about-speech-analytics/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
7. <http://www.nexidia.com/about-nexidia/news/what-every-call-center-needs-to-know-about-speech-analytics/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.
8. <https://cloud.google.com/speech-to-text/>, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 17.10.2019.

პროგრამული უზრუნველყოფის მოდულური ტესტირება

ანა კობიაშვილი, თამაზ ვეკუა

anakobia@hotmail.com, tazo.vekua@gmail.com

რეზიუმე

კომპიუტერის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის ძალიან მნიშვნელოვანია პროგრამული უზრუნველყოფის გამართული მუშაობა. სხვადასხვა აპლიკაციის ფუნქციონირებისას გაჩენილმა შეცდომებმა და უწყესიგრობებმა შესაძლებელია გამოიწვიოს სერიოზული პრობლემები. ამიტომ უაღრესად აქტუალურია პროგრამული უზრუნველყოფის სრულყოფილი ტესტირება, რათა უზრუნველყოფილ იქნეს პროგრამული პროდუქტის მაღალი ხარისხი. ტესტირება ნებისმიერი პროგრამის სასიცოცხლო ციკლის განუყოფელი ნაწილია; ის დამკვეთს აძლევს გარანტიას მიიღოს მოთხოვნების შესაბამისი პროდუქტი, რომელშიც იქნება მინიმალური შეცდომები. ტესტირება ასევე საშუალებას აძლევს ბიზნესის წარმომადგენლებს შეაფასონ პროგრამულ უზრუნველყოფაში არსებული ბიზნეს რისკები, და დაადგინონ, რამდენად გამოსადეგია ეს პროგრამული საშუალებები მოხმარებისათვის.

სტატიაში განხილულია პროგრამული უზრუნველყოფის ერთ-ერთი კონკრეტული ფორმა – მოდულური ტესტირება, მისი დანიშნულება, მასთან დაკავშირებული პრობლემები.

მოყვანილია მოდულური ტესტირების შესახებ ჩატარებული კვლევების რიცხვითი მონაცემები, გაანალიზებულია კვლევების შედეგები, გამოკვეთილია ტესტირების ამ ფორმისადმი პრაქტიკოსი დეველოპერების დამოკიდებულება.

საკვანძო სიტყვები:

პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირება, მოდულური ტესტირება, ტესტერი, ფრეიმვორკი, პროგრამული უზრუნველყოფის დეველოპერი

პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირება არის პროგრამული საშუალებების და მათი შესაბამისი დოკუმენტაციის დეფექტების აღმოჩენისა და ანალიზის პროცესი, რომლის მიზანია პროგრამული უზრუნველყოფის მუშაობის გაუმჯობესება [1].

მოდულური ტესტირება (Unit Testing) არის ტესტირების სახე, რომლის მიზანია პროგრამის საწყისი კოდის ცალკეული მოდულების შემოწმება კორექტულობაზე [2]. ტესტირების ამ ხერხის მთავარი იდეა იმაში მდგომარეობს, რომ ტესტები იწერება ყოველი არატრივიალური ფუნქციის ან მეთოდისათვის. ეს საშუალებას მოგვცემს საკმაოდ სწრაფად შევამოწმოთ, კოდის ყოველმა ახალმა ცვლილებამ ხომ არ გამოიწვია შეცდომების გაჩენა პროგრამის უკვე ტესტირებულ ადგილებში, და ასევე ამარტივებს ასეთი შეცდომების აღმოჩენისა და გასწორების პროცესს.

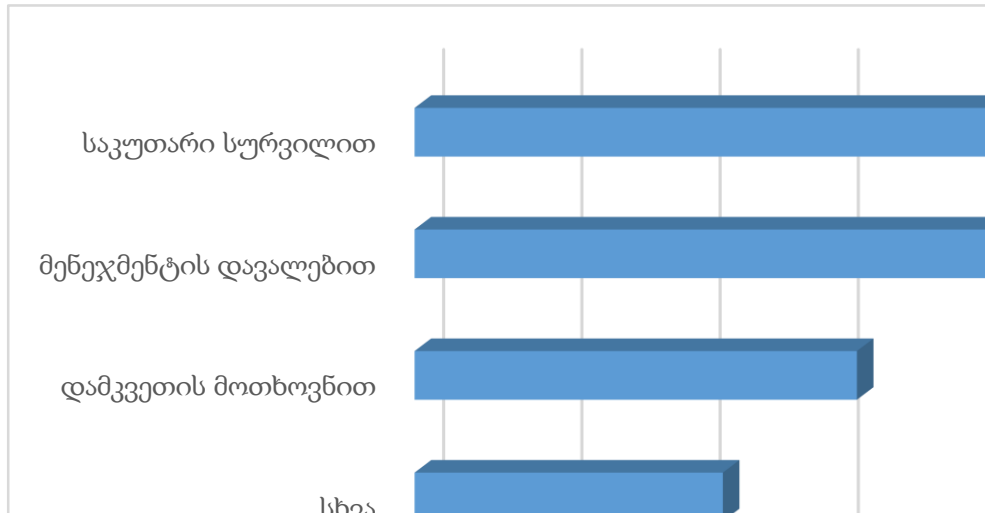
დღეს თითქმის ყველა პროგრამულ ენას გააჩნია საკუთარი ფრეიმვორკი მოდულური ტესტირებისათვის. მაგალითად, Java-სთვის არსებობს Junit, C#-ისთვის – NUnit და ა. შ.). ეს ფრეიმვორკები საშუალებას იძლევა დაიწეროს მცირე ავტომატური მოდულური ტესტები. დღესდღეობით მოდულური ტესტირება გახდა მიღებული პრაქტიკა პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირებისას, თუმცა პროგრამის ხარისხი მაინც პრობლემად რჩება. პროგრამული საინჟინრო მკვლევარები ამტიკიცებენ, რომ საჭიროა პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების შემდგომი განვითარება.

მოდულური ტესტირების მიზანია მოხდეს პროგრამის კოდის კონკრეტული ნაწილის ფუნქციონალის შემოწმება მეთოდის დონეზე [3]. ობიექტზე ორიენტირებულ დაპროგრამება-

ში ასეთი სახის ტესტირება დაყვანილია კლასის დონეზე, ხოლო მინიმალური დონეა კონსტრუქტორების ტესტირება. მოდულურ ტესტებს, როგორც წესი, წერენ დეველოპერები, რათა დარწმუნდნენ, რომ აღნიშნული მეთოდი მუშაობს ისე, როგორც მათ ჩაიფიქრეს და განახორციელეს. კონკრეტულ მეთოდს შეიძლება ჰქონდეს რამდენიმე ტესტი იმისათვის, რომ მოხდეს მისი ტესტირება ყველა იმ შესაძლო პარამეტრით, რაც შეიძლება გადაეცეს მეთოდს.

მოდულურ ტესტებს ძირითადად დეველოპერები წერენ იმიტომ, რომ კოდის წერის პარალელურად შეამოწმონ მათ მიერ დაწერილი მეთოდები და პროგრამის თვისებები. ბოლო პერიოდში ტარდება არაერთი კვლევა იმის დასადგენად, თუ რამდენად მნიშვნელოვანია მოდულური ტესტების წერა.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში ჩატარებული კვლევების თანახმად, კითხვაზე, თუ რა აძლევთ მოტივაციას დეველოპერებს წერონ მოდულური ტესტები, ყველაზე მეტმა გამოკითხულმა გასცა პასუხი, რომ ისინი წერენ მოდულურ ტესტებს საკუთარი სურვილის გამო, რადგან მათ სჯერათ, რომ ეს მათ ეხმარება უფრო მეტად უშეცდომოდ და ეფექტიანი კოდის შექმნაში. საინტერესო ფაქტი ისაა, რომ ამ კითხვაზე არანაკლებმა რაოდენობამ უპასუხა, რომ ეს მხოლოდ მენეჯმენტის მოთხოვნილებაა, თუმცა მენეჯმენტი დიდი სიამოვნებით შეამცირებდა ტესტირების ვადას იმის გამო, რომ პროდუქტი დროულად ჩაებარებინათ. მე-3 და მე-4 ადგილი დაიკავა პასუხებმა, რომლის თანახმად, ტესტების წერა დამკვეთის მოთხოვნაა. (ნახ. 1).

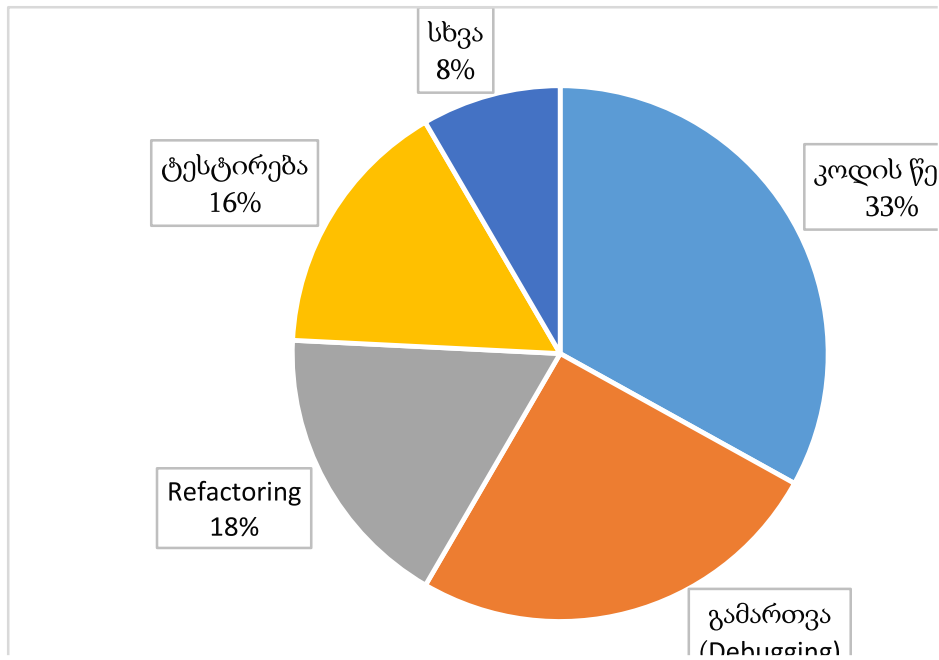


ნახ. 1. მოდულური ტესტების წერის მიზეზები

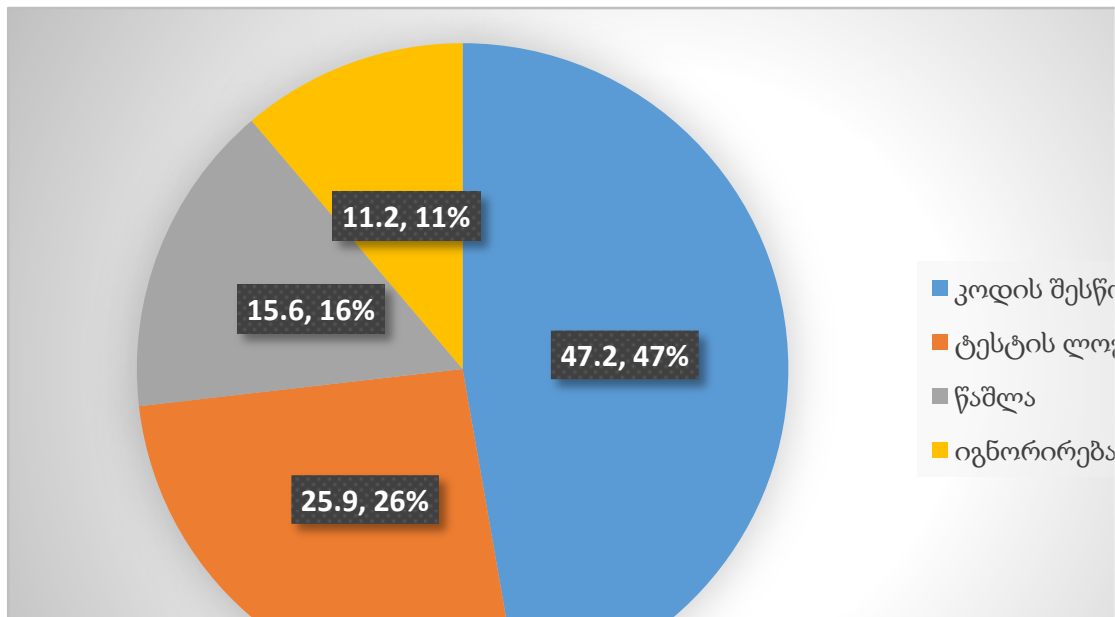
კვლევა ჩატარებულია ასევე პროგრამის წერისას დეველოპერების მიერ დროის ხარჯვის საკითხთან დაკავშირებით. პროგრამისტები დროის უმეტეს ნაწილს, კერძოდ, 33.04%-ს ხარჯავენ ახალი კოდის წერაზე, დროის 25.32%-ს ხარჯავენ პროგრამის გასამართად, დროის 17.4%-ს ხარჯავენ კოდის რეფაქტორინგში, ტესტების დაწერაში ხარჯავენ დროის 15.8%-ს, ხოლო დროის 8.4%-ს ხარჯავენ სხვა საკითხებში (ნახ. 2).

მოდულური ტესტების წერა ძალიან დიდ გავლენას ახდენს პროგრამის გამართვასა და რეფაქტორინგზე დახარჯულ დროზე (საშუალოდ 25.32% + 17.40%).

კითხვაზე, თუ როგორ იქცეოდნენ პროგრამისტები იმ შემთხვევაში, თუ რომელიმე ტესტი ვერ გაივლიდა წარმატებით, 47.02% ფიქრობს, რომ ასეთ შემთხვევაში აუცილებელია კოდის შესწორება, 25.3% ცვლის ტესტის ლოგიკას იმის მიხედვით, თუ როგორ მოქმედებს პროგრამა. პროგრამისტების 15.6% საერთოდ შლის არსებულ მოდულურ ტესტს, ხოლო 11.2% ტესტის შეცდომას საერთოდ იგნორირებას უკეთებს. ამ კითხვაზე პასუხები საკმაოდ ჰომოგენურია ჯგუფების მიხედვით. პროგრამისტები 10 წელზე მეტი გამოცდილებით უფრო მეტად ფიქრობენ კოდის გასწორებაზე, ვიდრე სხვები, და აცხადებენ, რომ არასწორი ტესტები, რომლებმაც ვერ გაიარა წარმატებით, უნდა წაიშალოს ან მოხდეს მათი იგნორირება, ხოლო პროგრამისტები 1-3 წლამდე გამოცდილებით ფიქრობენ საპირისპიროს (ნახ. 3).



ნახ. 2. პროგრამის წერისას დროის დანახარჯის განაწილება



ნახ. 3. პროგრამის ტესტის წარუმატებლობის შემთხვევაში

კიდევ ერთი საინტერესო კითხვა დეველოპერებისთვის არის ის, თუ რომელ ტექნიკას იყენებენ, როდესაც წერენ მოდულურ ტესტებს. დეველოპერების უმეტესობა, როგორც ჩანს, ტესტების წერისას იყენებს სისტემურ მიდგომებს. მთლიანი კოდის ამოწურვითი ტესტირება არის გაცემულ პასუხებს შორის მეორე საუკეთესო. რაოდენ გასაკვირიც არ უნდა იყოს, პროგრამისტების 54% საკმაოდ ხშირად იყენებს ტესტების ავტომატური გენერირების ფუნქციას. შემდეგ მოდის მუტაციური ანალიზი; მას უფრო იშვიათად იყენებენ, რადგანაც ის მიჩნეულია რთულ ტექნიკად, რაც მკვლევარებს მოსწონთ, თუმცა არ ელოდებიან იმას, რომ ეს ტექნიკა იქნება ხშირად გამოყენებული. ქვედა საფეხურებზე კი მოდის სტაბინგი და მოკინგი (იზოლირებულ გარემოში ტესტვა). ეს ორი ტექნიკა შეესაბამება ტესტების ავტომატურ გენერირებას, ამ ტექნიკებით შესაძლებელია დაფარვის მარტივად მიღწევა.

აღმოჩნდა, რომ ახალი ტესტის წერისას ყველაზე რთულია იმის იდენტიფიცირება, თუ კოდის რა ნაწილი უნდა იქნეს ტესტირებული, შემდეგი პრობლემა არის, თუ რა უნდა შემოწმდეს ტესტში. ტესტი გენერირებულიც რომ იყოს ტესტის ავტომატურად მაგენერირებელი ინსტრუმენტის მიერ, ეს შემდგომში მაინც რჩება პრობლემად ამჯერად უკვე ტესტირისათვის. მესამე ადგილზე არის პრობლემა – ერთეულის იზოლაცია ტესტირების დროს. ეს არის მთავარი გამოწვევა ავტომატური ტესტის გენერაციისათვის. ძალიან მცირე რაოდენობის ინსტრუმენტი თუ არსებობს, რომელიც იქნება ამ პრობლემის მხარდამჭერი, მაგრამ, როგორც ჩანს, ამ მხრივ არსებობს პროგრამული უზრუნველყოფის ტესტირების გაუმჯობესების შესაძლებლობა. ეს პრობლემა იმაზეა დამოკიდებული, თუ როგორაა დაწერილი დეველოპერის მიერ კოდი, რამდენად შესაძლებელია მისი ტესტირება და, საზოგადოდ, შეძლებს თუ არა ავტომატური ტესტების ინსტრუმენტი გაუმკლავდეს ამ პრობლემას.

კვლევის მონაწილე 171 დეველოპერმა 29 ქვეყნიდან დაადასტურა, რომ მოდულური ტესტირება მნიშვნელოვან როლს თამაშობს პროგრამული უზრუნველყოფის წერის დროს [4-6]. უფრო კონკრეტულად, მათი 12% საერთოდ არ წერს ტესტებს, ხოლო დანარჩენ 88%-ს ძლიერი სურვილი აქვს ჰქონდეთ კიდევ უფრო მეტი ტესტი და პროგრამის შექმნისას დროის 15.8%-ს ხარჯავენ ამაში.

Mockito არის Java-ს ბიბლიოთეკა, რომელიც გამოიყენება მოდულური ტესტების ეფექტურად ჩასატარებლად. Mockito გამოიყენება ინტერფეისების იმიტირებისათვის. Mockito-ს მეშვეობით შესაძლებელია ფუნქციის ტესტირება სხვა ფუნქციებისაგან იზოლირებულ გარემოში; ის არ საჭიროებს ბაზასთან კავშირს, „მოკირებული“ ობიექტები ქმნიან რეალური ობიექტების დუბლირებულ სახეს.

განვიხილოთ მოდულური ტესტირების მაგალითი Mockito-სა და Junit-ის გამოყენებით.

შევქმნათ ინტერფეისი სახელად StringService, რომელშიც გამოყენებული იქნება მეთოდი Concatenate(),

```
public interface StringService {
    public string Concatenate(String a, String b);
}
შევქმნათ კლასი StringMethods
public class StringMethods {
    private StringService stringService;

    public void setStringService(StringService stringService){
        this.stringService = stringService;
    }

    public string Concatenate(String a, String b){
        return stringService.Concatenate(string a, string b);
    }
}
```

ბოლოს შევქმნათ StringMethods კლასის ტესტ კლასი. ხოლო StringService-ისათვის გამოვიყენოთ Mockito.

```
import static org.mockito.Mockito.when;
import org.junit.Assert;
import org.junit.Test;
import org.junit.runner.RunWith;
import org.mockito.InjectMocks;
import org.mockito.Mock;
import org.mockito.runners.MockitoJUnitRunner;

@RunWith (MockitoJUnitRunner.class)
```

```
public class StringMethodsTest {
    @InjectMocks
    StringMethods stringMethods = new stringMethods();

    @Mock
    StringService stringService;

    @Test
    public void ConcatenateTest(){
        //Mockito-ს მეშვეობით შექმნილი StringService მეთოდის იმიტირება.
        when(stringService.Concatenate("Saxeli", "Gvari")).thenReturn("SaxeliGvari");

        //Concatenate ფუნქციონალის ტესტირება
        Assert.assertEquals(StringMethods.Concatenate("Saxeli", "Gvari"), "SaxeliGvari");
    }
}
```

როგორც მარტივი ტესტის შედეგად გამოვლინდა, JUnit ერთეულის ტესტების განხორციელების ყველაზე ეფექტური გზაა org.junit.Assert-ის კლასში გამოყენებული მეთოდების გამოყენება.

მოდულური ტესტირებისას, როგორც ჩანს, გარკვეულ სირთულეებსაც აწყდებიან, როგორცაა კოდის იმ ნაწილის იდენტიფიკაცია, რომელიც უნდა შემოწმდეს, ასევე თვითონ ტესტის პროცესის შექმნა, თუ რა უნდა შეამოწმონ ტესტში, დაბოლოს, პროგრამის დაწერილი კოდი, რომელიც ადვილად შესამოწმებელი უნდა იყოს. მას უნდა შეეძლოს მონაცემთა ბაზის, ფაილების სისტემის და ა. შ. იზოლირება. ამ კვლევის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ტესტირება საკმაოდ დიდ როლს ასრულებს პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნისას.

Software Unit Testing

Ana Kobiashvili, Tamaz Vekua

Summary

Software performance is very important for the normal functioning of a computer. Errors and malfunctions when operating different applications can cause serious problems. Therefore, comprehensive software testing is extremely important to ensure a high quality of software product. Testing is an integral part of any program life cycle; it guarantees the customer a product that meets the requirements, with minimal errors. Testing also enables business representatives to evaluate the business risks of the software, and to determine how useful these tools are for use.

The article discusses one particular form of software – unit testing, its purpose, and related problems.

Numerical data on unit testing is presented, the results of researches are analyzed, and the attitude of developers practicing this form of testing is demonstrated.

Модульное тестирование программного обеспечения

Анна Кобиашвили, Тамаз Векуа

Резюме

Производительность программного обеспечения очень важна для нормального функционирования компьютера. Ошибки и неисправности при работе различных приложений могут вызвать серьезные проблемы. Поэтому, комплексное тестирование программного обеспечения чрезвычайно важно для обеспечения высокого качества программного продукта. Тестирование является неотъемлемой частью жизненного цикла любой программы; оно гарантирует заказчику продукт, соответствующий требованиям, с минимальными ошибками. Тестирование также позволяет представителям бизнеса оценить бизнес-риски программного обеспечения и определить, насколько полезны эти инструменты для эксплуатации.

В статье обсуждается одна конкретная форма программного обеспечения – модульное тестирование, его назначение и связанные с ним проблемы.

Приводятся числовые данные о модульном тестировании, анализируются результаты исследований и демонстрируется отношение разработчиков, практикующих эту форму тестирования.

ლიტერატურა – References – Литература

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Software_testing (ვიკიპედია). უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10. 07.2019.
2. Software testing – TutorialsPoint.
(https://www.tutorialspoint.com/software_testing/index.htm). უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 12. 06.2019.
3. <http://tutorials.jenkov.com/java-unit-testing/simple-test.html>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10. 07.2019.
4. https://www.tutorialspoint.com/mockito/mockito_overview.htm. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10. 07.2019.
5. <http://tutorials.jenkov.com/java-unit-testing/asserts.html>. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10. 07.2019.
6. A Survey on Unit Testing Practices and Problems – Ermira Daka and Gordon Fraser University of Sheffield Sheffield, United Kingdom. {ermira.daka,gordon.fraser}@sheffield.ac.uk. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 10. 07.2019.

უცხოური ენის შესწავლის გაუმჯობესება ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების საშუალებით

ვახტანგ ველიაშვილი, ეკატერინე ჩიკაშუა

vato@lingwing.com

რეზიუმე

ბოლო ორი ათწლეულის განმავლობაში, ინფორმაციის და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრირება უცხოური ენების შესწავლის სფეროს ძირითად ინტერესად იქცა. კვლევის შედეგები გარკვეულ მტკიცებულებებს იძლევა, რომ ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენება დადებით ეფექტს ახდენს სტუდენტებზე. ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები შეიძლება ჩაითვალოს სწავლის და სწავლების ახალ მოდელად. ეს კვლევა მიზნად ისახავს განიხილოს ტექნოლოგიების გამოყენების უპირატესობები ენების სწავლების სფეროში. ასევე, სხვადასხვა მაგალითები მოიყვანოს ინფორმაციის და კომუნიკაციის მეშვეობით უცხოური ენის სწავლების შესახებ. კვლევა გამყარებულია ქართული პლატფორმა Lingwing-ის მონაცემების მიხედვით და მიღწეული შედეგებით.

საკვანძო სიტყვები:

ინფორმაციის და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები, უცხოური ენების სწავლა, ონლაინ სწავლა

შესავალი

ინგლისურის ენის შესწავლის (როგორც მეორე ენა) და ინგლისურის ცოდნის გაუმჯობესების მიზნით, ჩვენს ქვეყანაში მრავალი მიდგომა და მეთოდი გამოიყენება, მაგრამ მათი უმრავლესობა ტრადიციულია, ნაკლებად საინტერესო, არაეფექტური და ნაკლები მოტივაციის მიმცემი სტუდენტისთვის. ამრიგად, აუცილებელია კომპიუტერული ტექნოლოგიების (ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიის) თანამედროვე მიდგომებისა და ინსტრუმენტების გამოყენება, რათა სტუდენტებმა ენის ასათვისებლად განივითარონ ძირითადი უნარები (მოსმენა, საუბარი, კითხვა და წერა). საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიებს ბევრი რამ აქვს შესათავაზებელი როგორც მასწავლებლებისთვის, ასევე სტუდენტებისთვის მათი ლექსიკის გაღრმავებისა და ინგლისური ენის ცოდნის გაუმჯობესების მიზნით.

დღესდღეობით, ტექნოლოგიური ინსტრუმენტები და მიდგომები ფართოდ გამოიყენება მათი მოხერხებულობის, ყოვლისმომცველობის, ეფექტურობისა და ეკონომიურობის გამო. ამ მიდგომებიდან, საშუალებებიდან ზოგიერთი არის კომპიუტერის დახმარებით: სწავლება (CAI), ენების შეფასება (CALA), ენის ინსტრუქტაჟი (CALI), ენის სწავლება (CALL); მობილურის დახმარებით ენების სწავლება (MALL); ენის სწავლების გაუმჯობესებული ტექნოლოგია (TELL); ბლოგები; ვიკიპედია; ციფრული ბიბლიოთეკა; მულტიმედია; მობილური სწავლება; ვირტუალური საკლასო ოთახები; დოკუმენტური ფილმები; ციფრული მოთხრობები; მობილური პროგრამები და ა.შ.; ციფრული ნოუტბუქები; ტაბლეტები; სმარტფონები; ჩაწერილი აუდიო-ვიდეო მასალები; ონლაინ სალაპარაკო გაკვეთილები; ციფრული გამოთქმების ლექსიკონები და ა.შ.

თანამედროვე კვლევები აჩვენებს ინგლისური ენის სწავლების სფეროში ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრაციისა და ინგლისურენოვანი უნარების განვითარების დადებით შედეგებს. ამ საშუალებებმა განაპირობა

ინდივიდუალური სწავლის გზა და უზრუნველყო სწავლის თავისუფლება ნებისმიერ დროს, ნებისმიერ ადგილას, მოსწავლეთა საჭიროებისა და მოხერხებულობის შესაბამისად. ამრიგად, უცხოური ენის სწავლების სფეროში შესაბამისი ნაბიჯები უნდა გადაიდგას ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ინტეგრირების საკითხებში, რათა ამაღლდეს მოსწავლეების უცხოური ენების ცოდნის დონე.

საინფორმაციო და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების გამოყენებით უცხოური ენების სწავლების ზოგიერთი მნიშვნელოვანი ხელსაწყოები და აპლიკაციები:

1. კომპიუტერი

ეს არის ინფორმაციული და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიის ყველაზე მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი და თანამედროვე ადამიანის ცხოვრების ხერხემალი. თანამედროვე კომუნიკაციის პროცესები შეუძლებელია კომპიუტერების გამოყენების გარეშე. ის აუცილებელია და სასარგებლო კომუნიკაციისთვის მონაცემების მომზადების, შეგროვებისა და შენახვისთვის, მოსმენისა და მეტყველების უნარის, ასევე უცხოურ ენებზე საუბრისა და მოსმენის უნარ-ჩვევების განვითარებისთვის.

2. პროექტორი

პროექტორი მნიშვნელოვანი საშუალებაა ბევრი ადამიანისთვის ინფორმაციისა და პროცესების ერთდროულად წარმოსადგენად. მისი გამოყენება შესაძლებელია სწავლებასა და მომზადებაში.

3. რადიო

რადიო ძალზე გამოსადეგია სოფლად მცხოვრებ მოსწავლეთა განათლებისა და სწავლების პროცესში. მრავალი დისტანციური და ღია სასწავლო პროგრამა ტარდება რადიოს დახმარებით. ასევე გამოიყენება აუდიო კონფერენციებში. რადიოთი გადაცემული პროგრამები ხელს უწყობს ენის უნარის განვითარებას.

4. ტელევიზია

დადგინდა, რომ ტელევიზია სასარგებლოა როგორც განათლებისთვის, ისე მოსმენის უნარის განვითარებისთვის, სიტუაციური ენის შესწავლისას, მასმედიის ენის გაგებისთვის. სტუდენტების დიდ რაოდენობას შეუძლია ერთდროულად ისარგებლოს ტელევიზიის პროგრამებით. მრავალი უნივერსიტეტი ატარებს საგანმანათლებლო პროგრამებს ტელევიზიით დისტანციურად. ტელევიზია ძალიან დიდი მამოტივირებელია.

5. ინტერნეტი

დღეისათვის ინტერნეტი არის კომუნიკაციის ყველაზე მნიშვნელოვანი საშუალება. თანამედროვე ცხოვრებაში კომუნიკაციის უდიდესი ნაწილი ხდება ინტერნეტის საშუალებით. მან კომუნიკაციები ძალიან სწრაფი, მოსახერხებელი, ეკონომიკური და მიმზიდველი გახადა. ინტერნეტში კომუნიკაციის უამრავი საშუალებაა ხელმისაწვდომი. ასე მაგალითად:

(ა) სოციალური მედია: სოციალური მედია გახდა კომუნიკაციის მნიშვნელოვანი ინსტრუმენტი. პლატფორმა უზრუნველყოფს აზრებისა და იდეების გაზიარებას. სოციალური მედიის საშუალებით კეთდება ბლოგები. სტუდენტებს შეუძლიათ დაამატონ უცხოური ენის შემსწავლელი ჯგუფები და ისარგებლონ ინფორმაციის გაზიარებით. მასზე უამრავი სოციალური ქსელია ხელმისაწვდომი, როგორცაა Facebook, Twitter, Instagram და ა.შ. ეს ძალიან სასარგებლოა სიტუაციური ენის შესწავლაში.

(ბ) უცხოური ენის შემსწავლელი ონლაინ საშუალებები: ინტერნეტში ენის ცოდნის გასაუმჯობესებელი უამრავი ონლაინ საშუალებაა: სხვადასხვა ტიპის ელექტრონული სწავლება; ელექტრონული სახელმძღვანელო, ბიბლიოთეკა, ჟურნალი თუ წიგნები; ონლაინ ტრენინგი; ვირტუალური კლასები და ა.შ.

გ) მხატვრული ფილმები უცხოური ენის სწავლებაში: სხვადასხვა ტიპის ფილმების გამოყენებაც არის შესაძლებელი უცხოური ენის სწავლებაში. ისინი შეიძლება იყოს დოკუმენტური, საგანმანათლებლო და გასართობი. ფილმებმა შეიძლება გაზარდოს მოტივაციის დონე.

(დ) ენასთან დაკავშირებული ონლაინ კურსები: ეს კურსები ხელმისაწვდომია ინტერნეტში. ზოგი მათგანი უფასოა, ზოგიც ფასიანი. სტუდენტებს შეუძლიათ თანხა ჩარიცხონ ამ კურსებზე და ადვილად მიიღონ განათლება სახლიდან გაუსვლელად. მათ შეუძლიათ უყურონ ონლაინ და ოფლაინ ვიდეოებს ენის ცოდნის გაუმჯობესების მიზნით.

მეთოდოლოგია

კვლევა წარმოადგენს ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების მეშვეობით ედგარ დეილის თეორიის პრაქტიკულ გამოყენებას. კერძოდ, ონლაინ და მობილური სწავლების მაგალითზე უცხოური ენების სწავლას. შედარებულია პასიური და აქტიური სწავლის მეთოდები და გამოვლენილია მათ შორის უფრო ეფექტური.

მეორე ნაწილი ეხება ინტერვალური დამახსოვრების ტექნიკის პრაქტიკულ გამოყენებას უცხო ენების სწავლის მაგალითზე.

ორივე მეთოდის გამოსაყენებლად დაგვჭირდა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება, როგორცაა ხელოვნური ინტელექტი, მანქანური სწავლება.

კვლევის შედეგების გამოვლენას ექვსი წლის მუშაობა და ათასობით ადამიანის მონაწილეობა დასჭირდა. მეთოდების ტესტირება მოხდა ორ სხვადასხვა პლატფორმაზე – teach.ge და Lingwing.com.

შემუშავებულია უცხო ენის შესწავლისას მასალის უკეთ დამახსოვრების ახლებური მექანიზმები; დიდი მონაცემების დამუშავების, მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით მასალის ისე მიწოდება მომხმარებლისთვის, რომ მაქსიმალურად მარტივად და დიდი ხნით მოხდეს მისი დამახსოვრება.

ედგარ დეილის თეორია ამბობს, რომ რაც უფრო ჩართულია ადამიანი სწავლის პროცესში, მით უფრო კარგად იმახსოვრებს მასალას. მას მოყვანილი აქვს პასიური სწავლის ტიპი, როგორცაა მოსმენა, კითხვა, დანახვა, ყურება და მოსმენა. ის ამბობს, რომ ასეთი სწავლის დროს ადამიანი ბევრად უფრო ცუდად იმახსოვრებს მასალას, ვიდრე აქტიური სწავლის დროს, რომელიც გულისხმობს მასალის წარმოთქმას, წერას ან რაიმეს კეთებას. ეს თეორია 1946 წელს წარმოადგინა პროფესორმა დეილმა და მას შემდეგ ძალიან დიდი კრიტიკის და განხილვის საგანია, თუმცა პრაქტიკული კვლევა არ ჩატარებულა.

ამ თეორიის საფუძველზე ჩვენ ჩავატარეთ პრაქტიკული კვლევა უცხო ენის სწავლის მაგალითზე. საიტის ერთ ვერსიაში გამოვიყენეთ ისეთი ტიპის დავალებები, რომელიც შეესაბამებოდა პასიური სწავლის ტიპს. ესენი იყო სურათებით სწავლა, ტექსტის მოსმენა და წასაკითხი მასალა. მეორე ვერსიაში კი იგივე შინაარსის მასალა უკვე მოცემული იყო აქტიური სწავლების ტიპის შესაბამისი დავალებებით. ეს იყო წერა, რომელსაც ერთვოდა ასევე მოსმენა და საუბარი. დავალებები თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით და ხმის ამოცნობის გაუმჯობესებული ვერსიის მეშვეობით შევიმუშავეთ, რათა სწავლის პროცესი მაქსიმალურად ბუნებრივი ყოფილიყო და მომხმარებლები აქტიურ კომუნიკაციაში ყოფილიყვნენ კომპიუტერთან.

ყოველი გაკვეთილის შემდეგ, მეორე დღეს მოსწავლეებს ვაკეთებინებდით ტესტებს, სადაც უნდა გაეხსენებინათ ნასწავლი მასალა. აღმოჩნდა, რომ მათ, ვინც აქტიური პრაქტიკით მეცადინეობდნენ, 60-70%-ით უფრო მეტი ახსოვდათ, ვიდრე მათ, ვინც პასიური სწავლებით მეცადინეობდნენ.

ამოცანა, რომელიც მოკლევადიანი დამახსოვრების პრობლემას გადაჭრიდა, აქტიური პრაქტიკით სწავლების მეთოდით გადაწყდა. თუმცა ეს არ იყო საკმარისი იმისთვის, რომ მოსწავლეს მასალა დიდი ხნის მანძილზე დაემახსოვრებინა.

ამოცანის გადასაჭრელად ინტერვალური გამეორების ტექნიკა გამოვიყენეთ, თუმცა არააუთენტური სახით, რადგან, როგორც პრაქტიკიდან გამოვარკვიეთ, სხვადასხვა ასაკის და უნარების მომხმარებლებისთვის განსხვავდება ინტერვალების სიდიდე.

ინტერვალური გამეორება არის სწავლის ტექნიკა, რომელიც გულისხმობს მასალის გამეორებებს შორის ინტერვალების გაზრდას.

მაქსიმალური შედეგის მისაღწევად გამოვიყენეთ Big Data და Machine learning-ის თანამედროვე მიდგომები, რათა მასალის გამეორება არა განსაზღვრული ინტერვალების მიხედვით მომხდარიყო, არამედ რიგი გარემოებების გათვალისწინებით:

- იგივე უნარების შედეგების მქონე სხვა მომხმარებლის გამოცდილების გადმოტანა სხვა მომხმარებელზე;
- პერიოდების და სიხშირის გამოანგარიშება ყოველ დავალებაზე, რომელიც მომხმარებელმა გაიარა;
- სწორი და არასწორი პასუხების გამოვლენა და სუსტი წერტილების განსაზღვრა;
- გათვალისწინება იმისა, მომხმარებელმა საუბრით შეასრულა დავალება თუ წერით;

ყველა ამ ფაქტორის დამუშავების მიხედვით, თითოეული მომხმარებლისთვის დგება უნიკალური გეგმა, თუ როგორი სიხშირით და რა ინტერვალებით უნდა გაუმეორდეს მომხმარებელს მასალა, რომ მას მაქსიმალურად დიდი ხნის განმავლობაში არ დაავიწყდეს ნასწავლი.

შესაბამისად, კვლევის ბოლოს გავზომეთ ერთნაირი ინტერვალებით გამეორებული მასალის დამახსოვრების ხანგრძლივობა და დამუშავებული, ინტერვალური გამეორების შედეგად დამახსოვრების ხანგრძლივობა.

შედეგები

კვლევის შედეგების მიხედვით, ინფორმაციისა და საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების საშუალებით მომხმარებლები აქტიური სწავლების შემთხვევაში მასალას 60-70%-ით უფრო კარგად იმახსოვრებენ, ვიდრე პასიური სწავლების დროს, რომელიც გამოიყენება სხვა ონლაინ სწავლების პლატფორმებზე ან ტრადიციული სწავლებისას. ინტერვალური გამეორების მეშვეობით კი მომხმარებელს 40-50%-ით უფრო დიდხანს ამახსოვრდება მასალა, რომლის დანერგვაც ასევე ტექნოლოგიების გამოყენებით არის შესაძლებელი.

Improving the study of a foreign language with the help of information and communication technologies

Vakhtang Veliashvili, Ekaterina Chikashua

Summary

Over the past two decades, the integration of information and communication technologies has become a major interest in the study of foreign languages. The results of the research show the positive effects of using information and communication technologies in student teaching process. Information and communication technologies can be considered as a new model of learning and teaching. The purpose of this research is to show the benefits of applying technology in the field of language learning. And also, various examples of foreign language teaching by using information and communication technologies are presented. The research is based on data obtained from the Georgian platform “Lingwing” and on the achieved results.

Улучшение изучения иностранного языка с помощью информационных и коммуникационных технологий

Вахтанг Велиашвили, Екатерина Чикашуга

Резюме

В последние два десятилетия интегрирование информационных и коммуникационные технологии стали основным интересом в сфере изучения иностранных языков. Результаты исследования показывают положительные эффекты применения информационных и коммуникационных технологии при обучении студентов. Информационные и коммуникационные технологии можно считать новой моделью изучения и обучения. Целью этого исследования является рассмотрение преимущества применения технологии в сфере изучения языков. А так же, приведены разные примеры обучения иностранного языка с помощью информационных и коммуникационных технологии. Исследование основано на данных полученных с грузинской платформы Lingwing и на достигнутых результатах.

ლიტერატურა – References – Литература

1. Altun, M. (2015). The integration of technology into foreign language teaching. International Journal on New Trends in Education and Their Implications. 6(1). 22-27.
2. Asabere, N. Y. & Enguah, S. E. (2012). Integration of expert systems in mobile learning. International. Journal of Information and Communication Technology Research, 2 (1), 55–61.
3. Hornby, A. S., et al. (Eds.) (2002) : Oxford Advanced Learner's Dictionary. New Delhi: Oxford university press.
4. Koul, L. (2010) Methodology of Educational Research. Noida: Vikash Publish House.
5. Kumar, D. P. (2009) The Importance of English Language.

სსმზს

MEMORY

ПАМЯТЬ

თამაზ ტროყაშვილი



შრომათა კრებული უკვე მზად იყო გამოსაცემად, როდესაც საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არჩილ ელიაშვილის სახელობის მართვის სისტემების ინსტიტუტს კიდევ ერთი ღვაწლმოსილი თანამშრომელი გამოაკლდა. გარდაიცვალა ინსტიტუტის მართვის პროცესებისა და მოწყობილობების განყოფილების უფროსი, მთავარი მეცნიერი თანამშრომელი, ინსტიტუტის სამეცნიერო საბჭოს წევრი, ინსტიტუტის შრომათა კრებულის სარედაქციო კოლეგიის წევრი, საქართველოს საინჟინრო აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი, ტექნიკის მეცნიერებათა

კანდიდატი თამაზ ტროყაშვილი.

ბატონი თამაზი დაიბადა 1939 წელს. საშუალო სკოლის ოქროს მედლით დამთავრების შემდეგ მან სწავლა განაგრძო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ფაკულტეტზე.

ინსტიტუტის დამთავრებისთანავე, 1962 წელს ბატონმა თამაზმა მუშაობა დაიწყო მართვის სისტემების ინსტიტუტის (მაშინდელი ელექტრონიკის, ავტომატიკისა და ტელემექანიკის ინსტიტუტი) ავტომატური მართვისა და რეგულირების განყოფილებაში ტექნიკოსად. 1963-1964 წლებში იგი მუშაობდა უმცროს მეცნიერ თანამშრომლად თვითაწყობადი სისტემების განყოფილებაში.

ბატონი თამაზი 1964-1968 წლებში სწავლობდა ასპირანტურაში ქ. მოსკოვის მართვის პრობლემების ინსტიტუტში. 1970 წელს ამავე ინსტიტუტში მან წარმატებით დაიცვა დისერტაცია და მიენიჭა ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატის ხარისხი.

1974 წლიდან ბატონი თამაზი ხელმძღვანელობდა თვითაწყობადი სისტემების ლაბორატორიას, 1977 წლიდან 2006 წლამდე კი ამავე დასახელების განყოფილებას. 2006 წლიდან იგი იყო მართვის სისტემების, მოდელირებისა და კომპიუტერული გრაფიკის განყოფილების გამგე. 2019 წლიდან განყოფილებას სახელი შეეცვალა და გარდაცვალებამდე ბატონი თამაზი მართვის პროცესებისა და მოწყობილობების განყოფილების უფროსი იყო.

ბატონ თამაზ ტროყაშვილის სამეცნიერო ინტერესების სფერო ძირითადად მოიცავდა სხვადასხვა სიმძლავრის ჰესებისათვის სიხშირისა და ძაბვის რეგულატორების პროექტირების საკითხებს. მისი ხელმძღვანელობით დამუშავდა და აიგო ჰიდროაგრეგატის სიხშირის რეგულატორების მართვის მოწყობილობების სადემონსტრაციო მოდელი. ბატონი თამაზი იყო ექსპერტ-კონსულტანტი ჰესების ელექტრულ ნაწილში.

ბატონი თამაზი მრავალმხრივი ადამიანი იყო. ბოლო წლებში იგი გატაცებული იყო ქართული ანბანის გრაფიკული ნიშნებით. მან ამ საკითხთან დაკავშირებით გარკვეული კვლევები ჩაატარა და საკუთარი ვერსიაც გამოაქვეყნა.

ბატონმა თამაზმა შექმნა მუსიკალური ინსტრუმენტების ასაწყობი უნივერსალური მოწყობილობა, რომელიც რამდენიმე გამოფენაზე იყო წარდგენილი.

ბატონ თამაზს გამოქვეყნებული აქვს 57 სამეცნიერო ნაშრომი, მიღებული აქვს 17 საავტორო მოწმობა, მათგან 9 გამოგონება დანერგილია. იგი აქტიურად მონაწილეობდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციებში. სხვადასხვა წლებში მიღებული ჰქონდა სამეცნიერო გრანტები.

ბატონი თამაზი უაღრესად კეთილშობილი, პრინციპული, გულისხმიერი და ღირსეული ადამიანი იყო. იგი ძალიან დააკლდება ინსტიტუტს, ოჯახს, მეგობრებს. მართვის სისტემების ინსტიტუტის თანმშრომლები მუდამ დიდი სითბოთი და სიყვარულით გაიხსენებენ ბატონ თამაზ ტროყაშვილს.