

საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ნ. მუსხელიშვილის გამოთვლითი  
მათემატიკის ინსტიტუტი

ხელნაწერის უფლებით

**ირინა ხუციშვილი**

**სტატისტიკურ და არამკაფიო ანალიზზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებათა მიღების  
კომპიუტერული სისტემა**

05.13.11 – გამოთვლითი მანქანების, სისტემების, კომპლექსებისა და ქსელების  
მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფა

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა კანდიდატის  
სამეცნიერო ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის

**ავტორეფერატი**

თბილისი, 2006

**თემის აქტუალობა.** გადაწყვეტილების მიღების პრობლემა კაცობრიობის მოღვაწეობის უმთავრესი და ურთულესი პრობლემაა. იმ საშუალებას, რომელიც ეხმარება ადამიანებს არჩევის რთული ამოცანების გადაჭრაში წარმოადგენენ გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემები. თუ გადაწყვეტილების მიღების პროცესი ითვალისწინებს კვლევის არის სპეციალისტის (ექსპერტის) მონაწილეობას, საქმე გვაქვს საექსპერტო სისტემებთან. ევრისტიკულ ცოდნაზე დაფუძნებული კომპიუტერული სისტემები გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც განსახილველი ამოცანა განეკუთვნება ე.წ. ცუდად ფორმალიზებულ ამოცანებს, ანუ მისი ფორმულირება ვერ ხერხდება ტრადიციულ მათემატიკურ ტერმინებში. ევრისტიკული ცოდნის გამოყენებამ გამოიწვია აუცილებლობა

- ისეთი მონაცემების კომპიუტერული დამუშავებისა, რომლებიც თავისი ბუნებით ბუნდოვანია ანუ არამკაფიო;
- ისეთი რთული ობიექტების გამოკვლევისა, რომელთა აღწერა შეუძლებელია მათ ბუნებაზე არამკაფიო წარმოდგენების შემოღების გარეშე.

ამან განაპირობა არამკაფიო ლოგიკაზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემების გავრცელება ბოლო ხანებში. კერძოდ, მიზანშეწონილი გახდა მონაცემთა დამუშავება არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდებით, რადგანაც კლასიკური სტატისტიკის მეთოდები ამ შემთხვევაში არ იძლევა დამაჯერებელ შედეგებს.

არამკაფიო ინფორმაციის კომპიუტერში წარმოდგენის მეთოდების შემუშავება და, აგრეთვე, მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა – არამკაფიო ინფორმაციის დამუშავების ეფექტური და სწრაფად რეალიზებადი ალგორითმების შემუშავება – ძალზედ აქტუალურია თანამედროვე მსოფლიოში. ამ საკითხებს ეძღვნება ცნობილი მეცნიერების დ.დუბუას, ჰ.პრადის, ა.კანდელის, ჯ.დომბის, ა.კაუფმანის, დ.პოპესკუს, ე.ტრახტენჰერცის, დ.ოლსონის და სხვათა ნაშრომები.

თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ და კერძოდ, Internet-ის სწრაფმა შემოჭრამ ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროში განაპირობა ახალი ტიპის კომპიუტერული სისტემების გავრცელება, როგორცაა გადაწყვეტილებათა მიღების ხელშემწყობი სისტემები (Decision Support Systems - DSS). ამ სისტემების საშუალებით ხდება კვალიფიციური ვიწრო სპეციალიზირებული ცოდნის მიწოდება იქ, სადაც არსებობს ამ ცოდნის გამოყენების საჭიროება გადაწყვეტილების მიღებისას. Internet-ის ფართო გამოყენებასთან დაკავშირებით გაჩნდა შესაძლებლობა ასეთი ცოდნის ცენტრალიზებული შენახვისა და მასთან წვდომის უზრუნველყოფისა კავშირის არხების მეშვეობით. DSS-ტიპის კომპიუტერული სისტემების დანერგვა ძალზედ მნიშვნელოვანია და აქტუალური იმ შემთხვევებში, როდესაც ძნელია ექსპერტისგან კონსულტაციის მიღება, მაგალითად, მისი ტერიტორიული დაშორების გამო. ან, როდესაც არსებობს აუცილებლობა ექსპერტთა ჯგუფის კოლექტიური გადაწყვეტილებისა, ხოლო მათი ერთად თავმოყრა – ძვირადღირებული პროექტია. ასეთ შემთხვევებში კომპიუტერულ სისტემას შეუძლია შეასრულოს პირველადი კონსულტანტის როლი ან კომუნიკაციური ურთიერთქმედების საშუალების როლი გადაწყვეტილების მიღებისას.

ამიტომაც, გადაწყვეტილებათა მიღების სისტემების დამუშავება და დანერგვა ჩვენს ქვეყანაში აქტუალურ ამოცანას წარმოადგენს.

### **ნაშრომის მიზანი**

Intas-9702126 “A new Approach to Analysing Fuzzy Data and Decision-making Regarding the Possibility of Earthquake Occurrence” პროექტის ფარგლებში მიწისძვრის პარამეტრების შეფასების საფუძველზე გადაწყვეტილებათა მიღების ამოცანისთვის ჩატარდა სერიოზული თეორიული სამუშაო ისეთი არამკაფიო მეთოდების გაანალიზების მიზნით, როგორცაა არამკაფიო სტატისტიკის ანალიზი, ბმულობის ანალიზი, დისკრიმინაციული ანალიზი, ექსპერტონების თეორია და სხვა. ამ კვლევის შედეგად მომზადდა თეორიული ბაზა საპროგნოზო კომპიუტერული სისტემის შესაქმნელად.

ნაშრომის მიზანია: ერთის მხრივ, არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდების თეორიული ანალიზი და კონკრეტული შემთხვევისთვის მათემატიკური მოდელების აგება გადაწყვეტილების მიღების შემდეგი სისტემებისათვის: არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდი, დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდი, პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობის (Case Based Reasoning) მეთოდი, ექსპერტონების მეთოდი. შემდგომ კი, ამ მეთოდების სარეალიზაციო ალგორითმების შექმნა.

მეორეს მხრივ, არამკაფიო ინფორმაციის დამუშავების, ციფრულ-ცხრილურ ცოდნის ბაზის შექმნისა და გადაწყვეტილების მიღების ალგორითმების რეალიზება, ციფრულ-ცხრილურ ცოდნის ბაზაზე დამყარებულ გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემის მოდელის შექმნა, შემუშავებული ალგორითმების პროგრამული რეალიზება. და ბოლოს, კომპიუტერული სისტემის მოდელის საფუძველზე საპროგნოზო კომპიუტერული სისტემის პრაქტიკული განხორციელება.

#### **სიახლე და ძირითადი შედეგები შემდეგია:**

- ნაშრომში დასაბუთებულია ინტერნეტ-პროგრამირების საშუალებების გამოყენება გადაწყვეტილების მიღების შემთხვევაში, როდესაც მონაცემებიც და ცოდნაც ცენტრალიზებულადაა განთავსებული.

- გამოკვლეულია ციფრულ-ცხრილური ცოდნის ბაზის შექმნისა და მისი მეშვეობით გადაწყვეტილების მიღების 3 არამკაფიო მეთოდი - არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდი, დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდი, პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობის მეთოდი. განხილულია მათი დადებითი და უარყოფითი თვისებები. ერთადერთი გადაწყვეტილების მისაღებად გამოკვლეულია მე-4 არამკაფიო მეთოდი, დაფუძნებული ექსპერტონების თეორიაზე.

- გამოკვლეულია შეთანხმებულობის ფუნქციების ძირითადი თვისებები, მათი სხვადასხვა მოდელები. შემოთავაზებული და გამოყენებულია შეთანხმებულობის ფუნქციის ზადეს მოდელის ახალი მოდიფიკაცია. არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდები ადაპტირებულია კონკრეტული ამოცანისათვის, შემოთავაზებულია ამ მეთოდების გარკვეული მოდიფიკაცია.

- შემოთავაზებულია გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემის ახალი მოდელი, რომელშიც ცოდნის ბაზას თავად კომპიუტერული სისტემა ქმნის, ინფორმაცია კი მიეწოდება სისტემას ზოგადი დანიშნულების მონაცემთა ბაზიდან, სადაც დამახსოვრებულია უკვე არსებული სწორად მიღებული გადაწყვეტილებები მათთვის დამახასიათებელ აქტივობებთან ერთად.

- დამუშავებულია ცოდნის ბაზის შექმნის, მისგან ინფორმაციის მიღების, არამკაფიო ცნებებისა და არამკაფიო მეთოდების რეალიზების ალგორითმები.

- შემუშავებული არამკაფიო ინფორმაციის წარმოდგენის, ცოდნის ბაზის შექმნის, ბაზიდან ინფორმაციის ამოღების მოდულები, გადაწყვეტილების მიღების

არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდების რეალიზების მოდულები და სხვა წარმოადგენენ პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია სტატისტიკურ და არამკაფიო ანალიზზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემის პრაქტიკული შექმნა.

**პრაქტიკული მნიშვნელობა** ნაშრომს აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობაც, რადგანაც შექმნილი პროგრამული პროდუქტის საფუძველზე შესაძლებელია გადაწყვეტილების მიღების კომპიუტერული სისტემის პრაქტიკული რეალიზება. ამ პროგრამული პროდუქტის გამოყენებით შეიქმნა პროგრამათა პაკეტი, რომელიც ციფრულ-ცხრილურ ცოდნის ბაზაზე დაფუძნებული მიწისძვრის შესაძლებლობის შესახებ ატმოსფეროს გეოფიზიკური აქტივობების მონაცემების მიხედვით გადაწყვეტილების მიღების კომპიუტერული სისტემაა.

სისტემა, განთავსებული ლოკალური/გლობალური ქსელის სერვერის (Apache) მხარეზე, რეალიზებულია ტექნოლოგია PHP-ს საფუძველზე და იყენებს ტექნოლოგია კლიენტ/სერვერს. მონაცემთა ბაზად არჩეულია მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა MySQL.

უნდა აღინიშნოს შემოთავაზებული კომპიუტერული სისტემის ზოგადი ხასიათი, რადგანაც აგებული კლასების, კატალოგებისა და მოდულების გამოყენება შესაძლებელია სხვადასხვა კვლევის არეებში (მაგალითად, სამედიცინო დიაგნოსტიკა, ამინდის პროგნოზი), ხოლო თვით სისტემის – სხვა საპროგნოზო ამოცანებისათვის.

**ნაშრომის აპრობაცია** დისერტაციის შედეგები გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო ნაშრომში [1-4] და მოხსენებულია სხვადასხვა სამეცნიერო შეკრებასა და სემინარზე: თსუ გამოყენებითი მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა ფაკულტეტის კომპიუტერების მათემატიკური უზრუნველყოფისა და ინფორმაციული ტექნოლოგიების კათედრის რამოდენიმე სემინარზე (2004, 2005, 2006 წწ.), თსუ გამოყენებითი მათემატიკისა და კომპიუტერულ მეცნიერებათა ფაკულტეტის შემთხვევით პროცესთა თეორიის კათედრის სემინარზე (2005 წ.), ი. ვეკუას სახ. გმი სემინარზე (2004 წ.).

**დისერტაციის მოცულობა და სტრუქტურა** სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, სამი თავისა და ციტირებული ლიტერატურისაგან. ნაშრომი მოიცავს 130 ნაბეჭდ გვერდს. ცალკე აკინძულია დანართი, რომელშიც გაერთიანებულია ამოცანის პირველადი მონაცემების შესახებ ინფორმაცია.

**დისერტაციის მოკლე შინაარსი თავების მიხედვით** შესავალში მიმოხილულია სადისერტაციო თემასთან დაკავშირებული ლიტერატურა და მოცემულია დისერტაციის მოკლე შინაარსი.

**დისერტაციის პირველი თავი** – “გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემების მიმოხილვა” – ეძღვნება გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემების განხილვას: როგორც ყველაზე თანამედროვე და მძლავრი (გადაწყვეტილებათა მიღების ხელშემწყობი კომპიუტერული სისტემები), ასევე საექსპერტო სისტემების. მოცემულია კომპიუტერული სისტემების კლასიფიკაცია როგორც გადასაწყვეტი ამოცანის ტიპის მიხედვით, ასევე ცოდნის ბაზის შექმნის მეთოდებისა და გადაწყვეტილების მიღების მეთოდების მიხედვით.

**პირველ პარაგრაფში** მოყვანილია იმ ამოცანების კლასიფიკაცია, რომელთა გადაჭრა საჭიროებს კომპიუტერული სისტემის გამოყენებას, განმარტებულია ადამიანურ-მანქანური გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ფაქტორები.

**მეორე პარაგრაფში** მოყვანილია გადაწყვეტილების მიღების ხელშემწყობი კომპიუტერული სისტემების კლასიფიკაცია განაწილებულობის ტიპის მიხედვით და ჩამოყალიბებულია ის ობიექტური მიზეზები, რომლებმაც განაპირობა ასეთი სისტემების ფართო გავრცელება თანამედროვე მსოფლიოში.

**მესამე პარაგრაფში** განიხილება საექსპერტო სისტემა, როგორც გადაწყვეტილებათა მიღების ხელშემწყობი კომპიუტერული სისტემის მთავარი შემადგენელი ნაწილი. მოხაზულია საექსპერტო სისტემების გამოყენების არეები, ჩამოყალიბებულია საექსპერტო სისტემების გამოყენების კრიტერიუმები.

**მეოთხე პარაგრაფში** დასმულია ცოდნის შექმნისა და მისი საექსპერტო სისტემაში აკუმულირების პრობლემა. განმარტებულია ცოდნის ინჟინერიის (knowledge engineering) მთავარი დანიშნულება, აღწერილია საექსპერტო სისტემის შექმნის ეტაპები. ცოდნის ინჟინერი ურთიერთობს ექსპერტთან და ავსებს ცოდნის ბაზას. იგი, აგრეთვე, ირჩევს საექსპერტო სისტემის გარსს (გარსი გადაწყვეტილების მიღებისა და მისი წარმოდგენის ზოგადი მიზნის მქონე საშუალებაა). სისტემის გარსისა და განსაკუთრებით კი, დასკვნის მექანიზმის შექმნას უზრუნველყოფს დამპროგრამებელი.

**მეხუთე პარაგრაფში** აღწერილია საექსპერტო სისტემის არქიტექტურა, აღწერილია მისი ძირითადი ნაწილები და განმარტებულია თითოეულის ადგილი და დანიშნულება სისტემის გარსში. მოყვანილია საექსპერტო სისტემების კლასიფიკაცია ცოდნის ბაზის შექმნისა და მისგან ცოდნის ამოღების მიხედვით არსებობს ორი ტიპის საექსპერტო სისტემები: წესებზე დამყარებული და ციფრულ-ცხრილურ ცოდნის ბაზაზე დაფუძნებული.

**მეექვსე პარაგრაფში** აღწერილია საექსპერტო სისტემებში ცოდნის წარმოდგენის არსებული ფორმები და ის საშუალებები, რომლებიც უზრუნველყოფენ ამ წარმოდგენებს. განასხვავებენ ცოდნის წარმოდგენის რამდენიმე ძირითად ფორმას. მათემატიკური ცოდნის წარმოდგენისათვის გამოიყენება ფორმალური ლოგიკის ენები. ფორმალური პროდუქციული სისტემა ექსპერტის ცოდნას აყალიბებს «*თუ A, მაშინ B*» წესების მეშვეობით, რაც შეიძლება ჩაიწეროს ლოგიკური გამოსახულების  $A \Rightarrow B$  სახით. ეს წარმოდგენა გამოიყენება როგორც წესებზე დამყარებული, ასევე ციფრულ-ცხრილური ცოდნის ბაზის შესაქმნელად. ცოდნის ბაზაში ინფორმაციის წარმოდგენისთვის მიღებულია აგრეთვე ფრეიმები და ქსელური მოდელი. როგორც წესი, ამ ფორმების შერწყმა საექსპერტო სისტემის ცოდნის ბაზას უფრო მოქნილს და მძლავრს ხდის.

**მეშვიდე პარაგრაფში** განხილულია არამკაფიო მონაცემების წარმოდგენისა და დამუშავების საკითხები. გამოკვლეულია ცოდნის არასაკმარისი განმარტებულობის ობიექტური მიზეზები და მოხაზულია ამ პრობლემის გადაწყვეტის ალბათური და არამკაფიო ლოგიკაზე დაყრდნობილი მიდგომები. განხილულია არამკაფიო საექსპერტო სისტემა. ნაჩვენებია არამკაფიო სისტემაში გადაწყვეტილების მიღების ეტაპები:

– ფაზიფიკაცია – ამ ეტაპზე ხდება საწყისი მონაცემებისათვის შეთანხმებულობის მნიშვნელობების გამოთვლა არამკაფიო ცნებების შეთანხმებულობის ფუნქციების მეშვეობით. თუ საწყისი მონაცემები თავიდანვე მოცემულია შეთანხმებულობის მნიშვნელობებით (0-დან 1-მდე), ფაზიფიკაციის ეტაპი აუცილებელი არ არის.

– დასკვნა – ყოველი გამომავალი ცნებისათვის (გადაწყვეტილებისათვის) გამოითვლება შესაძლო ნდობის მნიშვნელობა.

– კომპოზიცია – თუ დასკვნის დროს გამოყენებულია რამდენიმე მეთოდი,

მაშინ აუცილებელია მათი კომპოზიცია, რათა მივიღოთ ერთადერთი არამკაფიო ქვესიმრავლე გამომავალი სიდიდეებისათვის.

– დეფაზიფიკაცია – გამომავალი სიდიდეების არამკაფიო ქვესიმრავლის მიხედვით ამოირჩევა ერთი ცვლადი, რომელიც განსაზღვრავს საბოლოო გადაწყვეტილებას.

**მერვე პარაგრაფში** მიმოიხილება დაპროგრამების ის საშუალებები, რომლებიც გამოიყენება საექსპერტო სისტემის შექმნის დროს. არამკაფიო საექსპერტო სისტემების დაპროგრამების ყველაზე აქტუალურ საშუალებებს წარმოადგენს ლოგიკური პროგრამირება, ობიექტზე ორიენტირებული პროგრამირება. ბოლო ხანებში DSS-ტიპის კომპიუტერული სისტემების დანერგვამ მოითხოვა პროგრამირების ახალი საშუალებების გამოყენება. კონცენტრირებული საექსპერტო სისტემის პროგრამულ ინსტრუმენტარს წარმოადგენენ, მაგალითად, ტექნოლოგიები PHP, ASP და, აუცილებლად, ტექნოლოგია კლიენტ/სერვერი. განაწილებული გადაწყვეტილებათა მიღების ხელშემწყობი სისტემების პროგრამული ინსტრუმენტარი კი შეიძლება იყოს ტექნოლოგია ASP.NET, რომელიც იძლევა ობიექტზე-ორიენტირებული ენების C#, C++ გამოყენების საშუალებას. მაგრამ ამ შემთხვევაში გაცილებით უკეთესია ობიექტზე-ორიენტირებული და მრავალნაკადიანი დაპროგრამების ენა Java-ს გამოყენება.

**დისერტაციის მეორე თავი** – “გადაწყვეტილების მიღების არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდები” – ეძღვნება გადაწყვეტილების მიღების ოთხი არამკაფიო მეთოდის განხილვას. ამ მეთოდების გამოყენება შესაძლებელია გადაწყვეტილების მიღების სხვადასხვა ამოცანაში (ამინდის პროგნოზი, ეკონომიკური დაგეგმვა, სამედიცინო დიაგნოსტიკა). იგულისხმება რომ განხილული მეთოდების მეშვეობით გარკვეული გადაწყვეტილება მიიღება უკვე არსებული სწორი გადაწყვეტილებებისა და ამ დროს გამოვლენილი აქტივობების საფუძველზე.

**პირველ პარაგრაფში** მოცემულია არამკაფიო სიმრავლის განმარტება და მოყვანილია მისი მაგალითები.

**მეორე პარაგრაფში** განხილულია არამკაფიო სიმრავლის მიკუთვნების (შეთანხმებულობის) ფუნქციის სხვადასხვა მოდელი, მოყვანილია შეთანხმებულობის ფუნქციების თვისებები.

**მესამე პარაგრაფში** აღწერილია არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკური მეთოდი, რომლის დროსაც გადაწყვეტილების მიღება ხასიათდება შემდეგი მიდგომით: გამოვლენილ აქტივობათა საფუძველზე უკვე არსებული სწორი გადაწყვეტილებების შემთხვევაში აიგება საპროგნოზო ობიექტის კლასიფიკაციის არამკაფიო კლასების ხატები და საპროგნოზო ცნებების შეთანხმებულობის ფუნქციები, ხოლო გადაწყვეტილება მიიღება იმის მიხედვით, რამდენად “ახლოსაა” განსახილველი შემთხვევა რომელიმე ხატთან.

საპროგნოზო ობიექტი წარმოდგენილია შესაბამისი საპროგნოზო სიდიდით, რომლის მნიშვნელობათა მთელი არე იყოფა ე.წ. საპროგნოზო კლასებად:  $M_1, M_2, \dots, M_n$ . თითოეულ კლასს მიეთითება სათანადო რიცხვითი ინტერვალი. განიმარტება შესაბამისი შეთანხმებულობის ფუნქციები:  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n$ . ვინაიდან ხსენებული კლასები არამკაფიოა, შესაბამისი შეთანხმებულობის ფუნქციების სუპორტები იკვეთებიან. საპროგნოზო სიდიდის მნიშვნელობა დამოკიდებულია გარკვეულ პარამეტრებზე, ანუ საპროგნოზო ფაქტორებზე (აქტივობებზე):

$X_1, X_2, \dots, X_p$ . ყოველი ფაქტორი, თავის მხრივ, იყოფა კლასებად (ქვეფაქტორებად):

$$X_{k1}, X_{k2}, \dots, X_{km}, \text{ სადაც } k = \overline{1, p}; X_k = \bigcup_{i=1}^m X_{ki}.$$

მეთოდში განისაზღვრება არამკაფიო შერჩევითი სიხშირეები და არამკაფიო ფარდობითი სიხშირეები :

$$\tilde{n}_{kj}^m = \sum_i \mu_i^m \cdot n_{kj}^i, \quad \tilde{f}_{kj}^m = \frac{\tilde{n}_{kj}^m}{\sum_i \tilde{n}_{kj}^i},$$

სადაც  $n_{kj}^i$  აღნიშნავს  $i$ -ური საპროგნოზო კლასის  $X_k$ -ური აქტივობის  $j$ -ური კლასის შერჩევით სიხშირეებს, ხოლო  $\mu_i^m$  არის შეთანხმებულობის ფუნქციის საშუალო მნიშვნელობა, როდესაც საპროგნოზო სიდიდე  $i$ -ური საპროგნოზო ინტერვალიდან ეკუთვნის  $m$ -ურ საპროგნოზო კლასს.

გამოითვლება, აგრეთვე, საპროგნოზო ფაქტორის ყოველი ინტერვალის არამკაფიო წონა:

$$w_{kj} = \frac{\sum_i \tilde{n}_{kj}^i}{\sum_j \sum_i \tilde{n}_{kj}^i}.$$

ამის შემდეგ გარკვეული აქტივობების ამონარჩევისათვის შეიძლება გაკეთდეს პროგნოზი: საჭიროა მხოლოდ განისაზღვროს არამკაფიო წონები ყოველი საპროგნოზო ფაქტორისთვის მისი ინტერვალის შესაბამისად და განხორციელდეს მრავალფაქტორული წრფივი სინთეზი არამკაფიო წონებისა და არამკაფიო ფარდობითი სიხშირეებისა, რის შედეგადაც მიიღება შესაბამისი განზოგადოებული გადაწყვეტილება (შესაძლო გადაწყვეტილებათა აწონილი ვექტორი)

$$\overline{Poss}_\alpha = \vec{w}_\alpha \cdot \tilde{f}_\alpha.$$

კლასიკური, ცალსახა, გადაწყვეტილების მისაღებად უნდა შემოვიღოთ დამატებითი პრინციპი, მაგალითად, შესაძლებლობის მაქსიმუმის პრინციპი, რომლის მიხედვით

$$D_{Class}^{(\alpha)} = \max_i (Poss_\alpha(i)), \text{ სადაც } Poss_\alpha(i) \text{ არის } \overline{Poss}_\alpha \text{ ვექტორის } i\text{-ური კომპონენტი.}$$

მეთოხე პარაგრაფში აღწერილია დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდი, რომლის დროსაც გამოიყენება შემდეგი მიდგომა: ყოველი გადაწყვეტილებისათვის ფასდება, თუ რამდენად წარმომადგენლობითი არიან მისი აქტივობები სხვადასხვა ცნობილი შემთხვევისათვის. გამოითვლება დადებითი და უარყოფითი დისკრიმინაციის მნიშვნელობები შემდეგი ფორმულების მიხედვით

$$p_{ij} = \frac{1}{C_D - 1} \sum_{k \in D, k \neq j} \chi_{Large-ratio} \left( \frac{f_{ij}}{f_{ik}} \right), \quad n_{ij} = \frac{1}{C_D - 1} \sum_{k \in D, k \neq j} \chi_{Large-ratio} \left( \frac{f_{ik}}{f_{ij}} \right),$$

სადაც  $p_{ij}, n_{ij} \in [0;1]$ ,  $i$  - აქტივობაა,  $j$  - გადაწყვეტილება,  $f_{ij}$  -  $i$ -ური აქტივობის ფარდობითი სიხშირეა, რომელიც თან ახლავს  $j$ -ურ გადაწყვეტილებას,  $C_D$  - გადაწყვეტილებათა სიმრავლის სიმძლავრეა:  $C_D = CardD = Card\{D_1, \dots, D_n\} = n$ , **Large-ratio** აღნიშნავს  $R^+$ -ის არამკაფიო ქვესიმრავლეს მიკუთვნების ფუნქციით:  $\chi_{Large-ratio} : R^+ \rightarrow [0;1]$ , რომელსაც გადაჰყავს შეფარდებები (ნამდვილი რიცხვები) ინტერვალში  $[0,1]$ .

თუ ახალი შემოსული მონაცემები აღიწერება  $(A'_1, \dots, A'_r)$  აქტივობების სიმრავლით, ცხრილებიდან  $\{p_{ij}\}$  და  $\{n_{ij}\}$  აირჩევა მხოლოდ ის სტრიქონები, რომლებიც შეესაბამება  $A\{A'_j\}$ -ს და იქმნება ახალი  $\{p'_{ij}\}$  და  $\{n'_{ij}\}$  ცხრილები.

განზოგადოებული გადაწყვეტილება წარმოგვიდგება შესაძლო გადაწყვეტილებების სიმრავლის არამკაფიო ქვესიმრავლის სახით შემდეგი მიკუთვნების ფუნქციით:

$$\delta(D_j) = \frac{1}{2} (\chi_{Large}(\pi_j) + \chi_{Small}(\nu_j)), \quad j \in D, \text{ სადაც}$$

$$\pi_j = \frac{1}{C_{A'}} \sum_{i=1}^r p'_{ij}, \quad \nu_j = \frac{1}{C_{A'}} \sum_{i=1}^r n'_{ij}, \quad C_{A'} = \text{Card} A' = \text{Card} \{A'_1, \dots, A'_r\} = r.$$

$\pi_j$  და  $\nu_j$  წარმოადგენს შესაბამისად დადებითი და უარყოფითი დისკრიმინაციების საშუალო მნიშვნელობებს (ზომის საშუალოებს)  $j$ -ური გადაწყვეტილებისათვის.  $\chi_{Large}$  – Large (L) არამკაფიო ქვესიმრავლის მიკუთვნების (შეთანხმებულობის) ფუნქციაა,  $\chi_{Small}$  – Small (S) არამკაფიო ქვესიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციაა. ფუნქცია  $\chi_L$  – მონოტონურად ზრდადია, ხოლო  $\chi_S$  – მონოტონურად კლებადი:  $\chi_L, \chi_S : [0;1] \rightarrow [0;1]$

საბოლოო «კლასიკური» გადაწყვეტილების მიღების პრინციპად შეიძლება შეირჩეს მაქსიმალური შესაძლებლობის პრინციპი: გადაწყვეტილება მიიღება მიკუთვნების ფუნქციის მაქსიმალური მნიშვნელობის მიხედვით :

$$\delta^{Class} = \max_{j \in D} \delta(D_j), \text{ სადაც } \delta(D_j) - j\text{-ური გადაწყვეტილებაა.}$$

ან საბოლოო გადაწყვეტილების სახით მიიღება მკაფიო ქვესიმრავლე, უახლოესი არამკაფიოსთან  $\delta(D_j)$ , სხვა სიტყვებით, გადაწყვეტილება  $\delta^{Class}$  მაქსიმალური მნიშვნელობით  $\delta(D_j)$ -ში მიჩნეულია ყველაზე სარწმუნო გადაწყვეტილებად.

**მეხუთე პარაგრაფში** აღწერილია ე.წ. პრეცედენტებზე დაფუძნებული მსჯელობის მეთოდი (Case Based Reasoning), რომლის იდეა ძალზედ მარტივია. იმისათვის, რომ მიღებული იქნას ახალი სწორი გადაწყვეტილება ან გაკეთდეს ახალი პროგნოზი, ეძებენ წარსულში ახალი სიტუაციის ანალოგებს და ირჩევენ მათთვის სწორე გადაწყვეტილებას.

გამოითვლება მსგავსების ზომები ახალ და არსებულ შემთხვევათა ყველა შემთხვევას შორის:

1. *ორი შემთხვევის ორ  $i$ -ურ აქტივობას შორის მსგავსების ზომა* გამოითვლება შემდეგი ტოლობების მიხედვით:

$$\text{თუ აქტივობები მკაფიო სიდიდეებია } DV_i = \min(CB_i, ND_i), \quad i = \overline{1, n}.$$

$$\text{არამკაფიო აქტივობების შემთხვევაში - } DV_i = 1 - |CB_i - ND_i|, \quad i = \overline{1, n}.$$

აქ  $n$  - ყველა აქტივობის რიცხვია,  $DV_i$  - ორ  $i$ -ურ აქტივობას შორის მანძილია,  $CB_i$  - არსებული შემთხვევის  $i$ -ური აქტივობის მნიშვნელობაა,  $ND_i$  - ახალი შემთხვევის  $i$ -ური აქტივობის მნიშვნელობაა.

2. *ორ შემთხვევათა შორის მსგავსების ზომა*

ვთქვათ,  $SV_j$  არის მსგავსების სიდიდე ახალი და არსებული შემთხვევების



$j$ -ურ შემთხვევას შორის. მაშინ, მისი გამოთვლა შესაძლებელია შემდეგი ფორმულის საშუალებით:

$$SV_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i \cdot DV_i, \quad j = \overline{1, k}, \quad i = \overline{1, n},$$

სადაც  $\vec{w}$  წარმოადგენს წონების ვექტორს, რომლის თითოეული  $i$ -ური კომპონენტიც გვიჩვენებს, თუ რა დონით მნიშვნელოვანია  $i$ -ური აქტივობა გადაწყვეტილების მიღებისათვის.  $w_i \in [0, 1]$ , ამასთან,  $w_i = 0$  ნიშნავს, რომ  $i$ -ური აქტივობა გადაწყვეტილების მიღებისთვის არაა მნიშვნელოვანი,  $w_i = 1$ , რომ  $i$ -ური აქტივობა ძალიან მნიშვნელოვანია. წონის ვექტორის კომპონენტები განისაზღვრება ექსპერტების დონეზე.  $k$  არის არსებული შემთხვევების რიცხვი.

საბოლოო გადაწყვეტილების მისაღებად გამოიყენება მაქსიმუმის პრინციპი, ანუ ვპოულობთ ისეთ  $r$  რიცხვს, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობას

$$SV_r = \max(SV_j), \quad j = \overline{1, k}.$$

თუ  $SV_r$  მსგავსების ზომა მეტია ექსპერტის მიერ ადრე დადგენილ ზღვარზე, მაშინ ახალი შემთხვევისათვის ვირჩევთ ამ პრეცედენტისთვის დამახასიათებელ გადაწყვეტილებას, თუ კი ნაკლებია, შედეგი არადაამაკმაყოფილებელია და მსგავსი გადაწყვეტილება არადაამაჯერებელია.

**მეექვსე პარაგრაფში** აღწერილია ექსპერტონების მეთოდი. ექსპერტონი არის შემთხვევით-არამკაფიო ხდომილობის ალბათობის ცნების განზოგადება, როდესაც შემთხვევითი ხდომილობის ყოველი  $\alpha$ -კვეთის ალბათობა იცვლება ალბათობათა ინტერვალებით. ისინი, თავის მხრივ, სტატისტიკურად განისაზღვრება ექსპერტთა ჯგუფის მიერ. ვთქვათ,  $E$  გარკვეულ ობიექტთა სიმრავლეა, სასრული ან უსასრულო.  $r$  ექსპერტს მოეთხოვება გამოთქვას თავისი სუბიექტური აზრი  $E$ -ს ყოველი ელემენტის შესახებ ნდობის ინტერვალის სახით:

$$\forall P \in E : [a_j^*(P), a_j^*(P)] \subset [0, 1], \text{ სადაც } j - \text{ექსპერტის ნომერია.}$$

მას შემდეგ, რაც განიხილება სტატისტიკა, როდესაც ყოველი  $P \in E$  დაკავშირებულია ერთის მხრივ, ქვედა საზღვრებთან, მეორეს მხრივ კი ზედა საზღვრებთან, კუმულატური განაწილების კანონი  $F_*(\alpha, P)$  აიგება  $a_j^*(P)$ -ით, ხოლო  $F^*(\alpha, P)$  აიგება  $a_j^*(P)$ -ით. აქედან მივიღებთ

$$\forall P \in E, \quad \forall \alpha \in [0, 1]: \tilde{A}(P) = [F_*(\alpha, P), F^*(\alpha, P)],$$

სადაც  $\tilde{A}$  აღნიშნავს ექსპერტონს.

ექსპერტონების თეორიაში მტკიცდება, რომ ექსპერტონს აქვს იგივე ალგებრული თვისებები, რაც ალბათობას, როდესაც დაცულია მონოტონურობის სპეციალური წესები. მონოტონურობა იგულისხმება ინტერვალური მონოტონურობის თვალსაზრისით. გადაწყვეტილების მისაღებად სრულდება  $\tilde{A}$  ექსპერტონის შემდეგი გარდაქმნები:

– ექსპერტონი დაიყვანება ალბათურ სიმრავლეზე საზღვრების საშუალო არითმეტიკულის ალებით;

– ალბათური სიმრავლე დაიყვანება არამკაფიო სიმრავლეზე მათემატიკური მოლოდინის საშუალებით;

საჭიროების შემთხვევაში, მოიძებნება არამკაფიო სიმრავლის უახლოესი მკაფიო.

თუ არამკაფიო სიმრავლე  $E$  შეიცავს  $i$  ელემენტს, მაშინ ზემოთ მოყვანილი გარდაქმნების შედეგად ყოველ  $P_i$ -ს შეესაბამება გარკვეული რიცხვი, რომელიც

გამოხატავს ექსპერტების საერთო აზრის გათვალისწინებით დადგენილ ნდობის მნიშვნელობას. ერთადერთი გადაწყვეტილების მისაღებად გამოიყენება მაქსიმუმის პრინციპი:

$$\delta(P_i) = \max(P_i).$$

ექსპერტონის აგების მეშვეობით რამოდენიმე მიღებული გადაწყვეტილების პირობებში შესაძლებელია ერთადერთი გადაწყვეტილების მოპოვება. ვთქვათ, გადაწყვეტილებათა არამკაფიო სიმრავლე  $E$  შეიცავს  $k$  ლემენტს:  $E = \{\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_k\}$ . მაშინ, ექსპერტონების მეთოდის მიხედვით, მოიპოვება ერთადერთი ყველაზე სარწმუნო გადაწყვეტილება

$$\delta^{Class} = \max(\delta_j), j = \overline{1, k} - j\text{-ური გადაწყვეტილებაა.}$$

**დისერტაციის მესამე თავი** – “გადაწყვეტილების მიღების არამკაფიო კომპიუტერული სისტემის აღწერა” – შეიცავს არამკაფიო კომპიუტერული სისტემის მოდელის და მისი შემადგენელი ნაწილების აღწერას. არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდები მოცემულია კონკრეტული ამოცანისათვის (მიწისძვრის შესაძლებლობის შესახებ გადაწყვეტილების მიღება ატმოსფეროს გეოფიზიკური აქტივობების მონაცემების საფუძველზე) შესაბამისი მოდიფიცირების გათვალისწინებით. მოყვანილია პროგრამათა პაკეტის ძირითადი კლასის და მოდულების აღწერა და ახსნა.

**პირველ პარაგრაფში** განმარტებულია, თუ რა თვისებებს უნდა აკმაყოფილებდეს ციფრულ-ცხრილურ ცოდნის ბაზაზე დამყარებული არამკაფიო კომპიუტერული სისტემა. მოყვანილია მისი შემადგენელი ნაწილების აღწერა და მოდელის სქემა. კომპიუტერულ სისტემაში გადაწყვეტილების მიღებას უზრუნველყოფენ არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდები, რომელთა გადაწყვეტილების მიღების პროცესი და, აგრეთვე, სისტემისთვის არჩეული მონაცემთა ბაზა, განაპირობებენ ცოდნის ბაზის შექმნას თვით კომპიუტერული სისტემის მიერ.

**მეორე პარაგრაფში** განხილულია გადაწყვეტილების მიღების თითოეული არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდის მოდიფიკაცია კონკრეტული საპროგნოზო ამოცანისათვის. მოყვანილია შეთანხმებულობის ფუნქციების განმარტებები, არამკაფიო კლასების სტატისტიკის მეთოდის შემთხვევაში გამოყენებულია შეთანხმებულობის ფუნქციის ახალი მოდელი.

**მესამე პარაგრაფში** მოცემულია პროგრამული პროდუქტის ზოგადი აღწერა, ჩამოყალიბებულია ციფრულ-ცხრილური მონაცემთა ბაზის შერჩევის ფაქტორები. დასაბუთებულია მონაცემთა ბაზად MySQL-ის არჩევა: ერთ-ერთი მთავარი მიზეზი, რომელმაც განაპირობა MySQL-ის შერჩევა არამკაფიო ციფრულ-ცხრილურ მონაცემთა ბაზაზე დაფუძნებული კომპიუტერული სისტემის ბაზად, გახდა ის ფაქტი, რომ MySQL მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემაში განხორციელებულია არამკაფიო მოთხოვნების მექანიზმი (fuzzy queries, flexible queries). ეს, თავის მხრივ, იძლევა არა მარტო არამკაფიო ინფორმაციის წარმოდგენის საშუალებას, არამედ შესაძლებელს ხდის ამორჩევის ინტერვალების მოცემას არამკაფიო სიმრავლეების სახით. მაგალითად, არამკაფიო ცნების “მიწისძვრა” წარმოდგენა შესაძლებელია ცხრილის სახით

Key	Name	Magnitude	
		Init_value	Upper_value

1	სუსტი	0	< 3
2	საშუალო	>=3	<=5
3	ძლიერი	>5	<=8

პროგრამული პროდუქტის ბირთვი რეალიზებულია ტექნოლოგია PHP-ს საფუძველზე. მონაცემთა ბაზასთან დაკავშირება და მოთხოვნის განხორციელება PHP-სთვის მარტივი ამოცანაა, რომლის შესრულება მოითხოვს პროგრამის ორ-სამ სტრიქონს. PHP-ს სცენარების პროცესორი კარგადაა ოპტიმიზებული ვებ-გვერდების დამუშავების პასუხის დროის მიხედვით. PHP-ს კიდევ ერთი დადებითი თვისება ისაა, რომ მისი კოდი სრულდება სერვერის მხარეზე, რაც უზრუნველყოფს პროგრამული პაკეტის დაცვას არასასურველი შეცვლისაგან. მისი გამოყენება შესაძლებელია ყველა მსხვილ ოპერაციულ სისტემაში: Linux, Unix (HP-UX, Solaris, OpenBSD), Microsoft Windows, Mac OS X, RISC OS და, შესაძლოა სხვაც. PHP თავსებადია უმრავლესობა არსებულ web-სერვერებთან: Apache, Microsoft Internet Information Server, Personal Web Server, Netscape, iPlanet-სერვერები, O'reilly Website Pro, Caudium, Xitami, OmniHTTPd და ბევრი სხვა. ამ სერვერების უმრავლესობისთვის PHP-ს პაკეტით გათვალისწინებულია სტანდარტული მოდულები. სხვა სერვერებზე, რომლებიც უზრუნველყოფენ CGI სტანდარტს, PHP-ს შეუძლია იმუშაოს CGI-პროცესორის სახით.

გადაწყვეტილების მიღების შედეგი (გამოსატანი ინფორმაცია) წარმოდგენილია პროგრამული პროდუქტის მიერ შეტყობინების საშუალებით.

**მეოთხე პარაგრაფში** მოცემულია პროგრამული პროდუქტის იერარქია, კატალოგების აღწერა. პროგრამული პროდუქტი შეიცავს მოდულებს (სცენარებს), რომლებიც გაერთიანებულია ოთხ ძირითად კატალოგში:

- ბიბლიოთეკის კატალოგი Lib,
- ადმინისტრირების სცენარების კატალოგი Admin,
- არამკაფიო მეთოდების კატალოგი Fuzzy\_Functions,
- კლიენტის სცენარების კატალოგი Main.

უნდა აღინიშნოს, რომ სამივე Admin, Fuzzy\_Functions და Main კატალოგებში გაერთიანებული სკრიპტები იყენებენ ბიბლიოთეკის იმ მოდულებს, რომლებიც წარმოადგენენ MySQL-თან ურთიერთქმედების სცენარების ერთობლიობას: ბაზიდან მონაცემთა ამოღების, მათი დამუშავებისა და მონაცემების ბაზაში განთავსების სცენარებს. ამას გარდა, იგივე Lib კატალოგიდან გამოიყენება ხშირად ხმარებადი ე.წ. გენერალიზებული ფუნქციები. კატალოგი შეიძლება შაიცავდეს ქვეკატალოგებს, რომლებიც აერთიანებს მოდულებს თავისი დანიშნულების მიხედვით. მოდულები, თავის მხრივ, შეიძლება შეიცავდნენ ფუნქციებს.

**მეხუთე პარაგრაფში** აღწერილია ბიბლიოთეკის კატალოგი Lib. იგი შეიცავს ორ ძირითად საბაზო მოდულს:

- მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემასთან ურთიერთქმედების მოდულს Cl.php,
- გენერალიზებული ფუნქციების მოდულს GGen\_Functions.php.

მოდული Cl.php უზრუნველყოფს MySQL-თან ურთიერთობას, კერძოდ, სოკეტების გახსნას, შეერთების პარამეტრების დაყენებას, ბაზასთან შეერთებას, მონაცემთა ბაზიდან ამოღებას და ბაზაში განთავსებას და, აგრეთვე, შეცდომების შესახებ ინფორმაციის გამოტანას, თუ ეს შეცდომები მოხდა მონაცემებზე ამა თუ იმ ოპერაციის განხორციელების დროს. აქვე აღწერილია კლასი Earthquake\_MySql, რომელშიც გაერთიანებულია MySQL-თან დიალოგის დასამყარებელი თერთმეტი ფუნქცია.

```

class Earthquake_MySql
{
    var $con; var $result; var $record = array();
    function f_OpenConnection($host, $user, $pass, $db) { ... }
    function f_GetSqlError() { ... }
    function f_CloseConnection() { ... }
    function f_ExecuteSql($sql = "") { ... }
    function f_GetSelectedRows($query_id = 0) { ... }
    function f_GetAffectedRows() { ... }
    function f_GetRecord($query_id = 0, $param=0) { ... }
    function f_FreeResult($query_id = 0) { ... }
    function f_GetTable_List($query_id = 0) { ... }
    function f_SetRecordPointer($recordnumber, $query_id = 0) { ... }
    function f_GetNextId() { ... }
}

```

ფუნქცია `f_OpenConnection` ფაქტიური პარამეტრების სახით ღებულობს ჰოსტის(სერვერის) მისამართს, სადაც განთავსებულია მონაცემთა ბაზების მართვის სისტემა(MySQL), მომხმარებლის სახელს, მის პაროლს, იმ კონკრეტული მონაცემთა ბაზის სახელს, რომელზეც ხდება მიმართვა. SQL-მიმართვის მეშვეობით ფუნქცია გადასცემს ამ პარამეტრებს MySQL-ს და ახდენს დაკავშირებას. შეერთების შეცდომის შემთხვევაში ფუნქცია აბრუნებს მნიშვნელობას `false`.

ფუნქცია `f_GetSqlError` ამ შემთხვევაში აბრუნებს შეცდომის კოდს და მიღებული შეცდომის აღწერას, რაც მნიშვნელოვნად გვეხმარება პროგრამული პაკეტის ყველა გაუმართაობის გასწორებაში.

ფუნქცია `f_CloseConnection` ამთავრებს(ხურავს) შეერთებას და ათავისუფლებს MySQL-ის რესურსებს.

ფუნქცია `f_ExecuteSql` აღწერილი `Earthquake_MySql` კლასის ყველაზე მნიშვნელოვანი ფუნქციაა, რომელიც ახორციელებს კონკრეტულ მოთხოვნებს.

კლასის დანარჩენი ფუნქციები – უტილიტებია, რომლებიც იმახსოვრებენ მონაცემებს ცვლადებში ან მასივებში, ანაწილებენ და ათავისუფლებენ მეხსიერებას და ა.შ.

`GGen_Functions.php` მოდულში აღწერილია ყველა ის ფუნქცია-უტილიტები, რომლებიც არაერთხელ გამოიყენება ცოდნის ბაზის ადმინისტრირებისა თუ კლიენტების სცენარებით. ყველა ფუნქცია, რომელიც გულისხმობს MySQL-თან მუშაობას, თავის მხრივ, მიმართავს კლასს `Cl.php`, ამიტომაც `Gen_Functions.php` მოდულის ჩართვისთანავე ხდება მითითებული კლასის გამოძახება, რასაც უზრუნველყოფს `Gen_Functions.php` მოდულის პირველივე სტრიქონი `require_once("Cl.php")`

**მექვსე პარაგრაფში** აღწერილია კატალოგი `Fuzzy_Functions`, რომელიც წარმოადგენს არამკაფიო მეთოდების ბიბლიოთეკას.

კატალოგი შედგება 5 მოდულისაგან. პირველი 4 შეესაბამება არამკაფიო მეთოდებს

- `SFC.php` – არამკაფიო კლასების ანალიზის სტატისტიკურ მეთოდს
- `DSC.php` – დისკრიმინაციული ანალიზის მეთოდს
- `CBR.php` – პრეცედენტებზე დაფუძნებულ მსჯელობის მეთოდს
- `Experton.php` – ექსპერტონების მეთოდს

შესაბამის მოდულებში გაერთიანებულია შესაძლო გადაწყვეტილების მიღების ფუნქციები და პროცედურები. ეს გადაწყვეტილების მიღების ბლოკია.

კატალოგი Fuzzy\_Functions შეიცავს აგრეთვე მოდულს Make\_Values.php, რომელიც ქმნის ცოდნის ბაზას (სხვადასხვა ცხრილების ერთობლიობას). საწყის მონაცემთა ცხრილიდან ამოირჩევა აქტივობების მნიშვნელობები და ექსპერტების მიერ დადგენილი წესების მიხედვით ხდება ცოდნის ბაზის შესაბამისი ცხრილის შევსება.

ცოდნის ბაზის ფორმირება ისევე, როგორც მისგან ინფორმაციის ამოღება ემყარება მარტივ პროდუქციის ტიპის წესებს “თუ A და B და C და ... , მაშინ K” თითოეული ზემოთ აღწერილი 3 არამკაფიო მეთოდი იყენებს ასეთი ტიპის წესებს შესაბამისად ფაზიფიკაციისა და დეფაზიფიკაციის ეტაპებზე.

**მეშვიდე პარაგრაფში** აღწერილი ადმინისტრირების სცენარების კატალოგი Admin შედგება ორი ქვეკატალოგისაგან

- ცოდნის ბაზის ადმინისტრირების სცენარების ქვეკატალოგი Knowledge\_BD\_Administration
- მონაცემებთან წვდომის ადმინისტრირების სცენარების ქვეკატალოგი User\_Administration

მიუხედავად იმისა, რომ ცოდნის ბაზას თვით კომპიუტერული სისტემა ქმნის, სისტემის გარსში გათვალისწინებულია ცოდნის ინჟინრის მონაწილეობაც ცოდნის ბაზის ფორმირებაში და განახლებაში.

კატალოგი Knowledge\_BD\_Administration. უმაღლესი წვდომის უფლების მქონე მომხმარებელს ამ სცენარის მეშვეობით შეუძლია ბაზის ველების მნიშვნელობების შეცვლა, ბაზის განახლება და გარდაქმნა. კატალოგი შეიცავს 2 მოდულს:

1. knbd\_manual\_amendment.php – ეს მოდული შეიცავს ფუნქციებს და პროცედურებს, რომლებიც მისცემს ცოდნის ინჟინერს საშუალებას შეიტანოს საჭირო ცვლილებები ცოდნის ბაზაში.

2. knbd\_amendment.php – მოდული შედგება სცენარებისგან, რომლებსაც გადაჰყავთ ადმინისტრატორი ზოგადი დანიშნულების მონაცემთა ბაზის განახლების რეჟიმში. შემუშავებული პროგრამული პროდუქტი ითვალისწინებს სწორად მიღებული გადაწყვეტილებების შესახებ ინფორმაციის დაგროვებას იმ მომენტამდე, როდესაც მიიღება საპროგნოზო ცნების სამივე არამკაფიო ქვესიმრავლისთვის ახალი მონაცემები. ადმინისტრირების ინტერფეისში გათვალისწინებულია ასეთი ინფორმაციის დაგროვების ასახვა. როდესაც “სამეული” დაგროვდება, ადმინისტრატორი მიიღებს შეთავაზებას მონაცემთა ბაზის განახლებისა. მას აქვს საშუალება ან განახლოს ბაზა, ან უგულვებელყოს განახლება და წაშალოს დაგროვილი ინფორმაცია მთლიანად ან ნაწილობრივ.

მოდულ knbd\_manual\_amendment.php არსებობა განაპირობა შემოთავაზებული კომპიუტერული სისტემის ზოგადობამ იმ თვალსაზრისით, რომ ამ სისტემის გამოყენება შესაძლებელია არა მარტო მიწისძვრის პროგნოზირებისას. სხვა ამოცანის შემთხვევაში კი საჭირო გახდება ცოდნის ბაზის შიგთავსის შეცვლა.

კატალოგი User\_Administration განკუთვნილია მომხმარებელთა დამატებისათვის ან მათი პრივილეგიების შეცვლისათვის. ეს სცენარი შედის დიალოგში მონაცემთა ბაზის ცხრილთან Users და აძლევს ადმინისტრატორს საშუალებას დაამატოს ახალი მომხმარებელი, შეუცვალოს არსებულ მომხმარებლებს წვდომის უფლება, დააღოს შეზღუდვა პროგრამული პროდუქტის გამოყენებაზე.

**მერვე პარაგრაფში** განიხილება კატალოგი Main, რომელიც შეიცავს სამომხმარებლო სცენარებს.

მაგალითად, მომხმარებლის ინტერფეისის ერთ-ერთ ვებ-გვერდზე, რომელიც გამოიძახება სწორედ კატალოგი Main-იდან, გათვალისწინებულია ახალი კონკრეტული გადაწყვეტილების მიღებისთვის აქტივობათა მნიშვნელობების შეტანა. შესაბამის ღილაკზე დაჭერით ხდება Fuzzy\_Functions მოდულების გააქტივება და რეალური გამოთვლების წარმოება. გამოთვლების შედეგები გადაეცემა მოდულს results.php, რომელიც აგრეთვე იმყოფება კატალოგში Main. მოდული results.php განკუთვნილია შედეგების გამოსატანად. შესაძლებელია შედეგის გამოტანა საპროგრამო არამკაფიო ლინგვისტური ცვლადის დასახელებით.

**დანართში** მოცემულია მიწისძვრის არსებული პირველადი მონაცემები ცხრილების სახით, ზოგიერთი ალგორითმი და პროგრამული კოდები.

**დასკვნა და ძირითადი შედეგები** გადაწყვეტილების მიღების ამოცანა, რომლის კვლევის ობიექტის ცნება განმარტებაშივე შეიცავს არამკაფიობას, გადაწყვეტის დროს უნდა იყენებდეს არამკაფიო ინფორმაციის დამუშავების სპეციალურ მეთოდებს, მაგალითად, არამკაფიო სტატისტიკურ მეთოდებს. აქედან გამომდინარე, გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემა მსგავსი ამოცანის დროს უნდა უზრუნველყოფდეს არამკაფიო ინფორმაციის წარმოდგენისა და დამუშავების საშუალებებს. ნაშრომში შემოთავაზებულია არამკაფიო სტატისტიკურ ანალიზზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული სისტემის მოდელი, რომელშიც ცოდნის ბაზა წარმოადგენს ე.წ. ციფრულ-ცხრილურ ტიპის ბაზას და იქმნება თავად კომპიუტერული სისტემის მიერ. ეს გარემოება განაპირობა ერთის მხრივ, ამოცანის გადასაჭრელი მეთოდების ალგორითმებმა, მეორეს მხრივ კი კომპიუტერული სისტემის მოდელის რეალიზებისთვის არჩეულმა პროგრამულმა საშუალებებმა. დამუშავებული ცოდნის ბაზის შექმნის, მისგან ინფორმაციის მიღების, არამკაფიო ცნებების წარმოდგენისა და არამკაფიო მეთოდების სამუშაო ალგორითმები რეალიზებულია. შეიქმნა პროგრამათა პაკეტი, რომელიც წარმოადგენს მიწისძვრის შესაძლებლობის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების საპროგრამო სისტემას. შემოთავაზებული კომპიუტერული სისტემა ზოგადი ხასიათისაა, რადგანაც შესაძლებელია აგებული კატალოგების, მოდულებისა და კლასების გამოყენება სხვადასხვა კვლევის არეებში, ხოლო თვით სისტემის - სხვა საპროგრამო ამოცანებისათვის, გარკვეული მოდიფიცირების შემდეგ.

**გამოქვეყნებულ პუბლიკაციათა სია:**

1. I. Khutsishvili , An application of the statistical method of fuzzy grades' analysis - Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, Vol.173, # 2, 2006, pp. 266-268.
2. I. Khutsishvili, Concerning some application of fuzzy grade statistical analysis method - Proceedings of Javakhishvili Tbilisi State University, Applied Mathematics and Computer Sciences, Vol. 368 (24), 2005, pp. 67-74.
3. I. Khutsishvili, Statistical Method of Fuzzy Grades' Analysis for Forecast Modeling Applied Mathematics, Informatics and Mechanics, Vol.1, 2006, pp.12-19.
4. И. Хуцишвили, Статистический метод анализа нечетких классов для построения модели прогноза- Georgian Electronic Scientific Journal: Computer

Science and Telecommunications, 3(7), 2005, 40-47.