ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტი

თებრონე ვარშანიძე

აგრეგირების OWA –ს ტიპის ოპერატორების წონების გენერირების კლასი გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალურ სისტემაში

სამაგისტრო პროგრამა: ინფორმაციული სისტემები

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ინფორმაციულ სისტემებში მეცნიერების მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელი: **გია სირბილაძე,**

ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი,

სრული პროფესორი

თანახელმძღვანელები: **ირინა ხუციშვილი,**

ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა კანდიდატი,

ასოცირებული პროფესორი

თბილისი

2013

ანოტაცია

სადიპლომო ნაშრომში წარმოდგენილია საექსპერტო ცოდნის აგრეგირებისა და გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის რეალიზაცია, რომელიც დაფუძნებულია OWA-ს ტიპის აგრეგირების ოპერატორებზე. განიხილება შემთხვევა, როდესაც სისტემაში შემავალი მონაცემები საექსპერტო ბუნებისაა და ინფორმაციის წყაროს წარმოადგენს ექსპერტი და მისი ცოდნა. ცოდნის ინჟინერიის რეალიზაციის ალგორითმებად გამოყენებულია ცნობილი სპეციალისტების - რ.იაგერის, მ. მეიჟიოს და სხვათა კვლევები. ნაშრომი 2 ძირითადი მიმართულებით შეიძლება იქნეს განხილული :

1. OWA-ს ტიპის ოპერატორების გამოყენებაში უმნიშვნელოვანესი ადგილი უჭირავს მისი წონების გენერაციას. განიხილება გენერირების სხვადასხვა მიდგომები და ალგორითმები რომელიც განვითარდა ბოლო ოცწლეულის განმავლობაში.
2. რ.იაგერის მიერ შემუშავებულია orness-მიდგომა წონების იდენტიფიკაციასა და შეფასებაში და მისი პროგრამული რეალიზაცია სისტემის გარემოში. აქედან გამომდინარე რეალიზებულია არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანა რომელიც არის ენტროპიული ტიპის მიზნობრივი ფუნქცია.

Annotation

This master's thesis presents implementation of OWA based intelligent decision support system. System represents an expert system, where one and only source of data is expert knowledge. System uses algorithms of well-known specialists, including R.R.Yager, M.Merijio and others. Master's thesis can be reviewed in two main directions:

1. Weights generation takes the most important place in use of OWA type operators. There are discussed different approaches and algorithms of OWA weights generation, which have been developed last decades.
2. R.Yager developed orness-approach for identification and evaluation of the weights and implementation into system software environment. Therefore, non-linear mathematical programming problem is implemented which is the target function of entropy type.

სარჩევი

შესავალი

ნაწილი 1

1.1. გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური მხარდამჭერი (საკონსულტაციო–მრჩეველი) ანალიტიკურ–საინფორმაციო სისტემების მოკლე მიმოხილვა.

თანამედროვე ადამიანის მოღვაწეობის ნებისმიერი სფერო დაკავშირებულია ინფორმაციის მიღებასთან და მის დამუშავებასთან. ამასთანავე მნიშვნელოვანი როლი გადაწყვეტილების მიღებისთვის განეკუთვნება ანალიტიკურ ამოცანებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა პირველადი ინფორმაციის ბაზაზე დაყრდნობით, მივიღოთ ახალი ცოდნა წარმოქმნილი სიტუაციის შესახებ, ღრმად გავერკვიოთ მიმდინარე პროცესებში და შესაბამისად მივიღოთ სწორი გადაწყვეტილება. ამგვარად, სასურველი ეფექტის მიღწევა გადაწყვეტილების მიღებისას შეუძლებელია ანალიტიკური ამოცანების შედეგებზე დაყრდნობის გარეშე, რომლებიც ვარაუდობენ შესასწავლი სისტემის მდგომარეობათა ზუსტ აღრიცხვასა და მოსალოდნელი შედეგის შეფასებას.

უფრო ხშირად გადაწყვეტილების მიღება კავშირშია საბოლოო შედეგის განსაზღვრის მაღალ დონესთან. ამავე დროს ის შეიძლება გართულდეს სიტუაციათა ვითარების შეცვლის ან გადაწყვეტილების გამომუშავებისათვის დროის უკმარისობით. ასეთ შემთხვევაში გადაწყვეტილების მიღება უნდა განხორციელდეს შესაბამისი ანალიტიკურ-ექსპერტულ კომპიუტერული სისტემების დახმარებით.

აქედან გამომდინარე ადეკვატური მათემატიკური მოდელები და შესაბამისი მეთოდები, აგრეთვე გამოთვლითი ამოცანები, მითითებული ანალიტიკური ამოცანების ამოსახსნელად, მოითხოვს ყოველმხრივ კვალიფიკაციურ განხილვა-შესწავლას.

ანალიზმა გვიჩვენა: იმისათვის, რომ აღნიშნული კომპიუტერული სისტემების გამოყენებით მივაღწიოთ ეფექტურობას, ამისათვის საჭიროა ანალიტიკურად გადაწყდეს მდგომარეობის შეფასება, განისაზღვროს ინფორმაციული მოდელი და მოხდეს საკვლევი სისტემის გადაწყვეტილების მიღების მოდელის ფორმირება.

აღნიშნული ანალიტიკურ-ექსპერტული სისტემები დარგის მცოდნეთა (ექსპერტების) ცოდნის ბაზის შექმნის კომპიუტერულ ტექნოლოგიებს წარმოადგენს.

ტრადიციულად, ანალიტიკური ამოცანების გადასაწყვეტად განუზღვრელობის პირობებში იყენებდნენ ალბათურ-სტატისტიკურ მეთოდებს [16], მაგრამ პრაქტიკამ გვიჩვენა რომ, მხოლოდ ამ მეთოდების გამოყენება გარკვეული ამოცანების ამოსახსნელად შეზღუდულია შემდეგი ფაქტორების არსებობის გამო. [7],[11],[20-21].

1) არა სტატისტიკური ბუნების მქონე ობიექტებისათვის განუზღვრელობის ფაქტორის აღრიცხვის აუცილებლობა, სუბიექტური შეფასება, ექსპერტულ-ლინგვისტიკური განუზღვრელობა, სათამაშო განუზღვრელობა და სხვა.

2) ალბათურ-სტატისტიკური მონაცემების უქონლობა რთულ ტექნიკურ-ორგანიზაციულ სისტემებში.

3) ინფორმაციული შეზღუდვა, არამდგრადი ალბათური განაწილების არსებობა (ორმაგი ბუნების, ალბათურ-არამკაფიო განუზღვრელობის არსებობა და სხვა).

ამგვარ საინფორმაციო-ანალიტიკურ სისტემებს ხშირად *სუსტად სტუქტურირებულ სისტემებსაც* უწოდებენ [18].

განვიხილავთ გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური საკონსულტაციო-მხარდამჭერი ინფორმაციული სისტემების მოკლე მიმოხილვას; ძირითად მიმართულებებს და უპირატესობებს.

გადაწყვეტილების მიღება, რომელიც ეხება სასიცოცხლო მნიშვნელობის ობიექტებს, პირველ რიგში უკავშირდება ინფორმაციის დამუშავებას. ასეთ მაშტაბურ, გლობალურ ობიექტებად ითვლება ობიექტები, როგორიცაა: სახელმწიფო, მსოფლიო ფინანსური სისტემა, საერთაშორისო უსაფრთხოების სისტემა, ასევე შედარებით ნაკლებად გლობალური ობიექტები, როგორიცაა: საინვენსტიციო პროექტი, კომერციული ოპერაციები, წარმოების სტრუქტურა და მრავალი სხვა ობიექტი.

ძირითადი გადაწყვეტილებისა და მიზნის მისაღწევად პირველ რიგში, ყურადღება უნდა მიექცეს შიდა და გარე ფაქტორების ანალიზს, რომლებიც განსაზღვრავენ გამოსაკვლევი ობიექტის მდგომარეობას და ახლო მომავალში მის პერსპექტიულ განვითარებას.

როგორც პრაქტიკამ გვიჩვენა, ასეთი გადაწყვეტილების მიღება შეუძლებელია ახალი მიდგომების, საინფორმაციო ანალიზისა და ავტომატიზაციის გარეშე.

ასეთი სისტემები ხელს უწყობენ მართვის ეფექტურობის ამაღლებას, ოპერატიულობას, სისრულეს, კოლექტიური გადაწყვეტილების პრობლემური სიტუაციებიდან გამოსვლას.

აღსანიშნავია რომ, გადაწყვეტილების მიღება, რომელიც წარმოიშვება საპასუხისმგებლო ამოცანების ამოხსნისას, ძირითადად ატარებს ანალიზურ სახეს და მოითხოვს გარკვეული სიტუაციების გათვალისწინებით გარკვეული ოპტიმალური შეფასების მიღებას.

ამასთან დაკავშირებით, მოცემული ამოცანები შეიძლება მივაკუთვნოთ საექსპერტო-ანალიზური ამოცანების კლასს, რომლებშიც გადაწყვეტილებები არსებულ მონაცემთა ბაზაზე დაყრდნობით ექსპერტული ცოდნის გამოყენებას მოითხოვს.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, შეიძლება გავაკეთოთ დასკვნა, რომ ანალიზური ამოცანების ამოხსნისას – გადაწყვეტილების მიღების პროცესში ვიყენებთ რა ავტომატიზირებულ სისტემებს, აუცილებელია შევქმნათ შესაბამისი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც ჩაითვლება ბაზისად ექსპერტულ-ანალიზური ამოცანების გადასაწყვეტად. ასეთი უზრუნველყოფა თავის თავში უნდა მოიცავდეს მათემატიკურ მოდელებს და გამოთვლით მეთოდების არსებობას, რომლებიც შეიძლება დავყოთ ორ დიდ კლასად:

1) საინფორმაციო მოდელები და ამოცანები.

2) ანალიტიკური მოდელები და ამოცანები

საინფორმაციო ამოცანებს მიეკუთვნება ისეთი ამოცანები, რომლებიც დაკავშირებულია ინფორმაციის მთლიანობასთან, შენახვასთან, მასიურობის ასახვასთან და ინფორმაციის ნაკადთან. ასეთი ამოცანების ამოხსნას დიდი მნიშვნელობა აქვს ეფექტური გადაწყვეტილების მისაღებად. მათემატიკური მოდელირებისა და გამოთვლითი მეთოდების ძირითადი დანიშნულება მდგომარეობს ოპტიმალური გადაწყვეტილების მიღების მოდელირებასა და შეფასებაში.

ანალიტიკური ამოცანების ასეთი სახით ამოხსნა წარმოადგენს ძირითად გასაღებს და მასზე უნდა იქნეს ორიენტირებული შესაბამისი მომავალი კომპიუტერული ინფორმაციულ-ინტელექტალური ტექნოლოგიები.

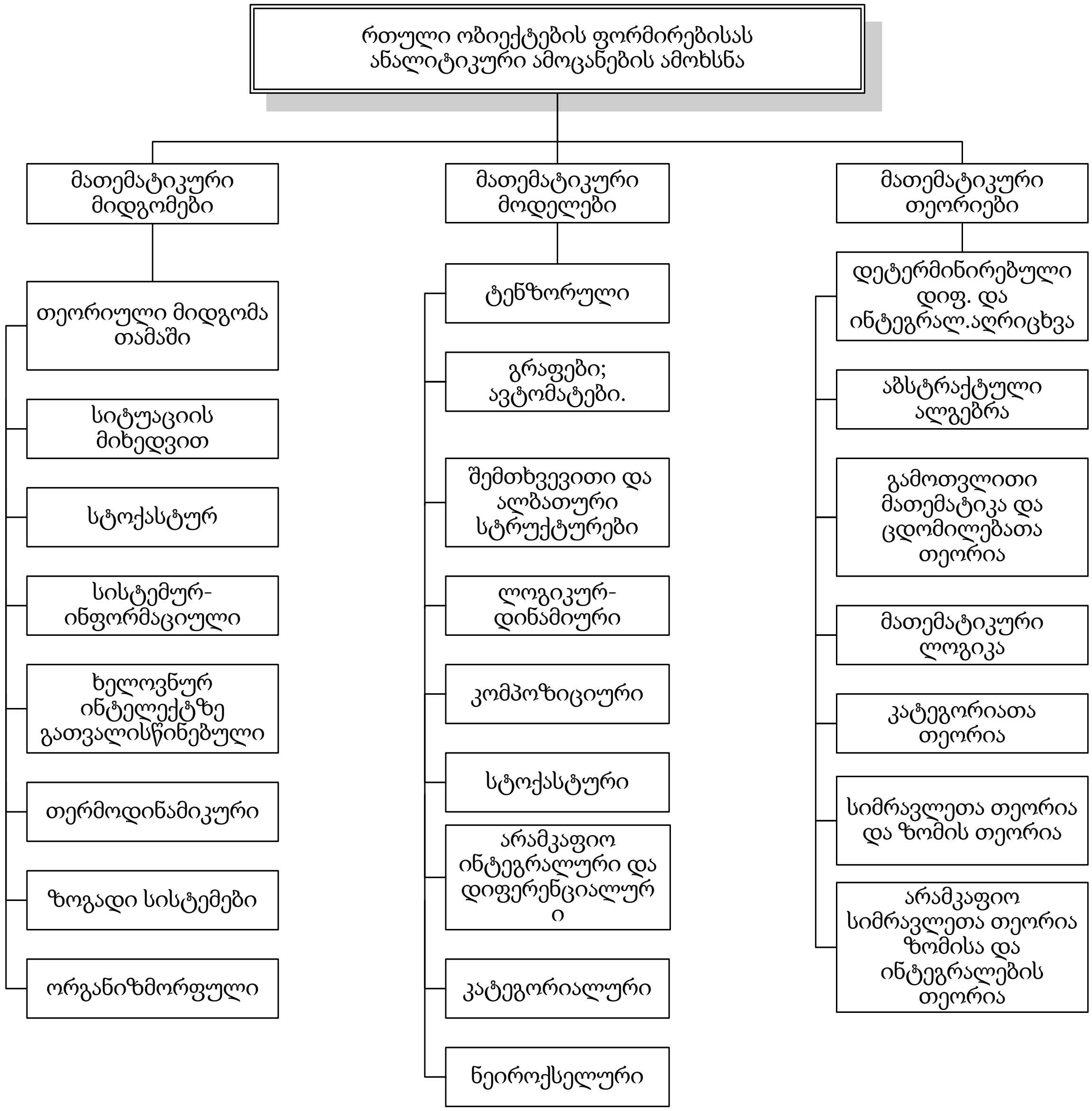
როგორც გამოყენებითი პროგრამირების უზრუნველყოფის გამოცდილება გვიჩვენებს, გადამწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება მომავალ პროგრამულ კომპლექსს, რომელიც დაფუძნებულია ეფექტურ მათემატიკურ მიდგომებზე, მეთოდებზე და ალგორითმებზე.

არასწორი მათემატიკური მეთოდების არჩევას, როგორც წესი მივყავართ ამოცანების რეალიზაციის დაბალ ეფექტურობასთან და შედეგების არასანდოობასთან.

აქედან გამომდინარე, შექმნილი პროგრამული კომპლექსები და მისი გამოყენების ტექნოლოგია, ანალიტიკური გადაწყვეტილებების მიღებისათვის შეიძლება განიხილებოდეს, როგორც ხელშემწყობი რაიმე ფუნქციონალური სისტემა, მიმართული ეფექტური, ოპტიმალურად უზრუნველყოფილი შედეგის მისაღებად.

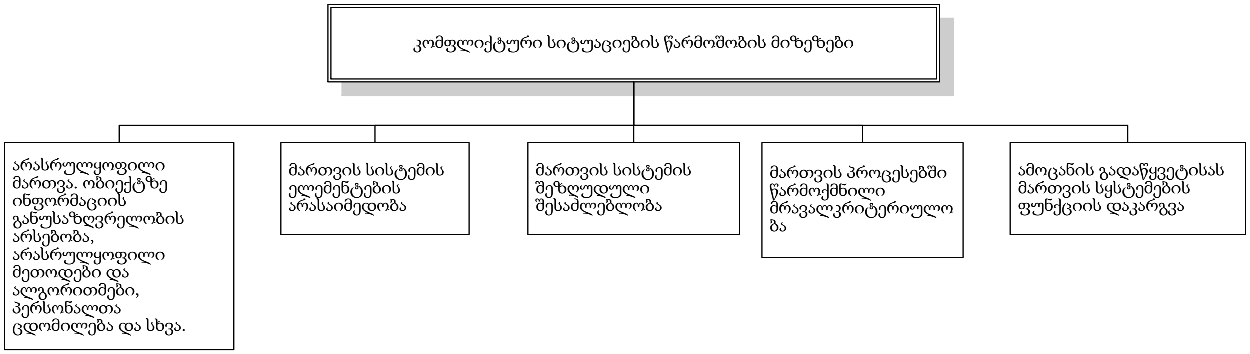
ფუნქციონალური სისტემების შესწავლამ საშუალება მოგვცა გამოგვევლინა მთელი რიგი უმნიშვნელოვანესი სისტემური მახასიათებლები, რომელთაგან ერთ-ერთია: შიდა და გარეთა სიმეტრია [18],[19]. სიმეტრიაში იგულისხმება ისეთი კატეგორია, რომელიც აღნიშნავს მრავალი ობიექტების მაჩვენებლების არასისტემურ დამახსოვრებას ზოგიერთი ცვლილებების მიმართ.

დღესდღეობით არსებობს ბევრნაირი მიდგომა ანალიტიკური ამოცანების ამოსახსნელად. ამასთან დაკავშირებით მოცემული მიდგომები, რომლებიც პროცესების ფორმალიზებას აკეთებენ, შეიძლება იყოს სხვადასხვა მათემატიკური მოდელები. ისინი ეყრდნობიან განსაზღვრულ მათემატიკურ თეორიებს. ასეთი მათემატიკური მიდგომები მოცემულია შემდეგ ცხრილში [11]:



ყოველი მეთოდი, მოყვანილი ანალიტიკური ამოცანების კლასიდან, გამოირჩევა თავისი მიდგომით, ამოხსნის სირთულით და სხვა შესაძლებლობებით. მაგრამ ანალიტიკური ამოცანების გამოყენებით, რომ მივიღოთ ეფექტური შედეგები, აუცილებელია გამოსაკვლევი ობიექტის ყოველმხრივი შეფასება. Mმაგალითად კომფლიქტური სიტუაციები.[18]

კომფლიქტური სიტუაციის გამომწვევი მიზეზები, გადაწყვეტილების მიღებისას უშუალოდ დამოკიდებულია სამართავი ობიექტის კომფლიქტურ ბუნებასთან. მოცემული მიზეზები შეიძლება დაიყოს ხუთ ძირითად ჯგუფად:



ობიექტების კონფლიქტური ბუნების მოქმედება განსაზღვრავს იმას, რომ მოცემული ობიექტები მიზანშეწონილია გადაისინჯოს, როგორც რთული სისტემები, რომელთა უმეტესობა ურთიერთდაკავშირებულია ცალკეული რგოლებით, სტრუქტურებითა და ელემენტებით. ამის გამო გართულებულია არა მარტო მათი შესწავლა და მოდელირება, არამედ მთლიანად მათში მომხდარი პროცესების აღქმა.

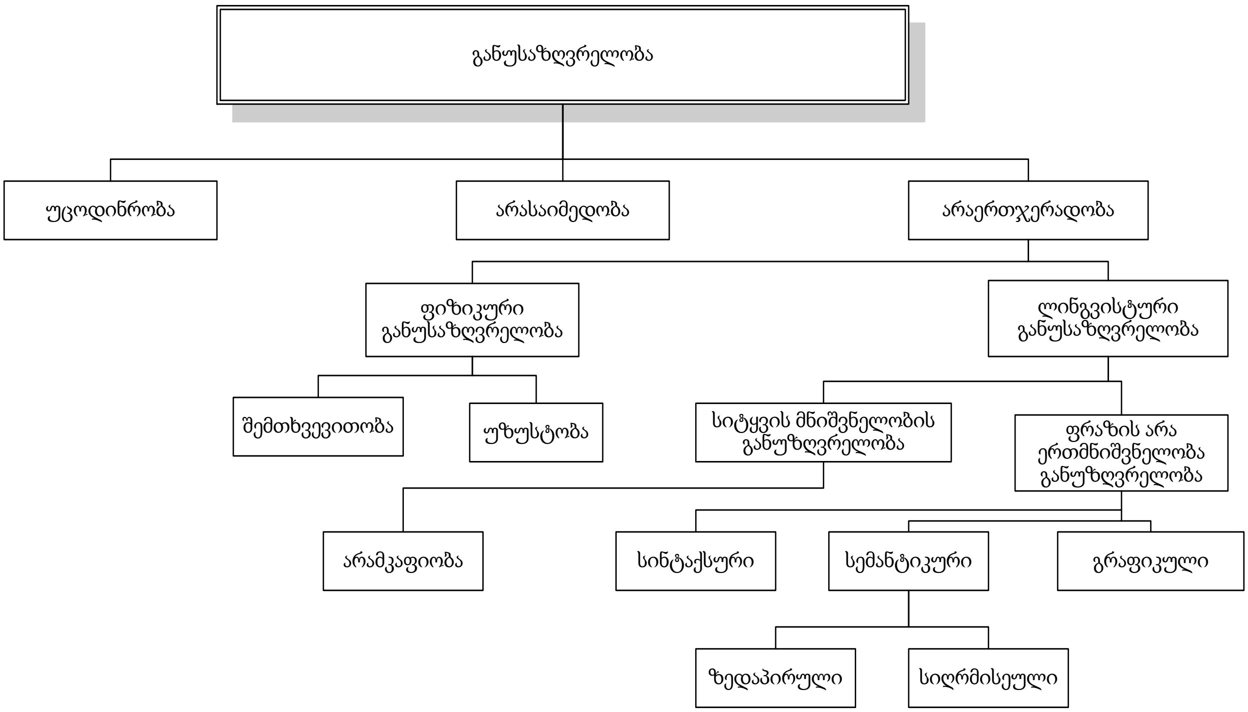
რთული ობიექტები, როგორც მართვის ობიექტები, ქმნიან გარკვეულ განსაკუთრებულობებს [11], [18], [19] :

1. მართვის პროცესში გადაწყვეტილების მიღება და პირობების არჩევის ზოგიერთი მიზანი, რომლებიც გავლენას ახდენენ ამ არჩევანზე, შეიძლება გამოხატული იყოს რაოდენობრივი კავშირის ფორმით. ამ თვალსაზრისით, სუსტად სტრუქტურირებული არამკაფიო განუზღვრელობის მქონე ობიექტებზე გადაწყვეტილების მიღების კრიტერიუმების უმრავლესობა ბუნებრივია იქნება არაზუსტი [18]. არაზუსტად იქნება განსაზღვრული არსებული კლასების დახასიათება ამოცანების ამოხსნის კლასიფიკაციის შემთხვევაშიც.

2. ინფორმაციის მნიშვნელოვანი ნაწილი, რომელიც აუცილებელია ობიექტის მათემატიკური აღწერისათვის, არსებობს მოცემულ ფორმაში და გამოცდილი ექსპერტ-სპეციალისტების დახმარებით, რომლებსაც აქვთ გარკვეული გამოცდილება და ცოდნა მოცემული ობიექტის შესახებ, ხშირ შემთხვევაში მივდივართ არამკაფიო ფორმალურ წარმოდგენაზე. წარმოიშობა არამკაფიო განუზღვრელობა [2].

აქედან გამომდინარე, განუზღვრელობა წარმოიქმნება მრავალი ფაქტორებიდან გამომდინარე, ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორების გარდა, უნდა გავითვალისწინოთ ამოცანის მრავალკრიტერიალური განუზღვრელობა, ერთდრეულად მომქმედი ყველა ფაქტორის აღწერის შეუძლებლობა, სტატისტიკური განუზღვრელობა და სხვა ფაქტორები.

ბოლო წლების გამოცდილებამ გვიჩვენა, რომ ანალიტიკური ამოცანების გადაწყვეტისას, წარმოქმნილი განუზღვრელობა უფრო ზოგადი ბუნებისაა და არა მარტო სტატისტიკურია. ქვემოთ მოყვანილია განუზღვრელობის კლასიფიკაციის სქემა [18]:



აღნიშნული ანალიტიკური ამოცანების გადაწყვეყისათვის ტრადიციული მიდგომების განუზღვრელობის შემთხვევაში გამოიყოფა ორი ალტერნატივა:

1. ვეცადოთ აღვრიცხოთ ყველა შესაძლო ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ობიექტზე. სამწუხაროდ, რთული ობიექტების სპეციფიკიდან გამომდინარე, ეს ყოველთვის არ ხერხდება, შესაძლებელიც რომ იყოს, ავაგოთ ტრადიციული მეთოდებით მათემათიკური მოდელი, იგი მაინც არ იქნება გამოსადეგარი პრაქტიკული გამოყენებისათვის, რომელის გამოწვეულია, როგორც ფუნქციონალური, ასევე ეკონომიკური ასპექტებით. ამგვარად, რთული ობიექტების ზუსტი მათემათიკური მოდელების აგება, გამოსადეგი რეალიზაციებისათვის, ანალიტიკური ამოცანების ამოხსნისთვის, მისაღები გადაწყვეტილებისთვის, ტრადიციული საწყისების გამოყენებით, ფართოდ გავრცელებული ფორმალიზაციის ვარიანტები და ობიექტების წარმოდგენა ან რთულდება, ან საერთოდ შეუძლებელია. გარდა ამისა მტკიცდება, რომ ამგვარი ანალიტიკური ამოცანების შეერთება განუზღვრელობებთან ზუსტად დადგენილ მათემატიკური ამოცანებით კლასიკური

მიდგომის გამოყენებით, პრინციპში შეუძლებელია, რადგანაც ეს ითხოვს ე.წ. „განუზღვრელობის მოხსნას“ [18]. რაც ასეთ პირობებში პრაქტიკულად შეუძლებელია.

ასეთი კლასის ამოცანების ამოსახსნელად, ჩვენ ვხვდებით ალტერნატივის არჩევის პრობლემას, გაურკვეველი ობიექტის ფორმალიზაცია მდგომარეობს იმაში, რომ მოდელი შეიძლება იყოს აგებული დამატებით ინფორმაციაზე დაყრდნობით, მიღებული სპეციალისტებისგან, ექსპერტებისგან და პირებისგან, რომლებიც რეალურ პირობებში იღებენ გადაწყვეტილებებს. აქედან გამომდინარე, ჩნდება სპეციალური მათემატიკური აპარატის დამუშავების აუცილებლობა, *სუსტი სტრუქტურირებული ან არასტრუქტურული ანალიტიკური ამოცანების ამოსახსნელად* [18]. შესაბამისად შექმნილი აპარატი ადეკვატურად უნდა გამოხატავდეს რეალური სინამდვილის აღწერას.

2. მოდელირების ალტერნატიული გზების მოძიება. რთულ სისტემებთან მუშაობისას, ალბათ ყველაზე მნიშვნელოვანი არის არამკაფიო მონაცემების აღწერა და დამუშავება. ეს აზრი დაფუძნებულია გარკვეულ პრინციპზე. ფორმალურად, ამ პრინციპის აზრი იმაშია, რომ სისტემის სირთულეების ზრდასთან ჩვენი შესაძლებლობა, ზუსტი და აზრიანი დასკვნების გამოტანის შესახებ, საკმაოდ არასაიმედოა.

3. ამგვარად, ანალიტიკური ამოცანების ამოსახსნელად გადაწყვეტილების მიღების თვალსაზრისით, იმისგან უნდა იყოს გამომდინარე, რომ საწყის ელემენტებად ითვლება არა რიცხვები, არამედ ნიშნები, ზოგიერთი არამკაფიო სიმრავლეები, ე.ი. კლასის ობიექტების არამკაფიო ელემენტები. შეიძლება ითქვას, რომ აზროვნების ლოგიკა არ არის უბრალო ორმნიშვნელოვანი ან მრავალმნიშვნელოვანი ლოგიკა, მაგრამ ეს ლოგიკა არის `არამკაფიო სიმრავლეების, არამკაფიო მიმართებათა დასკვნის წესები.

ამიტომ, ასეთ შემთხვევებში არამკაფიო განუზღვრელობის მქონე რთულ სტრუქტურებზე არამკაფიო ანალიზის გამოყენებას პრაქტიკულად ალტერნატივა არ გააჩნია.

დღესდღეობით შეიძლება გამოვყოთ მათემატიკური თეორიები, რომლებიც მიეკუთნებიან არამკაფიო ინფორმაციის ფორმირებას:

1. მრავალმნიშვნელოვანი ლოგიკა.
2. ალბათობის თეორია.
3. ცდომილებათა თეორია.
4. ინტერვალების თეორია.
5. სუბიექტური ალბათობათა თეორია.

6. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორია.
7. აგრეგირების ოპერტორების თეორია.

მათემატიკური თეორიები, რომლებიც გამოიყენება ზემოთ აღწერილი ანალიტიკური ამოცანების ამოსახსნელად, დამახასიათებელი ნიშნების მიხედვით მოყვანილია ცხრილში [18].

№	დამახასიათებელი ნიშნები	მათემატიკური თეორიები						
		1	2	3	4	5	6	7
1	რიცხვითი განუზღვრელობის აღრიცხვა	–	+	+	+	+	+	+
2	განუზღვრელ მოვლენათა აღრიცხვა	+	+	–	+	+	+	+
3	არარიცხვითი ლინგვისტური გან. აღრიცხვა	+	–	–	–	+	+	+
4	სემანტიკურ-მოდალური ინფორმაციის აღრიცხვა	+	–	–	–	–	+	+
5	კვალიფიკაციის აღრიცხვა განუზღვრელობით	–	+	–	–	+	+	+
6	კვალიფიკაციის აღრიცხვა ზოგადად	+	–	–	–	–	+	+
7	სიზუსტისა და განუზღვრელობის შეუთავსებლობის აღრიცხვა	+	–	–	+	+	+	+
8	ფორმალიზების ეფექტურობა სრული უცოდინრობისას	+	–	+	+	+	+	+

როგორც ცხრილიდან ჩანს ყველაზე მაღალი მაჩვენებელი აქვს სუბიექტურ ალბათობას, *არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიას და აგრეგირების ოპერტორების თეორიას.* ჩვენ არჩევანი გავაკეთედ ბოლო ორ *მიმართულებაზე. მათი გამოყენებით სადიპლომო ნაშრომში განვითარებულია გადაწყვეტილების მიმღების აგრეგირების OWA-ს ტიპის ოპერატორების გამოყენება საექსპერტო შეფასებების ბაზაზე. შექმნილია მხარდანჭერი ინტელექტუალური სისტემა.*

1.2. გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური მხარდამჭერი (საკონსულტაციო–მრჩეველი) ანალიტიკურ–საინფორმაციო სისტემების ტექნოლოგიების შესახებ.

გადაწყვეტილების მიღების პრობლემა კაცობრიობის მოღვაწეობის უმთავრესი და ურთულესი პრობლემაა. იმ საშუალებებს, რომელიც ეხმარება ადამიანებს არჩევის რთული ამოცანების გადაჭრაში, წარმოადგენენ გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერული მხარდამჭერი სისტემები. თუ გადაწყვეტილების მიღების პროცესი ითვალისწინებს კვლევის არის სპეციალისტის (ექსპერტის) მონაწილეობას, საქმე გვაქვს საექსპერტო სისტემებთან. ევრისტიკულ ცოდნაზე დაფუძნებული კომპიუტერული სისტემები გამოიყენება იმ შემთხვევაშიც, როდესაც განსახილველი ამოცანა განეკუთვნება სუსტად სტრუქტურირებულ სისტემებს, როდესაც მისი ფორმულირება ვერ ხერხდება ტრადიციულ მათემატიკურ ტერმინებში.

ევრისტიკული ცოდნის გამოყენება გამოწვიულია შემდეგი აუცილებლობით:

ა) ისეთი მონაცემების კომპიუტერული დამუშავება, რომლებიც თავისი ბუნებით ბუნდოვანია ანუ ფაზია;

ბ) ისეთი რთული ობიექტების გამოკვლევა, რომელთა აღწერა–ფორმირება შეუძლებელია ფაზი–წარმოდგენების შემოღების გარეშე.

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

ფაზი–ინფორმაციის კომპიუტერში წარმოდგენის მეთოდების შემუშავება და მათი მათემატიკური და პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნა, ასევე ფაზი– 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, რ.იაგერის და სხვათა ნაშრომები.

თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ და კერძოდ, ინტერნეტის სწრაფმა შემოჭრამ ადამიანის მოღვაწეობის ყველა სფეროში განაპირობა ახალი ტიპის კომპიუტერული სისტემების გავრცელება, როგორიცაა ინტელექტუალური გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდამჭერი სისტემები (*Inteligent Decision Support Systems)* - IDSS. ამ სისტემების საშუალებით ხდება კვალიფიციური ვიწრო სპეციალიზირებული ცოდნის მიწოდება იქ, სადაც არსებობს ამ ცოდნის გამოყენების საჭიროება გადაწყვეტილების მიღებისას. ინტერნეტის ფართო გამოყენებასთან დაკავშირებით გაჩნდა შესაძლებლობა

ასეთი ცოდნის ცენტრალიზებული შენახვისა და მასთან წვდომის უზრუნველყოფა კავშირის არხების მეშვეობით. IDSS -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.

გადაწყვეტილებis მიღების მხარდამჭერი კომპიუტერული სისტემების ეფექტურობის უზრუნველყოფისათვის ხშირად არსებითია სისტემაში შემავალი ინფორმაციული ნაკადების იდენტიფიკაცია, ფილტრაცია, დაზუსტება და სხვა. რთულ სისტემებზე, როგორც საექსპერტო ცოდნიდან მიღებულ საინფორმაციო ნაკადებზე მუშაობისას, მათი მოდელირების კლასიკურ მიმართულებათა პარალელურად ყველაზე მნიშვნელოვანი არამკაფიოობის (Fuzziness) დაშვებაა [18]. ყოველივე ეს უკავშირდება ბუნებასა და საზოგადოებაში მიმდინარე ჩამოუყალიბებელი თუ ანომალური მოვლენების შესწავლის სირთულეს, რაც გამოწვეულია ობიექტური ინფორმაციის სიმცირით ან არ არსებობით და როდესაც საექსპერტო ცოდნის ნაკადები გადამწყვეტია სანდო დასკვნების კონსტრუირებაში. ასეთებია: ექსტრემალურ გარემოში ბიზნეს ამოცანების გადაწყვეტა, მენეჯმენტისა და საინვესტიციო რისკების ანალიზი, სამედიცინო დიაგნოსტიკის პრობლემები, უკიდურეს შემთხვევაში პრობლემატიკა და ა.შ. საინფორმაციო პროცესში ინფორმაციის სირთულის ზრდასთან ერთად ჩვენი შესაძლებლობა, რათა პროცესის მიმდინარეობაზე გავაკეთოთ სანდო დასკვნები, გარკვეულ ზღვრამდე ეცემა, რომლის მიღმაც ინფორმაციის ისეთი მახასიათებლები, როგორიც სიზუსტე და განუზღვრელობაა, ურთიერთსაწინააღმდეგო ხდება. ხშირ შემთხვევაში რეალურ, რთულ საინფორმაციო პროცესებზე მუშაობისას, ზუსტი რაოდენობრივი ანალიზით სარგებლობა ნაკლებად დამაკმაყოფილებელია და შეიძლება დავასკვნათ, რომ აუცილებელია ფუნდამენტური კვლევის შესაბამისი ფაზი– მეთოდების გამოყენება, ფაზი–სტატისტიკური განუზღვრელობის მქონე საინფორმაციო პროცესების მოდელების აგების სისტემური მიდგომა [18] შესაბამისი ავტომატიზირებული სისტემის შექმნას უზრუნველყოფს. ეს უკანასკნელი კი საექსპერტო–ანალიზური ამოცანების ამოხსნის ტექნოლოგიათა ინსტრუმენტულ ბაზისს წარმოადგენს.

ჩვენი მიზანია შეიქმნას ან მოდიფიცირება გაუკეთდეს გარკვეულ ცოდნაზე და ცოდნის წარმოდგენაზე დაფუძვნებულ ისეთ საექსპერტო ცოდნის ანალიზის ევრისტიკულ მეთოდებს, რომლებიც გამოირჩევიან გადაწყვეტილების მიღების გარკვეული საიმედოობით პრაქტიკაში ფართო სპექტრის ამოცანებისათვის (სამედიცინო დიაგნოსტიკა, ბიზნესი, მარკეტინგი, მენეჯმენტი, ინფორმაციის მართვა და სხვა).

1.3. სადიპლომო ნაშრომში განვითარებული ძირითადი ამოცანების შესახებ

ამოცანა ეხება განუზღვრელ გარემოში მრავალ-ალტერნატული შერჩევებისას მრავალ–კრიტერიალურ გარემოში მრავალ-ექსპერტული გადაწყვეტილების მიღების პრობლემებს. განუზღვრელობა წარმოიშობა შესაძლო ალტერნატივებზე კრიტერიუმების არჩევის შემთხვევაში ინფორმაციის არასაკმარისობის გამო. ხშირად ეს ინფორმაციები ექსპერტების ცოდნის გამოყენებით წარმოდგენილი იქნება შემდეგი საექსპერტო შეფასებებით: ფაზი–სიმრავლეები, ფაზი–სამკუთხა რიცხვები, ქულობრივი შეფასებები, სარგებლიანობები, ფასები და სხვა.

ალტერნატივებს შორის ოპტიმალურის არჩევანი ანუ პარეტოს ოპტიმუმი მრავალ–კრიტერიალურ გარემოში ზოგადად შეიძლება არ არსებობდეს. არსებობს ისეთი მიდგომები, როდესაც კრიტერიუმების მიხედვით ალტერნატივებზე საექსპერტო შეფასებები აგრეგირებული იქნება სკალარულ სიდიდეებში. სკალარული სიდიდეები კი რანჟირებას გაუკეთებენ ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესი გადაწყვეტილებისკენ. ამით შეიქმნება პარეტოს ოპტიმუმის მოძიების შესაძლებლობა. *სადიპლომო პროექტის გადაწყვეტილების აგრეგირებებში ვისარგებლეთ რ.იაგერის მიერ შემოღებული OWA-ს ტიპის აგრეგირების ოპერატორებით.* თუ ექსპერტს ან მომხმარებელს არ აქვს ზემოთ მითითებული საექსპერტო შეფასებები, მაშინ მათი ცოდნის გამოყენება და შეფასებების შექმნა შესაძლებელია ცოდნის ფორმირების ინჟინერიის სხვადასხვა ალგორითმებით. აქაც ვისარგებლებთ რ.იაგერის ცნობილი სქემით, რომელიც გენერაციას უკეთებს აღნიშნული შეფასებებს α -დონის კვეთის სიმრავლეების ფიქსირების მიხედვით. ალგორითმი მუშაობს ინტერაქტიულ რეჟიმში და ბოლოს გვაძლევს შესაძლებლობით ხარისხებს კრიტერიუმებზე მოცემულ ალტერნატივებთან მიმართებაში. აგრეგირების ოპერატორების გამოყენებისთვის ექსპერტული შეფასებების გარდა საჭიროა კრიტერიუმების წონების იდენტიფიკაცია და

შეფასება მომხმარებლის გდაწყვეტილების მიღების რისკებთან მიმართებაში. სისტემაში განხორციელებულია OWA-ს ტიპის ოპერატორების წონების მიღების რამოდენიმე მიდგომა. საერთო ჯამში მომხმარებელს უჩნდება შესაძლებლობა სხვადასხვა წონებისთვის და სხვადასხვა აგრეგირების ოპერატორებისთვის რანჟირება გაუკეთოს ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესისკენ.

აღნიშნული ამოცანა რეალიზებულია გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის სახით, რომელიც ექსპერტების ცოდნის ინჟინერიის ბაზაზე მომხმარებლისთვის ქმნის გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერ გარემოს მრავალ ალტერნატიულ შემთხვევაში და მრავალ კრიტერიალურ (მრავალ ფაქტორულ) გარემოში, როდესაც ცოდნის წარმოდგენა მრავალ-ექსპერტულია. ექსპერტთა მონაცემების კონდენსირება ეტალონურ ფორმირებებში განხორციელებულია ა. კაუფმანის ექსპერტონების მეთოდის რეალიზაციით. საბოლოოდ, ინტელექტუალური სისტემა მომხმარებელს შეუქმნის გადაწყვეტილების მიღების ისეთ გარემოს, როდესაც შესაძლო ალტერნატივები დალაგებულია რანჟირებულად. თითოულ შემთხვევაში შეფასებული იქნება ინფორმაციული ზომები: Orness, Div, Entropy, Ball, რომლებიც იძლევიან ინფორმაციას გადაწყვეტილების მიმღები პირის რისკების მიმართ დამოკიდებულების შესახებ.

1.4. ფაზი–სიმრავლეების სათავეებთან

არასრული ინფორმაციის არსებობისას, უზუსტობისა და განუზღვრელობის პირობებში, გადაწყვეტილების მიღების პრობლემატიკაში დღეს აქტუალური ხდება არამკაფიო მოდელირება. წარმოდგენილია არამკაფიო სიმრავლეების თეორიის ძირითადი, ელემენტარული ასპექტები, რომლის შექმნა განაპირობა ადამიანის სწრაფვამ შემეცნებისა და აზროვნების პროცესების უკეთ შესწავლისათვის, ხოლო საწყისი არამკაფიო ინფორმაციის ასახვათა მათემატიკური ინსტრუმენტები რეალობის ადექვატური მოდელების აგების საშუალებას იძლევა.

ადამიანის ინტელექტის საოცარი თვისებაა არასრული და არამკაფიო ინფორმაციის პირობებშიც კი მიიღოს საკმაოდ ზუსტი გადაწყვეტილება. ადამიანის აზროვნების მსგავსი ინტელექტუალური მოდელების აგება, მათი მომავალი თაობათა კომპიუტერულ სისტემებში გამოყენება – დღევანდელი მეცნიერების ერთ-ერთი უმთავრესი პრობლემაა.

ამ მიმართულებით დაახლოებით 45 წლის წინათ მნიშვნელოვანი ნაბიჯი გადადგა წინ კალიფორნიის (აშშ) უნივერსიტეტის (ბერკლი) პროფესორმა ა.ზადემ (Lotfi A. Zadde). მისმა ნაშრომმა, რომელიც 1965 წელს დაიბეჭდა, ადამიანის ინტელექტუალური საქმიანობის მოდელირებას ჩაუყარა საფუძველი, რამაც არსებული ზოგიერთი მათემატიკური თეორიის ახალ ინტერპრეტაციას მისცა ბიძგი. მოკლედ, რაც ა.ზადემ თავის ნაშრომში ახალი შემოგვთავაზა:

1) მან განაზოგადა სიმრავლის კლასიკური, კანტორისეული ცნება, დაუშვა რა, რომ სიმრავლის მახასიათებელმა ფუნქციამ, ელემენტების სიმრავლეში შეთანხმებულობის (membership) ფუნქციამ შეიძლება მიიღოს არა მარტო 0 ან 1 მნიშვნელობა, არამედ ნებისმიერი მნიშვნელობა [0,1] შუალედიდან. ასეთ სიმრავლეებს მან არამკაფიო (Fuzzy) უწოდა.

2) მან შემოიღო მთელი რიგი ოპერაციები არამკაფიო სიმრავლეებზე.

3) შემოიღო რა ე.წ. ,,ლინგვისტური ცვლადის'' ცნება და დაუშვა, რომ მისი მნიშვნელობები (ტერმები) არამკაფიო სიმრავლეებია, მან ააგო ინტელექტუალური საქმიანობის აქტივობის აღმწერი აპარატი, რომელიც უზრუნველყოფს მოცემული განუზღვრელობის პირობებში აქტივობის შედეგის რაოდენობრივ მხარეს.

უკვე 1990 წლისთვის ამ დარგში გამოქვეყნებულ ნაშრომთა სიამ 10 000-ს მიაღწია, ხოლო ბოლო წლებში არამკაფიო სისტემების კვლევის მიმართულებით უფრო პრაქტიკული გამოყენებისკენ სწრაფვამ გამოიწვია ისეთი პრობლემატიკის შექმნა, როგორიცაა არამკაფიო გამოთვლების კომპიუტერთა არქიტექტურა, კონტროლერებისა და არამკაფიო კომპიუტერების ელემენტური ბაზა, პროგრამული არამკაფიო უზრუნველყოფა, გადაწყვეტილების მიღების არამკაფიო ექსპერტული აპარატი და ა.შ.

არამკაფიო სიმრავლეების მათემატიკური თეორია, რომელიც ა.ზადემ შემოგვთავაზა, არამკაფიო ცნებებისა და ცოდნის აღწერის, ასევე ამ ბაზაზე ოპერირებისა და გადაწყვეტილების მიღების საშუალებას იძლევა. ცხადია ამ თეორიაზე დაფუძნებული ახალი კომპიუტერული სისტემები აფართოებენ მომავალი თაობების კომპიუტერების გამოყენების არეალს, რაც ბოლო პერიოდში არამკაფიო ლოგიკის სწრაფმა განვითარებამ განაპირობა.

არამკაფიო სიმრავლეების თეორია – ეს არის კლასიკურ მათემატიკასა და რეალურ სამყაროს ყველგან შეღწევადი უზუსტობათა შორის დაახლოების გზაზე წინგადადგმული ნაბიჯი, რომლის შექმნა განაპირობა ადამიანის სწრაფვამ შემეცნებისა და აზროვნების პროცესების უკეთ შესწავლისთვის.

დღევანდელ დღეს ჩვენ არ შეგვიძლია ავაგოთ ისეთი მანქანები, რომელნიც შეძლებდნენ ადამიანის დონეზე მისთვის მეტოქეობა გაეწიათ ისეთი ამოცანების შესრულებაში, როგორიცაა ენიდან თარგმნა, საუბრის ამოცნობა, ინფორმაციის აგრეგირება და რა თქმა უნდა გადაწყვეტილების მიღება შესაძლებლობითი ბუნების მქონე განუზღვრელობაზე. ასეთი მანქანების შექმნის შეუძლებლობა პირველ რიგში აიხსნება ერთი მხრივ ადამიანის აზროვნებასა და მეორეს მხრივ მანქანის ,,აზროვნებას'' შორის ფუნდამენტური განსხვავებით. განსხვავება ადამიანის ტვინის შესაძლებლობებშია, რომლებიც დღევანდელ ციფრულ კომპიუტერულ სისტემებს არ გააჩნიათ (ანუ ძირითადად იფიქროს და მიიღოს გადაწყვეტილება არაზუსტი, არარაოდენობრივი, არამკაფიო ინფორმაციის ბაზაზე). ამიტომაა, რომ თანამედროვე რთული კომპიუტერული გამოთვლითი სისტემები გამოუყენებადია მათი ადამიანთან ბუნებრივი ურთიერთობის, კონტაქტის დასამყარებლად (ანალოგიურად იმისა რაც ხდება ადამიანსა და ადამიანს შორის).

სიმრავლე – მათემატიკის ერთ-ერთი ძირითადი ცნებაა. შევნიშნოთ, რომ ბევრს, შესაძლოა ადამიანის გარშემო არსებული სამყაროს შესახებ ადამიანის ცოდნის უმრავლესობას, ვერ ვუწოდებთ კლასიკური აზრით სიმრავლეებს. მათ უფრო ,,არამკაფიო სიმრავლეები'' უნდა ვუწოდოთ, ანუ კლასები ,,არაზუსტი'' საზღვრებით, როდესაც გადასვლა ელემენტის ერთ კლასში შეთანხმებულობიდან მეორე კლასში შეთანხმებულობაზე მიმდინარეობს თანდათანობით და არა მყისიერად.

1.5. არასრული ინფორმაციის წარმოდგენის შესახებ. ინფორმაციის უზუსტობა და განუზღვრელობა

არასრული ინფორმაციის არსებობისას მისი უზუსტობა და განუზღვრელობა შეიძლება განხილული იქნას, როგორც ორი ურთიერთსაპირისპირო აზრი ერთი და იმავე რეალობაზე. შემდგომში ინფორმაცია წარმოდგენილი იქნება ლოგიკური გამონათქვამის ფორმით, რომელიც შეიცავს პრედიკატს და აუცილებლობის შემთხვევაში კვანტიფიკატორს. საბაზისო ცოდნად აღებული იქნება ცნობათა (ფაქტების) სიმრავლე, რომელიც გააჩნია სუბიექტს, სუბიექტთა ჯგუფს ან მოთავსებულია ინფორმაციულ სისტემაში და რომელიც ერთი და იგივე პრობლემური გარემოდანაა აღებული. მაშინ პრედიკატი, რომელიც ინფორმაციის წარმოდგენისას ჩნდება, შეიძლება გაგებული იქნას, როგორც ერთი და იგივე უნივერსალური სიმრავლის ქვესიმრავლე. ნებისმიერი გამონათქვამი შეიძლება განხილული იყოს, როგორც

მტკიცება, რომელიც რომელიმე მოვლენის წარმოშობას ეკუთვნის. თავის მხრივ, მოვლენები წარმოდგენილია იმ უნივერსალური სიმრავლის ქვესიმრავლეების სახით, რომელსაც ,,აუცილებლად განხორციელებადი მოვლენა'' ეწოდება. ასე, რომ გვაქვს მონაცემთა სიმრავლის ანალიზის სამი ექვივალენტური საშუალება იმის და მიხედვით არის თუ არა აქცენტი გაკეთებული სტრუქტურაზე (ლოგიკური თვალსაზრისით), ამ ინფორმაციის შინაარსზე (თეორიულ-სიმრავლური თვალსაზრისით) ან მის დამოკიდებულებაზე რეალურ ფაქტებთან (მოვლენური თვალსაზრისით).

ჩვენ განვსაზღვრავთ *ინფორმაციულ ერთეულს* ოთხეულით = (*ობიექტი, ნიშანი, მნიშვნელობა, დასაჯერობა*). *ნიშანი,* რომელიც ღებულობს ობიექტის ან საგნის მნიშვნელობას (მნიშვნელობათა სიმრავლეს) ფუნქცია შეესაბამება. ამ ფუნქციის სახელი ფიგურირებს ინფორმაციულ ერთეულში, რომლის მნიშვნელობა (მნიშვნელობები) შეესაბამება რომელიმე პრედიკატს ანუ უნივერსალური სიმრავლის ქვესიმრავლეს, დაკავშირებულს მოცემულ ნიშნით. დასაჯერობა - ინფორმაციული ერთეულის საიმედოობის მაჩვენებელია. ცხადია, რომ ინფორმაციული ერთეულის შემადგენელი ოთხი კომპონენტი შეიძლება იყოს შედგენილი (ობიექტთა სიმრავლე, ნიშანთა სიმრავლე, n-ადგილიანი პრედიკატი, დასაჯერებლობის სხვადასხვა ხარისხი), ამას გარდა შეიძლება შემოყვანილი იქნას ცვლადები, განსაკუთრებით ობიექტის დონეზე, თუკი ინფორმაცია შეიცავს კვანტიფიკატორებს.

მოცემულ კონტექსტში შეიძლება მკაფიო განსხვავება გავაკეთოდ განუზღვრელობასა და უზუსტობის ცნებებს შორის. *უზუსტობა* ეკუთვნის ინფორმაციის შინაარსს (ოთხეულში იგი *მნიშვნელობითაა* წარმოდგენილი), ხოლო *განუზღვრელობა* მის *დასაჯერობას,* რომელიც სინამდვილესთან შესაბამისობის აზრითაა გაგებული.

ინფორმაციის განუზღვრელობის ხარისხი გამოისახება ისეთი კვალიფიკატორებით, როგორიცაა ,,ალბათ'', ,,შესაძლებელია'', ,,სარწმუნოა'' და ა.შ., რომელთაც ჩვენ აქ შევეცდებით მივანიჭოთ მეტ-ნაკლებად ზუსტი აზრი. კვალიფიკატორი ,,ალბათ''-ის მოდალურობის კვლევა თითქმის 2 საუკუნის განმავლობაში მიმდინარეობდა. ალბათობას გააჩნია ორი განსხვავებული ინტერპრეტაცია. პირველი მათ შორის ფიზიკური (სტატისტიკური), რომელიც დაკავშირებულია სტატისტიკური გამოცდების ჩატარებასთან და მოვლენის (შემთხვევითი ხდომილების) სიხშირის განსაზღვრასთან, მეორე – ეპისტომოლოგიური, რომელიც დაკავშირებულია სუბიექტურ მსჯელობასთან. ,,შესაძლებელია'' და

,,აუცილებელია'' – მოდალურობები შეისწავლებოდა ჯერ კიდევ არისტოტელეს დროს, როდესაც მან მათი დუალური ბუნების ფაქტი დაადგინა (თუ რომელიმე მოვლენა არის აუცილებელი, მაშინ მისი საპირისპირო მოვლენა შეუძლებელი და პირიქით).

საყურადღებოა, რომ ცნება ,,ალბათ''-ის საპირისპიროდ, ცნებები ,,შესაძლებელია'' და ,,აუცილებელია'' ორმოდუსიანი ლოგიკის ფარგლებში ხშირად განიხილებოდა, როგორც ,,ყველაფერი'' ან ,,არაფერი'' კატეგორიების ტიპები. მაგრამ ცნება ,,შესაძლებელია'' ისე როგორც ცნება ,,ალბათ'' უშვებს ორ ინტერპრეტაციას: ფიზიკური (რომელიმე ქმედების შესრულების შრომატევადობის ზომა) და ეპისტემოლოგიური (მსჯელობა, რომელიც ნაკლებად ზღუდავს მის ავტორს). ცნება ,,აუცილებელია'' – პირიქით, ფიზიკური და ეპისტემოლოგიური აზრით გაცილებით მეტი მტკიცებითი ცნებაა (სუბიექტური აუცილებლობა განუზღვრელობაა, სარწმუნოობაა). ბუნებრივია შესაძლებლობის და აუცილებლობის ხარისხის არსებობა ისევე დასაშვებია, როგორც ალბათობის ხარისხის. სარწმუნოობასა და ნდობას აქვს სუფთა ეპისტემოლოგიური ინტერპრეტაცია და შესაბამისად შესაძლებლობასთან და აუცილებლობასთან არიან დაკავშირებულნი.

თითოეული ამ ცნებათაგანი შეესაბამება ცოდნის ბაზიდან გამოყვანის რომელიმე საშუალებას: ნდობას იმსახურებს ყველა ის, რომელიც უშუალოდ დედექტიურად გამოიყვანება ცოდნის ბაზიდან, ხოლო სარწმუნოობა ყველაფერს, რომელიც არ ეწინააღმდეგება მას (ინდუქციური შეხედულება).

განუზღვრელობის შემცველი გამონათქვამთა მაგალითებია (ინფორმაციული ერთეულით):

,,ალბათ ნათიას სიმაღლე 1,70მ-ზე ნაკლები არაა'' (სიმაღლე; ნათია; 1,70მ; ალბათ),

,,ალბათობა იმისა, რომ ხვალ თბილისში 10მმ ნალექი მოვა 0,5-ის ტოლია'' - (რაოდენობა; ნალექები ხვალისთვის; 10მმ; ალბათობა=0,5)

ინფორმაციულ ერთეულს ვუწოდებთ ზუსტს, თუ ქვესიმრავლე, რომელიც შეესაბამება ,,მნიშვნელობას'' ოთხეულში, ერთელემენტიანია. რაც იმას ნიშნავს, რომ მისი ,,გახლეჩა'' ნაწილებად არ შეიძლება; თუმცა სიზუსტე რა თქმა უნდა დამოკიდებულია საბაზისო სიმრავლის განსაზღვრის ხერხზე, მაგალითად განზომილების ერთეულის შერჩევაზე და სხვა. სხვა შემთხვევებში უნდა ვილაპარაკოთ არაზუსტ (imprecise) ინფორმაციაზე. ქართულ ენაში არის უზუსტობის აღმწერი მრავალი კვალიფიკატორი: ,,ბუნდოვანი'', ,,არამკაფიო'', ,,გაურკვეველი'', ,,ორაზროვანი'' და ა.შ. აქ შევნიშნოთ, რომ ორაზროვნება წარმოადგენს უზუსტობის ფორმას დაკავშირებულს ენასთან.

უნივერსალური სიმრავლე, რომელიც დაკავშირებულია ინფორმაციულ ერთეულთან ცნობილად ითვლება. განზოგადოება უზუსტობის ,,კეთილთვისებიან'' ფორმად შეიძლება მივიჩნიოთ, რომელიც აბსტრაგირების პროცესთან არის დაკავშირებული. ინფორმაცია განზოგადოებულია, თუ ნაჩვენებია საერთო თვისებების მქონე ობიექტების სიმრავლე. ინფორმაციის არამკაფიო (ბუნდოვანი) ხასიათი გამოიხატება შესაბამისი ობიექტების მნიშვნელობათა სიმრავლის მკაფიო საზღვრების არქონაში. მაგალითი:
„შესაძლებელია, ნათიას სიმაღლე დაახლოებით 1,70მ იყოს'' (სიმაღლე; ნათია; დაახლოებით; 1,70მ; შესაძლებელია)
ამ მაგალითში ობიექტის მნიშვნელობათა სიმრავლეს მკაფიო საზღვრები არ გააჩნია (დაახლოებით 1,70მ). ბუნებრივი ენის მრავალი კვალიფიკატორი არამკაფიოა და მათთვის დამახასიათებელია განზოგადოება. ბუნდოვანი ტერმინი ,,დაახლოებით'' ახასიათებს ობიექტის მნიშვნელობათა ერთობლიობას, ბევრი ან ცოტას ადექვატური სიზუსტით. აქედან გამომდინარე ინფორმაცია შეიძლება იყოს ერთდროულად არამკაფიო და განუზღვრელი, რასაც შემდეგი გამონათქვამიც დაადასტურებდა.
''ალბათ ხვალ ბევრი ნალექი იქნება'' (რაოდენობა; ნალექი ხვალ; ბევრი, ალბათ)
მონაცემთა ცნობების, ფაქტების მოცემული სიმრავლისთვის უზუსტობასა და განუზღვრელობას შორის წინააღმდეგობა გამოიხატება იმაში, რომ გამონათქვამის შინაარსის სიზუსტის გაზრდით იზრდება მისი განუზღვრელობა და პირიქით. ზოგად შემთხვევაში ზუსტი ინფორმაციის განუზღვრელ ხასიათს მივყავართ საბოლოო დასკვნამდე, რომელიღაც უზუსტობამდე, გამომდინარე ამ ინფორმაციიდან.
გაზომვებისას ზუსტი ინფორმაციის მიღება პრაქტიკულად შეუძლებელია და თუ შესაძლებელია ის ხშირად ნაკლებად სასარგებლოა ან რთულად ასახსნელი. გამარტივებული მოდელი უზრუნველყოფს ხშირად უფრო გასაგები ინფორმაციის მიღებასა და წარმოდგენას, ვიდრე დეტალური და უფრო რთული მოდელები. ამიტომაც, სხვადასხვა შემთხვევებში, საზომი ხელსაწყოების მიერ ცდომილებებით ანდა ადამიანის (ექსპერტის) მიერ წარმოდგენილი ინფორმაცია მონაცემებზე არაზუსტია, წინააღმდეგობრივი და არასრულიც.
ცნობილია, რომ ალბათობის თეორია ერთი მხრივ და ცდომილებათა თეორია მეორე მხრივ – არასრული ინფორმაციის წარმოდგენის ორი კლასიკური მიდგომაა. მაგრამ თანამედროვე ინფორმაციის დამუშავებასთან მიმართებაში ორივე თეორია არაა საკმარისი: ცდომილებათა თეორია გამოიყენება მხოლოდ რიცხვითი მონაცემებისთვის, როდესაც ისინი

წარმოდგენილია ,,საკმარისი'' უზუსტობით, მაგრამ ,,ცხადი'', ჩვეულებრივი ინტერვალებით. თუ რიცხვითი მონაცემები წარმოდგენილია შემთხვევითი ცდომილებებით (ნდობის ინტერვალებით), მაშინ წარმოიშობა ალბათურ – სტატისტიკური განუზღვრელობა და მონაცემების დამუშავებისთვის გამოიყენება შესაბამისი მეთოდები. მაგრამ როდესაც მონაცემები წარმოდგენილია ინტერვალებით, მათი განაწილება ,,ბუნდოვანია'', ხასიათდება გადაფარვებით და ქმნიან ე.წ. კონსონანტურ ტანს. როდესაც მონაცემების აღწერასა და მიღებაში ,,ჩარეულია'' სუბიექტი (ექსპერტი), რომელიც მონაცემთა ობიექტური აღწერის (ხელსაწყოები, საზომი საშუალებანი და სხვა) პარალელურად ,,ერევა'' მონაცემთა შეფასებასა და წარმოდგენაში, მაშინ მონაცემთა ბუნება კომბინირებული ხდება. ალბათურ – სტატისტიკური განუზღვრელობის პარალელურად არსებობს ე.წ. შესაძლებლობითი განუზღვრელობა, რომელიც რა თქმა უნდა სუბიექტის ინტელექტუალური აქტივობის შედეგად წარმოიშობა. ცხადია ასეთ შემთხვევებში მხოლოდ ალბათურ – სტატისტიკური და ცდომილებათა თეორიების გამოყენება არ იძლევა დამაკმაყოფილებელ შედეგებს და ბუნებრივია მიზეზი მონაცემთა ბუნებაში და მათი აღწერის, გაზომვის, სკალირების, ექსპერტის შეფასებების და სხვა თავისებურებაში უნდა ვეძიოთ. სუბიექტურ – ობიექტური მონაცემების აღწერისათვის ალბათურ – სტატისტიკური მეთოდები მეტისმეტად ნორმატიულად გვეჩვენება, ხოლო ცდომილებათა თეორია მხოლოდ ობიექტური, თავისი შინაარსით ზუსტი სიდიდეების გაზომვის ან გამოთვლების უზუსტობას ასახავს, როდესაც მონაცემები ინტერვალებით წარმოიდგინება და ქმნიან ე.წ. დისონანტურ ტანს. ასეთივე დისონანტურ ტანთან აქვს საქმე ალბათობის თეროიას.

ცხადი ხდება, რომ ასეთ შემთხვევებში მხოლოდ ალბათურ – შესაძლებლობითი ანალიზი განაპირობებს მეტ – ნაკლებად ადექვატურ შედეგებს, რაც არამკაფიო ანალიზის, არამკაფიო სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებას მოითხოვს.

ნაწილი 2

2.1 აბსტრაქტი

უპირველეს ყოვლისა, ჩვენ დაინტერესებული ვართ გადაწყვეტილების მიღების აგრეგირების ფუნქციის ფორმირებისთვის ამოცანების გადაწყვეტით, როდესაც გადაწყვეტილების მიღება ითვალისწინებს მრავალკრიტერიალური აგრეგირებებს მრავალექსპერტულ გარემოში. წარმოგიდგენთ ახალი ტიპის აგრეგირების ოპერატორს, სახელწოდებით – დალაგებული შესწონილი გასაშუალების (OWA) აგრეგირების ოპერატორი. გაანალიზებული იქნება ამ ოპერატორის პრიორიტეტები. კერძოდ, შეიძლება ითქვას, რომ იგი არის საშუალო მდგომარეობა „და"–და „ან"– შეფასებებს შორის. „და" მოითხოვს უკლებლივ ყველა კრიტერიუმის დაკმაყოფილებას, ხოლო „ან" კი ერთი მაინც კრიტერიუმის დაკმაყოფილებას. პუნქტის მთავარ ამოცანას წარმოადგენს მიმოიხილოს OWA ოპერატორის წონების იდენთიფიკაციისა და შეფასების მეთოდები.

2.2 მრავალკრიტერიალურ სისტემაში გადაწყვეტილების მიღების პრობლემა

გადაწყვეტილების მიღების აგრეგირების სტრუქტურაში უმთავრესია ურთიერთდამოკიდებულების განსაზღვრა კრიტერიუმებს შორის. ერთი უკიდურესობა ახდენს ყველა კრიტერიუმის დაკმაყოფილების სურვილს. მეორე უკიდურესობა არის რომელიმე ერთი კრიტერიუმის დაკმაყოფილების სურვილი. ეს ორი უკიდურესობა იწვევს „და" და „ან" ტიპის ოპერატორების გამოყენებას კრიტერიუმთა ფუნქციების შერწყმისთვის.

Owa ოპერატორების გამოყენება განისაზღვრება მისი წონების განმარტებით. რაც გულისხმობს ისეთი მეთიდების შემუშავებას, რომლებიც უნდა ითვალისწინებნდნენ მომხმარების გადაწყვეტილების მიღების რისკების მიმართ განწყობებს და სხვა ამგვარ სუბიექტურ-ობიექტურ ფენომენებს. არსებობს მრავალი მიდგომა ამ პრობლემის დასაძლევად: 1. კრიტერიუმების ოპტიმიზაციის მეთოდები; 2. სწავლების მეთოდები; 3. ფუნქციებზე დაფუძნებულ მეთოდები; 4. არგუმენტზე დამოკიდებული მეთოდები და 5. უპირატესობით სარგებლობის მეთოდები. წარმოგიდგენთ ამ მეთოდებზე მომუშავე ავტორების ნაშრომთა მოკლე რეზიუმეს.

OWA წარმოადგენს კლასიკურ პარამეტრული აგრეგაციის ოპერატორების კლასს, რომელიც მოიცავს min, max, average და სხვა გასაშუალების ოპერატორებს. ეს ოპერატორი გამოყენებული იქნა გადაწყვეტილების მიღების სფეროში [24, 25, 27, 61]; მონაცემთა ანალიზში [26, 52, 56, 57, 75, 84, 85]; მონაცემთა ბაზების მენეჯმენტში [56, 80], მიახლოებითი გამოთვლებში [56]; ფაზი-სისტემებსა და ფაზი-კონტროლში [32, 76, 83] და სხვა. მათი გამოყენება ხდება შემდეგი 3 ნაბიჯის მიხედვით:

1. შემავალი არგუმენტები დავალაგოთ არაზრდადობით.
2. განვსაზღვროთ წონები, რომელიც დაკავშირებულია OWA ოპერატორთან.
3. გამოვიყენოთ ეს წონები არგუმენტების აგრეგირებისთვის.

ცხადია, წარმოდგენილი აგრეგაციის ტიპი დამოკიდებულია წონის ვექტორზე [71, 72, 74]. წონის ვექტორის განსაზღვრა წინაპირობას უქმნის OWA-სთან დაკავშირებულ აპლიკაციებს და ის თანდათან აქტიური ხდება ბოლო წლების განმავლობაში [31, 36, 60, 65]. OWA ოპერატორის წონების შეფასების ერთ-ერთი თვალსაჩინო კონცეფციაა orness-მიდგომა [36, 46, 81]. Orness-მიდგომა ხშირად ფორმულირდება როგორც პირობითი ოპტიმიზაციის პრობლემა - მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანა. წონები ოპტიმიზირდება წონებით შედგენილი შენონის ენტროპის მაქსიმუმის პრინციპით, რომელსაც მივყავართ არაწრფივ დაპროგრამებასთან. მისი სახელწოდებაა - MEOWA (Maximum Entropy OWA) [36]. რ. ფულერმა და პ. მაჯლენდერმა [22] გადაიტანეს მაქსიმალური ენტროპიის მოდელი პოლინომიალურ ამოხსნაში. მათ ააგეს ძირითადი ფორმები MEOWA ოპერატორის ამოხსნის გეომეტრიული მიახლოებისთვის. გამოკვლეული იქნა აგრეგირების ახალი თვისებები [22].

წონების შეფასებებში ქვანტიფიკატორების მიდგომაა გამოყენებული ნაშრომში [70]. სხვადასხვა OWA ოპერატორებზე დაყრდნობით მოხდა RIM quantifier-სა და OWA ოპერატორს შორის გენერირების კავშირის დადგენა. მაქსიმალური ენრტოპია და მინიმალური ცვლილება იქნა გამოყენებული OWA ოპერატორის სიმეტრიული წონების გენერირებისთვის ნორმალური განაწილების შემთხვევაში [30, 35].

ზემოთ შემოთავაზებული მეთოდებით მიღებული წონები არის OWA ოპერატორების შემავალი მონაცემები. შემდეგში ვნახავთ კიდე ერთი სახის მეთოდს, რომელიც

დაკავშირებულია OWA-ს შემავალ მონაცემებთან, ეს არის არგუმენტზე დამოკიდებული მეთოდები.

[69] ლიტერატურაში რ. იაგერმა და დ. ფილევმა შემოგვთავაზეს არგუმენტზე დამოკიდებული მეთოდები OWA ოპერატორის წონების დასადგენად, რომელიც საჭიროებს შემავალ მონაცემებს. მას ეწოდება BADD (Basic Defuzzification Distribution) ოპერატორი. ამ შემთხვევაში შემავალ მონაცემებს არ სჭირდებათ დალაგება. მათ იყენებდნენ ლინგვისტიკური თერმების აგრეგირებებში, რომელიც წარმოადგენდა ნაწილობრივად დალაგებულ ფაზი-რიცხვებს ფაზი-ჯგუფური გადაწყვეტილების მიღების პრობლემაში [43,44]. რა თქმა უნდა ეს იყო ძალიან მცირე მიმოხილვაა. სრული მიმოხილვა იხ. [77] -ში, საიდაანაც აქ მოყვანილია მიმართვები ლიტერატურაზე.

თავი 1-ში წარმოგიდგენთ OWA ოპერატორების წონების შეფასების მეთოდების მოკლე მიმოხილვას.

თავი 1 . OWA-ს ტიპის ოპერატორების წონები

1.1 OWA -ს წონების განსაზღვრის მეთოდების კლასიფიკაცია

1.1.1 წინასიტყვაობა

OWA ოპერატორის განზომილებ n მიბმულია $F_w : R^n \longrightarrow$ R რომელიც დაკავშირებულია წონების ვექტორთან W=($w_1 , w_2, \ldots , w_n$), აქვს შემდეგი თვისებები

$$w_1 + \ldots\ldots + w_n = 1 , \quad 0 \le w_i \le 1 \quad i=1,\ldots,n.$$

ისევე როგორც

$$F_w \text{(X)}= F_w \ (x_1 + \ldots\ldots + x_n) = \sum_{j=1}^{n} w_j \, y_j \qquad (1)$$

სადაც y_j არის x_i -ს უდიდესი j-ური ელემენტი.

Orness -ის დონის უდიდესი ხარისხი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1}\, w_j \qquad (2)$$

Max, Min და Average შეესაბამებიან W^*, W_* და W_A -ს სადაც W^*= (1,0,...0) , $W_* = (0,0 \ldots,1)$ და W_A =($\frac{1}{n}, \frac{1}{n}, \ldots, \frac{1}{n}$) . ეს ნიშნავს რომ F_{W*} (X) = $\min_{1 \le i \le n}\{x_i\}$, F_{W*} (X) = $\max_{1 \le i \le n}\{x_i\}$ და F_{wA} (X) =$\frac{1}{n}$ $\sum_{i=1}^{n} x_i$ = A(X). ცხადია, orness(W^*) =1, orness(W) =0 და

orness (W_A) =$\frac{1}{2}$.

(2) პირობიდან, შეგვიძლია ჩამოვთვალოთ OWA ოპერატორის ზოგიერთი თვისება:

თვისება1. $0 \le$ Orness(W) $\le$ 1.

თვისება2 [69]. თუ ვიცით, რომ OWA ოპერატორის რაიმე წონის ვექტორისთვის - W=($w_1, w_2, \ldots, w_n$), Orness(W)= $\propto$, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია გავაკეთოთ შებრუნება, ანუ პირიქით გადალაგება W=($w_n, w_{n-1}, \ldots, w_1$), ისე რომ Orness(W)= $1-\propto$.

თვისება3. თუ X=($x_1, x_2, \ldots, x_n$) მოთავსებულია შუალედში [0,1] და x_i = $\frac{n-i}{n-1}$,მაშინ

F_w (X) =Orness(W).

1.1.2 ოპტიმიზაციაზე დაფუძნებული მეთოდი

ოპტიმიზაციის მეთოდი არის OWA-ს განსაზღვრის ერთ-ერთი ტექნიკა. OWA-ს განსაზღვრებაში როგორც ვთქვით, ელემენტები არ უნდა იყოს უარყოფითი და ჯამში ერთს უნდა შეადგენდეს. ანუ $w_i \ge 0$ და $\sum_{i=1}^{n} w_i$ =1. მაგრამ მოცემულ პრობაში არ არის განმარტებული OWA ელემენტები. OWA-ს წონების განსაზღვრის მაქსიმალური ენტროპიის პრინციპი ფორმულირდება შემდეგი ოპტიმიზაციის ამოცანის სახით [19,46]:

$$max(\mathrm{W}) = -\{\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i\}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \qquad (3)$$

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

$$w_i \geq 0, \ i=1,2, \ldots n.$$

ოპტიმალურ გადაწყვეტებში განხილულია სხვადასხვა მეთოდები [36] . ოპტიმალური ამოხსნა აქვს გეომეტრიულ ფორმულას $\frac{w_i+1}{w_i}$ =q. ეს შეიძლება გამოისახოს ასე [36]:

$$w_i = \frac{q^i - 1}{\sum_{j=0}^{n-1} q^j}$$

სადაც q არის შემდეგი პოლინომის ამონახსენი:

$$(n-1)\propto q^{n-1} + \sum_{i=2}^{n}\big((n-1)\propto -i+1\big)q^{n-i} = 0.$$

Owa ოპერატორის წონების განსაზღვრის სხვა მიდგომაა -დივერგენციის მინიმუმის პრინციპი. მინიმუმი შერჩევის პრობლემა, რომელიც შემოთავაზებული იქნა რ. ფულერის და პ. მაჯლანდერის მიერ [42], შემდეგია

$$\min D^2(W) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i^2 - \frac{1}{n^2}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \qquad (6)$$

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

$$w_i \geq 0, \ i=1,2, \ldots n.$$

ბ.ს. აჰნმა და ჰ. პარკმა [4] ეს ბოლო მიზნობრივი ფუქცია შეცვალეს $\sum_{i=1}^{n}(w_i - \frac{1}{n}) = \sum_{i=1}^{n} w_i^2 - \frac{2}{n} + \frac{2}{n^2}$ -ით , თუმცა ამონახსნი იგივე დარჩა.

ხ. ლიუმ [31] დაამტკიცა რომ (6)-ს ოპტიმალური ამონახსნი მიიღწევა შემდეგ ალგორითმით:

ალგორითმი 1

ბიჯი1 : განვსაზღვროთ m შემდეგნაირად:

$$\begin{cases} [3a(n-1)+2] & \text{თუ } 0 < a < \frac{1}{3} \\ n & \text{თუ } \frac{1}{3} \le a \le \frac{2}{3} \\ [3n-3a(n-1)-1] & \text{თუ } \frac{2}{3} < a < 1 \end{cases} \quad (7)$$

ბიჯი2: განვსაზღვროთ d შემდეგნაირად:

$$\begin{cases} \frac{6(2a-2na+m-1)}{m(m^2-1)} & \text{თუ } 0 < a < \frac{1}{3} \\ \frac{6(1-2a)}{n(n+1)} & \text{თუ } \frac{1}{3} \le a \le \frac{2}{3} \\ \frac{6(2a-2na+2n-m-1)}{m(m^2-1)} & \text{თუ } \frac{2}{3} < a < 1 \end{cases} \quad (8)$$

ბიჯი3: განვსაზღვროთ W=$(w_1, w_2, \dots, w_n)$ შემდეგნაირად :

$$შემთხვევა1: 0 < a < \frac{1}{3}, w_i = \begin{cases} 0 & თუ\, 1 \le i \le n-m \\ \frac{-dm^2+dm+2}{2n} + (i-n+m-1)d, & თუ\, n-m+1 \le i \le n \end{cases}$$

$$შემთხვევა2: \frac{1}{3} \le a \le \frac{2}{3}, w_i = \frac{-dn^2+dn+2}{2n} + (i-1)d \; i = 1,2 \dots n.$$

$$შემთხვევა3: \frac{2}{3} < a < 1, w_i = \begin{cases} \frac{-dm^2+dm+2}{2m} + (i-1)d, & თუ\, 1 \le i \le m. \\ 0 \; თუ\, n-m+1 \le i \le n \end{cases} \quad (9)$$

ამ პრობლემის გაფართოებას მივყავართ ჯ. რენუის მაქსიმალური ენტროპიის პრინციპთან, რომლის ფორმულირება ასეთია:

$$\min H(W) = \frac{1}{1-r} \log_2 \sum_{i=1}^{n} w_i^r$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \; w_i \; = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (10)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \; =1.$$

$$w_i \; \geq 0 \; , \; i=1,2 \; ,\ldots.n \; .$$

მაქსიმალური ენტროპიის პრობლემა (3) და მინიმალური დივერგენციის პრობლემა (6) შეესაბამება (10)-ის სპეციალურ სახეობას, როცა r=0 და r=2 -ს შესაბამისად.

ხ. ლიუმ [34] შემოგვთავაზა OWA ოპერატორის შეფასების კიდევ ერთი Orness დონის მოდელი:

$$\min V_{owa} = \sum_{i=1}^{n} F(w_i)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \; w_i \; = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (11)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \; =1.$$

$$w_i \; \geq 0 \; , \; i=1,2 \; ,\ldots.n \; .$$

სადაც F(x) არის მკაცრად ზრდადი ფუნქცია [0,1] შუალედში.

(3) და (6) პრობლემები არის (11)-ს კერძო შემთხვევა, როცა F(x)=x lnx და F(x)=x^2 . ხოლო (10) კერძო შემთხვევაა, როცა F(x)= x^r .

(11)-ის ოპტიმალური გადაწყვეტა არის უნიკალური და ის შეიძლება გამოიხატოს როგორც W=($w_1, w_2, \ldots, w_n$) -ს შემდეგი წარმოდგენა:

$$w_i = \begin{cases} g\left(\frac{n-i}{n-1}\gamma_1 + \gamma_2\right) \textit{თუ } I \in T \\ 0 \qquad\qquad \textit{სხვა შემთხვევაში} \end{cases} \qquad (12)$$

სადაც γ_1, γ_2 განიმარტება როგორც:

$$\begin{cases} \sum_{i\in T} \frac{n-i}{n-1} g\left(\frac{n-i}{n-1}\gamma_1+\gamma_2\right) = \alpha \\ \sum_{i\in T} g\left(\frac{n-i}{n-1}\gamma_1+\gamma_2\right) = 1 \end{cases} \quad (13)$$

და $T = \left\{ i \middle| 1 \le i \le n, g\left(\frac{n-i}{n-1}\gamma_1+\gamma_2\right) > 0 \right\}$ სადაც $g(x) = (F')^{-1}(x)$.

g(x) შეიძლება განიმარტოს როგორც არანულოვანი OWA ოპერატორის ელემენტი. მიუხედავად დისპერსიის საზომი ერთეულებისა, იაგერმა[69] ასევე გამოიყენა ენტროპიის საზომი 1-$\max_{1\le i\le n} w_i$ როგორც ალტერნატიული ფორმა მაქსიმალური ენტროპიის პრობლემის:

$$min \qquad \max_{1\le i\le n} w_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (14)$$

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

$$w_i \ge 0, \ i=1,2, \ldots n.$$

OWA ოპერატორის წონების განსაზღვრის კრიტერიუმი არის minimax ამოცანის ფორმულირება. პირველი მინიმაქსის პრობლემა შემოთავაზებული იქნა ვანგის და პარკანის[60] მიერ, სადაც ორ მომიჯნავე წონას შორის შესაბამისობა არის რაც შეიძლება მცირე:

$$\text{minimize} \quad \{ \quad \max_{1\le i\le n} |w_i - w_{i+1} \quad \}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (16)$$

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

$$w_i \ge 0, \ i=1,2, \ldots n.$$

მიმინუმი ცვალებადობის პრობლემის განტოლების ამოხსნის არსებობა რ. ფულერმა და პ. მაჯლენდერმა [42] დაამტკიცეს თეორიულად წრფივი დაპროგრამების გარემოში.

მინიმაქსის პრობლემა შეესაბამება მაქსიმალური ენტროპიის პრობლემას და საერთო ოპტიმიზაციის პრობლემა შეიძლება შემოთავაზებული იქნეს შემდეგი გზების საშუალებით:

$$\min \{ \quad \max_{1 \le i \le n} |\ln(w_i) - \ln(w_{i+1}) \ \}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \ w_i \ = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (17)$$

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

$$\min \{ \quad \max_{1 \le i \le n} |F'(w_i) - F'(w_{i+1}) \ \}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \ w_i \ = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (18)$$

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

$$w_i \ \ge 0 \ , \ i=1,2 \ ,\ldots.n \ .$$

ორივე პრობლემას აქვს ერთიდაიგივე ოპტიმალური გადაწყვეტა. მეტიც, ისინი შეიძლება გავაერთიანოდ $F(x) = x^2$ და $F(x) = x\ln(x)$ -ით სპაციალურ შემთხვევებში.

OWA გვაძლევს orness- ის მნიშვნელობის განსაზღვრას. ამ პრობლემების ანალიტიკური მეთოდი არის ლაგრანჟის მამრავლებად გაშლის მეთოდი.

OWA-ს წონების განსაზღვრის მეთოდის მიმოხილვა:

$$\max \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i$$

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i \; - \frac{1}{n^2} = \delta, \quad 0 \le \delta \le \frac{n-1}{n^2} \qquad (20)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \;=1.$$

$$w_i \; \geq 0 \text{ , i=1,2 ,….n .}$$

როგორც ვხედავთ მაქსიმალური ამონახსნის ოპტიმალური გადაწყვეტის პრობლემა (3) შეიძლება გამოიხატოს გეომეტრიული ფორმით და მინიმალური ცვლილების პრობლემა (6) შეიძლება გამოიხატოს ექვივალენტურად განსხვავებულ (equidifferent) ფორმაში როგორც (3) და (6). მეტიც, მოცემული ენტროპიის მნიშვნელობა ან ცვლილების მნიშვნელობა ხშირად არის OWA ოპერატორის orness-ის მნიშვნელობა $\propto$ ან $1-\propto$. ესენი არიან (20) -ს ოპტიმალური ამონახსნები.

შესაბამისად გვექნება :

$$min \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i$$

$$-\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i = \beta_i, \quad 0 \le \beta \le \ln(n) \qquad (21)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \;=1.$$

$$w_i \; \geq 0 \text{ , i=1,2 ,….n .}$$

$$\min \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i$$

$$\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} w_i \ -\frac{1}{n^2} = \delta, \quad 0 \le \delta \le \frac{n-1}{n^2} \qquad (22)$$

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

$$w_i \ \ge 0 \ , \ i=1,2 \ ,\dots.n \ .$$

ეს ოპერატორები არიან ასევე (3) და (6) ორნესის დონის ∝ დონის პრობლემის ოპტიმალური ამონახსნები.

მინიმაქსის პრობლემას წარმოგვიდგენენ გ. ამინი და ა. ემროუზნეჯადი [7] :

$$\text{minimize} \{ \quad \max_{i \ne j} |w_i - w_j \ | \ \}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \ w_i \ = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (23)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \ =1,$$

$$w_i \ \ge 0 \ , \ i=1,2 \ ,\dots.n \ .$$

ამინს აქვს უფრო ფართო განმარტება , თუმცა ეს ანალიტიკური ამოხსნა ჯერ კიდევ არაა ჩამოყალიბებული სპეციფიკური ფორმულირების სახით.

ეხლახან ვ. ლუომ და ხ. ლიუმ [59] შემოგვთავაზეს კრიტერიუმი, რომელიც წარმოადგენს წონებს შორის კვარატული გადახრების ჯამის მინიმიზაციას:

$$\text{minimize} \{ \ \sum_{i=1}^{n} \ (w_i - w_j \ )^2 \ \ \}$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} \ w_i \ = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (24)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i \ =1,$$

$$w_i \ \ge 0 \ , \ i=1,2 \ ,\dots.n \ .$$

შემოტავაზებული შემდეგი ამოცანაც :

$$minimize \sum_{i=1}^{n-1} (\frac{w_i}{w_i+1} + \frac{w_i+1}{w_i} - 2)^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1 \qquad (25)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$$

$$w_i \ge 0, \ i=1,2,\ldots n.$$

მაქსიმალური ენტროპიისგან განსხვავებით მინიმალური განსვხავების პრობლემა და მათი განზოგადოებები შესაძლოა ამოიხსნას სხვადასხვა გზებით.

ახლა გთავაზობთ წონების შეფასების ყველაზე გავრცელებულ მიდგომას, რომლელიც ეკუტვნის რ. ფულერს[78].

1.1.3 OWA ოპერატორის წონების შეფასების მეთოდი მაქსიმუმის პრინციპით

ჩვენ განვიხილეთ OWA ოპერატორის წონების შეფასების (გენერირების)პრობლემების ყველა ძირითადი ფორმულირება. თუმცა სამაგისტრო ნაშრომში ჩვენ წონების შეფასებეში ვიყენებთ ერთ ძირითად ფორმულირებას, რომელიც რეალიზებულია სისტემაში მოდულის სახით. განვიხილოთ ამ ამოცანის ფორმულირება დეტალურად, თავისი ამოხსნით.

რ. იაგერმა ჩამოაყალიბა Owa ოპერატორში W წონის ვექტორთან დაკავშირებული ორი საზომი ერთეული. პირველი აგრეგაციის საზომი ერთეული სახელწოდებით Orness , განსაზღვრა შემდეგნაირად:

$$\mathrm{Orness(W)} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} (\mathrm{n-i})\, w_i$$

ცხადია, Orness(W) მოთავსებულია [0,1] საზღვრებში.

მეორე საზომი ერთეული, აგრეგაციის დისპერსიის ენტროპია, რომელიც განმარტებულია შემდეგნაირად:

$$\mathrm{Disp(W)} = \quad -\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i$$

ის ზომავს ხარისხს, რომელსაც ღებულობს W გამოთვლის დროს.

ცხადია, Owa ოპერატორის აგრეგაციის ტიპი დამკიდებულია წონის ვექტორზე.

სხვა მიდგომა, რომელიც შემოთავაზებულია ო.ჰაგანის მიერ [79], გასაზღვრავს სპეციალურ კლასს, რომელსაც აქვს მოპოვებული მაქსიმალური ენტროპია. ამ მიდგომის ამოხსნა დამოკიდებულია შემდეგ მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანაზე:

$$\text{maximize} \qquad \mathrm{Disp(W)} = \quad -\textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i \qquad (26)$$

$$\mathrm{Orness(W)} = \quad \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1}\, w_i = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1$$

$$w_1 + \ldots\ldots + w_n = 1\,, \quad 0 \le w_i \le 1 \;\; i=1,\ldots,n.$$

ეს ამოცანა შეგვიძლია გადავწყვიტოთ პოლინომური განტოლების ამოხსნით.

ვხედავთ რომ Disp(W) აზრი აქვს როცა $w_i > 0$ და თუ გავყვებით $w_i\, ln w_i$, როცა $w_i = 0$, გვექნება:

$$\mathrm{Disp(W)} \to Max;$$

$$\mathrm{Orness(W)} = \alpha \;\; ; w_1 + \ldots\ldots + w_n = 1 \;;\;\; 0 \le \alpha \le 1;$$

იმ შემთხვევაში, როცა n=2 , orness(w_1 , w_2) = α გვაძლევს $w_1 = \alpha$ და w_2 =1- α. მეტიც, თუ α =0 ან α =1 წონის ვექტორები განმარტებულია როგორც (0,0,....,0,1) და (1,0,...0,0),შესაბამისად 0 დისპერსიის მნიშვნელობის მქონედ.

ახლა ვივარაუდოთ რომ n ≥3 და 0< α <1. გვექნება

$$L(W,\lambda_1,\lambda_2) = -\textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i + \lambda_1 \left(\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1}\, w_i - \alpha \right) + \lambda_1 \left(\textstyle\sum_{i=1}^{n} w_i - 1 \right). \quad (27)$$

ლაგრანჟის მიზნობრივი ფუნქციის ოპტიმიზაციის ამოცანა შეზღუდვებში, სადაც λ_1 და λ_2 რეალური რიცხვებია. ლაგრანჟის გრადიენტის ნაწილებად გაშლა ასეთია:

$$\frac{\partial L}{\partial w_j} = -\ln w_j - 1 + \lambda_1 - \frac{n-j}{n-1}\lambda_2 = 0 \quad (28)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = \sum_{i=1}^{n} w_i - 1 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_{12}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i - \alpha = 0$$

როცა j=n, მაშინ

$$-\ln w_n - 1 + \lambda\_(1\ ) = 0 \longleftrightarrow \lambda_1 = ln w_i + 1 \quad (29)$$

როცა 1 ≤j ≤ n, მაშინ

$$w_j = \sqrt[n-1]{w_1^{\,n-j} w_n^{\,j-1}} \quad (30)$$

თუ $w_1 = w_n$ მაშინ ფორმულა გვაძლევს

$$w_1 = w_2 = \ldots = w_n = \frac{1}{n} \quad \Rightarrow \mathrm{disp}(W) = \ln n; \quad (31)$$

ეს არის ოპტიმალური ამონახსენი (26) -სთვის, როცა a=0.5.

ეხლა ვივარაუდოთ $w_1 = w_n$, მაშინ სხვდასხვა განტოლებების ამოხსნით გვექნება

$$w_n = \frac{((n-1)a-n)w_1}{(n-1)a+1-nw_1} \quad (32)$$

ეს შეგვიძლია გადავწეროთ ასე

$$w_1\,[(n-1)a + 1 - n\,w_1)]^n = ((n-1)\,a)^{n-1}\,[((\mathrm{n}\text{-}1)\,a - n)\,w_1 + 1]. \quad (33)$$

მაშასადამე, w_1 -ს ოპტიმალურმა მნიშვნეობამ უნდა დააკმაყოფილოს (2) ტოლობა. თუკი ერთხელ გამოვთვალეთ w_1 , ამის შემდგომ ჩვენ აღარ გაგვიჭირდება w_n-ს გამოთვლა (3) ტოლობიდან.

ახლა განვიხილოთ ტოლობები

$$f(w_1) = w_1 [(n-1)a + 1 - n\, w_1]^n$$

$$g(w_1) = ((n-1)\, a)^{n-1} [((n-1)\, a - n)\, w_1 + 1].$$

ვიპოვოთ ოპტიმალური მნიშვნელობა f-სთვის ნიშნავს იმას, რომ ამოვხსნათ განტოლება

$$f(w_1) = g(w_1)$$

შევგნისნოთ, რომ როცა $a < 0.5$, მაშინ წონის ვექტორი W არის (26) პრობლემის ოპტიმალური გადაწყვეტა, ხოლო როცა $a > 0.5$ ვცვლით: $w_i = w_{n-i} + 1$, ანუ გვაქვს ამონახსნები, როცა ამოვხსით orness(1- a)-ს.

1.1.4 სწავლების მეთოდი

ხშირად აგრეგაციის დროს ემპირიული განაწილება არის გამოსაყენებელი ინსტრუმენტი ოპერატორის წონების იდენთიფიკაციაში , რადგან მას აქვს პირდაპირი რაოდენობრივი მიმართება. ეს მონაცემები შეიძლება შეგროვდეს ექსპერიმენტების საშუალებით, ექსპერტებს დავუსვათ კითხვები და მათი შეფასებების საშუალებით[9-12,56] და სხვა.

შევთანხმდეთ რომ OWA ოპერატორის ემპირიული მონაცემების განაწილება ფორმულირდება შემდეგნაირად:

$$\{(x_{1k}, x_{2k}, \dots . x_{nk}), d_k\} \text{ , k=1,2, ….. K (26)}$$

K არის დაკვირვებატა რიცხვი (observations) და ყოველ დაკვირვებას აქვს n არგუმენტი $(x_{1k}, x_{2k}, \dots . x_{nk})$ რომლის აგრეგირებული მნიშვნელობაა d_k . ჩვენი მიზანია ვიპოვოთ OWA ოპერატორის წონის ვექტორი W=$(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$, რომელიც დააკმაყოფილებს პირობებს

(გამარტივებისთვის, შეგვიძლია შევაფასოთ თავიდან რომ არგმუნებტები არიან დალაგებული კლებადობით, ანუ $x_{1k} \geq x_{2k} \geq \cdots \geq x_{nk}$.):

ყველაზე მარტივი შემთხვევაა როცა K=1, ჩვენ გვაქვს მხოლოდ ერთი მონაცემთა წყვილი. ცხადია OWA ოპერატორი ასეთ შემთხვევაში მთლიანად განსაზღვრული ვერ იქნება.

იაგერმა [70] შემოგვთავაზა ორნესის დონის მაქსიმიზაციის მოდელი სადაც $\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = d$. პრობლემა ფორმულირდება შემდეგნაირად:

$$maximize \sum_{i=1}^{n-1} \frac{n-i}{n-1} w_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = d. \qquad (34)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$$

$$w_i \geq 0 \text{ , i=1,2 ,....n .}$$

(19) სთვის ჩვენ გვექნება

$$max \sum_{i=1}^{n-1} w_i \ln w_i$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = d. \qquad (35)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$$

$$w_i \geq 0 \text{ , i=1,2 ,....n .}$$

ოპტიმიზაციის მოდელებში მიმართებაადი ფუნქცია შეიძლება შეიცვალოს ნებისმიერი სხვა მიმართებითი ფუნქციით , სადაც

$$\min V_{owa} = \sum_{i=1}^{n} F(w_i)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = d. \qquad (36)$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1,$$

$$w_i \geq 0 \text{ , i=1,2 ,….n .}$$

ბუნებრივია, შეგვიძლია შევაფასოთ რომ $\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = c$ და $\sum_{i=1}^{n} w_i x_i = 1$ სხვადასხვაა.

ძირითად შემთხვევებში ჩვენ დაკვირვებებს ვაწარმოებთ ერთზე მეტ მონაცემზე, OWA ოპერატორის პრობლემის არჩევა ითარგმნება როგორც სხვადასხვა რეგრესიის პრობლემა როგორიცაა კვადრატული განაწილება [11]. ჩვენი მიზანია, როგორც ვთქვით ვიპოვოთ OWA ოპერატორი W, ასე რომ გენერირებული მონაცემები უახლოვდება შემდეგს:

$$min \sum_{k=1}^{K} (F_w\left(x_1^k, x_2^k, \dots\ x_n^k\right) - d^k)^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1. \quad (37)$$

$$w_i \geq 0 \text{ , i=1,2 ,….n .}$$

გ. ბელიაკოვმა[9] დაადგინა რომ (37)-ს შეზღუდვების გამო მისი ამოხსნა არც ისე მარტივია როგორც ტრადიციული წრფივი პროგრამირების დროს.

დ.ფილევმა და რ.იაგერმა [20] შემოგვთავაზეს არაწრფივი ცვლილება w-ს ტრანსფორმაციისთვის .

$$\mathbf{w_i} = \frac{\mathbf{e^{\gamma i}}}{\sum_{j=1}^{n} \mathbf{e^{\gamma j}}} \quad (38)$$

ამის შემდგომ, იტერაციული პროცედურა ავითარებს ტრანსფორმაციის მინიმიზაციას.

გ. ბელიაკოვმა[9] შემოგვთავაზა (38)-ს ფორმულირების კიდევ ორი ალტერნატივა,

ესენია :

$$\mathrm{w_i} = \frac{\frac{1}{\mathrm{e}^{\gamma \mathrm{i}}}}{\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{\mathrm{e}^{\gamma \mathrm{j}}}} \quad (39)$$

$$w_i = \frac{1-e^{\gamma i}}{\sum_{j=1}^{n}(1-e^{\gamma j})} \qquad (40)$$

ამოხსნის პროცედურა არის იტერაციული, დამოკიდებულია $e^{\gamma i}$-ზე, პირველ შემთხვევაში $e^{\gamma i}$-ს გაზრდით წონების მნიშვნელობები იზრდება, ხოლო დანარჩენ ორ შემთხვევაში წონების მნიშვნელობები მცირდება. თუმცა არ უნდა დაგვავიწყდეს რომ წონების მნიშვნელობების ჯამი აუცილებლად 1-ის ტოლი უნდა იყოს.

1.1.5 ფუნქციებზე დაფუძნებული მეთოდები

რ. იაგერმა [78] -ში OWA ოპერატორების წონების ვექტორი გამოთვალა quantifier-ის საშუალებით, ე.წ. განსაკუთრებით რეგულარული ზრდის მონოტონური რაოდენობის განმსაზღვრელი კვანტიფიკატორით (Regular Increasing Monotone (RIM) quantifier), რომელსაც შეუძლია წარმოადგინოს სასურველი აგრეგაციის პროცედურების ინფორმაცია.

განმარტება1 . ფაზი- ჯგუფს (Q) ეწოდება რეგულარულად ზრდარი მონოტონური ხაზი, თუ Q(0)=0, Q(1)=1 და $Q(x) \geq Q(y)$ *როცა* $x > y$.

RIM რაოდენობის განმსაზღვრელ Q-თი OWA ოპერატორის ვექტორი შეგვიძლია განვსაზღვროთ ასე [70]:

$$w_i = Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right) \quad (41)$$

რაოდენობის განმსაზღვრელი აგრეგაცია გამოდის:

$$F_Q(X) = F_W(X) = \sum_{i=1}^{n}\left(Q\left(\frac{i}{n}\right) - Q\left(\frac{i-1}{n}\right)\right) \quad . \quad (42)$$

(31)-ით OWA ოპერატორს და წარმოდგენილ RIM -ს შეიძლება შევხედოთ როგორც ერთიდაიგივე აგრეგირების ოპერატორს. თუკი ვიცით რომელიმე ამოცანის ამოხსნა ან მისი თვისებები, მაშინ ჩვენ შეგვიძლია მეორე ამოცანის ამოხსნა მოვარგოთ პირველს[35].

RIM ქვანტიფაიერი შეესაბამება OWa (S-OWA) ოპერატორს [69,81]. ის განიმარტება შემდეგნაირად:

$$\begin{cases} 0 \quad\quad თუ\, x = 0 \\ \propto + (1 - \propto - \beta) x\, თუ\, 0 < x < 1 \\ 1 \quad\quad თუ\, x = 1 \end{cases}$$

სადაც $\propto \ + \beta \ \leq 1$.

$$orness(Q) = \frac{1}{2}(1 + \propto - \beta)$$

როცა $\propto = 0$, ეს ხდება როგორც და-ტიპის(andlike) S-OWA ქვანტიფაიერი, ხოლო როცა $\beta = 0$, ხდება როგორც ან-ტიპის (orlike) [69].

წარმოდგენილი OWA ოპერატორის წონა W=$(w_1, w_2, \ldots, w_n)$ დისკრეტულ შემთხვევაში იქნება:

$$\begin{cases} \frac{1}{n}(1 - \propto - \beta) + \alpha \quad\quad თუ\, i = 1 \\ \frac{1}{n}(1 - \propto - \beta) \ \ თუ\, i = 2, \ldots, n - 1 \\ \frac{1}{n}(1 - \propto - \beta) + \beta \quad\quad თუ\, i = n \end{cases}$$

$$orness(W) = \frac{1}{n2}(1 + \propto - \beta)$$

$$Q(x) = \begin{cases} 0\, თუ\, 0 \ll x \ll \gamma \\ 1\, თუ\, \gamma \leq x \leq 1 \end{cases}$$

$$orness(Q) = 1 - \gamma.$$

ეს ბიჯი შეიძლება ინტერპრეტირდეს როგორც „სულ მცირე γ ბიჯი“ და OWA- ოპერატორის ორნესი შეიძლება იყოს წყვეტადი.

W=$(w_1 , w_2, \dots., w_n)$ ვექტორი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ:

$$\begin{cases} 1 \text{ თუ } i = k \\ 0 \text{ თუ } i \neq k \end{cases}$$

$$orness(W) = \frac{n-k}{n-1}$$

ცხადია, წონები იცვლებიან [0,1] შუალედში.

შენიშვნა: ოპტიმიზაციის ამოცანაში შეზღუდვებში მონაწილეობს ექსპერტული ორნესი -$\hat{\alpha}$, რომლის შეფასება ჩვენ გადავწყვიტეტ ფსიქომეტრული მიდგომით, როდესაც მომხმარებელი დაიკითხება მისი რისკების მიმართ განწყოფის ფსიქოლოგიურ ტესტში (იხ: დაანართში)

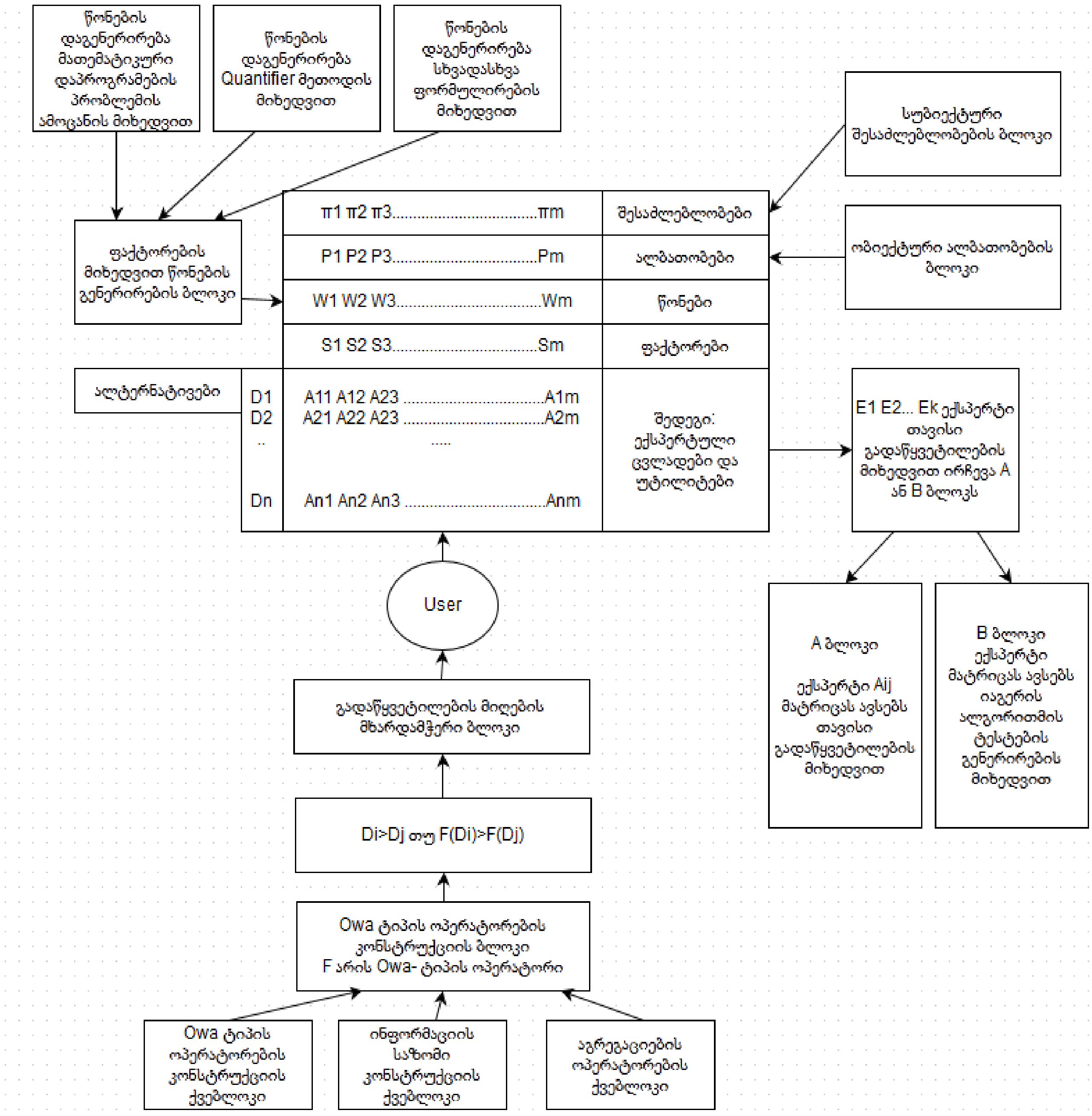
თავი 2 სისტემის არქიტექტურა

2.1 .სისტემის არქიტექტურის ზოგადი მიმოხილვა

სადიპლომო ნაშრომის ფარგლებში შეიქმნა owa ოპერატორებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემა. სისტემა შექმნა ოთხმა მაგისტრანტმა, სამუშაო გადანაწილებული იქნა შემდეგი სქემით:

- ნათია გადელია - საექსპერო შეფასებების ინჟინერია აგრეგირების OWA ოპერატორებზე დაფუძნებული ინტელექტუალური გადაწყვეტილების მიღების სისტემაში.
- ნიკოლოზ გოჩიაშვილი - აგრეგირების OWA–ს ტიპის ოპერატორების კლასი გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალურ სისტემაში.
- თებრონე ვარშანიძე - აგრეგირების OWA -ს ტიპის ოპერატორების წონების გენერირების კლასი ინტელექტუალური გადაწყვეტილების მიღების სისტემაში.
- არჩილ ვარშანიძე - გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის არქიტექტურა და ინჟინერია.

სისტემა web დაფუძნებულია, რაც იმას ნიშნავს რომ არ არის აუცილებელი სისტემის ადმინისტრატორი და ექსპერტები ერთ ოთახში ისხდნენ, ან თუნდაც ერთ ქვეყანაში იმყოფებოდნენ. ექსპერტებს საშუალება აქვთ მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან შევიდნენ ინტერნეტში განთავსებულ პროგრამაში თავიანთი მომხმარებლის სახელითა და პაროლით და დააფიქსირონ საკუთარი ექსპერტული ცოდნა.



სისტემა შედგება რამდენიმე ძირითადი სამომხმარებლო მოდულისგან, რომლებიც აერთიანებენ ერთ ან მეტ სისტემურ მოდულს.

- პროექტების მოდული - სისტემის ძირითადი მოდული. DMS ში ცნება “პროექტი” აერთიანებს ალტერნატიულ გადაწყვეტილებებს, მათ ცალკეულ საექსპერტო შეფასებებს, საბოლოო შეფასებას, “წონებს” და ამ ყველაფრისგან გამომავალ რანჟირებულ ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესი გადაწყვეტილებისკენ. პროექტი არის ალტერნატიული გადაწყვეტილებებიდან საუკეთესოს ამორჩევასთან დაკავშირებული ყველა ინფორმაციის ერთობლიობა.
    - პროექტების სია - ქვემოდული, საიდანაც შეიძლება ყველა პროექტის შესახებ ზოგადი ინფორმაციის ნახვა, შეფასებების რაოდენობის ნახვა, კონკრეტული პროექტის დეტალებში შესვლა და რედაქტირება.
    - პროექტის დამატება - ქვემოდული, საიდანაც შეიძლება ახალი პროექტის დამატება. პროექტის დამატებისას განისაზღვრება პროექტის დასახელება. ასევე ალტერნატივები და ფაქტორები რომლებზე მოქმედებების შედეგადაც საბოლოო ჯამში აირჩევა საუკეთესო ალტერნატივა. აქვე განისაზღვრება ექსპერტების სია, რომლებიც მუშაობენ ამ კონკრეტულ პროექტზე. სიიდან ყოველ არჩეულ ექსპერტს მიუვა მოწვევა, რომ გააკეთონ შეფასება.
    - პროექტის რედაქტირება - ქვემოდული რომელიც თითქმის იგივეა რაც პროექტის დამატების მოდული, იმ განსხვავებით რომ აქ შემოსვლისას ველების მნიშვნელობები უკვე შევსებულია და შეიძლება მათი შესწორება
    - პროექტის დეტალები - ქვემოდული რომელიც პროექტების მოდულში ყველაზე მნიშვნელოვანია. აქ მომხმარებელი ხედავს არჩეული პროექტის ყველა დეტალს. პროექტის დეტალების ქვემოდული შედგება რამდენიმე ჩანართისგან რომლებიც ფაქტიურად დალაგებულია პროექტის ეტაპების მიმდინარეობის მიხედვით.
        - ზოგადი ინფორმაცია - ამ ჩანართში მომხმარებელი ხედავ ფაქტიურად იმ ინფორმაციას, რითიც შეიქმნა პროექტი - ალტერნატივებს, ფაქტორებს და ექსპერტებს

- ექსპერტის შეფასებები - ჩანართში მომხმარებელი ხედავს თითოეული მოწვეული ექსპერტის დადასტურებულ შეფასებას.
- საბოლოო შეფასება - ჩანართში მომხმარებელი ხედავს ექსპერტონების მეთოდით გაერთიანებულ შეფასებას. თუ პროექტზე მოწვეული ექსპერტების რაოდენობა ერთზე მეტია, საჭირო ხდება შეფასებების მატრიცების გაერთიანება ერთ საბოლოო მატრიცაში. აქ მომხმარებელი სწორედ ამ მატრიცას ხედავს.
- წონების გენერაცია - ჩანართში მომხმარებელი ხედავს თუ რა წონები დააგენერირა ამ პროექტზე, და შესაძლებლობა აქვს შეცვალოს ისინი. წონები საჭიროა აგრეგაციის კონკრეტული მეთოდებისთვის. აღსანიშნავია რომ ის მეთოდები რომელთაც სჭირდებათ აგრეგაცია, იყენებენ ყველა შესაძლო წონას რომ დააგენერირონ აგრეგაციები. ანუ თუ დაგენერირებულია წონები სამი განსხვავებული მეთოდით, OWA აგრეგაცია მოგვცემს სამ განსხვავებულ შედეგს - თითოს თითო წონისთვის
- აგრეგაცია - საბოლოო ჩანართი სადაც ზემოთ აღნიშნული ინფორმაციის გამოყენებით უკვე ხდება აგრეგაციის ოპერატორის არჩევა და არჩეული ოპერატორის გამოყენებით გადაწყვეტილებათა რანჟირება უკეთესისგან უარესისკენ. ჩანართი ინახავს ყველა დაგენერირებულ აგრეგაციას. აგრეგაციის სახელზე დაწკაპუნებით შეიძლება დეტალებში შესვლა, სადაც უკვე ჩანს აგრეგაციის შედეგი ქულების მიხედვით

- შეფასებების მოდული - ექსპერტების სამუშაო ძირითადი მოდული. როცა ექსპერტი ჩართულია პროექტში, აუცილებელია მან საკუთარი ექსპერტული შეფასება დააფიქსიროს. ამ შეფასებების დასაფიქსირებლად არის განკუთვნილი შეფასებების მოდული.

- შეფასებების სია - ქვემოდული, საიდანაც ექსპერტს შეუძლია ნახოს ყველა პროექტის სია სადაც მონაწილეობს, ასევე ნახოს რომელი პროექტი აქვს შეფასებული და რომელი არა.

- შეფასების დეტალები - ქვემოდული, საიდანაც ექსპერტი შედის უკვე პროექტის შეფასებაში. აქ ჩანს ალტერნატივები, ფაქტორები და უკვე გაკეთებული შეფასებები. ექსპერტს პროექტის შეფასება შეუძლია გააკეთოს რამდენჯერმე, მანამ, სანამ არ დაადასტურებს რომ ეს შეფასება საბოლოოა. დადასტურების შემდეგ პროექტის შეფასების ცვლილება აღარ შეიძლება. როცა პროექტში მოწვეული ყველა ექსპერტი დაადასტურებს თავის შეფასებას, ყველა ექსპერტი შეფასება გაერთიანდება საბოლოო შეფასებაში

- ექსპერტს შეუძლია გააკეთოს შეფასება 2 გზით

  - პირდაპირი შეფასება - როცა ექსპერტი შეფასებას აკეთებს პირდაპირი გზით, ანუ ქულას უწერს თითოეულ ალტერნატივას თითოეული ფაქტორისთვის.

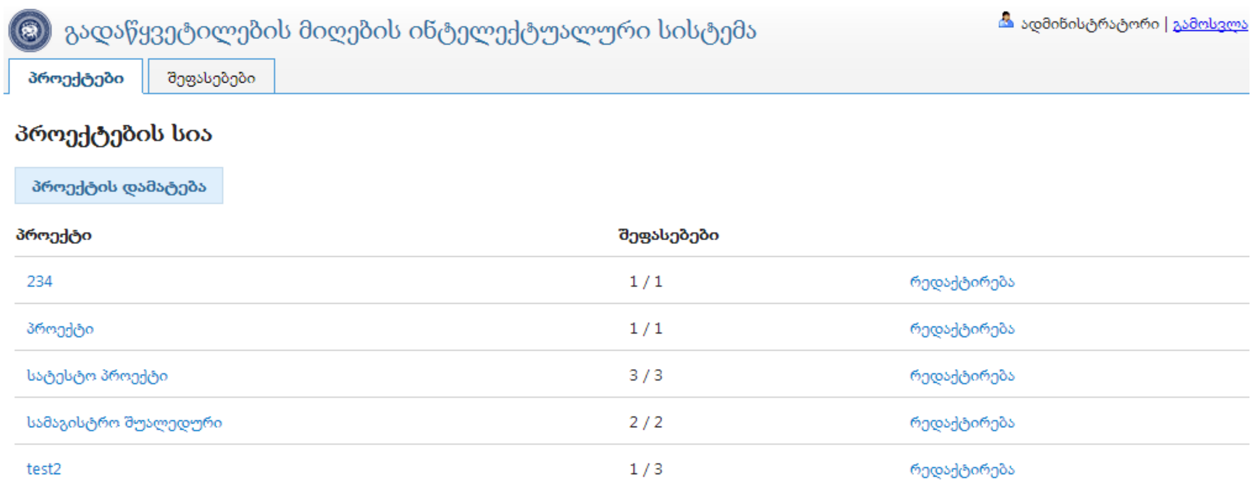
  - არაპირდაპირი გზა - გამოიყენება როცა ექსპერტი არ არის მზად პირდაპირი გზით შეაფასოს პროექტი. მას საშუალება ეძლევა გასცეს წინასწარ დაგენერირებულ ტესტურ შეკითხვებს პასუხი, რის შემდეგაც იაგერის ალგორითმის გამოყენებით სისტემა თვითონ გააკეთებს შეფასებას პირდაპირი გზით.

2.2. მომხმარებლის სახელმძღვანელო

ამჟამად სისტემაში 2 სხვადასხვა როლის მომხმარებელია: ადმინისტრატორი რომელიც არეგისტრირებს და ამუშავებს პროექტებს და ექსპერტი - აკეთებს თითოეულ პროექტში ექსპერტულ შეფასებებს. ადმინისტრატორი სისტემაში შეიძლება თვითონვე იყოს ექსპერტიც და აფიქსირებდეს საკუთარ ცოდნას.

სისტემა შედგება ორი ძირითადი სამომხმარებლო მოდულისგან, ესენია პროექტების მოდული და შეფასებების მოდული. პროექტების მოდულში ჩვეულებრივი მომხმარებელი

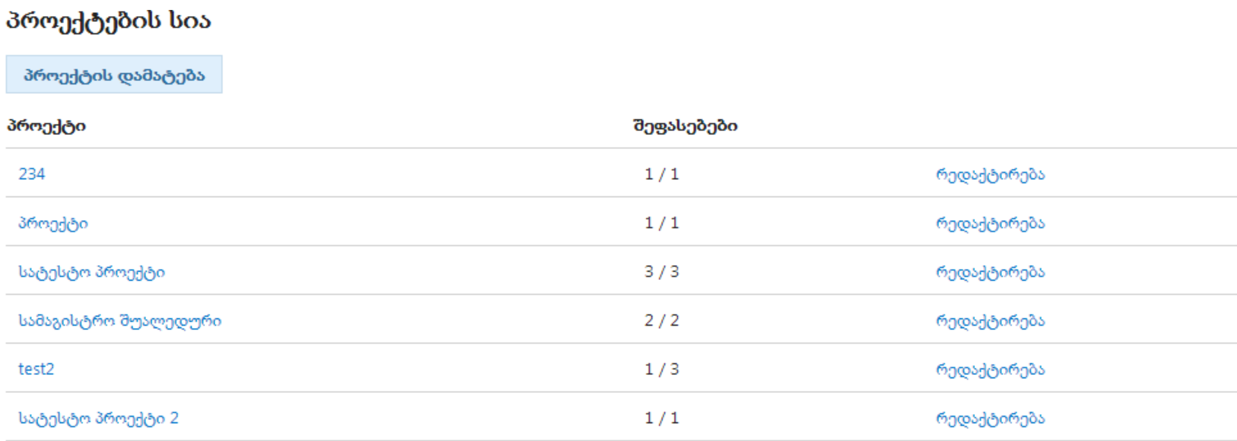
არეგისტრირებს პროექტებს, ხოლო შეფასებების მოდულში ექსპერტი იძლევა ექსპერტულ შეფასებებს, როგორც კი პროექტი დარეგისტრირდება შესაბამის ექსპერტს აღნიშნული პროექტი ჩავარდება შეფასებების ნაწილში.



2.2.1. პროექტების მოდული

DMS ში ცნება “პროექტი” აერთიანებს ალტერნატიულ გადაწყვეტილებებს, მათ ცალკეულ საექსპერტო შეფასებებს, საბოლოო შეფასებას, “წონებს” და ამ ყველაფრისგან გამომავალ რანჟირებულ ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესი გადაწყვეტილებისკენ. პროექტი არის ალტერნატიული გადაწყვეტილებებიდან საუკეთესოს ამორჩევასთან დაკავშირებული ყველა ინფორმაციის ერთობლიობა.

პროექტების სიის შემადგენელი მთავარი ელემენტია პროექტების ცხრილი. პირველ სვეტში პროექტის დასახელებაა, რომელიც ამავდროულად ლინკია პროექტის დეტალების მოდულში შესასვლელად. შემდეგი სვეტი ასახავს შეფასებების რაოდენობას ფორმატში „დადასტურებული შეფასებები / ყველა შეფასება“. მესამე სვეტში მოთავსებულია ლინკი რედაქტირების მოდულზე.



პროექტების სია

პროექტის დამატება

პროექტი	შეფასებები	
234	1 / 1	რედაქტირება
პროექტი	1 / 1	რედაქტირება
სატესტო პროექტი	3 / 3	რედაქტირება
სამაგისტრო შუალედური	2 / 2	რედაქტირება
test2	1 / 3	რედაქტირება
სატესტო პროექტი 2	1 / 1	რედაქტირება

ღილაკ „პროექტის დამატებას" გადავყავართ პროექტის დამატების ქვემოდულზე

2.2.2 პროექტის დამატება

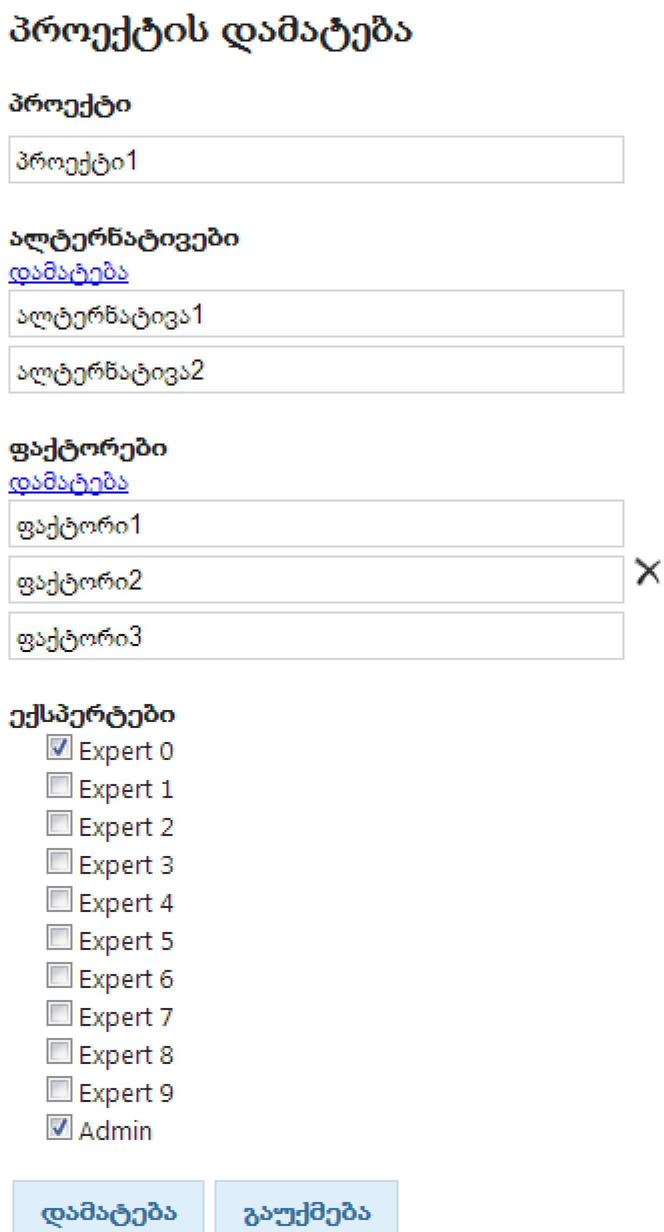
როგორც სახელი მიგვანიშნებს, პროექტის დამატების მოდულიდან შეიძლება ახალი პროექტის შექმნა. ეს მოდული შედგება შემდეგი ველებისგან:

- პროექტის დასახელება - მოკლე, მარტივი სახელი პროექტისათვის. ამ ველის შევსება აუცილებელია.

- ალტერნატივები - სხვადასხვა გადაწყვეტილება, რომელთაგანაც სამომავლოდ აირჩევა საუკეთესო. ლინკი „დამატება" აჩენს ტექსტურ ველს ახალი ალტერნატივის დასამატებლად, ხოლო ველის გასწვრივ მდებარე შავი „X" შლის შესაბამის ალტერნატივას. აუცილებელია მინიმუმ ერთი ალტერნატივის მითითება

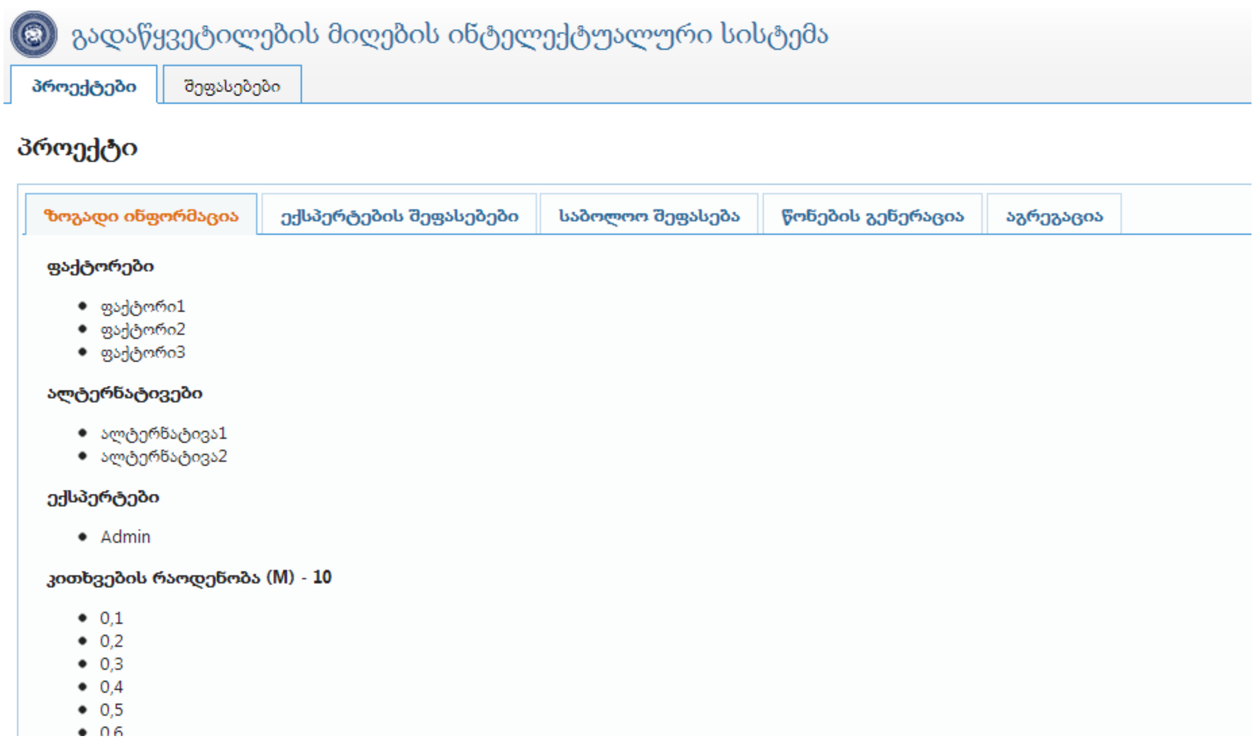
- ფაქტორები - სხვადასხვა ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ალტერნატივებზე. ლინკი „დამატება" აჩენს ტექსტურ ველს ახალი ფაქტორის დასამატებლად, ხოლო ველის გასწვრივ მდებარე შავი „X" შლის შესაბამის ფაქტორს. აუცილებელია მინიმუმ ერთი ფაქტორის მითითება

- ექსპერტები - აქ ჩანს სისტემაში მოქმედი ყველა აქტიური ექსპერტის სია და უნდა მოინიშნოს ყველა ექსპერტი რომელთაც ევალებათ დააფიქსირონ საკუთარი ცოდნა პროექტთან მიმართებაში. ადმინისტრატორი ასევე შეიძლება იყოს ექსპერტი, ამიტომ ისიც ჩანს ამ სიაში. აუცილებელია მინიმუმ ერთი ექსპერტის მონიშვნა.

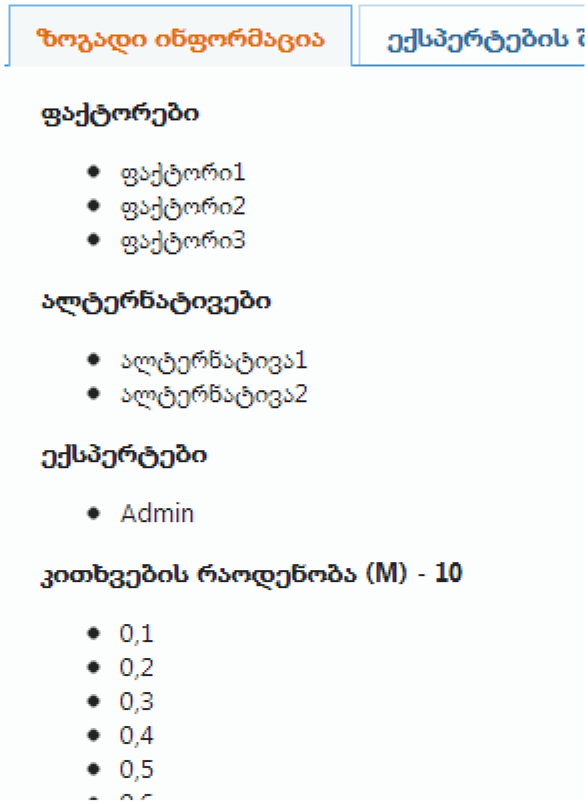

პროექტის დამატება
პროექტი
პროექტი1
ალტერნატივები
დამატება
ალტერნატივა1
ალტერნატივა2
ფაქტორები
დამატება
ფაქტორი1
ფაქტორი2
ფაქტორი3
ექსპერტები
Expert 0
Expert 1
Expert 2
Expert 3
Expert 4
Expert 5
Expert 6
Expert 7
Expert 8
Expert 9
Admin
დამატება
გაუქმება

2.2.3 პროექტის დეტალები

პროექტების დეტალების ქვემოდული პროექტების მოდულში ყველაზე მნიშვნელოვანია. აქ მომხმარებელი ხედავს არჩეული პროექტის ყველა დეტალს. პროექტის დეტალების ქვემოდული შედგება რამდენიმე ჩანართისგან რომლებიც ფაქტიურად დალაგებულია პროექტის პროგრესირების მიხედვით. ასევე, პროექტების დეტალებში ჩანართები ემატება საჭიროების მიხედვით - წონების გენერაციის და აგრეგაციის ჩანართები ჩნდება მხოლოდ მაშინ, როცა ყველა ექსპერტი შეაფასებს პროექტს და დაითვლება საბოლოო შეფასება.



ზოგადი ინფორმაცია - ამ ჩანართში მომხმარებელი ხედავს იმ ინფორმაციას, რითიც შეიქმნა პროექტი - ალტერნატივებს, ფაქტორებს და ექსპერტებს.



ექსპერტის შეფასებები - ჩანართში მომხმარებელი ხედავს თითოეული მოწვეული ექსპერტის შეფასებას.


სატესტო პროექტი

ზოგადი ინფორმაცია | ექსპერტების შეფასებები | საბოლოო შეფასება

Expert 0

	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,60	0,60	0,90
ალტერნატივა2	0,69	0,79	0,89
ალტერნატივა3	0,79	0,69	0,69

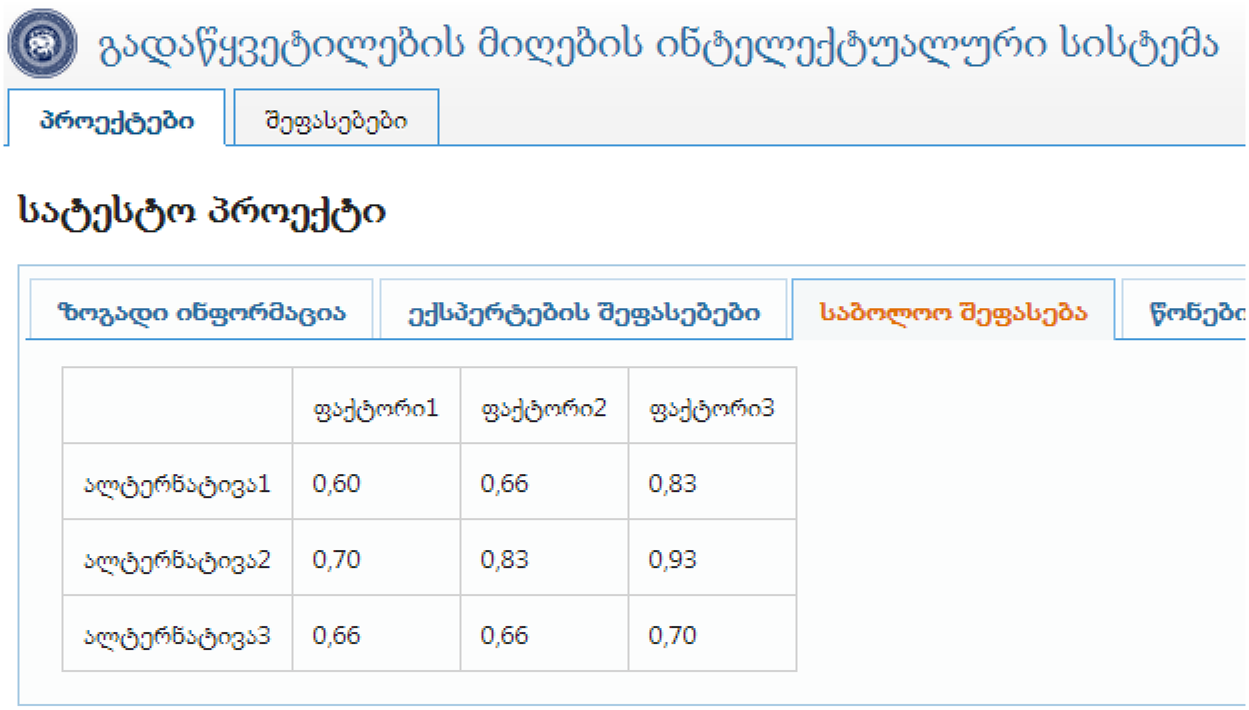
Expert 1

	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,69	0,49	0,79
ალტერნატივა2	0,60	0,70	0,90
ალტერნატივა3	0,69	0,59	0,49

Admin

2.2.4 საბოლოო შეფასება

ჩანართში მომხმარებელი ხედავს ექსპერტონების მეთოდით გაერთიანებულ შეფასებას. თუ პროექტზე მოწვეული ექსპერტების რაოდენობა ერთზე მეტია, საჭირო ხდება შეფასებების მატრიცების გაერთიანება ერთ საბოლოო მატრიცაში. აქ მომხმარებელი სწორედ ამ მატრიცას ხედავს.



	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,60	0,66	0,83
ალტერნატივა2	0,70	0,83	0,93
ალტერნატივა3	0,66	0,66	0,70

2.1.5 წონების გენერაცია - ჩანართში მომხმარებელი ხედავს თუ რა წონები დააგენერირა ამ პროექტზე, და შესაძლებლობა აქვს შეცვალოს ისინი. წონები საჭიროა აგრეგაციის კონკრეტული მეთოდებისთვის. აღსანიშნავია რომ ის მეთოდები რომელთაც სჭირდებათ აგრეგაცია, იყენებენ ყველა შესაძლო წონას რომ დააგენერირონ აგრეგაციები. ანუ თუ დაგენერირებულია წონები სამი განსხვავებული მეთოდით, OWA აგრეგაცია მოგვცემს სამ განსხვავებულ შედეგს - თითოს თითო წონისთვის. წონების გენერირება შეიძლება 5 სხვადასხვა მეთოდით:

1. წონების დაგენერირება Orness მეთოდით:

OWA ოპერატორის წონების დაგენერირების ამ მიდგომის ამოხსნა დამოკიდებულია შემდეგ მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანაზე:

$$\text{maximize} \quad \mathrm{Disp}(W) = -\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i$$

$$\mathrm{Orness}(W) = \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \le \alpha \le 1$$

$$w_1 + \ldots\ldots + w_n = 1\ , \quad 0 \le w_i \le 1 \quad i=1,\ldots,n.$$

სადაც α არის მომხმარებლის რისკების მიმართ განწყობის საზომის კოეფიციენტი, რომელის ექვივალენტურია შეფასებები ოპტიმისტური Orness კოეფიციენტის (ჩვენი მოსაზრება) .

სხვადასხვა განტოლებების ამოხსნით ვღებულობთ:

$$w_1\,[(n-1)a + 1 - n\,w_1\,)]^n = ((n-1)\,a)^{n-1}\,[((n\text{-}1)\,a - n)\,w_1\, + 1].$$

ზემოთ მოცემული განტოლების ამოსახსნელად ნიუტონის ფორმულით ვადგენთ კოეფიციენტებს, ვპოულობთ პოლინომის ფესვების მიახლოებებს,რის შემდეგაც მოცემული ამონახსებიდან ვარჩევთ საუკეთესოს ფესვთა განცალებით.

შემდგომ

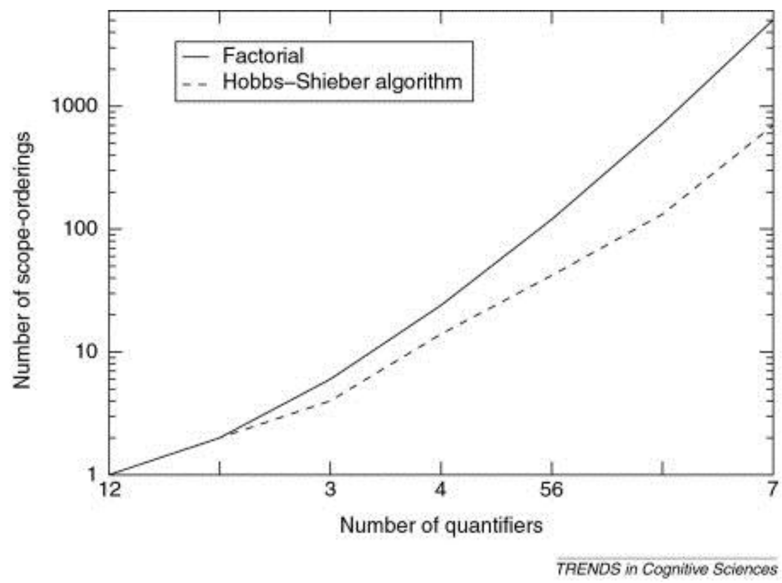
$$w_n = \frac{((n-1)a-n)\mathrm{w}1+1}{(n-1)a+1-nw1}$$

$$w_j = \sqrt[n-1]{w_1^{\,n-j} w_n^{\,j-1}}$$

შედეგად ვღებულობთ OWA ოპერატორის წონების ვექტორს.

2. წონების დაგენერირება Quantifier მეთოდის საშუალებით

განვიხილოთ შემდეგი გრაფიკი:



1. არა კლებადობის შემთხვევაში :

Q(0)=0, Q(1)=1, თუკი $r_1 > r_2$ მაშინ Q(r_1)>Q(r_2)

2. ხოლო როცა გრაფიკი კლებადია მაგ შემთხვევაში:

Q(0)=1, Q(1)=0, თუკი $r_1 < r_{12}$ მაშინ Q(r_1)<Q(r_2)

აქედან შეგვიძლია დავინახოთ რომ

$$Q(r) = \begin{cases} 0 & \text{თუ } r < a \\ \dfrac{r-a}{b-a} & \text{თუ } a \le r \le b \\ 1 & \text{თუ } r > b \end{cases}$$

როცა $a_i = A_i$ (x) ყველა ცვლადის შემთხვევაში x არის F_q (a_1, a_2,… a_n) სადაც F_q არის ერთ-ერთი OWA ოპერატორი. წონები , რომლებიც დაკავშირებულია თვლად აგრეგაციებთან მიიღება შემდეგნაირად

$$w_i = Q(\frac{i}{n})^a - Q(\frac{i-1}{n})^a, \text{ i=1,…,n}$$

სადაც a არის რიცხვი, მოთავსებული [0,1] საზღვრებში. ეს რიცხვი მოცემული მეთოდისთვის წარმოადგენს შემავალ მონაცემს.

ფორმულის განმარტების თანახმად უკვე ჩვენთვის ცნობილია ალგორითმი, როგორ დაითვლება წონები.

3. Method1, Method2, Method3.

შემდეგი სამი მეთოდოლოგია არის არგუმენტზე დამოკიდებული ფუნქციების შემდეგი ფორმულირებები:

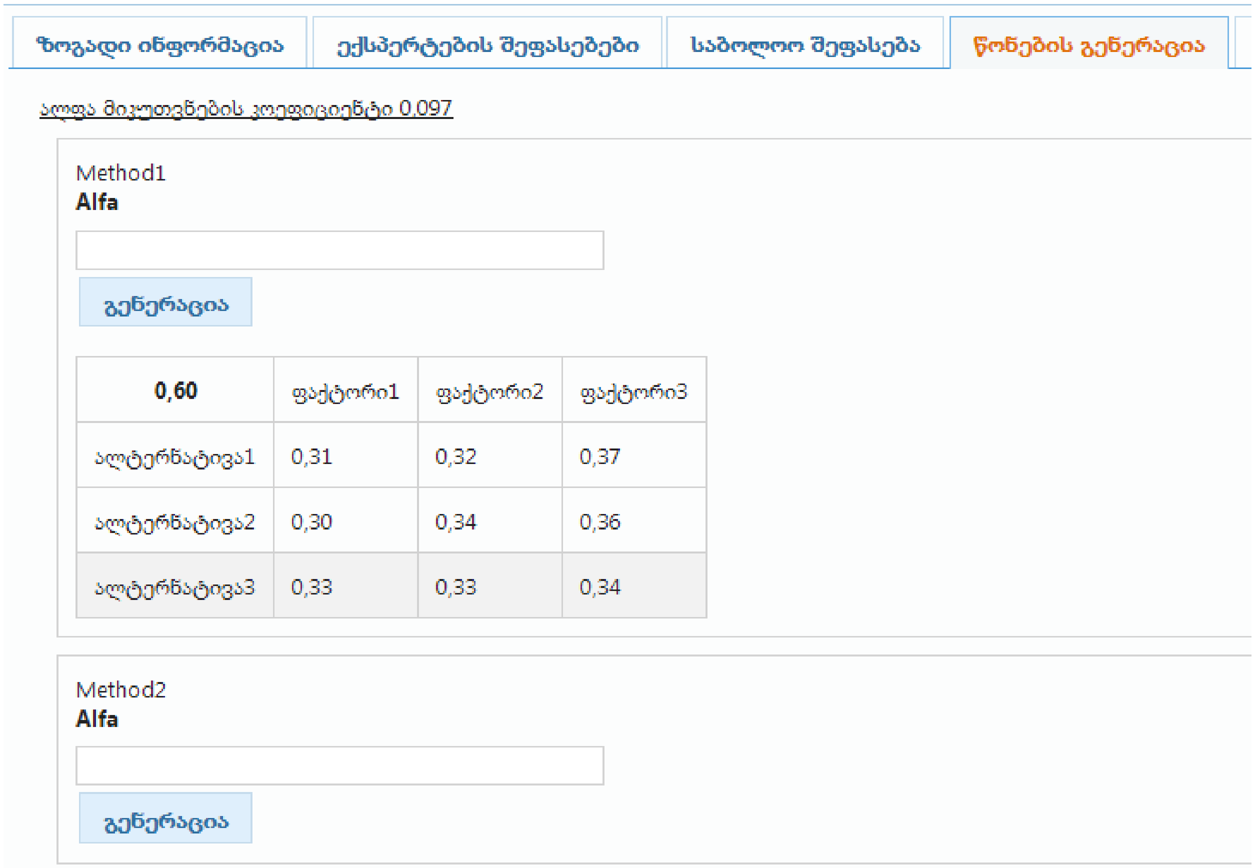
$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} B_k^a}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{B_k^a}}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} (1 - B_k)^a}$$

სადაც B არის იაგერის ალგორითმით დაგენერირებული A ვექტორის არაკლებადობით დალაგებული ვარიანტი, ხოლო a არის დადებითი რიცხვი. მოცემული ალგორითმისთვის a

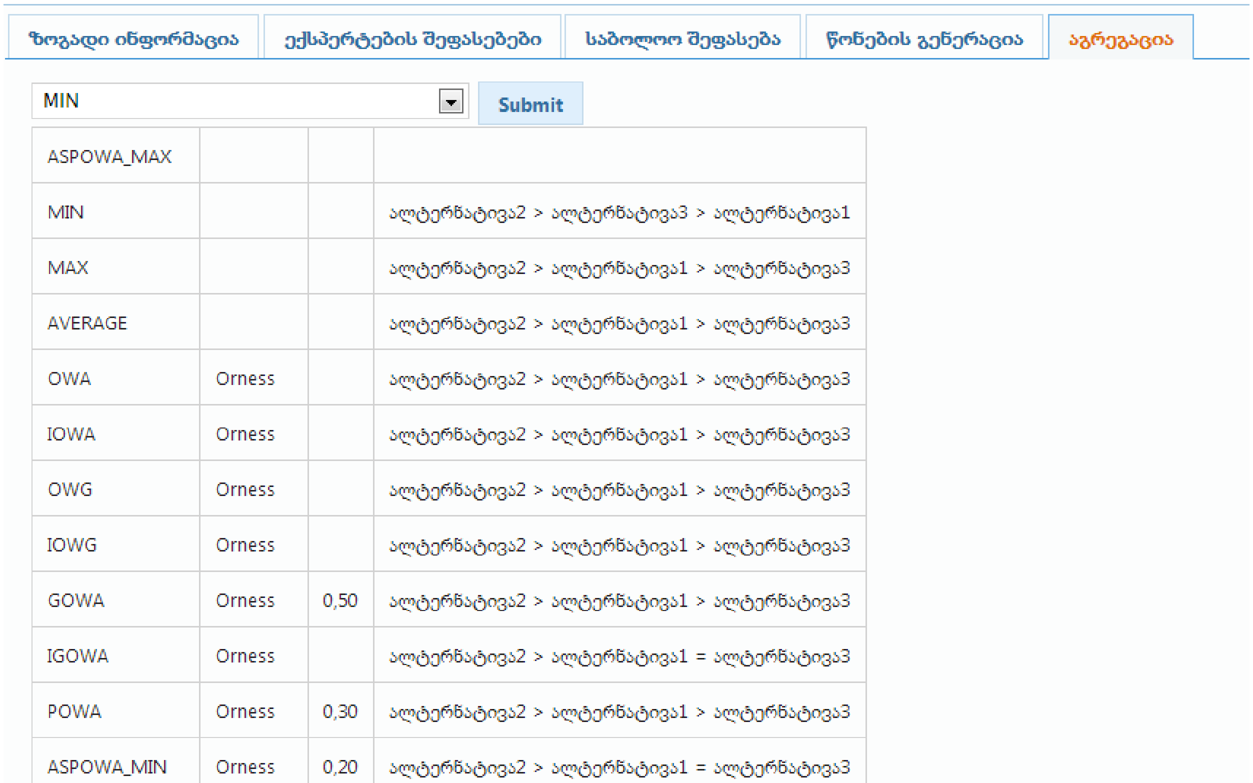
წაარმოადგენს შემავალ მონაცემს.



0,60	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,31	0,32	0,37
ალტერნატივა2	0,30	0,34	0,36
ალტერნატივა3	0,33	0,33	0,34

2.2.5 აგრეგაცია

საბოლოო ჩანართი სადაც ზემოთ აღნიშნული ინფორმაციის გამოყენებით უკვე ხდება აგრეგაციის ოპერატორის არჩევა და არჩეული ოპერატორის გამოყენებით გადაწყვეტილებათა რანჟირება უკეთესისგან უარესისკენ. ჩანართი ინახავს ყველა დაგენერირებულ აგრეგაციას. აგრეგაციის სახელზე დაწკაპუნებით შეიძლება დეტალებში შესვლა, სადაც უკვე ჩანს აგრეგაციის შედეგი ქულების მიხედვით



ASPOWA_MAX			
MIN			ალტერნატივა2 > ალტერნატივა3 > ალტერნატივა1
MAX			ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
AVERAGE			ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
OWA	Orness		ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
IOWA	Orness		ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
OWG	Orness		ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
IOWG	Orness		ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
GOWA	Orness	0,50	ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
IGOWA	Orness		ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 = ალტერნატივა3
POWA	Orness	0,30	ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 > ალტერნატივა3
ASPOWA_MIN	Orness	0,20	ალტერნატივა2 > ალტერნატივა1 = ალტერნატივა3

აგრეგაციის ჩანართი შედგება 2 სექციისგან - ზემოთ არის აგრეგაციის დამატება ხოლო ქვემოთ უკვე დაგენერირებული აგრეგაციების სია. პირველ ნაწილში მარცხნივ ვირჩევთ აგრეგაციის ტიპს, და ვაჭერთ „გენერაცია“ აგრეგაციის დასამატებლად. ამის შემდეგ შედეგები ემატება ქვედა ცხრილში. პირველ სვეტში არის აგრეგაციის სახელი, რომელიც ამავდროულად ლინკია აგრეგაციის დეტალებზე. შემდეგ სვეტში არის წონის გენერაციის მეთოდი, შემდეგ ლამბდა, ხოლო ბოლო სვეტში რანჟირებული აგრეგაციები უკეთესისგან უარესისკენ.

თავი 3. დიპლომის მოდულები

3.1 დიპლომის მოდულების ადგილი სისტემაში

ჩემი სადიპლომო ნაშრომი ეხება OWA ოპერატორების წონების გენერირებას გადაწყვეტილების მიღების სისტემაში და რისკების კოეფიციენტის გამოთვლას ერთ-ერთი წონის გენერირების მეთოდისათვის, რომელიც განხილული ირო წინა თავი 1-ში.

სადიპლომო ნაშრომის ინტეგრაცია სისტემაში მოცემული მაქვს შემდეგნაირად:

როდესაც ექსპერტონების მეთოდი [80], რომლის რეალიზაცია მოცემულია მოდულში (იხ სქემა), მოდული დააგენერირებს ექსპერტების საბოლოო შეფასებებს, გადაწყვეტილების მიღების OWA ოპერატორების გამოყენებისთვის მას სჭირდება დაგენერირებული წონები. წონების გენერირების რამოდენიმე მეთოდოლოგია არსებობს, სისტემაში ინტეგრირებულია OWA ოპერატორის წონის გენერირების ხუთი მიდგომა. ესენია: 1. წონების გენერირება Orness-ით, 2. ქვანტიფიკატორით და კიდევ 3,4,5. სამი არგუმენტზე დამოკიდებული მეთოდებით

ჩანართში მომხმარებელი ხედავს თუ რა წონები დააგენერირა ამ პროექტზე, და შესაძლებლობა აქვს შეცვალოს ისინი. წონები საჭიროა აგრეგაციის კონკრეტული მეთოდებისთვის. აღსანიშნავია რომ ის მეთოდები რომელთაც სჭირდებათ აგრეგაცია, იყენებენ ყველა შესაძლო წონას რომ დააგენერირონ აგრეგაციები. ანუ თუ დაგენერირებულია წონები სამი განსხვავებული მეთოდით, OWA აგრეგაცია მოგვცემს სამ განსხვავებულ შედეგს - თითოს თითო წონისთვის. წონების გენერირება შეიძლება 5 სხვადასხვა მეთოდით.განვიხილოთ თითოეული მათგანი მოკლედ:

1. წონების დაგენერირება Orness მეთოდით:

OWA ოპერატორის წონების დაგენერირების ამ მიდგომის ამოხსნა დამოკიდებულია შემდეგ მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანაზე:

$$\text{maximize} \qquad \text{Disp(W)} = \quad -\sum_{i=1}^{n} w_i \ln w_i$$

$$\text{Orness(W)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{n-i}{n-1} w_i = \alpha, \quad 0 \leq \alpha \leq 1$$

$$w_1 + \ldots\ldots + w_n = 1 , \quad 0 \leq w_i \leq 1 \quad \text{i=1,\ldots,n.}$$

სადაც α არის მომხმარებლის რისკების მიმართ განწყობის საზომის კოეფიციენტი, რომელის ექვივალენტურია შეფასებები ოპტიმისტური Orness კოეფიციენტის (ჩვენი მოსაზრება) .

სხვადასხვა განტოლებების ამოხსნით ვღებულობთ:

$$w_1 \left[(n-1)a + 1 - n\, w_1\right)]^n = ((n-1)\, a)^{n-1} \left[((\text{n-1})\, a - n)\, w_1 + 1\right].$$

ზემოთ მოცემული განტოლების ამოსახსნელად ნიუტონის ფორმულით ვადგენთ კოეფიციენტებს, ვპოულობთ პოლინომის ფესვების მიახლოებებს,რის შემდეგაც მოცემული ამონახსებიდან ვარჩევთ საუკეთესოს ფესვთა განცალებით.

შემდგომ

$$w_n = \frac{((n-1)a - n)\text{w}1 + 1}{(n-1)a + 1 - nw1}$$

$$w_j = \sqrt[n-1]{{w_1}^{n-j} {w_n}^{j-1}}$$

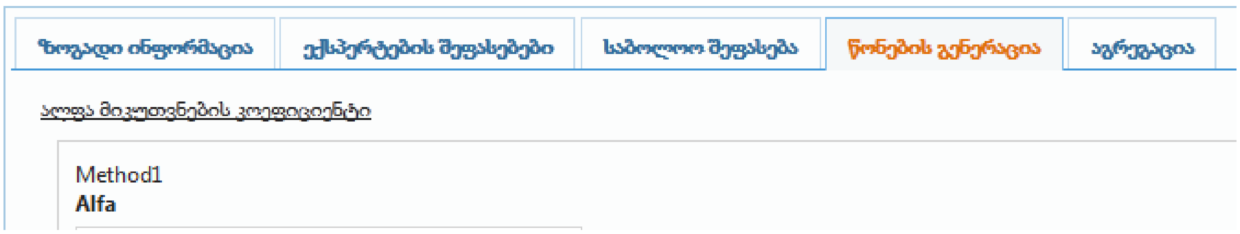
შედეგად ვღებულობთ OWA ოპერატორის წონების ვექტორს.

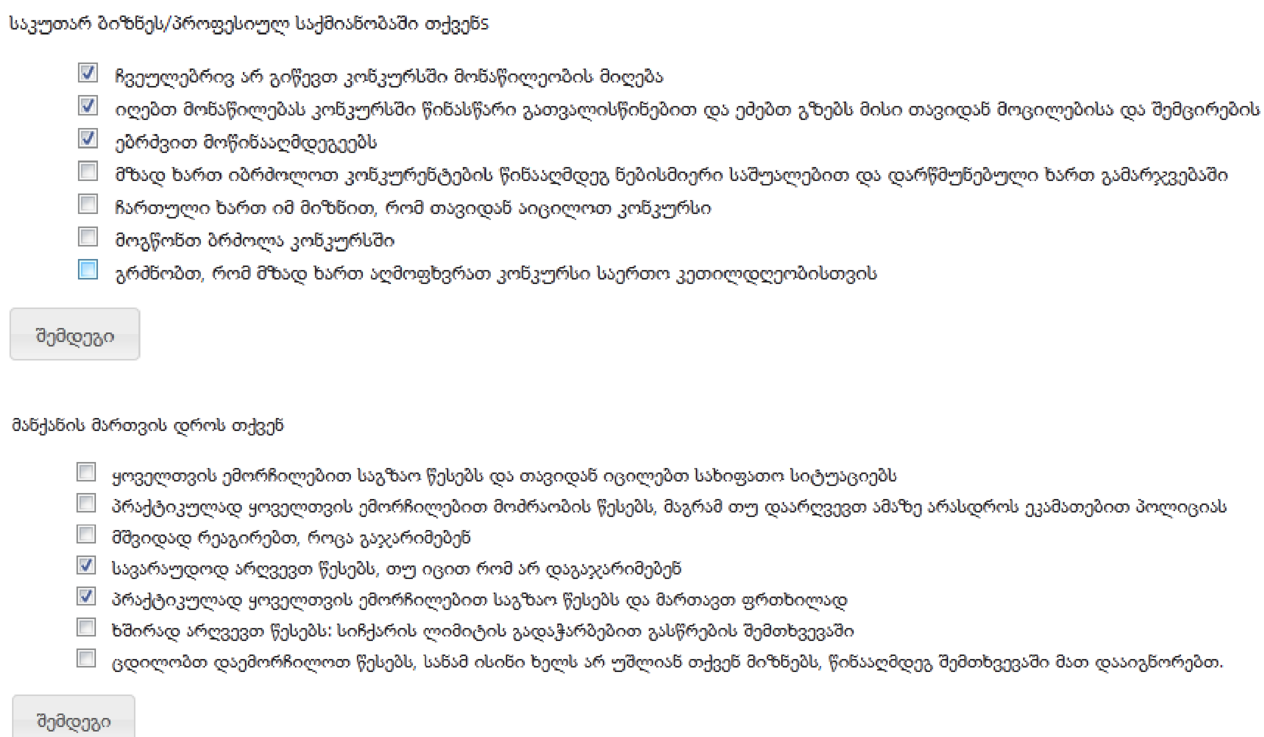
შემავალი მონაცემია ალფა კოეფიციენტი, რომელიც რეალიზდება ფსიქომეტრული ტესტით, რიმელსაც გაივლის მომხმარებელი (იხ. დანართი). ეს არის მომხმარებლის რისკების მიმართ

განწყობის საზომის კოეფიციენტი, რომელის ექვივალენტურია შეფასებები ოპტიმისტური Orness კოეფიციენტის (ჩვენი მოსაზრება) .

ალფა კოეფიციენტს მომხმარებელი ღებულობს შემდეგნაირად: წონების გენერირების ტაბზე მომხმარებელს უჩნდება „ალფა მიკუთვნების კოეფიციენტი“, რომელზე დაჭერითაც იწყებს ტესტების შევსებას

- - - -

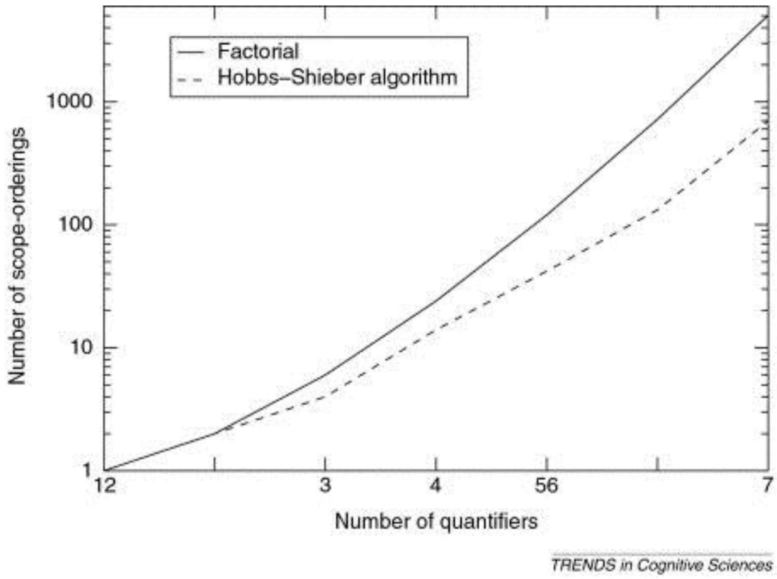




ყველა კითხვაზე პასუხის შემდგომ სისტემა ავტომატურად დაუგენერირებს ალფა კოეფიციენტს, რომელიც მოთავსებულია [0,1] შუალედში. სწორედ ეს რიცხვი არის Orness მეთოდით წონის გენერირებისთვის შემავალი მონაცემი.

2. წონების დაგენერირება Quantifier მეთოდის საშუალებით

განვიხილოთ შემდეგი გრაფიკი:



1. არა კლებადობის შემთხვევაში :

Q(0)=0, Q(1)=1, თუკი $r_1 > r_2$ მაშინ Q(r_1)>Q(r_2)

2. ხოლო როცა გრაფიკი კლებადია მაგ შემთხვევაში:

Q(0)=1, Q(1)=0, თუკი $r_1 < r_{12}$ მაშინ Q(r_1)<Q(r_2)

აქედან შეგვიძლია დავინახოთ რომ

$$Q(r) = \begin{cases} 0 & \text{თუ } r < a \\ \dfrac{r-a}{b-a} & \text{თუ } a \le r \le b \\ 1 & \text{თუ } r > b \end{cases}$$

როცა $a_i = A_i$ (x) ყველა ცვლადის შემთხვევაში x არის F_q (a_1, a_2,… a_n) სადაც F_q არის ერთ-ერთი OWA ოპერატორი. წონები , რომლებიც დაკავშირებულია თვლად აგრეგაციებთან მიიღება შემდეგნაირად

$$w_i = Q(\frac{i}{n})^a - Q(\frac{i-1}{n})^a, \text{ i=1,…,n}$$

სადაც a არის რიცხვი, მოთავსებული [0,1] საზღვრებში. ეს რიცხვი მოცემული მეთოდისთვის წარმოადგენს შემავალ მონაცემს.

ფორმულის განმარტების თანახმად უკვე ჩვენთვის ცნობილია ალგორითმი, როგორ დაითვლება წონები.

3. Method1, Method2, Method3.

შემდეგი სამი მეთოდოლოგია არის არგუმენტზე დამოკიდებული ფუნქციების შემდეგი ფორმულირებები:

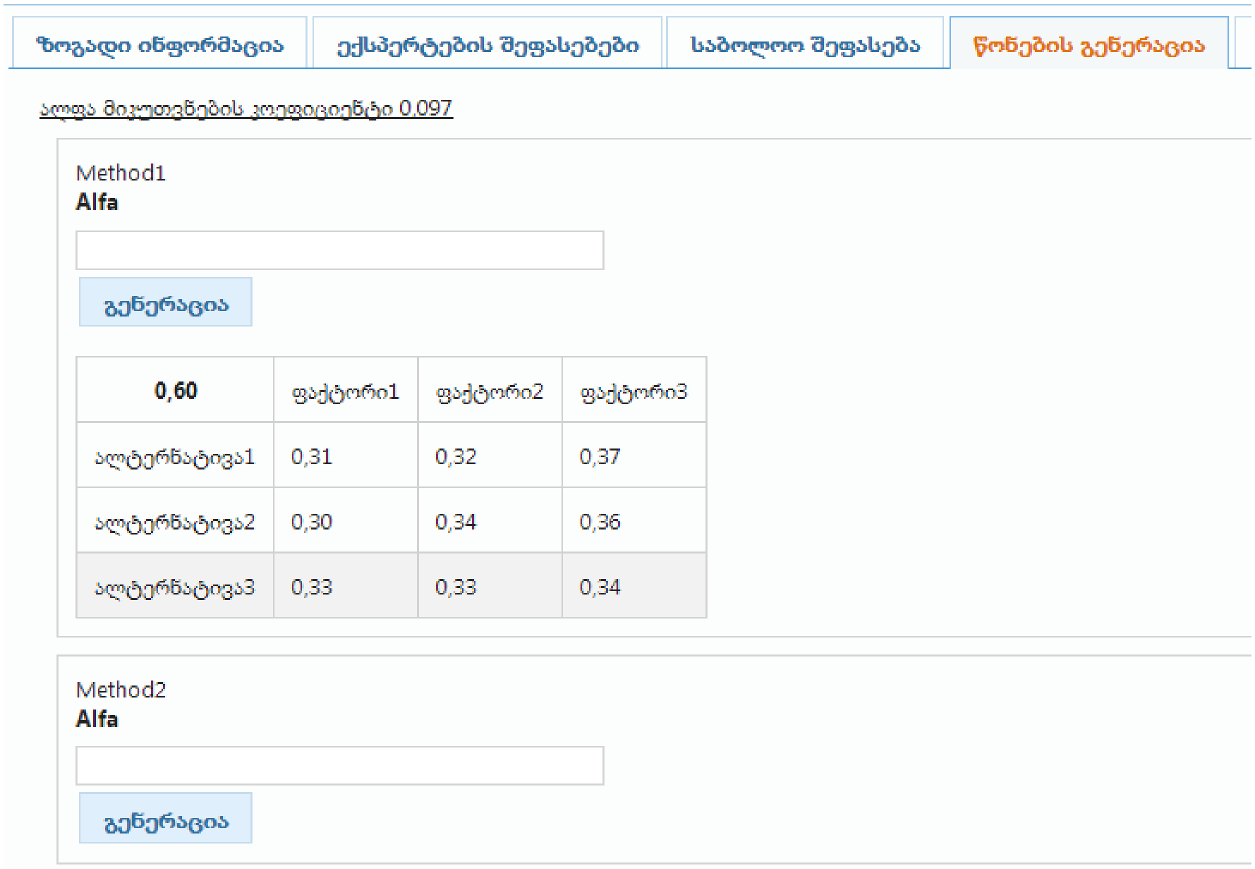
$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^n B_k^a}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^n \frac{1}{B_k^a}}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^n (1 - B_k)^a}$$

სადაც B არის იაგერის ალგორითმით დაგენერირებული A ვექტორის არაკლებადობით დალაგებული ვარიანტი, ხოლო a არის დადებითი რიცხვი. მოცემული ალგორითმისთვის a

წაარმოადგენს შემავალ მონაცემს.



დანართი : რეალიზაციები და რიცხვითი შედეგები

გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალურ სისტემაში (OB-DSS) რეალიზებულია orness-ის გამოყენებით წონის გენერირების მეთოდი, რომელსაც ხშირად მათემატიკური დაპროგრამების პრობლემითაც მოიხსენიებენ, RIM quantifier მეთოდით წონის გენერირება, და ასევე 3 სხვადასხვა ფორმულირება არგუმენტზე დაფუძნებული მეთოდების საშუალებით. განვიხილოთ თითოეული მათგანის დეტალური ალგორითმულ-პროგრამული გადაწყვედა და რიცხვითი ექსპერიმენტები:

1.1 OWAოპერატორის წონის გამოთვლა ORNESS-ის საშუალებით

1.1.1 ამოცანის გადაწყვეტის ალგორითმის წარმოდგენა პროგრამული კოდის საშუალებით

განტოლების ამოსახსნელად ვსარგებლობთ შემდეგი ბიჯებით:

1. ნიუტონის ფორმულით ვადგენთ $w_1\,[(n-1)a+1-n\,w_1\,)]^n$= $((n-1)\;a)^{n-1}$ [((n-1) $a-n)\,w_1\;+1]$. კოეფიციენტებს

2. ვპოულობთ პოლინომის ფესვების მიახლოებებს

3. მოცემული ამონახსებიდან ვარჩევთ საუკეთესოს ფესვთა განცალებით.

შემავალი მონაცემები: WeightAmountN(ალტერნატივების რაოდენობა) და Alfa(რისკების საზომი კოეფიციენტი) .

f(w_1) = g(w_1) გატოლებაში კოეფიციენტების ერთი მხარიდან მეორეზე გადატანით ვღებულობთ შედეგს:

$w_1\,[(n-1)a+1-n\,w_1\,)]^n$ - $((n-1)\;a)^{n-1}$ [((n-1) $a-n)\,w_1\;+1$]=0.

```
double b = (WeightAmountN - 1) * Alfa + 1=0;
```

var list = Mathematics.GetPolinome(-WeightAmountN, b, WeightAmountN);// ნიუტონის მიახლოებაში ფორმულით ითვლება f(w) პოლინომის მნიშვნელობა.

პოლინომის გამოთვლა მოხდა შემდეგნაირად:

```
public static List<double> GetPolinome(double a, double b, int n)
      {
          //niutonis formula
          var list = new List<double>();
          for (int i = 0; i <= n; i++)
          {
             list.Add((double)GetFactorial(n) / (GetFactorial(i) * GetFactorial(n - i)) * Math.Pow(a, n - i) * Math.Pow(b, i));
          }
          return list;
      }
```

ნიუტონის პოლინომი მაძლევს $((n-1)a+1-nw_1)^n$ -ის კოეფიციენტები, თუმცა რადგან ყველა კოეფიციენტი მრავლდება w_1 -ზე, როგორც ეს f(w) ფორმულაშია,

პოლინომი გახდა n+1 ხარისხის და სიაში არსებული ყველა კოეფიციენტი გამრავლდა w_1 -ზე, ანუ ბოლო თავისულაფი კოეფიციენტი აღარ არის თავისუფალი. ეს არის თავისუფალი კოეფიციენტი გამრავლებული w_1 -ზე.

```
var a = Math.Pow((WeightAmountN - 1) * Alfa, WeightAmountN - 1);
          var c = ((WeightAmountN - 1) * Alfa - WeightAmountN) * a; // g(w) ფორმულაში w1-s კოეფიციენტი

          list[list.Count - 1] -= c; //ზემოთ ხსენებული მიზეზიდან გამოდინარე ბოლო ელემენტს ვაკლებთ g(w) ფუნქციაში არსებულ c კოეფიციენტს
          list.Add(-a);
```

```
var d = list[0]; // ყველა კოეფიციენტს ვყოფთ პირველ ელემენტზე, რათა მივიღოთ ნორმირებული კოეფიციენტები:
for (int q = 0; q < list.Count; q++)
{
   list[q] = (double)list[q] / d;
}
```

ახლა რაც შეეხება პოლინომის ამოხსნას. პოლინომის ამოხსნისთვის ვიყენებ წინასწარ ინტერნეტში მოძიებულ კოდს(free), რომელიც $(a + bx)^n$ -სთვის გვაბრუნებს ყველა x ამონახსენს. მიღებული ამონახსნებიდან ჩემთვის ოპტიმალური არის ის, რომელიც მოთავსებული [0,1] შუალედში და ამონახსნით ნაპოვნი წონების ჯამი მაქსიმალურად მიახლოებულია 1-თან.

ვინაიდან უკვე ვიპოვეთ სასურველი w_1, გადავდივართ შემდეგ ბიჯზე, w_1-ს საშუალებით ვითვლით w_n-ს:

```
  private double CalculateWeigntN(double weight1)
     {
         var weightN = (((WeightAmountN - 1) * Alfa - WeightAmountN) * weight1 + 1) /
((WeightAmountN - 1) * Alfa + 1 - WeightAmountN * weight1);

         return weightN;
     }
```

ხოლო წონის ვექტორის შემდეგი მნიშვნელობები გამოითვლება w_1 da w_n-ს მეშვეობით: ამონახსნს აქვს შემდეგი სახე:

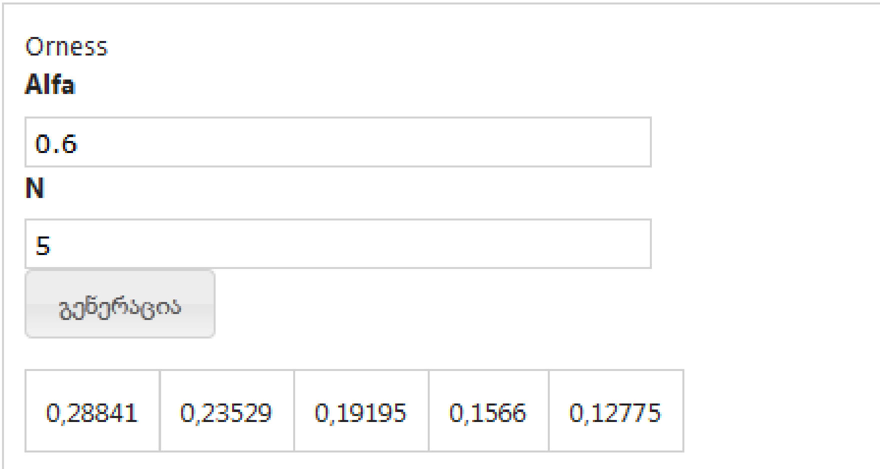
```
 public List<double> GenerateWeights()
     {
         var result = new List<double>();
         var weight1 = CalculateWeight1();
         var weightN = CalculateWeigntN(weight1);
```

```
            result.Add(weight1);

            for (int i = 2; i < WeightAmountN; i++)
            {
                result.Add(Math.Pow(Math.Pow(weight1, WeightAmountN - i) * Math.Pow(weightN, i -
1), (double)1 / (WeightAmountN - 1)));
            }
            result.Add(weightN);

            return result;
        }
```

ვიზუალურად სისტემაში აისახება შემდეგნაირად, ექსპერტების საბოლოო შეფასებების შემდგომ გადავდივართ წონების გენერირებაზე, შემავალი მონაცემებია ალფა და წონის სიგრძე N.

1.1.2 შედეგის წარმოდგენა ვიზუალურად

როგორც ვთქვით, შემავალი მონაცემებია n და a. შემავალი მონაცემების შეყვანის შემდგომ „გენერაცია“ ღილაკზე დაჭერით სისტემა ზემოთ ხსენებული ალგორითმის გამოყენებით დაგვიგენერირებს მონაცემებს.



1.1.3 მაგალითი

დავუშვათ n=5 და α =0.6 .შემდეგი ტოლობიდან :

$$[\ w_1\,\_(1\,)\ [4*0.6+1-5w_1\,\_(1\,)]^5=(4*0.6)^5[1-(5-4*0.6)\ w_1\,]$$

$$w_1\ =0{,}2884$$

$$w_5=\frac{((4*0.6)-5w_1\ +1}{4*0.6+1-5w_1}=0{,}1278$$

$$w_2=\sqrt[4]{w_1{}^3 w_5}=0{,}2353$$

$$w_3=\sqrt[4]{w_1{}^2\ w_5{}^2}=0{,}1920$$

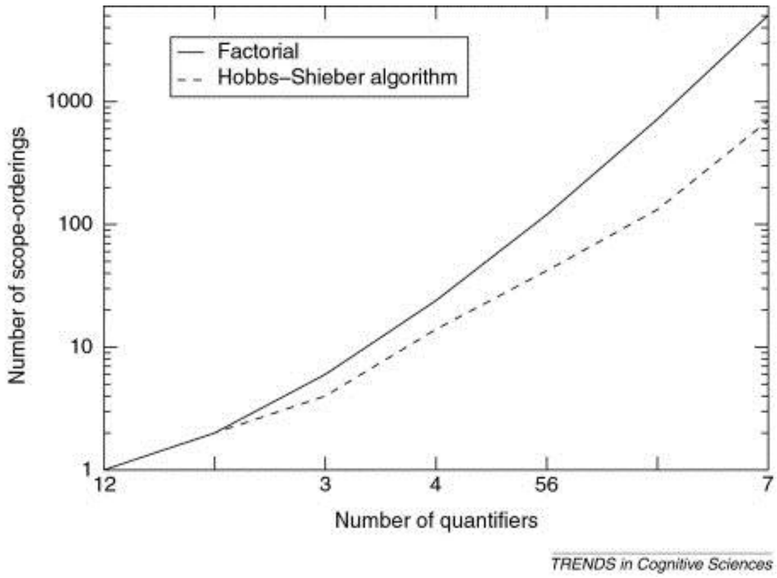
$$w_4=\sqrt[4]{w_1\quad w_5{}^3}=0{,}1920$$

და Disp(W)=1.5692.

1.2 წონების გენერირება QUANTIFIER მეთოდის საშუალებით

1.2.1 ამოცანის მოკლე განხილვა

განვიხილოთ შემდეგი გრაფიკი:



1. არა კლებადობის შემთხვევაში :

Q(0)=0, Q(1)=1, თუკი $r_1 > r_2$ მაშინ Q(r_1)>Q(r_2)

2. ხოლო როცა გრაფიკი კლებადია მაგ შემთხვევაში:

Q(0)=1, Q(1)=0, თუკი $r_1 < r_{12}$ მაშინ Q(r_1)<Q(r_2)

აქედან შეგვიძლია დავინახოთ რომ

$$Q(r) = \begin{cases} 0 & თუ\, r < a \\ \frac{r-a}{b-a} & თუ\, a \le r \le b \\ 1 & თუ\, r > b \end{cases}$$

როცა $a_i = A_i$ (x) ყველა ცვლადის შემთხვევაში x არის F_q (a_1, a_2,… a_n) სადაც F_q არის ერთ-ერთი OWA ოპერატორი. წონები , რომლებიც დაკავშირებულია თვლად აგრეგაციებთან მიიღება შემდეგნაირად

$w_i = Q(\frac{i}{n})^a$ - $Q(\frac{i-1}{n})^a$, i=1,…,n

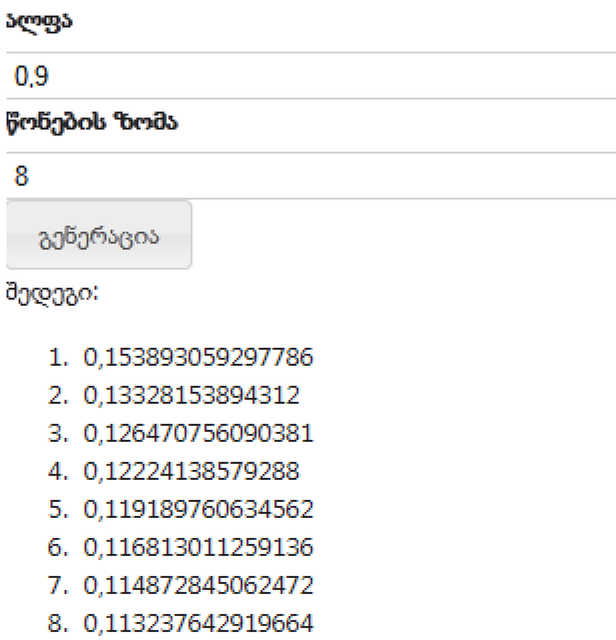
ფორმულის განმარტების თანახმად უკვე ჩვენთვის ცნობილია ალგორითმი, როგორ დაითვლება წონები.

1.2.2 ალგორითმის წარმოდგენა პროგრამული კოდის საშუალებით

```
public List<double> GenerateWeightsByQuantifier(int weightAmountN, double
alfa)
        {
            var weightList = new List<double>();
            double sum = 0;
            for (var i = 1; i <= weightAmountN; i++)
            {
                double Wi = Math.Pow((double)i / weightAmountN, alfa) -
Math.Pow((double)(i - 1) / weightAmountN, alfa);
                weightList.Add(Wi);
                sum += Wi;
            }

            return weightList;
        }
```

1.2.3 შედეგის წარმოდგენა ვიზუალურად

ვიზუალურად სისტემაში აისახება შემდეგნაირად, ექსპერტების საბოლოო შეფასებების შემდგომ გადავდივართ წონების გენერირებაზე, შემავალი მონაცემებია ალფა და წონის სიგრძე N.



1.2.4 მაგალითი

განვიხილოთ შემთხვევა როცა n=3, a=2

$$w_1 = \left(\frac{1}{3}\right)^2 - \left(\frac{1-1}{3}\right)^2 = 0.111111$$

$$w_2 = \left(\frac{2}{3}\right)^2 - \left(\frac{2-1}{3}\right)^2 = 0.333333$$

$$w_3 = \left(\frac{3}{3}\right)^2 - \left(\frac{3-1}{3}\right)^2 = 0.555555$$

1.3. არგუმენტზე დამოკიდებული მეთოდების გამოყენება

1.3.1 ამოცანის მოკლე განხილვა.

წონების დასაგენერირებლად ვიყენებთ შემდეგ ფორმულებს:

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} B_k^a}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} \frac{1}{B_k^a}}$$

$$w_i = \frac{B_j^a}{\sum_{k=1}^{n} (1 - B_k)^a}$$

სადაც B ელემენტები არის რ. იაგერის ალგორითმით [68] დაგენერირებული A ელემენტების დალაგებული წარმოდგენა, ხოლო ალფა არის რისკების საზომი კოეფიციენტი

1.3.2 ალგორითმის წარმოდგენა პროგრამული კოდის საშუალებით

ფორმულების მიხედვით გრაფიკები სხვადასხვაგვარია, პირველი გრაფიკი იქნება ზრდადი, ხოლო დანარჩენი ორი კი კლებადი.

```
public enum CalculateMethod { Method1, Method2, Method3 };
    public class GenerateWeightWithA
    {
        public List<List<double>> GenerateWeight(double alfa, List<List<double>> matrixA,
CalculateMethod calcMethod)
        {
            var result = new List<List<double>>();
            switch (calcMethod)
            {
```

```
                case CalculateMethod.Method1:
                    result = MethodUniversal(alfa, matrixA, (val) => { return val; });
                    break;
                case CalculateMethod.Method2:
                    result = MethodUniversal(alfa, matrixA, (val) => { return 1.0 / val;
});
                    break;
                case CalculateMethod.Method3:
                    result = MethodUniversal(alfa, matrixA, (val) => { return 1.0 - val;
});
                    break;
            }
            return result;
        }

        private List<List<double>> MethodUniversal(double alfa, List<List<double>>
matrixA, Func<double, double> func)
        {
            var result = new List<List<double>>();

            for (int i = 0; i < matrixA.Count; i++)
            {
                var orderedList = matrixA[i].OrderBy(t => t).ToList<double>();

                double sum = orderedList.Sum(t => Math.Pow(func(t), alfa));


                var listTemp = new List<double>();
                for (int j = 0; j < orderedList.Count; j++)
                {
                    listTemp.Add(Math.Pow(func(orderedList[j]), alfa) / sum);
                }

                result.Add(listTemp);
            }

            return result;
        }
```

}

1.3.3 შედეგის წარმოდგენა ვიზუალურად

ვიზუალურად აქვს ასეთი სახე:

დავუშვათ, ექსპერტების საბოლოო შეფასებას აქვს შემდეგი სახე:

პროექტი 1

ზოგადი ინფორმაცია | ექსპერტების შეფასებები | საბოლოო შეფასება | წონების გენერაცია | აგრეგაცია

	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,80	1,00	0,40
ალტერნატივა2	0,90	1,00	1,00

შემავალი კოეფიციენტის, ალბა კოეფიციენტის შეყვანის შემდგომ ვნახავთ დაგენერირებული წონების მატრიცას.

სამივე შემთხვევისთვის ალფა კოეფიციენტს ვიღებ 0.48-ს.

შედეგი გვექნება ასეთი:

Method1

Alfa

0.48

გენერაცია

0,48	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,25	0,35	0,39
ალტერნატივა2	0,32	0,34	0,34

Method2

Alfa

0.48

გენერაცია

0,48	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,42	0,30	0,27
ალტერნატივა2	0,34	0,33	0,33

Method3

Alfa

0.48

გენერაცია

0,48	ფაქტორი1	ფაქტორი2	ფაქტორი3
ალტერნატივა1	0,63	0,37	0,00
ალტერნატივა2	1,00	0,00	0,00

1.4 ფსიქომეტრული საზომი .რისკის ატიტუდების პროფილი

1.4.1 ამოცანის განხილვა

რისკების ფსიქომეტრული საზომი ტესტების საშუალებით ადგენს კოეფიციენტს, თუ რამდენად რისკიანია ადამიანი, ეს კოეფიციენტი გადაწყვეტილების მიღების სისტემაში გვჭირდება OWA ოპერატორების წონების დასაგენერირებლად, რომელიც რანჟირებას უკეთებს ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესისკენ.

ქვემოთ მოცემული კითხვარი არის რისკის ატიტუდების რეალური საზომი ტესტი, მაგრამ ამ ტესტის უფრო ზევრი მახასიათებელი მოცემულია ტესტის სრულ ვერსიაში(RAP test).

გთხოვთ, აირჩიოთ ერთი ან ორი ვარიანტი (მეტი არა), როდესაც პასუხობთ კითხვას. თქვენ შეგიძლიათ უკან დაუბრუნდეთ გარკვეულ კითხვას, შეამოწმოთ იგი ან შეცვალოთ არასასურველი პასუხი. თუ არ ხართ დარწმუნებული, თუ როგორ უპასუხოთ კითხვას, მაშინ თქვენი გადაწყვეტილება უნდა ეფუძნებოდეს თქვენისავე ყველაზე ხშირ განცდას/ქმედებას იმ სიტუაციაში. ასევე, შესაძლებელია გამოტოვოთ კითხვა, რომელიც არ შეგესაბამებათ, მაგრამ აუცილებლად უნდა უპასუხოთ სულ მცირე 19 კითხვას, რომ მივიღოთ საიმედო შედეგი.

1. საკუთარ ბიზნეს/პროფესიულ საქმიანობაში თქვენ ქულები

☐ ჩვეულებრივ არ გიწევთ კონკურსში მონაწილეობის მიღება 0

☐ იღებთ მონაწილეობას კონკურსში წინასწარი გათვალისწინებით და ეძებთ გზებს მისი თავიდან მოცილებისა და შემცირების 1

☐ ებრძვით მოწინააღმდეგეებს 2

☐ მზად ხართ იბრძოლოთ კონკურენტების წინააღმდეგ ნებისმიერი საშუალებით და დარწმუნებული ხართ გამარჯვებაში 3

☐ ჩართული ხართ იმ მიზნით, რომ თავიდან აიცილოთ კონკურსი 1

☐ მოგწონთ ბრძოლა კონკურსში 2

☐ გრძნობთ, რომ მზად ხართ აღმოფხვრათ კონკურსი საერთო კეთილდღეობისთვის 1

2. მანქანის მართვის დროს თქვენ

☐ ყოველთვის ემორჩილებით საგზაო წესებს და თავიდან იცილებთ სახიფათო სიტუაციებს 0

☐ პრაქტიკულად ყოველთვის ემორჩილებით მოძრაობის წესებს, მაგრამ თუ დაარღვევთ ამაზე არასდროს ეკამათებით პოლიციას 1

☐ მშვიდად რეაგირებთ, როცა გაჯარიმებენ 2

☐ სავარაუდოდ არღვევთ წესებს, თუ იცით რომ არ დაგაჯარიმებენ 3

☐ პრაქტიკულად ყოველთვის ემორჩილებით საგზაო წესებს და მართავთ ფრთხილად 1

☐ ხშირად არღვევთ წესებს: სიჩქარის ლიმიტის გადაჭარბებით გასწრების შემთხვევაში 2

☐ ცდილობთ დაემორჩილოთ წესებს, სანამ ისინი ხელს არ უშლიან თქვენ მიზნებს, წინააღმდეგ შემთხვევაში მათ დააიგნორებთ. 2

3. უმრავლესობის აზრი

☐ ჩვეულებრივ ეთანხმებით მას 0

☐ თუ თქვენი აზრი განსხვავებულია, მაშინ იცავთ საკუთარს 1

☐ თუ თქვენი აზრი განსხვავებულია, მაშინ გამოხატავთ მას და უნარჩუნებთ საკუთარ შეხედულებებს 2

☐ თუ თქვენი აზრი განსხვავებულია. თქვენ უსმენთ სხვებს გაღიზიანებულად, სანამ არ განიხილავთ საკუთარ აზრს, როგორც ერთადერთ სწორ ვარიანტს. 3

☐ თუ თქვენი აზრი განსხვავებულია საზოგადო აზრისგან, თქვენ ვერ ბედავთ მიჰყვეთ საკუთარს 1

☐ არ აქვს მნიშვნელობა თქვენთვის 0

☐ თქვენ ეკამათებით ყველანაირად, რათა თქვენი მხარე დაიჭიროს ყველამ და შეიცვალონ აზრი. 3

4. როცა ახორციელებთ თქვენ მიზანს, მაშინ

☐ არასდროს არღვევთ კანონს 0

☐ არ დაარღვევთ კანონს მკაფიოდ, მაგრამ გამოიყენებთ მის (loopholes-ამბრაზურები) საჭიროების შემთხვევაში 1

☐ ზოგჯერ არღვევთ კანონს უმნიშვნელო საკითხზე და ფიქრობთ, რომ ეს არაფერია 2

☐ ზოგჯერ არღვევთ კანონს, თუ მისი აღმოჩენის რისკი მცირეა 2

☐ შეიძლება დაარღვიოთ კანონი, თუ ხედავთ რომ ამას სხვები აკეთებენ 1

☐ სავარაუდოდ არღვევთ კანონს, თუ არის შანსი, რომ მისი გამოვლინება დაიფაროს 2

3

☐ მზად ხართ ყველაფრისთვის, რადგან ფიქრობთ, რომ დიდი მიზანი ამართლებს ნებისმიერ საშუალებას

5. თუ დუელი ისევ იქნა დაშვებული, მაშინ თქვენ

☐ შეეცდებით თავი აარიდოთ მას, თუ არის საშუალება, მაგრამ თუ იქნა დანიშნული უკან არ დაიხევთ 1

☐ თავიდან აიცილებთ ნებისმიერ ფასად 0

☐ გირჩევნიათ კონფლიქტის მოგვარება სასამართლოში 1

☐ მიიღებთ გამოწვევას, მაგრამ შერიგებასაც ასევე 2

☐ გირჩევნიათ კონფლიქტის მოგვარება ბრძოლით და არა სასამართლოთი 3

☐ ყოველთვის გადაწყვეტთ, რომ მიიღოთ გამოწვევა 3

☐ დააიგნორებთ გამოწვევას, რადგან ბედმა(შედეგმა) შეიძლება თქვენი მიზანი წარუმატებელი გახადოს. 0

6. თამაშის(აზარტული თამაშები) შანსის შემთხვევაში თქვენ

- ☐ არ თამაშობთ 0
- ☐ თუ ითამაშებთ მხოლოდ დაბალი ფსონებით 1
- ☐ შეიძლება ითამაშოთ, მაგრამ არასდროს გადააცილებთ არსებული თანხის ლიმიტს 1
- ☐ ითამაშებთ მაღალი ფსონებით, ზოგჯერ გადაჭარბებით ლიმიტზე 3
- ☐ ზოგადად აღარ თამაშობთ, რაც გძულთ წაგება(წარუმატებელი შემთხვევის გამო) 2
- ☐ როცა თამაშობთ, ზოგჯერ რისკავთ ყველაფრით 3
- ☐ პრინციპულად არ თამაშობთ 0

7. თქვენ ანიჭებთ უპირატესობას იმ ადამიანებს, რომლებიც

- ☐ არიან სანდო 0
- ☐ მუშაობენ თქვენთან ერთად 1
- ☐ არიან კომპეტენტურები, მზრუნველები(გატაცებული საქმით) 1
- ☐ არიან მოწადინებულები, სავსე ინიციატივით 2
- ☐ არიან ნდობით აღჭურვილნი თქვენ მიმართ და სავსებით მორჩილნი 2
- ☐ არიან მამაცები, რისკების მოყვარული 3
- ☐ სჯერათ თქვენი იდეების 1

8. სოციალურ გარემოცვაში თქვენ 0

- ☐ უერთდებით იმას, რაც იქ ხდება 1
- ☐ ელაპარაკებით იმ ადამიანებს, რომელნიც ჩანან საინტერესონი 2
- ☐ არის სიცოცხლე და სულის ნაწილი თქვენთვის 3
- ☐ გინდათ, რომ მოიპოვოთ პატივისცემა და აღიარება 1
- ☐ უსმენთ რასაც ლაპარაკობენ, მაგრამ არ გაქვთ გამბედაობა შეუერთდეთ საუბარს 3
- ☐ ხშირად ეძებთ თავგადასავლებს 2
- ☐ ამბობთ(უზიარებთ) თქვენ იდეებს

9. როცა გადაწყვეტილებას იღებთ თქვენ

- ☐ ჩვეულებრივ აყოვნებთ დიდი ხნით 1
- ☐ გადაწყვეტთ მას შემდეგ, რაც შეაფასებთ წარმატების პერსპექტივას 0
- ☐ თქვენი გადაწყვეტილება ეყრდნობა უფრო წარმატებას, ვიდრე საფუძვლიან ანგარიშს 2
- ☐ გაითვალისწინებთ, რომ არ არსებობს ეჭვი თქვენი სიმართლის შესახებ 2
- ☐ გაქვთ ტენდენცია მისი გადადების 1
- ☐ იმპულსურად გადაწყვეტთ, ეყრდნობით მხოლოდ ბედს და იღბალს 3
- ☐ მტკიცედ გჯერათ თქვენი სიმართლის 3

10. თქვენ ხართ მოლოდინში დაგეგმილი ღონისძიების, იქნება თუ არა ხელსაყრელი

- ☐ ნერვიულობთ, მაგრამ იმედოვნებთ საუკეთესოს 0
- ☐ ფიქრობთ თქვენ მოქმედებებზე მოვლენათა ცუდად განვითარების შემთხვევაში 1
- ☐ თავს გრძნობთ სასიამოვნოდ, როცა ხართ საძინებელ ოთახში და ელოდებით 0
- ☐ ხდებით მეტად ფრთხილი, მაგრამ გჯერათ, რომ გაუმკლავდებით ნებისმიერ მოვლენას 1
- ☐ ხდებით მეტად მოწადინებული, ელით უარესს 2
- ☐ ეს სიტუაცია თქვენ გახარებთ, ენგერგიას, სტიმულს გმატებთ 3
- ☐ მობილიზებას ახდენთ, მაგრამ არ გეშინიათ 2

11. ჩაცმულობის მხრივ თქვენ

- ☐ არ მოგწონთ ექსტრავაგანტული სტილი და ცდილობთ არ გამოირჩეოდეთ 0
- ☐ გირჩევით ელეგანტური და „მშვიდი" სტილი 1
- ☐ გირჩევნიათ ნათელი და ღია ფერის ტანსაცმელი, შემთხვევითი სტილი 2
- ☐ ირჩევთ ხარისხიან, გამძლე საქონელს 2
- ☐ იცმევთ ისევე, როგორც სხვები 1
- ☐ გირჩევნიათ „ხმამაღალი", ზოგჯერ ექსტრავაგანტული სტილი 3
- ☐ ხართ კმაყოფილი იმით, რაც გაქვთ, ნაკლებ ყურადღებას აქცევთ მოდას 1

12. როგორც წესი, თქვენ იწყებთ ინტიმურ ურთიერთობებს

- თუ იგი არ დამთავრდება ქორწინებით 0
- იმ პარტიორთან, რომლის კულტურული, სოციალური და ინტელექტუალური დონე არ არის დაბალი თქვენთან შედარებით 1
- თუ თქვენ გაქვთ ძლიერი გრძნობები 2
- იმ პარტნიორთან, რომელიც აღიარებს თქვენს უპირატესობას 2
- თქვენ სულიერ მეგობართან 3
- მარტივად, შორს რომ არ იყურებით 1
- როდესაც თქვენი პარტნიორები არიან თქვენი თანმხლები პირები ზოგიერთ აქტივობაში 1

13. როდესაც თქვენი უფლებები ირღვევა თქვენ

- სავარაუდოთ ამ სიტუაციას ეგუებით 0
- იმოქმედებთ ისევე, როგორც უმრავლესობა თქვენს ირგვლივ 1
- შეხვალთ სასტიკ კონფლიქტში 3
- გაექცევით ასეთ სიტუაციებს 1
- დაამტკიცებთ თქვენ უფლებებს ნებისმიერ ფასად 3
- დაიცავთ მათ 2
- უკომპრომისოდ დაამტკიცებთ მათ საერთო სამართლისთვის 2

14. კონფლიქტები

- [ ] თქვენ ახერხებთ არ ჩაერთოთ მათში 0
- [ ] თქვენ იშვიათად აღმოჩდებით ხოლმე მათში ჩართული, მაგრამ თუ ასეა თავს დაიცავთ 1
- [ ] თქვენ ხშირად ხართ მათში ჩართული, თქვენივე ინიციატივით 2
- [ ] ხანდახან მოულოდნელად აღმოჩნდებით ჩართული მათში, მაგრამ ცდილობთ ეს დიდხანს 1

არ გაგრძელდეს 2

- [ ] ხშირად ხართ ჩართული, თუმცა თქვენ გარშემო მყოფნი არიან დამნაშავე 2
- [ ] როცა თქვენ ხართ კონფლიქტში ჩართული, ცდილობთ მოაგვაროთ იგი 3
- [ ] თქვენ ცდილობთ მტრის დამარცხებას

15. თქვენ ნერვიულობთ(განიცდით)

- [ ] თქვენ პროფესიულ შესაძლებლობებზე 0
- [ ] თქვენ ფინანსურ და სოციალურ სტატუსზე 1
- [ ] თქვენ სწრაფ და წარმატებულ წინსვლაზე 2
- [ ] თქვენ პერსონალურ წარმატებაზე 2
- [ ] თქვენ პრესტიჯზე საზოგადოებაში 3
- [ ] თქვენ პირად და სოციალურ სტატუსზე 2
- [ ] კაცობრიობაზე 1

16. თქვენ გირჩევნიათ იყოთ ჩართული ისეთ რაღაცეებში, რაც

- ☐ პირველ რიგში გაძლევთ მორალურ კმაყოფილებას
- ☐ აუმჯობესებს თქვენი ცხოვრების დონეს
- ☐ იწვევს თქვენში აღტკინების სურვილს და ვნებას
- ☐ გაძლევთ საშუალებას ცხოვრებით დატკბეთ
- ☐ აძლიერებს თქვენ პრესტიჯს
- ☐ გაძლევთ საშუალებას იცხოვროთ მიზანმიმართულად
- ☐ ძალიან მნიშვნელოვანია მთელი კაცობრიობისთვის

0
1
3
2
1
2
1

0
1
2
3
3
2
1

17. ოპონენტები(მოწინააღმდეგეები)

☐ თქვენ ხშირად უთმობთ მათ

☐ თქვენ თავს არიდებთ მათ

☐ თქვენ ცდილობთ მათ განადგურებას

☐ დაჟინებით არწმუნებთ მათ თქვენ სისწორეში

☐ თქვენ ებრძვით მათ

☐ აქტიურობთ მათთან

☐ თქვენ მიდიხართ კომპრომისზე საჭიროების შემთხვევაში

18. თუ თქვენ გაქვთ საკმაოდ წარმატებული ცხოვრება, მაშინ

☐ თქვენ არ რისკავთ არსებულით, თუ არ იცით რომ მიაღწევთ უფრო მეტს

☐ თქვენ არ გსურთ რაიმე ცვლილებები

☐ თქვენი მოქმედებები მიმართულია სხვისი ცხოვრების გასაუმჯობესებლად

☐ თქვენ მზად ხართ გარისკოთ უფრო დიდი წარმატებისთვის

☐ მიგაჩნიათ, რომ შეგეძლოთ უფრო მეტი მოგეპოვებინათ, მაგრამ არ გაგიმართლათ

☐ თქვენ ფიქრობთ, რომ ეს შეიძლება რადიკალურად შეიცვალოს არა კონკრეტული მიზეზით

0
1
1
3
1
2
2

☐ თქვენ ხართ კმაყოფილი, მაგრამ მუშაობთ განუწყვეტლივ გასაუმჯობესებლად მდგომარეობის

19. როდესაც თქვენ იწყებთ მოქმედებას, მაშინ თქვენ

☐ ხშირად არ ხართ დარწმუნებული, რომ ეს მოქმედება სწორია

☐ თავს გრძნობთ უფრო თავდაჯერებულად, როდესაც სხვები გაამართლებენ თქვენ ქმედებებს

☐ ფიქრობთ, რომ ისინი ყველასთვის კარგია

☐ დარწმუნებული ხართ მათ სისწორეში, როდესაც სხვები მიიჩნევენ მათ არასწორ ქმედებებად

☐ სხვების გაფრთხილებები გაძლიერებენ, რომ მიჰყვეთ საკუთარ გზას(არჩევანს)

☐ ეს მოქმედებები ხანდახან შეიცავენ რისკებს, რათა შემოწმდეს თქვენი შესაძლებლობები, გამბედაობა და იღბალი

☐ ეყრდნობით უფრო თქვენ აზრს, ვიდრე სხვების

0
1
1
3
3
2
2

20. თქვენი ყოველდღიური(რუტინული) მოვლენების დროს

☐	ხანდახან გინდებათ სრიულიად მარტო ყოფნა	0
☐	ძნელია, რომ მარტო დარჩეთ	1
☐	თქვენ ზოგჯერ გაქვთ სურვილი, სადმე შორს წასვლის	2
☐	გჭირდებათ რადიკალური ცვლილებები ცხოვრებაში	3
☐	ხალხი ზოგჯერ გაღიზიანებთ	2
☐	თქვენ გწადიათ ძლიერი აღრფთოვანება(შფოთვა) და მღელვარება	3
☐	თქვენ მუდმივად ჩართული ხართ ზოგ მნიშვნელოვან ამოცანაში	2

21. როდესაც ახორციელებთ ინვესტიციებს, თქვენ გირჩევნიათ

☐ მიიღოთ უსაფრთხო, შედარებით გრძელვადიანი(1 წელი ან მეტი) დეპოზიტი ოღონდ არა ძალიან მაღალი, მაგრამ ფიქსირებული საპროცენტოთი

☐ მიიღოთ რეკომენდირებული დეპოზიტები ერთხმად და არა სერიოზული რისკით

☐ მიიღოთ დეპოზიტები, რომლებსაც მოელით რომ არსებითად გაიზრდება პირველ ორ წელში

☐ ინვესტიციას დებთ ფინანსურ საწარმოში, რომელიც ბოლო პერიოდში სწრაფად ძლიერდება.

ზოგჯერ თქვენ აძლევთ შეწირულობას საქველმოქმედო ფონდებსაც.

☐ ინვესტიციას დებთ მნიშვნელოვანი თანხის მყარ საწარმოში ან ისეთ საწარმოში, რომლის მიმართაც გაქვთ პირადი ნდობა

☐ შეიტანოთ თქვენი მთელი აქტივები გარიგებაში, რომელიც ფიქრობთ რომ მოიტანთ სწრაფ და მნიშვნელოვან ბრუნებას.

☐ ინვესტირებას ახდენთ ისეთ ფონდებში, რომელთა მიზანია კაცობრიობის განვითარება და რომელშიც თქვენ იღებთ მონაწილეობას.

0
1
1
2
2
3
1

1.4.2 ქულათა სისტემა:

კითხვები:	პასუხების ვარიანტების ქულები					
კითხვა 1	0	1	2	3	1	2	1
კითხვა 2	0	1	2	3	1	2	2
კითხვა 3	0	1	2	3	1	0	3

კითხვა 4	0	1	2	2	1	2	3
კითხვა 5	1	0	1	2	3	3	0
კითხვა 6	0	1	1	3	2	3	0
კითხვა 7	0	1	1	2	2	3	1
კითხვა 8	0	1	2	3	1	3	2
კითხვა 9	1	0	2	2	1	3	3
კითხვა 10	0	1	0	1	2	3	2
კითხვა 11	0	1	2	2	1	3	1
კითხვა 12	0	1	2	2	3	1	1
კითხვა 13	0	1	3	1	3	2	2
კითხვა 14	0	1	2	1	2	2	3
კითხვა 15	0	1	2	2	3	2	1
კითხვა 16	0	1	3	2	1	2	1
კითხვა 17	0	1	2	3	3	2	1
კითხვა 18	0	1	1	3	1	2	2
კითხვა 19	0	1	1	3	3	2	2
კითხვა 20	0	1	2	3	2	3	2
კითხვა 21	0	1	1	2	2	3	1

1.4.3 ტესტის ინსტრუქცია:

63 ქულა (მაქსიმუმი)

ტესტი შედგება 21 კითხვისგან. მისი შევსების შედეგად შეფასებათა მაქსიმუმი იქნება 63 ქულა, რადგან შესაძლო პასუხების ვარიანტების უმაღლესი შეფასება 3 ქულა არის. (ქულები ვარირებს 0-3 დიაპაზონში).

- თუ რესპოდენტი გამოტოვებს რომელიმე კითხვას, შესაბამისად მაქსიმუმს დააკლდება ქულები 3-6 ქულა. რესპოდენტი ვალდებულია ***არანაკლებ 19 კითხვას*** მაინც გასცეს პასუხი.

კითხვების პასუხების ქულები ჩვეულებრივ შეიკრიბება და მივიღებთ ჯამს, ვთქვათ X ქულას და შედეგად გამოვთვლით კოეფიციენტს და პროცენტსაც (რისკინი გადაწყვეტილების მიღების).

ფორმულა: (1) X / მაქსიმუმი = (კოეფიციენტი);
(2) (X / მაქსიმუმი) * 100 % = (პროცენტი)

- ტესტი რესპოდენტს საშუალებას აძლევს აირჩიოს ერთი ან ორი ვარიანტი (მეტი არა) პასუხებიდან, ამიტომ შეიძლება გვქონდეს ორი შესაძლო ვარიანტი ქულების გადანაწილების.
  - იმ შემთხვევაში თუ არჩეული ვარიანტების ქულები ერთმანეთს დაემთხვევა, შესაბამისი ქულა: (ვთქვათ, აირჩია 1-ლი და მე-5 პასუხი, რომელთა ქულაც ორივესი არის a (a=2ქ.)) **a** (პირობითად) შეიკრიბება დანარჩენ ქულბთან და მივიღებთ შედეგს.
  - მეორე შემთხვევაში თუ არჩეული ვარიანტების ქულები ერთმანეთს არ დაემთხვა, მაშინ საჭიროა ამ ქულების საშუალო არითმეტიკულის გამოთვლა და შემდეგ შეჯამება დანარჩენ ქულებთან. (ვთქვათ, აირჩია მე-

- ტესტის შედეგად მიღებული კოეფიციენტი და პროცენტი შეგვიძლია შემდეგ დახარისხების სკალაზე წარმოვადგინოთ თვალსაჩინოებისთვის.

რისკის ატიტუდის ინდექსი

რისკის ატიტუდი	დაბალი 0% - 34%	ზომიერად დაბალი 35%-52%	ზომიერი 53% - 74%	ზომიერად მაღალი 75%-85%	მაღალი 86% - 100%
ინდექსი (კოეფიციენტი)					

2 და მე-3 პასუხი, რომელთა ქულები **b**(b=2) და **c**(c=1), მაშინ შედეგი იქნება (c+b)/2)).

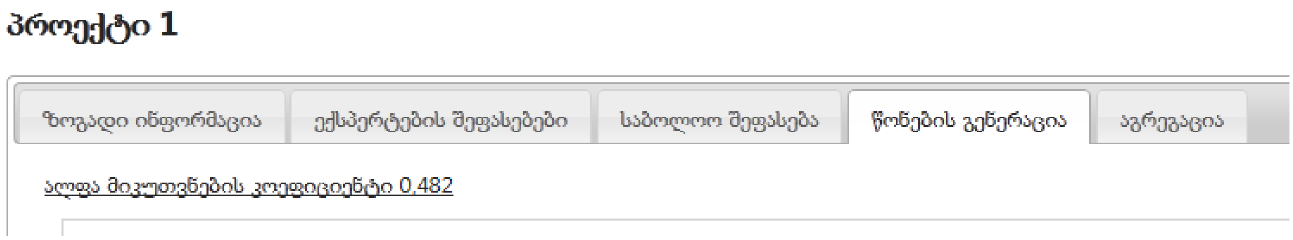
ფორმულაში: X = a + … + a + ((c+b)/2))+ …. + ((c+b)/2)) + a ….

1.4.4 შედეგის წარმოდგენა ვიზუალურად

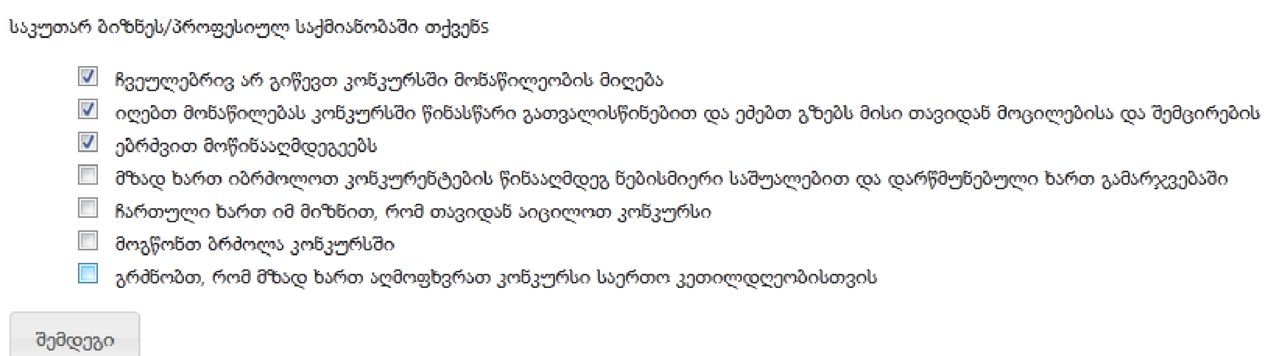
რისკების ტესტების მეთოდოლოგიის საფუძველზე სისტემაში მომხმარებელს საშუალება აქვს გააკეთოს ტესტები, და მისი პასუხების მიხედვით სისტემა დააგენერირებს რისკის

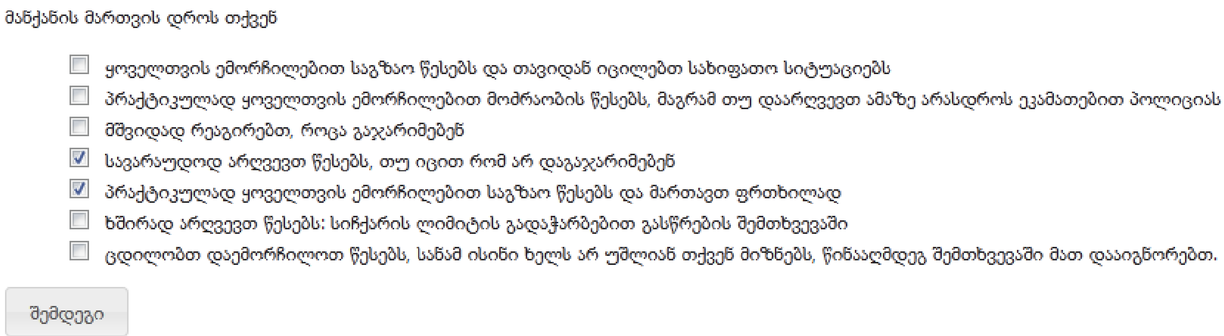
კოეფიციენტს, რაც ჩვენს შემთხვევაში არის სწორედ ის ალფა, რომელსაც დანარჩენი ალგორითმების გენერირების დროს ვიყენებთ

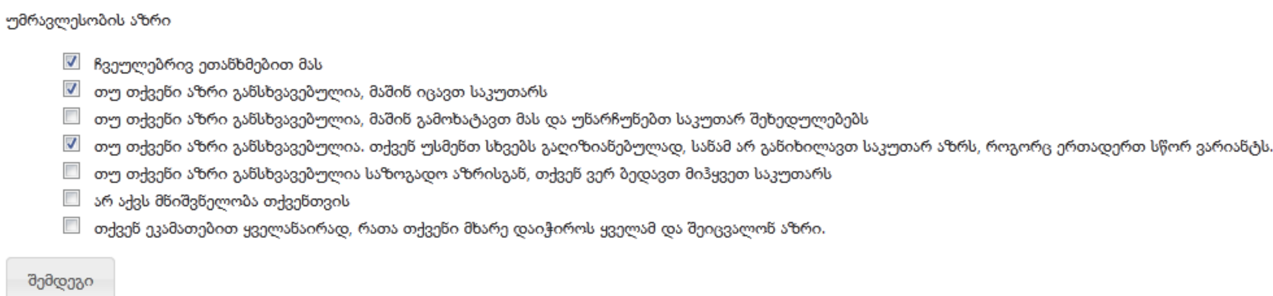
ტესტების გასაკეთებლად წონების გენერაციის ტაბზე გადავდივართ ლინკზე „მიკუთვნების კოეფიციენტი“ (მოცემულ შემთხვევაში ეს კოეფიციენტი გამოთვლილია, შეგვიძლია შევცვალოთ)



მივყვებით და ვავსებთ ტესტებს, მაგალითად:







და ა.შ. ყველა კითხვაზე პასუხის გაცემის შემდგომ სისტემა დააგენერირებს კოეფიციენტს ზემოთ ახსნილი მეთოდის საშუალებით.

1.4.5 მაგალითი

დავუშვათ, ჩვენ ვუპასუხეთ პირველ სამ კითხვას. პირველ კითხვაში მოვხაზეთ 1 პასუხი, მეორეში 2 და მესამეში 3. შედეგად ჩვენ დავაგროვეთ 0+1+2 =3 ქულა. ქულათა მაქსიმალური რაოდენობა 3 შეკითხვაზე არის 9. გამოვიდა, ჩვენი რისკის საზომი ერთეულია $\frac{3}{9}$ ანუ 0.111

დასკვნა

სადიპლომო ნაშრომში განხილულია OWA ტიპის ოპერატორებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების მიღების სისტემის შექმნის, სისტემის მოდულების მათემატიკური უზრუნველყოფისა და ალგორითმიზაციის ამოცანები. თვითონ სისტემა ნოვაციურია, რამეთუ ჩართულია საექსპერტო ცოდნაზე დაფუძნებული აგრეგირების OWA-ს ტიპის ისეთი ოპერატორები, როგორიც არის ASPOWA. სისტემა უზრუნველყოფს მრავალექსპერტულ და მრავალკრიტერიალურ გარემოში განუზღვრელი ალტერნატივების საუკეთესოდან უარესისკენ რანჟირებას. სისტემა ისე არის აგებული, რომ ექსპერტები ვებ-გარემოში აფიქსირებენ საკუთარ ექსპერტულ ცოდნას, რომელიც კონდენსირედება ე.წ. ეტალონურ ცოდნაში. წონების გენერაცია მრავალმხრივი მიდგომებით უზრუნველყოფს მომხმარებლის გადაწყვეტილების რისკების მიმართ განწყობის გათვალისწინებას.

დიპლომში წარმოდგენილია გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის (OB-DSS - OWA Based Decision Support System) OWA ტიპის ოპერატორების წონების გენერირების რამოდენიმე მეთოდი, რომელთაგან მთავარს წარმოადგენს რ.იაგერის Orness- ზე დაფუძნებული მიდგომა. შექმნილია არაწრფივი მათემატიკური დაპროგრამების ამოცანა რომლის მიზნობრივი ფუნქცია არის შენონის ტიპის ენტროპია უცნობი წონების არგუმენტებით, ხოლო შეზღუდვებში მონაწილეობს ოპერატორების Orness ზომა და მისი ფსიქომეტრული ანალიზით შეფასებული რეალიზაცია. ეს რეალიზაცია მიიღწევა მომხმარებლის ფსიქომეტრული გმაოკითხვით. გამოკითხვა უკავშირდება მომხმარებლის გადაწყველტილების რისკების მიმართ დამოკიდებულებას, ანუ რამდენად ოპტიმისტურად ან პესიმისტურად არის განწყობილი მომხმარებელი გადაწყვეტილებების დროს წარმოქმნილი რისკებისადმი.

გამოყენებული ლიტერატურა

1. **M. Sugeno**, Theory of fuzzy integrals and applications, Ph. D. Thesis, Tokyo Institute of Technology, 1974.
2. **D. Dubois, H. Prade**, Theory of possibility: an approach to computerize processing of uncertainty, Plenum Press, N. Y., 1988.
3. **A. Kandel**, On the control and evaluation of uncertain processes, IEEE Trans. on Automatic Control AC-25, 6 (1980), 1128-1187.
4. **M. Fridman, M Henne, A. Kandel**, Most typical Values for fuzzy sets, Fuzzy Sets and Systems 87 (1997) 27-37.
5. **M. Schneider, A. Kandel**, Properties of the fuzzy expected expected value and the fuzzy expected interval in fuzzy environment, Fuzzy Sets and Systems 28 (1988) 56-68.
6. **G. J. Klir, Z. Wang, D. Harmanec**, Constructing fuzzy measures in expect systems, Fuzzy Sets and Systems, 92 (997) 251-264.
7. **G.Sirbiladze, A.Sikharulidze**, Weighted fuzzy averages in fuzzy environment, part I: Insufficient expert data and fuzzy averages. part II: Generalized weighted fuzzy expected values in fuzzy environment, International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, volume 11, No. 2 (2003) 139-157, 159-172.
8. **G. Sirbiladze, N. Zaporozhets**, About two probability representations of fuzzy. measues on a finite set, The Journal of Fazzy Mathematics 10, 3 (2002)
9. **G. Sirbiladze, T. Gachechiladze**, Restored fuzzy measures in Expert Decision Making. Information Sciences, an International Journal (Excepted for publication).
10. **G. Sirbiladze**, Modeling of Extremal Fuzzy Dynamic Systems, Parts I, II, III. (Submitted to International Journal of General Systems).
11. **В.П.Бочарников,** Fuzzy-Технология: Математические основы. Практика Моделирования в экономике. – Санкт-Петербург: “наука”б РАН, 2001, -328с.
12. **P. Diamond, P. Kloeden**, Metric Spaces of fuzzy sets, Theory and Applications, World Scientific, 1994, 178 pp.

13. **Y. Yoshida**, (ed) Dynamical aspects in Fuzzy Decision Making (studies in Fuzziness and Soft Computing, Vol. 73, physica-Verlag, Wurzburg, 2001.)

14. **G. Shafer**, A Mathematical Theory of Evidence, PrincetonUniversity Press, Princeton, NJ, 1976.

15. **P. Demster**, Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping. Ann. Math. Statist. 38, 1967, 325-339.

16. **g. sirbilaZe**, b. macaberiZe, gadawyvetilebis miRebis analizi riskis garemoSi, "universali", Tbilisi, 2001.

17. **A.Smets**, Medical Diagnosis: Fuzzy sets and Degrees of belief, Fuzzy Sets and Systems, 5, 1081, 259-266.

18. **Д.Д. Клир**, Системология автоматизиция решение системных задач, Москва, “Радио и связь”, 1990.

19. **А.Н. Борисов** и др. Обработка нечётной информации в системах принятия решений. Москва, “Радио и связь”, 1989.

20. **G. Sirbiladze, A. Sikharulidze, G. Korakhashvili**, Decision-making Aiding Fuzzy Informational Systems In Investments. Part I – Discrimination Analysis In Investment Projects. Proceeding of Javakhishvili Tbilisi State University Applied Mathematics and Computer Sciences Vol. 353 (22-23), (2003), pp. 77-94

21. **G. Sirbiladze, G. Khachidze**, Decision-making Aiding Fuzzy Informational Systems In Investments. Part II - Demster-Shaper’s Expected Utility In Investment Decisions, Proceeding of Javakhishvili Tbilisi State University Applied Mathematics and Computer Sciences Vol. 353 (22-23), (2003), pp. 95-108.

22. **Lotfi A. Zadeh,** Fuzzy Sets, Information and control 8 (1965).

23. **Кофман А,** Введение в теорию нечётких множеств. Москва, изд.-тво ,,Радио и связь”, 1982г.

24. **Дюбуа Д., Прад А.,** Теория возможностей”, Москва, изд.-тво ,,Радио и связь”, 1990г.

25. **Herrera-Viedma, E., Cord´on, O., Luque, M., Lopez, A.G., Mu˜noz, A.M.: A** model of fuzzy linguistic IRS based on multi-granular linguistic information. International Journal of Approximate Reasoning 34(2-3), 221–239 (2003)

26 . **Kacprzyk, J., Zadrozny, S**.: Computing with words in intelligent database querying: standalone and internet-based applications. Information Sciences 134(1), 71–109 (2001)

27. **Kacprzyk, J., Zadro˙zny, S., Fedrizzi, M., Nurmi,** H.: On group decision making, consensus reaching, voting and voting paradoxes under fuzzy preferences and a fuzzy majority: A survey and some perspectives. In: Bustince, H., Herrera, F., Montero, J. (eds.) Fuzzy Sets and Their Extensions: Representation, Aggregation and Models. Springer, Heidelberg (2008)

28. **Liu, X.:** Parameterized OWA operator determination with optimization criteria: A general model, submitted to Information Sciences

29. **Liu, X.:** The relationships between two kinds of variability optimization and orness optimization problems for OWA operator with their RIM quantifier extensions. International Journal of General Systems (2008) (accpeted)

30. **Liu, X.:** On the properties of equidifferent RIM quantifier with generating function. International Journal of General Systems 34(5), 579–594 (2005)

31. **Liu, X.:** On the properties of equidifferent OWA operator. International Journal of Approximate Reasoning 43(1), 90–107 (2006)

32. **Liu, X.:**Some properties of the weighted OWA operator. IEEETransactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 36(1), 118–127 (2006)

33. **Liu, X.**: The solution equivalence of minimax disparity and minimum variance problems for OWA operator. International Journal of Approximate Reasoning 45(1), 68–81 (2007)

34. **Liu, X.:** A general model of parameterized OWA aggregation with given orness level. International Journal of Approximate Reasoning 48(2), 598–627 (2008)

35. **Liu, X.:** On the properties of regular increasing monotone RIM quantifiers with maximum entropy. International Journal of General Systems 37(2), 167–179 (2008)

36. **Liu, X**., Chen, L.: On the properties of parametric geometric OWA operator. International Journal of Approximate Reasoning 35(2), 163–178 (2004)

37. **Liu, X**., Han, S.: Orness and parameterized RIM quantifier aggregation with OWA operators: A summary. International Journal of Approximate Reasoning 48(1), 77–97 (2008)

38. **Liu, X.,** Lou, H.: Parameterized additive neat OWA operators with different orness levels. International Journal of Intelligent Systems 21(10), 1045–1072 (2006)

[39] Liu, X., Yang, X., Fang, Y.: The relationships between two kinds of OWA operator determination methods. In: IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Hong Kong

40. **Llamazares, B.:** Choosing OWA operator weights in the field of social choice. Information Sciences 177(21), 4745–4756 (2007)

41. **Majlender, P**.: OWA operators with maximal R´enyi entropy. Fuzzy Sets and Systems 155(3), 340–360 (2005)

42 **Marchant, T**.: Maximal orness weights with a fixed variability for OWA operators. International Journal of Uncertainty, Fuzziness Knowledge-Based Systems 14(3), 271–276 (2006)

43**. Marimin, M., Umano, M., Hatono, I., Tamura,** H.: Linguistic labels for expressing fuzzy preference relations in fuzzy group decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 28(2), 205–218 (1998)

44. **Marimin, M., Umano, M., Hatono, I., Tamura,** H.: Hierarchical semi-numeric method for pairwise fuzzy group decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 32(5), 691–700 (2002)

45.**Merigo, J.M., Gil-Lafuente, A.M.:** The induced generalized OWA operator. Information Sciences 179(6), 729–741 (2009)

46. **O'Hagan, M**.: Aggregating template or rule antecedents in real-time expert systems with fuzzy set. In: Grove, P. (ed.) Proc. 22nd Annu. IEEE Asilomar Conf. on Signals, Systems, Computers, CA (1988)

47. **Pel´aez, J.I., Do˜na, J.M.:** Majority additive-ordered weighting averaging: a new neat ordered weighting averaging operator based on the majority process. International Journal of Intelligent Systems 18, 469–481 (2003)

48. **Pel´aez, J.I., Do˜na, J.M.:** A majority model in group decision making using QMA-OWA operators. International Journal of Intelligent Systems 21(2), 193–208 (2006)

49. **Pel´aez, J.I., Do˜na, J.M., G´omez-Ruiz, J.A.:** Analysis of OWA operators in decision making for modelling the majority concept. Applied Mathematics and Computation (New York) 186(2), 1263–1275 (2007)

50. **Renaud, J., Levrat, E., Fonteix, C**.: Weights determination of OWA operators by parametric identification. Mathematics and Computers in Simulation 77(5-6), 499–511 (2008)

51. **Sadiq, R., Tesfamariam, S**.: Probability density functions based weights for ordered weighted averaging (OWA) operators: An example of water quality indices. European Journal of Operational Research 182(3), 1350–1368 (2007)

52. **Sicilia, M.-A., Garc´ia-Barriocanal, E., S´anchez-Alonso**, S.: Empirical assessment of a collaborative filtering algorithm based on OWA operators. International Journal of Intelligent Systems 23, 1251–1263 (2008)

53. **Torra, V.:** The weighted OWA operator. International Journal of Intelligent Systems 12(2), 153–166 (1997)

54. **Torra, V.:** Learning weights for weighted OWA operators. In: 26th Annual Confjerence of the IEEE Industrial Electronics Society, vol. 4 (2000)

55. **Torra, V**.: Learning weights for the quasi-weighted means. IEEE Transactions on Fuzzy Systems 10(5), 653–666 (2002)

56. **Torra, V**.: OWA operators in data modeling and reidentification. IEEE Transactions on Fuzzy Systems 12(5), 652–660 (2004)

57. **Wang, J.W., Chang, J.R., Cheng, C.H**.: Flexible fuzzy OWA querying method for hemodialysis database. Soft Computing 10(11), 1031–1042 (2006)

58. **Wang, Y., Luo, Y., Hua, Z.:** Aggregating preference rankings using OWA operator weights. Information Sciences 177(16), 3356–3363 (2007)

59. **Wang, Y., Luo, Y., Liu, X**.: Two new models for determining OWA operator weights. Computers and Industrial Engineering 52, 203–209 (2007)

60 .**Wang, Y., Parkan, C**.: A minimax disparity approach for obtaining OWA operator weights. Information Sciences 175(1), 20–29 (2005)

61. **Wang, Y., Parkan, C.:** A preemptive goal programming method for aggregating OWA operator weights in group decision making. Information Sciences 177, 1867–1877 (2007)

62. **Wu, J., Liang, C.Y., Huang, Y.Q.:** An argument-dependent approach to determining OWA operator weights based on the rule of maximum entropy. International Journal of Intelligent Systems 22(2), 209–221 (2007)

63. **Wu, J., Sun, B.-L., Liang, C.-Y., Yang, S.-L.:** A linear programming model for determining ordered weighted averaging operator weights with maximal yager's entropy. Computers & Industrial Engineering (2009), doi:10.1016/j.cie.2009.02.001

64. **Xu, Z.S.: Dependent OWA operators**. In: **Torra, V., Narukawa, Y., Valls, A., Domingo-Ferrer, J.** (eds.) MDAI 2006. LNCS (LNAI), vol. 3885, pp. 172–178. Springer, Heidelberg (2006)

65. **Xu, Z.S.:** An overview of methods for determining OWA weights. International Journal of Intelligent Systems 20(8), 843–865 (2005)

66 **Xu, Z.S., Da, Q.L**.: The ordered weighted geometric averaging operators. International Journal of Intelligent Systems 17(7), 709–716 (2002)

67 .**Xu, Z.S., Da, Q.L.:** Approaches to obtaining the weights of the ordered weighted aggregation operators. Journal of Southeast University 33, 94–96 (2003)

68. **Yager, R.R.:** On ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics 18(1), 183–190 (1988)

69. **Yager, R.R.:** Families of OWA operators. Fuzzy Sets and Systems 59(2), 125–143 (1993)

70. **Yager, R.R.:** Quantifier guided aggregation using OWA operators. International Journal of Intelligent Systems 11(1), 49–73 (1996)

71. **Yager, R.R.:** On the analytic representation of the Leximin ordering and its application to flexible constraint propagation. European Journal of Operational Research 102(1), 176–192 (1997)

72. **Yager, R.R.:** Fuzzy modeling for intelligent decision making under uncertainty. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 30(1), 60–70 (2000)

73. **Yager, R.R.:** A hierarchical document retrieval language. Information Retrieval 3(4), 357–377 (2000)

74 **Yager, R.R.:** On the valuation of alternatives for decision-making under uncertainty. International Journal of Intelligent Systems 17(7), 687–707 (2002)

75. **Yager, R.R.:** Toward a language for specifying summarizing statistics. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 33(2), 177–187 (2003)

76. **Yager, R.R**.: OWA aggregation over a continuous interval argument with applications to decision making. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B 34(5), 1952–1963 (2004)

77. Yager R., Kacprzyk J, Belyakov G. Recent Development in Ordered Weighgindg operators: Theory and Practice

78. **Crister Carlson, Robert fuler** Fuzzy reasoning and decision making and optimization.

79. **O'Hagan, M**.: Aggregating template or rule antecedents in real-time expert systemswith fuzzy set. In: Grove, P. (ed.) Proc. 22nd Annu. IEEE Asilomar Conf. on Signals,Systems, Computers, CA (1988)

80. **Kaufmann, A**., 1988. Theory of expertons and fuzzy logic. *Fuzzy Sets and Systems, 28(3)*, 295-304