

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი
კომპიუტერულ მეცნიერებათა დეპარტამენტი

სოფიკო ქობულაშვილი

ფაზი-TOPSIS მიდგომა და პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება
მრავალკრიტერიალური ფაზი-სამკუთხა გადაწყვეტიულების მიღების
მოდელისთვის

სამაგისტრო პროგრამა: ინფორმაციული სისტემები

სამაგისტრო ნაშრომი შესრულებულია ინფორმაციულ სისტემებში
მეცნიერების მაგისტრის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

ხელმძღვანელები:

გია სირბილაძე,

ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა დოქტორი,
სრული პროფესორი;

ირინა ხუციშვილი,

ფიზ.-მათ. მეცნიერებათა კანდიდატი,
ასოცირებული პროფესორი.

თბილისი

2017

ანოტაცია

სამაგისტრო ნაშრომში წარმოდგენილია მრავალკრიტერიულ გარემოში გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის რეალიზაცია ფაზი - TOPSIS მეთოდოლოგიის გამოყენებით. სისტემაში შემავალი მონაცემები საექსპერტო ბუნებისაა და ინფორმაციის წყაროს წარმოადგენს ექსპერტი და მისი ცოდნა. მრავალკრიტერიული გადაწყვეტილების მიღების (MCDM) ამოცანების რაოდენობა დროთა განმავლობაში სულ უფრო და უფრო იზრდება, რაც განაპირობებულა ასეთი სისტემებიზე პრაქტიკაში დიდი მთხოვნით.

განხილულია ფაზი-TOPSIS მიდგომა მრავალკრიტერიული ფაზი-სამკუთხა გადაწყვეტილების მიღების მოდელისათვის. სისტემა წარმოდგენილია მოდულების სახით.

ნაშრომის ძირითადი ამოცანები შეგვიძლია შემდეგნაირად დავყოთ:

- 1) ფაზი-TOPSIS მეთოდოლოგიის შესწავლა და გადაწყვეტილების მიღების ამოცანის პრინციპების გააზრება სამკუთხა ფაზი-რიცხვებისათვის.
- 2) გადაწყვეტილების მიღების მოდელის რეალიზაცია (როგორც ალგორითმული, ასევე პროგრამული). აგებული მოდულების ურთერთმიმართება გაერთიანებულ ინტელექტუალურ სისტემაში.
- 3) კონკრეტულ მაგალითზე ალგორითმის მუშაობის შედეგების დემონსტრირება და მათი შედარება სისტემის მოდულურ დონეზე.

Annotation

In this master's work there is represented decision-making supporting system realization with the use of fuzzy-TOPSIS methodology in multi-criterion environment. The data in the system is the expert nature and the source of the information is the expert and its knowledge. The number of tasks of multi-criterion decision making (MCDM) are increasingly increasing over time, which in turn determines the need for such systems.

Fuzzy-TOPSIS approach is discussed for multi-criterion fuzzy – triangular decision-making model. The system is represented in a modular form.

The work can be considered as follows:

1. Learning the Fuzzy-TOPSIS methodology and understanding of the principles of solving the decision making problem for triangular fuzzy numbers.
2. Realization of decision making model (as algorithmic as well as software). Built modules and their coordination in a single intelligent system.
3. Demonstrate the results of the work of the algorithm based on private examples and compare them to the modular level of the system.

სარჩევი

1	შესავალი	5
1.1	გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი ინტელექტუალური სისტემები.....	5
1.2	კვლევის ძირითადი ამოცანების შესახებ.....	7
1.3	ფაზი–სიმრავლეების სათავეებთან	8
1.4	TOPSIS მეთოდის ძირითადი იდეა, Fuzzy Topsis გადაწყვეტილების მიღების სისტემებში.....	10
1.5	FTB-DSS სისტემა (Fuzzy TOPSIS Based Decision Support System).....	13
2	ფაზი - TOPSIS მოდელის აგება ფაზი-სამკუთხა არგუმენტების შემთხვევაში.....	16
2.1	Fuzzy TOPSIS სამკუთხა ფაზი რიცხვებისათვის.....	16
2.1.1	ალგორითმი:.....	17
2.1.2	ძირითადი ცნებები და განმარტებები	19
2.1.3	მეთოდი:	21
2.1.4	მაგალითები:.....	24
3	სისტემის პროგრამული ნაწილი:	25
3.1	სამკუთხა რიცხვებზე ალგორითმის რეალიზაცია.....	25
4	დანართი	27
4.1	ალგორითმული ნაწილი.....	27
4.2	FTB-DSS პროგრამული ნაწილი	29
4.2.1	<i>ჩვენს მიერ შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის საერთო ნაწილის ვიზუალური წარმოდგენა:.....</i>	<i>29</i>
4.2.2	<i>ამოცანის რეალიზაციის ვიზუალური წარმოდგენა სამკუთხა ფაზი-რიცხვებზე.....</i>	<i>35</i>
5	დასკვნა	40
6	გამოყენებული ლიტერატურა	41

1 შესავალი

1.1 გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი ინტელექტუალური სისტემები.

დღესდღეობით რეალურ გარემოში გადაწყვეტილების მიღების პროცესი, განსაკუთრებით კი მრავალკრიტერიალურ შემთხვევებში, ერთ-ერთ ურთულეს ამოცანას წარმოადგენს.

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

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

გადაწყვეტილების მიღების პრობლემის სირთულე თანდათან იზრდება გარემოს კომპლექსურობის მიხედვით, რადგან მასზე მოქმედებს შეფასების თითოეული კრიტერიუმების ცვლილება. საშუალებები, რომელიც ეხმარება ადამიანებს გადაწყვეტილების არჩევის რთული ამოცანების გადაჭრაში, წარმოადგენენ **გადაწყვეტილებათა მიღების კომპიუტერულ მხარდამჭერ სისტემებს** (გმმს).

გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდამჭერი სისტემები (DSS - Decision Support Systems), ზოგადად აგებულია მონაცემთა ბაზების, ხელოვნური ინტელექტის, იმიტაციური მოდელებისა და მენეჯმენტის საინფორმაციო სისტემების საფუძველზე. გმმს-ების საშუალებით შესაძლებელია არასტრუქტურირებადი და სუსტად სტრუქტურირებადი მრავალკრიტერიუმისანი ამოცანების გადაწყვეტა.

თანამედროვე კომპიუტერული ტექნოლოგიების განვითარებამ გამოიწვია ახალი ტიპის კომპიუტერული სისტემების გავრცელება, როგორცაა ინტელექტუალური გადაწყვეტილებათა მიღების მხარდამჭერი სისტემები (Intelligent Decision Support Systems) – IDSS.

ნებისმიერ გადაწყვეტილების პროცესში ჩვენ განვიხილავთ შედეგზე ორიენტირებულ ინფორმაციას და ვირჩევთ ორ ან მეტ ალტერნატივას შემდგომი მოქმედებებისთვის. თუ გადაწყვეტილება იყო სწორად მიღებული - ჩვენ გვექნება კარგი გამომავალი (output) . არსებობს ბევრი სხვადასხვა გზა, რომელთა საშუალებით შეიძლება გაკეთდეს ფაზი - გადაწყვეტილება Fuzzy Decision (FD).

თუ გადაწყვეტილების მიღების პროცესი ითვალისწინებს კვლევის არის სპეციალისტის (ექსპერტის) მონაწილეობას, საქმე გვაქვს საექსპერტო სისტემებთან.

ხშირად ამოცანის გადაწყვეტაში ევრისტიკული ცოდნის გამოყენება გამოწვიულია შემდეგი აუცილებლობით:

- 1) ისეთი მონაცემების კომპიუტერული დამუშავება, რომლებიც თავისი ბუნებით ბუნდოვანია ანუ ფაზია;
- 2) ისეთი რთული ობიექტების გამოკვლევა, რომელთა აღწერა-ფორმირება შეუძლებელია ფაზი-წარმოდგენების შემოღების გარეშე.

რთულ ექსპერტულ სისტემებზე მუშაობისას, მათი მოდელირების კლასიკურ მიმართულებათა პარალელურად, ყველაზე მნიშვნელოვანი არამკაფიოობის (Fuzziness) დაშვებაა. ყოველივე ეს უკავშირდება ბუნებასა და საზოგადოებაში მიმდინარე ჩამოუყალიბებელი თუ ანომალური მოვლენების შესწავლის სირთულეს, რაც გამოწვეულია ობიექტური ინფორმაციის სიმცირით ან არ არსებობით, როდესაც საექსპერტო ცოდნის ნაკადები გადაწყვეტა სანდო დასკვნების კონსტრუირებაში.

ამან ყველაფერმა განაპირობა ფაზი-ლოგიკაზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებათა მიღების მეთოდებისა და კომპიუტერული სისტემების ფართო გავრცელება ბოლო პერიოდში. მიზანშეწონილი გახდა მონაცემთა დამუშავება ფაზი-სტატისტიკური მეთოდებით, რადგანაც კლასიკური სტატისტიკის მეთოდები ამ შემთხვევაში არ იძლევა სანდო შედეგებს. ფაზი-ინფორმაციის წარმოდგენისა და დამუშავების ეფექტური ალგორითმების შემუშავება - ძალზედ აქტუალურია თანამედროვე მსოფლიოში. ყოველდღიურად იზრდება და უმჯობესდება კვლევის შედეგები ამ მიმართულებით. შედეგად საქმიანობის უამრავ სფეროში ვიღებთ დაზოგილ დროს, ენერგიას და მაღალი სიზუსტის შედეგებს.

1.2 კვლევის ძირითადი ამოცანების შესახებ

ამოცანა ეხება განუზღვრელ გარემოში მრავალ-ალტერნატიული შერჩევებისას მრავალ-კრიტერიალურ გარემოში მრავალ-ექსპერტული გადაწყვეტილების მიღების პრობლემებს. 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 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 ალტერნატივებს შორის ოპტიმალურის მიძიების შესაძლებლობა. სადიპლომო პროექტში ხდება ექსპერტული შეფასება ალტერნატივების კრიტერიუმებთან მიმართებაში და განხორციელებულია კრიტერიუმების წონების მიღების სამი განსხვავებული მიდგომა. საერთო ჯამში მომხმარებელს უჩნდება შესაძლებლობა სხვადასხვა წონებისთვის და სხვადასხვა ფაზი-რიცხვებისთვის რანჟირება გაუკეთოს ალტერნატივებს საუკეთესოდან უარესისკენ. აღნიშნული ამოცანა რეალიზებულია გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის სახით, რომელიც ექსპერტების ცოდნაზე დაყრდნობით მომხმარებლისთვის ქმნის გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერ გარემოს მრავალ ალტერნატიულ შემთხვევაში და მრავალ კრიტერიალურ (მრავალ ფაქტორულ) გარემოში, როდესაც ცოდნის წარმოდგენა მრავალექსპერტულია. საბოლოოდ, ინტელექტუალური სისტემა მომხმარებელს შეუქმნის გადაწყვეტილების მიღების ისეთ გარემოს, როდესაც შესაძლო ალტერნატივები დალაგებულია რანჟირებულად.

1.3 ფაზი–სიმრავლების სათავეებთან

არასრული ინფორმაციის არსებობისას, უზუსტობისა და განუზღვრელობის პირობებში, გადაწყვეტილების მიღების პრობლემატიკაში დღეს აქტუალური ხდება არამკაფიო მოდელირება. წარმოდგენილია არამკაფიო სიმრავლების თეორიის ძირითადი, ელემენტარული ასპექტები, რომლის შექმნა განაპირობა ადამიანის სწრაფვამ შემეცნებისა და აზროვნების პროცესების უკეთ შესწავლისათვის, ხოლო საწყისი არამკაფიო ინფორმაციის ასახვათა მათემატიკური ინსტრუმენტები რეალობის ადეკვატური 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. Zadeh). 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, როგორცაა 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, როგორცაა 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). ამიტომ, 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.

1.4 TOPSIS მეთოდის ძირითადი იდეა, Fuzzy Topsis გადაწყვეტილების მიღების სისტემებში.

მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღება, რომელიც გულისხმობს ოპტიმალური ვარიანტის არჩევას ალტერნატივების სიმრავლეებიდან, არის ყოველდღიური ამოცანა ადამიანის საქმიანობიდან.

გადაწყვეტილების მიღების პროცესის შესაწავლა დამოუკიდებელი მეცნიერული მიმართულებაა და ძირითადად არსებული ალტერნატივებიდან საუკეთესოს ამორჩევაზეა ორიენტირებული. ალტერნატივების გადარჩევის ბევრი მეთოდი არსებობს რომელთაგან მნიშვნელოვანია ალტერნატივების შეფასების ექსპერტული მეთოდი. ექსპერტული მეთოდის ერთ-ერთი ნაირსახეობაა ალტერნატივების (იდეების, პროექტების და ა.შ) შეფასების და რანჟირების მრავალკრიტერიუმული ექსპერტული მეთოდი. მნიშვნელოვანია შეფასების კრიტერიუმების განისაზღვრა, რომლებიც უნდა აკმაყოფილებდნენ წინასწარ დადგენილ სტანდარტებს. არჩეულმა კრიტერიუმებმა შეიძლება შეცვალოს ალტერნატივის ფასეულობა სივრცესა და დროში. ამიტომ არსებული პრობლემის ეფექტური გადაწყვეტისთვის განმსაზღვრელია შესაფერისი მრავალკრიტერიუმული გადაწყვეტილების მიღების (MCDM - Multiple Criteria Decision Making) მეთოდის შერჩევა.

მრავალკრიტერიუმული გადაწყვეტილების მიღების სისტემების დამუშავება დაიწყო 1971 წელს. MCDM-ის ძირითად მიზანს წარმოადგენს გადაწყვეტილების მიმღებთა აღჭურვა ინსტრუმენტით, რათა მათ ჰქონდეთ მრავალკრიტერიუმული გადაწყვეტილების მიღებასთან დაკავშირებული პრობლემების გადაწყვეტის საშუალება, მსგავს ამოცანების გადაწყვეტის დროს მრავალი ურთიერთსაწინააღმდეგო კრიტერიუმის გათვალისწინება უწევს შემფასებელს.

მრავალი MCDM მეთოდი იყენებს კრიტერიუმების წონებს აგრეგირების პროცესში. კრიტერიუმების წონები მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ალტერნატივების ზოგად, საერთო და

განსხვავებულ პრეფერენციების შეფასებაში. აგრეგირების სხვადასხვა წესების არსებობის გამო MCDM მეთოდები კრიტერიუმების წონებს სხვადასხვანაირად იყენებენ. ამიტომ სხვადასხვა MCDM მეთოდების შემთხვევაში გამოსაყენებლად შემუშავდა შეწონვის სხვადასხვა მეთოდები.

MCDM-ში **TOPSIS (The Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution)** - ის მეთოდი წარმოადგენს მიდგომას იმ ალტერნატივის იდენტიფიცირებისთვის, რომელიც ყველაზე ახლოსაა პოზიტიურ იდეალურ გადაწყვეტასთან და ყველაზე შორსაა ნეგატიური იდეალური გადაწყვეტისაგან. TOPSIS არის მრავალკრიტერიალური ექსპერტული მეთოდი, რომელიც წარმოადგენს ალტერნატივების შეფასების, რანჟირების და ამორჩევის მექანიზმს.

TOPSIS მეთოდს მონაცემთა დამუშავების მრავალგანზომილებიან სივრცეში მრავალი უპირატესობა გააჩნია. იგი წარმოადგენს მარტივ პროცესს, ადვილია მისი გამოყენება და დაპროგრამება. საფეხურების რაოდენობა იგივე რჩება ატრიბუტების რაოდენობის გაზრდის მიუხედავად. TOPSIS მეთოდი გამოყენებულია მიწოდების სისტემის მართვაში და ლოგისტიკაში, პროექტირებაში, მშენებლობისა და წარმოების სისტემებში, ბიზნესისა და მარკეტინგის მენეჯმენტში, გარემოს მართვაში, ადამიანური რესურსების მართვასა და წყლის რესურსების მართვაში.

TOPSIS მეთოდის ძირითადი იდეა მდგომარეობს იმაში, რომ ყველაზე სასურველი ალტერნატივა არა მხოლოდ ახლოს უნდა იდგას იდეალურ გადაწყვეტასთან, არამედ სხვა ალტერნატივებთან შედარებით მიუღებელ გადაწყვეტილებებთან დაშორებული უნდა იყოს ყველაზე მეტად .

როგორც TOPSIS მეთოდის არსიდან გამომდინარეობს, ამ უკანასკნელის გამოყენებით საკმაოდ ეფექტურად არის შესაძლებელი არამკაფიო მრავალკრიტერიუმიანი ამოცანების გადაჭრა. არაცხად გარემოს პირობებში ერთ-ერთ საუკეთესო გზას წარმოადგენს TOPSIS მეთოდის გამოყენება Fuzzy (არაცხადი) რიცხვებისათვის (Fuzzy TOPSIS).

ოპტიმიზაციის ამოცანების გადაწყვეტა Fuzzy TOPSIS გამოყენებით გულისხმობს, იმ ხარისხობრივი ლინგვისტური ცვლადების მნიშვნელობათა გადაყვანას არამკაფიო რიცხვებში,

რომლებიც მიუთითებენ, რომ ესა თუ ის ალტერნატივა რა მიკუთვნებით შეესაბამება შეფასების კრიტერიუმებს.

TOPSIS მეთოდი წარმოადგენს ერთ-ერთ ეფექტურ ინსტრუმენტს, რომელიც ხელს შეუწყობს გადაწყვეტილების მიმღებ პირებს და ექსპერტებს მათი მიზნების და სუბიექტური მოსაზრებების ფორმულირებაში, მაჩვენებელთა სისტემის სტრუქტურირებაში, ალტერნატივების შეფასებაში გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში არამკაფიო მათემატიკის, ლინგვისტური ცვლადების, არამკაფიო სიმრავლეთა და არამკაფიო რიცხვთა ენაზე.

1.5 FTB-DSS სისტემა (Fuzzy TOPSIS Based Decision Support System)

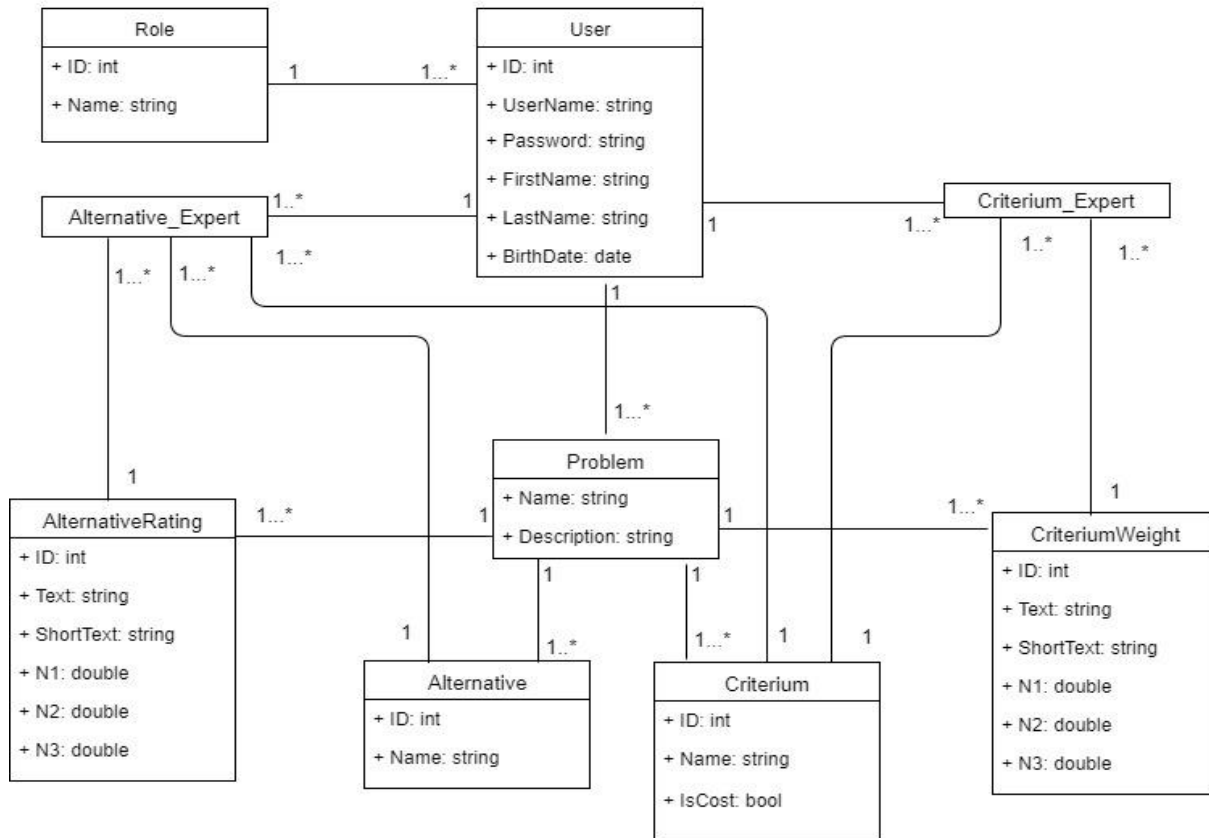
სადიპლომო ნაშრომის ფარგლებში შეიქმნა Fuzzy TOPSIS მიდგომაზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემა FTB-DSS (Fuzzy TOPSIS Based Decision Support System) . სისტემა შექმნა სამმა მაგისტრანტმა, სამუშაო გადანაწილებული იქნა შემდეგი სქემით:

- ირინა კაზარიანი - პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება მრავალკრიტერიალური ფაზი - ინტუიციონისტური გადაწყვეტილების მიღების მოდელისთვის.
- სოფიკო ქობულაშვილი - პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება მრავალკრიტერიალური ფაზი - სამკუთხა გადაწყვეტილების მიღების მოდელისთვის.
- თეონა ქუჯოშვილი - პროგრამული უზრუნველყოფის განვითარება მრავალკრიტერიალური ფაზი-ჰესიტანტური გადაწყვეტილების მიღების მოდელისთვის.

პროდუქტი შეიქმნა Windows -ის .net პლატფორმაზე, asp.net mvc ვებ-ტექნოლოგიის საშუალებით, ხოლო რაც შეეხება მონაცემთა ბაზას, იგი წარმოადგენს მონაცემების საერთო საცავს, ამისათვის, გამოვიყენეთ Microsoft SQL SERVER რელაციური მონაცემთა ბაზა. დეველოპმენტ გარემო (IDE) ავარჩიეთ Visual Studio 2017. მონაცემთა ბაზასთან წვდომისთვის გამოყენებულია ORM - Entity Framework.

სისტემის სტრუქტურა კლას-დიაგრამის საშუალებით გამოიყურება შემდეგნაირად:

Fuzzy Topsis გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემის კლას-დიაგრამა



სისტემა Web-ზე ორიენტირებულია, რაც იმას ნიშნავს რომ, ნებისმიერ ავტორიზირებულ მომხმარებელს შეუძლია ამოცანის შექმნა სისტემაში, შესამაბისი ალტერნატივების და კრიტერიუმების ფორმირება და ასევე ექსპერტებსაც აქვთ საშუალება მსოფლიოს ნებისმიერი წერტილიდან შევიდნენ ინტერნეტში განთავსებულ ვებ გვერდზე თავიანთი მომხმარებლის სახელითა და პაროლით და დააფიქსირონ საკუთარი ექსპერტული ცოდნა. ექსპერტების შეფასებების შემდგომ, სისტემას შეუძლია გადაწყვეტილების მიღება, რაც გულისხმობს მომხმარებლისთვის საუკეთესო ვარიანტის ამორჩევის შესაძლებლობას.

სისტემაში მუშაობისას მომხმარებელს შეუძლია შექმნას ამოცანა, ამოხსნას Fuzzy Topsis მეთოდის რამოდენიმე განსხვავებული ალგორითმით და შეადაროს მიღებული შედეგები ერთმანეთს.

სისტემაში ჩადებულია მომხმარებლებისა და მათი როლების ცნება. სულ გვაქვს 4 ტიპის როლი: ადმინისტრატორი, მოდერატორი, ექსპერტი და სტანდარტული მომხმარებელი.

ადმინისტრატორი ამატებს მოდერატორს, მოდერატორი არის ამოცანების სტრუქტურასა და ექსპერტებში გათვიცნობიერებული ობიექტი, ამიტომაც ის უგზავნის ამოცანებს ექსპერტებს.

ექსპერტი უბრალოდ აფასებს ამოცანის მონაცემებს, ხოლო სტანდარტული მომხმარებელი ახდენს ამოცანის შექმნასა და მის ფორმირებას.

- ადმინისტრატორი ფლობს უფლებების სრულ პაკეტს, აქვს საშუალება დაამატოს მოდერატორი, დაადასტუროს სხვა მომხმარებლის როლი, შექმნას და დაარედაქტიროს ამოცანა, მოშალოს ამოცანა და შეასრულოს ალგორითმის რეალიზაცია.
- მოდერატორს შეუძლია ამოცანის შექმნა, მოდიფიცირება, ამოხსნა, მოშლა, ამოცანის გაგზავნა ექსპერტთან.
- სტანდარტულ მომხმარებელს შეუძლია მხოლოდ ამოცანის შექმნა, მოდიფიცირება და მოშლა.
- ექსპერტს გააჩნია შედარებით შეზღუდული უფლებები, მის ჭრილში ჩანს მხოლოდ ამოცანის შეფასება და ამოხსნა.

2 ფაზი - TOPSIS მოდელის აგება ფაზი-სამკუთხა არგუმენტების შემთხვევაში

2.1 Fuzzy TOPSIS სამკუთხა ფაზი რიცხვებისათვის.

Fuzzy TOPSIS -ზე დაფუძნებული მრავალკრიტერიალური გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემა წარმოადგენს სისტემას, რომელიც მომხმარებლისთვის ქმნის გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერ გარემოს მრავალ ალტერნატიულ და მრავალ კრიტერიალურ ამოცანის ამოხსნის შემთხვევაში.

ალტერნატივები - შესაძლო ვარიანტები, რომლებიც უნდა შეფასდეს საუკეთესოს ამორჩევის მიზნით.

კრიტერიუმები - ახასიათებენ ალტერნატივებს და მათი საშუალებით უნდა მოხდეს ალტერნატივების შეფასება.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, მეთოდის ძირითადი პრინციპი მდგომარეობს იმაში, რომ ალტერნატივების სიმრავლიდან საუკეთესო არჩევანს აქვს ყველაზე ნაკლები მანძილი პოზიტიურ იდეალურ გადაწყვეტასთან (FPIS - Fuzzy Positive Ideal Solution) და ამავედროულად ყველაზე დიდი მანძილი ნეგატიურ იდეალურ გადაწყვეტასთან (FNIS - Fuzzy Negative Ideal Solution) [11].

თეორიის თანახმად, FPIS არის ერთადერთი მნიშვნელობა, რომელიც აკეთებს სარგებლიანობის აღმნიშვნელი (Benefit) კრიტერიუმის მაქსიმიზაციას და ამავე დროს ხარჯის აღმნიშვნელი (Cost) კრიტერიუმის მინიმიზაციას, როდესაც FNIS გვამძღვრებს შებრუნებულ შედეგს.

Fuzzy TOPSIS წარმოადგენს ექსპერტულ მეთოდს, რომლის სიზუსტე დამოკიდებულია ექსპერტთა რაოდენობასა და მათ კომპეტენციაზე. რაც უფრო მეტი კომპეტენტური ექსპერტი ახდენს ამოცანის მონაცემების შეფასებას, მით უფრო ზუსტია გამომავალი რანჟირება (რიცხვითი კოეფიციენტები, თითოეული ალტერნატივისათვის, რომელიც წარმოადგენს პასუხს გადაწყვეტილების მიღების ამოცანაში).

2000 წელს პირველად იქნა შემუშავებული Fuzzy Topsis ალგორითმი, რომელიც ახდენს მრავალკრიტერიალურ გარემოში მრავალალტერნატიული შემავალი მონაცემებისათვის გადაწყვეტილების მიღების ამოცანის გადაწყვეტას. ამ ალგორითმს ქონდა შემდეგი სახე:

2.1.1 ალგორითმი:

ბიჯი 1: განისაზღვროს ალტერნატივებისა და მათი შესაფასებელი კრიტერიუმების სია ამოცანისათვის. თითოეულ კრიტერიუმისათვის უნდა იქნას განსაზღვრული ტიპი (სარგებლიანობის (Benefit) ან ხარჯის (Cost)).

ბიჯი 2: განისაზღვროს კრიტერიუმის წონებისა და ალტერნატივის რეიტინგის შესაბამისი ლინგვისტური ცვლადები შესაბამისი ტერმებით.

ბიჯი 3: ამოცანაზე მომუშავე ექსპერტების მიერ მოხდეს კრიტერიუმის შეფასება წონებით და ალტერნატივების შეფასება რეიტინგებით - თითოეული კრიტერიუმის მიხედვით.

ბიჯი 4: გასაშუალოების მეთოდების გამოყენებით, ექსპერტების შეფასებების მიხედვით, გამოყვანილი იქნას წონების გასაშუალოებული ვექტორი და გადაწყვეტილების ფაზი-მატრიცა.

ბიჯი 5: მოხდეს გადაწყვეტილების მიღების ფაზი-მატრიცის ნორმალიზება, რათა მატრიცის თითოეული ელემენტის a_1 , a_2 და a_3 მნიშვნელობები მოექცეს $[0,1]$ შუალედში.

ბიჯი 6: დაითვალოს გადაწყვეტილების მიღების შეწონილი, ნორმალიზებული ფაზი-მატრიცა, რომლის მიღებაც მოხდება წონების ვექტორის გამრავლებით ნორმალიზებულ მატრიცაზე.

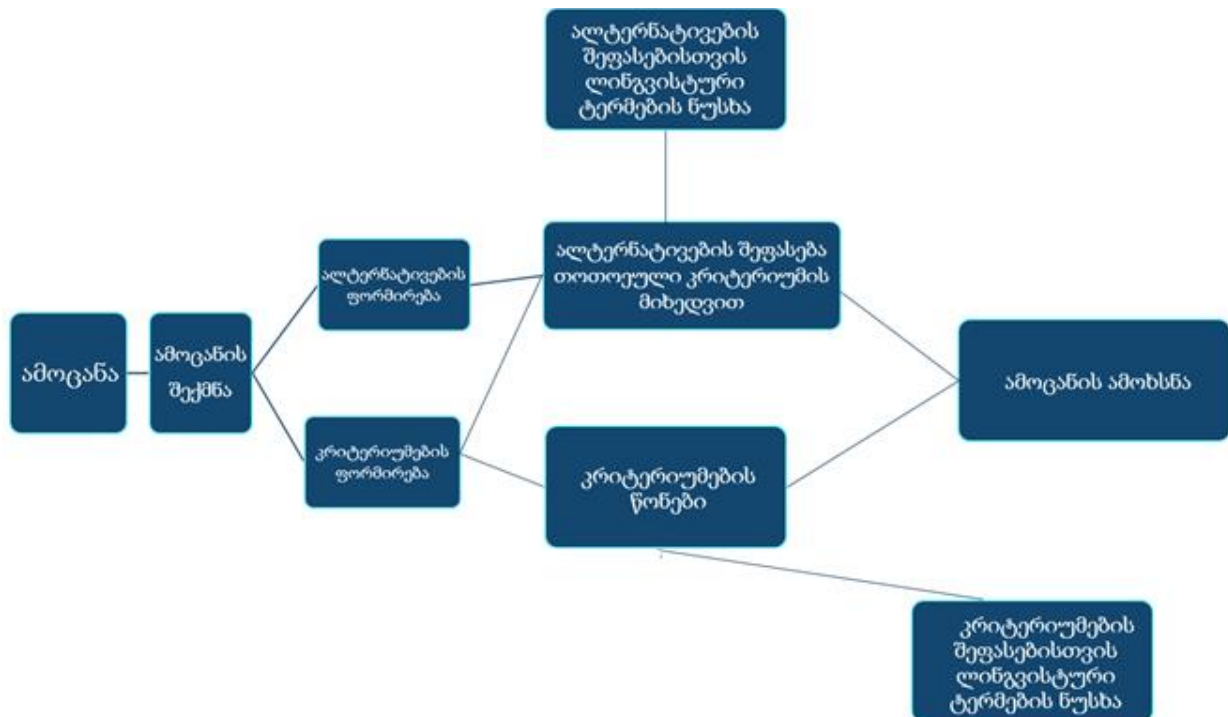
ბიჯი 7: განისაზღვროს ფაზი-პოზიტიური იდეალური გადაწყვეტილება (FPIS) და ფაზი - ნეგატიური იდეალური გადაწყვეტილება (FNIS).

ბიჯი 8: თითოეული ალტერნატივისათვის გამოითვალოს მანძილები FPIS- დან და FNIS- დან.

ბიჯი 9: დაითვალოს სიახლოვის კოეფიციენტი თითოეული ალტერნატივისათვის.

ბიჯი 10. სიახლოვის კოეფიციენტებიდან გამომდინარე განისაზღვროს გამომავალი რანჟირება თითოეული ალტერნატივისათვის.

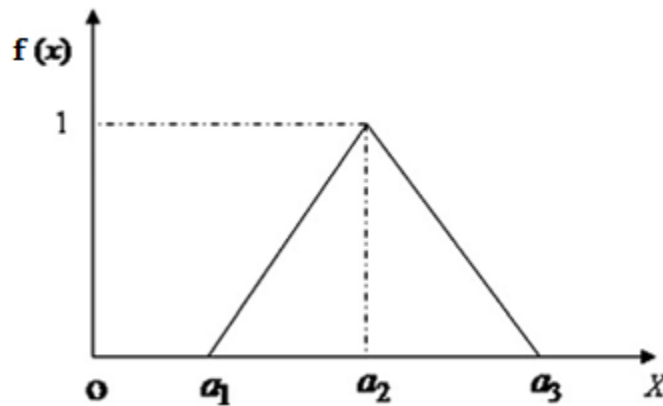
ალგორითმი მოკლედ, სქემის სახით გამოსახულია ქვემოთ:



2.1.2 ძირითადი ცნებები და განმარტებები

ფაზი-რიცხვი. ზოგადად ფაზი – რიცხვს უწოდებენ ისეთ ფაზი – სიდიდეს, რომლის მიკუთვნების ფუნქცია არის ამოზნექილი და უნიმოდალური.

სამკუთხა ფაზი-რიცხვი. სამკუთხა ფაზი-რიცხვს (სფრ) დავარქმევთ ისეთ ნორმალურ ფაზი-რიცხვს, რომელის მიკუთვნების ფუნქცია შეიძლება იქნას მოცემული როგორც სამკუთხა ფუნქცია $f(x)$, იგი წარმოადგენს ნებისმიერ x რიცხვს X -დან ნამდვილ რიცხვში $[0,1]$ შუალედში. [7].



სამკუთხა ფაზი რიცხვი შეგვიძლია ჩავწეროთ შემდეგნაირად: $A(a_1, a_2, a_3)$. a_1 სა და a_3 წერტილში ფუნქცია იღებს მინიმალურ, ხოლო a_2 წერტილში - მაქსიმალურ მნიშვნელობებს. a_1 და a_3 წარმოადგენენ მონაცემთა განაწილების არეალის მინიმალურ და მაქსიმალურ წერტილებს.

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_2 \geq x \geq a_1 \\ \frac{x - a_2}{a_3 - a_2}, & a_3 \geq x \geq a_2 \\ 0, & x > a_3 \end{cases}$$

არითმეტიკული ოპერაციები სამკუთხა ფაზი-რიცხვებზე:

არითმეტიკული ოპერაციები სამკუთხა ფაზი-რიცხვებზე შეგვიძლია წარმოვადგინოთ შემდეგნაირად:

$$a(+)b = (a_1, a_2, a_3)(+)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3)$$

$$a(-)b = (a_1, a_2, a_3)(-)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_1, a_2 - b_2, a_3 - b_3)$$

$$a(*)b = (a_1, a_2, a_3)(*)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 * b_1, a_2 * b_2, a_3 * b_3)$$

$$\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{(a_1, a_2, a_3)}{(b_1, b_2, b_3)} = \left(\frac{a_1}{b_3}, \frac{a_2}{b_2}, \frac{a_3}{b_1}\right)$$

$$ka = k(a_1, a_2, a_3)(ka_1, ka_2, ka_3)$$

ლინგვისტური ცვლადი: ფაზი-ცვლადის განზოგადება არის ეგრეთწოდებული **ლინგვისტური ცვლადი**, რომლის მნიშვნელობებსაც წარმოადგენს ლინგვისტური ტერმები [10]. თითოეული ტერმი წარმოადგენს ცალკეული α ფაზი ცვლადის დასახელებას. ლინგვისტური ცვლადების გამოყენება საკმაოდ აქტუალურია იმ რიგ შემთხვევებში, როდესაც გარემო არის კომპლექსური, ხოლო ესა თუ ის მნიშვნელობები რთულად გამოსახვადი ჩვეულებრივ რაოდენობრივ ტერმინებში [9].

მაგალითად, ცნება წონა შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ლინგვისტური ცვლადი, რომლის მნიშვნელობასაც შეესაბამება შემდეგი ტერმები: ძალიან დაბალი, დაბალი, საშუალო, მაღალი, ძალიან მაღალი. ლინგვისტური ცვლადის მნიშვნელობების წარმოდგენა შესაძლებელია სამკუთხა ფაზი-რიცხვების საშუალებით.

მანძილი ორ ფაზი რიცხვს შორის: თუ მოცემულია ორი ფაზი-რიცხვი $a = (a_1, a_2, a_3)$ და $b = (b_1, b_2, b_3)$, მაშინ მათ შორის მანძილი განიმარტება ფორმულით:

$$d(a, b) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]}$$

2.1.3 მეთოდი:

ვთქვათ მოცემული გვაქვს $A_1, A_2 \dots A_m$ ალტერნატივა, $C_1, C_2 \dots C_n$ კრიტერიუმი და გადაწყვეტილების მიღების ექსპერტთა ჯგუფი, რომელიც შედგება K ობიექტისაგან, მაშინ k -ური ექსპერტის შეფასება ალტერნატივის რეიტინგებისა და კრიტერიუმის წონების i -ური ალტერნატივისათვის და j -ური კრიტერიუმისათვის შეგვიძლია ჩავწეროთ შემდეგნაირად: $x_{ij}^k = (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k)$ და $w_j^k = (w_{j1}^k, w_{j2}^k, w_{j3}^k)$ სადაც $i=1,2,\dots,m$ და $j=1,2,\dots,n$.

გასაშუალოების მეთოდით i -ური ალტერნატივის შეჯამებული საშუალო რეიტინგები j -ური კრიტერიუმის მიხედვით მოიცემა შემდეგნაირად $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ და დაითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$1) \quad a_{ij} = \min_k \{a_{ij}^k\}, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ij}^k, c_{ij} = \max_k \{c_{ij}^k\}$$

$$2) \quad a_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k a_{ij}^k, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ij}^k, c_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c_{ij}^k$$

გასაშუალოების მეთოდით თითოეული კრიტერიუმის შეჯამებული საშუალო წონები მოიცემა როგორც $w_j^k = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ და გამოითვლება ფორმულით:

$$1) \quad w_{j1} = \min_k \{w_{jk1}\}, w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, w_{j3} = \max_k \{w_{jk3}\}$$

$$2) \quad w_{j1} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk1}, w_{j2} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk2}, w_{j3} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{jk3}$$

გადაწყვეტილების მიღების ფაზი- მატრიცას და კრიტერიუმის წონების ვექტორს აქვს შემდეგი სახე:

$$D = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$$

სადაც $x_{ij}, \forall i, j$ და $w_j, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$; არის ლინგვისტური ცვლადები, რომლებიც წარმოდგენილია როგორც სამკუთხა ფაზი-რიცხვები: $x_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ და $w_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$.

ნორმალიზაცია:

გადაწყვეტილების მიღების ფაზი მატრიცას ნორმალიზაციის შემდეგ აქვს შემდეგი სახე:

$$R = [r_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n;$$

სადაც

$$r_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ და } c_j^* = \max_i c_{ij} \text{ სარგებლიანობის (benefit) კრიტერიუმის შემთხვევაში.}$$

$$r_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \text{ და } a_j^- = \min_i a_{ij} \text{ ხარჯის (cost) კრიტერიუმის შემთხვევაში.}$$

მატრიცის ნორმალიზების შემდეგ მისი თითოეული ელემენტი არის ნორმალიზებული ფაზი-სამკუთხა რიცხვი, რომელიც მოქცეულია საზღვრებში $[0,1]$ ინტერვალის.

გადაწყვეტილების მიღების **შეწონილი**, ნორმალიზებული მატრიცა V მიიღება გასაშუალოებული წონების გამრავლებით ნორმალიზებულ მატრიცზე :

$$V = [v_{ij}]_{m \times n}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; \text{ სადაც } v_{ij} = r_{ij}(*)w_j.$$

მეთოდი განვიხილოთ იმ მაგალითზე როდესაც პოზიტიური იდეალური გადაწყვეტილება არის სამკუთხა რიცხვი მნიშვნელობით (1,1,1) ხოლო ნეგატიური იდეალური გადაწყვეტილება არის (0,0,0). $A^* = (1,1,1)$ და $A^- = (0,0,0)$.

თითოეული ალტერნატივისათვის მანძილი FPIS მდე დაითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(v_{ij}, v_j^*), i = 1, 2, \dots, m;$$

თითოეული ალტერნატივისათვის მანძილი FNIS მდე დაითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(v_{ij}, v_j^-), i = 1, 2, \dots, m;$$

სადაც $d_v(a, b)$ არის ორ ფაზი სამკუთხა რიცხვს შორის მანძილის გამოსათვლელი ფორმულა.

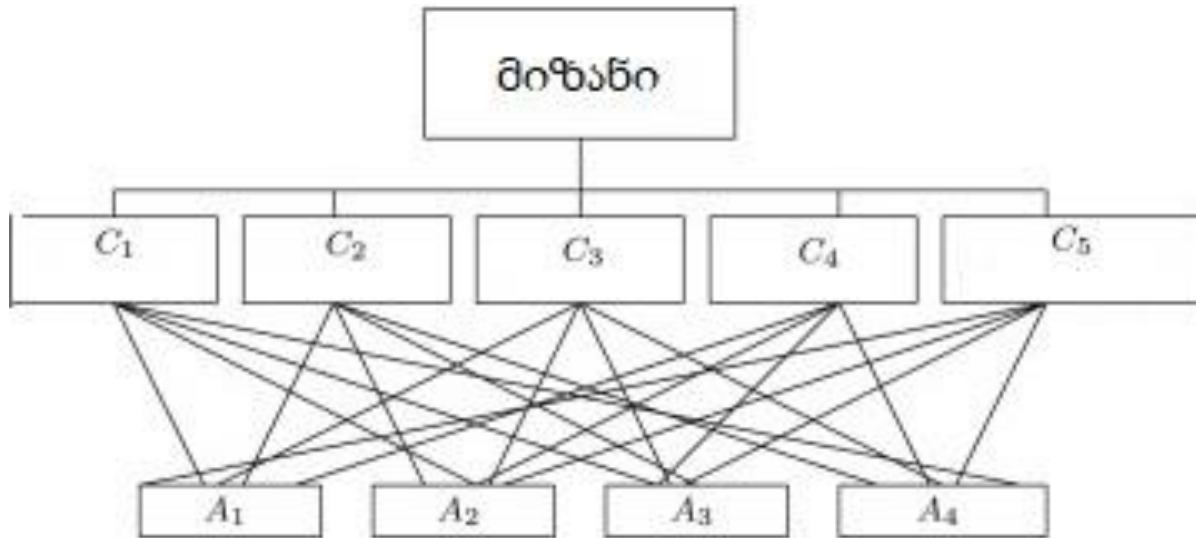
სიახლოვის კოეფიციენტი CC_i თითოეული ალტერნატივისათვის წარმოადგენს მანძილს, როგორც პოზიტიურ იდეალურ გადაწყვეტილებიდან (A^*), ამავედროულად პოზიტიურ იდეალურ გადაწყვეტილებიდან (A^-).

თითოეული ალტერნატივისათვის სიახლოვის კოეფიციენტი გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}, i = 1, 2, \dots, n;$$

ალტერნატივა ყველაზე მაღალი სიახლოვის კოეფიციენტით წარმოადგენს საუკეთესო არჩევანს და იგი ყველაზე ახლოს არის პოზიტიურ იდეალურ გადაწყვეტილებასთან და ამავე დროს ყველაზე შორს ნეგატიურ იდეალურ გადაწყვეტილებასთან.

თითოეული ალტერნატივის შეფასება კრიტერიუმის მიხედვით სქემატურად შეგვიძლია გმოვსახოთ შემდეგნაირად:



პირველ ზოლში განთავსებულია ამოცანის მიზანი, მეორე ზოლში კრიტერიუმები, ხოლო მესამე ზოლში ალტერნატივები. (ამ კონკრეტულ შემთხვევაში განხილულია მაგალითი როდესაც ვაქვს კრიტერიუმები: C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 და ალტერნატივები: A_1, A_2, A_3, A_4).

2.1.4 მაგალითები:

დღევანდელი რეალობიდან არაერთი მაგალითი შეგვიძლია მოვიყვანოთ:

2.1.4.1 მაგალითი - დაწესებულის ადგილმდებარეობის შერჩევა

დაწესებულების ადგილმდებარეობის შერჩევა წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან საქმიანობას სტრატეგიულ დაგეგმარებაში კერძო და საჯარო კომპანიების ფართო სპექტრში. იგი არის მრავალკრიტერიუმის გადაწყვეტილების მიღების პრობლემა, რომელიც შეიცავს, როგორც რაოდენობრივ, ასევე ხარისხობრივ კრიტერიუმებს. სამკუთხა ფაზი-რიცხვებზე მორგებული Fuzzy TOPSIS საშუალებით ჩვენ მოვახდენთ ადგილმდებარეობის არსებული ვარიანტების ანალიზს და ალტერნატივების რანჟირებას.

2.1.4.2 მაგალითი - კომპანიის შერჩევა საინვესტიციოდ

საინვესტიციო კომპანიის სურს ფულის ინვესტიცია საუკეთესო არჩევანში. ამ ამოცანისათვის ჩვენ გამოვიყენებთ Fuzzy TOPSIS მიდგომას. ფაზი-სამკუთხა რიცხვების სახით წარმოდგენილი წონებითა და რეიტინგებით მოხდება ექსპერტების მიერ ალტერნატივებისა და კრიტერიუმების შეფასება, რის შედეგადაც დაითვლება გამომავალი რანჟირება.

3 სისტემის პროგრამული ნაწილი:

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი გადაწყვეტილების მიღების მხარდამჭერი სისტემა, რომელიც იყენებს Fuzzy Topsis მეთოდს, წარმოდგენილია 3 მოდულის სახით. თითოეულ მოდულში Fuzzy Topsis მეთოდი იმპლემენტირებულია სხვადასხვა ტიპის რიცხვებზე: ფაზი-სამკუთხა, ფაზი-ჰესიტანტურ და ფაზი-ინტუიციონისტურ რიცხვებზე.

3.1 სამკუთხა რიცხვებზე ალგორითმის რეალიზაცია.

სამკუთხა რიცხვებზე ალგორითმის რეალიზაცია იყოფა ორ ქვე-მოდულად. ქვე-მოდულებს შორის განსხვავებას წარმოადგენს გამოთვლისას გასაშუალოების განსხვავებული ფორმულის გამოყენება.

გასაშუალოების ფორმულაში იგულისხმება რამოდენიმე ფაზი-რიცხვისაგან ერთი საშუალო ფაზი-რიცხვის მიღების გამოსათვლელი ფორმულა.

- 1) *საშუალო არითმეტიკული*: შემთხვევა როდესაც გასაშუალოებული ფაზი-რიცხვის თითოეული კომპონენტი გამოითვლება სხვა რიცხვების შესაბამისი კომპონენტების საშუალო არითმეტიკულით.

$$a_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k a^k_{ij}, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b^k_{ij}, c_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c^k_{ij}$$

- 2) *მინიმუმ-მაქსიმუმის ფორმულა*: როდესაც გასაშუალოებული ფაზი-რიცხვის პირველი კომპონენტი გამოითვლება სხვა რიცხვების შესაბამისი კომპონენტების მინიმუმით, მეორე კომპონენტი-საშუალო არითმეტიკულით, ხოლო მესამე კომპონენტი - მაქსიმუმით.

$$a_{ij} = \min_k \{a^k_{ij}\}, b_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b^k_{ij}, c_{ij} = \max_k \{c^k_{ij}\}$$

ამოცანის ამოხსნის დროს სისტემის ალგორითმის დონეზე სრულდება შესაბამისი ფუნქციონალი იმის და მიხედვით, თუ რომელი ქვემოდულიდან მოისურვებს მომხმარებელი

პრობლემის გადაწყვეტას. მოცემულია ზემოთ აღნიშნული შემთხვევების რეალიზაციის ალგორითმის ფრაგმენტი:

```
2 references | 0 exceptions
public static TriangularFuzzyNumber GetMediumFuzzyNumber(List<TriangularFuzzyNumber> numbers, bool useArithmeticAverage = true)
{
    TriangularFuzzyNumber num = new TriangularFuzzyNumber();
    if (useArithmeticAverage)
    {
        double sumN1 = 0;
        double sumN2 = 0;
        double sumN3 = 0;
        foreach (var item in numbers)
        {
            sumN1 += item.N1;
            sumN2 += item.N2;
            sumN3 += item.N3;
        }
        num.N1 = Math.Round(sumN1 / numbers.Count, 1);
        num.N2 = Math.Round(sumN2 / numbers.Count, 1);
        num.N3 = Math.Round(sumN3 / numbers.Count, 1);
    }
    else
    {
        double min = numbers.ElementAt(0).N1;
        double max = numbers.ElementAt(0).N3;
        double sum = 0;
        foreach (var item in numbers)
        {
            sum += item.N2;
            if (item.N1 < min) min = item.N1;
            if (item.N3 > max) max = item.N3;
        }
        num.N1 = min;
        num.N2 = Math.Round(sum / numbers.Count, 1);
        num.N3 = max;
    }
    return num;
}
```

ალგორითმის მუშაობისას **useArithmeticAverage** ფუნქციის პარამეტრი განსაზღვრავს იმას, თუ რომელი ფორმულით ვითვლით საშუალო ფაზი - რიცხვს.

მეთოდი იღებს 2 პარამეტრს, სამკუთხა ფაზი - რიცხვების სიას (საიდანაც ხდება საშუალო ფაზი-რიცხვის გამოთვლა) და ერთ **bool** პარამეტრს - რომელიც წყვეტს თუ რომელი ფორმულა იქნას გამოყენებული საშუალო ფაზი-რიცხვის გამოსათვლელად

4 დანართი

4.1 ალგორითმული ნაწილი.

ქვემოთ მოცემულია Fuzzy Topsis ალგორითმის რამოდენიმე ძირითადი ფუნქცია (რომლის თეორიული ნაწილიც განვიხილეთ ზემოთ) პროგრამული კოდის დონეზე:

- 1) მანძილი ორ ფაზი რიცხვს შორის:

```
1 reference | 0 exceptions
public static double GetDistanceBetweenTwoFuzzyNumber(TriangularFuzzyNumber C, TriangularFuzzyNumber K)
{
    return Math.Sqrt(((Math.Pow((C.N1 - K.N1), 2) + Math.Pow((C.N2 - K.N2), 2) + Math.Pow((C.N3 - K.N3), 2)) / 3));
}
```

- 2) მატრიცის ნორმალიზაცია:

```
1 reference | 0 exceptions
public void normalize(List<Criterium> criteriums)
{
    for (int i = 0; i <N; i++)
    {
        for (int j = 0; j <M; j++)
        {
            List<double> N3list = new List<double>();
            List<double> N1list = new List<double>();

            for (int k = 0; k < N; k++)
            {
                N3list.Add(matrix[k, j].N3);
                N1list.Add(matrix[k, j].N1);
            }

            double maximumOfN3 = N3list.Max();
            double minimumOfN1 = N1list.Min();

            TriangularFuzzyNumber target = matrix[i,j];

            var criterium = criteriums[j];
            if (criterium.IsCost)
            {
                target.N1 = Math.Round(minimumOfN1 / target.N3,2);
                target.N2 =Math.Round(minimumOfN1 / target.N2,2);
                target.N3 = Math.Round(minimumOfN1 / target.N1,2);
            }
            else
            {
                target.N1 = Math.Round(target.N1 / maximumOfN3,2);
                target.N2 = Math.Round(target.N2 / maximumOfN3,2);
                target.N3 = Math.Round(target.N3 / maximumOfN3,2);
            }
        }
    }
}
```

3) ნორმალიზებული მატრიციდან შეწონილი მატრიცის მიღება:

```
1 reference | 0 exceptions
public void multiplyOnWeights(List<TriangularFuzzyNumber> weights)
{
    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        for (int j = 0; j < M; j++)
        {
            matrix[i, j] = matrix[i, j] * weights[j];
        }
    }
}
```

4) თითოეული ალტერნატივისათვის იდეალურ გადაწყვეტილებამდე (პოზიტიური ან ნეგატიური) მანძილის გამოთვლის მეთოდი:

```
2 references | 0 exceptions
public List<double> getDistancesFromIdealSolution(TriangularFuzzyNumber IdealSolution)
{
    //რეზულტატში წრფივად ჩალაგდება თითოეული ალტერნატივის მანძილი IdealSolution - მდე
    //(positive or negative) და დაბრუნდება List ის სახით
    List<double> result = new List<double>();

    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        double distance = 0;
        for (int j = 0; j < M; j++)
        {
            distance += FuzzyTopsisOperations.GetDistanceBetweenTwoFuzzyNumber(matrix[i, j], IdealSolution);
        }
        result.Add(distance);
    }
    return result;
}
```

5) სიახლოვის კოეფიციენტის დათვლა და შედეგის დაბრუნება:

```
1 reference | 0 exceptions
public List<double> getSolutionForAllAlternative(TriangularFuzzyNumber positiveIdealSolution, TriangularFuzzyNumber negativeIdealSolution)
{
    // d* ის დათვლა თითოეული ალტერნატივისთვის. ბრუნდება list,
    //რომელშიც თითოეული ელემენტი არის თითოეული ალტერნატივის d*
    List<double> dFromPositive = getDistancesFromIdealSolution(positiveIdealSolution);
    // d- ის დათვლა თითოეული ალტერნატივისთვის. ბრუნდება list,
    //რომელშიც თითოეული ელემენტი არის თითოეული ალტერნატივის d-
    List<double> dFromNegative = getDistancesFromIdealSolution(negativeIdealSolution);
    List<double> solution = new List<double>();

    for (int i = 0; i < N; i++)
    {
        var res = dFromNegative[i] / (dFromPositive[i] + dFromNegative[i]);
        solution.Add(res);
    }
    return solution;
}
```

4.2 FTB-DSS პროგრამული ნაწილი

4.2.1 ჩვენს მიერ შექმნილი პროგრამული უზრუნველყოფის საერთო ნაწილის ვიზუალური წარმოდგენა:

4.2.1.1 მომხმარებლების ნაწილი:

სისტემაში შესვლისას მთავარ გვერდზე გვხვდება ავტორიზაციის ჩანართი, თუ თქვენ უკვე გაქვთ შექმნილი მომხმარებელი, შემდეგ სისტემაში ავტორიზაციის გავლას.

გაიარეთ ავტორიზაცია.

ელ-ფოსტა

პაროლი

Remember me?

ავტორიზაცია

[ახალი მომხმარებლის რეგისტრაცია](#)

თუ ვიზიტორს ჯერ არ აქვს საკუთარი მომხმარებელი შექმნილი, მან უნდა გაიაროს რეგისტრაცია:

რეგისტრაცია.

სახელი

გვარი

ელ-ფოსტა

პაროლი

გამეორეთ პაროლი

როლი

რეგისტრაცია

რეგისტრირებულ მომხმარებელს არ გაუვრცელდება მოთხოვნილი როლი (გარდა სტანდარტული მომხმარებლის როლისა), თუ მას არ დაადასტურებს ადმინისტრატორი ან მოდერატორი, როლის დადასტურების შემდეგ მომხმარებელს უკვე შეუძლია სისტემაში შესვლა საკუთარი მომხმარებლის სახელითა და პაროლით.

მოდერატორი ან ადმინისტრატორი ადასტურებს რომელიმე მომხმარებლის მიერ მოთხოვნილ როლს ადმინისტრირების ჩანართიდან, ასევე მომხმარებლის რედაქტირებიდან მათ შეუძლიათ მომხმარებელს განუსაზღვრონ ტიპი და წონა:

მომხმარებლები

როლზე მოთხოვნა	სახელი	გვარი	ელ-ფოსტა	როლი	წონა	ტიპი	
	Teona	Kujoshvili	teonaquji@outlook.com	ადმინისტრატორი			რედაქტირება
	Irina	Kazariani	iri.irina999@yahoo.com	ადმინისტრატორი			რედაქტირება
	ნინო	გიორგაძე	teona1992kujoshvili@gmail.com	ექსპერტი	Very Important	სამედიცინო	რედაქტირება
	სოფო	ქობულაშვილი	sopokobulashvili@yahoo.com	მოდერატორი			რედაქტირება
	სოფო	ქობულაშვილი	sopokobulashvili@gmail.com	ექსპერტი			რედაქტირება
	სოფო1	ქობულაშვილი	sopokobulashvili1@gmail.com	ექსპერტი			რედაქტირება
	სოფო2	ქობულაშვილი	sopokobulashvili2@gmail.com	ექსპერტი			რედაქტირება
	test	test	123@yahoo.com				რედაქტირება
ექსპერტი	user name	user last name	user@gmail.com				რედაქტირება

4.2.1.2 სტანდარტული მომხმარებლის მიერ ამოცანის რეგისტრირება:

სტანდარტულ მომხმარებელს შეუძლია ამოცანის შექმნა და ფორმირება. ავტორიზაციის შემდეგ მთავარ გვერდზე მას უჩანს ამოცანების ჩამონათვალი, მისი დეტალების, მოშლის, ამოხსნის და დამატების ღილაკები. ძეგნის პანელში მომხმარებელს შეუძლია ამოცანების ფილტრაცია.

ამოცანები

დამატება

აჩვენე 10 ჩანაწერი

გეგმა:

დასახელება	აღწერა	ტიპი	მეტი	ამოხსნა
Demo	Demo Description		დეტალურად წაშლა	ამოხსნა
irina	irina		დეტალურად წაშლა	ამოხსნა
system analysis engineer	kkkk	სამედიცინო	დეტალურად წაშლა	ამოხსნა
test new	from moderator	სამედიცინო	დეტალურად წაშლა	ამოხსნა

ნაჩვენებია 1 -დან 4 -მდე 4 ჩანაწერიდან

წინა 1 შემდეგი

დამატების ღილაკზე დაჭერით გადავდივართ ამოცანის რეგისტრაციის გვერდზე, აქ ხდება ამოცანის ძირითადი ინფორმაციის (დასახელება, აღწერა, ტიპი), ალტერნატივების, კრიტერიუმების, წონებისა და რეიტინგების ფორმირება:

ძირითადი მონაცემები

ამოცანა

დასახელება

აღწერა

კატეგორია

შენახვა

ალტერნატივები

დასახელება

A1 ✖

A2 ✖

A3 ✖

A4 ✖

A5 ✖

A6 ✖

+

კრიტერიუმები

დასახელება	ტიპი
C1	სარგებელი(Benefit) ✖
C2	სარგებელი(Benefit) ✖
C3	სარგებელი(Benefit) ✖
C4	სარგებელი(Benefit) ✖

კრიტერიუმის წონები

დასახელება	დასახელება შემოკლებით	N1	N2	N3	I1	I2	I3	
Very Low	VL	1	1	3				✖
Low	L	1	3	5				✖
Medium	M	3	5	7				✖
High	H	5	7	9				✖
Very High	VH	7	9	9				✖
								+

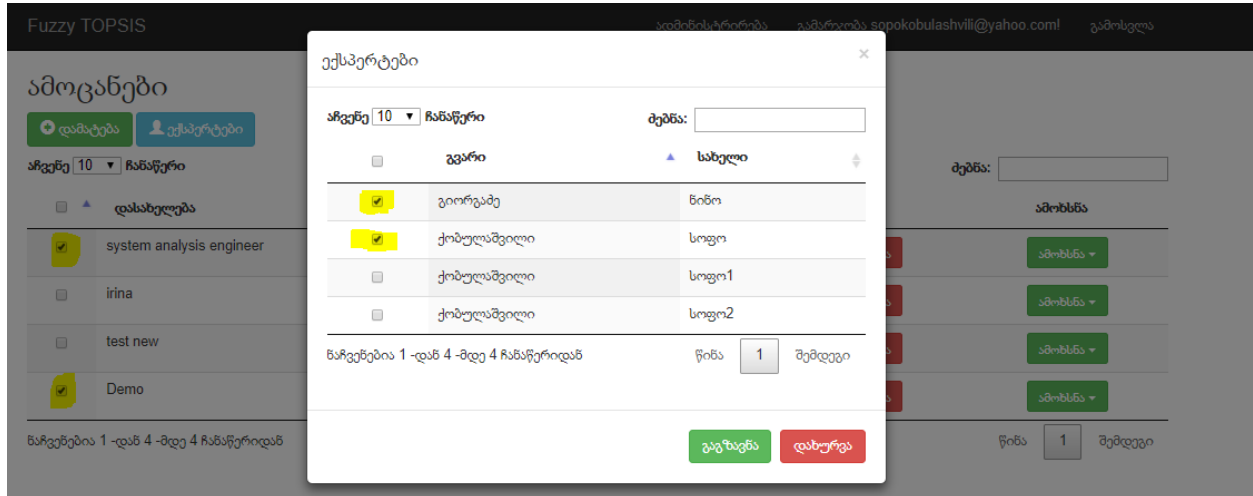
ალტერნატივის რეიტინგები

დასახელება	დასახელება შემოკლებით	N1	N2	N3	I1	I2	I3	H	
Very Poor	VP	1	1	3					✖
Poor	P	1	3	5					✖
Fair	F	3	5	7					✖
Good	G	5	7	9					✖
Very Good	VG	7	9	9					✖
									+

დაბრუნება

4.2.1.3 მოდერატორის მიერ ექსპერტებთან ამოცანის გაგზავნა:

ავტორიზაციის გავლის შემდეგ მოდერატორს ამოცანების ჩამონათვალში უჩანს მონიშვნის ღილაკი და ჩამონათვალის ზემოთ ექსპერტების ღილაკი. ექსპერტების ღილაკზე დაჭერისას გამოდის იმ მომხმარებელთა სია რომლებსაც აქვთ ექსპერტის როლი სისტემაში. მოდერატორს შეუძლია მონიშნოს რამოდენიმე ამოცანა, დააჭიროს ექსპერტების ღილაკს სადაც გამოვა ექსპერტების სია, მონიშნოს სასურველი ექსპერტები და ამოცანები გაგზავნოს მათთან.



4.2.1.4 ექსპერტის ნაწილი:

როგორც უკვე აღვნიშნეთ ექსპერტს ავტორიზაციის შემდეგ შეუძლია მხოლოდ არსებული ამოცანის შეფასება და ამოხსნა, სხვა დანარჩენი უფლებები მას შეზღუდული აქვს სისტემის დონეზე:

მთავარ გვერდზე ექსპერტს უჩანს მხოლოდ ის ამოცანები რომლებიც გამოუგზავნა მოდერატორმა.



შეფასების ღილაკზე დაჭერით, ხდება ექსპერტის ნავიგაცია შეფასების გვერდზე:

შეფასების გვერდზე გამოდის ამოცანის ძირითადი ინფორმაცია (დასახელება, აღწერა) და ხდება ამოცანის კრიტერიუმების შეფასება წონებით და ალტერნატივების შეფასება რეიტინგებით შესაბამისი კრიტერიუმის მიხედვით:

ამოცანის დასახელება: Demo

ამოცანის აღწერა: Demo Description

C1	benefit	High
C2	benefit	Very High
C3	benefit	Very High
C4	benefit	Medium

	C1	C2	C3	C4
A1	Fair	Very Good	Poor	Fair
A2	Good	Good	Poor	Poor

[შენახვა](#)

შენახვის ღილაკზე დაჭერისას მოხდება ამოცანის შეფასება კონკრეტული ექსპერტის ჭრილში. ერთი ამოცანა ფასდება ყველა იმ ექსპერტის მიერ, ვისთანაც გაგზავნილი იქნა ამოცანა. ამოხსნისათვის აუცილებელია ამოცანა იყოს შეფასებული ერთი ექსპერტის მიერ მაინც.

4.2.2 ამოცანის რეალიზაციის ვიზუალური წარმოდგენა სამკუთხა ფაზი-რიცხვებზე

ამოცანის ამოხსნის ნაწილში ჩანს კონკრეტულად სისტემის მოდულურობა. დასმული ამოცანის გადაწყვეტა ხდება სისტემაში ჩადებული ფაზი TOPSIS მეთოდის რეალიზაციით სამი სხვადასხვაგვარი რიცხვებისათვის.

ფაზი-სამკუთხა რიცხვებისათვის ამოხსნისას ვაჭერთ ჩამონათვალში პირველი 2 პუნქტიდან სასურველს, მათ შორის განსხვავება გამოიხატება საშუალო ფაზი რიცხვის დათვლის ალგორითმში, რომელზეც ვისაუბრეთ ზემოთ.

დასახელება	აღწერა	ტიპი	მეტი	ამოხსნა
Demo	Demo Description		შეფასება	ამოხსნა +
Facility Location Selection	დაწესებულების ადგილმდებარეობის შერჩევა		შეფასება	სამკუთხა რიცხვები(სამუდლო არითმეტიკული) სამკუთხა რიცხვები(მინიმუმ-მაქსიმუმში)
Money Investment	კომპანიის შერჩევა ფულის ინვესტიციისთვის		შეფასება	მასობრივი მეთოდი(კვლევითი მანძილი)
Software Selection	From moderator		შეფასება	მასობრივი მეთოდი(მეზობლის მანძილი)
Supplier Selection	საწარმოო კომპანიისთვის საუკეთესო მიწოდებლის შერჩევა		შეფასება	ინტუიციონისტური ფაზი-TOPSIS(კრიტერიუმების ექსპერტების მიერ შეფასებით) ინტუიციონისტური ფაზი-TOPSIS(ტრეიბით დათვლილი კრიტერიუმების წონებით) ინტუიციონისტური ფაზი-TOPSIS(კრიტერიუმების უპირატესობათა მატრიცით დათვლილი წონებით)
ენერჯი პოლიტიკა	აღწერა	სამშენებლო	შეფასება	ამოხსნა +

ლილაკზე დაჭერის შემდეგ გადავდივართ ამოცანის ამოხსნის გვერდზე სადაც ჩანს შემდეგი ინფორმაცია:

- ამოცანის დასახელება
- ამოცანის აღწერა
- ალტერნატივების სია
- კრიტერიუმების სია
- კრიტერიუმის წონები
- გადაწყვეტილების ფაზი მატრიცა
- გადაწყვეტილების ნორმალიზებული ფაზი მატრიცა
- გადაწყვეტილების ნორმალიზებული, შეწონილი ფაზი მატრიცა
- გამომავალი რანჟირება

ქვემოთ მოცემულია ერთი ამოცანის ორივე მეთოდით მიღებული შედეგები:

ამოცანა შეფასებულია სამი დამოუკიდებელი ექსპერტის მიერ შემდენგაირად:

I ექსპერტის შეფასება:

C1	benefit	High
C2	benefit	Very High
C3	benefit	Very High
C4	benefit	Medium

	C1	C2	C3	C4
A1	Fair	Very Good	Poor	Fair
A2	Good	Good	Poor	Poor
A3	Very Poor	Poor	Poor	Fair
A4	Poor	Very Poor	Very Poor	Very Poor

II ექსპერტის შეფასება:

C1	benefit	Medium
C2	benefit	High
C3	benefit	High
C4	benefit	Low

	C1	C2	C3	C4
A1	Fair	Very Good	Fair	Fair
A2	Good	Very Good	Poor	Poor
A3	Very Poor	Poor	Very Poor	Poor
A4	Very Poor	Very Poor	Poor	Very Poor

III ექსპერტის შეფასება:

C1	benefit	Medium
C2	benefit	High
C3	benefit	High
C4	benefit	Low

	C1	C2	C3	C4
A1	Fair	Very Good	Poor	Poor
A2	Fair	Good	Poor	Fair
A3	Very Poor	Fair	Very Poor	Very Poor
A4	Poor	Very Poor	Poor	Very Poor

4.2.2.1 ამოცანის ამოხსნა (საშუალო არითმეტიკულის მეთოდი)

ამოცანის დასახელება: Demo

ამოცანის აღწერა: Demo Description

ალტერნატივები: A1, A2, A3, A4

კრიტერიუმები: C1, C2, C3, C4

კრიტერიუმის წონები:

(3.7, 5.7, 7.7); (5.7, 7.7, 9); (5.7, 7.7, 9); (1.7, 3.7, 5.7);

გადაწყვეტილების მატრიცა:

(3, 5, 7) (7, 9, 9) (1.7, 3.7, 5.7) (2.3, 4.3, 6.3)
(4.3, 6.3, 8.3) (5.7, 7.7, 9) (1, 3, 5) (1.7, 3.7, 5.7)
(1, 1, 3) (1.7, 3.7, 5.7) (1, 1.7, 3.7) (1.7, 3, 5)
(1, 2.3, 4.3) (1, 1, 3) (1, 2.3, 4.3) (1, 1, 3)

გადაწყვეტილების ნორმალიზებული მატრიცა:

(0.36, 0.6, 0.84) (0.78, 1, 1) (0.3, 0.65, 1) (0.37, 0.68, 1)
(0.52, 0.76, 1) (0.63, 0.86, 1) (0.2, 0.6, 1) (0.3, 0.65, 1)
(0.23, 0.23, 0.7) (0.3, 0.65, 1) (0.23, 0.4, 0.86) (0.34, 0.6, 1)
(0.23, 0.53, 1) (0.33, 0.33, 1) (0.23, 0.53, 1) (0.33, 0.33, 1)

გადაწყვეტილების ნორმალიზებული, შეწონილი მატრიცა:

(1.3, 3.4, 6.5) (4.4, 7.7, 9) (1.7, 5, 9) (0.6, 2.5, 5.7)
(1.9, 4.3, 7.7) (3.6, 6.6, 9) (1.1, 4.6, 9) (0.5, 2.4, 5.7)
(0.9, 1.3, 5.4) (1.7, 5, 9) (1.3, 3.1, 7.7) (0.6, 2.2, 5.7)
(0.9, 3, 7.7) (1.9, 2.5, 9) (1.3, 4.1, 9) (0.6, 1.2, 5.7)

რანჟირება: A3: 0.547643869680018> A1: 0.543355929140349> A2: 0.542290200239363> A4:
0.541724373997591;

4.2.2.2 ამოცანის ამოხსნა (მინიმუმ-მაქსიმუმის მეთოდი)

ამოცანის დასახელება: Demo

ამოცანის აღწერა: Demo Description

ალტერნატივები: A1, A2, A3, A4

კრიტერიუმები: C1, C2, C3, C4

კრიტერიუმის წონები:

(3, 5.7, 9); (5, 7.7, 9); (5, 7.7, 9); (1, 3.7, 7);

გადაწყვეტილების მატრიცა:

(3, 5, 7) (7, 9, 9) (1, 3.7, 7) (1, 4.3, 7)
(3, 6.3, 9) (5, 7.7, 9) (1, 3, 5) (1, 3.7, 7)
(1, 1, 3) (1, 3.7, 7) (1, 1.7, 5) (1, 3, 7)
(1, 2.3, 5) (1, 1, 3) (1, 2.3, 5) (1, 1, 3)

გადაწყვეტილების ნორმალიზებული მატრიცა:

(0.33, 0.56, 0.78) (0.78, 1, 1) (0.14, 0.53, 1) (0.14, 0.61, 1)
(0.33, 0.7, 1) (0.56, 0.86, 1) (0.2, 0.6, 1) (0.14, 0.53, 1)
(0.2, 0.2, 0.6) (0.14, 0.53, 1) (0.2, 0.34, 1) (0.14, 0.43, 1)
(0.2, 0.46, 1) (0.33, 0.33, 1) (0.2, 0.46, 1) (0.33, 0.33, 1)

გადაწყვეტილების ნორმალიზებული, შეწონილი მატრიცა:

(1, 3.2, 7) (3.9, 7.7, 9) (0.7, 4.1, 9) (0.1, 2.3, 7)
(1, 4, 9) (2.8, 6.6, 9) (1, 4.6, 9) (0.1, 2, 7)
(0.6, 1.1, 5.4) (0.7, 4.1, 9) (1, 2.6, 9) (0.1, 1.6, 7)
(0.6, 2.6, 9) (1.6, 2.5, 9) (1, 3.5, 9) (0.3, 1.2, 7)

რანჟირება: A3: 0.540469406121535> A1: 0.539582885168256> A2: 0.537709246114237> A4:
0.537069292222184;

რანჟირებების შედარება:

1) საშუალო არითმეტიკულის მეთოდი:

რანჟირება: A3: 0.547643869680018> A1: 0.543355929140349> A2: 0.542290200239363> A4:
0.541724373997591;

2) მინიმუმ-მაქსიმუმის მეთოდი:

რანჟირება: A3: 0.540469406121535> A1: 0.539582885168256> A2: 0.537709246114237> A4:
0.537069292222184;

5 დასკვნა

სამაგისტრო ნაშრომში განხილულია Fuzzy Topsis მეთოდზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის შექმნის, სისტემის მოდულების მათემატიკური უზრუნველყოფისა და ალგორითმიზაციის ამოცანები. სისტემა უზრუნველყოფს მრავალექსპერტულ და მრავალკრიტერიულ გარემოში განუზღვრელი ალტერნატივების საუკეთესოდან უარესისკენ რანჟირებას. სისტემა ისე არის აგებული, რომ ექსპერტები ვებ-გარემოში აფიქსირებენ საკუთარ ექსპერტულ ცოდნას, რომელიც კონდენსირდება ე.წ. ეტალონურ ცოდნაში. წონების გენერაცია მრავალმხრივი მიდგომებით უზრუნველყოფს მომხმარებლის გადაწყვეტილების რისკების მიმართ განწყობის გათვალისწინებას.

ნაშრომში წარმოდგენილია გადაწყვეტილების მიღების ინტელექტუალური სისტემის Fuzzy Topsis ალგორითმის რეალიზაციები. რეალურ მაგალითებზე დაყრდნობით შესწავლილია მეთოდის სტრუქტურა და რეალიზებულია აღნიშნული მეთოდის გამოთვლის სქემები პროგრამულად. მეთოდი წარმოდგენილია სამი მოდულის სახით სხვადასხვა ტიპის რიცხვებისათვის და თითოეული მოდელი დაყოფილია ქვე-მოდულებად განსხვავებული ალგორითმების რეალიზაციის მიზნით.

6 გამოყენებული ლიტერატურა

- [1] C.L. Hwang, K. Yoon, *Multiple Attribute Decision Making – Methods and Applications: A State-of-the-Art Survey*, Springer-Verlag, New York, 1981.
- [2] King, J.L. : *Operational Risks : Measurement and Modelling*, John Wiley and Sons Ltd., New York, 2001
- [3] Hwang, C.L, Yoon, K. : *Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications*, Springer, Berlin Heidelberg (1981)
- [4] Wang, Y.M, Elhag, T.M.S. : Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment. *Expert Systems with Applications*, 31, 309 – 319 (2006)
- [5] Olcer, A.I, Odabasi, A.Y. : A New Fuzzy Multiple Attributive Group Decision Making Methodology and its Application to Population/Maneuvering System Selection Problem. *European Journal of Operational Research*, 166, 93 – 114 (2005)
- [6] Chen, C-T. : Extension of the TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 1 – 9 (2000)
- [7] Zadeh, L.A. : *Fuzzy Sets, Information and Control*, 8, 338 – 353 (1965)
- [8] Kauffman, A., Gupta, M.M. : *Introduction to Fuzzy Arithmetic Theory and Applications*. Van Nostrand Reinhold, New York, 1985
- [9] Buckley, J.J. : Fuzzy Hierarchical Analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 17 233 – 247 (1985)
- [10] Zadeh, L.A. : The Concept of A Linguistic Variable and Its Application to Approximate Reasoning. *Information Science*, 8, 199 –249 (I), 301 – 357(II) (1975)
- [11] Opricovick, S., Tzeng, G.H. : Compromise Solution by MCDM Methods : A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156, 445 – 455 (2004)
- [12] C.E. Shannon, The mathematical theory of communication, *Bell System Technical Journal* 27 (1948) 379-423; 623-656.
- [13] C.-H. Yeh, A problem-based selection of multi-attribute decision -making methods, *International Transactions in Operational Research* 9 (2002) 169-181.
- [14] M. Zeleny, *Multiple Criteria Decision Making*, McGraw-Hill, New York, 1982.
- [15] Z. Xu, On multi-period multi-attribute decision making, *Knowledge- Based Systems* 21 (2008) 164-171.
- [16] *International Journal of Systems Science*, 36(14), 859–868.
- [17] Barbarosoglu, G., & Yazgac, T. (1997). An application of the analytic hierarchy process to the supplier selection problem. *Production and Inventory Management Journal*, 38(1), 14–21.
- [18] Bayrak, M. Y., Celebi, N., & Tas_kin, H. (2007). A fuzzy approach method for supplier selection. *Production Planning and Control: The Management of Operations*, 18(1), 54–63.
- [19] Buffa, F. P., & Jackson, W. M. (1983). A goal programming model for purchase planning. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(3), 27–34.
- [20] Cakravastia, A., & Takahashi, K. (2004). Integrated model for supplier selection and negotiation in a make-to-order environment. *International Journal of Production Research*, 42(21), 4457–4474.
- [21] Chan, F. T. S., Kumar, N., Tiwari, M. K., Lau, H. C. W., & Choy, K. L. (2008). Global supplier selection: A fuzzy-AHP approach. *International Journal of Production Research*, 46(14), 3825–3857.
- [22] Chaudhry, S. S., Forst, F. G., & Zydiak, J. L. (1993). Vendor selection with price breaks. *European Journal of Operational Research*, 70, 52–66.

- [24] Chen, C. T., Lin, C. T., & Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289–301.
- [25] Chen, S. M., & Tan, J. M. (1994). Handling multi criteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 67, 163–172.
- [26] Chou, S. Y., & Chang, Y. H. (2008). A decision support system for supplier selection based on a strategy-aligned fuzzy SMART approach. *Expert System with Applications*, 34, 2241–2253.
- [27] de Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7, 75–89.
- [28] de Boer, L., Van der Wegen, L., & Telgen, J. (1998). Outranking methods in support of supplier selection. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 4(2–3), 109–118.
- [29] Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection system and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 28–41.
- [30] Feng, C. X., Wang, J., & Wang, J. S. (2001). An optimization model for concurrent selection of tolerances and suppliers. *Computers and Industrial Engineering*, 40, 15–33.
- [31] Ghoudsypour, S. H., & O'Brien, C. O. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56–57(1–3), 199–212.
- [32] Giunipero, L. C., & Brand, R. R. (1996). Purchasing's role in supply chain management. *International Journal of Logistics management*, 7(1), 29–38.
- [33] Gregory, R. E. (1986). Source selection: A matrix approach. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 22(2), 24–29.
- [34] Ha, S. H., & Krishnan, R. (2008). A hybrid approach to supplier selection for the maintenance of a competitive supply chain. *Expert Systems with Applications*, 34(2), 1303–1311.
- [35] Haq, A. N., & Kannan, G. (2006). Fuzzy analytical hierarchy process for evaluating and selecting a vendor in a supply chain model. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 29, 826–835.
- [36] Heizer, J., & Render, B. (2004). *Principles of operations management*. New Jersey: Prentice-Hall.
- [37] Holt, G. D. (1998). Which contractor selection methodology? *International Journal of Project Management*, 16(3), 153–164.
- [38] Hong, D. H., & Choi, C. H. (2000). Multi criteria fuzzy decision-making problems based on vague set theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 114, 103–113.
- [39] Monczka, R., Trent, R., & Handfield, R. (2001). *Purchasing and supply chain management* (2nd ed.). Cincinnati, OH: South-Western College Publishing.
- [40] Narasimhan, R. (1983). An analytic approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 1, 27–32.
- [41] Nydick, R. L., & Hill, R. P. (1992). Using the Analytic Hierarchy Process to structure the supplier selection procedure. *International Journal of Purchasing and Materials Management*, 28(2), 31–36.
- [42] Onut, S., Kara, S. S., & Isık, E. (2009). Long term supplier selection using a combined fuzzy MCDM approach: A case study for a telecommunication company. *Expert Systems with Applications*, 36(2), 3887–3895.
- [43] Pan, A. C. (1989). Allocation of order quantities among suppliers. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 25(2), 36–39.

- [44] Porter, M. E., & Millar, V. E. (1985). How information gives you competitive advantage. *Harvard Business Review*, 63(4), 149–160.
- [45] Rosenthal, E. C., Zydiak, J. L., & Chaudhry, S. S. (1995). Vendor selection with bundling. *Decision Sciences*, 26(1), 35–48.
- [46] Sadrian, A. A., & Yoon, Y. S. (1994). A procurement decision support system in business volume discount environments. *Operations Research*, 42(1), 14–23.
- [47] Sarkis, J., & Talluri, S. (2000). A model for strategic supplier selection. In M. Leenders (Ed.), *Proceedings of the 9th international IPSERA conference* (pp. 652–661).