

УДК-681.32.06

გაკოტრების რისკის ანალიზის ამოცანის ამოხსნის ერთი მეთოდის შესახებ

თეიმურაზ მანჯაფარაშვილი, ირაკლი გედევანიშვილი,
გიორგი ვერულაშვილი, ზურაბ ესართია,

ივ. ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი,
0143, უნივერსიტეტის ქ #2, თბილისი, საქართველო

ანოტაცია

გაკოტრების რისკის შეფასების ამოცანის გადაჭრა მნიშვნელოვანია შესაბამის ბიზნეს-პროცესში მონაწილე ყველა მხარისათვის – საწარმოს მფლობელებისა და მენეჯერებისათვის, ასევე ინვესტორებისათვის. ამიტომ მნიშვნელოვანია გაკოტრების რისკის შეფასების ახალი მეთოდების განხილვა, რომლებიც ემყარებიან არამკაფიო ლოგიკასა და არამკაფიო სიმრავლეების თეორიას.

თანამედროვე პრაქტიკიდან უკვე კარგადაა ცნობილი, რომ ამ მიზნებისათვის, კერძოდ, საფინანსო-ეკონომიკური განუზღვრელობის აღრიცხვისათვის, ალბათური მეთოდების გამოყენება ხშირ შემთხვევებში მიზანშეწონილი არ არის სტატისტიკურად ერთგვაროვანი შემთხვევითი ხდომილობების გენერალური ერთობლიობის არ არსებობის გამო.

აქედან გამომდინარე, არამკაფიო-სიმრავლური მეთოდების გამოყენება ფინანსური ანალიზისათვის უფრო დასაბუთებული და ადექვატურია. მოცემულ ნაშრომში განხილულია საწარმოს ფინანსური ანალიზის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემის – გაკოტრების რისკის შეფასებისადმი არამკაფიო-სიმრავლური მიდგომის ერთ-ერთი მეთოდი და მოცემულია ამ მეთოდის პროგრამული რეალიზაცია კონკრეტული საწარმოს შესაბამისი მაჩვენებლების საფუძველზე.

საკვანძო სიტყვები: საფინანსო-ეკონომიკური მაჩვენებლები, გაკოტრების რისკის ხარისხი, არამკაფიო სიმრავლეები, მიკუთვნების ფუნქცია, ლინგვისტური ცვლადი, საწარმოს ფინანსური მდგომარეობის კომპლექსური მახასიათებელი.

შესავალი

პირველად, არამკაფიო სიმრავლის თეორია მიზნად ისახავდა აეგო ფუნქციონალური დამოკიდებულება არამკაფიო ლინგვისტურ აღწერებსა (მაგ. „მაღალი“, „თბილი“ და ა.შ.) და სპეციალურ ფუნქციებს შორის, რომლებიც გამოსახავდნენ გასაზომი მახასიათებლების მიკუთვნების დონეს (სიგრძე, ტემპერატურა და ა.შ.). მაშინვე შემოღებულ იქნა ე.წ. ლინგვისტური ალბათობები - ეს არის ალბათობები რომლებიც მოცემულია არა რაოდენობრივად, არამედ არამკაფიო-ზნობრივი შეფასების ხერხით.

შემდგომში არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის გამოყენების დიაპაზონი მნიშვნელოვნად გაიზარდა [3]. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის შემდეგი მიღწევა იყო ხმარებაში ე.წ. არამკაფიო რიცხვის შემოსვლა, რომლებიც შეესაბამება ისეთ გამოთქმებს, როგორცაა „ცვლადის მნიშვნელობა დაახლოებით უდრის a-ს“. ამ რიცხვების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა პარამეტრების მომავალი მნიშვნელობების პროგნოზირება. აგრეთვე, შემოღებულ იქნა ოპერაციები არამკაფიო რიცხვებზე, რომლებიც დადის ჩვეულებრივ ალგებრულ მოქმედებებზე, შესაბამისი დასაჯერებლობის დონით.

არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის გამოყენებამ მალევე მოიტანა შედეგები. დღეს იგი გამოიყენება მრავალ სფეროში. 70-იანი წლების დასასრულიდან არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის ელემენტების გამოყენება დაიწყო ეკონომიკაში.

მოცემული სტატიის მიზანია ვაჩვენოთ ფინანსური მენეჯმენტის ამოცანებში ამ ამოცანებისათვის დამახასიათებელი განუზღვრელობის აღრიცხვისადმი ახალ მიდგომას როგორ მივყავართ ფინანსების მართვის ხარისხობრივად განსხვავებულ ხერხებამდე, რომლებიც გაცილებით ადექვატურად შეესაბამებიან ბიზნესის ამ სფეროს შინაგან ბუნებას [4].

1. გაკოტრების რისკის კომპლექსური ანალიზის ამოცანის დასმა

ვთქვათ მოცემულია დროის მომენტი, რომლის მიხედვით ტარდება ფინანსური ანალიზი. საწარმო ხასიათდება N ფინანსური მახასიათებლის ნაკრებით, რომლებიც შედგენილია ბუღალტრული აღრიცხვის საფუძველზე. ეს მახასიათებლებია X_1, \dots, X_N მნიშვნელობებით x_1, \dots, x_N . იგულისხმება, რომ მაჩვენებლების $\{X\}$ სისტემა საკმარისია საიმედო ანალიზისთვის.

საწარმოს მდგომარეობების სრული სიმრავლე A დავყოთ 5 (ზოგად შემთხვევაში თანაუკვეთად) არამკაფიო ქვესიმრავლედ:

A_1 — არამკაფიო ქვესიმრავლე „უკიდურესად არაკეთილსაიმედო“;

A_2 — არამკაფიო ქვესიმრავლე „არაკეთილსაიმედო“;

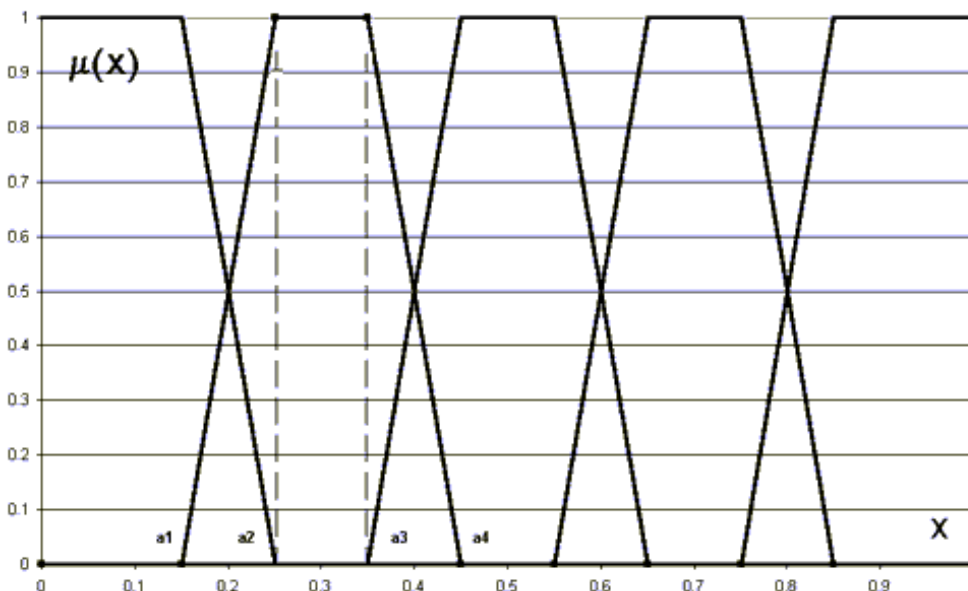
A_3 — არამკაფიო ქვესიმრავლე „საშუალო“;

A_4 — არამკაფიო ქვესიმრავლე „კეთილსაიმედო“;

A_5 — არამკაფიო ქვესიმრავლე „უკიდურესად კეთილსაიმედო“;

ანუ ლიგვისტური ცვლადის [2] „საწარმოს მდგომარეობა“ ტერმ-სიმრავლე შედგება 5 კომპონენტისგან. ყოველ $A_1 \dots A_5$ ქვესიმრავლეს შეესაბამება მიკუთვნების ფუნქციები $\mu_1(V) \dots \mu_5(V)$ სადაც V არის საწარმოს ფინანსური მდგომარეობის კომპლექსური მახასიათებელი. რაც მეტია V , მით უფრო „კეთილსაიმედოა“ საწარმოს მდგომარეობა.

$\mu_i(V)$ ფუნქციის გრაფიკი:



სურათი 1. მიკუთვნების ფუნქციის სახე

შენიშვნა. $m(V)$ მიკუთვნების ფუნქციას შევუსაბამოთ არამკაფიო რიცხვი $\beta(a_1, a_2, a_3, a_4)$, სადაც a_1 და a_4 ქვედაფუძის აბსცისებია, ხოლო a_2 და a_3 ზედა ფუძის აბსცისებია. ამ რიცხვებს ეწოდებათ ტრაპეციოდალური რიცხვები ან, მოკლედ, T-რიცხვები.

დავუბრუნდეთ V კომპლექსურ მახასიათებელს. ცხადია ის დაკავშირებულია თავდაპირველ ფინანსურ მახასიათებლებთან:

$$V = \Psi (X_1 \dots X_N) \tag{1}$$

მაგრამ Ψ უცნობია, და მისი დადგენა აუცილებელია.

ყოველ $X_1 \dots X_N$ მახასიათებელზე ცნობილია თუ როგორ მოქმედებს მისი ცვლილება V -ს ცვლილებაზე. მახასიათებლის შემცირება აუარესებს კომპლექსურ მახასიათებელს, ხოლო მისი ზრდა იწვევს კომპლექსური მახასიათებლის ზრდას. ფუნქციონალურ ჩანაწერში:

$$r(V) = \delta_i r(X_i) \tag{2}$$

სადაც

$$r(*) = \begin{cases} 1, & \text{თუ პარამეტრი } (*) \text{ იზრდება} \\ -1, & \text{თუ პარამეტრი } (*) \text{ კლებულობს} \end{cases} \tag{3}$$

$$\delta_i = \begin{cases} 1, & \text{თუ } X - \text{ის ზრდა იწვევს } V - \text{ს ზრდას} \\ -1, & \text{თუ } X - \text{ის ზრდა იწვევს } V - \text{ს კლებას} \end{cases} \tag{4}$$

შენიშვნა. ფინანსურ ანალიზში ითვლება, რომ ფინანსური მახასიათებლის ზრდა თან ახლავს საწარმოს მდგომარეობის გაუმჯობესებას ($\delta_i=1$). მაგრამ არსებობს გამონაკლისებიც.

გაკოტრების რისკის [1, 4] შეფასებად განვიხილოთ ლინგვისტური ცვლადი „გაკოტრების რისკის ხარისხი“, მნიშვნელობებით {უმალესი, მაღალი, საშუალო, დაბალი, უმნიშვნელო }. ცხრილ 1-ში მოცემულია ორი ცვლადის “ საწარმოს მდგომარეობა” და “ გაკოტრების რისკის ხარისხი” შესაბამისობა:

საწარმოს მდგომარეობა	გაკოტრების რისკის ხარისხი
----------------------	---------------------------

უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	უმალესი
არაკეთილსაიმედო	მაღალი
საშუალო	საშუალო
კეთილსაიმედო	დაბალი
უკიდურესად კეთილსაიმედო	უმნიშვნელო

ცხრილი 1.

მაშინ კომპლექსური ანალიზის ამოცანა შეიძლება იყოს ფორმულირებული შემდეგნაირად:

განვსაზღვროთ Ψ პროცედურა, რომელიც აკავშირებს $\{X\}$ - ების ნაკრებს V კომპლექსურ მახასიათებელთან. მაშინ V -ს რაოდენობრივი მნიშვნელობების მიღების კვალობაზე $\{\mu\}$ ფუნქციების საფუძველზე გამოვიტანთ დასკვნას: „საწარმოს მიმდინარე მდგომარეობაა:

უკიდურესად კეთილსაიმედო, დასაჯერებლობით $\mu_1(V)$,
 კეთილსაიმედო, დასაჯერებლობით $\mu_2(V)$,
 საშუალო, დასაჯერებლობით $\mu_3(V)$,
 არაკეთილსაიმედო, დასაჯერებლობით $\mu_4(V)$,
 უკიდურესად არაკეთილსაიმედო, დასაჯერებლობით $\mu_5(V)$ “

გადაწყვეტილების მიმღები პირი დაკმაყოფილდება იმ ჰიპოთეზით, რომლისთვისაც $\mu(V)$ მნიშვნელობა მაქსიმალური იქნება, რითაც ხარისხობრივად შეაფასებს საწარმოს მდგომარეობას.

2. მოცემული კომპლექსური ანალიზის ამოცანის გადაწყვეტის ერთ-ერთი ვარიანტი

ვთქვათ $D(X_i)$ არის X_i პარამეტრის განსაზღვრის არე. განვსაზღვროთ ლინგვისტური ცვლადი „ X_i მახასიათებლის დონე“ [1, 2]. ამისთვის განვიხილოთ $D(X_i)$ სიმრავლის 5 არამკაფიო ქვესიმრავლე:

- B_1 - არამკაფიო ქვესიმრავლე „ X_i მახასიათებლის ძალიან დაბალი დონე“,
- B_2 - არამკაფიო ქვესიმრავლე „ X_i მახასიათებლის დაბალი დონე“,
- B_3 - არამკაფიო ქვესიმრავლე „ X_i მახასიათებლის საშუალო დონე“,
- B_4 - არამკაფიო ქვესიმრავლე „ X_i მახასიათებლის მაღალი დონე“,
- B_5 - არამკაფიო ქვესიმრავლე „ X_i მახასიათებლის ძალიან მაღალი დონე“.

$\{B\}$ ქვესიმრავლეების აღწერის ამოცანა არის შესაბამისი $\lambda_{1-5}(x_i)$ მიკუთვნების ფუნქციების განსაზღვრა.

მიკუთვნების ფუნქციათა აგებისას ექსპერტი ხელმძღვანელობს:

ა) ანალიზის ინტერვალის სპეციფიკური თავისებურებებით. ის, რაც ტიპური იყო 1994 წლისთვის, არ იქნება 1998 წელს. ასე მაგალითად ინფლაციის დონის განსხვავების

გამო, განსხვავებულია კრედიტების მომსახურების ღირებულება და ამ ღირებულების საშუალო წონა მიმდინარე ხარჯების სტრუქტურაში. ასევე განსხვავებულია საწესდებო და დამატებითი კაპიტალების შეფარდების ტიპური შეფასება.

ბ) ის, თუ რომელ დარგს მიეკუთვნება მოცემული საწარმო. მაგალითად ავტონომიურობის კოეფიციენტის ტიპური მნიშვნელობა ბანკებისთვის არის 0,09 ხოლო რესტორანებისთვის 0,66. ეს არის საშუალო მნიშვნელობები და ისინი შეიძლება გავითვალისწინოთ მიკუთვნების ფუნქციების აგებისას.

გ) მოცემული საწარმოს მდგომარეობის თავისებურებებით ამავე დარგის სხვა საწარმოებთან მიმართებაში. მაგალითად, საწარმოს, რომელსაც გააჩნია თავისი პროდუქციის გასაღების ფართო არხები შეუძლია უფრო თავისუფლად გამოიყენოს მოზიდული სახსრები და შესაბამისი ფინანსური მახასიათებლის დაბალი მნიშვნელობა, რომელიც მისაღებია ასეთი საწარმოსათვის, შეიძლება იყოს კრიტიკული სხვა საწარმოსათვის გასაღების სუსტი ბაზრით.

ამგვარად, $\lambda_{1-5,i}$ ფუნქციების (რომლებიც წარმოადგენენ ექსპერტული შეფასებისას მიღებულ ფუნქციებს თვითოეული მახასიათებლისათვის) ნაკრები ყოველი X_i , პარამეტრის მიხედვით, რომელიც აგებულია როგორც ექსპერტის შეფასება არის საწარმოს ექსკლუზიური კვალიფიკაცია, რომელიც ითვალისწინებს არა მარტო აღნიშნული საწარმოს სპეციფიკას, არამედ მის დარგობრივ კუთვნილებას და დროის შუალედის სპეციფიკას, რომელშიც ხდება ანალიზი.

X_i -ს მნიშვნელობებიდან $\{\lambda\}$ -ზე გადასვლა

დასახელება	X_1	„„	X_N
	X_1	„„	X_N
	λ_{11}	„„	λ_{1N}
	λ_{21}	„„	λ_{2N}
	λ_{31}	„„	λ_{3N}
	λ_{41}	„„	λ_{4N}
	λ_{51}	„„	λ_{5N}

ცხრილი 2.

$\{A\}$ ქვესიმრავლეების $\{\mu\}$ მიკუთვნების ფუნქციების აგება $\{\mu\}$ შედგება 5 ცალი არამკაფიო T-ტიპის $\{\beta\}$ რიცხვებისგან:

$$\begin{aligned}
 \beta_1 &= (0.0, 0.0, 0.15, 0.25), \\
 \beta_2 &= (0.15, 0.25, 0.35, 0.45), \\
 \beta_3 &= (0.35, 0.45, 0.55, 0.65), \\
 \beta_4 &= (0.55, 0.65, 0.75, 0.85), \\
 \beta_5 &= (0.75, 0.85, 1.0, 1.0).
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

ამ აღწერიდან ჩანს, რომ მდგომარეობის კომპლექსური მახასიათებელი V მნიშვნელობებს უნდა იღებდეს (0,1) ინტერვალიდან.

3. მახასიათებლების შეფასება კომპლექსური შეფასებისთვის

ყოველ i -ურ მახასიათებელს საწარმოს მდგომარეობის ყოველი k -ური დონის მიმართ შეგვიძლია დავუწეროთ შეფასება p_{ki} , რომელიც გამოხატავს მოცემული მახასიათებლის ღირებულებას საწარმოს მდგომარეობის მოცემული დონის

გამოსაცნობად.

შეფასებების {P} სისტემა უნდა იქნას ნორმირებული შემდეგნაირად:

$$\sum_{i=1}^N p_{ik} = 1, \quad k=1, \dots, 5 \quad (6)$$

მაშინ თუ შესაძლებელია მახასიათებლების რანჟირება ანალიზისათვის ღირებულების მიხედვით

$$X_1 \} X_2 \} \dots \} X_N \quad (7)$$

მაშინ ღირებულების შესაფასებლად გამოიყენება ფიშბერნის შკალა:

$$p_i = 2 \times (N - i + 1) / (N \times (N + 1)), \quad i = 1, \dots, N, \quad (8)$$

თუ უპირატესობების სისტემა არ არსებობს, მაშინ ყველა მახასიათებელი თანაბარი ღირებულების მქონეა და

$$p_i = 1/N. \quad (9)$$

V მახასიათებლის გამოთვლა

ვთქვათ X_i მახასიათებლები დალაგებულია ანალიზისათვის ღირებულებების კლებით და მიკუთვნების ფუნქციები $\lambda_{1-5,i}$ აგებულია, მას შეესაბამება T- რიცხვების სისტემა { λ }. მივიღებთ შუალედურ კოეფიციენტებს:

$$Y_k = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i p_{ik} \lambda_{ki}}{\sum_{i=1}^N \delta_i p_{ik}} \leq 1, \quad (10)$$

სადაც δ_i და p_{ik} ცნობილია.

V-ს აგების ოპტიმალური ხერხი არის მისი შეთანხმება { β } რიცხვთა სისტემასთან. ეს გულისხმობს V-ს პოვნას არამკაფიო სახით:

$$V = (v_1, v_2, v_3, v_4, v_5) = \sum_{k=1}^5 Y_k \otimes \beta_k \quad (11)$$

სადაც \otimes აღნიშნავს არამკაფიო რიცხვის ნამდვილ რიცხვზე გამრავლების ოპერაციას.

საწარმოს მიმდინარე მდგომარეობის დადგენა

V არამკაფიო T-რიცხვის მიკუთვნება ერთ-ერთ {A} ქვესიმრავლესთან დგინდება არამკაფიო სიმრავლეების თანაკვეთისა და გაერთიანების ფორმულების გამოყენებით. მისი საწარმოს ერთ-ერთ A_k მდგომარეობასთან მიკუთვნების ხარისხი იანგარიშება ფორმულით:

$$\text{შეთანხმებულობის დონე} = \frac{\text{ფართობი}(V \cap A_k)}{\text{ფართობი}(V \cup A_k)} \quad (12)$$

სადაც ფართობები არის შესაბამისი მიკუთვნების ფუნქციების ტრაპეციოდალური წირებით შემოსაზღვრული ფართობები.

4. მაგალითი

განვიხილოთ მოცემული მეთოდის გამოყენება კონკრეტული საწარმოს მაგალითზე. საწარმო და მისი ანალიზისთვის აღებული მონაცემები საქართველოში რეალურად არსებული საწარმოა. საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მდგომარეობის

ანალიზისათვის აღებულია ეკონომიკური თეორიიდან კარგად ცნობილი შემდეგი 6 მახასიათებელი:

X ₁	ავტონომიურობის კოეფიციენტი
X ₂	საბრუნავი აქტივების საკუთრი საშუალებებით ურუნველყოფის კოეფიციენტი
X ₃	ლიკვიდურობის შუალედური კოეფიციენტი
X ₄	აბსოლუტური ლიკვიდურობის კოეფიციენტი
X ₅	ყველა აქტივების წლიური ბრუნვალობა
X ₆	მთლიანი კაპიტალის რენტაბელობა

ცხრილი 3.

ხოლო საწარმოს მდგომარეობა განისაზღვრება შემდეგი ხარისხობრივი შკალის მიხედვით:

A1	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო მდგომარეობა
A2	არაკეთილსაიმედო მდგომარეობა
A3	მდგომარეობა საშუალო დონისაა
A4	კეთილსაიმედო მდგომარეობა
A5	უკიდურესად კეთილსაიმედო მდგომარეობა

ცხრილი 4.

შემდეგ ცხრილ 5-ში მოცემულია ჩვენს მიერ არჩეული X₁...X₆ ფაქტორების კლასიფიკაცია ქვეფაქტორების ინტერვალებად ზემოთმოყვანილი {B} ქვესიმრავლეების შესაბამისად.

ფაქტორის დასახელება	ლინგვისტური ცვლადის "ფაქტორის სიდიდე" მნიშვნელობები - {Y}											
	A1				A2				A3			
X ₁	0	0	0.1	0.2	0.1	0.2	0.25	0.3	0.25	0.3	0.45	0.5
X ₂	-1	-1	-0.005	0	-0.005	0	0.09	0.11	0.09	0.11	0.3	0.35
X ₃	0	0	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	0.7	0.8	0.9	1
X ₄	0	0	0.02	0.03	0.02	0.03	0.08	0.1	0.08	0.1	0.3	0.35
X ₅	0	0	0.12	0.14	0.12	0.14	0.18	0.2	0.18	0.2	0.3	0.4
X ₆	-999999	-999999	0	0	0	0	0.006	0.01	0.006	0.01	0.06	0.1

ცხრილი 5.

ცხრილი 5-ის გაგრძელება:

ფაქტორის დასახელება	ლინგვისტური ცვლადის "ფაქტორის სიდიდე" მნიშვნელობები - {Y} ტრაპეციოდალური სახის არამკაფიო რიცხვები							
	A4				A5			
X ₁	0.45	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7	1	1
X ₂	0.3	0.35	0.45	0.5	0.45	0.5	1	1
X ₃	0.9	1	1.3	1.5	1.3	1.5	999999	999999
X ₄	0.3	0.35	0.5	0.6	0.5	0.6	999999	999999
X ₅	0.3	0.4	0.5	0.8	0.5	0.8	999999	999999
X ₆	0.06	0.1	0.225	0.4	0.225	0.4	999999	999999

ცხრილ 5-ში მოცემული X_i- ს ქვეფაქტორების მნიშვნელობებიდან მოვახდინოთ X_i მახასიათებლის კლასიფიკაციისათვის საჭირო შესაბამისი მიკუთვნების λ ფუნქციების აგება. როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, თვითოეული λ_i- ს აქვს ტრაპეციოდალური არამკაფიო რიცხვის სახე. ცხრილ 5-ში მოცემული ტრაპეციოდალური რიცხვის კოორდინატების საფუძველზე მოვახდინოთ λ_i- ების შტოების შესაბამისი ფუნქციებით გამოსახვა. შედეგად მივიღებთ შემდეგ ცხრილს:

დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X ₁	0<x<0,1	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	0,1<x<0,2	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	λ ₁ =10*(0,2-x)
		არაკეთილსაიმედო	λ ₂ =1- λ ₁
	0,2<x<0,25	არაკეთილსაიმედო	1
	0,25<x<0,3	არაკეთილსაიმედო	λ ₂ =20*(0,3-x)
		საშუალო	λ ₃ =1- λ ₂
	0,3<x<0,45	საშუალო	1
	0,45<x<0,5	საშუალო	λ ₃ =20*(0,5-x)
		კეთილსაიმედო	λ ₄ =1- λ ₃
	0,5<x<0,6	კეთილსაიმედო	1
	0,6<x<0,7	კეთილსაიმედო	λ ₄ =10*(0,7-x)
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	λ ₅ =1- λ ₄
	0,7<x<1	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1
დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X ₂	-1<x<-0,005	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	-0,005<x<0	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	λ ₁ =-200*x
		არაკეთილსაიმედო	λ ₂ =1- λ ₁

	$0 < x < 0,09$	არაკეთილსაიმედო	1
	$0,09 < x < 0,11$	არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 50 * (0,11 - x)$
		სამუშალო	$\lambda_3 = 1 - \lambda_2$
	$0,11 < x < 0,3$	სამუშალო	1
	$0,3 < x < 0,35$	სამუშალო	$\lambda_3 = 20 * (0,35 - x)$
		კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 1 - \lambda_3$
	$0,35 < x < 0,45$	კეთილსაიმედო	1
	$0,45 < x < 0,5$	კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 20 * (0,5 - x)$
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	$\lambda_5 = 1 - \lambda_4$
	$0,5 < x < 1$	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1
დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X_3	$0 < x < 0,5$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	$0,5 < x < 0,6$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	$\lambda_1 = 10 * (0,6 - x)$
		არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 1 - \lambda_1$
	$0,6 < x < 0,7$	არაკეთილსაიმედო	1
	$0,7 < x < 0,8$	არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 10 * (0,8 - x)$
		სამუშალო	$\lambda_3 = 1 - \lambda_2$
	$0,8 < x < 0,9$	სამუშალო	1
	$0,9 < x < 1$	სამუშალო	$\lambda_3 = 10 * (1 - x)$
		კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 1 - \lambda_3$
	$1 < x < 1,3$	კეთილსაიმედო	1
	$1,3 < x < 1,5$	კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 5 * (1,5 - x)$
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	$\lambda_5 = 1 - \lambda_4$
	$1,5 < x$	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1
დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X_4	$0 < x < 0,02$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	$0,02 < x < 0,03$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	$\lambda_1 = 100 * (0,03 - x)$
		არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 1 - \lambda_1$
	$0,03 < x < 0,08$	არაკეთილსაიმედო	1
	$0,08 < x < 0,1$	არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 50 * (0,1 - x)$
		სამუშალო	$\lambda_3 = 1 - \lambda_2$

	$0,1 < x < 0,3$	საშუალო	1
	$0,3 < x < 0,35$	საშუალო	$\lambda_3 = 20 * (0,35 - x)$
		კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 1 - \lambda_3$
	$0,35 < x < 0,5$	კეთილსაიმედო	1
	$0,5 < x < 0,6$	კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 10 * (0,6 - x)$
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	$\lambda_5 = 1 - \lambda_4$
	$0,6 < x$	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1
დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X_5	$0 < x < 0,12$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	$0,12 < x < 0,14$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	$\lambda_1 = 50 * (0,14 - x)$
		არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 1 - \lambda_1$
	$0,14 < x < 0,18$	არაკეთილსაიმედო	1
	$0,18 < x < 0,2$	არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 50 * (0,2 - x)$
		საშუალო	$\lambda_3 = 1 - \lambda_2$
	$0,2 < x < 0,3$	საშუალო	1
	$0,3 < x < 0,4$	საშუალო	$\lambda_3 = 10 * (0,4 - x)$
		კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 1 - \lambda_3$
	$0,4 < x < 0,5$	კეთილსაიმედო	1
	$0,5 < x < 0,8$	კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 10/3 * (0,8 - x)$
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	$\lambda_5 = 1 - \lambda_4$
	$0,8 < x$	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1
დასახელება	მნიშვნელობათა ქვეინტერვალები	პარამეტრის დონის კლასიფიკაცია	მიკუთვნების ფუნქცია
X_6	$x < 0$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
	$0 < x < 0$	უკიდურესად არაკეთილსაიმედო	1
		არაკეთილსაიმედო	1
	$0 < x < 0,006$	არაკეთილსაიმედო	1
	$0,006 < x < 0,01$	არაკეთილსაიმედო	$\lambda_2 = 250 * (0,01 - x)$
		საშუალო	$\lambda_3 = 1 - \lambda_2$
	$0,01 < x < 0,06$	საშუალო	1
	$0,06 < x < 0,1$	საშუალო	$\lambda_3 = 25 * (0,1 - x)$
		კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 1 - \lambda_3$

	$0,1 < x < 0,225$	კეთილსაიმედო	1
	$0,225 < x < 0,4$	კეთილსაიმედო	$\lambda_4 = 40/7 * (0,4 - x)$
		უკიდურესად კეთილსაიმედო	$\lambda_5 = 1 - \lambda_4$
	$0,4 < x$	უკიდურესად კეთილსაიმედო	1

ცხრილი 6.

ვთქვათ, გვინდა მოვახდინოთ საწარმოს მდგომარეობის შეფასება რომელიღაც კონკრეტულ თვეში. ამისათვის უნდა გავზომოთ ჩვენი საწარმოს საფინანსო-ეკონომიკური მახასიათებლების $X_1 \dots X_6$ მნიშვნელობები ამ თვის საქმიანობის შედეგების მიხედვით. ასეთი გაზომვით მიღებული იქნა შემდეგი მნიშვნელობები:

ფაქტორი	ფაქტორის დასახელება	ფაქტორის მნიშვნელობა
X_1	ავტონომიურობის კოეფიციენტი	0.839
X_2	საბრუნავი აქტივების საკუთრი საშუალებებით ურუნველყოფის კოეფიციენტი	0.001
X_3	ლიკვიდურობის შუალედური კოეფიციენტი	0.348
X_4	აბსოლუტური ლიკვიდურობის კოეფიციენტი	0.001
X_5	ყველა აქტივების წლიური ბრუნვადობა	0.162
X_6	მთლიანი კაპიტალის რენტაბელობა	-0.04

ცხრილი 7.

ამ ფაქტორების გაზომილი მნიშვნელობების საშუალებით ვაგებთ ცხრილ #2-ს. მაგალითად, $X_1 = 0.839$ - სთვის, ცხრილ #6-ში ვეძებთ მნიშვნელობათა რომელ ქვეინტერვალში მოხვდა გაზომილი მნიშვნელობა და შემდეგ შესაბამის მიკუთვნების ფუნქციაში ვსვამთ ამ გაზომილ მნიშვნელობას და ვღებულობთ λ_i - ს შესაბამის მნიშვნელობას. ამ ცხრილში ასევე მოცემულია (10) ფორმულის მიხედვით გამოთვლილი Y_i - ის მნიშვნელობები, სადაც ჩვენი მაგალითისათვის $\delta_i = 1$ და $p_i = 1/N = 1/6$. ამ წესით ვღებულობთ შემდეგ ცხრილს:

	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
X_1	0	0	0	0	1
X_2	0	1	0	0	0
X_3	1	0	0	0	0
X_4	1	0	0	0	0
X_5	0	1	0	0	0
X_6	1	0	0	0	0
Y_k	0.5	0.33333	0	0	0.16667

ცხრილი 8.

V კომპლექსური მახასიათებლის კლასიფიკაციისათვის საჭირო ექსპერტის მიერ (5) ფორმულით განსაზღვრული არამკაფიო ტრაპეციოდალური β_i რიცხვები მოცემულია შემდეგ ცხრილში:

A_1	0	0	0.15	0.25
-------	---	---	------	------

A ₂	0.15	0.25	0.35	0.45
A ₃	0.35	0.45	0.55	0.65
A ₄	0.55	0.65	0.75	0.85
A ₅	0.75	0.85	1	1

ცხრილი 9.

(11) ფორმულით ვითვლით V კომპლექსური მახასიათებლის მნიშვნელობას საპროგნოზო თვისათვის. ვღებულობთ:

V=	0.175	0.225	0.35833	0.44167
----	-------	-------	---------	---------

ცხრილი 10.

იმისათვის, რომ დავადგინოთ A₁...A₅ შესაძლო მდგომარეობებიდან რომელი კონკრეტული მდგომარეობა იყო საპროგნოზო თვეში უნდა ვიანგარიშოთ V-ს შეთანხმებულობის დონეები A_i-ს თან. ამისათვის დაგვჭირდება V-ს და A_i-ს, როგორც ტრაპეციოდალური არამკაფიო რიცხვების, თანაკვეთებისა და გაერთიანებების ფართობების გამოთვლა.

V ტრაპეციის ქვედა ფუძის აბსცისები აღვნიშნოთ v₁-ით და v₄-ით, ხოლო ზედა ფუძის აბსცისები v₂-ით და v₃-ით. A_i ტრაპეციის ქვედა და ზედა ფუძის აბსცისები შესაბამისად a₁ⁱ, a₂ⁱ, a₃ⁱ და a₄ⁱ. ამ ტრაპეციების თანაკვეთის გამოსათვლელად საჭიროა ვიპოვოთ ამ ტრაპეციების შტოების გადაკვეთის წერტილების y კოორდინატები. ვიყენებთ რა ამ ტრაპეციების შტოების წრეფეების განტოლებებს ვიღებთ:

A_i ტრაპეციის მარჯვენა და V ტრაპეციის მარცხენა შტოების გადაკვეთის წერტილის y კოორდინატი გამოითვლება ფორმულით:

$$y_{rl} = \frac{v_1 - a_4^i}{(a_3^i - a_4^i) - (v_2 - v_1)} \tag{13}$$

A_i ტრაპეციის მარცხენა და V ტრაპეციის მარცხენა შტოების გადაკვეთის წერტილის y კოორდინატი გამოითვლება ფორმულით:

$$y_{ll} = \frac{v_1 - a_1^i}{(a_2^i - a_1^i) - (v_2 - v_1)} \tag{14}$$

A_i ტრაპეციის მარჯვენა და V ტრაპეციის მარჯვენა შტოების გადაკვეთის წერტილის y კოორდინატი გამოითვლება ფორმულით:

$$y_{rr} = \frac{v_4 - a_4^i}{(a_3^i - a_4^i) - (v_3 - v_4)} \tag{15}$$

A_i ტრაპეციის მარცხენა და V ტრაპეციის მარცხენა შტოების გადაკვეთის წერტილის y კოორდინატი გამოითვლება ფორმულით:

$$y_{lr} = \frac{v_4 - a_1^i}{(a_2^i - a_1^i) - (v_3 - v_4)} \tag{16}$$

ამის შემდეგ ვიხილავთ V და A_i ტრაპეციების განლაგების 24 ვარიანტს, რომელთა მიხედვით ვითვლით ამ ტრაპეციების თანაკვეთის ფართობებს:

1. (13) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (a_4^i - v_1) * y_{rl}$$

2. (16) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (v_4 - a_1^i) * y_{lr}$$

3. (14) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i > v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (a_1^i - v_1) * y_{II}$$

4. (14) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i < v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (v_2 - a_2^i) * (1 - y_{II})$$

5. (14) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i > v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (a_2^i - v_2) * (1 - y_{II})$$

6. (14) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i < v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (v_1 - a_1^i) * y_{II}$$

7. (15) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i < v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (v_4 - a_4^i) * y_{rr}$$

8. (15) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i < v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (a_3^i - v_3) * (1 - y_{rr})$$

9. (15) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i > v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (v_3 - a_3^i) * (1 - y_{rr})$$

10. (15) ფორმულით გამოთვლილი მნიშვნელობა მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i > v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (a_4^i - v_4) * y_{rr}$$

11. (13) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (a_4^i - v_1) * y_{rl} - (a_4^i - v_4) * y_{rr}$$

12. (16) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (v_4 - a_1^i) * y_{lr} - (v_4 - a_4^i) * y_{rr}$$

13. (14) და (16) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (v_4 - a_1^i) * y_{lr} - (v_1 - a_1^i) * y_{II}$$

14. (14) და (13) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (a_4^i - v_1) * y_{rl} - (a_1^i - v_1) * y_{II}$$

15. (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i > v_4:$$

$$\text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (v_1 - a_1^i) * y_{II} - (a_4^i - v_4) * y_{rr}$$

16. (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i < v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (a_1^i - v_1) * y_{II} - (v_4 - a_4^i) * y_{rr} \end{matrix}$$

17. (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i < v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - (v_1 - a_1^i) * y_{II} - (a_3^i - v_3) * (1 - y_{rr}) \end{matrix}$$

18. (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i > v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} - (a_1^i - v_1) * y_{II} - (v_3 - a_3^i) * (1 - y_{rr}) \end{matrix}$$

19. (13), (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (a_4^i - v_1) * y_{rl} - (a_1^i - v_1) * y_{II} - (a_4^i - v_4) * y_{rr}$$

20. (16), (14) და (15) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობები მოთავსებულია (0;1) შუალედში:

$$\text{თანაკვეთა} = (v_4 - a_1^i) * y_{rl} - (v_1 - a_1^i) * y_{II} - (v_4 - a_4^i) * y_{rr}$$

21. (13)-(16) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობებიდან არცერთი არ მოთავსდება (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i < v_1 \text{ და } a_4^i > v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} \end{matrix}$$

22. (13)-(16) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობებიდან არცერთი არ მოთავსდება (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i > v_1 \text{ და } a_4^i < v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} \end{matrix}$$

23. (13)-(16) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობებიდან არცერთი არ მოთავსდება (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i > v_1, a_4^i > v_4 \text{ და } a_1^i < v_4: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{v_4 - a_1^i + v_3 - a_2^i}{2} \end{matrix}$$

24. (13)-(16) ფორმულებით გამოთვლილი მნიშვნელობებიდან არცერთი არ მოთავსდება (0;1) შუალედში,

$$\begin{matrix} a_1^i < v_1, a_4^i < v_4 \text{ და } a_4^i > v_1: \\ \text{თანაკვეთა} = \frac{a_4^i - v_1 + a_3^i - v_2}{2} \end{matrix}$$

A_i და V ტრაპეციების გაერთიანება გამოითვლება შემდეგი ფორმულით:

$$\text{გაერთიანება} = \frac{v_4 - v_1 + v_3 - v_2}{2} + \frac{a_4^i - a_1^i + a_3^i - a_2^i}{2} - \text{თანაკვეთა}$$

Y(ar,vl)	0,5	1,83333	3,16667	4,5	16,5
Y(al,vl)	-3,5	0,5	-3,5	-7,5	-11,5
Y(ar,vr)	-11,5	0,5	12,5	24,5	-6,7
Y(al,vr)	5,3	1,59091	0,5	-	-
თან. 1	0,01875	0	0	0	0
თან. 2	0	0	0,02292	0	0
თან. 3	0	0	0	0	0
თან. 4	0	0	0	0	0
თან. 5	0	0	0	0	0
თან. 6	0	0	0	0	0
თან. 7	0	0	0	0	0
თან. 8	0	0	0	0	0
თან. 9	0	0	0	0	0
თან. 10	0	0	0	0	0
თან. 11	0	0	0	0	0
თან. 12	0	0	0	0	0
თან. 13	0	0	0	0	0
თან. 14	0	0	0	0	0
თან. 15	0	0,19167	0	0	0
თან. 16	0	0	0	0	0
თან. 17	0	0	0	0	0
თან. 18	0	0	0	0	0
თან. 19	0	0	0	0	0
თან. 20	0	0	0	0	0
თან. 21	0	0	0	0	0
თან. 22	0	0	0	0	0
თან. 23	0	0	0	0	0
თან. 24	0	0	0	0	0
თანაკვეთა	0,01875	0,19167	0,02292	0	0
გაერთ.	0,38125	0,20833	0,37708	0,4	0,4

ცხრილი 11.

ცხრილ 11-ში მოცემულია V და A_i ტრაპეციების შტოების გადაკვეთის წერტილების y კოორდინატები და ამ ტრაპეციების ყველა შესაძლო განლაგების შესაბამისი თანაკვეთების ფართობები. ცხრილის ბოლო სტრიქონებში მოცემულია V და A_i ტრაპეციების თანაკვეთებისა და გაერთიანებების ფართობები.

ამის შემდეგ ყოველი A_i -თვის უნდა გამოვთვალოთ შეთანხმებულობის დონე (12) ფორმულის საშუალებით. თითოეული მიღებული A_i -თვის მიღებული მნიშვნელობები იქნება შესაბამისი A_i მდგომარეობის დასაჯერებლობები. ჩვენს მაგალითში ვლუბულობთ ცხრილს:

შესაძლო მდგომარეობები	A1	A2	A3	A4	A5
--------------------------	----	----	----	----	----

დასაჯერებლობის დონე	0,04918	0,92	0,06077	0	0
------------------------	---------	------	---------	---	---

ცხრილი 12.

შესაბამისად დასმული ამოცანის პასუხი იქნება, რომ საწარმოს მდგომარეობაა A2, ხოლო დასაჯერებლობის დონე 0,92.

ამგვარად ჩვენ ვნახეთ რომ ამ მეთოდით მიღებულ შედეგს გააჩნია საკმაოდ მაღალი დასაჯერებლობის დონე.

ლიტერატურა:

1. Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами, 2000, <http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08.shtml>
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений, М.: Мир, 1976.
3. Кофман А., Хил Алуха Х. Введение теории нечетких множеств в управлении предприятиями, Минск: Вышэйшая школа, 1992.
4. Недосекин А.О., Максимов О.Б. Анализ риска банкротства предприятия с применением нечетких множеств // Вопросы анализа риска, 1999, № 2-3.

სტატიაში გამოყენებულია 1 სურათი და 12 ცხრილი.

სტატია მიღებულია: 2007-06-10