შპს ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი

ირაკლი ჭელიძე

საკრედიტო რისკების შეფასების თანამედროვე მეთოდები

წარდგენილია ბიზნესის ადმინისტრირების დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

შპს ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი
თბილისი 0175, საქართველო
დეკემბერი, 2018 წელი

შპს ქართულ-ამერიკული უნივერსიტეტი

2018 წელი

ავტორი: ირაკლი ჭელიძე

დასახელება: საკრედიტო რისკების შეფასების თანამედროვე მეთოდები

ფაკულტეტი: ბიზნესის სკოლა

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომის ჩატარება: დეკემბერი 2018 წ.

„ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების სადისერტაციო ნაშრომის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს უნივერსიტეტს.

ი. ჭელიძე

ავტორის
ხელმოწერა

„ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.
ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას “.

მადლიერება

მადლობას ვუხდი ყველას, ვინც ჩემ გვერდით იდგა მთელი ამ ხნის მანძილზე.

საკრედიტო რისკის შეფასების თანამედროვე მეთოდები

სარჩევი

საკრედიტო რისკის შეფასების თანამედროვე მეთოდები

რეზიუმე

ნაშრომის მიზანია შევიმუშაოთ საკრედიტო რისკის შეფასების მეთოდოლოგია კორპორაციული მსესხებლებისთვის.

არსებობს მრავალნაირი მოდელი იმისათვის რომ შევაფასოთ მსესხებლის საკრედიტო რისკი. ეს მოდელები იყოფა ორ ტიპად: სტატისტიკური და თეორიული. თუმცა რიგ შემთხვევებში არც ერთი მათგანის გამოყენება არ არის მართებული. მსგავს პრობლემებს ვაწყდებით საქართველოშიც. კორპორაციული მსესხებლებისთვის მიუღებელია სტატისტიკური მოდელები იმდენად რამდენადაც არ არსებობს მათი საკმარისად დიდი დეფოლტების ისტორია. ხოლო ზოგ თეორიულ მოდელს ვერ ვიყენებთ იმის გამო რომ არ არის განვითარებული ბირჟა. ისეთ შემთხვევებში როდესაც არ არსებობს არანაირი წარსული სტატისტიკა, რომლის მეშვეობით შეგვიძლია ამათუიმ მოვლენის შესწავლა, გამოიყენება ფაზი სიმრავლეები და ფაზი ლოგიკა.

საქართველოს საბანკო სივრცეში კორპორაციული მსესხებლის შეფასება წმიდა ექსპერტულია. ზემოთ აღნიშნული მიზეზების გამო, ექსპერტები თავიანთი გამოცდილებითა და ინტუიციით აფასებენ რამდენად კარგი გადახდისუნარიანია ესათუის მსესხებელი. ნაშრომში აღწერილია ექსპერტთა მიერ, რისკის შეფასების სამი მეთოდი. აქედან ორი მათგანი ემყარება ექსპერტთა ჯგუფური მოსაზრების აგრეგირებას, ხოლო მესამე თარგმნის ექსპერტების გამოცდილებას ავტომატიზებულ მოდელში.

უნდა აღინიშნოს რომ განხილული მოდელები, ისევე როგორც ნებისმიერი სხვა, არ აღწერს რეალობას უნაკლოდ და წარმოადგენს მხოლოდ მეცნიერულად დასაბუთებულ რჩევას ექსპერტთათვის.

საკრედიტო რისკის ასევე განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს იმის შეფასება თუ რა მოცულობის სესხის გაცემაა შესაძლებელი ამათუიმ მსესხებელზე. გამომდინარე იქიდან, რომ კლასიკური DCF მეთოდი ძალზედ სტატიკურია, ნაშრომში, ჩვენ განვავრცეთ ის რეალური ოფციონით.

New Quantitative Method for Credit Risk Assessment

Executive Summary

The aim of this paper is to develop methodology of credit risk assessment for corporate borrowers.

There are number of models for borrower's credit risk assessment. These models are divided into two categories: statistical models and theoretical models. However there are cases when neither of them are useful. Same problem is encountered in Georgia. For corporate borrowers we can't use statistical models as there is not enough default history. Some of the theoretical models are useless as there is no developed stock market. In cases like these, when there is no past statistics to study patterns of some events, fuzzy sets and fuzzy logic is used.

In Georgian banking system, assessment of corporate credit risk is purely based on expert judgment. Because of the reasons stated above, group of experts estimate borrowers credit quality using their intuition and experience. This paper describes the 3 methods of risk assessment by experts. Two of them are based on group decision making while third is translates expert knowledge and experience into mathematical automated model.

However it must noted, that this model, as well any other model, doesn't describe reality perfectly, however gives scientifically justified recommendation.

Inseparable part of credit risk assessment, is estimating amount of money that a bank should lend to a certain borrower. As classical DCF method is extremely static, we expanded it with real options analysis.

შესავალი

ნაშრომის მიზანია შევიმუშაოთ საკრედიტო რისკის შეფასების მეთოდოლოგია კორპორაციული მსესხებლებისათვის და მაგალითის საფუძველზე განვიხილოთ თუ რამდენად გადახდისუნარიანია ესა თუ ის მსესხებელი.

საკრედიტო რისკი მოიცავს იმის რისკს რომ მსესხებელი განიცდის დეფოლტს, ანუ შეექმნება ფინანსური პრობლემები რის გამოც ვერ მოახერხებს ნასესხები თანხის დაბრუნებას. ჩვენ შევეცადეთ აქამდე გამოყენებული ისეთი სტატისტიკური მოდელების ნაცვლად როგორებიცაა ლოგისტიკური რეგრესია და წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზი, შეგვემუშავებინა მოდელი, რომელიც იქნებოდა მენეჯმენტის გამოცდილებაზე დაყრდნობილი.

ლოგისტიკური რეგრესიისა და წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზის მოდელები იძლევა კარგ, დასაბუთებულ შედეგებს მაშინ როდესაც ხელმისაწვდომია დიდი მონაცემთა ბაზა. ასეთ დროს ვამუშავებთ წარსულ მონაცემებს იმისათვის რომ დავადგინოთ გარკვეული კანონზომიერებები და შემდეგ გავაკეთოთ პროგნოზი. პრობლემა წარმოიქმნება მაშინ როდესაც ეს მონაცემები არ გვაქვს ან გვაქვს მცირე რაოდენობით. ამ შემთხვევაში უნდა დავეყრდნოთ ექსპერტის გამოცდილებასა და შეხედულებას.

ამ თვისებების პარამეტრიზაციისათვის გამოიყენება ფაზი სიმრავლეები და ფაზი ლოგიკა. კლასიკურ მათემატიკაში ობიექტი ან ეკუთვნის გარკვეულ სიმრავლეებს ან არა. თუმცა, ჩვენ ყოველდღიურად ვიყენებთ ისეთ არამკაფიო, ბუნდოვან განმარტებებს როგორებიცაა: „მაღალი“, „კარგი“, „ძლიერი“. როგორ გავარკვიოთ პიროვნება ეკუთვნის თუ არა მაღლების ან ძლიერების კატეგორიას? სწორედ ასეთ სიმრავლეებს ეწოდება ფაზი (ბუნდოვანი) სიმრავლეები. საბანკო სფეროში, კორპორაციული მსესხებლების საკრედიტო რისკის შეფასებისას ვაწყდებით იმავე პრობლემას როდესაც ვიყენებთ ისეთ ტერმინებს,

როგორებიცაა: მაღალი და დაბალი გადახდისუნარიანი მსესხებელი. გამომდინარე იქიდან, რომ საქართველოს ბაზარი არ არის დიდი, ჩვენ არ გვეძლევა იმის საშუალება, რომ ვიხელმძღვანელოთ დიდი დეფოლტების ისტორიით. ამის გამო მსესხებლის საკრედიტო რისკის შეფასება თითქმის ყოველთვის ექსპერტულია.

საკრედიტო რისკის ასევე განუყოფელ ნაწილს წარმოადგენს იმის შეფასება თუ რა მოცულობის სესხის გაცემაა შესაძლებელი ამათუიმ მსესხებელზე. ამისათვის ხშირად გამოიყენება DCF (დისკონტირებული ფულადი ნაკადი --Discounted Cash Flow) მეთოდი, რომლის მიხედვითაც, საჭიროა შეფასდეს მომავალი ფულადი ნაკადები და მოხდეს მათი დისკონტირება. გამომდინარე იქიდან, რომ ეს მეთოდი ძალზედ სტატიკურია, ნაშრომში, ჩვენ განვავრცეთ აღნიშნული მეთოდი რეალური ოფციონით, რომელმაც საშუალება მოგვცა ფულად ნაკადებში გაგვეთვალისწინებინა გაფართოების სტრატეგია. აღნიშნული სტრატეგია უფრო მოქნილს ხდის მოდელს და ზრდის კომპანიის ღირებულებას.

ნაშრომის პირველ ნაწილში განვიხილავთ რისკის შეფასების ყველაზე ფართოდ გამოყენებულ მეთოდების ორ ძირითად კლასს. ჩვენ განვიხილავთ, თუ რა ინფორმაციის საფუძველზე ხდება თითოეულის დამუშავება და რა პრობლემების წინაშე შეიძლება დავდგეთ. ასევე აღწერილია ბაზელ II და საკრედიტო რისკების მართვის სტანდარტები რომლითაც ხელმძღვანელობენ ბანკები. დეტალურად არის აღწერილი საკრედიტო რისკის შესაფასებელი ყველაზე ხშირად გამოყენებული მოდელები, მათი დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

მეორე ნაწილში განვმარტავთ, რა არის ფაზი (არამკაფიო, ბუნდოვანი) სიმრავლე, ფაზი მიმართება და განვიხილავთ ისეთ ოპერაციებს როგორებიცაა თანაკვეთა, გაერთიანება, დამატება და ა.შ. ასევე განვმარტავთ დეფაზიფიკაციას და აღვწერთ რამდენიმე ტიპის მოდელს რომლებითაც შესაძლებელია საკრედიტო რისკის შეფასება ექსპერტულ მოსაზრებებზე

დაყრდნობით. თითოეული მოდელის აღწერის შემდეგ, მოგვყავს პრაქტიკული მაგალითი და წარმოვადგენთ შედეგებს.

დასკვნით, მესამე ნაწილში, განვავრცეთ საკრედიტო რისკის შეფასების ამოცანა, გასაცემი სესხის თანხის შეფასებით. ამისათვის ვიყენებთ დამხმარე ინსტრუმენტებს, რეალურ ოფციონებს.

ლიტერატურის მიმოხილვა

საკრედიტო რისკი სავარაუდოდ ერთერთი უმნიშვნელოვანესი რისკის წყაროა საფინანსო დაწესებულებებისთვის. ამის გამო არაერთი მკვლევარის ნაშრომი მიეძღვნა ამ საკითხს. ალტმანი, თავისი ქულათა სისტემით (Z-score) შეიძლება ჩაითვალოს ამ პრობლემის შესწავლის ფუძემდებლად. ეს საკითხები განხილულია ბიბლიოგრაფიის [1] და [2] პუნქტებში. მოგვიანებით განსხვავებული ტიპის მოდელები და ხედვა შემოგვთავაზეს მერტონმა, ბლეკმა და კოქსმა. ეს მოდელები, ე.წ. სტრუქტურული მოდელები, ისტორიული დეფოლტების სიხშირის ნაცვლად, ეფუძნება კომპანიის კაპიტალის სტრუქტურას. იხ. [3] და [4]. თუმცა ეს მოდელები უფრო მეტად კონცენტრირდებიან ბონდებზე და ვაჭრებად ინსტრუმენტებზე. ალტამნის მოდელის ეფექტურობა თანამედროვე ვითარებაში განიხილეს ჰეისმა, ჰოჯმა და ჰიუზმა (იხ. [5]). მილერმა თავის ნაშრომში (იხ. [6]) აჩვენა რამდენად უკეთ ახდენს დისკრიმინაციას ალტმანის მოდელთან შედარებით. ალტმანმა მიმოიხილა ფინანსური გარემო ბაზელ 2-ის რეგულაციების პირობებში და გვიჩვენა როგორ შეიძლებოდა გამოგვეყენებინა სტრუქტურული მოდელები ისევე როგორც ალტამნის ქულათა სისტემა, დეფოლტის წინასწარ ინდიკატორებად (იხ. [7]).

თავის წიგნში, სონდერსი (იხ. [8]) ზედაპირულად მიმოიხილავს ყველა ფართედ გამოყენებულ მოდელს, მათ შორის ექსპერტულს. მარტინი და ევიენი, (იხ. [9]) განიხილავენ წრფივ დისკრიმინანტულ ანალიზს და ლოგისტიკურ რეგრესიას, რის შემდეგაც ცდილობენ უპასუხონ შეკითხვას, „რომელი მოდელი ჯობია?“. ვებსტერი, თავის ნაშრომში (იხ. [10]), განიხილავს ლოგისტიკურ რეგრესიას მონაცემების სიმცირის პირობებში. ბერი, ლინოფი და სიდიქი, (იხ. [11], [12]), განიხილავენ მონაცემთა დამუშავებისა და ქულათა სისტემის აწყობის პრაქტიკულ მხარეებს.

თავის ნაშრომებში, [13] და [14], ზადე აღწერს არამკაფიო, ფაზი სიმრავლეებსა და ლოგიკას. დეტალურად ეს ორი ცნება ახსნილია [15], ხოლო მათ გამოყენება რისკის შეფასებაში აღწერილია [16] და [17].

ინვესტიციის შეფასების თანამედროვე ხერხი რეალური ოფციონებით კარგადაა განხილული დიქსიტისა და პინდიკის ნაშრომში [18], ასევე ტრიგეორგის [19] და მუნის [20] ნაშრომებში. თამაშთა თეორიის ზოგადი ნაწილი განხილულია [21], ხოლო მათი გამოყენება ოფციონურ თეორიაში აღწერილია [22] და [23].

თავი 1: საკრედიტო რისკი და მისი შეფასების პრობლემა

1.1 ამოცანის დასმა

დღესდღეობით დიდი მნიშვნელობა აქვს გადაწყვეტილების მიღებას განუზღვრელობის პირობებში. საკრედიტო რისკის შეფასება მოიცავს იმის განსაზღვრას, ღირს თუ არა მსესხებლისთვის სესხის მიცემა და რა ალბათობით შეიძლება მსესხებელი გაკოტრდეს, ან ვერ მოემსახუროს სესხს ფინანსური პრობლემების გამო. მიუხედავად იმისა, რომ ამ პროცესის დროს მსესხებელს მოეთხოვება დიდი რაოდენობის ინფორმაციის მიწოდება, ცალსახა გადაწყვეტილების მიღების წესი არ არსებობს. გადაწყვეტილების მიღების ერთ-ერთი დამხმარე მექანიზმი არის ე.წ. ქულათა სისტემა (Scoring System). ეს მეთოდი ფართოდ გამოიყენება როგორც საერთაშორისო ასევე ქართული ბანკების მიერ.

ზოგადად, ქულათა სისტემები შეგვიძლია დავყოთ ორ ტიპად: აპლიკაციის და ქცევით ქულებად. აპლიკაციის ქულათა სისტემა პასუხობს შემდეგ კითხვას: გავცე სესხი თუ არა? ხოლო ქცევითი, გვეუბნება იმას თუ რა მდგომარეობაშია მსესხებელი, კრედიტის აღების შემდეგ. რა თქმა უნდა, ამ ორი მეთოდის იდეური და სტრუქტურული სხვაობის მიუხედავად, შესაძლებელია ქცევითი სისტემის, აპლიკაციის მიზნებისთვის გამოყენება და პირიქით. საქართველოს საბანკო სივრცეში დაგროვდა ძალზედ დიდი ინფორმაცია საცალო სესხებზე, ამიტომ მსხვილი ბანკები უკვე დიდი ხანია იყენებენ მსგავს მეთოდებს. თუმცა იგივეს ვერ ვიტყვით კორპორაციულ მსესხებლებზე. საქართველოში, კორპორაციული კლიენტების ბაზარი ძალზედ კონცენტრირებულია, რის გამოც შეუძლებელია სრულყოფილი მოდელის აგება. ნაწილობრივ ამის მიზეზი მდგომარეობს იმაში, რომ მსხვილი კლიენტის გადეფოლტების შემთხვევაში, შეიძლება გაპრობლემურდეს პორტფელის მნიშვნელოვანი ნაწილი, მასთან მაღალი კორელაციის გამო. მიზეზად შეიძლება დასახელდეს ის ფაქტიც, რომ როდესაც კომპანია კოტრდება, ის მაინც განაგრძობს ოპერირებას, ხდება

მისი კონკურენტთან შერწყმა, ან უბრალოდ რებრენდინგი. ამგვარად არ არსებობს დეფოლტების სანდო და დიდი ისტორია.

2008 წლის მსოფლიო კრიზისმა მრავალი მსხვილი კომპანია ჩააყენა გაკოტრების რისკის წინაშე, რის შედეგადაც, ანალიტიკოსებისთვის კვლევის საგანი გახდა არა მსესხებლის ფინანსური მდგომარეობა, არამედ პროგნოზირების ეფექტური მეთოდოლოგიის შემუშავება.

პროგნოზირების მეთოდები შეიძლება დავაჯგუფოთ ორ ძირითად კლასად: სტატისტიკური მოდელები და თეორიული მოდელები.

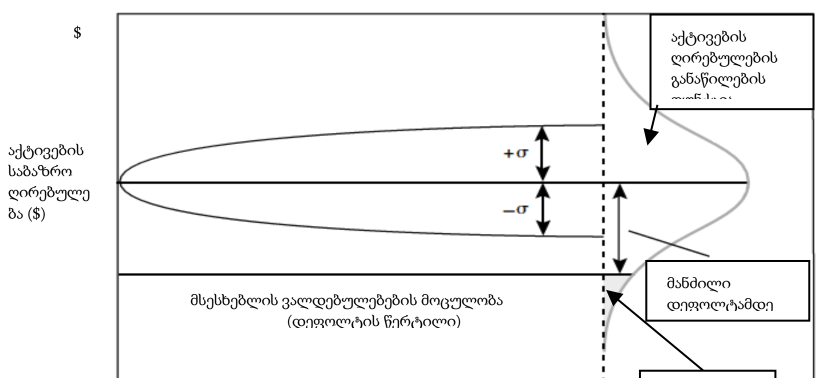
ყველაზე ფართედ გავრცელებული სტატისტიკური მოდელებს წარმოადგენენ უკვე ნახსენები ქულათა სისტემები. მათ შესამუშავებლად, უნდა შეირჩეს მთელი რიგი კოეფიციენტები და მახასიათებლები. ისეთები, როგორებიცაა მსესხებლის საკრედიტო ისტორია, შემოსავალი, უზრუნველყოფა და ა.შ. შემდეგ უნდა განვიხილოთ ისეთი მსესხებლები, რომლებსაც უკვე აქვთ პრობლემური სტატუსი და ისეთები რომლებიც კარგად მოემსახურნენ სესხს. მომდევნო ნაბიჯს წარმოადგენს ცვლადების რაოდენობის შემცირება, რის შედეგადაც უგულებელვყოფთ ისეთებს რომლებიც არიან მსგავსი ინფორმაციის მატარებლები, მაგალითად ერთმანეთთან მაღალი კორელაციის მქონე ცვლადები. კოეფიციენტების საბოლოო სიის მიღების შემდეგ თითოეულს ენიჭება გარკვეული წონა და ითვლება შეწონილი ქულა ყოველი მსესხებლისთვის. ასეთნაირად შეფასებული დეფოლტის ალბათობა კარგად ასახავს მსესხებლის ფინანსურ სტაბილურობას.

სტატისტიკური მოდელების გამოყენებისას საჭიროა გავაკეთოთ ისეთ დაშვებები როგორებიცაა:

- კოეფიციენტების განაწილება
- კოეფიციენტების დამოუკიდებლობა
- ობიექტის კლასიფიკაცია (მსესხებელი ცალსახად უნდა ეკუთვნოდეს გარკვეულ ჯგუფს, ჰქონდეს დეფოლტის სტატუსი, ან არა)

საქართველოში ამ დროისთვის, დაახლოებით 500 მსხვილი კომპანიაა, რომელიც შეიძლება წარმოადგენდეს ჩვენი შესწავლის საგანის. აქედან გამომდინარე საქართველოს ბაზარზე არსებული დეფოლტების ისტორია, არ გვაძლევს რისკის შეფასების კარგ საშუალებას სტატისტიკური მოდელების გამოყენებით. გარდა ამისა პრობლემა წარმოიშვება კლასიფიკაციის დროსაც. მსესხებელს შეიძლება ჰქონდეს ე.წ. ნაწილობრივი დეფოლტის სტატუსი.

თეორიული მოდელები, განსხვავებით სტატისტიკურისგან, კონცენტრირდება ხარისხობრივ ინფორმაციაზე დეფოლტის პროგნოზირებისას. ეს მოდელები იყენებენ განსხვავებულ სტატისტიკურ მეთოდებს იმისათვის რომ მიიღონ თეორიული არგუმენტის მტკიცებულება. მაგალითად ერთერთი ასეთი მოდელია KMV (Kealhofer, McQuown, Vasicek) მოდელი, რომელიც ეყრდნობა ბონდებზე დადებული ოფციონების ფასდადების თეორიას. ამ მოდელის თანახმად, კომპანიის კაპიტალი შეგვიძლია დავამოდელიროთ როგორც კოლ ოფციონი, რომლის საბაზისო აქტივი არის აქტივების საბაზრო ღირებულება, ხოლო შეთანხმების ფასი ვალდებულებების მოცულობა. ამ ინფორმაციის გამოყენებით ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ დეფოლტის ალბათობა, როგორც ალბათობა იმისა რომ კომპანიის აქტივების ღირებულება დაეცემა მისი ვალდებულებების ღირებულებაზე დაბლა [8].



პრობლემა რომელსაც შეიძლება წავაწყდეთ ამ მოდელის გამოყენებისას არის ის რომ ქართული კომპანიების უმრავლესობის აქციები არ ივაჭრება ბირჟაზე. ასეთ დროს სირთულე მდგომარეობს მათი აქტივების საბაზრო ღირებულების სწრაფი შეფასება.

ამგვარად, კომპანიის გაკოტრების პროგნოზი მეტად ბუნდოვანი და გაურკვეველი პროცესია. ის შეიძლება განპირობებული იყოს როგორც შიდა ისე გარე ფაქტორების მიერ, რომელთა ცალსახა შეფასება შეუძლებელია. ხოლო ნაწილობრივი დეფოლტის არსებობის გამო, მეტად რთულია გაკოტრების ალბათობის ეფექტური შეფასება სტატისტიკური მეთოდების გამოყენებით.

1.2 ბაზელ II და საკრედიტო რისკის მართვის სტანდარტი

ფინანსური კრიზისების მიმართა განსაკუთრებით მგრძნობიარეა საბანკო სისტემა. ამის გამო კომერციული ბანკისთვის, საერთაშორისო სტანდარტებით რისკების მართვას განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს. ამ ქვეთავში წარმოდგენილია მსოფლიოში ყველაზე გავრცელებული რისკების მართვის სტანდარტების – ბაზელის შეთანხმების შესახებ, რომელიც ფაქტობრივად, მსოფლიოს ნებისმიერი ქვეყნის კომერციული ბანკის მუშა დოკუმენტია.

გლობალური ფინანსური კრიზისი, მსოფლიოსა და საქართველოში, ყველაზე მეტად საფინანსო სექტორს შეეხო. 2008 წლის რუსული აგრესიის და მსოფლიო კრიზისის გავლენის შედეგად ქვეყნის ეკონომიკაში შექმნილმა ვითარებამ აჩვენა, რომ ქართული ფინანსური სისტემა გარემო პირობებისადმი მეტისმეტად მყიფე აღმოჩნდა. ვინაიდან საქართველოს ფინანსური სისტემის ძირითად რგოლს წარმოადგენდა საბანკო სექტორი, კრიზისმა ყველაზე მეტად სწორედ ის დააზარალა. ამაზე 2008-2009 წლების განმავლობაში განვითარებული მრავალი ნეგატიური ფაქტორი მიგვითითებს. მათ შორის: კომერციული ბანკების საკრედიტო პოტენციალის შემცირება; ვადაგადაცილებული კრედიტების აბსოლუტური მოცულობის ზრდა; საპროცენტო განაკვეთის მომატება; კომერციული ბანკების მიერ ეროვნული ეკონომიკის დაკრედიტების შემცირება; საანგარიშო პერიოდის ზარალით დასრულება და ა.შ. გამომდინარე აღნიშნულიდან, პოსტკრიზისულ პერიოდში საბანკო რისკების მართვა მრავალი საბანკო დაწესებულების უპირველეს ამოცანად იქცა. კრიზისის დროს, ეფექტური საბანკო ზედამხედველობის განხორციელება და რეგულირება განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია.

საბანკო რისკი არის საბანკო საქმიანობის სიტუაციური მახასიათებელი, რომელიც გვიჩვენებს შედეგის განუსაზღვრელობას და ახასიათებს მოსალოდნელიდან რეალური შედეგის უარყოფითი გადახრის

ალბათობას. ამ განმარტების ქვეშ ძირითადად იგულისხმება მომავალში მოსალოდნელი შედეგის განუზღვრელობა, რის შედეგადაც შესაძლოა საბანკო დაწესებულებამ იმაზე უარყოფითი შედეგი მიიღოს, ვიდრე ეს მას აქვს განსაზღვრული. აღნიშნულიდან გამომდინარე უნდა ვივარაუდოთ, რომ საბანკო დაწესებულებებს წინასწარ აქვთ შემუშავებული მისაღწევი გეგმები (სცენარი), რომლის მიუღწევლობაც მათთვის ნიშნავს ფინანსურ რისკს. შესაბამისად, საბანკო დაწესებულებები ცდილობენ განსაზღვრონ ე.წ. საბანკო რისკები და მართონ ისინი ისეთნაირად, რომ უარყოფითი გადახრის შემთხვევაში რეაგირების გზით მოახდინონ რისკების მინიმიზება. საქართველოს ეროვნული ბანკის მიდგომით, რისკზე წასვლა თავისთავად ნეგატიური ნაბიჯი არ არის და იგი შეიძლება დაკავშირებული იყოს დამატებითი მოგების მიღებასთან. ვინაიდან რისკების იგნორირება შეუძლებელია, კომერციული ბანკების უმთავრეს ამოცანას წარმოადგენს რისკების შემცირება. მასში იგულისხმება ოპტიმალური თანაფარდობის დაცვა ერთის მხრივ კრედიტებს, დეპოზიტებს, სხვა ვალდებულებებსა და მეორეს მხრივ საკუთარ კაპიტალს შორის.

ყველაზე გავრცელებული მიდგომების მიხედვით, საბანკო რისკები სამ ძირითად (გამსხვილებულ) კატეგორიაში ერთიანდებიან: საკრედიტო რისკები, საბაზრო რისკები და საოპერაციო რისკები. საკრედიტო რისკებს განეკუთვნება ბანკის კლიენტებისა და კონტრაგენტების მიერ ფინანსური ვალდებულებების შეუსრულებლობის შედეგად გამოწვეული დანაკარგების რისკი; საბაზრო რისკებს განეკუთვნება საბაზრო პროდუქტების ფასის ცვლილებით, მერყეობით და საბაზრო კონიუნქტურის ნებისმიერი სხვა ცვლილებით გამოწვეული რისკები; საოპერაციო რისკებს კი განეკუთვნება დანაკარგის ან სანქციის რისკი, რაც გამოწვეულია პროცედურებისა და შიდა სისტემის შეუსაბამობით ან გაუმართაობით, აგრეთვე ადამიანის მიერ დაშვებული შეცდომებით ან სხვა გარემოებებით.

საბანკო სისტემის რისკების რეგულირების მექანიზმები საკმაოდ მრავალფეროვანია და როგორც წესი კომპლექსურად მოქმედებენ, ანუ ავსებენ ერთმანეთს. საბანკო სისტემის დონეზე ძირითად მარეგულირებლებს სახელმწიფო ორგანოები (ჩვეულებრივ ცენტრალური ბანკის სახით) და თვითრეგულირებადი ორგანოები (კომერციული ბანკების რისკების მართვის სამსახურები) წარმოადგენენ. თუმცა, ბოლო პერიოდში ბევრი ქვეყნის საბანკო სექტორის მიერ განსაკუთრებული ყურადღება გადატანილია საბანკო ზედამხედველობის ბაზელის კომიტეტის (The Basel Committee on Banking Supervision) მიერ შემოთავაზებულ რეგულირების მექანიზმებზე, რომლის დანერგვაც ჯერ ქვეყნის ცენტრალური ბანკის მიერ იწყება, ხოლო შემდეგ მის შესრულებაზე პასუხისმგებლობა კომერციულ ბანკებს ეკისრებათ.

საბანკო ზედამხედველობის ბაზელის კომიტეტი არის ფორუმი საბანკო ზედამხედველობის საკითხებში რეგულარული თანამშრომლობისათვის. მისი მიზანია მსოფლიო მასშტაბით გააძლიეროს ზედამხედველობის საკითხები და საბანკო ზედამხედველობის ხარისხი. კომიტეტის ამოცანაა ინფორმაციის გაცვლის ეროვნული საზედამხედველო საკითხების, მიდგომების და ტექნიკის შემუშავება, რათა ხელი შეუწყოს პრობლემათა საერთო გაგებას. კომიტეტი საყოველთაო გამოყენებისათვის ამუშავებს გაიდლაინებსა და საზედამხედველო სტანდარტებს. კომიტეტი ყველაზე ცნობილია კაპიტალის ადეკვატურობის საერთაშორისო სტანდარტებით, ეფექტიანი საბანკო ზედამხედველობის ფუნდამენტური პრინციპებით და ტრანსსასაზღვრო საბანკო ზედამხედველობის საერთაშორისო შეთანხმებით. კონტაქტების კიდევ უფრო განმტკიცებისათვის ყოველ ორ წელიწადში ერთხელ იმართება საბანკო ხელმძღვანელების საერთაშორისო კონფერენცია (ICBS). კომიტეტში მომუშავე ექსპერტები საჭიროებისამებრ აძლევენ რჩევებს ნებისმიერი ქვეყნის ცენტრალურ ბანკებს საზედამხედველო საკითხებში.

"ბაზელი II", რომელიც წარმოადგენს საბანკო ზედამხედველობის ბაზელის კომიტეტის რეკომენდაციებს, 2004 წლის ივნისში გამოქვეყნდა და მას შემდეგ ბევრმა ქვეყანამ დაიწყო საკუთარი საბანკო ზედამხედველობის რეგულირების ამ ახალ პრინციპებზე გადასვლა.

ბაზელის კომიტეტის მიერ მომზადებული „ბაზელი II"-ის საბანკო ზედამხედველობის რეკომენდაციები ითვალისწინებს სტანდარტებისა და რეგულაციების შექმნას იმის თაობაზე, თუ რა მოცულობის კაპიტალი უნდა დაარეზერვოს საფინანსო ინსტიტუტმა რისკების შესამცირებლად. „ბაზელი II" შედგება სამი ძირითადი კომპონენტისაგან:

I. მინიმალური კაპიტალის მოთხოვნები (Minimum Capital Requirements) წარმოადგენს კაპიტალის მინიმალური მოცულობის ანგარიშს საკრედიტო, საბაზრო და საოპერაციო რისკებისგან თავის დასაზღვევად. ის იანგარიშება წინასწარ განსაზღვრული რისკის წონებით შეწონილი აქტივების პროცენტულობით.

II. ზედამხედველობის პროცესი (Supervisory Review Process) მოიცავს საკრედიტო რისკთან დაკავშირებულ საკითხებს ისეთ დამატებით საკითხებს, როგორებიცაა სტრეს-ტესტირება, დეფოლტის განსაზღვრა, საოპერაციო და კრედიტების კონცენტრაციის რისკი და ა.შ.

III. საბაზრო დისციპლინა (Market Discipline). ამ ნაწილში, კომიტეტი მიისწრაფის საბაზრო დისციპლინის სტიმულირებისაკენ ინფორმაციის გახსნილობის შესახებ მოთხოვნების კომპლექსის შემუშავებით, რომლებიც საშუალებას მისცემს ბაზრის მონაწილეებს შეაფასონ ძირითადი მონაცემები გამოყენების სფეროზე, კაპიტალზე, რისკიანობაზე, რისკის პროცესების შეფასებაზე და შესაბამისად დაწესებულების კაპიტალის საკმარისობაზე. კომიტეტის აზრით, ინფორმაციის ასეთ გახსნილობა განსაკუთრებულად აქტუალურია.

ბაზელის კომიტეტის რეკომენდაციების და მსოფლიოში გავრცელებული პრაქტიკის მიხედვით, საბანკო სისტემის დონეზე საბანკო რისკების რეგულირების ძირითად მექანიზმებს წარმოადგენს:

1. ახლადშექმნილი ბანკებისთვის კაპიტალის მინიმალური დონის დაწესება;

2. მოთხოვნები კაპიტალის სტრუქტურისადმი და საკმარისობისადმი;

3. შიდა კონტროლისა და რისკების მართვის სამსახურების ორგანიზაციისა და საქმიანობისადმი მოთხოვნები;

4. ბანკის საერთო რისკებისა და ფინანსური მდგომარეობის შესახებ ინფორმაციის საჯაროობისადმი მოთხოვნები;

5. რისკების რაოდენობრივი შეფასების მეთოდებისადმი ნორმატიული მოთხოვნები და სხვა. კომერციული ბანკების დონეზე რისკების მართვის გარე მექანიზმების გარდა გამოიყენება შიდა მექანიზმებიც, რომელთაც მიეკუთვნება რისკების შეფასების და მართვის შიდა მოდელები და მეთოდები: ლიმიტირება, ჰეჯირება, შიდა კონტროლი და სხვა.

საქართველოს ეროვნული ბანკის მიერ დადგენილი წესების მიხედვით, საბანკო სფეროს რეგულირებისათვის დადგენილია რისკის შემდეგი სახეები: საკრედიტო რისკი (თავი III), საბაზრო და საპროცენტო რისკები (თავი IV), ლიკვიდობის რისკი (თავი V), საოპერაციო რისკი (თავი VI), სამართლებრივი რისკი (თავი VII), რეპუტაციის რისკი (თავი VIII), სტრატეგიული რისკი (თავი IX) და შესაბამისობის რისკი (თავი X). წესებში საკმაოდ დეტალურად არის მოცემული თითოეული რისკის არსი და მათი მართვის ინსტრუმენტები. აღნიშნული წესების შემუშავებას საფუძლეად უდევს ბაზელის ფორმატით საერთაშორისო ანგარიშსწორების ბანკის (BIS – Bank for International Settlements) ყოველწლიური შეხვერდები, საერთაშორისო პრაქტიკა და კომერციულ ბანკებში რისკების მართვის აუცილებლობა. აღნიშნული წესები, კომერციული ბანკების მიერ რისკების ეფექტიანად მართვისა და გაკონტროლების მიზნით შეიქმნა, რამაც ხელი უნდა შეუწყოს ბანკის მენეჯმენტს დროულად აღმოაჩინოს შესაძლო

დანაკარგები და მისი უარყოფითი გავლენა ბანკის კაპიტალზე. გამომდინარე მის მიერ დადგენილი წესებიდან, 2008-2009 წლებში ეროვნული ბანკის ანტიკრიზისულ პოლიტიკას ორი ძირითადი მიმართულება გააჩნდა:

- საბანკო სექტორისათვის მოკლე და საშუალოვადიანი ლიკვიდური სახსრების მიწოდება;
- გაცვლითი კურსის კონტროლი ფინანსური სტაბილურობის უზრუნველსაყოფად.

ბანკის ძირითადი საქმიანობიდან გამომდინარე, რისკის უდიდეს წყაროს წარმოადგენს საკრედიტო რისკი. ამის გამო, ბაზელ II-ის სტანდარტების დიდი ნაწილი ეთმობა ზუსტად ამ საკითხს. ნებისმიერი სესხის გაცემისთანავე ბანკმა უნდა შექმნას ამ სესხის მოსალოდნელი ზარალის მოცულობის რეზერვი და მასთან ერთად გადადოს გარკვეული კაპიტალი ამ სესხთან დაკავშირებული მოულოდნელი ზარალების თავიდან ასაცილებლად. ამისათვის რეგულაციაში განსაზღვრულია აქტივების შესაბამისი კლასიფიკაცია რომლის მიხედვითაც, სხვადასხვა აქტივს ენიჭება სხვადასხვა რისკის წონა. მინიმალური კაპიტალი რომელიც უნდა იქონიოს ბანკმა ამათუიმ სესხზე, განისაზღვრება რისკით შეწონილი აქტივის 8%-ის მოცულობით.

დღესდღეობით, ბანკები ქმნიან სესხების რეზერვებს, საქართველოს ეროვნული ბანკის სტანდარტების მიხედვით, ვადაგადაცილებულ დღეებზე დაყრდნობით:

ვადაგადაცილებული დღეები	რეზერვი
0 - 30	2%
31 - 60	10%
61 -120	30%
121 – 180	50%
181 <	100%

აღნიშნული მიდგომა ძალზედ უხეშია. გარდა ამისა პრობლემა მდგომარეობს იმაშიც, რომ ბაზრის კონცენტრირებულობის გამო, აღნიშნულ მეთოდს ვერ მივუყენებთ კორპორაციულ მსესხებლებს რადგან ბანკის ხელმძღვანელობა ვერ დაელოდება როდის გადავა მსესხებელი ვადაგადაცილებაში რეზერვის გასაზრდელად. ასეთ შემთხვევებს ხშირად გადიან ინდივიდუალურად და ანიჭებენ რეზერვს ექსპერტული მოსაზრებებით ან სხვა მეთოდების გამოყენებით.

იდეალურ შემთხვევაში მსესხებლის რეზერვი გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$EL = PD \times LGD \times EAD$$

სადაც,

PD - დეფოლტის ალბათობა

$LGD -$ ზარალის პროცენტული მოცულობა დეფოლტის შემთხვევაში

$EAD -$ სესხის ნაშთი დეფოლტის შემთხვევაში

ბაზელ II ასევე განსაზღვრავს მინიმალურ კაპიტალის მოცულობას მათთვის ვისაც აქვს, კარგად დამუშავებული, დეფოლტის ალბათობის შესაფასებელი მოდელი. ასეთ ბანკებმა შეიძლება შეაფასონ მინიმალური კაპიტალი შემდეგნაირად:

$$K = \left[\Phi\left(\sqrt{\frac{1}{1-R}} \times \Phi^{-1}(PD) + \sqrt{\frac{1}{1-R}} \times \Phi^{-1}(0.999)\right) - PD\right] \times LGD \times EAD \quad (2.2)$$

სადაც,

K - მინიმალური კაპიტალის მოცულობა

PD - დეფოლტის ალბათობა

$LGD-$ ზარალის პროცენტული მოცულობა დეფოლტის შემთხვევაში

$EAD -$ სესხის ნაშთი დეფოლტის შემთხვევაში

$\Phi -$ სტანდარტული ნორმალური განაწილების ფუნქცია

ამგვარი შეფასებების პრობლემა თავის მხრივ, მდგომარეობს იმაში რომ საჭიროა დაკვირვებების დიდი რაოდენობა რომ შეფასდეს დეფოლტის ალბათობა, არაფერი რომ არ ითქვას სხვა პარამეტრებზე. ეს კი მოცემულ ვითარებაში, შეუძლებელია კორპორაციული მსესხებლებისთვის.

ამგვარად ბანკების მხრიდან სწორად დაკრედიტებული პორტფელი წარმოადგენს რისკის მართვის ქვაკუთხედს. საკრედიტო რისკის შეფასების ეფექტური მეთოდოლოგია დაბალი რეზერვის დონისა და მინიმალური კაპიტალის მოცულობის საწინდარია. ეს თავის მხრივ მეტ მოქნილობას სძენს ბიზნესს და შესაბამისად აისახება მომგებიანობაზე.

1.3 საკრედიტო რისკის შესაფასებლად ხშირად გამოყენებული მეთოდები

საკრედიტო რისკის შეფასების სხვადასხვა მეთოდოლოგია, განსხვავდება საცალო და კორპორაციული მსესხებლებისთვის, მიუხედავად იმისა, რომ ზოგი მათგანი შეგვიძლია მოვარგოთ ორივე სეგმენტს. საცალო სესხებისთვის ყველაზე ხშირად გამოყენებულ მოდელებს წარმოადგენენ:

- წრფივი ალბათური მოდელი
- ლოგისტიკური რეგრესია
- წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზი

მათ ხშირად აერთიანებენ საკრედიტო ქულათა მოდელების კლასში. ყველა ამ მოდელის მორგება შესაძლებელია ასევე კორპორაციულ მსესხებლებზე, თუმცა ამისათვის საჭიროა დაკვირვებების დიდი რაოდენობა. მონაცემების სიმცირის პრობლემა აქტუალურია მრავალი მცირე ზომის ეკონომიკისთვის და საქართველოც არ არის გამონაკლისი. ამჟამად, ბანკებს გააჩნიათ მილიონობით ფიზიკური პირი მსესხებლები, თუმცა კორპორაციული მსესხებლების რაოდენობა არ აჭარბებს 500-ს. აღსანიშნავია ის ფაქტიც, რომ კორპორაციებში, დეფოლტების რაოდენობა იმდენად მცირეა რომ შეუძლებელია მდგრადი და სტაბილური მოდელის აგება, რასაც ვერ ვიტყვით საცალო მსესხებლებზე. ამის გამო აღნიშნული მოდელები უფრო ხშირად გამოიყენება ფიზიკური პირების სესხების რისკიანობის შესაფასებლად.

ჩამოთვლილი მოდელები იყენებენ უკვე არსებული მსესხებლების მახასიათებლებს იმისათვის, რომ დავითვალოთ მათი ქულები. ქულები, თავის მხრივ, ასახავს მათ დეფოლტის ალბათობას, ან უკეთებს რანჟირებას რისკიანობის მიხედვით.

საერთაშორისო სარეიტინგო ორგანიზაციებში კორპორაციული მსესხებლების რისკიანობის შესაფასებლად, ხშირად გამოიყენება

თეორიული მოდელები. ამგვარი მოდელების თანახმად, საჭიროა განისაზღვროს დეფოლტი როგორც გარკვეული თეორიულ ხდომილება და შემდეგ შეფასდეს ამ ხდომილების ალბათობა. მაგალითად, თუ დავუშვებთ რომ კორპორაციის ვალდებულების მოცულობა არის მუდმივი, ხოლო დეფოლტს განვსაზღვრავთ როგორც მოვლენას როდესაც აქტივების მოცულობა დაეცემა ვალდებულების მოცულობამდე, რისკიანობის შესაფასებლად საჭირო იქნება ამ მოვლენის ალბათობის შეფასება.

1.4 წრფივი ალბათური მოდელი და ლოგისტიკური რეგრესია

წრფივი ალბათობის მოდელი იყენებს წარსულ მონაცემებს, ისეთი როგორიცაა მსესხებლის ხელფასი, ასაკი, დაფარული სესხების რაოდენობა და ა.შ., იმისათვის რომ ახსნას მისი ქცევა. ხოლო შემდეგ ამ მონაცემებზე დაყრდნობით პროგნოზირებს ახალი სესხების გადახდის ალბათობებს.

ამ მოდელის გამოსაყენებლად მონაცემები იყოფა დეფოლტებად ($PD_i = 1$) და ჯანსაღ სესხებად ($PD_i = 0$). შემდეგ იყენებენ წრფივ რეგრესიულ ანალიზს, მსესხებლის გადახდისუნარიანობის შესაფასებლად:

$$PD_i = \sum_{j=1}^{n} \beta_j X_{ij} + Error \qquad (1.1)$$

სადაც, PD - დეფოლტის ალბათობაა, ხოლო β_j - X_j-ური ცვლადის მგრძნობიარობა

რეგრესიული ანალიზის შემდეგ, ახალი მსესხებლის დეფოლტის ალბათობის შესაფასებლად, საჭიროა ჩავსვათ მისი მახასიათებლები რეგრესიის წრფეში.

აღნიშნული მოდელი მარტივია და იოლია აღსაქმელად, თუმცა თან ახლავს მთელი რიგი პრობლემები. მათგან მთავარი, მდგომარეობს იმაში რომ ახალი მსესხებლის შეფასებული დეფოლტის ალბათობა შეიძლება გასცდეს [0, 1] ინტერვალს.

აღნიშნულ პრობლემა გვარდება ლოგისტიკური რეგრესიის გამოყენებით. ის მნიშვნელობათა სიმრავლეს ზღუდავს [0;1] ინტერვალამდე. ამისათვის, წრფივი რეგრესიის ნაცვლად, საჭიროა შევაფასოთ შემდეგი ტიპის ფუნქცია:

$$PD_i = \frac{1}{1+e^{-\sum_{j=1}^{n} \beta_j X_{ij}}} \qquad (1.2)$$

სადაც, PD - დეფოლტის ალბათობაა, ხოლო β_j - X_j-ური ცვლადის მგრძნობიარობა

საკრედიტო რისკის შესაფასებლად ლოგისტიკური რეგრესიის გამოყენებისას, მიზანშეწონილია გავითვალისწინოთ გარკვეული პრაქტიკული ასპექტები. ისეთები როგორიცაა უარყოფილი განაცხადები, ცვლადების სტანდარტიზაცია, მათი შერჩევა და ა.შ.

საწყის ეტაპზე აუცილებელია ცვლადებისა და მათი მახასიათებლების ანალიზი. ამგვარი ანალიზი გვეხმარება თითოეული ცვლადის დისკრიმინაციის უნარის განსაზღვრაში. ამისათვის სტანდარტულად გამოუყენება ორი კოეფიციენტი: Weight of Evidence (WOE) და Infromation Value (IV).

რეგრესიის ცვლადები შეიძლება იყოს როგორც დისკრეტული ასევე უწყვეტი. აღნიშნული კოეფიციენტების დასათვლელად აუცილებელია ცვლადების ლოგიკურ კატეგორიებად დაყოფა. ეს გვეხმარება პორტფელის სტრუქტურისა და რისკიანობის უკეთ აღქმაში. WOE გვიჩვენებს რამდენად კარგად პროგნოზირებს პარამეტრის თითოეული ჯგუფი დეფოლტების სტატისტიკას. უარყოფითი კოეფიციენტი გვიჩვენებს მაღალ დეფოლტების კონცენტრაციას, ხოლო დადებითი დაბალს. მიუხედავად იმისა რომ WOE-ების აბსოლუტური მნიშვნელობა მნიშვნელოვანია სხვადასხვა ჯგუფის რისკიანობის შესაფასებლად, მათ შორის სხვაობა იძლევა ინფორმაციას ცვლადის დისკრიმინაციის უნარზე. WOE-ს კოეფიციენტი ითვლება შემდეგნაირად:

$$WOE_i = \ln\left(\frac{Distr\ Good_i}{Distr\ Bad_i}\right) * 100 \qquad (1.3)$$

სადაც, $Distr\ Good_i$ – არის დაფარული სესხების პროცენტული წილი i-ურ ჯგუფში, ხოლო $Distr\ Bad_i$ – დადეფოლტებული სესხების პროცენტული წილი i-ურ ჯგუფში

განსხვავებით WOE-სგან, IV-ს კოეფიციენტი გვიჩვენებს ცვლადის ჯამურ დისკრიმინაციულ უნარს. ის გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$IV = \sum_{i=1}^{n}(Distr\ Good_i - Distr\ Bad_i) \times \ln\left(\frac{Distr\ Good_i}{Distr\ Bad_i}\right) \tag{1.4}$$

- თუ IV ≤ 0.02 ცვლადს არ გააჩნია დისკრიმინაციის უნარი
- თუ 0.02 <IV ≤ 0.1 ცვლადს გააჩნია სუსტი დისკრიმინაციის უნარი
- თუ 0.1 <IV ≤ 0.3 ცვლადს გააჩნია საშუალო დისკრიმინაციის უნარი
- თუ 0.3 <IV ცვლადს გააჩნია ძლიერი დისკრიმინაციის უნარი

ასევე ცვლადების სტანდარტიზაციის მიზნით, პრაქტიკაში მიღებულია რეგრესიის ჩატარება არა უშუალოდ ცვლადებზე, არამედ მათ WOE-ებზე. ხოლო β კოეფიციენტების შეფასება ხდება დასაჯერობის მაქსიმუმის ფუნქციის გამოყენებით.

1.5 წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზი

ლოგისტიკური რეგრესიისგან განსხვავებით, რომელიც შედეგად იძლევა მოსალოდნელ დეფოლტის ალბათობას, წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზი (LDA) ყოფს მსესხებლებს ორ ჯგუფად, მაღალი და დაბალი რისკის მქონე მსესხებლებად. LDA წარსულ დაკვირვებებზე დაყრდნობით გვეუბნება მსესხებელი ვარდება მაღალი თუ დაბალი რისკის კატეგორიაში.

ამ მეთოდის ფუძემდებლად ითვლება ედუარდ ალტმანი, რომელმაც გამოიყენა LDA აშშ-ს მსხვილ კორპორაციებზე და შეიმუშავა ქულა რომელიც იყო რისკიანობის ინდიკატორი.

საქართველოში, რეგრესიისა და მსგავსი დისკრიმინანტული ანალიზის გამოყენება, შეიძლება იყოს მიზანშეწონილი საცალო სესხებისთვის თუმცა გამოუსადეგარია კორპორაციული მსესხებლებისთვის მთელი რიგი პრობლემების გამო. უპირველეს ყოვლისა, ეს მოდელები დისკრიმინაციას ახდენენ ორ უკიდურეს შემთხვევას შორის: დეფოლტი და არა დეფოლტი. პრაქტიკაში კი არსებობს დეფოლტების გრადაცია და ნაწილობრივი დეფოლტი, რაც მოიცავს მსესხებლის ვადაგადაცილებაში დროებით ყოფნას ან გადასახდელი თანხის ნაწილობრივ გადახდას. ამგვარად, უკეთესი მოდელის შესამუშავებლად, საჭიროა დისკრიმინაციული ანალიზი რამდენიმე კლასს შორის.

მორიგი პრობლემა მდგომარეობს იმაში, რომ შეფასებული წონები თუ კოეფიციენტები შეიძლება დროდადრო შეიცვალოს იმის გამო, რომ მუდმივად იცვლება ფინანსური და ეკონომიკური ბაზრები. საცალო მსესხებლებისთვის, პარამეტრები შედარებით მდგრადია, ხოლო კორპორაციების შემთხვევაში, შესაძლოა გამოიკვეთოს სხვა კოეფიციენტები რომლებიც აქამდე იყო უგულებელყოფილი.

ასევე პრობლემაა ის ფაქტიც, რომ აღნიშნულ მოდელებში რაოდენობრივად ვერ გამოისახება სხვა, ძალზედ მნიშვნელოვანი,

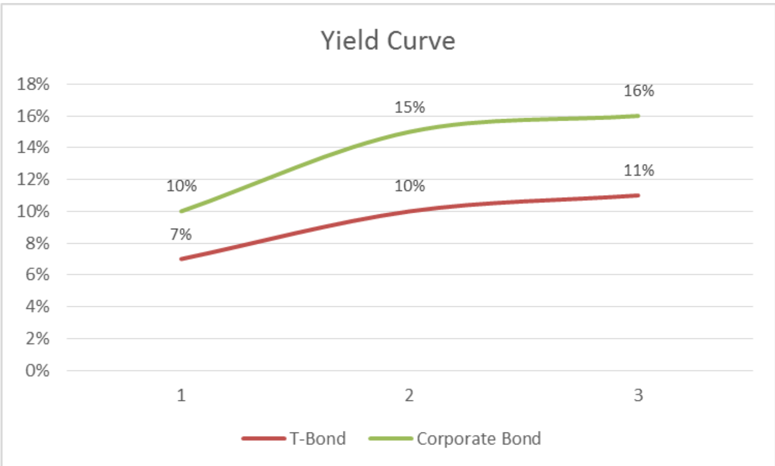
ხარისხობრივი მაჩვენებლები. ისეთი როგორიცაა კომპანიის რეპუტაცია, მენეჯერების გამოცდილება, კავშირები სხვა ორგანიზაციებთან და ა.შ.

უმნიშვნელოვანეს პრობლემას წარმოადგენს დაკვირვებების რაოდენობა. ეს პრობლემა აქტუალურია როგორც მცირე ისე მსხვილი ეკონომიკებისთვის. საქართველოს შემთხვევაში, ბანკებს არ მოეპოვებათ დეფოლტების დაკვირვებების დიდი ისტორია იმისათვის რომ მოხდეს მდგრადი მოდელის შემუშავება. გარდა ამისა, არ არსებობს ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზა რომელიც მოიცავდა ყველა ბანკის გამოცდილებას და მოგვცემდა საერთო მოდელის შექმნის საშუალებას.

1.6 საკრედიტო რისკის დროითი სტრუქტურა

საკრედიტო რისკის შეფასება ასევე შესაძლებელია ბაზარზე ვაჭრებად ინსტრუმენტების რისკის პრემიის გაანალიზებითა და ერთნაირი რისკის მქონე კომპანიების, შემოსავლიანობის მრუდების დაკვირვებით. ისეთი სარეიტინგო კომპანიები როგორებიცაა S&P, Moodys's და Fitch, აფასებენ ბონდების გამომშვებ კომპანიებს და კატეგორიზაციას უკეთებენ სხვადასხვა რეიტინგის კლასად. მაგალითად AAA, AA, A, BBB, BB და ა.შ.

საკრედიტო რისკის ბონდებზე დაყრდნობით შესაფასებლად, საჭიროა ავაგოთ უკუპონო ბონდების შემოსავლიანობის მრუდი, ერთი რომელიმე რეიტინგის კლასის ობლიგაციებისთვის, შემდეგ კი შევადაროთ ის სახაზინო ვალდებულებებისგან შემდგარ ანალოგიურ მრუდს. შემოსავლიანობის მრუდი არის ისეთ მრუდი რომელიც გვიჩვენებს ობლიგაციის ამონაგებს მის ვადიანობასთან მიმართებაში. აღსანიშნავია რომ სახაზინო ვალდებულებები ითვლება ურისკო ინვესტიციად, რადგან სახელმწიფოს შეუძლია უკიდურეს შემთხვევაში ფულის დაბეჭდვა და ვალდებულების ამგვარად გასტუმრება. სწორედ ამ მიზეზით, ხდება რომელიმე ერთი კლასის კორპორაციული ბონდის, ანალოგიური ვადიანობის სახაზინო ვალდებულებასთან შედარება.



დავუშვათ რომ p არის რაიმე კორპორაციული ბონდის დეფოლტის ალბათობა. ამგვარად ალბათობა იმისა რომ ბონდის გამომშვები

დააბრუნებს აღებულ თანხასა და პროცენტს არის $1-p$. თუ ბონდი არის ერთ წლიანი, ერთი წლის შემდეგ დასაფარი თანხა აღვნიშნოთ $1+k$, ხოლო ერთ წლიანი სახაზინო ვალდებულების ამონაგები i. ესათუის ინვესტორი იქნება ინდეფერენტული ჩადებს ფულს სახაზინო ვალდებულებაში თუ კორპორაციულ ბონდში იმ შემთხვევაში, თუ შესრულდება შემდეგი პირობა:

$$(1-p)\times(1+k)=1+i \tag{1.5}$$

ანუ, კორპორაციული ბონდის მოსალოდნელი ამონაგები არ გაუტოლდება ურისკო ინვესტიციის ამონაგებს. ფორმულა 3.3.1-დან შეგვიძლია იოლად გავიგოთ დეფოლტის ალბათობა თუ ვიცით რამხელაა ურისკო ამონაგები და კორპორაციული ბონდის ამონაგები:

$$p=1-\frac{1+i}{1+k} \tag{1.6}$$

ამგვარი ანალიზი შეგვიძლია განვავრცოთ უფრო რეალისტურ მაგალითზე. პრაქტიკაში, დეფოლტის შემთხვევაში, მსესხებლისგან გარკვეული თანხის ამოღება შესაძლებელია აქტივების ლიკვიდაციითა და სასამართლოს ხერხებით. აღვნიშნოთ ნასესხები თანხისა და პროცენტის ის ნაწილი რომლის დაბრუნებაც არის შესაძლებელი γ-ით. ამგვარად $\gamma=1-LGD$. ასეთ შემთხვევაში ფორმულა 1.3.3.1 გადაიწერება შემდეგნაირად:

$$p\times(1+k)\times\gamma+(1-p)\times(1+k)=(1+i) \tag{1.7}$$

1.7 საკრედიტო რისკის ოფციონური მოდელი

რა არის ოფციონი? ოფციონი არის შეთანხმება ორ მხარეს (მყიდველსა და გამყიდველს) შორის, გარკვეული აქტივის ყიდვასა ან გაყიდვაზე,

წინასწარ განსაზღვრულ დროს, წინასწარ განსაზღვრულ ფასად. ოფციონი ანიჭებს მის მფლობელს უფლებას, (და არა ვალდებულებას) რომ იყიდოს ან გაყიდოს ესათუის აქტივი შეთანხმებულ ფასად. მეორეს მხრივ, გამყიდველი ვალდებულია შეასრულოს კონტრაქტში განსაზღვრული პირობები. ყიდვის უფლებას ეწოდება კოლ ოფციონი (Call Option) ხოლო გაყიდვის უფლებას - პუტ ოფციონი (Put Option). წინასწარ განსაზღვრულ ბოლო დღეს როდესაც შესაძლებელია ამ კონტრაქტის გამოყენება ეწოდება აღსრულების დრო, წინასწარ განსაზღვრულ ფასს კი - შეთანხმების ფასი. აქტივს, რომლის ყიდვაზე ან გაყიდვაზეც იდება კონტრაქტი, ეწოდება საბაზისო აქტივი. ცხადია, კოლ ოფციონის მფლობელი გამოიყენებს თავის უფლებას მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ აღსრულების დროს, საბაზისო აქტივის ფასი გადააჭარბებს შეთანხმების ფასს. პუტ ოფციონის მფლობელი კი, გამოიყენებს უფლებას მაშინ, როდესაც საბაზისო აქტივის ფასი იქნება შეთანხმების ფასზე ნაკლები.

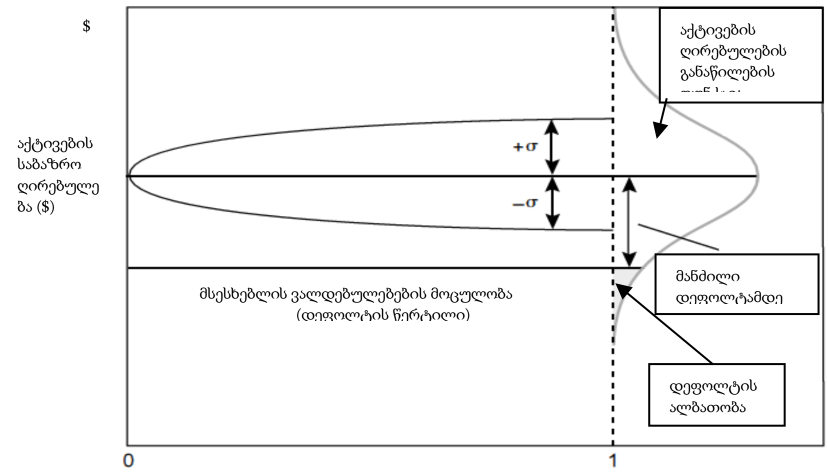
ანალოგიური ანალიზი შეიძლება გამოვიყენოთ კორპორაციული მსესხებლის საკრედიტო რისკის შეფასებისას. კომპანია წარმოვიდგინოთ როგორც რიგითი საბაზისო აქტივი. თუ აქტივების მოცულობა არის ვალდებულებებზე ნაკლები, კომპანია გაკოტრდება, მოხდება აქტივების ლიკვიდაცია და ვალდებულებების დაფარვა. თუმცა აქციონერები არ დაკარგავენ არაფერს, გარდა მათი თავდაპირველი ინვესტიციისა. ხოლო თუ აქტივების მოცულობა გადააჭარბებს ვალდებულების მოცულობას, კომპანიის კაპიტალი გაიზრდება აქტივების მოცულობისა და ვალდებულებების სხვაობით. ამგვარად, კომპანიის კაპიტალი არის სხვა არაფერი, თუ არა კომპანიის აქტივებზე დადებული კოლ ოფციონი, სადაც შეთანხმების ფასი უდრის ვალდებულებების მოცულობას. ხოლო აქციონერები არიან კოლ ოფციონის მყიდველები.

შევხედოთ ამ საკითხს კომპანიის კრედიტორების მხრიდან. თუ აქტივების მოცულობა გადააჭარბებს ვალდებულებების მოცულობას, კრედიტორების შემოსავალი არ იზრდება. თუმცა თუ აქტივების მოცულობა

დაეცემა ვალდებულებების მოცულობაზე დაბლა, აქტივები მოხმარდება სესხების გასტუმრებას. ასეთ დროს კრედიტორები იზარალებენ იმდენს, რამდენიც იქნება სხვაობა აქტივებსა და ვალდებულებებს შორის. ამგვარად, კომპანიის ვალდებულებები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ, როგორც კომპანიის აქტივებზე დადებული პუტ ოფციონი, ხოლო კრედიტორები ამ ოფციონის გამყიდველები.

მიუხედავად იმისა რომ ამგვარი ანალიზი იძლევა კარგ თეორიულ ბაზის კომპანიის შესასწავლად და დეფოლტის ალბათობის დასათვლელად, პრაქტიკაში ვაწყდებით მთელ რიგ პრობლემებს. კერძოდ, რთულია უწყვეტად აკვირდებოდე აქტივების საბაზრო ღირებულებას და შეაფასო მათი ვოლატილობა.

KMV-ის მოდელი, აღნიშნულ პრობლემებს უმკლავდება კომპანიის აქციების საბაზრო ღირებულებებზე დაკვირვებით. ამ მოდელის მიხედვით, საჭიროა დავაკავშიროთ კაპიტალის მოცულობა აქტივების ღირებულებასთან და ამგვარად გავიგოთ აქტივების საბაზრო ღირებულება და მათი ვოლატილობა. დეფოლტის ალბათობა კი გამოდის ალბათობა იმისა რომ აქტივების ღირებულება ჩამოცდება ვალდებულებების ღირებულებას, მომავალი ერთი წლის მანძილზე.



KMV-ის მოდელი, ფართედ გამოიყენება მსოფლიოში და პრაქტიკამ გვიჩვენა რომ ის უკეთ პროგნოზირებს დეფოლტს ვიდრე ალტმანის

ქულათა სისტემა. თუმცა, მიუხედავად ყველაფრისა, საქართველოში მისი გამოყენება შეუძლებელია რადგან არ არის განვითარებული ბირჟა. მრავალი კომპანია თავს იკავებს ღია სააქციო საზოგადოებად ჩამოყალიბებისგან. ბირჟაზე უკვე არსებულ კომპანიების აქციებით კი, არ ხდება ინტენსიური ვაჭრობა. ყოველივე ამის გამო, საქართველოს ბაზრის პირობებში, ვერ მოხერხდება აქტივების საბაზრო ღირებულებისა და ვოლატილობის შეფასება.

თავი 2: ფაზი სიმრავლეთა თეორია და მათი გამოყენება საკრედიტო რისკის შეფასებისას

2.1 ფაზი სიმრავლეები, მიმართებები და დეფაზიფიკაცია

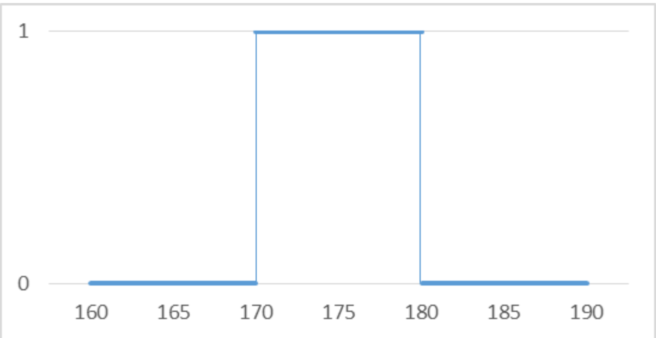
კლასიკურ მათემატიკაში ობიექტი ან ეკუთვნის სიმრავლეს, ან არა. მიუხედავად ამისა, ჩვენ ყოველდღიურად ვიყენებთ ისეთ არამკაფიო, ბუნდოვან განმარტებებს როგორებიცაა მაღალი, კარგი, ძლიერი, ლამაზი. როგორ გამოვსახოთ ეს ლინგვისტური ტერმინები მათემატიკურ ენაზე?

დავუშვათ რომ მოცემული გვაქვს რაიმე ელემენტების ერთობლიობა, რომელთა ნაწილიც ქმნიან სიმრავლე A-ს. მკაფიო სიმრავლის შემთხვევაში, ელემენტის მიკუთვნება სიმრავლისადმი შეგვიძლია ჩავწეროთ ინდიკატორული ფუნქციის გამოყენებით:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, x \in A \\ 0, x \notin A \end{cases},$$

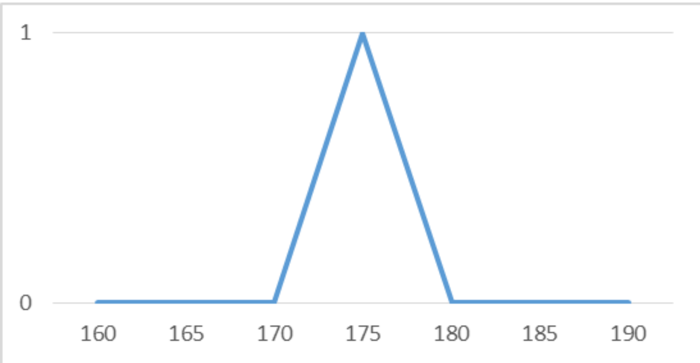
სადაც $\chi_A(x)$ ასახავს x-ის მკაფიო მიკუთვნებას A სიმრავლისადმი.

მაგალითად, თუ დავინტერესდებით ადამიანის სიმაღლით და ამავდროულად გვეცოდინება რომ პიროვნება არის „მაღალი“ თუ მისი სიმაღლე არის 170-180 სმ, მაშინ, ჩვენ ზუსტად გვეცოდინება რა შემთხვევაში გავიყვანოთ ესათუის პირი ამ კატეგორიაში. ასეთ შემთხვევაში, სიმრავლე A-ს წარმოადგენს ინტერვალი [170; 180], ხოლო მიკუთვნების ფუნქცია გამოიყურება შემდეგნაირად:



ა. ზადემ, თავის ნაშრომში [13], განავრცო ელემენტის სიმრავლისადმი ბინარული მიკუთვნების ცნება [0,1] ინტერვალამდე და შემოიღო მიკუთვნების სიმძლავრის ცნება. სიმრავლეს, რომელსაც ელემენტი შეიძლება მიეკუთვნებოდეს გარკვეული სიმძლავრით, მან უწოდა ფაზი (Fuzzy), არამკაფიო სიმრავლე.

დავუბრუნდეთ სიმაღლის მაგალითს. შემოვიღოთ სიმრავლე რომელიც შედგება „დაახლოებით 175 სმ" სიმაღლის მქონე პირებისგან. ასეთი სიმრავლისადმი მიკუთვნების ფუნქცია არ არის ცალსახა და ჩვენი გადასაწყვეტია ვინ მივაკუთვნოთ ამ სიმრავლეს და ვინ არა. მიკუთვნების ფუნქციის ერთერთი შესაძლო სახე შეიძლება გამოიყურებოდეს შემდეგნაირად:



ამგვარად, ფაზი (Fuzzy) სიმრავლე, არის სიმრავლე, რომელიც შედგება სხვადასხვა მიკუთვნების ხარისხის მქონე ელემენტებისგან. ფაზი სიმრავლეში შემავალი ელემენტი, შეიძლება ასევე შედიოდეს სხვა ფაზი სიმრავლეშიც.

ვთქვათ მოცემულია უნივერსუმი $(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$. ფორმალურად, ფაზი სიმრავლე A-ს X-ზე ეწოდება წყვილთა ერთობლიობას $(x, \mu_A(x))$, სადაც $x \in X, \mu_A(x) | X \to [0,1]$. ფუნქცია μ_A–ს ეწოდება მიკუთვნების ფუნქცია. მისი ჩანაწერი შესაძლებელია გავაკეთოთ შემდეგნაირად:

$$A = \{(x_1, 0.2), (x_2, 0), (x_3, 0.3), (x_4, 1), (x_5, 0.8),\}$$

ფაზი

ფაზი სიმრავლეებზე შესაძლებელია შემოვიღოთ შემდეგი ტიპის ოპერაციები:

გაერთიანება: $\mu_{A\cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), x \in X$

თანაკვეთა: $\mu_{A\cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), x \in X$

დამატება: $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), x \in X$

სხვაობა : $\begin{Bmatrix} \mu_{A\setminus B}(x) = \ \mu_A(x) - \mu_B(x), \textit{თუ}\ \mu_A(x) \geq \mu_B(x) \\ 0, \textit{წინააღმდეგ შემთხვევაში} \end{Bmatrix}, x \in X$

ცხადია, რომ მიკუთვნების ფუნქცია სიმრავლის ამომწურავი მახასიათებელია, ამიტომ ჩვენ ხშირად გავაიგივებთ A და μ_A აღნიშვნებს.

R მიმართებას X სიმრავლეზე ეწოდება დეკარტული ნამრავლის X × X ქვესიმრავლეს: $R \subset X \times X \equiv R \subset X^2$. ის ასახავს დამოკიდებულებასა და ურთიერთკავშირს სხვადასხვა სიმრავლეების ელემენტებს შორის. ცნება შეგვიძლია განვაზოგადოთ იმისათვის, რომ შევძლოთ არამარტო კავშირის, არამედ სხვადასხვა ელემენტებს შორის, დამოკიდებულების სიმძლავრის აღწერა. ამისათვის გამოიყენება ფაზი მიმართებები. [15] ფორმალურად, ის შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$$\mu_R(x, y): X \times X \rightarrow [0,1]$$

სადაც, μ_R - არის ფაზი მიმართების მიკუთვნების ფუნქცია

იმისათვის, რომ X სიმრავლეზე განვსაზღვროთ R მიმართება, საჭიროა ჩამოვთვალოთ ყველა წყვილი $(x, y) \in X^2$, სადაც x და y დაკავშირებულია R მიმართებით.

მიმართებები აღინიშნება შემდეგნაირად: xRy an $(x, y) \in R$.

თუ უნივერსუმი X სასრულია: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, მაშინ მიმართება R შეიძლება გამოსახულ იქნას მატრიცის საშუალებით.

$X \times X$ დეკარტულ სიმრავლეზე ორი მიმართების კომპოზიცია განისაზღვრება შემდეგნაირად $R \circ S$: $\exists z \mid xRz \wedge zSy$

არსებობს კომპოზიციის სხვადასხვა სახეობები თუმცა პრაქტიკაში გამოიყენება ორი ძირითადი სახის კომპოზიცია

$$\mu_{R\circ S}(x, y) = \sup_{z\in Z}(min\{\mu_R(x, z), \mu_S(z, y)\}), (x, y) \in X^2 \quad (2.1)$$

$$\mu_{R\circ S}(x, y) = \sup_{z\in Z}\big(\mu_R(x, z) \circ \mu_S(z, y)\big), (x, y) \in X^2 \quad (2.2)$$

$X \times X$ დეკარტულ ნამრავლზე R მიმართებას ეწოდება ტრანზიტული თუ $xRz \wedge zRy \rightarrow xRy$. აქედან გამომდინარეობს რომ $R \circ R \subseteq R \Leftrightarrow R^2 \subseteq R$.

$X \times X$ დეკარტულ ნამრავლზე R მიმართებას ეწოდება ტრანზიტული ჩაკეტვა თუ:

$$R^+ = R \cup R^2 \cup R^3 \cup \dots \cup \dots$$

რიგ შემთხვევებში როდესაც შეხება გვაქვს ფაზი სიმრავლეებთან, ჩატარებული სამუშაოს შედეგი უნდა იყოს სკალარული მნიშვნელობა და არა მორიგი ფაზი სიმრავლე. დეფაზიფიკაცია ეწოდება პროცესს რომლის მიხედვით ფაზი მნიშვნელობები გადაგვყავს მკაფიო მნიშვნელობებში. როგორც წესი ფაზი პროცესების შედეგი არის რამდენიმე ფაზი სიმრავლე. დეფაზიფიკაცია კი კეთდება მათ გაერთიანებაზე.

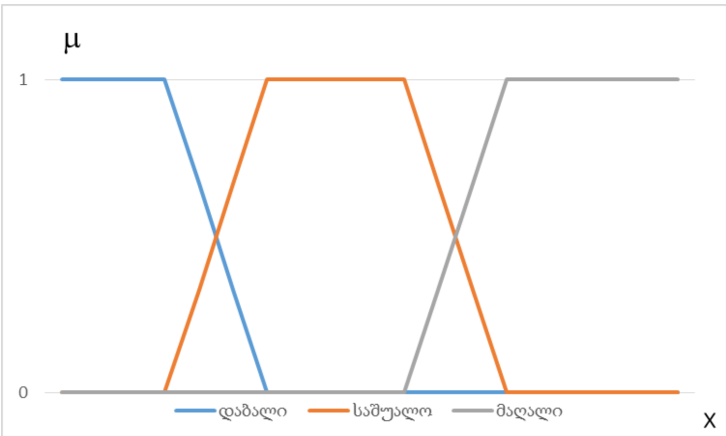
წლების მანძილზე აღიწერა დეფაზიფიკაციის მრავალი მიდგომა, თუმცა ამათგან ყველაზე ფართედ გამოყენებადი მეთოდია შეწონილი საშუალოს მეთოდი: ამ მიდგომის მიხედვით, დეფაზიფიცირებული მნიშვნელობა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$z^* = \frac{\sum \mu_{\widehat{C}}(\bar{z}) * \bar{z}}{\sum \mu_{\widehat{C}}(\bar{z})} \qquad (2.3)$$

სადაც $\bar{z}$ არის წერტილი რომელშიც მიკუთვნების ფუნქცია აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას, ხოლო $\hat{C}$ რამდენიმე ფაზი სიმრავლის გაერთიანება. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ამ მეთოდის მიხედვით, ელემენტები, სადაც მიკუთვნების ფუნქციები აღწევს მაქსიმალურ მნიშვნელობას, უნდა შევწონოთ მათივე მიკუთვნების მნიშვნელობით.

2.2 ექსპერტთა მოსაზრებების აგრეგირების მოდელი ჯგუფური გადაწყვეტილების მიღებისას

მიკუთვნების ფუნქციის გენერირებისთვის არსებობს არაერთი ხერხი. ზოგი მათგანი დაფუძნებულია ინტუიციაზე/გამოცდილებაზე, ზოგიც გარკვეულ ალგორითმზე, როგორიცაა გენეტიკური ალგორითმი და ნეირონული ქსელები. ნაშრომში ჩვენ განვიხილავთ ინტუიციასა და გამოცდილებაზე დაყრდნობილ მიკუთვნების ფუნქციებს. ეს მეთოდი არის ერთერთი ყველაზე მარტივი და ყველაზე ფართედ გამოყენებადი ამ დარგში. მიკუთვნების ფუნქციის ინტუიციური აგება, მოისაზრებს ამათუიმ საკითხის სიღრმისეულად ცოდნას, შეფასება ხდება ექსპერტის მიერ. მაგალითად ცნებები „დაბალი", „საშუალო სიმაღლის", „მაღალი". ამ სიდიდეების შეფასება არის ძალზედ სუბიექტური. რომელიმე „ექსპერტმა", თითოეული მათგანი შეიძლება შეაფასოს შემდეგნაირი მიკუთვნების ფუნქციებით:



სადაც x ღერძზე გადაზომილია სიმაღლე.

როგორ მოვიქცეთ თუ ექსპერტების რაოდენობა ერთზე მეტია? საჭიროა შევიმუშაოთ ფაზი აგრეგირების აპარატი, რომელიც საშუალებას მოგვცემს, გავითვალისწინოთ თითოეული ექსპერტის მოსაზრება და ისე მივიღოთ გადაწყვეტილება.

აღნიშნული პრობლემის გადასაჭრელად, საჭიროა განვსაზღვროთ გარკვეული ცნებები და დებულებები:

$\Psi(X) = \{\mu \mid \mu: X \to [0;1] \subset \Re\}$ - X უნივერსუმზე განსაზღვრულ ყველა ფაზი სიმრავლეთა მესერი.

$\varnothing$ - მინიმალური ელემენტი $\Psi(X): \mu_{\emptyset}(x) = 0, \forall\, x \in X$

U - მაქსიმალური ელემენტი. $\Psi(X): \mu_U(x) = b, \forall\, x \in X$

შენიშვნა: გამომდინარე იქიდან რომ ექსპერტებს ხშირად უჭირთ [0;1] ინტერვალში შეფასების მოცემა, შეგვიძლია მათ მივცეთ მითითება შეაფასონ $[0; b]$ ინტერვალში ხოლო შედეგებს გავუკეთოთ სკალირება.

$$A = B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x), \forall x \in X, A, B \in \Psi(X) \qquad (2.4)$$

$$A \subseteq B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x), \forall x \in X, A, B \in \Psi(X) \qquad (2.5)$$

$$A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x), \forall x \in X \text{ და } \exists x_0 \mid \mu_A(x_0) < \mu_B(x_0), A, B \in \Psi(X) \qquad (2.6)$$

A და B ფაზი სიმრავლეების გაერთიანება: $\mu_{A\cup B}(x) = max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \ \forall\, x \in X$

A და B ფაზი სიმრავლეების თანაკვეთა: $\mu_{A\cap B}(x) = min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}, \ \forall\, x \in X$

ფუნქციას $\nu: \Psi(X) \to \Re$ ეწოდება იზოტონური შეფასება თუ

$$\nu(A \cup B) + \nu(A \cap B) = \nu(A) + \nu(B) \qquad (2.7)$$

და

$$A \subseteq B \Rightarrow \nu(A) \leq \nu(B) \qquad (2.8)$$

იზოტონური შეფასება განსაზღვრავს მეტრიკას $\Psi\,(X)$-ზე:

$$\rho(A,B) = \nu(A \cup B) - \nu(A \cap B) \qquad (2.9)$$

$\Psi(X)$-ზე განსაზღვრულ მეტრიკასა და ν იზოტონურ შეფასებას ეწოდება მეტრიკული მესერი.

განვმარტოთ რა არის წარმომადგენელი სიმრავლე A*. $\{A_j\}$, $j=\overline{1,m}$, m=2,3,…, სიმრავლეების წარმომადგენელი, არის ფაზი სიმრავლეების ისეთი სასრული ერთობლიობა, რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ პირობას:

$$\sum_{j=1}^{m} \rho(A^*, A_j) \le \sum_{j=1}^{m} \rho(B, A_j), \ \forall B \in \Psi(X) \qquad (2.10)$$

წარმომადგენელი A* შეიძლება განისაზღვროს შემდეგნაირად:

$A'_{m/2} \subseteq A^* \subseteq A'_{m/2+1}$ თუ m ლუწია;

$A^* = A'_{(m+1)/2}$ თუ m კენტია

სადაც A' არის ფაზი სიმრავლეების რეგულაცია.

ფაზი სიმრავლეების სასრულ ერთობლიობას, $\{A'\}$, ეწოდება $\{A\}$ ფაზი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობის რეგულაცია, თუ სიმრავლეები $\mu_{A_j}(x)$ და $\mu_{A'_j}(x)$ უდრის ერთმანეთს და სრულდება შემდეგი პირობა:

$$\mu_{A'_1}(x) \le \mu_{A'_2}(x) \le \cdots \le \mu_{A'_m}(x), j = \overline{1,m} \ m = 2,3 \ldots . \qquad (2.11)$$

თუ რეგულაციაში პირველი [(2m+1)/4][1] ცალი სიმრავლე უდრის ∅-ს, ხოლო ბოლო [(2m+1)/4] ცალი სიმრავლე უდრის U-ს, m=2,3,… სიმრავლეს ეწოდება სიმეტრიული.

განვსაზღვროთ თუ რა არის შეთანხმებულობის/კოორდინაციის ინდექსი. ფაზი სიმრავლეებზე განსაზღვრულ ასეთ მაჩვენებელს უნდა გააჩნდეს შემდეგი თვისებები:

[1] აქ და შემგომშიც სიმბოლო [ ] აღნიშნავს რიცხვის მთელ ნაწილს.

i) $S\{A_j\} = 0$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ თუ ფაზი სიმრავლეების ერთობლიობა $\{A_j\}$ სიმეტრიულია

ii) $S\{A_j\}$ აღწევს მაქსიმალურ მაჩვენებელს მაშინ და მხოლოდ მაშინ თუ სიმრავლეები უდრის ერთმანეთს

iii) $S\{A_j\} \geq S\{B_j\}$ თუ $\sum_{j=1}^{m} \rho(A^*, A_j) \leq \sum_{j=1}^{m} \rho(B^*, B_j)$; დამატებით, $S\{A_j\} = S\{B_j\}$ მაშინ და მხოლოდ მაშინ თუ $\sum_{j=1}^{m} \rho(A^*, A_j) = \sum_{j=1}^{m} \rho(B^*, B_j)$;

iv) $S\{A_j \cup B_j\} + S\{A_j \cap B_j\} = S\{A_j\} + S\{B_j\}$

ფაზი სიმრავლეების მეტრიკულ მესერზე განსაზღვრულ ფუნქცია $S\{A_j\}$ წარმოადგენს კოორდინაციის ინდექსს თუ ის გამოიყურება შემდეგნაირად

$$S\{A_j\} = q\left(\rho(\emptyset, U) - \left[\frac{2m+1}{4}\right]^{-1} \times \sum_{j=1}^{m} \rho(A^*, A_j)\right), q > 0 \quad (2.12)$$

(იხ. [24])

ჩვენს მიერ დასმული პრობლემის გადასაჭრელად ვიყენებთ შემდეგი სახის იზოტონურ შეფასებას:

$$\nu(A) = \sum_{i=1}^{N} \mu_A(x_i), \quad x_i \in X, \quad A \in \Psi(X) \qquad (2.13)$$

რაც განსაზღვრავს შემდეგი სახის მეტრიკას:

$$\rho(A, B) = \sum_{i=1}^{N} |\mu_A(x_i) - \mu_B(x_i)| \quad x_i \in X, \; A, B \in \Psi(X) \quad (2.14)$$

და კოორდინაციის ინდექსს:

$$S\{A_j\} = q\left(N - \left[\frac{2m+1}{4}\right]^{-1} \times \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{N} |\mu_{A^*}(x_i) - \mu_{A_j}(x_i)|\right), q > 0 \quad (2.15)$$

სადაც q პარამეტრი გამოიყენება სკალირებისთვის, იმისათვის რომ მიღებული შედეგი იყოს მეტად თვალსაჩინო

ფაზი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_j\}$ მსგავსია $\{B_j\}$ სასრული ერთობლიობის, თუ მანძილები მათ შესაბამისი ელემენტებს შორის პროპორციულია მთელს უნივერსუმზე. მსგავსების ფორმალური ჩანაწერი შეიძლება გაკეთდეს შემდეგნაირად:

$\rho(A_i', A_{i-1}') = k\rho(B_i', B_{i-1}'), i = \overline{2,m},\ m = 2,3,\ldots,$ სადაც $k > 0$ არის მსგავსების კოეფიციენტი.

სიმრავლეების მსგავსება აღინიშნება შემდეგნაირად:

$$\{A_j\} \overset{k}{\cong} \{B_j\} \Leftrightarrow \{B_j\} \overset{1/k}{\cong} \{A_j\} \qquad (2.16)$$

თუ $\{A_j\} \cong \{B_j\}$ მაშინ ამ ორი ფაზი სიმრავლის სასრული ერთობლიობათა შეთანხმებულობის ინდექსები დაკავშირებულია მაქსიმალურ მნიშვნელობასთან შემდეგი ტოლობით:

$$S\{A_j\} = kS\{B_j\} + (1-k)S_{max}, j = \overline{1,m}\ \ m = 2,3,\ldots \qquad (2.17)$$

(იხ. [24])

მოცემული $\{B_j\}$ სიმრავლის მსგავსი $\{C_j\}$ სიმრავლის აგების ერთერთი გზა მდგომარეობს შემდეგში:

$$\mu_{C_j}(x) = k\rho\left(B_1', B_j'\right) + \mu_{C_1}(x), j = \overline{1,m},\ m = 2,3,\ldots, \forall x \in X. \qquad (2.18)$$

თუ მოცემული გვაქვს უწყვეტი იზოტონური შეფასების მქონე არამკაფიო სიმრავლეების მეტრიკულ მესერზე ისეთი ორი, $\{A_j\}$ და $\{B_j\}$ ფაზი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობები, რომელთათვისაც $S\{A_j\}$, $S\{B_j\} < S_{max}$, არსებობს ისეთი არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{C_j\}$ რომ $\{C_j\} \cong \{B_j\}$ და $S\{C_j\} = S\{A_j\}$, $j = \overline{1,m}$, $m=2,3,\ldots$. (იხ. [24])

ფაზი სიმრავლეების მეტრიკულ მესერზე, ყოველი არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობისთვის, არსებობს მისი მსგავსი ფაზი სიმრავლეების უსასრულო რაოდენობა. საჭიროა დავადგინოთ გარკვეული პირობა, რომლის მეშვეობითაც მოცემული სიმრავლეების სასრულ ერთობლიობას ექნება ერთადერთი მსგავსი ერთობლიობა.

უწყვეტი იზოტონური შეფასების მქონე არამკაფიო მეტრიკულ მესერზე არსებობს ისეთი ორი $\{A_j\}$ და $\{B_j\}$ ფაზი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობებისათვის, რომლისთვისაც $\{C_j\}\overset{k}{\cong}\{B_j\}$ და $S\{C_j\} > S\{B_j\}$, ყოველი k–სთვის არსებობს ერთადერთი არამკაფიო სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{A_{jl}\}$ ისეთი რომ $\{A_j\}\overset{1}{\cong}\{C_j\}$ და $A_l = B_l^{'}$, $j=\overline{1,m}$, $l\in\{1,2,\dots,m\}$, $m=2,3\dots$.(იხ. [24])

შედეგად მივიღეთ რომ

$$\mu_{A_{lj}}(x)=\mu_{B_l'}(x)+k\left(\nu\left(B_j'\right)-\nu(B_l')\right), j=\overline{1,m}, l\in\{1,2,\dots,m\}, \forall x\in X \quad (2.19)$$

განვიხილოთ ფაზი სიმრავლეების ერთობლიობა $\{\bar{A}_j\}$ რომლების მიკუთვნების ფუნქცია წარმოადგენს შესაბამისი მიკუთვნების ფუნქციების საშუალო არითმეტიკულს:

$$\{\bar{A}_j\}=\left\{\mu_{\bar{A}_1}(x)=\nu(\bar{A}_1)=\frac{\sum_{l=1}^m\mu_{A_{l1}}(x)}{m},\mu_{\bar{A}_2}(x)=\nu(\bar{A}_2)=\frac{\sum_{l=1}^m\mu_{A_{l2}}(x)}{m},\dots,\mu_{\bar{A}_m}(x)=\nu(\bar{A}_m)=\frac{\sum_{l=1}^m\mu_{A_{lm}}(x)}{m}\right\}=\left\{\frac{\sum_{l=1}^m\mu_{A_{lj}}(x)}{m}\right\}, j=\overline{1,m}, m=2,3,\dots,\forall x\in X \quad (2.20)$$

(2.19)-ის თანახმად $\{\bar{A}_j\}=\left\{\frac{\sum_{l=1}^m\left(\mu_{B_l'}(x)-k\nu\left(B_l'\right)\right)}{m}+k\nu\left(B_j'\right)\right\}$ და შემდეგი აღნიშვნის გამოყენებით

$$c = \frac{\sum_{l=1}^{m}(\mu_{B_l'}(x) - kv(B_l'))}{m},$$

(2.21)

მივიღებთ რომ:

$$\{\bar{A}_j\} = \{c + kv(B_j')\}, j = \overline{1,m},\ l \in \{1,2,\dots,m\}, m = 2,3,\dots, \forall x \in X$$

(2.22)

სადაც k_i გამომდინარეობს (2.17)-დან და გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$k_i = (1 - S^*)/(1 - S(x_i))$$

(2.23)

თუ $\{\overline{A}_j\}$ დგინდება ფორმულით (2.18), მაშინ $\{\overline{A}_j\} \overset{1}{\cong} \{C_j\}$ და შესაბამისად $S\{\overline{A}_j\} = S\{C_j\}, \quad j = \overline{1,m}, \quad m = 2,3,\dots, \quad \forall x \in X$.

შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს ამ სიმრავლეების ერთობლიობიდან წარმომადგენლის შერჩევა. მისი შერჩევის ერთერთი გზა მდგომარეობს შემდეგში:

$$\mu_{A^*} = \begin{cases} \dfrac{\left(\mu_{A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}} + \mu_{A'_{\left[\frac{m+3}{2}\right]}}\right)}{2} & if \ \sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]} \rho\left(A_j', A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right) = \sum_{j=\left[\frac{m}{2}\right]+1}^{m} \rho\left(A_j', A'_{\left[\frac{(m+3)}{2}\right]}\right) \\ \mu_{A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}} + \dfrac{\sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]} \rho\left(A_j', A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right)}{\sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]} \rho\left(A_j', A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right) + \sum_{j=\left[\frac{m}{2}\right]+1}^{m} \rho\left(A_j', A'_{\left[\frac{(m+3)}{2}\right]}\right)} & Otherwise \end{cases}$$

(2.24)

რომელიც შეგვიძლია გადავწეროთ შემდეგნაირად:

$$\mu_{A^*} =$$

$$\begin{cases} c + k\dfrac{\nu\left(B'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right)+\nu\left(B'_{\left[\frac{m+3}{2}\right]}\right)}{2} & if\ \sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]} \rho\left(B'_j, B'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right) = \sum_{j=\left[\frac{m}{2}\right]+1}^{m} \rho\left(B'_j, B'_{\left[\frac{(m+3)}{2}\right]}\right) \\ C + k\left(\nu\left(B'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right) + \dfrac{\rho\left(B'_{\left[\frac{m}{2}\right]}, B'_{\left[\frac{m+3}{2}\right]}\right)\sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]}\rho\left(B'_j, B'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right)}{\sum_{j=1}^{\left[\frac{m+1}{2}\right]}\rho\left(A'_j, A'_{\left[\frac{m}{2}\right]}\right) + \sum_{j=\left[\frac{m}{2}\right]+1}^{m}\rho\left(A'_j, A'_{\left[\frac{(m+3)}{2}\right]}\right)}\right) & Otherwise \end{cases}$$

(2.25)

სადაც C განისაზღვრება 2.21 ფორმულით, ხოლო k და ν არის მსგავსებისა და იზოტონური შეფასების კოეფიციენტები.

დეტალური ალგორითმი იხილეთ დანართ #1-ში.

ფაზი აგრეგირების მოდელი რომელიც ჩვენ აღვწერეთ ეფუძნება შემდეგ მოსაზრებას: ადამიანის ბუნებიდან გამომდინარე, ექსპერტები ვერ მოახერხებენ მუდამ ერთსა და იმავე კონცენტრაციით მუშაობას. ამიტომ ჩვენ ვუშვებთ რომ თუკი ექსპერტებმა მიაღწიეს მაქსიმალურ შეთანხმებულობას რომელიმე წერტილში, პოტენციურად, ისინი შეძლებენ იმავე შედეგის მიღწევას სხვა წერტილებშიც.

ამისათვის, თავდაპირველად, საჭიროა გამოვიკვლიოთ უნივერსუმი, რომლის შესახებაც ექსპერტებმა გამოთქვეს თავისი აზრი. თითოეული კრიტერიუმისთვის მიღებული შეფასებები, წარმოადგენენ ერთელემენტიანი ფაზი სიმრავლეების ერთობლიობას.

შემდეგ, საჭიროა შემოვიღოთ კოორდინაციის საზომი ინდექსი და შევაფასოთ მისი მაქსიმალური მნიშვნელობა უნივერსუმის ელემენტებზე. ეს საშუალებას მოგვცემს გავიგოთ, რომელი ელემენტის შესახებ ემთხვევა ექსპერტების აზრები ერთმანეთს, ყველაზე მეტად. მოდელის აზრი მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ შევძლოთ მაქსიმალური შეთანხმებულობის მქონე სიმრავლის მიღება სხვა კრიტერიუმებისთვისაც, ისე რომ არ უგულებელვყოთ ექსპერტთა თავდაპირველი შედეგები.

ამისათვის საჭიროა ავაგოთ შეფასების ყოველი კრიტერიუმისთვის, ერთელემენტიანი ფაზი სიმრავლეების ისეთი სასრული ერთობლიობა,

რომელიც იქნება ექსპერტების მიერ მიღებული თავდაპირველი შეფასების მსგავსი, და ამავდროულად ექნება კოორდინაციის უდიდესი ინდექსი. ცხადია, რომ ასეთ ერთობლიობათა რაოდენობა არის უსასრულო. ჩვენი მიზანია შევარჩიოთ მხოლოდ ისეთი, რომ გავითვალისწინოთ ყველა ექსპერტის მოსაზრება. [24]

პრობლემის გადასაწყვეტად გამოვიყენებთ შემდეგ მიდგომას: ამ უსასრულო ერთობლიობებიდან, ვირჩევთ ისეთებს, რომელთაგან პირველი ელემენტი, ტოლია პირველი ექსპერტისგან მიღებული შეფასების. მეორე ელემენტი, შესაბამისად მეორე ექსპერტის მიერ მოწოდებული შეფასების და ა.შ. ცხადია რომ ასეთნაირად აგებული სიმრავლეების ერთობლიობათა რაოდენობა, ექსპერტების რაოდენობის ტოლია. განვიხილოთ მაგალითი: ცხრილში მოცემულია ექვსი ექსპერტის მოსაზრება, მსესხებლის გარკვეულ {B} პარამეტრზე

$\{A_j\}\backslash\mu$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
{B}	**X**				**X**		**X**						**X**		**X**		**X**
$\{A_1\}$	**X**		x	x			x	x	x								
$\{A_2\}$			x		**X**	x			x	x	x						
$\{A_3\}$						x	**X**			x	x	x					
$\{A_4\}$							x		x	x			**X**	x	x		
$\{A_5\}$								x		x	x			x	**X**	x	
$\{A_6\}$									x		x	x			x	x	**X**

ყოველი ერთელემენტიანი არამკაფიო სიმრავლეთა ერთობლიობა $\{A_1\}$, $\{A_2\}$,...,$\{A_6\}$ არის {B}-ს მსგავსი და გააჩნია შეთანხმებულობის ერთნაირი მაჩვენებელი. $\mu=\{1,2,...,17\}$ წარმოადგენს მიკუთვნების ფუნქციის მნიშვნელობათა სიმრავლეს უნივერსუმის მოცემულ ელემენტზე.

ამგვარად, თითოეული ექსპერტი ირიბად მონაწილეობს ერთადერთი არამკაფიო სიმრავლის აგებაში.

საკრედიტო რისკების შეფასება ძალზედ ჰგავს მსგავს პროცესს. ბანკებს ჰყავთ გარკვეულ ექსპერტთა ჯგუფი, რომლებიც აფასებენ თავიანთი გამოცდილებითა თუ ინტუიციით რამდენად კარგია მსესხებლის ფინანსური მდგომარეობა. ამ შემთხვევაში, უნივერსუმს წარმოადგენს მსესხებლების გარკვეული კრიტერიუმები/კოეფიციენტები, ხოლო ექსპერტები შეაფასებენ რამდენად კარგია გარკვეული მსესხებლის კონკრეტული კრიტერიუმი/კოეფიციენტი.

2.3 საკრედიტო რისკის შეფასება მსესხებლის ჯგუფური შეფასებითა და მიმართებებით

ფაზი სიმრავლეები ფართოდ გამოიყენება მრავალ სფეროში დაწყებული ენათმეცნიერებიდან, დასრულებული რობოტექნიკითა და ინჟინერიით. დღესდღეობით ფინანსების მრავალი ასპექტი არის „ფაზისებრი“. სულ უფრო და უფრო რთულდება იმის წინასწარმეტყველება თუ რა მოუვა ამათუიმ მსესხებელს. დეფოლტის გამომწვევ მიზეზად შიძლება გამოვლინდეს როგორც შიდა, კომპანიის მახასიათებელი ფაქტორი, ისე გარე, ბაზრისთვის მახასიათებელი. სირთულე მდგომარეობს ორივე მათგანის კონკრეტული სიდიდით გამოხატვაში. ფაზი სიმრავლეების დახმარებით კი ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ ისეთი სიმრავლე როგორიცაა „მაღალი რისკი“ და „დაბალი რისკი“.

მსესხებლის საკრედიტო რისკის შესაფასებლად გამოვიყენეთ 32 პარამეტრი, რომელთა საფუძველზეც საჭიროა შეფასდეს მსესხებლის გადახდისუნარიანობა. აღსანიშნავია რომ მოცემული პარამეტრები შერჩეულია მენეჯერის გამოცდილებაზე დაყრდნობით, რომელთა გამოყენებით სრულად უნდა მოხერხდეს მსესხებლის მდგომარეობის შეფასება. ეს პარამეტრები შედგება როგორც რაოდენობრივი ისე თვისობრივი მაჩვენებლებისაგან. მაგალითად: დასაბეგრი მოგება/საპროცენტო ხარჯი, სესხის თანხა/დასაბეგრი მოგება, მიმდინარე აქტივები/კაპიტალი, საკრედიტო ისტორია, ბაზრის წილი და ა.შ. (პარამეტრების სია იხ. დანართი #2) სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, მსესხებლის საკრედიტო რისკის უნივერსუმი აღიწერება ამ 32 პარამეტრით.

უპირველეს ყოვლისა საჭიროა შევაფასოთ ფაზი მიმართებების მატრიცა. ამისათვის საჭიროა გამოვკითხოთ ექსპერტები და დავალაგოთ პარამეტრები მნიშვნელოვნების მიხედვით. გამომდინარე იქიდან რომ ექსპერტისთვის ძნელია თითოეული კოეფიციენტის თითოეულთან შედარება, საჭიროა რომ მათ შეადარონ მხოლოდ მეზობელი ორი

კოეფიციენტი და ყოველ მომდევნოს დაუწეროს ის წონა, რაც გააჩნია წინამორბედთან შედარებით. შედეგად მივიღებთ მატრიცას რომლის დიაგონალზე განლაგებულია 100%, ხოლო თითოეული მათგანის გვერდით - გარკვეული ფაზი მიმართება. ფორმალურად მატრიცა ჩაიწერება შემდეგნაირად [25]:

$$M = (b_{ij}) = \begin{cases} 100\% \; if \; i = j \\ R(x_i, x_j) \; if \; i = j - 1 \\ 0 \; Otherwise \end{cases} \tag{2.26}$$

იმისათვის რომ მივიღოთ მიმართებების მატრიცა რომელიც ასახავს თითოეული პარამეტრის თითოეულთან კავშირს, საჭიროა გამოვთვალოთ M მატრიცის ტრანზიტული ჩაკეტვა R^n. მაგალითიდან გამომდინარე R^n-ის შესაფასებლად გამოვიყენეთ ფორმულა:

$$\mu_{R \circ S}(x, y) = \sup \left(\prod \mu_R(x, z), \mu_S(z, y) \right), (x, y) \in X^2$$

მიღებული მატრიცის (იხ. დანართი #3) უმნიშვნელოვანესი შედეგი მდგომარეობს მის პირველ სტრიქონში. ის ასახავს პარამეტრების მნიშვნელოვნებას პირველ კოეფიციენტთან მიმართებაში. იმისათვის რომ ამ სტრიქონში შემავალ ელემენტებს მიენიჭოს წონების შინაარსი, საჭიროა თითოეული გაიყოს მათ ჯამზე. მიღებული ვექტორი გამოიყურება შემდეგნაირად:

x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
15%	15%	15%	12%	9%	5%	5%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32

1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

საილუსტრაციოდ ჩვენ განვიხილეთ ორი მაგალითი. „კარგი“ მსესხებელი და „ცუდი“ მსესხებელი. (თითოეულ მათგანის მახასიათებელი იხილეთ დანართ #4)

ჩვენ გამოვკითხეთ 5 ექსპერტი და ვთხოვეთ თითოეულს შეეფასებინა ყოველი პარამეტრი კოეფიციენტით [0, 10] ინტერვალში [26]. (0 ყველაზე ცუდ შემთხვევაში, 10 საუკეთესო შემთხვევაში). შედეგად მივიღეთ შემდეგი სურათი:

	"კარგი" მსესხებელი																														
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
A1	9	9	9	1	5	10	10	10	9	5	5	7	1	1	7	7	4	8	1	10	5	10	8	10	7	5	5	7	4	4	5	7
A2	8	9	10	1	4	8	9	10	8	6	5	9	2	0	7	9	3	6	2	9	5	9	8	9	7	7	4	8	3	3	7	9
A3	8	10	7	0	4	8	9	9	7	4	3	8	2	1	9	5	4	7	0	8	4	10	6	9	7	3	4	6	5	4	7	5
A4	9	10	9	0	3	8	10	7	7	4	6	9	3	1	7	6	2	10	0	9	3	9	8	10	5	3	7	7	6	5	5	7
A5	7	10	10	3	7	9	9	8	10	3	4	9	0	3	7	6	5	6	1	8	5	10	9	9	9	7	4	8	2	3	3	6

	"ცუდი" მსესხებელი																														
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
A1	1	1	1	1	6	1	10	7	8	4	1	5	1	1	7	3	4	8	5	5	10	10	8	7	5	5	5	7	8	7	5	7
A2	0	2	2	3	7	2	9	8	6	2	2	5	2	3	9	1	6	8	5	4	10	10	6	7	3	3	5	5	8	9	3	6
A3	3	2	3	0	6	3	8	5	6	4	0	7	0	0	7	3	4	10	3	4	8	9	9	8	4	3	6	9	10	9	5	5
A4	2	0	3	1	4	1	10	6	9	4	3	3	1	0	9	3	3	8	4	4	10	10	8	7	5	6	3	9	8	9	7	7
A5	1	2	1	3	8	2	9	9	8	3	0	6	0	3	8	2	4	9	5	4	10	9	10	5	3	7	4	8	7	5	4	7

პარაგრაფ 2.2-ში აღნიშნული მეთოდის მიხედვით, მოხდა ექსპერტთა შეფასებების აგრეგირება ერთ მიკუთვნების ფუნქციაში რომელიც გამოიყურება შემდეგნაირად.

	"კარგი" მსესხებელი																														
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
μ(x)	8.29	10	9.3	0.8	4.4	8.2	9	9	8	4.3	4.7	8.8	1.7	1.1	7	6.4	3.7	7.2	0.7	8.7	4.8	10	7.9	9	7	5	4.4	7.3	4	3.7	5.5	6.7

და

	"ცუდი" მსესხებელი																														
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
μ(x)	1.4	1.6	2	1.6	6.2	1.8	9.2	7	7.4	3.6	1.1	5.2	0.8	1.3	8	2.6	4.1	8.4	4.6	4	9.8	9.8	8.2	6.9	4	4.8	4.6	7.7	8.1	8	4.8	6.6

საბოლოო ქულა გამოითვლება მიღებული მიკუთვნების ფუნქციისა და წონების ვექტორის სკალარული ნამრავლით. „კარგი“ მსესხებლის ქულა გამოვიდა 6,8 (68%), ხოლო „ცუდის“ კი 3,4 (34%)

ამგვარად ჩვენ შევიმუშავეთ ერთგვარი ქულათა სისტემა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს გამოვყოთ მეტად რისკიანი და ნაკლებად რისკიანი მსესხებლები. ეს სისტემა, ნაცვლად სტატისტიკისა, იყენებს მხოლოდ მენეჯერების გამოცდილებასა და მათ ინტუიციას.

შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს მენეჯმენტის მხრიდან რამდენიმე შემთხვევის განხილვა და იმ საზღვრებზე ჩამოყალიბება თუ რა ქულაზე მაღლის შემთხვევაში უნდა დაუმტკიცდეს მსესხებელს სესხი ავტომატურად და რა ქულაზე დაბლის შემთხვევაში უნდა მოხდეს მსესხებლის განაცხადის უარყოფა.

2.4 ფაზი სიმრავლეთა აგრეგირება მეტრიკის გამოყენებით

სიმრავლეების თანაკვეთის, გაერთიანებისა და დამატების ოპერატორები ძალზედ მნიშვნელოვანია ფაზი სიმრავლეთა თეორიაში. ზოგადად მიღებულია თანაკვეთის სახით *მინიმუმისა*, ხოლო გაერთიანების სახით *მაქსიმუმის* აღება. ეს ოპერატორები ყველაზე მეტად შეესაბამება კლასიკურ სიმრავლეთა თეორიას, თუმცა დროთა განმავლობაში აღმოჩნდა მრავალი პრაქტიკული პრობლემა, რომლის აღმოფხვრაში მათი გამოყენება ალოგიკურია. ამის გამო საჭირო გახდა სიმრავლეებზე ოპერაციების განვრცობა და სხვა ტიპის აგრეგირების ოპერატორების შემოღება.

არსებობს მრავალნაირი აგრეგირების ოპერატორების ოჯახები. ზოგიერთი მათგანი განეკუთვნება სამკუთხა ნორმებისა და კონორმების კლასს, რომლებიც წარმოადგენენ შემდეგნაირ ორგანზომილებიან ფუნქციებს: $T: [0, 1]^2 \to [0,1]$, $C: [0, 1]^2 \to [0,1]$, $C(a, b) + T(1 - a, 1 - b) = 1$ და აკმაყოფილებდნენ შემდეგ თვისებებს:

1. $T(a, b) = T(b, a); C(a, b) = C(b, a)$ (კუმუტატიურობა)
2. $T\big(a, T(b, c)\big) = T(T(a, b), c);\ C\big(a, C(b, c)\big) = C(C(a, b), c);$ (ასოციატიურობა)
3. $T(a, b) \le T(c, d);\ C(a, b) \le C(c, d)$ თუ $a \le c, b \le d$ (მონოტონურობა)
4. $T(a, 1) = a; C(a, 0) = a$ (სასაზღვრო პირობა)

ზოგი აგრეგირების ოპერატორებისთვის შემსუბუქებულია ნორმებისა და კონორმების თვისებები, ზოგი კი ეფუძნება ალბათურ პრინციპებს. მათი უზოგადესი ფორმა შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად [27]: $f: [0,1]^n \to [0,1]$ სადაც $f(\mathbf{0}) = 0$ და $f(\mathbf{1}) = 1$ (გამუქებული ციფრები წარმოადგენენ ვექტორებს)

მიუხედავად მრავალი სასარგებლო მათემატიკური თვისებებისა, რომლებიც გააჩნიათ აგრეგირების ოპერატორებს, არ არსებობს ამ თვისებების მკაფიო და ინტუიციური ინტერპრეტაცია. სიმრავლეების თანაკვეთისა და გაერთიანების ვიზუალიზაცია შედარებით იოლია, თუმცა როგორ უნდა მოხდეს აგრეგირების ოპერატორის ვიზუალიზაცია? ამ პარაგრაფში განხილულია მეტად შინაარსიანი და იოლად აღქმადი ოპერატორი.

როდესაც ორი ფაზი სიმრავლე დაკავშირებულია „და“ ან „ან“ კავშირით (თანაკვეთა და გაერთიანება) შედეგიც არის ფაზი სიმრავლე. ამ სიმრავლის უმნიშვნელოვანესი თვისებები, განისაზღვრება მიკუთვნების ფუნქციით, ხოლო აგრეგირების ოპერატორი დიდ წილად დამოკიდებულია იმაზე თუ როგორ არის ის განსაზღვრული. ამის გამო, აუცილებელია კარგად გავიაზროთ რას წარმოადგენს ეს ფუნქცია.

ფაზი სიმრავლის თითოეულ ელემენტს გააჩნია საორიენტაციო ინტერვალი (Ω_m, Ω_M), სადაც Ω_m არის მინიმალური, ხოლო Ω_M - მაქსიმალური მიკუთვნების კოეფიციენტი [28]. ამგვარი საორიენტაციო ინტერვალები წარმოადგენენ იდეალურ შემთხვევებს და ძალზედ მნიშვნელოვანია ფაზი სიმრავლეების აღწერისას, რადგან შეუძლებელია განვიხილოთ ობიექტი და ვთხოვოთ ექსპერტს მისი მიკუთვნების ფუნქციის აგება გარკვეული საზღვრების მითითების გარეშე.

ადამიანები არ აკეთებენ არანაირ ოპერაციებს გონებაში, ამის ნაცვლად ისინი ეძებენ მსგავსებას და „ზომავენ“ გადახრას იდეალის სტრუქტურიდან. თუ მიკუთვნებას განვსაზღვრავთ ანალოგიურად და აღვწერთ როგორც მანძილს გარკვეულად წარმოდგენილი იდეალიდან, მაშინ, მიკუთვნების ფუნქცია, გახდება სხვა არაფერი თუ არა სიახლოვე/სიშორე გარკვეული საორიენტაციო წერტილებთან. ამ მანძილს ეფუძნება სხვადასხვა ობიექტების შედარების პრინციპიც. მიკუთვნების მნიშვნელობა, სიმძლავრე, არის სხვა არაფერი თუ არა სიახლოვე გარკვეულ იდეალთან, ხოლო თავად მიკუთვნების ფუნქციის მიღება შესაძლებელია მეტრიკის

დაკონკრეტებით. მსჯელობის შემდეგ ეტაპს წარმოადგენს ფორმალიზმის მრავალ განზომილებაში გადატანა.

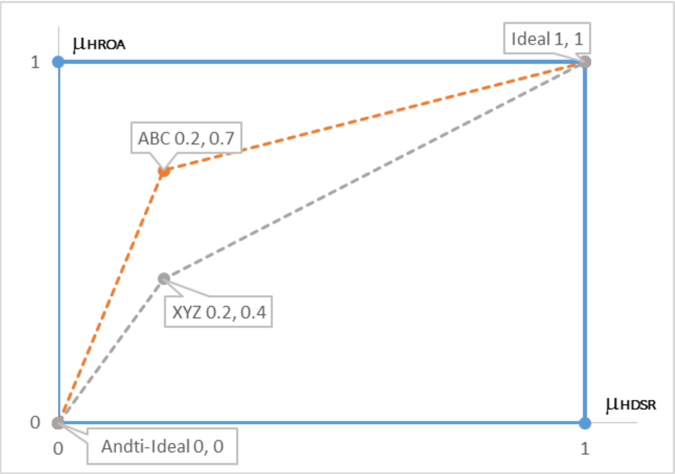
დავუშვათ, რომ ბანკს ან სხვა ფინანსურ დაწესებულებას აქვს ჩამოყალიბებული გარკვეული კრიტერიუმები იდეალური მსესხებლისთვის. მაგალითად, მას სურს გასცეს სესხი კლიენტზე რომელსაც აქვს მაღალი სესხის მომსახურების კოეფიციენტი (HDSR) და მაღალი ამონაგები აქტივებზე (HROA). განვიხილოთ ორი მსესხებელი, ABC და XYZ რომლებსაც აქვთ შემდეგი მიკუთვნების კოეფიციენტები აღნიშნული სიმრავლეებისთვის:

$\mu_{HDSR}(ABC) = 0.7, \mu_{HDSR}(XYZ) = 0.4, \mu_{HROA}(ABC) = 0.2, \mu_{HROA}(XYZ) = 0.2.$

რომელი მსესხებელია უკეთესი? ინტუიტიურად შეგვიძლია ვთქვათ რომ ABC ჯობს, თუმცა ამ ორი სიმრავლის თანაკვეთის გამოთვლისას „მინიმუმ“ ოპერატორით, მივიღებთ რომ მსესხებლებს აქვთ ერთნაირი რისკის პროფილი (ორივე მსესხებლებისთვის მიღებული მნიშვნელობა უდრის 0.2-ს). „მინიმუმ“ ოპერატორის ნაკლი ცალსახაა. ამის გამო საჭიროა ვიხელმძღვანელოთ სხვა აგრეგირების ოპერატორით. ამავდროულად, დავსვათ საკითხი თუ რას ვგულისხმობთ როდესაც ვამბობთ „მაღალი ამონაგები აქტივებზე“ ***და*** „მაღალი სესხის მომსახურების კოეფიციენტი“. ამგვარი დებულებით ჩვენ აღვწერთ იდეალურ მსესხებელს. როდესაც ადამიანები აღწერენ იდეალს, ისინი აყალიბებენ გარკვეული თვისებების ნუსხას, რომელსაც ის უნდა აკმაყოფილებდეს. ამ თვისებების გათვალისწინებით ჩვენ შეგვიძლია გავზომოთ ობიექტების სიახლოვე/მსგავსება იდეალთან და გავუკეთოთ რანჟირება მანძილის მიხედვით.

წარმოვიდგინოთ კვადრატი რომელიც განსაზღვრულია შემდეგ ვექტორებზე (0; 1) და (1; 0). რაიმე ობიექტის კოორდინატები ამ კვადრატის ფარგლებში წარმოდგენილი იქნება მიკუთვნების კოეფიციენტებით $(\mu_{HROA}(x), \mu_{HDSR}(x))$.

ვექტორი $\boldsymbol{I}$ = (1, 1) წარმოადგენს იდეალს, ხოლო ვექტორი $\boldsymbol{O}$ = (0, 0) - ანტი-იდეალს.



შემოვიღოთ სიმრავლეები „ახლოს იდეალთან“ და „შორს ანტი-იდეალისგან“. მათი მიკუთვნების ფუნქციების, $\mu_I(x)$ და $\mu_{aI}(x)$, მნიშვნელობები დამოკიდებული იქნება $\boldsymbol{I}$ -მდე და $\boldsymbol{O}$ -მდე მანძილებზე. აღვნიშნოთ მანძილები იდეალთან და ანტი-იდეალთან $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{I})$-ით და $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{O})$-ით, გავუკეთოთ ნორმირება ისე რომ $max_{x\in[0,1]\times[0,1]}d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{O}) = 1$ და $max_{x\in[0,1]\times[0,1]}d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{I}) = 1$, შედეგად მივიღებთ რომ $\mu_I(x) = 1 - d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{I})$, ხოლო $\mu_{aI}(x) = d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{O})$. ამგვარად, მიკუთვნების კოეფიციენტმა სიმრავლეში „ახლოს იდეალთან“ შეიძინა ***და-ს (AND)*** ტიპის, კონუნქცია აგრეგირების ოპერატორის მნიშვნელობა ($\mu_{A\wedge B}(x)$), ხოლო სიმრავლემ „შორს ანტი-იდეალისგან“, შეიძინა ***ან-ის (OR),*** დიზუნქციის ტიპის, აგრეგირების ოპერატორის მნიშვნელობა. ორივე მათგანი გვიჩვენებენ იდეალთან მსგავსებას.

თავად მანძილი ორ წერტილს შორის შეიძლება გაიზომოს მრავალნაირად. ეს დამოკიდებულია იმაზე თუ როგორ განვსაზღვრავთ მეტრიკას. მეტრიკა არის $\boldsymbol{x}$, $\boldsymbol{y}$ წყვილზე განსაზღვრული არაუარყოფითი ფუნქცია $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y})$ რომელიც უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ თვისებებს:

1. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = 0 \Leftrightarrow \boldsymbol{x} = \boldsymbol{y}$
2. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = d(\boldsymbol{y},\boldsymbol{x})$

3. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{z}) \leq d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) + d(\boldsymbol{y},\boldsymbol{z})$

ამგვარად, აგრეგირების ოპერატორის აგება შესაძლებელია ყველანაირი მეტრიკის გამოყენებით რომელიც აკმაყოფილებს შემდეგ თვისებას: $max_{x\in[0,1]^n} d(\boldsymbol{0},\boldsymbol{x}) = max_{x\in[0,1]^n} d(\boldsymbol{I},\boldsymbol{x}) = max_{x\in[0,1]^n} d(\boldsymbol{0},\boldsymbol{I})$. ზოგიერთი მეტრიკა იძლევა უკვე ნაცნობ და ფართოდ გამოყენებულ ოპერატორებს. მაგ:

1. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = \| x - y \|_\infty$ მაშინ

$\mu_{A\wedge B}(x) = 1 - d(\boldsymbol{I},\boldsymbol{x}) = 1 - \max(1-x_1, 1-x_2, \dots) = \min(x_1, x_2 \dots x_n)$

$\mu_{A\vee B}(x) = d(\boldsymbol{0},\boldsymbol{x}) = \max(x_1, x_2 \dots x_n)$

2. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = \min\big(\| x - y \|_p, 1\big), p \geq 1$

$\mu_{A\wedge B}(x) = 1 - \min\left(1, ((1-x_1)^p + (1-x_2)^p + \cdots + (1-x_n)^p)^{\frac{1}{p}}\right);$

$\mu_{A\vee B}(x) = d(\boldsymbol{0},\boldsymbol{x}) = \min(1, (x_1^p, x_2^p + \cdots + x_n^p)^{1/p})$

3. $d(\boldsymbol{x},\boldsymbol{y}) = [\sum_{i=1,n} w_i (x_i - y_i)^p]^{1/p},\ p \geq 1,\ \ \sum_{i=1,n} w_i = 1$

(შეწონილი მინკოვსკის მეტრიკა)

$$\mu_{A\wedge B}(x) = 1 - \left[\sum_{i=1,n} w_i (1-x_i)^p\right]^{1/p}$$

$$\mu_{A\vee B}(x) = \left[\sum_{i=1,n} w_i x_i^p\right]^{1/p}$$

აღსანიშნავია რომ მინკოვსკის მეტრიკის კერძო შემთხვევას წარმოადგენს ევკლიდეს მეტრიკა, რომლის მიხედვითაც $w_i = \frac{1}{n}, p = 2$.

ამ მეთოდით რისკის შესაფასებლად, გამოვიყენეთ ზემოთ აღნიშნული ექსპერტული შეფასებები და შედეგები. როგორც აღვნიშნეთ ექსპერტებმა შეაფასეს ორი, „კარგი“ და „ცუდი“ მსესხებელი, 32 პარამეტრით. ისინი აფასებდნენ პარამეტრებს შემდეგი საორიენტაციო წერტილებით: $\Omega_m - 0$

	"კარგი" მსესხებელი															
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
μ(x)	8.29	10	9.3	0.8	4.4	8.2	9	9	8	4.3	4.7	8.8	1.7	1.1	7	6.4

	"კარგი" მსესხებელი															
	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
μ(x)	3.7	7.2	0.7	8.7	4.8	10	7.9	9	7	5	4.4	7.3	4	3.7	5.5	6.7

(ძალიან ცუდი) და Ω_M – 10 (ძალიან კარგი). ექსპერტების გამოკითხვისა და მათი მოსაზრებების აგრეგირების შედეგად მივიღეთ შემდეგი სურათი:

და

	"ცუდი" მსესხებელი																														
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
μ(x)	1.4	1.6	2	1.6	6.2	1.8	9.2	7	7.4	3.6	1.1	5.2	0.8	1.3	8	2.6	4.1	8.4	4.6	4	9.8	9.8	8.2	6.9	4	4.8	4.6	7.7	8.1	8	4.8	6.6

გამომდინარე იქიდან რომ ექსპერტები აფასებდნენ თითოეულ მახასიათებელს [0, 10] ინტერვალში, ყოველი კოეფიციენტი უნდა გავყოთ 10-ზე რომ შედეგი მივიღოთ [0, 1] ინტერვალში.

ახლა, როდესაც შევაფასეთ მსესხებლის თითოეული პარამეტრი, საჭიროა დავითვალოთ მანძილი ამ 32 განზომილებიან ობიექტისა და მის იდეალს შორის. გამომდინარე იქიდან რომ ყველა კოეფიციენტი არ არის ერთნაირად მნიშვნელოვანი მსესხებლის შეფასებისას, საჭიროა გამოვიყენოთ მეტრიკა რომელიც გაითვალისწინებს პატამეტრების წონებსაც. ასეთი მეტრიკა არის ზემოთ აღნიშნული მინკოვსკის მეტრიკა. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, წონების ვექტორის შესაფასებლად გამოყენებულ იქნა ფაზი მიმართებების მატრიცა:

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
w_i	15%	15%	15%	12%	9%	5%	5%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%

მინკოვსკის მეტრიკის გამოყენებით პირობაში $p = 2$, ჩვენ დავითვალეთ მანძილი ობიექტებსა და იდეალს შორის და მივიღეთ შემდეგი სურათი:

$$\mu_{A \wedge B}(\text{"}კარგი\ მსესხებელი\text{"}) = 56\%$$
$$\mu_{A \vee B}(\text{"}კარგი\ მსესხებელი\text{"}) = 57\%$$
$$\mu_{A \wedge B}(\text{"}ცუდი\ მსესხებელი\text{"}) = 29\%$$
$$\mu_{A \vee B}(\text{"}ცუდი\ მსესხებელი\text{"}) = 43\%$$

ამგვარად, ჩვენ შევიმუშავეთ მსესხებლის მორიგი შეფასების სისტემა, რომელიც გვიჩვენებს მის მსგავსებას ჩვენთვის სასურველ, იდეალურ კლიენტთან.

შემდეგ ნაბიჯს, ისევე როგორც წინა მეთოდში, წარმოადგენს მენეჯმენტის მხრიდან რამდენიმე შემთხვევის განხილვა და მსგავსების იმ საზღვრის დაწესება, რომლის შემთხვევაშიც სესხი აღარ დამტკიცდება.

2.5 ფაზი ლოგიკა

კლასიკურ ლოგიკაში რაიმე წინადადება P, არის ლინგვისტური წინადადება რომელიც მოიცავს გარკვეული უნივერსუმის ელემენტებს. ისინი შეიძლება იყოს მკაცრად მცდარი ან მკაცრად ჭეშმარიტი. აქედან გამომდინარე P წინადადება არის ჭეშმარიტი ან მცდარი ელემენტების სიმრავლე. ჩვენ შეგვიძლია მივანიჭოთ ამ ელემენტებს ბინარული მნიშვნელობები და აღვნიშნოთ $T(P)$-თი. $T(P) = 1$ თუ ელემენტი შეესაბამება სიმართლეს, ხოლო $T(P) = 0$ თუ ელემენტი მცდარია. თუ U-თი აღვნიშნავთ ყველა წინადადების უნივერსუმს, მაშინ T არის ფუნქცია რომელიც უსაბამებს მის ცალკეულ ელემენტებს, u, ბინარულ მნიშვნელობებს სხვადასხვა წინადადებების მეშვეობით:

$$T: u \in U \rightarrow (0, 1) \qquad (2.28)$$

მეტყველებისა და კომუნიკაციისას გამოყენებული წინადადებების უმრავლესობა ფაზისებრია, იქნება ეს პიროვნების სიმაღლე თუ მსესხებლის გადახდისუნარიანობა. ამიტომ მსგავსი წინადადების ჭეშმარიტების მნიშვნელობა შეიძლება იყოს [0,1] ინტერვალში.

ისევე როგორც კლასიკურ, ბინარულ ლოგიკაში, ფაზი ლოგიკაშიც, წინადადებები განსაზღვრულია გარკვეულ უნივერსუმზე. დავუშვათ რომ $\check{P}$ წინადადება განსაზღვრულია რაიმე ფაზი სიმრავლე $\check{A}$-ზე. მისი ჭეშმარიტების მნიშვნელობა მოცემული იქნება შემდეგი ფორმით:

$$T(\check{P}) = \mu_{\check{A}}(x) \; სადაც \; 0 \leq \mu_{\check{A}}(x) \leq 1 \qquad (2.29)$$

აღნიშნული ფორმულა გვეუბნება რომ წინადადება $\check{P} : x \in \check{A}$, განისაზღვრება x-ის მიკუთვნების ფუნქციით ამ ფაზი სიმრავლეზე.

ლოგიკური კავშირები ფაზი ლოგიკისთვის განისაზღვრება შემდეგნაირად:

დიზუნქცია (∨) (ლოგიკური **ან** კავშირი)

$\breve{P} \vee \breve{Q} : x \in \breve{A}$ *ან* $x \in \breve{B}$;

ამიტომ $T(\breve{P} \vee \breve{Q}) = \max(T(\breve{P}), T(\breve{Q}))$

კონუნქცია ($\wedge$) (ლოგიკური **და** კავშირი)

$\breve{P} \wedge \breve{Q} : x \in \breve{A}$ *და* $x \in \breve{B}$;

ამიტომ $T(\breve{P} \wedge \breve{Q}) = min(T(\breve{P}), T(\breve{Q}))$

უარყოფა ($-$)

$$T\left(\bar{\breve{P}}\right) = 1 - T(\breve{P})$$

იმპლიკაცია ($\rightarrow$)

$\breve{P} \rightarrow \breve{Q} : x \in A$ *მაშინ* $y \in B$;

ამიტომ $T(\breve{P} \rightarrow \breve{Q}) = T\left(\bar{\breve{P}} \vee \breve{Q}\right) = max(T\left(\bar{\breve{P}}\right), T(\breve{Q}))$

იმპლიკაციის მოდელირება შესაძლებელია გარკვეული წესების ფორმით. $\breve{P} \rightarrow \breve{Q}$ გულისხმობს რომ თუ x არის $\breve{A}$ მაშინ y არის $\breve{B}$. აღნიშნული წესი შეიძლება ითარგმნოს შემდეგ მიმართებაში: $R = (\breve{A} \times \breve{B}) \cup (\bar{\breve{A}} \times \breve{Y})$. R მიმართების მიკუთვნების ფუნქცია გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\mu_{\breve{R}}(x; y) = max[\mu_{\breve{A}}(x) \wedge \mu_{\breve{B}}(y); 1 - \mu_{\breve{A}}(x)]$$

(2.30)

როდესაც იმპლიკაცია რთული ფორმისაა, მაგალითად: თუ x არის $\breve{A}$, მაშინ y არის $\breve{B}$, წინააღმდეგ შემთხვევაში $\breve{C}$, ასეთ შემთხვევაში მიმართება გადაიწერება შემდეგნაირად: $R = (\breve{A} \times \breve{B}) \cup (\bar{\breve{A}} \times \breve{C})$, ხოლო მიკუთვნების ფუნქცია ჩაიწერება მოცემული ფორმულით:

$$\mu_{\breve{R}}(x; y) = max[\mu_{\breve{A}}(x) \wedge \mu_{\breve{B}}(y); 1 - \mu_{\breve{A}}(x) \wedge \mu_{\breve{B}}(y)] \quad (2.31)$$

R მიმართების მიღების ტექნიკა არაერთგვაროვანია. შესაბამისად განსხვავდება მიმართების მიკუთვნების ფუნქციებიც. ხშირად გამოყენებად მიკუთვნების ფუნქციებს წარმოადგენენ შემდეგი ტიპები:

$$\mu_{\breve{R}}(x;y) = max[\mu_{\breve{B}}(y); 1 - \mu_{\breve{A}}(x)] \quad (2.32)$$

$$\mu_{\breve{R}}(x;y) = min[\mu_{\breve{A}}(x); \mu_{\breve{B}}(y)] \quad (2.33)$$

$$\mu_{\breve{R}}(x;y) = min[1, 1 - \mu_{\breve{A}}(x) + \mu_{\breve{B}}(y)] \quad (2.34)$$

$$\mu_{\breve{R}}(x;y) = \mu_{\breve{A}}(x) * \mu_{\breve{B}}(y) \quad (2.35)$$

ამათგან ყველაზე გავრცელებულია (2.33), რომელიც ცნობილია როგორც მამდანის იმპლიკაცია. [29]

დავუშვათ რომ მოცემული გვაქვს შემდეგი ტიპის წესი: თუ x არის $\breve{A}$ მაშინ y არის $\breve{B}$. შემოვიღოთ ახალი წინაპირობა $\breve{A}'$. როგორ შეიძლება მივიღოთ შედეგი $\breve{B}'$ ახალი წინაპირობისთვის პირველი წესის გამოყენებით? ისევე როგორც კლასიკურ ლოგიკაში, საჭიროა კომპოზიციის გამოყენება: $\breve{B}' = \breve{A}' \circ R$.

ზემოთ განხილული **თუ-მაშინ (IF-THEN Rules)** წესები წარმოადგენენ საუკეთესო საშუალებას იმისათვის რომ ითარგმნოს ადამიანის ცოდნა ხელოვნური ინტელექტისთვის აღსაქმელ ფორმაში. მისი გამოყენებით, თუ ცნობილია ერთი ფაქტი, წინაპირობა, შეგვიძლია შევაფასოთ მეორე, შედეგი. რთული და ჩახლართული ფორმის წესები კი შეგვიძლია ვთარგმნოთ ელემენტარულ წესებში ისეთი ლინგვისტური კავშირებით, როგორებიცაა „და“, „ან“, „წინააღმდეგ შემთხვევაში“. მაგალითად თუ გვაქვს შემდეგნაირი წესი:

თუ $\boldsymbol{x}$ არის $\breve{A}_1$ ან $\breve{A}_2$ ან $\breve{A}_3$ ან … ან $\breve{A}_L$ მაშინ $\boldsymbol{y}$ არის $\breve{B}_S$.

შემოვიღოთ ახალი სიმრავლე

$$\breve{A}_S = \breve{A}_1 \cap \breve{A}_2 \cap \ldots \cap \breve{A}_L,$$

მიკუთვნების ფუნქციით

$$\mu_{\breve{A}_S} = min(\mu_{\breve{A}_1}, \mu_{\breve{A}_2}, \ldots, \mu_{\breve{A}_L}).$$

ასეთ შემთხვევაში წესი შეიძლება გადაიწეროს შემდეგნაირად:

თუ $\breve{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{S}}$ მაშინ $\breve{\boldsymbol{B}}_{\boldsymbol{S}}$.

შესაძლებელია წესი მოიცემოდეს „და“ კავშირის გამოყენებით:

თუ $\boldsymbol{x}$ არის $\breve{A}_1$ და $\breve{A}_2$ და $\breve{A}_3$ და ... და $\breve{A}_L$ მაშინ $\boldsymbol{y}$ არის $\breve{B}_S$.

შემოვიღოთ ახალი სიმრავლე

$$\breve{A}_S = \breve{A}_1 \cup \breve{A}_2 \cup \ldots \cup \breve{A}_L,$$

მიკუთვნების ფუნქციით

$$\mu_{\breve{A}_S} = max(\mu_{\breve{A}_1}, \mu_{\breve{A}_2}, \ldots, \mu_{\breve{A}_L}).$$

ასეთ შემთხვევაში წესი შეიძლება გადაიწეროს შემდეგნაირად:

თუ $\breve{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{S}}$ მაშინ $\breve{\boldsymbol{B}}_{\boldsymbol{S}}$.

განვიხილოთ ფაზი სისტემის ისეთი შემთხვევა როდესაც მოცემულია 2 წინაპირობა და 1 შედეგი. ეს მაგალითი ასევე ცნობილია როგორც მამდანისა და ასილიანის დასკვნების გამოტანის მეთოდი რომელიც ყველაზე ხშირად გამოიყენება პრაქტიკაში. დავუშვათ რომ ასეთი სისტემა აღიწერება $\boldsymbol{r}$ ცალი **თუ-მაშინ** წესით. ასეთ შემთხვევაში მოცემული გვაქვს:

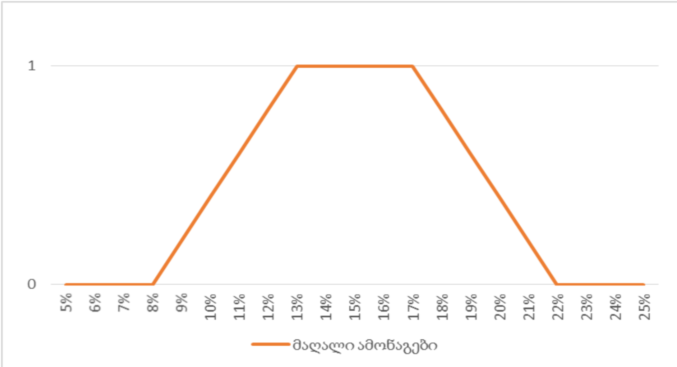
თუ $\boldsymbol{x_1}$ არის $\breve{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{1}}^{\boldsymbol{k}}$ და $\boldsymbol{x_2}$ არის $\breve{\boldsymbol{A}}_{\boldsymbol{2}}^{\boldsymbol{k}}$ მაშინ $\boldsymbol{y}$ არის $\breve{\boldsymbol{B}}^{\boldsymbol{k}}$

სადაც $k = 1,2, \ldots, r$

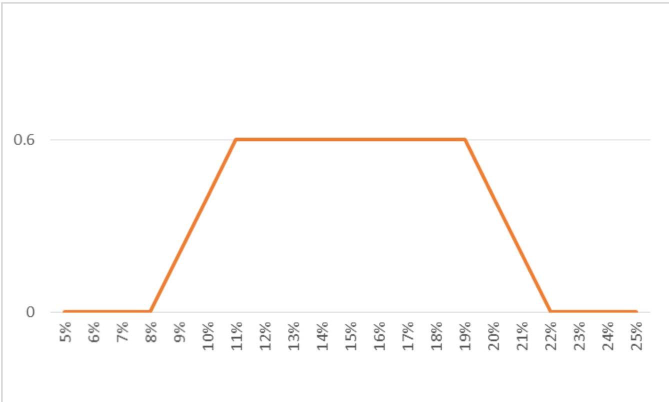
მამდანის აღნიშნული მეთოდი იყენებს იმპლიკაციას რომელიც მოცემულია ფორმულით (2.33) რადგან ის მარტივია გამოსაყენებლად და იოლია მისი ინტერპრეტაცია გრაფიკულად.

მის მიხედვით, უნდა მოხდეს განსაზღვრულ სისტემაში შემავალი ბინარული მნიშვნელობების ფაზიფიკაცია. ამისათვის, უნდა მოხდეს

კონკრეტული, ფიქსირებული მნიშვნელობის ფაზი სიმრავლისადმი მიკუთვნების ხარისხის დათვლა. შემდეგ კი უნდა მოხდეს ამ ფაზი სიმრავლის მიკუთვენების ფუნქციის კვეთა ამ მიღებულ მნიშვნელობაზე. მაგალითად, თუ მოცემულია ფაზი სიმრავლე „მაღალი ამონაგები“ შემდეგი მიკუთვნების ფუნქციით $\mu_{\breve{A}_1}$:



ხოლო მსესხებელს ექნება 11%-ის ტოლი ამონაგები, მაშინ მისი შესაბამისი ფაზი სიმრავლე $\mu_{\breve{A}_1}\left(input(i)\right)$ გამოიყურება შემდეგნაირად:



მამდანის მიხედვით, თანაუკვეთი $\boldsymbol{r}$ წესის აგრეგირებული შედეგი გამოიყენება შემდეგნაირად:

$$\mu_{\breve{A}^k} = \max_k [min[\mu_{\breve{A}_1^k}\left(input(i)\right), \mu_{\breve{A}_2^k}\left(input(j)\right)]] \quad (2.36)$$

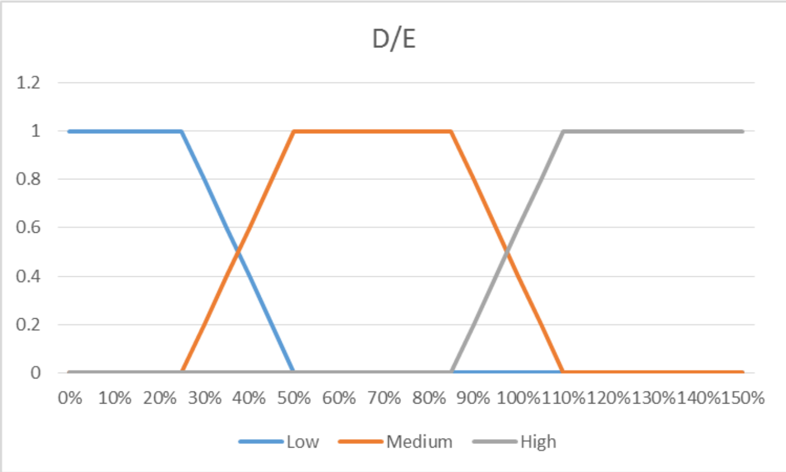
სადაც $k = 1,2, \dots, r$

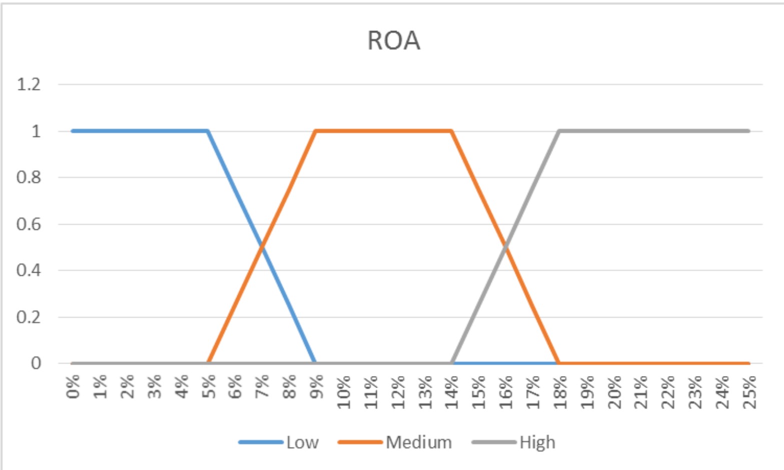
ფორმულა (2.36)-ის ინტერპრეტაცია ძალზედ მარტივია. $\check{A}_1^1$ და $\check{A}_2^1$ წარმოადგენენ პირველი წესის პირველ და მეორე წინაპირობას, ხოლო $\check{B}_1$ პირველი წესის თანახმად მიღებულ შედეგს. ანალოგიურად $\check{A}_1^2$,$\check{A}_2^2$ და $\check{B}_2$-ის შემთხვევაში. ფაზი სიმრავლეებს შორის მინიმუმის აღება ხდება იმის გამო რომ წესები აკავშირებენ წინაპირობებს „და“ კავშირით. მას შემდეგ რაც წინაპირობები გაივლიან ყველა წესს, ხდება შედეგების მაქსიმუმის ოპერატორით აგრეგირება. იმისათვის რომ ფაზი სიმრავლიდან მივიღოთ გარკვეული სკალარული რიცხვი, საჭიროა მიღებული სიმრავლის დეფაზიფიკაცია (იხ პარაგრაფი 2.1).

2.6 საკრედიტო რისკის შეფასება ფაზი ლოგიკის გამოყენებით

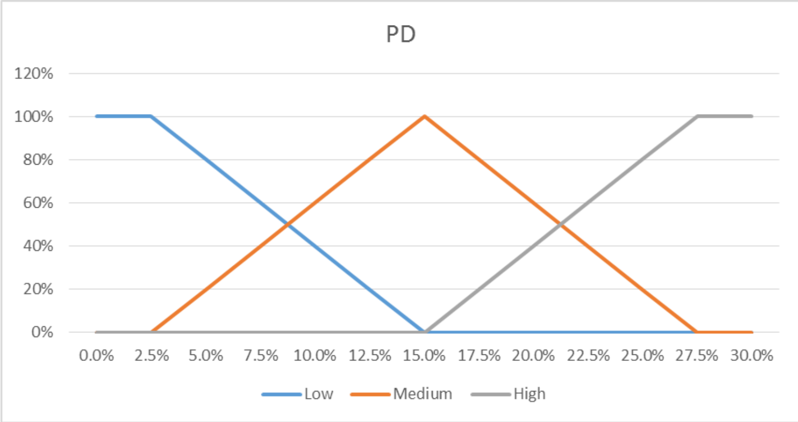
აქამდე განხილულ მოდელებს აქვთ ერთი საერთო რამ. მსესხებლის რისკის შესაფასებლად საჭიროა ექსპერტთა ჯგუფის მოწვევა და ერთ ადგილას შეკრება. ეს შეიძლება იყოს პრობლემატური ექსპერტების მოუცლელობისა თუ სხვა მიზეზებიდან გამომდინარე. ამ პრობლემას წავაწყდებით ყოველ ჯერზე, როდესაც ამათუიმ კომპანიას შეეცვლება გარკვეული მაჩვენებელი. ყოველივე ეს, ნაკლებადაა მიღებული პრაქტიკაში და ხდება ძირითადად მაშინ როდესაც საჭიროა სესხის გაცემა. აქედან გამომდინარე, აქამდე განხილული მოდელები შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ სტატისტიკური, აპლიკაციის ქულათა სისტემის (Application Scoring) ანალოგად, რადგან გადაწყვეტილება მისაღებია განცხადებისთანავე და საჭიროა გადაწყდეს გაიცეს სესხი თუ არა. ფაზი ლოგიკის გამოყენებით კი შესაძლებელი იქნება შემუშავდეს მოდელი, რომელიც თარგმნის ექსპერტის გამოცდილებას, ლოგიკურ **თუ-მაშინ** წესებში და შესაძლებელი იქნება მსესხებლის უფრო დინამიურად დაკვირვება. ეს უკანასკნელი შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ უკვე ქცევითი ქულათა სისტემის (Behavioral Scoring) ანალოგად. უნდა აღინიშნოს, რომ შეუძლებელია გამოვარჩიოთ რომელიმე ტიპის მოდელი, რადგან საბანკო სივრცეში უაღრესად მნიშვნელოვანია როგორც აპლიკაციის ისე ქცევითი ქულათა სისტემები. იმ შემთხვევაში თუ რომელიმე საფინანსო დაწესებულება გამოიყენებს მხოლოდ აპლიკაციის ქულათა სისტემას, მას გაუჭირდება მსესხებლის დინამიკაში დაკვირვება, არაფერი რომ ვთქვათ ყოველ ჯერზე ექსპერტთა ჯგუფის თავიდან შეკრებაზე. ხოლო თუ ის იხელმძღვანელებს მხოლოდ ქცევითი ქულათა სისტემით, მაშინ მას შეიძლება გამორჩეს რაიმე მნიშვნელოვანი ფაქტორი, რაც ექსპერტთა ჯგუფს შეფასებული არ ჰქონდათ და ლოგიკაში არ იყო გაწერილი.

დავუშვათ რომ მსესხებელი შესაფასებელი გვყავს ორი პარამეტრის მიხედვით: ROA და D/E. ასევე დავუშვათ რომ ექსპერტებმა შეაფასეს ორივე კოეფიციენტისთვის, სიმრავლეები მაღალი, საშუალო და დაბალი შემდეგნაირად:





აღნიშნული ორი კოეფიციენტი წარმოადგენენ წინაპირობებს, რომლებზე დაყრდნობითაც უნდა შეფასდეს მსესხებლის რისკიანობა, ანუ დეფოლტის ალბათობა. კვლავ დავუშვათ რომ ექსპერტებმა შეაფასეს რისკიანობის შემდეგი ფაზი სიმრავლეები: მაღალი, საშუალო და დაბალი რისკიანობა.



შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს ექსპერტების გამოკითხვა და მათი მოსაზრებების **თუ-მაშინ** წესებში თარგმნა. გამოკითხვის შედეგად შევიმუშავეთ შემდეგი ტიპის წესები:

თუ ROA არის მაღალი და D/E არის დაბალი მაშინ რისკი არის დაბალი

თუ ROA არის დაბალი და D/E არის დაბალი მაშინ რისკი არის საშუალო

თუ ROA არის საშუალო და D/E არის დაბალი მაშინ რისკი არის საშუალო

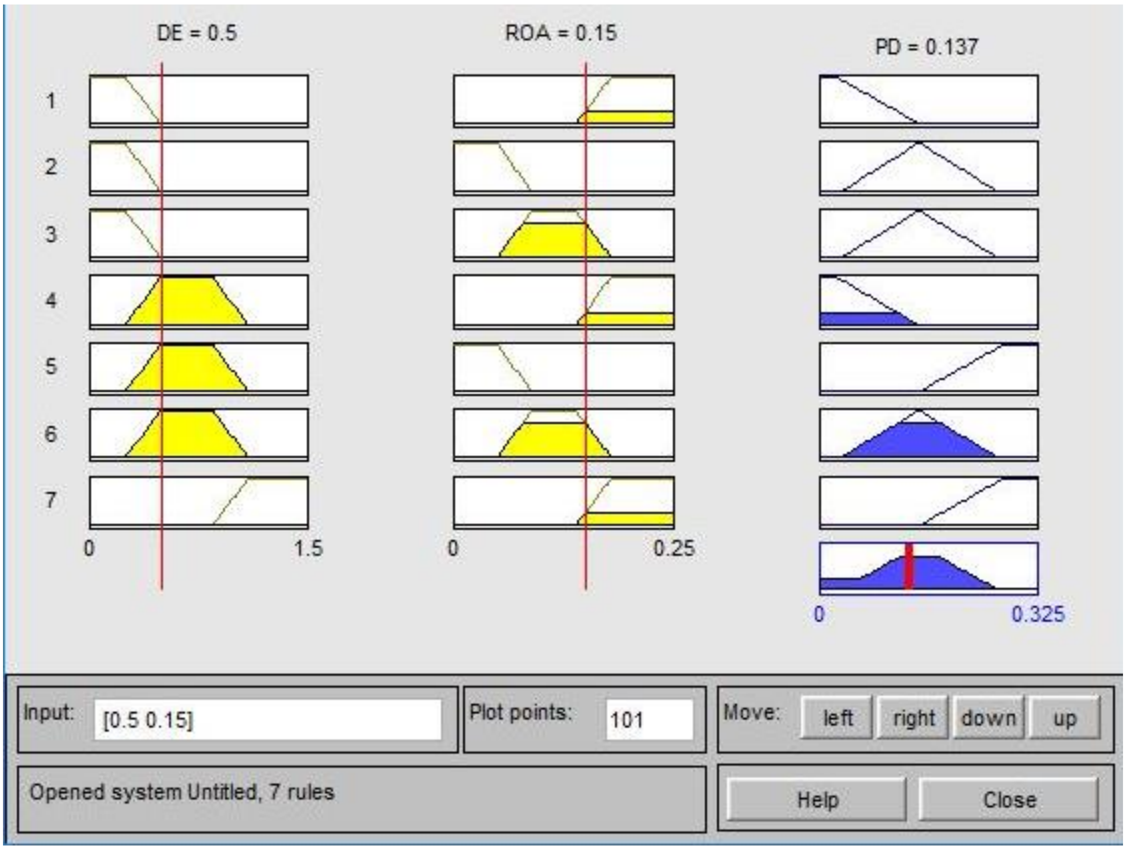
თუ ROA არის მაღალი და D/E არის საშუალო მაშინ რისკი არის დაბალი

თუ ROA არის დაბალი და D/E არის საშუალო მაშინ რისკი არის მაღალი

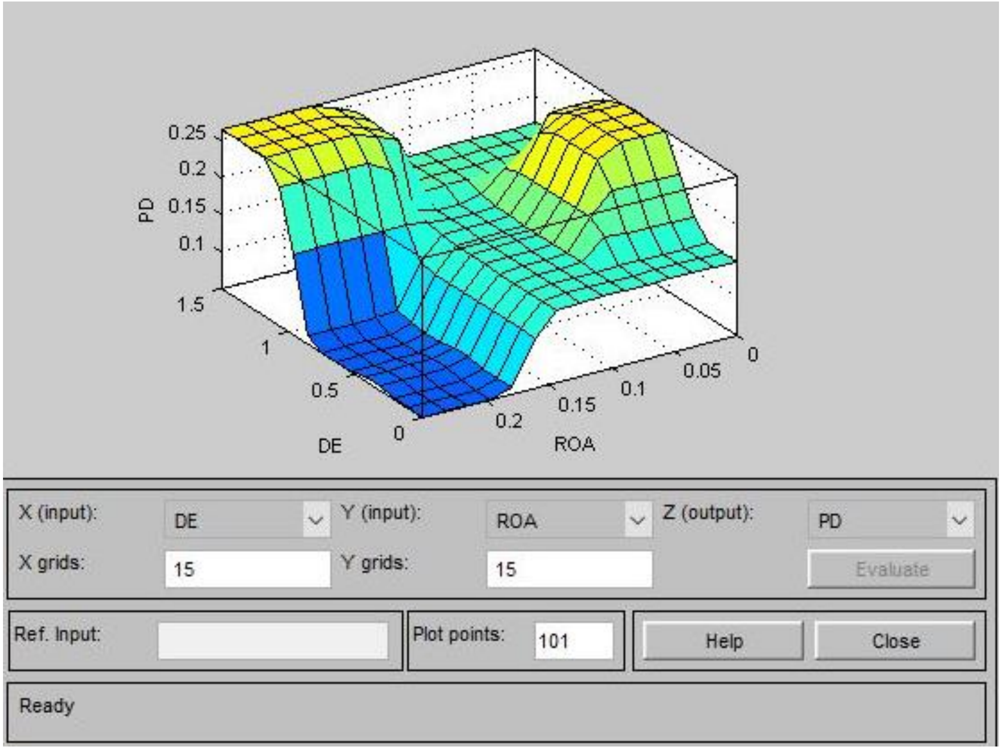
თუ ROA არის საშუალო და D/E არის საშუალო მაშინ რისკი არის საშუალო

თუ ROA არის მაღალი და D/E არის მაღალი მაშინ რისკი არის მაღალი

ცხადია, რაც მეტია მსგავსი წესი, მით უფრო ზუსტი იქნება ჩვენი მოდელი. გრაფიკულად ამ წესების ინტერპრეტაცია შესაძლებელია შემდეგნაირად:



ხოლო წესების შედეგად მიღებული მიმართება შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად:



დეფაზიფიკაციის მეთოდის არჩევის შემდეგ, ჩვენ შეგვეძლება ამათუიმ მსესხებლის დეფოლტის ალბათობის ექსპერტული შეფასება. მაგალითად თუ მსესხებელს გააჩნია ROA = 0.15 ხოლო D/E = 0.5, მას გააჩნია დეფოლტის ალბათობა 13.7% (აღწერილ მოდელში გამოვიყენეთ დეფაზიფიკაციის ცენტროიდის მეთოდი). მოდელის ალგორითმი პროგრამირების ენა MatLab-ისთვის შეგიძლიათ იხილოთ დანართ 5-ში

2.7 ტრაპეციული ფაზი სიმრავლეების აგრეგირების მეთოდი

განსხვავებით **თუ-მაშინ** წესებისგან, პრობლემა წარმოიშვება როდესაც ყოველი ექსპერტი სხვადასხვანაირად აფასებს ისეთ ფაზი სიმრავლეებს როგორიცაა მაღალი ROA ან მაღალი D/E. ამგვარი პრობლემა არ წარმოიშვება **თუ-მაშინ** წესების სხვადასხვაობისას, რადგან ერთიდაიგივე წინაპირობამ, ლოგიკურად შეიძლება გამოიღოს სხვადასხვა შედეგი.

დავუშვათ რომ ექსპერტებს განსასაზღვრი აქვთ ესათუის კრიტერიუმი. მაგალითად რას ნიშნავს მაღალი ან დაბალი რისკი. შედეგი აუცილებლად იქნება ფაზი სიმრავლე. მიუხედავად იმისა რომ ექსპერტები შეიძლება იყვნენ საუკეთესო პროფესიონალები თავის დარგში, მათი აზრი თითქმის არასდროს არ დაემთხვევა ზუსტად ერთმანეთს. საკვანძო მომენტი ნებისმიერი აგრეგირების მეთოდის შემუშავებისას არის ექსპერტებისთვის წონების მინიჭება. ასევე დავუშვათ, ექსპერტები აფასებენ ამ კრიტერიუმებს ტრაპეციული ფაზი სიმრავლეების გამოყენებით. ჩვენთვის განსაკუთრებული ინტერესების საგანს წარმოადგენს ამ ფაზი სიმრავლეების წარმომადგენელი (იხ. პარაგრაფი 2.2). ჩვენ ის შეგვიძლია წარმოვიდგინოთ როგორც ჯგუფური მოსაზრების კონსენსუსი, თუმცა ასეთ შემთხვევაში, ექსპერტების მნიშვნელობა უგულებელყოფილია. ბუნებრივია ვივარაუდოთ რომ თუ გვინდა ექსპერტს მივანიჭოთ წონა, ის უნდა გაიზომოს კონსენსუსთან, წარმომადგენელთან მიმართებაში.

ამგვარად, წონის მინიჭების ლოგიკა შეიძლება ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად: ექსპერტის წონა უნდა განისაზღვროს ფუნქციით რომელიც იქნება ექსპერტის მიერ მოწოდებული შეფასებასა და წარმომადგენელს შორის, მანძილის უკუპროპორციული. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ რაც უფრო დიდია მანძილი წარმომადგენელსა და ექსპერტის შეფასებას შორის, მით ნაკლებია მისი წონა.

ზემოთხსენებულიდან გამომდინარე, საბოლოო აგრეგირებული შედეგის წონების ფორმულა, შეგვიძლია ჩამოვაყალიბოთ შემდეგნაირად:

$$\omega_j = \frac{(\rho(\hat{R}^*, \hat{R}_j))^{-1}}{\sum_{j=1}^{m} (\rho(\hat{R}^*, \hat{R}_j))^{-1}} \quad (2.37)$$

სადაც, ω_j - j-ური ექსპერტის წონა

$\hat{R}^*$ - წარმომადგენელი

$\hat{R}_j$ - j-ური ექსპერტის სუბიექტური შეფასება

$\rho(\hat{R}^*, \hat{R}_j)$ - განსაზღვრული მეტრექით გაზომილი მანძილი წარმომადგენელსა და ექსპერტის სუბიექტურ შეფასებას შორის

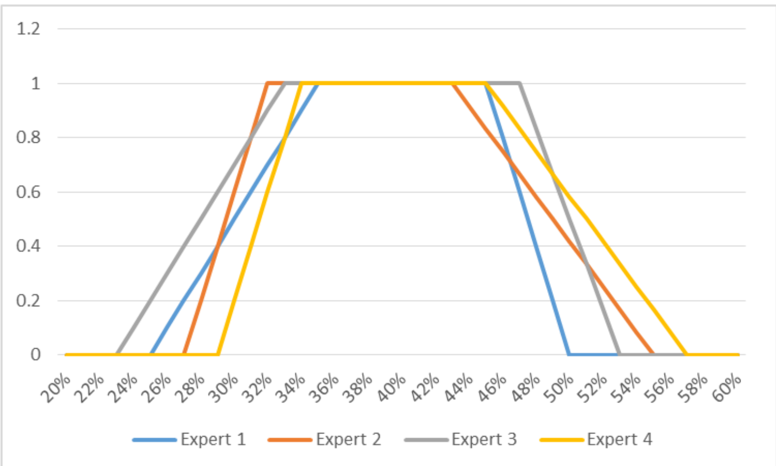
m - ექსპერტების რაოდენობა

აგრეგირებული ფაზი სიმრავლე გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\hat{R} = \sum_{j=1}^{m} \omega_j \times \hat{R}_j \quad (2.38)$$

ცხადია რომ $\sum_{j=1}^{m} \omega_j = 1$

მაგალითისთვის განვიხილოთ შემთხვევა როდესაც ოთხმა ექსპერტმა მოგვცა მოგვცა ფაზი სიმრავლის, „მაღალი გადეფოლტების ალბათობის“, შემდეგნაირი შეფასებები:



მოცემული მიკუთვნების ფუნქციები შეიძლება გადაიწეროს შემდეგნაირად:

$$\hat{R}_1 = \{25\%, 35\%, 45\%, 50\%\}$$
$$\hat{R}_2 = \{27\%, 32\%, 43\%, 55\%\}$$
$$\hat{R}_3 = \{23\%, 33\%, 47\%, 53\%\}$$
$$\hat{R}_3 = \{30\%, 34\%, 45\%, 57\%\}$$

ან ცხრილის სახით:

	a_i	b_i	c_i	d_i
$\hat{R}_1$	25%	35%	45%	50%
$\hat{R}_2$	27%	32%	43%	55%
$\hat{R}_3$	23%	33%	47%	53%
$\hat{R}_4$	30%	34%	46%	57%

მათი რეგულაცია და წარმომადგენელი გამოიყურება შემდეგნაირად:

	a_i	b_i	c_i	d_i
$\hat{R}_1$	23%	32%	43%	50%
$\hat{R}_2$	25%	33%	45%	53%
$\hat{R}_3$	27%	35%	46%	55%
$\hat{R}_4$	30%	34%	47%	57%
$\boldsymbol{\tilde{R}}$	**26%**	**34%**	**46%**	**54%**

სიმრავლეებს შორის მანძილის გასაზომად გამოვიყენეთ შემდეგი ტიპის მეტრიკა:

$$\rho(\hat{R}_1, \hat{R}_2) = \sum_{i=1}^{4} |a_i - b_i| \text{ (იხ. პარაგრაფი 2.2).}$$

შედეგად მივიღეთ შემდეგი წონების ვექტორი:

$\hat{R}_1$	$\hat{R}_2$	$\hat{R}_3$	$\hat{R}_4$
23%	32%	43%	50%

ხოლო აგრეგირებული ფაზი სიმრავლე გამოიყურება შემდეგნაირად:

a	b	c	d
25.5%	33.0%	45.2%	53.9%

აღნიშნული ექსპერტთა მოსაზრებების აგრეგირების მეთოდი ლოგიკურია და მარტივი. თუმცა რა ხდება თუ ექსპერტის მოსაზრება ემთხვევა წარმომადგენელს? ფორმულის მიხედვით, მისი წონა იღებს უსასრულო მნიშვნელობას.

განვიხილოთ შემთხვევა როდესაც გვაქვს სამი ექსპერტის შეფასება: $\hat{R}_1=\{a_1,b_1,c_1,d_1\}$, $\hat{R}_2=\{a_2,b_2,c_2,d_2\}$, $\hat{R}_3=\{a_3,b_3,c_3,d_3\}$, ხოლო $\hat{R}^*=\{a^*,b^*,c^*,d^*\}$ არის მათი წარმომადგენელი.

დავუშვათ რომ ერთერთი ექსპერტის მოსაზრება ემთხვევა წარმომადგენელს, ანუ $\hat{R}_3=\hat{R}^*$. ეს უკანასკნელი შეიძლება ჩაიწეროს შემდეგნაირად:

$a_3=a^*+\varepsilon_1, b_3=b^*+\varepsilon_2, c_3=c^*+\varepsilon_3, d_3=d^*+\varepsilon_4; \varepsilon_k\to 0\ k=\overline{1,4}$

აქედან გამომდინარეობს რომ $\rho_3=\delta\to 0$

მანძილების ჯამი ექსპერტულ მოსაზრებებსა და წარმომადგენელს შორის გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\sum_{j=1}^{3}\omega_j=\frac{1}{\rho_1}+\frac{1}{\rho_2}+\frac{1}{\delta}=\frac{\delta\rho_1+\delta\rho_2+\rho_1\rho_2}{\delta\rho_1\rho_2}$$

ხოლო წონები დაითვლება შემდეგი ფორმულებით

$$\omega_1 = \frac{\delta\rho_2}{\delta\rho_1+\delta\rho_2+\rho_1\rho_2}, \omega_2 = \frac{\delta\rho_3}{\delta\rho_1+\delta\rho_2+\rho_1\rho_2}, \omega_1 = \frac{\rho_1\rho_2}{\delta\rho_1+\delta\rho_2+\rho_1\rho_2}$$

აქედან გამომდინარე, აგრეგირებული სიმრავლის, $\tilde{R} = \{\tilde{a}, \tilde{b}, \tilde{c}, \tilde{d}\}$, პირველი კოორდინატის მნიშვნელობა მიიღება შემდეგნაირად:

$$\tilde{a} = \frac{a^*\rho_1\rho_2 + \varepsilon_1\rho_1\rho_2 + \delta\rho_2 a_1 + \delta\rho_1 a_2}{\delta\rho_1 + \delta\rho_2 + \rho_1\rho_2} = a^*$$

ანალოგიურად მოვიქცევით დანარჩენი კოორდინატების შემთხვევაშიც. შედეგად მივიღებთ რომ $\tilde{R} = (a^*, b^*, c^*, d^*) = \hat{R}^*$

ამგვარად, ტრაპეციული ფაზი სიმრავლეების აგრეგირების წესი, ჩაიწერება შემდეგი სახით:

a) თუ, მანძილი არც ერთი ექსპერტის სუბიექტურ მოსაზრებასა და წარმომადგენელს შორის არ არის 0, მაშინ $\tilde{R}$ გამოითვლება ფორმულა (2.38)-ით

b) თუ, ერთერთი ექსპერტის სუბიექტური მოსაზრება ემთხვევა წარმომადგენელს, $\tilde{R} = \hat{R}^*$.

დეტალური ალგორითმის სანახავად იხ. დანართი #6.

თავი 3: ოფციონების გამოყენება საკრედიტო რისკის განსაზღვრისას

3.1 სესხის თანხისა და საჭირო რეზერვის განსაზღვრის პრობლემა

პრაქტიკაში, ამათუიმ კომპანიის გადახდისუნარიანობის შეფასებისას, სხვადასხვა ექსპერტები, ინვესტორები თუ რისკების მენეჯერები, განიხილავენ იმას, დააფინანსონ თუ არა კომპანია. საკრედიტო რისკის განსაზღვრისას, არანაკლებ მნიშვნელოვანია იმის განსაზღვრა, თუ რა მოცულობის სესხის გაცემაა შესაძლებელი კომპანიაზე და ექნება თუ არა მას საკმარისი შემოსავლები ვალდებულების დასაფარად. პრაქტიკაში, დამატებით თანხის ინვესტიციამ, შესაძლოა კომპანიას შეუქმნას წარმოების გაფართოების საშუალება და გახადოს მეტად მომგებიანი. ნაშრომში აქამდე განხილული მოდელები, კონცენტრირდება მსესხებლის შეფასებაზე მიმდინარე მდგომარეობით, ანუ სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, გვპასუხობს შემდეგ კითხვაზე: გავცეთ თუ არა სესხი. ხოლო ამ პარაგრაფში ყურადღება არის გამახვილებული კომპანიის მომავალ შესაძლებლობებზე, რომლებმაც შეიძლება გადააფასებინონ ექსპერტებს მოსაზრება კომპანიის მომგებიანობაზე და ერთი შეხედვით მოთხოვნილი სესხის მოცულობისთვის შეუსაბამო კომპანია, აღმოჩნდეს წარმატებული ინვესტიციის საშუალება. ის დაგვეხმარება გავცეთ პასუხი შემდეგ კითხვაზე: რა მოცულობის სესხის გაცემაა შესაძლებელი ამათუიმ კომპანიაზე?

ხშირად, გადაწყვეტილების წესი, გაიცეს თუ არა მოთხოვნილი მოცულობის სესხი, ეფუძნება ტრადიციულ Discounted Cash Flow (DCF) მოდელს. ამ მოდელის თანახმად საჭიროა შევაფასოთ მომავალი მოსალოდნელი ფულადი ნაკადები და გამოვითვალოთ მათი დღევანდელი ღირებულება, შესაბამისი დისკონტირების საპროცენტო განაკვეთის გამოყენებით. პრობლემა, რომელიც წარმოიქმნება ამ მოდელის

გამოყენებისას არის მომავალი ფულადი ნაკადების შეფასება და დისკონტირების საპროცენტო განაკვეთის პოვნა. თუმცა ეს პრობლემები მოგვარებადია სიმულაციისა და სხვა მეთოდების გამოყენებით. DCF მოდელის თანახმად:

$$NPV = \sum_{i=1}^{n} \frac{CF_i}{(1+r)^i} - I_0 \qquad (3.1)$$

სადაც, CF_i - i-ური მომენტში შემოსული შემოსავალი

r - დისკონტირების საპროცენტო განაკვეთი

I_0 - მოთხოვნილი სესხის მოცულობა

n - სესხის ვადიანობა, გამოსახული წლებში

სესხი გაიცემა იმ შემთხვევაში თუ NPV (წმინდა მიმდინარე ღირებულება -- Net Present Value) გამოვიდა დადებითი რიცხვი.

საკრედიტო რისკის შეფასების პრობლემას უკავშირდება, ასევე მსხვილი მსესხებლების, მოსალოდნელი დანაკარგების შესაბამისი რეზერვის შექმნა. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ბანკები მოსალოდნელ დანაკარგებს აფასებენ შემდეგნაირად: $EL = PD \times LGD \times EAD$. თუმცა მსხვილი მსესხებლების შემთხვევაში ამ ფორმულის გამოყენება მოკლებულია აზრს პარამეტრების შეფასების სირთულის გამო. ბანკებს არ გააჩნიათ საკმარისი სტატისტიკა დეფოლტის ალბათობისა და შემდგომ ამოღებული თანხების შეფასებისათვის. ასევე ნაკლებად აზრიანია რეზერვის მინიჭება ვადაგადაცილებული დღეების მიხედვით, რადგან მსესხებელს შეიძლება შეექმნას ფინანსური პრობლემები (შემცირდეს მოთხოვნა პროდუქტზე, შეიცვალოს პოლიტიკური ვითარება ბაზარზე, ა.შ.), თუმცა ახერხებდეს სესხის მომსახურებას. ასეთ შემთხვევებში, მიუხედავად სესხის მომსახურებისა, ბანკის წარმომადგენლებმა უნდა გაითვალისწინონ პოტენციური პრობლემები და წინასწარ შექმნან მოსალოდნელი დანაკარგის ტოლი რეზერვი. ამის გამო, მსხვილი კლიენტები გარკვეული სიხშირით აგზავნიან თავის ფინანსურ უწყისებს,

ხოლო ბანკში, ამ უწყისებზე დაყრდნობით, აფასებენ ბიზნესის სტაბილურობას. შესაქმნელი რეზერვი გამოითვლება DCF მოდელის გამოყენებით (იხ. ფორმულა 3.1). ასეთ შემთხვევაში, რეზერვის მოცულობა ტოლია მინიმუმის, NPV-ისა და 0-ს შორის.

დინამიურ გარემოში, ბიზნესის მმართველ გუნდსა თუ ინვესტორს, შეიძლება გამოუჩნდეს სხვადასხვა სტრატეგიული შესაძლებლობები. ისეთი როგორიცაა მაგალითად გაფართოება ან ბიზნესის დახურვა. გაფართოების შემთხვევაში, კომპანიას საშუალება აქვს შეიძინოს დამატებით აქტივები იმისათვის რომ გაზარდოს ბაზარზე პროდუქტის მიწოდება, ხოლო ბიზნესის დახურვისას შესაძლებელია აქტივების ლიკვიდაციით უფრო მეტი შემოსავლის მიღება ვიდრე ბიზნესის ფუნქციონირების შემთხვევაში.

DCF მოდელის სტატიკურობა არ გვაძლევს მსგავსი სტრატეგიების გათვალისწინების საშუალებას. საჭიროა ამ მოდელის განვრცობა და აღნიშნული შესაძლებლობების რაოდენობრივი შეფასება. ამისათვის უნდა განვსაზღვროთ დამატებითი ფინანსური ინსტრუმენტები, კერძოდ რეალური ოფციონები. რეალური ოფციონები კორპორაციული ფინანსების ენაზე განისაზღვრება როგორც გარკვეული წინასწარ განსაზღვრული მოქმედების განხორციელების უფლება (და არა მოვალეობა) წინასწარ განსაზღვრულ ფასად, წინასწარ განსაზღვრული დროის განმავლობაში. ისინი საშუალებას მოგვცემენ დეტერმინისტულ მოდელს შევმატოთ სტრატეგიული მოქნილობა. ოფციონების გამოყენებით ჩვენ საშუალება გვაქვს შევაფასოთ და რაოდენობრივად გამოვსახოთ მენეჯმენტის ინტუიციისა და გამოცდილების მიხედვით განსაზღვრული სამოქმედო გეგმა.

რეალური ოფციონების გამოყენების მიზანი არ არის დისკონტირებული ფულადი ნაკადების მეთოდის სრული იგნორირება. რეალური ოფციონების გამოყენება ცვლის გადაწყვეტილების მიღების წესს. კომპანიის მთლიანი ღირებულება შედგება შემდეგი კომპონენტებისაგან:

მთლიანი ღირებულება = DCF + ოფციონის ღირებულება

სესხის გაცემისას, გადაწყვეტილების მიღება უნდა მოხდეს შემდეგნაირად: გაიცეს მოთხოვნილი მოცულობა თუ მთლიანი ღირებულება > 0. არსებული სესხის შემთხვევაში, შეიქმნას შესაბამისი რეზერვი თუ მთლიანი ღირებულება < 0.

3.2 რეალური ოფციონები

რეალური ოფციონის უკეთ დასახასიათებლად, საჭიროა აღვწეროთ ფინანსური ოფციონი. ოფციონი არის შეთანხმება ორ პირს შორის, მის მფლობელსა და მის გამომშვებს შორის, წინასწარ შეთანხმებულ პირობებში რაიმე აქტივის ყიდვის ან გაყიდვის შესახებ.

ოფციონი ანიჭებს მის მფლობელს მომავალში განსაზღვრულ დროს აქტივის ყიდვის ან გაყიდვის უფლებას წინასწარ შეთანხმებულ ფასად. ოფციონის გამყიდველი ვალდებულია კონტრაქტის პირობები შეასრულოს, თუ მისი მყიდველი გადაწყვეტს თავისი უფლების განხორციელებას.

განასხვავებენ ოფციონის ორ ძირითად ტიპს – ყიდვის (კოლ) და გაყიდვის (პუტ) ოფციონს.

კონტრაქტით წინასწარ განსაზღვრულ დროს (დღეს, თარიღს) ანუ იმ ბოლო დღეს, როდესაც ოფციონის მფლობელს შეუძლია თავისი უფლების გამოყენება უწოდებენ აღსრულების დროს (Expiration Date), კონტრაქტით წინასწარ განსაზღვრულ ფასს – აღსრულების ფასს (Strike Price), ხოლო აქტივს, რომელზეც იდება კონტრაქტი – საბაზისო აქტივს (Underlying Asset).

იმისათვის რომ შევაფასოთ ინვესტიცია როგორც ოფციონი, შევადაროთ კოლ ოფციონი და რაიმე საინვესტიციო პროექტი.

- კოლ ოფციონი არის უფლება გადავიხადოთ აღსრულების (Strike) ფასი საბაზისო (Underlying) აქტივში.
- საინვესტიციო პროექტი არის უფლება გადავიხადოთ ინვესტიციის ხარჯი (Strike price) პროექტისაგან გენერირებული მომავალი ფულადი ნაკადების სანაცვლოდ (Underlying Asset).

შევამჩნიოთ მსგავსება ამ ორ დებულებას შორის:

საინვესტიციო პროექტი		კოლ ოფციონი
საინვესტიციო ხარჯი	=	აღსრულების ფასი
პროექტის დღევანდელი ღირებულება	=	საბაზისო აქტივი

შედეგად ჩვენ მივიღეთ, რომ საინვესტიციო პროექტი არის ყიდვის (Call) ოფციონი, რომელშიც საწყისი ინვესტიცია არის აღსრულების (Strike) ფასი და პროექტის ღირებულება არის საბაზისო (Underlying) აქტივი.

მსგავსი თეორიის გამოყენება რეალურ აქტივებზე გვაძლევს რეალურ ოფციონს, რომელიც გვეხმარება ამათუიმ პროექტში ინვესტიციის შემდეგ სტრატეგიის განსაზღვრაში. ეს მნიშვნელოვანია, რადგან შეუძლებელია აქტივის ფასის დადგენა მისი შემდგომი გამოყენების ანალიზის გარეშე.

უფრო ზოგადად შეიძლება ითქვას, რომ რეალური ოფციონები არის ოფციონური თეორიის გამოყენება უკვე არა ფინანსური აქტივების, არამედ რეალური, აქტივების ღირებულების დადგენაში.

ახლა, როდესაც განვიხილეთ ტრადიციული DCF მოდელი და მოკლედ განვმარტეთ მასზედ დაყრდნობილი რეალური ოფციონების მიდგომა, საჭიროა მისი ფასის დადგენა.

3.3 რეალური ოფციონების ფასდადება

ოფციონების ფასდადების მრავალ ხერხს შორის ყველაზე ფართოდ გავრცელებულებია Black-Scholes-ის და ბინომური მოდელები.

Black-Scholes-ის ფორმულა ეფუძნება დაშვებას რომ აქციის ფასის ამონაგები არის ნორმალურად განაწილებული შემთხვევითი სიდიდე და მოიცემა შემდეგი ფორმულით:

$$\frac{\Delta S}{S} = \mu \Delta t + \sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}$$

ცხადია, რომ აქციის ფასის საშუალო ამონაგებს ახასიათებს პირველი წევრი $\mu \Delta t$, ხოლო ფასის შემთხვევით გადახრებს $\sigma \varepsilon \sqrt{\Delta t}$, სადაც ε წარმოადგენს სტანდარტული ნორმალური განაწილების მქონე შემთხვევით სიდიდეს.

აქედან გამომდინარეობს, რომ

$$\frac{\Delta S}{S} \sim \Phi\left(\mu \Delta t, \sigma \sqrt{\Delta t}\right)$$

ამ დაშვების ირგვლივ, ააგეს თავისი თეორია ფიშერ ბლეკმა და მაირონ შოულსმა 1973 წელს, რის შემდეგაც შეძლეს ოფციონის ფასის გამოთვლა. Black-Scholes-ის ფორმულის მიხედვით:

$$C(S, K, \sigma, r, T, \delta) = Se^{-\delta T} N(d_1) - Ke^{-rT} N(d_2) \qquad (3.2)$$

$$P(S, K, \sigma, r, T, \delta) = Ke^{-rT} N(-d_2) - \ Se^{-\delta T} N(-d_1) \qquad (3.3)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + (r - \delta + 0.5\sigma^2)T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \sqrt{T}$$

სადაც, C - კოლ ოფციონის ფასი

P - პუტ ოფციონის ფასი

S - აქციის მიმდინარე ფასი

K - ოფციონის აღსრულების ფასი

σ - აქციის ვოლატილობა

r - უწყვეტად დარიცხული ურისკო საპროცენტო განაკვეთი

T - აღსრულების დრო

δ - აქციის დივიდენდის ამონაგები

$N()$ - ნორმალური განაწილების ფუნქცია

აღნიშნული მოდელი ფართედ გამოიყენება აქციებსა და სხვა ვაჭრებად ინსტრუმენტებზე დადებული ოფციონების ფასდადებისთვის. მისი ძირითადი დაშვება მდგომარეობს იმაში, რომ საბაზისო აქტივების ლოგარითმულ ამონაგებს, გააჩნია ნორმალური, ხოლო თავად ფასებს ლოგნორმალური განაწილება.

ისეთი არავაჭრებადი საბაზისო აქტივისთვის როგორიცაა უშუალოდ ბიზნესი, ხშირად გამოიყენება ბინომური მოდელი. ამ მოდელის დაშვებაა, რომ გარკვეული დროის ინტერვალში, აქტივის ფასმა შეიძლება მიიღოს მხოლოდ ორი მნიშვნელობა:

$$S_{t+h} = S_t e^{\pm\sigma\sqrt{t}}$$

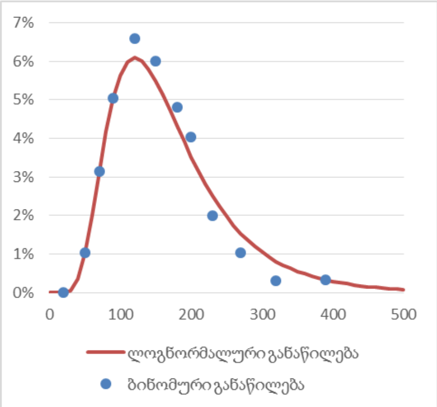
აქედან გამომდინარეობს:

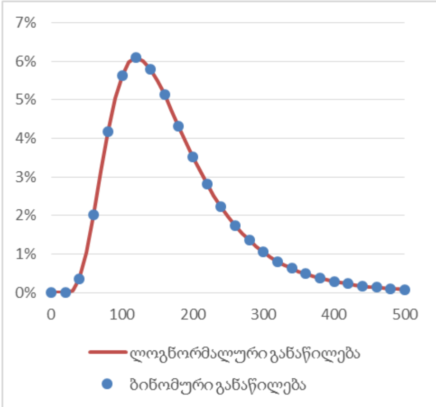
$$\ln\left(\frac{S_{t+h}}{S_t}\right) = \pm\sigma\sqrt{t}$$

ამგვარად, აქტივის ფასის ლოგარითმულ ამონაგებს, $\ln\left(\frac{S_{t+h}}{S_t}\right)$, აქვს ბინომური განაწილება. ოფციონის ფასდადების აღნიშნული მოდელი, გამართლებულია იმის გამო, რომ ამ მოდელით აგებული ბინომური ხე კარგად ასახავს აქტივის ფასის დროში ცვლილებას.

ბინომურ ხეში ბიჯების დამატება გულისხმობს შემთხვევითი ამონაგებების დაჯამებას. ბინომურად განაწილებული შემთხვევით სიდიდეების ჯამი კი მიისწრაფის ნორმალურისკენ. რაც, თავის მხრივ, გულისხმობს აქციის ფასების ლოგნორმალურ განაწილებას.

ქვემოთ ნაჩვენებია ბინომური ხის ბიჯების ზრდით მიღებული აქციის ფასის განაწილებების შედარება, შესაბამის ლოგნორმალურ განაწილებასთან





ბინომური ხის ასაგებად, საჭიროა შემდეგი მონაცემები: S, σ, δT, r. სადაც S - მოცემული აქტივის დღევანდელი ღირებულება, ჩვენს შემთხვევაში პროექტით პროგნოზირებული მომავალი ფულადი ნაკადის დღევანდელი ღირებულება, σ - მომავალი ფულადი ნაკადების ლოგარითმული ამონაგებების სტანდარტული გადახრა, r - ურისკო საპროცენტო განაკვეთი, δT - დროის შუალედი რომლითაც ხდება ბინომური ხის დისკრეტიზაცია. ბინომური ხე დამატებით მოითხოვს ორი მონაცემის დათვლას. კერძოდ, ზრდის/კლების (u/d) კოეფიციენტებისა და რისკისადმი ნეიტრალურ (რისკ-ნეიტრალურ) ალბათობას (p*). p* არის ალბათობის ის მნიშვნელობა რომლით გამოთვლილი აქციის საშუალო ამონაგები, იგივეა რაც ურისკო საპროცენტო განაკვეთი. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, აქციის ფასი საშუალოდ იზრდება ურისკო საპროცენტო განაკვეთის შესაბამისი სიჩქარით. აღნიშნული პარამეტრები ითვლება შემდეგნაირად:

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta T}} \qquad (3.4)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta T}} = \frac{1}{u} \qquad (3.5)$$

$$p^* = \frac{e^{r\delta T} - d}{u - d} \qquad (3.6)$$

ბინომური ხის პარამეტრების დადგენისას ყველაზე მნიშვნელოვანია ვოლატილობის, (σ), შეფასება, რადგან თუ σ = 0, მომავალში ბიზნესს

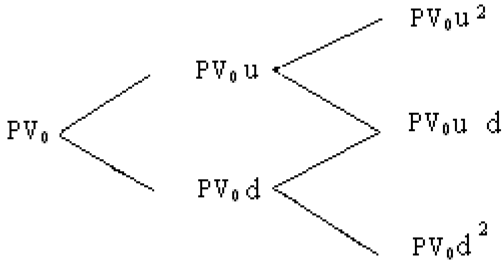
არანაირი განუზღვრელობა არ გააჩნია, ამიტომ ჩვენ მივიღებთ იგივე შედეგს რასაც ჩვეულებრივი დეტერმინისტული მოდელის გამოყენებისას.

ვოლატილობის შესაფასებლად არსებობს მრავალნაირი მოდელი, რომელთაგან ყველაზე ფართოდ გამოიყენება შემდეგი მეთოდები:

- **აქციის ფასის ლოგარითმული ამონაგების მეთოდი (Logarithmic Stock Price Returns Approach).** იგი ძირითადად გამოიყენება ლიკვიდურ და ვაჭრებად აქტივებზე, როგორიცაა აქციები.
- **დღევანდელი ღირებულების ლოგარითმული ამონაგების მეთოდი (Logarithmic Present Value Returns Approach).** იგი გამოიყენება ნაკლებად ვაჭრებად აქტივებზე და ხშირად გვხვდება რეალურ ოფციონებში. ის მოითხოვს სიმულაციას და გამოუსადეგარია აქციების შემთხვევაში

ამ მეთოდის გამოსაყენებლად, საჭიროა დავითვალოთ მომავალი ფულადი ნაკადების დღევანდელი ღირებულება ორი პერიოდისთვის. პირველი იქნება PV0, რომელიც დაითვლება მოცემული მომენტისათვის, ხოლო მეორე PV1, აქტივის ღირებულება პირველი პერიოდის ბოლოსათვის, ანუ აქტივის მომავალი ღირებულების კარგი შეფასება. შესაბამისად ამონაგები არის $\frac{PV1}{PV0}$-1, ხოლო ლოგარითმული ამონაგები $\ln\left(\frac{\mathrm{PV1}}{\mathrm{PV0}}\right)$. შემდეგს ნაბიჯს წარმოადგენს ლოგარითმული ამონაგებების სიმულაცია. სიმულირებული მნიშვნელობების სტანდარტული გადახრა, იქნება σ-ს შეფასება, რომელიც გვესაჭიროება მოდელში.

ყველა საჭირო პარამეტრის დადგენის შემდეგ, ბინომური ხე აიგება შემდეგნაირად:



შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს პროექტის ღირებულების ევოლუციის ხეში, წინასწარ შემოღებული სტრატეგიული ოფციონების ღირებულების ჩასმა.

ჩასმას ვიწყებთ ბოლო პერიოდიდან და მივუყვებით საწყის მომენტამდე უკუინდუქციის ტექნიკით. ბინომური ხის ბოლო პერიოდის მონაცემებში უნდა ჩავსვათ ოფციონის ღირებულება. ყოველ წინა პერიოდში, კომპანიის ღირებულება დაითვლება, მომდევნო პერიოდში შესაძლო ღირებულებების, ე.წ. რისკისადმი ნეიტრალური ალბათობებით, მათემატიკური ლოდინის დათვლითა და დისკონტირებით:

$$ExpPV_n = e^{-r\delta T} \times [p^*(ExpPV_{n+1}) + (1-p^*)(ExpPV_{n+1})], PV$$

სადაც ExpPV (გაფართოებული დღევანდელი მოგება - Expanded Present Value), ასახავს ბიზნესის ღირებულებას უკვე რეალური ოფციონების გამოყენების შემთხვევაში.

3.4 ხშირად გამოყენებადი ოფციონები

უპირველეს ყოვლისა, ჩამოვაყალიბოთ ის სტრატეგიული ალტერნატივები, რომელიც შეიძლება გამოუჩნდეს ბიზნესის მმართველს. ბუნებრივია, რაციონალურად მოაზროვნე მენეჯერმა უნდა აირჩიოს რამდენიმე ალტერნატივიდან საუკეთესო.

მსგავსი ანალიზის დროს ხშირად იყენებენ შემდეგი ტიპის ოფციონებს: შეწყვეტა/ბარიერი (Abandon/Barrier), კონტრაქტი (Contract), გაფართოება (Expand), "არჩევის" (Choose).

განვსაზღვროთ თითოეული მათგანი.

შეწყვეტის/ბარიერის ოფციონი ნიშნავს რომ ბიზნესი განიცდის ზარალს და ის აღარ არის მომგებიანი. შედეგად მენეჯერი თუ ინვესტორი, მიატოვებს ბიზნესს, გაყიდის ყველანაირ აქტივს და ამგვარად მიიღებს იმაზე მეტ მოგებას ვიდრე მიიღებდა კომპანიის ოპერირების შემთხვევაში. ეს ოფციონი წააგავს ამერიკული ტიპის პუტ ოფციონს, რადგან იგი აგენერირებს ფულად ნაკადს, როდესაც ბიზნესის ღირებულება კლებულობს და მისი გამოყენება (აღსრულება) შესაძლებელია მფლობელისთვის ხელსაყრელ, ნებისმიერ დროს. ამ ოფციონის საბაზისო აქტივი, იქნება თავად ბიზნესის ღირებულება, ხოლო შეთანხმების ფასი, ღირებულების ის ნიშნული რომლის ქვევითაც, მფლობელი შეწყვეტს ბიზნესის ოპერირებას. ფორმალურად, ამ სტრატეგიის ღირებულება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$Abandon\,Value = Max(PV_n; K)$$

სადაც, PV_n- კომპანიის ღირებულება შეფასების მომენტში

K - აქტივების სალიკვიდაციო ღირებულება, რასაც მიიღებს ინვესტორი ბიზნესის შეწყვეტის შემთხვევაში

კონტრაქტის ოფციონი, აძლევს ბიზნესის მეპატრონეს უფლებას რომ დადოს გარკვეული გარიგება სხვა საწარმოსთან, რომლის მიხედვითაც ის მიაწვდის პროდუქციას ნაკლებ ფასად, თუმცა შეინარჩუნებს გარკვეულ მოთხოვნას თავის პროდუქციაზე და შეძლებს ხარჯების დაზოგვას. კონტრაქტის ოფციონი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ამერიკული ტიპის პუტ ოფციონი. ის, ბარიერის ოფციონის მსგავსად, მომგებიანია მაშინ როდესაც საბაზისო აქტივის ფასი კლებულობს და მისი აღსრულება (გამოყენება) შეიძლება ნებისმიერ მომენტში. ამ სტრატეგიის ღირებულება ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$Contract\,Value = (1 - CC)\ \times PV_n + S$$

სადაც, PV_n- კომპანიის ღირებულება შეფასების მომენტში

CC - შემოსავლების ის ნაწილი, რაზეც ვიტყვით უარს კონტრაქტის დადების შემთხვევაში.

S - დანაზოგი

გაფართოების ოფციონი ნიშნავს რომ ინვესტორი ზრდის თავის წარმოებას. ბიზნესის მეპატრონემ შეიძლება გადაწყვიტოს გაფართოება, თუკი მოთხოვნა პროდუქტზე გაიზრდება. გაფართოებას თავის მხრივ ექნება დამატებითი ხარჯები, თუმცა შემდეგში განაპირობებს დამატებით ფულად ნაკადებსაც. გაფართოებამ შეიძლება მოიცვას ინვენტარისა და საწარმოო ხაზის დამატება.

გაფართოების სტრატეგია შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ამერიკული ტიპის კოლ ოფციონი, რადგან მისი აღსრულება შეიძლება ჩვენთვის ხელსაყრელ ნებისმიერ დროს და ის მომგებიანია მაშინ, როდესაც იზრდება საბაზისო აქტივის ღირებულება. ფორმალურად, გაფართოების სტრატეგიის ღირებულება, შეიძლება ჩავწეროთ შემდეგნაირად:

$$Expansion\,Value = PV_n \times (1 + EC) - Cost$$

სადაც, PV_n- კომპანიის ღირებულება შეფასების მომენტში

EC - მოცულობა, რამდენჯერაც გაგვეზრდება კომპანიის ღირებულება.

$Cost$ - გაფართოების ხარჯი

არჩევის (Choose) ოფციონმა უნდა აირჩიოს ჩამოთვლილთაგან საუკეთესო სტრატეგია, ანუ ის, რომელიც არის ყველაზე მეტად მომგებიანი. შესაბამისად:

$$Choose = Max\ (PV_n; Abandon\ Value; Contract\ Value; Expansion\ Value)$$

სტრატეგიების ამგვარი ანალიზისა და ოფციონური თეორიის პროექტებზე გამოყენების წყალობით, შეიძლება რადიკალურად შეგვეცვალოს მსესხებელთან დაკავშირებული გადაწყვეტილება.

3.5 რეალური ოფციონების გამოყენება მოსალოდნელი დანაკარგებისა და რეზერვის შეფასებისას

ამ პარაგრაფის მიზანია შევაფასოთ საინვესტიციო პროექტის ღირებულება სესხის გაცემის შემდეგ, იმისათვის რომ ეფექტურად მოხდეს კომპანიის მოსალოდნელი დანაკარგისა და რეზერვის დადგენა. ამისათვის გამოვიყენებთ ზემოთ აღწერილ ოფციონურ თეორიას და მაგალითისთვის განვიხილავთ სასტუმროს ბიზნესს. ქართულ ბაზარზე უკვე არიან ისეთი ცნობილი ბრენდები როგორიცაა “კემპინსკი”, “ჰოლიდეი ინნი”, ”ჰილტონი”, “ინტერკონტინენტალი”, “რედისონი”, და სხვა. ბაზარზე გაზრდილი კონკურენცია დაიყვანს სასტუმროს ოთახის ფასებს ევროპაში მიღებულ დონემდე. ნაშრომში გამოყენებული ყველა მონაცემი სატუმროების საქმიანობის შესახებ მოპოვებულია ისეთი ფართო მოხმარების წყაროებიდან, როგორიცაა სასტუმროების ვებ-გვერდები.

ძირითადი დაშვებები: (i) ოთახის ფასი არის ნორმალური განაწილების მქონე შემთხვევითი სიდიდე. (ii) ოთახის ფასი იქნება 0-დან $250-მდე შუალედში, რადგან ამჟამად სასტუმროს ოთახების ფასები მერყეობს $50-$250-მდე, ხოლო კონკურენცია ამ ფასებს კიდევ უფრო შეამცირებს. (iii) თითოეული ინვესტორი არის რაციონალურად მოაზროვნე პიროვნება, რომელმაც ყოველივე ეს იცის და გაითვალისწინა.

რადგან მომავალი განუსაზღვრელია, შემდგომ კალკულაციებში ჩვენ გამოვიყენებთ მონტე-კარლო სიმულაციას. სიმულაცია არის ანალიტიკური მეთოდი, რომელიც მოიცავს რეალური მოვლენების იმიტაციას.

ცხადია, რაც მეტი იქნება ოთახის ფასი, მით ნაკლები იქნება სასტუმროს დაკავებულობა. ფასის ელასტიურობის მოდელად ჩვენ გამოვიყენეთ მარტივი ექსპონენციალური ფუნქცია e^{-x}.

განვიხილოთ შემთხვევა, რომლის დროსაც სასტუმროს მეპატრონეს აქვს 5 მლნ დოლარის მოცულობის, 5 წლიანი ბიზნეს სესხი. სასტუმროს გააჩნია 150 ოთახი რომლის საშუალო ფასია $140, ხოლო საშუალო წლიური

დაკავებულობა 35.72%. მონტე-კარლოს სიმულაციით, ჩვენ შევაფასეთ მომავალი ფულადი ნაკადები 5 წლის მანძილზე:

t	1	2	3	4	5
CF	0.96	1.41	-0.24	1.70	0.16

DCF მეთოდის თანახმად, კომპანიის რეზერვს რისკების მენეჯერები შეაფასებენ შემდეგნაირად:

$$Provision = \frac{0.96}{1+10\%} + \frac{1.41}{(1+10\%)^2} - \frac{-0.24}{(1+10\%)^3} + \frac{1.70}{(1+10\%)^4} + \frac{0.16}{(1+10\%)^5} - 5 = -1.89$$

ამგვარად, შედეგად მივიღეთ, რომ მოცემული სასტუმრო ვერ მოემსახურება, ან გაუჭირდება ვალდებულების სრულად მომსახურება. ამის გამო საჭიროა შეიქმნას 1.89 მლნ დოლარის რეზერვი მოსალოდნელი დანაკარგების თავიდან ასაცილებლად.

აღსანიშნავია, რომ ნაშრომის მიზანი არ მდგომარეობს რისკის შესაბამისი საპროცენტო განაკვეთის დადგენაში. ამის გამო დისკონტირების საპროცენტო განაკვეთად ავიღეთ სესხის საპროცენტო განაკვეთი რომელიც ექნებოდა მსესხებელს რომელიმე მსხვილ ბანკში.

თუმცა როგორც აღვნიშნეთ, ეს მეთოდი არ ითვალისწინებს მომავალ სტრატეგიულ შესაძლებლობებს.

ნებისმიერი ბიზნესის შემთხვევაში, მფლობელს ხშირად ეძლევა შესაძლებლობა მიმართოს სხვადასხვა სტრატეგიას მოგების გაზრდისა თუ ზარალის შემცირების მიზნით. ეს სტრატეგიები შეიძლება იყოს გაფართოება, ბიზნესის დროებით შეჩერება, წარმოების პროფილის შეცვლა, აქტივების გაქირავება ან საერთოდ ბიზნესის ლიკვიდაცია. ბუნებრივია, ყველა ამ სტრატეგიის განხილვით ჩვენ შესაძლოა მივიღოთ ზედმეტად ოპტიმისტური სურათი. ამის ნაცვლად, ბანკის წარმომადგენელი რისკების მენეჯერები, თავის გამოცდილებისა და ბაზარზე არსებული შესაძლებლობების გათვალისწინებით, განიხილავენ მხოლოდ რეალურ და

საჭირო სტრატეგიებს. ყურადსაღებია ისეთი ფაქტორები როგორიცაა: რა მოხდება თუ მსესხებელი კომპანია ვერ გაამართლებს მოლოდინს? რამდენად იოლად მოხდება აქტივების ლიკვიდაცია? რამდენად სწრაფად შეძლებს კომპანია გაფართოებას? რამდენად იოლად არის შესაძლებელი აქტივის გაქირავება? ამის გამო, სტრატეგიული არჩევნების მთელი სპექტრის განხილვის ნაცვლად, მიზანშეწონილია ისეთი ოფციონების განხილვა, რომლების გამოყენებაც ნადვილად არის შესაძლებელი. ნაშრომში ჩვენ განვიხილავთ ყველა ზემოთ განხილულ სტრატეგიულ ოფციონს და შევაფასებთ თითოეული მათგანის ეფექტს.

იმისათვის რომ გამოვიყენოთ ჩვენს მიერ შემუშავებული სტრატეგია კომპანიის მომგებიანობის ანალიზსა და რეზერვის შეფასებაში, უპირველეს ყოვლისა, საჭიროა დავამოდელიროთ კომპანიის ღირებულების დროში ძრაობა, ბინომური ხის მეშვეობით. მონტე კარლოს სიმულაციის გამოყენებით, შეფასებული ლოგ-ნორმალური ვოლატილობა (იხ. პარაგრაფი 3.3) და დანარჩენი შეფასებული პარამეტრები (იხ. ფორმულა 3.4, 3.5, 3.6) გამოიყურება შემდეგნაირად:

Lognormal Sigma	33%
Risk Free Rate	6%
δT	1
Up Factor	1.39
Down Factor	0.72
Risk N Prob.	51%
PV	3.33

შედეგად მიღებული ბინომური ხე გამოიყურება შემდეგნაირად:

t=0	1	2	3	4	5	
					17.13	**<- S_0*UpFactor^4**
				12.34		
			8.89		8.89	**<- S_0*UpFactor^3*DownFactor**
		6.41		6.41		
	4.62		4.62		4.62	
3.33		3.33		3.33		
	2.40		2.40		2.40	
		1.73		1.73		
			1.24		1.24	
				0.90		
					0.65	

სასტუმროების ბიზნესში, ხშირია შემთხვევა როდესაც მენეჯერი დებს გარიგებას რაიმე დაწესებულებასთან და აქირავებს სასტუმროს ნაწილს, რაშიც ის იღებს გარკვეულ თანხას. ეს წარმოადგენს ზემოთ ხსენებულ კონტრაქტის ოფციონს. მფლობელი აირჩევს ამგვარ სტრატეგიას, თუ სტუმრების რაოდენობა არ გაიზრდება. ასეთ დროს, სასტუმრო დაიტვირთება მხოლოდ ნაწილობრივ, თუმცა ექნება დამატებითი შემოსავლის წყარო. განვსაზღვროთ ოფციონი, რომლის მიხედვითაც, კონტრაქტი იდება სასტუმროს 15%-ის გაქირავებაზე. ამ კონტრაქტის სანაცვლოდ, მიღებული თანხა გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$\textit{საკონტრაქტო კოეფიციენტი} \times (150 \times \$70 \times \textit{დაკავებულობა} \times 365\ )$$

სადაც, **საკონტრაქტო კოეფიციენტი** - სასტუმროს ნაწილი რომელის გაქირავებაც არის გარიგების საგანი

$70 - არის ის ფასი, რამდენადაც ვაქირავებთ თითოეულ ოთახს

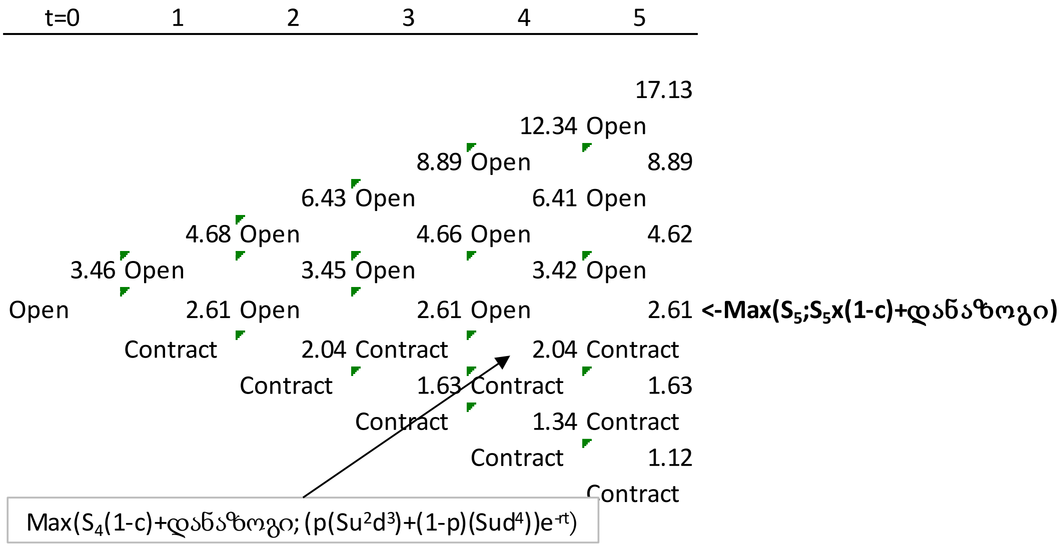
დაკავებულობა- სასტუმროს საშუალო დღიური დაკავებულობა

დაკავებულობის კოეფიციენტი ძალზედ მერყევია სასტუმროებში. კონტრაქტის ოფციონის გამოყენებისას კი, მართალია გაქირავდება სასტუმროს ნაწილი შედარებით ნაკლებ ფასად, თუმცა სანაცვლოდ, კოეფიციენტი შეინარჩუნებს სტაბილურობას.

მთლიანად კონტრაქტის ოფციონის ღირებულება იქნება სასტუმროს ღირებულების დარჩენილ ნაწილს, დამატებული დანაზოგი, ანუ ის თანხა რაც გადაგვიხადეს:

$$(\mathbf{1} - \textit{საკონტრაქტო კოეფიციენტი}) \times \textit{კომპანიის ღირებულება} + \textit{დანაზოგი}$$

შემდეგ ნაბიჯს წარმოადგენს კომპანიის ღირებულებაში აღნიშნული სტრატეგიის გათვალისწინება. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ჩასმას ვიწყებთ ბოლო პერიოდიდან და მივუყვებით საწყის მომენტამდე უკუინდუქციის ტექნიკით.



ამგვარად, ჩვენ მოცემული გვაქვს ყოველ მომენტში, რომელი ურჩევნია მფლობელს, დადოს კონტრაქტი თუ დაელოდოს მოვლენების განვითარებას.

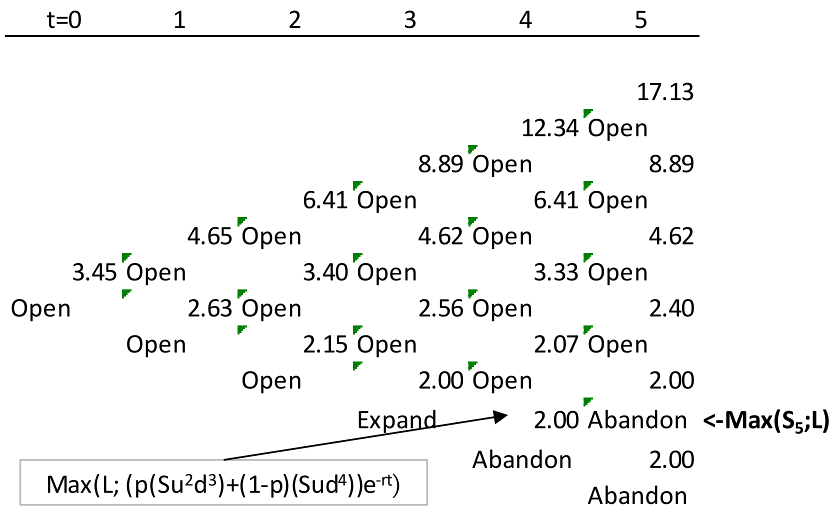
ანალოგიურად აღვწეროთ გაფართოების სტრატეგია. დავუშვათ, რომ მოთხოვნის ძლიერ გაზრდის შემთხვევაში, გაფართოება შესაძლებელია მოხდეს დამატებითი $4 მლნ ინვესტირებით. რაც მოისაზრებს ოთახების დამატებას ან მსგავსი სასტუმროს მოწყობას. ასევე დავუშვათ, რომ ასეთ შემთხვევაში, კომპანიის ფულადი ნაკადები გაორმაგდება. ამგვარად, გაფართოების შემთხვევაში, კომპანიის ღირებულება დაითვლება შემდეგნაირად:

2 × კომპანიის ღირებულება – გაფართოების ხარჯები

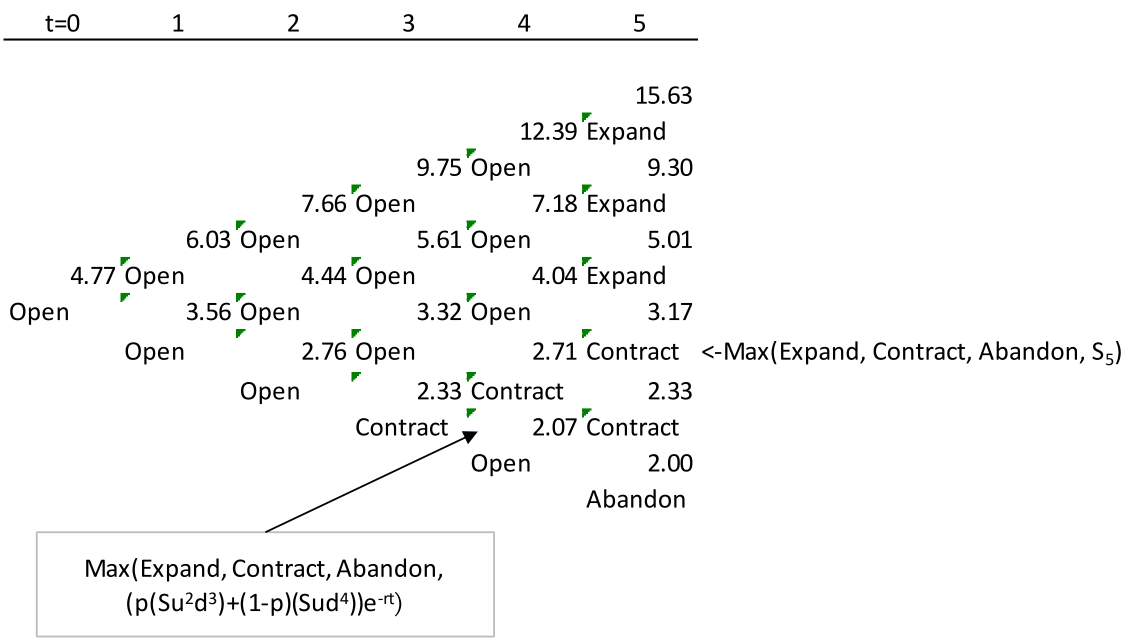
ახლა საჭიროა გადავწყვიტოთ როდის მივმართოთ აღნიშნულ სტრატეგიას. ამისათვის საბაზისო აქტივის განვითარების ბინომურ მოდელში, ყველა შესაძლებელი მომენტისთვის უნდა დავთვალოთ რა იქნება კომპანიის ღირებულება გაფართოებისას და გაფართოების გარეშე. საბოლოოდ, რაციონალურად მოაზროვნე მენეჯერმა უნდა აირჩიოს ის სტრატეგია, რომელიც იძლევა მეტ ღირებულებას.

t=0	1	2	3	4	5
$Max(2S_4\text{-}K; (p(Su^5)+(1\text{-}p)(Su^4d))e^{-rt})$					30.26 **<-Max(S_5;2S_5-K)**
				20.92 Expand	
			14.24 Open		13.78
		9.63 Open		9.05 Expand	
	6.51 Open		6.02 Open		5.23
4.42 Open		4.07 Open		3.62 Expand	
Open	2.79 Open		2.54 Open		2.40
	Open	1.79 Open		1.73 Open	
		Open	1.24 Open		1.24
			Open	0.90 Open	
				Open	0.65
					Open

ასევე ჩამოვაყალიბოთ ბიზნესის მიტოვების სტრატეგია. დავუშვათ, რომ სასტუმროს ყველანაირი აქტივის სალიკვიდაციო ღირებულებას წარმოადგენს $2 მლნ. ასეთ შემთხვევაში, თუ ბიზნესის ღირებულება დაეცემა ამ ნიშნულზე დაბლა, ინვესტორს შეიძლება არ უღირდეს ბაზარზე ოპერირება და აქტივების ლიკვიდაციის გზით, მიიღოს უფრო მეტი სარგებელი ვიდრე საქმიანობის გაგრძელებით. ამგვარად, კომპანიის განვითარების ბინომურ მოდელში ჩასმული მიტოვების ოფციონი, გამოიყურება შემდეგნაირად:



მას შემდეგ, რაც ჩამოვაყალიბეთ სამივე შესაძლო სტრატეგია, გამოვიყენოთ არჩევის, Choose ოფციონი, იმისათვის, რომ გავითვალისწინოთ მენეჯერის შესაძლებლობა აირჩიოს საუკეთესო სტრატეგია. როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ეს ოფციონი იღებს მაქსიმალურად მომგებიანს, პოტენციურ სტრატეგიებს შორის:



შედეგად, ბინომური ხის მეშვეობით, ჩვენ დავამოდელირეთ კომპანიის ევოლუცია დროში და თითოეულ მომენტში აღვწერეთ მოქმედების საუკეთესო სტრატეგია. აღსანიშნავია, რომ რიგ შემთხვევებში,

მენეჯერმა არ უნდა იჩქაროს გადაწყვეტილების მიღებაში (წერტილი Open), რადგან არსებული ინფორმაციის საფუძველზე საუკეთესო გადაწყვეტილების წესი ჯერ ცნობილი არ არის. ამიტომ საჭიროა ლოდინი სანამ არ გამჟღავნდება დამატებითი პირობები.

ამგვარად, DCF მეთოდოლოგიით ჩვენ მივიღეთ, რომ კომპანიას გაუჭირდებოდა ვალდებულებების მომსახურება, რადგან, მისმა ღირებულებამ მიაღწია $3.11 მლნ-ს, ხოლო სესხის მოცულობა იყო $5 მლნ. ამის გამო შესაძლო დანაკარგების რეზერვი ტოლი იყო $1.89 მლნ-ის. თუმცა რეალური ოფციონების გაანალიზების შედეგად დავასკვენით, რომ კომპანიის ღირებულება შეიძლება გაიზარდოს, ხოლო რეზერვი დაეცეს იქიდან გამომდინარე თუ რა სტრატეგიას აირჩევს მენეჯერი დინამიურ გარემოში. სხვადასხვა სტრატეგიების შესაბამისი ღირებულებები და რეზერვები იხილეთ ცხრილში:

სტრატეგია	გაფართოება	კონტრაქტი	მიტოვება	არჩევა
კომპანიის ღირებულება	4.42	3.46	3.45	4.77
მოსალოდნელი დანაკარგის რეზერვი	0.58	1.54	1.55	0.23

აღსანიშნავია, რომ ანალიზისთვის რისკების მენეჯერმა შესაძლოა გაითვალისწინოს რამდენიმე სტრატეგიების კომბინაცია ან მხოლოდ ერთერთი, კომპანიისა და ბაზრის შესაძლებლობებიდან გამომდინარე.

დასკვნა

მსესხებლის საკრედიტო რისკის შესაფასებლად ხშირად გამოიყენება ისეთი მოდელები როგორებიცაა რეგრესია და დისკრიმინანტული ანალიზი. თუმცა ისეთ გარემოში რომელშიც ხელი არ მიგვიწვდება წარსულ სტატისტიკაზე ამ მოდელების გამოყენება ყოვლად უშედეგოა.

ასეთ დროს საბანკო სივრცეში ხშირად მიმართავენ მენეჯერულ გადაწყვეტილებებს რადგან მათი ინტუიცია და გამოცდილება სხვა რაიმე ფაქტორზე მეტად სანდოა. ნაშრომში აღწერილი მოდელები და კონკრეტული მაგალითები გვიჩვენებს თუ როგორ შეიძლება ექსპერტთა ჯგუფური შეფასებიდან გამომდინარე უკეთესი წარმოდგენა შეგვექმნას ამა თუ იმ მსესხებლის რისკიანობაზე და როგორ შეიძლება მათი გამოცდილება ითარგმნოს მათემატიკურ მოდელში ავტომატიზებული სისტემის შესაქმნელად. ჩვენ შევიმუშავეთ ერთგვარი ქულათა სისტემა რომელიც უკეთებს კრედიტორებს სორტირებას რისკის მიხედვით. თუმცა უნდა აღინიშნოს რომ აღწერილი მეთოდი არ არის გადაწყვეტილების მიღების მკაცრი წესი არამედ წარმოადგენს მხოლოდ მეცნიერულად დასაბუთებულ რეკომენდაციას.

საკრედიტო რისკის ასევე განუყოფელი ნაწილია იმის შეფასება თუ რა მოცულობის სესხის გაცემა არის მიზანშეწონილი და/ან რამხელა რეზერვი არის შესაქმნელი არსებული მსესხებლისთვის. ამის გასაგებად, ხშირად გამოიყენება DCF მეთოდი, რაც მოიცავს მომავალი ფულადი ნაკადების დღევანდელი ღირებულების დათვლას. გამომდინარე იქიდან რომ აღნიშნული მეთოდი არის ძალზედ სტატიკური და მოუქნელი, შემოვიღეთ დამატებით ინსტრუმენტი, რეალური ოფციონი. გამომდინარე იქიდან რომ ჩვენი მიზანი არ იყო ოფციონების თეორიის სიღრმისეულად შესწავლა, ნაშრომში განვიხილეთ მხოლოდ ერთი ტიპის რეალური ოფციონი, მიტოვება/ბარიერის ოფციონი. მიტოვების შესაძლებლობამ, შემატა მოდელს მოქნილობა, გაზარდა კომპანიის ღირებულება და შეამცირა მოსალოდნელი დანაკარგებისათვის საჭირო რეზერვი

გამოყენებული ლიტერატურა

[1] E. Altman, Financial ratios, discriminant analysis and the prediction of corporate bankruptcy, Journal of Finance Vol. 23, 589-609, 1968.

[2] E. Altman, "ZETA analysis: a new model to identify bankruptcy risk of corporations," *Journal of Banking and Finance, Vol. 1*, pp. 29-54, 1977.

[3] R. C. Merton, On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates, Journal of Finance, Vol. 29, No. 2, 449-470, 1974.

[4] R. Cox and F. Black, Valuing corporate securities: Some effects of bond indenture provisions, Journal of Finance, Vol. 31, 335-367, 1976.

[5] K. Hayes, K. Hodge and L. Hughes, A Study of the Efficacy of Altman's Z To Predict Bankruptcy of Specialty Retail Firms Doing Business in Contemporary Times., Economics & Business Journal, Inquiries & Perspectives Vol. 1, 122-130, 2010.

[6] W. Miller, Comparing Models of Corporate Bankruptcy Prediction: Distance to Default vs. Z-Score, Morningstar Inc., 2010.

[7] E. Altman, Revisiting Credit Scoring Models in a Basel 2 Environment., London: Risk Books, 2002.

[8] A. Saunders and M. M. Cornett, Financial Institutions Management: A Risk Management Approach, 2010.

[9] V. Martin and K. Evien, Credit Scoring Methods., Journal of Economic Literature ., 2011.

[10] G. Webster, Bayesian Logistic Regression Models for Credit Scoring., Rhodes University ., 2011.

[11] B. M. and L. G., Mastering Data Mining: The Art and Science of Customer Relationship Management, New York: John Wiley & Sons, Inc., 2000.

[12] N. Siddiqi, Credit Risk Scorecards, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2006.

[13] L. Zadeh, "Fuzzy sets," *Information and Control*, pp. 338-353, 1965.

[14] L. Zadeh, "The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning," *Information Science,* pp. 199-249, 1975.

[15] T. J. Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, 2010.

[16] T. Karol, "Fuzzy Logic in Financial Management," *Fuzzy Logic – Emerging Technologies and Applications,* 2012.

[17] K. Shang and Z. Hossen, "Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision Making," 2012.

[18] A. K. Dixit and R. S. Pindyck, Investment under Uncertainty, Princeton University Press, 1994.

[19] L. Trigeorgis, Real options: Managerial exibility and strategy in resource allocation, MIT Press, 1996.

[20] J. Mun, Real Options Analysis: Tools and Techniques for Valuing Strategic Investments and Decisions, Wiley Finance, 2002.

[21] P. Straffin, Game Theory and Strategy, The Mathematical Association of America, 1993.

[22] H. T. Smit and L. Trigeorgis, Strategic Investment: Real Options and Games, Princeton University Press, 2004.

[23] S. Grenadier, Game Choices: The Intersection of Real Options and Game Theory, Risk Books, 2000.

[24] T. Tsabadze, "A method for fuzzy aggregation based on group expert evaluations," *Fuzzy Sets and Systems Volume,* 2006.

[25] T. Tsabadze, "The reduction of binary fuzzy relations and its applications," *Science District,* 2007.

[26] И. Ж. Тыршин, А. Н. Аверкин, А. Ф. Блишун, В. Б. Силов и В. Б. Тарасов, Бнечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта, 1986.

[27] T. F. G. Klir, Fuzzy Sets, Uncertainty and Information, Singapore: Prentice-Hall, 1992.

[28] M. Zeleny, "Cognitive equilibrium: A knowledge-based theory," *International Journal of General Systems,* no. 19, pp. 359-381, 1991.

[29] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," *International Journal Man Much. Stud.,* pp. 1-13, 1975.

[30] G. Beliakov, "Definition of general aggregation operators through similarity relations," *Fuzzy Sets and Systems,* no. 114, pp. 437-4353, 2000.

[31] T. Tsabadze, "A method for aggregation of trapezoidal fuzzy estimates under group decision-making," *Fuzzy Sets and Systems,* pp. 114-130, 2015.

[32] T. Tsabadze, "The coordination index of finite collection of fuzzy sets," *Fuzzy Sets and Systems,* pp. 177-185, 1999.

[33] R. Giles, "Lukasiewicz logic and fuzzy theory," *Int. J. Man Mach. Stud.,* pp. 623-688, 1976.

[34] S. Weber, "A general concept of fuzzy connectives, negations and implications based on t-norms and t-conorms," *Fuzzy Sets and Systems,* pp. 115-134, 1983.

[35] H.-J. Zimmermann, Fuzzy Sets Theory and its Applications, Kluwer, Boston, 1996.

[36] W. Cholewa, "Aggregation of fuzzy opinions - an axiomatic approach," *Fuzzy Sets and Systems 17,* pp. 249-258, 1985.

[37] M. E.H., "Advances in linguistic synthesis of fuzzy controllers," *Int. J. Man Mach. Stud., ,* pp. 669-678, 1976.

[38] B. Kosko, Neural Networks and Fuzzy Systems, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1992.

[39] I. Chelidze and L. Gachechiladze, "Investment Project Valuation with Real Options and Games Theory," *Economics and Banking Business,* 2013.

[40] R. L. McDonalds, Derivatives Markets, 2006.

[41] S. Ross, R. Westerfield and J. Jaffe, Corporate Finance, McGraw-Hill Education, 2012.

[42] S. Benninga, Financial Modeling, MIT Press, 2014.

[43] J. Cox, S. Ross and M. Rubinstein, "OPTION PRICING: A SIMPLIFIED APPROACH," *Journal of Financial Economics,* pp. 229-263, 1979.

[44] H. T. Smit and L. Trigeorgis, Strategic Investment: Real Options and Games, Princeton University Press, 2012.

[45] K. Chatterjee and W. Samuelson, Game Theory and Business Applications, Springer;, 2013.

[46] D. Handom, Modelling consumer credit risk, IMA Journal of Management Mathematics Vol 12, 139-155., 2011.

[47] H. Schaeffer Jr, Credit Risk Management: A Guide to Sound Business Decisions., Wiley., 2000.

[48] M. Pohar, M. Blas and S. Turk, Comparison of Logistic Regression and Linear Discriminant Analysis: A Simulation Study., Metodološki zvezki, Vol. 1, 143-161., 2004.

[49] E. Bartolozzi, L. Garcıa-Erguın, C. Deocon, O. Vasquez and F. Plaza, Credit Scoring Modelling for Retail Banking Sector., Madrid: Universidad Complutense de Madrid., 2008.

[50] L. Allen, G. DeLong and A. Saunders, Issues in the credit risk modeling of retail markets., Journal of Banking and Finance, Vol. 28, 727-752., 2004.

[51] R. Yager and D. Filev, Essentials of Fuzzy Modelling and Control, New York: Wiley, 1994.

[52] L. Kuncheva and R. Krishnapuram, "A fuzzy consensus aggregation operator," *Fuzzy Sets and Systems 76,* pp. 347-356, 1963.

[53] C.-Y. Tyan, P. Wang, D. Bahler and S. Rangaswamy, "A new methodology of fuzzy constraint-based controller design via constraint-network processing," *Fuzzy Systems,* pp. 166-178, 1996.

დანართი 1

ალგორითმი:

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: ერთელემენტიანი ფაზი სიმრავლის $\{B_j\}$, და მისი რეგულაციის $\{B_j^{'}\}$, $j=\overline{1,m}$, $m=2,3,...$ განსაზღვრა. x_i i=1,2,…n წერტილში აგრეგირებულ სიმრავლე აღვნიშნოთ $\mu(x_i)$-ით

ნაბიჯი 1: ერთელემენტიანი ფაზი სიმრავლეების $\{B_j^{'}\}$ წარმომადგენლისა და კოორდინაციის ინდექსის გამოთვლა თითოეული x_i-სთვის. აღვნიშნოთ შესაბამისი კოორდინაციის ინდექსები $S(x_1), S(x_2),..., S(x_N)$. მათ შორის მაქსიმალურის ($S_{\max}$) შეფასება.

ნაბიჯი 2: ავარჩიოთ $\{S(x_i)\}$ ისე რომ S^* ელემენტი რომელიც მეტია ან ტოლი ყველა ელემენტისა გარდა S_{max}-ისა.

ნაბიჯი 3: მე-4 ეტაპის N-ჯერ შესრულება

ნაბიჯი 4: Δ-ს გამოთვლა შემდეგნაირად: $S^* - S(x_i)$

თუ $\Delta < 0$ მაშინ $\mu(x_i) = \mu_{B_j}(x_i)$

თუ $\Delta = 0$ მაშინ $\mu(x_i)$ ითვლება ფორმულით 5.21

თუ $\Delta > 0$ თითოეული x_i-სთვის k_i-ის განსაზღვრა შემდეგი გამოსახულებიდან $S^* = k_i S(x_i) + (1-k_i) S_{\max}$ და $\mu(x_i)$ გამოთვლა (5.18) და (5.22)-ის გამოყენებით.

ნაბიჯი 5: მიღებული ერთობლიობის წარმოამდგენლის გამოთვლა $\{\mu(x_1), \mu(x_2),..., \mu(x_N)\}$.

დანართი 2

x1	სესხების მოცულობა / დასაბეგრი მოგება
x2	დასაბეგრი მოგება / საპროცენტო ხარჯი
x3	ჯამური ვალდებულებები / კაპიტალთან
x4	მიმდინარე აქტივები / მიმდინარე ვალდებულებები
x5	დასაბეგრი მოგების ნაზრდი წინა წელთან შედარებით
x6	შემოსავლის ნაზრდი წინა წელთან შედარებით
x7	დივიდენდი / წმინდა მოგება
x8	გრძელვადიანი აქტივები / გრძელვადიან ვალდებულებებზე
x9	წმინდა მოგება / კაპიტალი
x10	დასაბეგრი მოგება / აქტივები
x11	მარაგების ბრუნვადობა
x12	დებიტორული დავალიანების ბრუნვადობა
x13	მიმდინარე ვალდებულებების ბრუნვადობა
x14	კაპიტალი / მიმდინარე აქტივებთან
x15	საკრედიტო ისტორია
x16	აღრიცხვის კონტროლი
x17	უმაღლესი მენეჯმენტის ხარისხი
x18	პასუხისმგებლობის დონე
x19	ანგარიშთა ბრუნვა
x20	მომხმარებლებზე დამოკიდებულება
x21	მომწოდებლებზე დამოკიდებულება
x22	მფლობელთა რეპუტაცია
x23	პროდუქტის გაყიდვების ნაზრდი
x24	ბიზნესის მფლობელები
x25	ბაზრის წილი
x26	ბაზარზე ოპერირების პერიოდი
x27	ოფშორი
x28	ლიცენზია

x29 ცვლილება უმაღლეს მენეჯმენტში

x30 მენეჯერის გამოცდილება

x31 სხვა ბიზნესების დაფინანსების შესაძლებლობა

x32 კლიენტისა და მისი ძირითადი პარტნიორების გეოგრაფიული მდგებარეობა

დანართი 3

	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	x26	x27	x28	x29	x30	x31	x32
x1	100%	100%	100%	80%	64%	32%	32%	16%	16%	16%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
x2	0%	100%	100%	80%	64%	32%	32%	16%	16%	16%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
x3	0%	0%	100%	80%	64%	32%	32%	16%	16%	16%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	4%	4%
x4	0%	0%	0%	100%	80%	40%	40%	20%	20%	20%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	8%	8%	7%	7%	7%	7%	7%	7%	6%	6%	6%	6%	6%	6%	5%	5%
x5	0%	0%	0%	0%	100%	50%	50%	25%	25%	25%	13%	13%	13%	13%	13%	13%	10%	10%	9%	9%	9%	9%	9%	9%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	7%	7%
x6	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	20%	20%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	13%	13%
x7	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	50%	50%	50%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	20%	20%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	15%	15%	15%	15%	15%	15%	13%	13%
x8	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	40%	40%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	26%	26%
x9	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	40%	40%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	26%	26%
x10	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	40%	40%	36%	36%	36%	36%	36%	36%	31%	31%	31%	31%	31%	31%	26%	26%
x11	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x12	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x13	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x14	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x15	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x16	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	80%	80%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	61%	61%	61%	61%	61%	61%	52%	52%
x17	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	65%	65%
x18	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	90%	90%	90%	90%	90%	90%	77%	77%	77%	77%	77%	77%	65%	65%
x19	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x20	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x21	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x22	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x23	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x24	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	85%	85%	85%	85%	85%	85%	72%	72%
x25	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	85%
x26	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	85%	85%
x27	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	85%	85%
x28	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	85%	85%
x29	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%	85%	85%
x30	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	85%	85%
x31	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%	100%
x32	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	100%

დანართი #4

		"კარგი" მსესხებელი						"ცუდი" მსესხებელი					
		კოეფიციენტის მნიშვნელობა	ექსპერტების შეფასებები					კოეფიციენტის მნიშვნელობა	ექსპერტების შეფასებები				
x1	სესხების მოცულობა / დასაბეგრი მოგება	0.45	9	8	8	9	7	11	1	0	3	2	1
x2	დასაბეგრი მოგება / საპროცენტო ხარჯი	5	9	9	10	10	10	0.9	1	2	2	0	2
x3	ჯამური ვალდებულებები / კაპიტალთან	0.3	9	10	7	9	10	3	1	2	3	3	1
x4	მიმდინარე აქტივები / მიმდინარე ვალდებულებები	0.5	1	1	0	0	3	0.7	1	3	0	1	3
x5	დასაბეგრი მოგების ნაზრდი წინა წელთან შედარებით	1.3	5	4	4	3	7	1.5	6	7	6	4	8
x6	შემოსავლის ნაზრდი წინა წელთან შედარებით	1.1	10	8	8	8	9	0.5	1	2	3	1	2
x7	დივიდენდი / წმინდა მოგება	0	10	9	9	10	9	0	10	9	8	10	9
x8	გრძელვადიანი აქტივები / გრძელვადიან ვალდებულებებზე	7	10	10	9	7	8	1.5	7	8	5	6	9
x9	დასაბეგრი მოგება/შემოსავალი	0.3	9	8	7	7	10	0.25	8	6	6	9	8
x10	დასაბეგრი მოგება / აქტივები	0.1	5	6	4	4	3	0.03	4	2	4	4	3
x11	მარაგების ბრუნვადობა	0	5	5	3	6	4	200	1	2	0	3	0
x12	დებიტორული დავალიანების ბრუნვადობა	35	7	9	8	9	9	96	5	5	7	3	6
x13	მიმდინარე ვალდებულებების ბრუნვადობა	200	1	2	2	3	0	650	1	2	0	1	0
x14	კაპიტალი - გრძელვადიანი აქტივები/ მიმდინარე აქტივებთან	-2	1	0	1	1	3	-5	1	3	0	0	3
x15	საკრედიტო ისტორია	კომპანიას გააჩნია დადებითი საკრედიტო ისტორია ბოლო 36 თვის მანძილზე	7	7	9	7	7	კომპანიას გააჩნია დადებითი საკრედიტო ისტორია ბოლო 36 თვის მანძილზე	7	9	7	9	8
x16	აღრიცხვის კონტროლი	კომპანიას გააჩნია კარგი აღრიცხვიანობის სისტემა, მარაგების მართვის მექანიზმი	7	9	5	6	6	ანიცდის გამართული ელექტრონული ს	3	1	3	3	2
x17	უმაღლესი მენეჯმენტის ხარისხი	კომპანიას გააჩნია არასრულყოფილი სტრატეგიული გეგმა	4	3	4	2	5	კომპანიას გააჩნია არასრულყოფილი სტრატეგიული გეგმა	4	6	4	3	4
x18	პასუხისმგებლობის დონე	მფლობელები სრულად იღებენ პასუხისმგებლობას კომპანიის ვალდებულებებზე	8	6	7	10	6	მფლობელები სრულად იღებენ პასუხისმგებლობას კომპანიის ვალდებულებებზე	8	8	10	8	9
x19	ანგარიშთა ბრუნვა	ანგარიშთა ბრუნვის <10%ზე აისახება ბანკის ანგარიშზე	1	2	0	0	1	ბრუნვების 25%დან 50%მდე აისახება ბანკის ანგარიშზე	5	5	3	4	5
x20	მომხმარებლებზე დამოკიდებულება	ერთმანეთისგან დამოუკიდებელი, მომხმარებლის ფართე სპექტრი	10	9	8	9	8	მომხმარებლების 20%ზე ნაწილდება შემოსავლის 50%	5	4	4	4	4
x21	მომწოდებლებზე დამოკიდებულება	ხარჯების 50% უკავია ერთ მომწოდებელს	5	5	4	3	5	დამოუკიდებელი მომწოდებლების ფართე სპექტრი	10	10	8	10	10
x22	მფლობელთა რეპუტაცია	მფლობელებს გააჩნიათ დადებით რეპუტაცია	10	9	10	9	10	მფლობელებს გააჩნიათ დადებით რეპუტაცია	10	10	9	10	9
x23	პროდუქტის გაყიდვების ნაზრდი	> მშპ	8	8	6	8	9	<მშპ	8	6	9	8	10
x24	ბიზნესის მფლობელები	მფლობელები არიან ცნობილნი და საქართველოს მოქალაქეები	10	9	9	10	9	მფლობელები არიან საქართველოს მოქალაქეები	7	7	8	7	5
x25	ბაზრის წილი	25%დან 50%მდე	7	7	7	5	9	<10%	5	3	4	5	3
x26	ბაზარზე ოპერირების პერიოდი	>5 წელი	5	7	3	3	7	>5 წელი	5	3	3	6	7
x27	ოფშორი	აღინიშნება დაკავშირებული ერთეულის არსებობა და ფინანსური აქტივობა	5	4	4	7	4	აღინიშნება დაკავშირებული ერთეულის არსებობა და ფინანსური აქტივობა	5	5	6	3	4
x28	ლიცენზია	მოითხოვება და მსესხებელს გააჩნია ლიცენზია იმ იმ პერიოდის მანძილზე რომელიც საჭიროა სესხის დასაფარად	7	8	6	7	8	მოითხოვება და მსესხებელს გააჩნია ლიცენზია იმ იმ პერიოდის მანძილზე რომელიც საჭიროა სესხის დასაფარად	7	5	9	9	8
x29	ცვლილება უმაღლეს მენეჯმენტში	პერიოდულად იცვნლებიან (დაახლოებით 3 წელიწადში ერთხელ	4	3	5	6	2	იგივე ხალხი მუშაობს დიდი ხნის მანძილზე	8	8	10	8	7
x30	მენეჯერის გამოცდილება	1 დან 3 წლამდე	4	3	4	5	3	3 დან 5 წლამდე	7	9	9	9	5
x31	სხვა ბიზნესების დაფინანსების შესაძლებლობა	მფლობელებს გააჩნიათ სხვა ბიზნესები რომლებიდანაც ხდება სახსრების გადმოდინება	5	7	7	5	3	მფლობელებს გააჩნიათ სხვა ბიზნესები რომლებიდანაც ხდება სახსრების გადმოდინება	5	3	5	7	4
x32	კლიენტისა და მისი ძირითადი პარტნიორების გეოგრაფიული მდგებარეობა	კლიენტი და ძირითადი პარტნიორები არიან საქართველოში	7	9	5	7	6	კლიენტი და ძირითადი პარტნიორები არიან საქართველოში	7	6	5	7	7

დანართი 5

```
[System]
Name='Fuzzy Logic'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=2
NumOutputs=1
NumRules=7
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='DE'
Range=[0 1.5]
NumMFs=3
MF1='LOW':'trapmf',[-0.54 -0.06 0.25 0.5]
MF2='MED':'trapmf',[0.25 0.5 0.85 1.1]
MF3='HIGH':'trapmf',[0.85 1.1 1.99 2]

[Input2]
Name='ROA'
Range=[0 0.25]
NumMFs=3
MF1='LOW':'trapmf',[-0.09 -0.01 0.05 0.09]
MF2='MED':'trapmf',[0.05 0.09 0.14 0.18]
MF3='HIGH':'trapmf',[0.14 0.18 0.26 0.34]

[Output1]
Name='PD'
Range=[0 0.325]
```

NumMFs=3

MF1='LOW':'trapmf',[-0.1161 -0.01214 0.025 0.15]

MF2='MED':'trimf',[0.0325 0.1495 0.2665]

MF3='HIGH':'trapmf',[0.15 0.275 0.338 0.442]

[Rules]

1 3, 1 (1) : 1

1 1, 2 (1) : 1

1 2, 2 (1) : 1

2 3, 1 (1) : 1

2 1, 3 (1) : 1

2 2, 2 (1) : 1

3 3, 3 (1) : 1

დანართი 6

ალგორითმი:

ნაბიჯი 0: ინიციალიზაცია: მოცემულია ტრაპეციულის ფაზი სიმრავლეების სასრული ერთობლიობა $\{\hat{R}_j\}$, და მისი რეგულაციის $\{\hat{R}'_j\}$. აგრეგირებული ფაზი სიმრავლე აღვნიშნოთ $\tilde{R}$-ით.

ნაბიჯი 1: გამოვითვალოთ $\{\hat{R}'_j\}$-ის წარმომადგენელი $\hat{R}^*$

ნაბიჯი 2: შევასრულოთ ნაბიჯი 3 ყოველი j-სთვის

ნაბიჯი 3: დავითვალოთ $\Delta_j = \rho(\hat{R}^*, \hat{R}_j)$

- თუ ერთერთი $\Delta_j = 0$, მაშინ $\tilde{R} = \hat{R}^*$
- თუ ყველა $\Delta_j > 0$, ვიხელმძღვანელოთ ფორმულებით 12.1 და 12.2

დანართი 7

ბანკის კაპიტალის მიზანია:

ა) უზრუნველყოფილ იქნეს ბანკში დეპოზიტორთა და სხვა კრედიტორთა ფულადი სახსრების შენახვის საიმედოობა, საბანკო საქმიანობის რისკებით გამოწვეული შესაძლო ნეგატიური შედეგების მინიმუმამდე დაყვანა, რათა ბანკის ფინანსური დანაკარგების, ზარალისა და გაკოტრების შედეგებით გამოწვეული პროცესები არ გავრცელდეს სხვა ბანკებზე, არ მიიღოს სისტემური ხასიათი და მინიმუმადე იქნეს დაყვანილი სისტემური კრიზისის წარმოქმნის ალბათობა;

ბ) უზრუნველყოფილ იქნეს საბანკო საქმიანობის განხორციელება, გაიზარდოს საბანკო ოპერაციების გაფართოების შესაძლებლობები როგორც მიმდინარე ეტაპზე, ისე სამომავლოდ. ამასთან, იგი უნდა იძლეოდეს მოსალოდნელი და მოულოდნელი ფინანსური დანაკარგებისა და ზარალის განეიტრალების საშუალებას.

ბანკის კაპიტალის ადეკვატურობის განსაზღვრისა და შეფასებისათვის გამოყენება ბანკის სხვადასხვა სახეობის კაპიტალის კოეფიციენტები და მინიმალური საზედამხედველო კაპიტალი. კაპიტალის ადეკვატურობის განმსაზღვრელი სხვადასხვა სახეობის კაპიტალის კოეფიციენტებია ბანკის პირველადი კაპიტალის კოეფიციენტი და საზედამხედველო კაპიტალის კოეფიციენტი. პირველადი კაპიტალის კოეფიციენტი არის ბანკის პირველადი კაპიტალის თანაფარდობა რისკის მიხედვით შეწონილ აქტივებთან, რომლის მიხედვით ბანკის პირველადი კაპიტალი უნდა იყოს რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივების არანაკლებ 8 პროცენტისა. საზედამხედველო კაპიტალის კოეფიციენტი არის ბანკის საზედამხედველო კაპიტალის თანაფარდობა რისკის მიხედვით შეწონილ აქტივებთან, რომლის მიხედვით ბანკის საზედამხედველო კაპიტალი უნდა იყოს რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივების არანაკლებ 12 პროცენტისა.

ბანკის კაპიტალის ადეკვატურობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება საზედამხედველო კაპიტალი. საზედამხედველო კაპიტალი არის კაპიტალის სახეობა, რომელიც იქმნება საბანკო საქმიანობის განხორციელებისათვის, მოსალოდნელი და მოულოდნელი ფინანსური დანაკარგების/ზარალის განეიტრალების და სხვადასხვა რისკის თავიდან აცილებისათვის. ბანკის საზედამხედველო კაპიტალი შედგება პირველადი და მეორადი კაპიტალისაგან და უდრის პირველადი და მეორადი კაპიტალის ჯამს, გამოკლებული საზედამხედველო კაპიტალის დაქვითვა.

ბანკის პირველადი კაპიტალი არის საზედამხედველო კაპიტალის ძირითადი წყარო და შედგება შემდეგი კომპონენტებისაგან:

ა) ჩვეულებრივი აქციები გამოსყიდულის გამოკლებით;

ბ) არააკუმულაციური უვადო პრივილეგირებული აქციები გამოსყიდულის გამოკლებით;

გ) აქციების ემისიით მიღებული დამატებითი სახსრები;

დ) სარეზერვო ფონდი, რომლებიც შექმნილი უნდა იყოს წინა წლების გაუნაწილებელი მოგებიდან, ბანკის განკარგულებაშია და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს წარმოშობილი ზარალის დასაფარავად;

ე) წინა წლების გაუნაწილებელი მოგება (ზარალი).

პირველადი კაპიტალის დაქვითვა შედგება შემდეგი კომპონენტებისაგან:

ა) ბანკის საწესდებო კაპიტალში ასახული ძირითადი საშუალებების გადაფასების რეზერვიდან გადატანილი თანხა;

ბ) არამატერიალური აქტივები.

ბანკის მეორადი კაპიტალი წარმოადგენს საზედამხედველო კაპიტალის დამატებით წყაროს და შედგება შემდეგი კომპონენტებისაგან:

ა) მიმდინარე წლის მოგება (ზარალი);

ბ) მიზნობრივი ფონდები;

გ) საერთო რეზერვები, არა უმეტეს საკრედიტო და საბაზრო რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივების 1.25%-ის ოდენობისა;

დ) პრივილეგირებული აქციები გამოსყიდულის გამოკლებით, გარდა პირველად კაპიტალში ასახული არაკუმულაციური უვადო პრივილეგირებული აქციებისა;

ე) ბანკის აქციებში კონვერტირებადი ვალი, იმ პირობით, თუ იგი სრულად აკმაყოფილებს სუბორდინირებული ვალის შინაარსს;

ვ) სუბორდინირებული ვალი, მიღებული მინიმუმ 5 წლით სარგებლობის ვადით და ბოლო 5 წლის განმავლობაში ყოველწლიურად ვალის 20 პროცენტით შემცირებული ოდენობით, იმ პირობით, თუ სუბორდინირებული ვალი მიღებულია ყოველგვარი უზრუნველყოფისა და გამოყენების შეზღუდვების გარეშე.

ბანკის კაპიტალის ადეკვატურობის განსაზღვრისათვის გამოიყენება რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივები, რომლებიც მოიცავს საკრედიტო და საბაზრო რისკებით შეწონილ აქტივებს. საკრედიტო რისკი არის კონტრაგენტი პარტნიორის მიერ ვალდებულების შეუსრულებლობით ან გაკოტრებით გამოწვეული რისკი.

საბაზრო რისკი არის ბაზარზე ფასების მერყეობის შედეგად ბანკის აქტივების ღირებულების ცვლილებით გამოწვეული რისკი.

რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივები არის საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივებისა და საბაზრო რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივების ჯამი.

საკრედიტო რისკები მიხედვით შემდეგნაირად ხდება რისკები შეწონვა.

აქტივების საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონვის მიზნით ბანკის აქტივები იყოფა 4 კატეგორიად და თითოეული კატეგორიის აქტივებს შეესაბამება საკრედიტო რისკის კოეფიციენტი:

ა) I კატეგორიის აქტივები, 0%-იანი საკრედიტო რისკი – საკრედიტო რისკის კოეფიციენტი 0;

ბ) II კატეგორიის აქტივები, 20%-იანი საკრედიტო რისკი – საკრედიტო რისკის კოეფიციენტი 0.2;

გ) III კატეგორიის აქტივები, 50%-იანი საკრედიტო რისკი – საკრედიტო რისკის კოეფიციენტი 0.5;

დ) IV კატეგორიის აქტივები, 100%-იანი საკრედიტო რისკი – საკრედიტო რისკის კოეფიციენტი 1.0.

საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივების გაანგარიშებაში არ მონაწილეობს ის აქტივები, რომლებიც პირველადი და საზედამხედველო კაპიტალის დაქვითვის კომპონენტებს წარმოადგენს.

საკრედიტო რისკის მიხედვით აქტივების შეწონვისას გაანგარიშებაში აიღება აქტივების წმინდა ღირებულება, გარდა სესხებისა და სესხებზე დარიცხული მისაღები პროცენტებისა, რომლებიც აიღება მთლიანი ღირებულებით.

0%-იანი საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული I კატეგორიის აქტივებია:

ა) ბანკში არსებული ნაღდი ფულადი სახსრები ლარებით და “ეგთო-ს” წევრი ქვეყნების ვალუტით;

ბ) ქვეყნის ეროვნულ (ცენტრალურ) ბანკში საკორესპოდენტო და მინიმალური რეზერვების ანგარიშებზე განთავსებული ფულადი სახსრები;

გ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც პირდაპირ და უპირობოდ გარანტირებულია ქვეყნის ეროვნული (ცენტრალური) ბანკის მიერ;

დ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც პირდაპირ და უპირობოდ გარანტირებულია "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ცენტრალური მთავრობების და/ან ცენტრალური ბანკების მიერ;

ე) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ცენტრალური მთავრობების და/ან ცენტრალური ბანკების მიერ გამოშვებული და გარანტირებული სავალო ფასიანი ქაღალდებით;

ვ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია ამავე ბანკში დაჯავშნული დეპოზიტებით.

20%-იან საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული II კატეგორიის აქტივებია:

ა) ნაღდ ფულთან გათანაბრებული დოკუმენტების თანხობრივი მოცულობა ლარებით და "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ვალუტით;

ბ) მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც გარანტირებულია "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების რეზიდენტი ბანკების მიერ;

გ) ქვეყნის ფინანსთა სამინისტროს სახაზინო ვალდებულებებით წარმოქმნილი მოთხოვნები;

დ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია ქვეყნის ფინანსთა სამინისტროს მიერ გამოშვებული და გარანტირებული სახაზინო ვალდებულებებით;

ე) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც გარანტირებულია საერთაშორისო საფინანსო ინსტიტუტების მიერ;

ვ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების რეზიდენტ ბანკებში დაჯავშნული დეპოზიტებით;

ზ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც არაპირდაპირ გარანტირებულია "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ცენტრალური მთავრობების

და/ან ცენტრალური ბანკების მიერ და რომლებიც ამ დებულების შესაბამისად მიკუთვნებული არ არის 0%-იანი რისკის მატარებელი აქტივების კატეგორიას;

თ) საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი ოქროსა და სხვა ძვირფასი ლითონების ზოდები;

ი) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი ოქროსა და სხვა ძვირფასი ლითონების ზოდებით.

50%-იან საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული III კატეგორიის აქტივებია:

ა) ნაღდი ფულადი სახსრები და ნაღდ ფულთან გათანაბრებული დოკუმენტების თანხობრივი მოცულობა "ეგთო-ს" არაწევრი ქვეყნების ვალუტით;

ბ) მოკლევადიანი და გრძელვადიანი მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც გარანტირებულია საქართველოს რეზიდენტი ბანკების მიერ;

გ) მოკლევადიანი მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც გარანტირებულია "ეგთო-ს" არაწევრი ქვეყნების რეზიდენტი ბანკების მიერ;

დ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც პირდაპირ და უპირობოდ გარანტირებულია ქვეყნის ფინანსთა სამინისტროს (ან კანონმდებლობით გათვალისწინებული სხვა სახელმწიფო უწყების) მიერ;

ე) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია ქვეყნის ფინანსთა სამინისტროს (ან კანონმდებლობით გათვალისწინებული სხვა სახელმწიფო უწყების) მიერ გამოშვებული და გარანტირებული სხვა სავალო ფასიანი ქაღალდებით;

ვ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც პირდაპირ და უპირობოდ გარანტირებულია ქვეყნის და "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ადგილობრივი მთავრობების (მუნიციპალიტეტების) მიერ;

ზ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია ქვეყნის და "ეგთო-ს" წევრი ქვეყნების ადგილობრივი მთავრობების (მუნიციპალიტეტების) მიერ გამოშვებული და გარანტირებული სავალო ფასიანი ქაღალდებით.

100%-იან საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული IV კატეგორიის აქტივებია:

ა) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც პირდაპირ და უპირობოდ გარანტირებულია „ეგთო-ს" არაწევრი ქვეყნების მთავრობების და/ან ცენტრალური ბანკების მიერ;

ბ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია "ეგთო-ს" არაწევრი ქვეყნების მთავრობების და/ან ცენტრალური ბანკების მიერ გამოშვებული და გარანტირებული სავალო ფასიანი ქაღალდებით;

გ) გრძელვადიანი მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც გარანტირებულია "ეგთო-ს" არაწევრი ქვეყნების რეზიდენტი ბანკების მიერ;

დ) კორპორაციული სავალო ფასიანი ქაღალდები;

ე) ინვესტიციები იურიდიულ პირთა საწესდებო კაპიტალში;

თ) საერთაშორისო სტანდარტების შეუსაბამო ოქროსა და სხვა ძვირფასი ლითონების ზოდები;

ზ) მოთხოვნები და/ან მათი ნაწილი, რომლებიც უზრუნველყოფილია საერთაშორისო სტანდარტების შეუსაბამო ოქროსა და სხვა ძვირფასი ლითონების ზოდებით;

თ) ძირითადი საშუალებები;

ი) სესხები, რომლებიც ასახული არ არის 0,20 და 50%-იან საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული აქტივების კატეგორიებში;

კ) დანარჩენი აქტივები, რომლებიც ასახული არ არის 0, 20 და 50%-იან საკრედიტო რისკს დაქვემდებარებული აქტივების კატეგორიებში.

ბალანსგარეშე ვალდებულებების საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონვისათვის ბალანსგარეშე ვალდებულებების ხელშეკრულების მთლიანი თანხა გადაიყვანება საბალანსო უწყისის კრედიტ-ექვივალენტურ თანხაში, რომელიც ექვემდებარება საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონვას იმავე კრიტერიუმებით, როგორც საბალანსო უწყისში რიცხული აქტივებისა.

ბალანსგარეშე ვალდებულებების ხელშეკრულების მთლიანი თანხის საბალანსო უწყისის კრედიტ-ეკვივალენტურ თანხაში გადაყვანის მიზნით, ბალანსგარეშე ვალდებულებები კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორების გათვალისწინებით იყოფა 4 კატეგორიად და თითოეული კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებებს შეესაბამება თავისი კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტი:

ა) I კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებები, 100%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორი – კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტი 1.0;

ბ) II კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებები, 50%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორი –კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტი 0.5;

გ) III კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებები, 20%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორი –კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტი 0,2;

დ) IV კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებები, 0%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორი-კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტი 0.

100%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორს დაქვემდებარებული I კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებებია:

ა) გაცემული გარანტიები, საბანკო აქცეპტები, სესხის გაცემის ვალდებულებები, თუ ამ ვალდებულებების შესრულებამდე დარჩენილი ვადა არ აღემატება ერთ წელს;

ბ) აქტივის გაყიდვის ვალდებულებები უკან გამოსყიდვის ვალდებულებით, როდესაც საკრედიტო რისკს იღებს ბანკი და ამ

ვალდებულებების შესრულებამდე დარჩენილი ვადა არ აღემატება ერთ წელს;

გ) აქტივების შესყიდვის ვალდებულებები, თუ ამ ვალდებულებების შესრულებამდე დარჩენილი ვადა არ აღემატება ერთ წელს.

50%- იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორს დაქვემდებარებული II კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებებია ყველა 100%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორს დაქვემდებარებული ბალანსგარეშე ვალდებულებები, რომელთა შესრულებამდე დარჩენილი ვადა აღემატება ერთ წელს.

20%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორს დაქვემდებარებული III კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებებია ტვირთებით უზრუნველყოფილი დოკუმენტური აკრედიტივები.

0%-იანი კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორს დაქვემდებარებული IV კატეგორიის ბალანსგარეშე ვალდებულებებია ისეთი ბალანსგარეშე ვალდებულებები, რომლებიც ნებისმიერ დროს შეიძლება უპირობოდ გააუქმოს ბანკმა.

საპროცენტო განაკვეთთან და სავალუტო კურსთან დაკავშირებული ფიუჩერსები, ფორვარდები, სვოპები, ოფციონები და სხვა ანალოგიური ხელშეკრულებებით წარმოშობილი ბალანსგარეშე ვალდებულებების საკრედიტო რისკი ეხება ამ ხელშეკრულების შესრულებიდან გამომდინარე პოტენციურ ზარალს და, შესაბამისად, ასეთი ბალანსგარეშე ვალდებულებების მთლიანი თანხა ექვემდებარება განსხვავებულ კრედიტ-კონვერსიის ფაქტორებს.

საკრედიტო რისკის მიხედვით შეწონილი აქტივები გაიანგარიშება როგორც საბალანსო უწყისის აქტივების თითოეული კატეგორია, გამრავლებული ამ კატეგორიის აქტივების შესაბამის საკრედიტო რისკის კოეფიციენტზე, დამატებული ბალანსგარეშე ვალდებულებების თითოეული კატეგორია, გამრავლებული შესაბამის კრედიტ-კონვერსიის კოეფიციენტზე და მიღებული კრედიტ-ექვივალენტური თანხა, გამრავლებული შესაბამის საკრედიტო რისკის კოეფიციენტზე.