

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დალი მაგრაქველიძე

ინოვაციური პროექტების ფინანსური რისკების შეფასება  
ინფორმაციული მოდელების გამოყენებით

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა „ინფორმატიკა“

შიფრი 0613

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0160, საქართველო

სავტორო უფლება © 2021 წელი, დალი მაგრაქველიძე 2021 წელი  
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით დალი მაგრაქველიძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „ინოვაციური პროექტების ფინანსური რისკების შეფასება ინფორმაციული მოდელების გამოყენებით“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტის საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

----, ---- 2021 წელი

თანახელმძღვანელები: პროფესორი თეიმურაზ ცაბაძე

პროფესორი ვახტანგ კვარაცხელია

რეცენზენტი:-----

რეცენზენტი:-----

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2021

ავტორი: დალი მაგრაქველიძე

დასახელება: „ინოვაციური პროექტების ფინანსური რისკების შეფასება ინფორმაციული მოდელების გამოყენებით“

სადოქტორო პროგრამა: ინფორმატიკა

ფაკულტეტი: ინფორმატიკისა და მართვის სისტემების ფაკულტეტი

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემომოყვანილი დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტს.

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭვდა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა ის მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

მოსახლეობის რაოდენობის გაზრდისას ადამიანური მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების საქმეში სულ უფრო იზრდება ტექნოლოგიური ინოვაციების როლი, რადგან მათი მეშვეობით იცვლება მსოფლიო ეკონომიკა, რაც ხელს უწყობს ქვეყნების ეკონომიკურ ზრდას. ინოვაცია არის პროცესების ერთობლიობა, რომელიც ქმნის ახალ მოწყობილობას, მეთოდს ან მასალას მათი კომერციული და პრაქტიკული მიზნით გამოყენებისთვის.

ინოვაციის ერთ-ერთი მთავარი სარგებელი არის მისი წვლილი ეკონომიკურ ზრდაში. მარტივად რომ ვთქვათ, იგი ნაკლები მასალისა და რესურსის დანახარჯით მეტი პროდუქციის გამოშვების შესაძლებლობას იძლევა. რაც თავის მხრივ იწვევს ეკონომიკურ ზრდას. ამასთან, უნდა ითქვას, რომ ინოვაციური იდეების აღმოცენების ძირითადი წინაპირობაა სამუშაო ძალის განათლების მდგრადი დონე, ინვესტიციების გაზრდა კვლევის სფეროში, ახალი პროდუქტების შექმნა და ინვესტორთა საფონდო ბირჟაზე ხელმისაწვდომობა.

ინვესტიციების ჩადება ინოვაციებში უაღრესად აქტუალური პრობლემაა, რადგან ასეთ პროექტებში ინვესტიციების მოზიდვა გართულებულია მათში დაბანდებთან გრძელვადიანი ხასიათისა და პირველ ეტაპზე უკუგების არ არსებობის გამო, ასევე ამ პროექტებიდან შედეგის მიუღებლობის რისკით.

ფინანსურ რისკ-მენეჯმენტში რისკი გულისხმობს დაბანდებული სახსრების ნაწილის დაკარგვის შესაძლებლობას, შემოსავლების მიუღებლობას ან დამატებითი ხარჯების წარმოშობას იმ სახის ინვესტიციების განხორციელებისას, რომელშიც დიდია განუზღვრელობა. აღიარებული კლასიფიკაციის მიხედვით საინვესტიციო პროექტების მნიშვნელოვან საშიშროებას წარმოადგენენ საბაზრო, საკრედიტო და ოპერაციული რისკები, ლიკვიდურობის რისკები და ხდომილებათა რისკები.

მხოლოდ საინვესტიციო პროექტებთან დაკავშირებული რისკის სახეების შესწავლა არ იძლევა შედეგს, საჭიროა მათი შეფასება და მართვა. რისკის მართვის სისტემა უნდა იყოს გამჭირვალე, პრაქტიკული და შეესაბამებოდეს ინვესტორის სტრატეგიულ მიზნებს, რაც განაპირობებს მოგების მაქსიმალურ მიღებას. პრაქტიკაში გამოიყენება რისკების შეფასების მრავალი მოდელი, რომლებიც სხვადასხვა მეთოდს ეფუძნებიან.

განვიხილეთ სტატისტიკურ მონაცემებზე, ალბათობაზე და ბუღალტრული მონაცემების გამოყენებაზე აგებულ მოდელები. აღვნიშნეთ მათი ნაკლოვანებები და შემოვიტანეთ რისკის შეფასების ახალი მიდგომა.

VaR წარმოადგენს რისკის მეტრიკას, რისკის მაჩვენებელს, რისი მეშვეობითაც შესაძლებელია განუზღვრელობის სიდიდის დადგენა. რისკის ეს მეტრიკა დღეისათვის საქართველოში ნაკლებადაა შესწავლილი. ჩვენი კვლევის მიზანია VaR-ის შეფასების არსებული მეთოდების შესწავლა და ამის საფუძველზე მათი გაუმჯობესება. რისკის ზომის მაჩვენებელი (VaR) არის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და ფართოდ გამოყენებული

სტატისტიკა, რომელიც ზომავს ეკონომიკური ზარალის პოტენციალს. იგი პრაქტიკულად ყველა ძირითადი ფინანსური ინსტიტუტის და რეგულირების მენეჯმენტის მიერ მიღებული იქნა, როგორც რისკის ქვაკუთხედი და საერთო ენა. VaR ზომავს პორტფელის მაქსიმალური დანაკარგის მნიშვნელობის ალბათობის განსაზღვრულ დონეს გარკვეული პერიოდის განმავლობაში. განხილულია VaR-ის შეფასების მიმართ მიდგომების ორი ძირითადი ჯგუფი. პირველი ჯგუფი ეფუძნება ეგრეთ წოდებულ „ლოკალურ შეფასებებს“ (*local valuation*), ე.ი. ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების ფუნქციის წრფივ ან უფრო რთულ ფუნქციაზე აპროქსიმაციას, რომლის მნიშვნელოვან მაგალითს წარმოადგენს პარამეტრული დელტა-ნორმალური მეთოდი. მეორე ჯგუფი იყენებს „სრულ შეფასებებს“ (*full valuation*), რომელიც გულისხმობს ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების სრულ გადაანგარიშებას აპროქსიმაციული ვარაუდების გარეშე. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ისტორიული სიმულირების და მონტე კარლოს მეთოდები.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, განხილულია ბაიესის ქსელის გამოიყენება რისკების შეფასებაში. ბაიესის მეთოდოლოგია განსხვავდება სხვა მიდგომებისგან იმით, რომ მკვლევარი მონაცემების მოპოვებამდეც კი ადგენს მათი ნდობის დონეს შესაძლო მოდელებში და შემდგომში წარმოაჩენს მათ გარკვეული ალბათობების სახით. ბაიესური მიდგომის ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობაა ნებისმიერი საწყისი (აპრიორი) ინფორმაციის გამოყენება მოდელის პარამეტრების მიმართ. ასეთი ინფორმაცია გამოხატულია აპრიორული ალბათობის ან ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის სახით. შემდეგ თავდაპირველი ალბათობა "გადაისინჯება" მონაცემთა შერჩევის გამოყენებით, რომლებიც ასახვას ჰპოვებენ პარამეტრების ან მოდელის ცვლადების შეფასების აპოსტერიული განაწილების სახით. ნაშრომში ნაჩვენებია, რომ გულუბრყვილო ბაიესის ქსელები კარგად ასრულებენ გაკოტრების პროგნოზირებას. გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი არის ბაიესის ქსელი ერთი ფესვით, ყველა დანარჩენი კვანძი წარმოადგენს ფესვის შვილობილ ელემენტებს და სხვა კვანძებს შორის არ არის წიბოები.

საბუღალტრო ბალანსის მონაცემებს ეყრდნობა კომპანიის გაკოტრების რისკის შეფასებისას ალტმანის, ჩესერისა და ლისის მიერ შემოთავაზებული მოდელები. ალტმანის Z-მოდელი (*Altman's Z-score*) წარმოადგენს სტატისტიკურ მოდელს, რომელიც კომპანიის ფინანსურ მაჩვენებელზე და გადახდისუნარიანობაზე დაყრდნობით საშუალებას იძლევა შეფასდეს გაკოტრების რისკის დონე.

ლისის მოდელში გაკოტრების ალბათობის შეფასებას ფაქტორებად გათვალისწინებულია ორგანიზაციის საქმიანობის ისეთი შედეგები, როგორცაა: ლიკვიდურობა, რენტაბელობა და ფინანსური დამოუკიდებლობა.

ჩესერის მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს პოტენციური მსესხებლის გადახდისუნარიანობა. ამასთან, მოდელი პროგნოზირებს არამარტო კრედიტის დაუბრუნებლობის რისკს, არამედ საწყისი პირობიდან

ნებისმიერ გადახრას რომელიც სესხს ნაკლებად მიმზიდველს ხდის კრედიტორისათვის.

ჩვენს მიერ მოყვანილი მოდელები სრულყოფილად ვერ ასახავს ინოვაციურ პროექტებში ინვესტიციების მოზიდვისას რისკების შეფასების ყველა ასპექტს, რადგან ჩვენს სინამდვილეში, 90-იანი წლებიდან მოყოლებული, არამდგრადი პოლიტიკური სიტუაციის გამო, არ მოიპოვება საკმარისი და სანდო სტატისტიკური მონაცემები, რომელიც ამ პროცესს შეუწყობს ხელს. ამ მიზნითაა ჩატარებული კვლევა, რომელიც უზრუნველყოფს რისკების შესაფასებლად ახალი მიდგომის შემუშავებას.

კვლევის მიზანია შევისწავლოთ ყველა შესაძლო მიდგომა და მათი დამუშავების საშუალებით შევუსაბამოთ დასახულ მიზანს, კერძოდ ინოვაციურ საინვესტიციო პროექტებში განუზღვრელობის ხარისხის შემცირებას შეზღუდული რაოდენობის შერჩევა პირობებში. ამისათვის გამოვიყენეთ და ჩვენს საკვლევ ამოცანას მივუსადაგეთ აპარატი, რომელიც ეფუძნება ფაზი-სიმრავლეებს. მოვახდინეთ მისი ადაპტირება და მოვარგეთ რისკის შეფასების ყველა ადრე დამუშავებულ მიდგომას.

ჩვენს მიერ წარმოდგენილი რისკის შეფასების ყველა მეთოდი ახალი მიდგომის ჭრილში გვაქვს განხილული.

## Abstract

With the growth of the population, the role of technological innovation increases in satisfaction of the people's needs, because they change the world economy and promote the economic growth of countries. Innovation is a set of processes that create a new device, method, or material for commercial and practical use.

The main benefit of innovation is its huge role in economic growth. If to say simply, it allows release of more products with less cost of materials and resources. This, in turn, leads to economic growth. However, it must be said that the main preconditions for the emergence of innovative ideas are a sustainable level of workforce education, increased investment in research, and the creation of new products and access to investors' stock exchanges.

Investing in innovation is a highly pressing problem, as attracting investment in innovative projects is complicated by the long-term nature of the investment and the lack of returns on the first stage, as well as the risk of unacceptable results.

In risk management the risk is considered to be the possibility of losing part of one's own funds, non-receipt of income or incurring additional costs as a result of carrying out manufacturing activities, that is consistent with the notion of net uncertainty. According to the standard classification, the main threats to the welfare of investment projects are market, credit and operational risks, liquidity risks and risks of occurrence.

Studying the types of risks, associated with investment projects alone, does not yield results, they need to be evaluated and managed. The risk management system should be transparent, practical, and in line with the strategic goals of the investor, that ensures maximum profit. In practice, many models of risk assessment are used, based on different methods.

We consider the models based on statistics, probability, and use of accounting data. We point out their shortcomings and introduce a new approach to the risk assessment.

The value at risk (VaR) is a risk metric, a risk indicator, through which it is possible to determine the magnitude of uncertainty. This risk metric is currently not widely studied in Georgia. The aim of our research is to study the existing methods of VaR assessment and to improve them based on this study. VaR is one of the most important and widely used statistics to measure the potential for economic loss. It has been adopted by virtually every major financial institution and regulatory management as a risk basis and common language. VaR measures the probability level of the maximum loss value of a portfolio over a period of time. Two main groups of approaches to VaR evaluation are discussed. The first group is based on the so-called "local valuations", i.e. The approximation of the value of a financial instrument to a linear or more complex function, an important example of which is the parametric delta-normal method. The second group uses

"full valuation", which means the complete calculation of the value of a financial instrument without approximate assumptions. Historical modeling and Monte Carlo methods belong to this group.

In addition, the Bayesian network -used in risk assessment- is discussed. Bayesian methodology differs from other approaches. In this methodology before obtaining data, the researcher determines their level of confidence in possible models and then presents them as certain probabilities. One of the main advantages of the Bayesian approach is the use of any initial (a priori) information to model parameters. Such information is expressed as a function of a priori probability or probability density. The initial probability is then "revised" using a selection of data that is reflected in the form of an a posteriori distribution of estimates of parameters or model variables. The paper shows that naive Bayesian networks perform well in predicting bankruptcy. The naive Bayesian network is a Bayesian network with a single root, all other nodes are subsidiary elements of the root and there are no links between the other nodes.

The models proposed by Altman, Chaser, and Lisi, in assessing a company's bankruptcy risk, rely on accounting balance data. Altman's Z-score is a statistical model that allows us to assess the level of bankruptcy risk based on a company's financial performance and solvency.

In the Lisi model, factors such as liquidity, profitability, and financial independence are considered as factors to assess the probability of bankruptcy.

The Chaser model makes it possible to determine the insolvency of a potential borrower. However, the model predicts not only the risk of loan repayment, but also any deviation from the initial condition that makes the loan less attractive to the lender.

The models we cite do not fully reflect all aspects of risk assessment of attracting investment in innovative projects, because in our reality, due to the unsustainable political situation since the 1990s, we do not have sufficient and reliable statistics to facilitate this process. For this purpose, studies have been carried out to ensure the development of a new approach to risk assessment.

The aim of the study is to explore all possible approaches and through their elaboration the inappropriately set goal, namely to reduce the degree of uncertainty in innovative investment projects in conditions of limited choice. For this we have used an apparatus based on fuzzy sets and applied to our research problem. We have adapted and adjusted it to all previously developed approaches to risk assessment. We have discussed all the risk assessment methods in the context of the new approach.



## ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1. სხვადასხვა ქვეყნების დანახარჯები სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებზე (2019 წლის მონაცემებით)-----გვ.24
- ცხრილი 2. პოტენციალური პრედიქტორული ცვლადები გაკოტრებისათვის----- გვ.65
- ცხრილი 3. საშუალო მნიშვნელობა და F-სტატისტიკა ალტმანის Z-მოდელის ჯგუფის ცვლადებისათვის-----გვ. 70
- ცხრილი 4. პროგნოზირების შედეგენო ალტმანის მოდელის მიხედვით (გაკოტრებამდე ერთი წლით ადრე)----- გვ. 71
- ცხრილი 5. პროგნოზირების შედეგენა ალტმანის მოდელის მიხედვით (გაკოტრებამდე ორი წლით ადრე) ----- გვ. 72
- ცხრილი 6. ----- გვ. 91
- ცხრილი 7.  $G_1, G_2$  და  $C_1, C_2$  მნიშვნელობები----- გვ. 95
- ცხრილი 8. მნიშვნელობები  $\mu_D(x)$  -სთვის-----გვ. 96

## ნახატების ნუსხა

ნახ.2. VaR-ის სიდიდის განსაზღვრა მოგებისა და ზარალის განაწილების გრაფიკზე	გვ.38
ნახ. 3. ორიენტირებული გრაფი	გვ.51
ნახ.4. -----	გვ. 52
ნახ. 5. -----	გვ.55
ნახ. 6. გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი	გვ.61
ნახ. 7. -----	გვ.65
ნახ.8. მარტივი ბაიესის ქსელის სტრუქტურა გაკოტრების პროგნოზირებისათვის	გვ.67
ნახ.9. ტრაპეციული და სამკუთხა რიცხვები	გვ. 88
ნახ.10. მიზნის და შეზღუდვის ურთიერთდამოკიდებულება	გვ.94
ნახ.11. საწყისი მონაცემების ფაზი-ინტერვალური ფორმა	გვ.98
ნახ.12. NPV-ს საბოლოო ინტერვალი	გვ.100
ნახ. 13-----	გვ. 123

## შინაარსი

შესავალი .....	13
ლიტერატურის მიმოხილვა.....	17
თავი 1. ინოვაციური პროექტები და მათთან დაკავშირებული ფინანსური რისკები .....	18
1.1.ინოვაციური პროექტი და მისი არსი.....	18
1.2.ფინანსური რისკების სახეები .....	28
თავი 2. რისკების შეფასების მოდელები .....	34
2.1. Value at Risk (რისკის სიდიდე) მაჩვენებელი (VaR) - რისკის ზომა.....	34
2.1.1. VaR-ის გაზომვის მეთოდები.....	36
2.1.2. დელტა-ნორმალური მეთოდი.....	39
2.1.3. ისტორიული სიმულირების მეთოდი.....	40
2.1.4. მონტე კარლოს მეთოდი.....	41
2.2. ალბათობაზე დაფუძნებული მოდელები.....	46
2.2.1.ბაიესის თეორემა და მისი გამოყენება მოდელირებაში .....	46
2.2.2.გადაწყვეტილებათა ხე .....	52
2.2.3. კომპანიების გაკოტრების პროგნოზირება ბაიესის ქსელის მეშვეობით..	59
2.3. საბუღალტრო მონაცემებზე დაფუძნებული რისკის შეფასების მოდელების განხილვა.....	69
2.3.1. ალტმანის მიდგომა .....	69
<i>ZETA</i> მოდელი .....	72
2.3.2. ლისის მოდელი .....	74
2.2.3. ჩესერის მოდელი.....	75
თავი 3.ახალი მიდგომის დამუშავების აუცილებლობის დასაბუთება .....	77
3.1. თეორიული ბაზა - ფაზი (ფაზი) სიმრავლეების თეორიის ძირითადი ცნებები .....	78
3.2. ფაზი-სიმრავლეების ინტეგრაცია: შესაძლებლობის თეორია.....	90
3.3.ფაზი მიზნები, შეზღუდვები და გადაწყვეტილებები.....	91
3.3.1 <i>NPV</i> -ს გამოთვლა ფაზიდ მოცემული გადახდების ნაკადისას .....	96
3.4 . ფაზი-ლოგიკა.....	101

3.5. დეფაზიფიკაცია.....	101
3.6. ფაზი-რეგრესია .....	106
3.7. ფაზი სიმრავლების გამოყენება რისკების შეფასებაში .....	110
3.8. რისკის მართვის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ფაზი-რისკს .....	116
3.11. რისკის შეფასების მონტე კარლოს მოდელში ფაზი სიმრავლის გამოყენება .....	125
თავი 4. რისკის შეფასების მეთოდების შედარება .....	131
დასკვნა.....	135
გამოყენებული ლიტერატურა .....	139

## შესავალი

**თემის აქტუალურობა.** ცნობილია, რომ ინოვაცია ეკონომიკური პროგრესის მამოძრავებელია, მას სარგებელი მოაქვს მომხმარებელის, ბიზნესისა და მთლიანად ეკონომიკისათვის. ინოვაციის ერთ-ერთი მთავარი სარგებელი არის მისი წვლილი ეკონომიკურ ზრდაში. მარტივად რომ ვთქვათ, იგი ნაკლები მასალისა და რესურსის დანახარჯით მეტი პროდუქციის გამოშვების შესაძლებლობას იძლევა. რაც თავის მხრივ იწვევს ეკონომიკურ ზრდას. ამასთან, უნდა ითქვას, რომ ინოვაციური იდეების აღმოცენების ძირითადი წინაპირობაა სამუშაო ძალის განათლების მდგრადი დონე, ინვესტიციების გაზრდა კვლევის სფეროში, ახალი პროდუქტების შექმნა და ინვესტორთა საფონდო ბირჟაზე ხელმისაწვდომობა. კვლევისა და განვითარების ხარჯების ზრდა წარმოადგენს კონკურენტუნარიანობისა და პროგრესის მამოძრავებელ ძალას, და მათი მეშვეობით გვევლინება მდგრადი ეკონომიკური ზრდის წინაპირობად. საბოლოო ჯამში ინოვაცია დიდ გავლენას ახდებს მაკროეკონომიკურ გარემოზე, ამიტომ მისი განვითარება უნდა იყოს სახელმწიფოს ეკონომიკური პოლიტიკის პრიორიტეტული მიმართულება. ამდენად სულ უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს ინვესტიციები ინოვაციურ პროექტებში.

მიუხედავად დიდი ეკონომიკური მნიშვნელობისა, ინვესტიციები ინოვაციებში უაღრესად აქტუალური პრობლემაა, რადგან ინოვაციურ პროექტებში ინვესტიციების მოზიდვა გართულებულია დაბანდებათა გრძელვადიანი ხასიითისა და პირველ ეტაპზე უკუგების არ არსებობის გამო, ასევე შედეგის მიუღებლობის რისკით. ნებისმიერი საინვესტიციო, განსაკუთრებით ინოვაციური, პროექტის საციცოხლო ციკლი მიმდინარეობს სხვადასხვა რისკების წარმოშობის და განვითარების თანხლებით, რომლებიც აქვეითებენ მისი განხორციელების ეფექტურობას და პროექტის პრაქტიკული განუხორციელებლობის შესაძლებლობას წარმოშობენ. რისკები არსებობენ ობიექტური კანონებით და წესებით, რომელთა სურ-

ვილისამებრ შეცვლაც არ შეუძლიათ მეცნიერებს და პროექტის შემმუშავებლებს, მაგრამ ვალდებულნი არიან გაითვალისწინონ პრაქტიკული წარმატების მიღწევისათვის. საინვესტიციო პროექტების რეალიზაციისას ადეკვატურად უნდა გაითვალისწინოთ ის რისკები, რომლებიც ახლავს საქმიანობის ამ სფეროს და რეალურად არსებობენ შესაბამისი რისკების ქვესივრცეში. თავის მხრივ ეს ნიშნავს, რომ არსებული რისკების სისტემის სპეციფიკით განსხვავებული პროექტებისათვის უნდა შეიქმნას რისკების საკუთარი კლასიფიკაცია, რომელიც უფრო სრულად ასახავს მოცემული პროექტების რეალიზაციის რისკებს.

სამყაროში ყველა მუდმივად ექვემდებარება მრავალ რისკს, როგორც ცალკეული ინდივიდი, ასევე სხვადასხვა საზოგადოებრივი ჯგუფების წევრები. არსებობს რისკები, რომელთაც პირადი (ნებაყოფლობითი) ქცევით იწვევენ ადამიანები და უნებლიე რისკები, რომლებიც ადამიანისგან დამოუკიდებელი მიზეზებით ჩნდება. ძალიან ცოტაა სიტუაცია, რომელიც ინდივიდებს ან სხვადასხვა საზოგადოებრივი ჯგუფების წევრებს არ უქმნის საფრთხეს.

მხოლოდ რისკის სახეობებს და მათი წარმოშობის მიზეზების შესწავლა არ არის საკმარისი. აუცილებელია მათი შეფასება და პროგნოზირება. რისკები შეიძლება ვმართოდ, ე.ი. გამოვიყენოთ სხვადასხვა მეთოდი, რომლიც საშუალებას იძლევა გარკვეული ხარისხით მოვახდინოთ რისკიანი ხდომილების მოხდენის პროგნოზირება და მივიღოთ ზომები რისკის დაწვევისათვის.

არსებობს რისკის შეფასების მრავალი მოდელი და მიდგომა, რომელთაც რისკის მოხდენის შესაძლებლობის ანალიზისათვის სჭირდებათ დიდი რაოდენობის მონაცემთა შეგროვება. რაც უფრო დიდია დაკვირვებათა რაოდენობა და რაც უფრო დიდი მოცულობის შერჩევის გაკეთებაა შესაძლებელი, მით უფრო ზუსტია რაიმე ხდომილების მოხდენის შესაძლებლობის ალბათობა. მაგრამ, უმეტეს შემთხვევაში არ ხერხდება

ასეთი რაოდენობით მონაცემთა შეგროვება. სწორედ ფაზი-სიმრავლეთა თეორია იძლევა ამ პრობლემის აღმოფხვრის საშუალებას.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულმა განსაზღვრა სადისერტაციო თემის აქტუალურობა.

**კვლევის მიზანი და ამოცანები.** საქართველოში რისკი შეფასების არსებული პრობლემებიდან გამომდინარე, კვლევის მიზანს წარმოადგენს ჩვენს ხელთ არსებული და მსოფლიოში აპრობირებული რისკის შეფასების მეთოდების ადაპტაცია ჩვენ სინამდვილეში.

დასახული მიზნის მისაღწევად ჩამოყალიბდა შემდეგი ამოცანები:

- დადგინდეს, ინოვაციურ პროექტებთან დაკავშირებული რისკების სახეები;
- გაანალიზდეს, რისკის შეფასების სხვადასხვა მოდელი და მეთოდი;
- შემუშავდეს რისკების შეფასების ახალი მიდგომა.

**კვლევის ობიექტი და საგანი.** კვლევის ობიექტს წარმოადგენს ინოვაციური პროექტების რისკების გაანალიზება და მათი პროგნოზირების მეთოდოლოგიური პრინციპების დამუშავება. კვლევის უშუალო საგანი არის ინოვაციურ საინვესტიციო პროექტებთან დაკავშირებული რისკების შეფასების სხვადასხვა მეთოდი და მიდგომა.

**კვლევის თეორიული და მეთოდოლოგიური საფუძვლები.** კვლევის თეორიულ საფუძველს წარმოადგენს უცხოელი და ქართველი მეცნიერების და პრაქტიკოსების თეორიულ-გამოყენებითი სახის ნაშრომები და სახელმძღვანელოები, რომელთა საფუძველზეც მოხდა რისკის შეფასების მეთოდების და მიდგომების შესწავლა. გარდა ამისა, გლობალური საერთაშორისო კომპიუტერული ქსელით - ინტერნეტით მოპოვებული მასალები, პუბლიკაციები პერიოდულ პრესაში, საერთაშორისო ჟურნალებსა და გამოცემებში შეტანილი მონაცემები თუ რეკომენდაციები.

**ნაშრომის მეცნიერული სიახლე.** სადისერტაციო ნაშრომის მეცნიერული სიახლე მდგომარეობს შემდეგში: ნაშრომში განხილულია რისკის შეფასების სხვადასხვა მეთოდი და მოდელი, განხილულია მათი ნაკლოვანებები და შემოთავაზებული ახალი მიდგომა, რომელიც იძლევა აღნიშნული ნაკლოვანებების აღმოფხვრის საშუალებას. ჩვენ წარმოვადგინეთ ფინანსური რისკების შეფასების ახალი მიდგომა, სადაც მოკლედ არის გაანალიზებული ფინანსური რისკების შეფასების ამჟამინდელი მოდელები და გამოტანილია დასკვნა ფაზი სიმრავლეების თეორიის აპარატის გამოყენების ეფექტურობაზე.

მოცემულია საექსპერტო შეფასებების დასაბუთება სამკუთხა ფაზირიცხვების სახით. მნიშვნელოვანი ფაქტია, რომ მეთოდი ითვალისწინებს ექსპერტების შეფასების ხარისხს, რაც დამოკიდებულია ყველა სამკუთხა ფაზი შეფასებების სასრული სიმრავლის წარმომადგენელთან ექსპერტთა შეფასების სიახლოვეზე.

**დისერტაციის პრაქტიკული მნიშვნელობა.** სადისერტაციო ნაშრომში დამუშავებული წინადადებები და რეკომენდაციები, ასევე მეთოდური საკითხები შეიძლება გამოყენებული იქნეს საქართველოში ინოვაციური პროექტების რისკების შეფასებისათვის. მიღებული შედეგები პრაქტიკული თვალსაზრისით სავსებით რეალიზებადია და შესაძლებელია მათი განხორციელება შესაბამისი დარგის ექსპერტებთან ერთობლივი განხილვის საფუძველზე.

**ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა.** იგი შედგება შესავლის, ოთხი თავის, თოთხმეტი ქვეთავისა და დასკვნებისაგან მას თან ერთვის გამოყენებული ლიტერატურის სია.



## ლიტერატურის მიმოხილვა

დისერტაციაზე მუშაობის პერიოდში გამოყენებულ იქნა როგორც უცხოური ისე ქართული ლიტერატურა. დისერტაციაში დასმულ საკითხის განვრცობას მნიშვნელოვნად შეუწყო ხელი მასზე მუშაობის პროცესში გაცნობილმა მასალებმა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ინოვაციურ საინვესტიციო პროექტები არის ერთ-ერთი ძრითადი საშუალება ეკონომიკის ზრდისათვის. იგი ნაკლები დანახარჯებით მეტი შემოსავლის მიღების საშუალებას იძლევა. ინოვაციური მიზნებისათვის აუცილებელია შემოქმედებითი პროცესის არსებობა, რომელიც არის გამოგონებისა და ახლის აღმოჩენის საფუძველი; ინოვაციის შედეგი არის დამატებითი შემოსავლი, რომელიც ექვემდებარება შეფასებას[25]. მიუხედავად ინოვაციური პროექტების მიმზიდველობისა, მათ ახასიათებთ მაღალი ხარისხის რისკი და შესაბამისად მათში ინვესტიციების მოზიდვის პრობლემები [22]. არსებობს შესაძლებლობა, რომ ინოვაციური პროდუქტი არ მიიღონ ბაზარზე. ამ შემთხვევაში დგება "სიკვდილის ხეობის" დაძლევის პრობლემა, ვინაიდან საჭიროა დიდი ინვესტიციები პროდუქტის მასებში პოპულარიზაციისთვის. [3]

ლიტერატურაში ფართოდაა შესწავლილი რისკების სახეები და მათი შეფასების მოდელები[1][11][13][18], თუმცა აღნიშნულ მოდელებს ახასიათებთ ნაკლოვანება. ეს ნაკლოვანება გამოიხატება მოსალოდნელი რისკის შეფასებისა და პროგნოზირებისათვის დიდი ოდენობით სტატისტიკური მონაცემების აუცილებლობაში. ამ სიძნელის დასაძლევად ნაშრომში გამოვიყენეთ ფაზი-სიმრავლეები, რომელთა საფუძველია ექსპერტთა მიერ პროგნოზირებული მონაცემები (ექსპერტული მიდგომა) [19][20][21][24][26] და მათი დამუშავებით მიღებული განუზღვრელობის ხარისხის დაწვევის მეცნიერული მეთოდები.

# თავი 1. ინოვაციური პროექტები და მათთან დაკავშირებული ფინანსური რისკები

## 1.1. ინოვაციური პროექტი და მისი არსი

დღევანდელ მსოფლიოში მოსახლეობის რაოდენობის ზრდასთან ერთად, ადამიანთა მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებაში სულ უფრო იზრდება ტექნოლოგიური ინოვაციების როლი, რადგან მათი მეშვეობით იცვლება მსოფლიო ეკონომიკა და ხელს უწყობს ქვეყნების ეკონომიკურ ზრდას.

ტერმინი „ინოვაცია“ თავდაპირველად XIX საუკუნეში გამოჩნდა და ნიშნავდა ერთი კულტურის რიგი ელემენტების დანერგვას მეორეში. ეკონომურ ლიტერატურაში განსაზღვრება ინოვაცია პირველად შემოტანილია ნ. კონდრატევის მიერ (Кондратьев Н.Д., 1925) გასული საუკუნის 20-იან წლებში. მან აღმოაჩინა ე.წ. „გრძელი ტალღები“ ეკონომიკაში, რომლებიც ყალიბდება განსაზღვრული საწყისი სიახლეების შემოტანით. ეს სიახლეები მრავალი სრულყოფილი ინოვაციური იდეების გამოყენების საშუალებას იძლევა. კონდრატევი სიახლეებს მიაკუთვნებდა ეკონომიკის განვითარების განმსაზღვრელ ერთობლივ ელემენტებს (Кондратьев Н.Д., Опарин Д.И., 1928).

ინოვაცია შეიძლება განიმარტოს როგორც ახალი იდეა, გამოგონება, რომელიც მანამდე არ არსებობდა ბუნებაში. თუმცა, ინოვაციად ხშირად მიიჩნევა საუკეთესო გადაწყვეტილებების გამოყენებაც, რომლებიც პასუხობენ ახალ მოთხოვნებს, ე.ი. ინოვაცია არის პროცესების ერთობლიობა, რომელიც ქმნის ახალ მოწყობილობას, მეთოდს ან მასალას კომერციული და პრაქტიკული მიზნით გამოყენებისთვის.

ინოვაციას გააჩნია სამი ფუნდამენტური განზომილება, რომელიც აუცილებლად გასათვალისწინებელია: შემოქმედებითი პროცესის არსებობა, რომელიც არის გამოგონებისა და ინოვაციების საფუძველი; ინოვაციის

გამორჩეული სიახლე; ინოვაციის შედეგი არის დამატებითი შემოსავლი, რომელიც ექვემდებარება შეფასებას[25].

საერთაშორისო პრაქტიკაში შემუშავებულია და მოქმედებს სპეციალური მეთოდოლოგიური პრინციპები ინოვაციის შედეგების სტატისტიკური გაზომვისთვის. ევროსტატმა შეიმუშავა OSLO MANUAL - დადგენილი სახელმძღვანელო მითითებები, რომელიც აერთიანებს ამ ფუნდამენტურ პრინციპებს. ეს სახელმძღვანელო განსაზღვრავს ინოვაციებს და მათ ძირითად ტიპებს: სტრატეგიული ინოვაცია; ტექნოლოგიური (პროდუქტი, პროცესი) ინოვაციები; მენეჯმენტის ინოვაციები; ორგანიზაციული ინოვაცია; მარკეტინგული ინოვაციები; გარემოსდაცვითი ინოვაცია; ესთეტიკური ინოვაცია.

ინოვაციებში ინვესტიციების მოზიდვა აქტუალური პრობლემაა, ვინაიდან აღნიშნულ პროექტებს ახასიათებთ დაბანდებათა გრძელვადიანობა და საწყის ეტაპზე უკუგების არარსებობა, ასევე მაღალია დაგეგმილის შედეგის მიუღებლობის რისკი. სწორედ ეს გახდა ვენჭურული (ანუ სარისკო) ბიზნესის განვითარების მიზეზი. ინოვაციური პროექტების დაფინანსების მთავარი პრობლემა არის უკან დაბრუნების (უკუგების) მაღალი რისკი და ხანგრძლივი ანაზღაურება. ამ პროექტების უმეტესობას არ აქვს საკმარისი საგარანტიო სახსრები, მათი რესურსები შეზღუდულია და მხოლოდ საკუთარი იდეები და ტექნოლოგიები წარმოადგენს ხერხემალს. ამგვარი საწარმოების დაფინანსების პრობლემამ ეკონომიკაში მიიღო "სიკვდილის ველის" ცნება. ეს გამოიხატება იმაში, რომ პროდუქტის პროექტის ნაწილსა და მის ბაზარზე გაშვებას შორის დიდი ხნის განმავლობაში წარმოიშვა პრობლემები დაფინანსების მხრივ, რაც იწვევს ფულადი სახსრების დიდ ხარვეზებს და, შედეგად, გადახდისუუნარობას, რაც საფრთხეს უქმნის პროექტის არსებობას [13].

"სიკვდილის ხეობა" წარმოქმნის მიზეზი ინვესტორებისა და ბიზნესმენტთა (დეველოპერების) განსხვავებული მიზნებია, პირველები მისწრაფვიან სწრაფი მოგების მიღებისაკენ, ხოლო მეორენი ორიენ-

ტირებულნი არიან სამეცნიერო შედეგის მიღებაზე. პრობლემა იწყება პროექტის ეტაპიდან კომერციული განვითარების ეტაპზე გადასვლის მომენტში. ამ დროს დიდი გაურკვევლობა ჩნდება და ყველა სახის რისკი მყისიერად იზრდება, რაც მნიშვნელოვნად ართულებს განსაკუთრებით აუცილებელი ინვესტიციების მოზიდვას.

არსებობს შესაძლებლობა, რომ ახალი პროდუქტი არ მიიღონ ბაზარზე. ეს დაკავშირებულია მომხმარებელთა ქცევასთან (დამოკიდებულებასთან). ზოგი სიამოვნებით იღებს ახალ ტექნოლოგიებს, აქტიურად იყენებს მათ ყოველდღიურ ცხოვრებაში. სხვები, ან გულგრილები არიან ინოვაციების მიმართ, ან კატეგორიულად უარყოფენ მათ სხვადასხვა მიზეზების გამო. ამ უკანასკნელ შემთხვევაში დგება "სიკვდილის ხეობის" დაძლევის პრობლემა, ვინაიდან საჭიროა დიდი ინვესტიციები პროდუქტის მასებში პოპულარიზაციისთვის [3].

ადრეულ ეტაპებზე ინოვაციური სტრუქტურის მხარდასაჭერად არსებობს სახელმწიფო დახმარების სხვადასხვა ინსტრუმენტები: სამეცნიერო და ტექნიკური სფეროში მცირე საწარმოების განვითარების ხელშეწყობის ფონდი; რეგიონული ინოვაციების და ტექნოლოგიური ცენტრები; ბიზნეს-ინკუბატორები და ტექნოლოგიური პარკები.

ასევე შესაძლებელია ვენჩურული კაპიტალის მოზიდვა, ანუ კერძო ინვესტორების, მაგრამ რისკის მაღალი ხარისხის გამო მათ სჭირდებათ მოგების უზარმაზარი გამოქვითვა, ბიზნესის წილი და ა.შ. [9].

ადრეულ ეტაპზე „ბიზნეს-ანგელოზებს“ შეუძლიათ დაეხმარონ ინოვაციურ პროექტს [14]. ესენი არიან დიდი გამოცდილების მქონე კერძო ინვესტორები, რომლებსაც საკუთარ სახსრებს დებენ უკუგებისა და კაპიტალის წილის, ანუ დაბლოკვის უფლების მქონე ჩვეულებრივი აქციების პაკეტის (ვეტოს ადებს დირექტორთა საბჭოს გადაწყვეტილებას), სანაცვლოდ. "ბიზნეს ანგელოზების" თავისებურება იმაში მდგომარეობს, რომ ისინი პროექტში დებენ არა მხოლოდ ფულს, არამედ საკუთარ კავშირებსა და გამოცდილებას [3].

სახელმწიფო უნდა იყოს დაინტერესებული ინოვაციური გარემოს განვითარებით. თავის მხრივ, მას შეუძლია შექმნას ხელსაყრელი პირობები ასეთი პროექტების განსახორციელებლად, დაეხმაროს პარტნიორის მოძიებაში ტექნოლოგიურ ალიანსში ან გახდეს თანაინვესტიტორი ტექნოლოგიის პოპულარიზაციისთვის.

ვენჩურული ბიზნესი გულისხმობს ახალი იდეების, პროგრესული სამეცნიერო-ტექნიკური დამუშავებების დაფინანსებასა და მათ დაყვანას გაყიდვისთვის მიზანშეწონილ დონემდე, ანუ კომერციალიზაციას. ვენჩურული ბიზნესის წარმართვისათვის აუცილებელია ცოდნა, ბევრი ფულადი სახსრები და დაუღალავი შრომა, თუმცა გამართლების შემთხვევაში მას მნიშვნელოვანი მოგება მოაქვს.

ვენჩურული ბიზნესისათვის დამახასიათებელია შემდეგი სპეციფიკური თავისებურებები: კაპიტალდაბანდებათა ობიექტების როლში სარისკო პროექტების წარმოდგენა; კაპიტალის პორტფელური მართვა; სახსრების მნიშვნელოვანი ნაწილის დაბადენა ინოვაციური ფირმის საწესდებო კაპიტალში; ვენჩურული კაპიტალისტის აქტიური მონაწილეობა პროექტის მართვაში ან მის მიერ საიმედო კონტროლის უზრუნველყოფა; პროექტის სიმწიფის ფაზაში ბიზნესიდან ვენჩურული კაპიტალისტის წინასწარ განსაზღვრული გამოსვლა.

ვენჩურული კაპიტალის ძირითადი წყაროებია: 1. დამოუკიდებელი ფონდები, რომლებიც ორგანიზებულია პარტნიორობის (ამხანაგობის) პრინციპით; 2. კორპორაციათა ფონდები, რომლებიც გამიზნულია მშობელი კომპანიის სტრუქტურული ქვედანაყოფების სტრატეგიული ამოცანების გადასაწყვეტად (მაგალითად, ამგვარი ფონდი შექმნილია Intel-ში, რომელიც აფინანსებს ინტერნეტის განვითარებასა და ქმნის ბაზარს საკუთარი პროდუქტებისათვის); 3. სახელმწიფო სახსრებით შექმნილი ფონდები და პროგრამები, რომლებიც ხელს უწყობენ მცირე და საშუალო ბიზნესის განვითარებას; 4. მცირე ინოვაციური კომპანიები; 5. სატრასტო ფონდები; 6. კერძო ინვესტორები.

ვენჩურული ინვესტიციების დიდი ნაწილი დამოუკიდებელ ფონ-დებზე მოდის. ვენჩურული კაპიტალის განმასხვავებელ ნიშანთვისებას, წარმოადგენს მისი გამოყენების სპეციფიკური სფერო. ვენჩურული კაპიტალის დაბანდება ხდება სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ განვითარებაში, ინოვაციურ საქმიანობაში. მთლიანად ეკონომიკა ეფუძნება სამეცნიერო ცოდნის ერთობლიობას, ხოლო მისი ინოვაციური განვითარება შესაძლებელია მხოლოდ ახალი სამეცნიერო ცოდნის და სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევების საშუალებით. კაპიტალის აღნიშნული სახეობა უნდა ხასიათდებოდეს ინოვაციური ეფექტების მიღების აუცილებლობით, რომლებიც ახასიათებენ მის გავლენას სამეცნიერო-ტექნიკურ განვითარებაზე. ასევე აუცილებელია ხაზგასმით აღნიშნოს ვენჩურული კაპიტალის სინერგიული შემადგენელი ნაწილების არსებობა: პირველ რიგში, ფინანსური რესურსი (ფინანსური კაპიტალი) და, მეორე, ინვესტორის ეკონომიკური და ფიზიკური შესაძლებლობები (ადამიანური კაპიტალი).

ვენჩურული კაპიტალის არსი გამოიხატება ვენჩურული კაპიტალის ფუნქციებში. გამოვყოფთ ვენჩურული კაპიტალის შემდეგი ძირითად ფუნქციებს:

პირველი - სახელმწიფოს, მოსახლეობის, საწარმოების, ფონდების, და ასევე უცხო ქვეყნების მოქალაქეების ფულადი დანაზოგების აკუმულაცია და მობილიზაცია.

მეორე - ინოვაციური საწარმოებისთვის მმართველობითი უნარ-ჩვევების და ბიზნესის წარმოების გამოცდილების შეთავაზება. აღნიშნული ფუნქციის შინაარსი მდგომარეობს ინვესტორების მიერ ინოვაციური ფირმისთვის არა მარტო ფინანსური სახსრების, არამედ ფინანსური კონსალტინგის, კორპორატიული სტრატეგიის შემუშავებაში დახმარების, ბაზრის შესახებ ინფორმაციის და კონტაქტების შეთავაზებაში.

მესამე - კაპიტალის გადანაწილება ინოვაციური საწარმოებისთვის ინვესტიციების შეთავაზების გზით (საშუამავლო ფუნქცია). შუამავლების

როლის შესრულება შეუძლიათ ვენჩურულ კაპიტალისტებს, რომლებიც გაერთიანებულნი არიან ვენჩურული კაპიტალის ფონდის მმართველობით კომპანიაში. შუამავლების არსებობის აუცილებლობა განპირობებულია როგორც სამეწარმეო ფირმების მხრიდან, ისევე ინვესტორების მხრიდანაც. მეწარმეები იღებენ არა მარტო ფინანსურ კაპიტალს, არამედ ადამიანურსაც. ინვესტორები ვერ გაუმკლავდებიან ამას შუამავლების გარეშე, რადგან ინოვაციურ პროექტებში ინვესტირების თანხლება, ზუსტად ისევე, როგორც სხვადასხვა სამეცნიერო ცოდნის განვითარების ტენდეციების მონიტორინგი, ძვირი დაუჯდება ინვესტორს, რომლის ძირითადი საქმიანობა არ არის დაკავშირებული ინოვაციების განვითარებასთან.

მეოთხე - ინოვაციური საქმიანობის სტიმულირება და მეცნიერების, განათლების, წარმოების ინტეგრირება. ვენჩურული კაპიტალი უზრუნველყოფს მეცნიერებისა და ინოვაციური ბიზნესის ურთიერთქმედების ორგანიზებას, რაც იძლევა კვლევების ეფექტურობის ამაღლების, და მათი შედეგების წარმოებაში სწრაფად დანერგვის შესაძლებლობას.

მეხუთე - გარდაქმნის ფუნქცია. საბაზრო სიტუაციის საკუთარი თავისთვის სასარგებლო მიმართულებით შეცვლისკენ სწრაფვისას ინოვაციური საქმიანობის ხარჯზე, მეწარმე არა მარტო ქმნის ახალ სარგებელს და ტექნოლოგიებს, არამედ ასევე ანგრევს დამკვიდრებულ საბაზრო გარემოს, კონკურენციის ფორმებს და წარმოების ორგანიზებულობას, არსებული ბაზრების მოდიფიცირების და ახლის შექმნის გზით.

მეექვსე - სოციალური ფუნქცია. ინოვაციური საქმიანობის შედეგად იქმნება სამომხმარებლო არჩევნის ოპტიმიზაციის და კეთილდღეობის ზრდის, ასევე ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტის შესაძლებლობა. ბოლო წლების განმავლობაში შესამჩნევი გახდა ეკოლოგიურად-ორიენტირებული საწარმოების დაფინანსების მოცულობის ზრდის ტენდენცია.

განვიხილოთ საქართველოში ინოვაციური პროექტების დაფინანსების ტენდენციები. არსებული ფაქტორების სინერჯის შედეგად მიღებული

კომპლექსური ფაქტორებიდან ერთ-ერთს აქაც წარმოადგენს ვენჩურული კაპიტალი, რომელიც ინოვაციურ მიმართულებასთან ერთად ითვალისწინებს ეკონომიკური სისტემების მომატებულ რისკებს, ეკონომიკური გარემოს არასტაბილურობას, ინოვაციების ციკლს, მეწარმეების რიგებში მმართველობითი უნარ-ჩვევების და საინვესტიციო პროცესის ცოდნის უკმარისობას. მის მამოძრავებელ ძალას წარმოადგენს ვენჩურული კაპიტალის ინოვაციური ხასიათი, რომელიც ეყრდნობა მიღწევებს მეცნიერების დარგში, ახალი ტექნოლოგიების სწრაფ ათვისებას და ეფექტურ მენეჯმენტს.

ადგილი	ქვეყანა	გაწეული ხარჯი (%)
1	ისრაელი	4,9
2	სამხრეთ კორეა	4,6
3	ტაივანი	3,5
4	შვედეთი	3,4
5	ავსტრია	3,2
6	გერმანია	3,2
7	იაპონია	3,2
8	ფინეთი	3,2
9	აშშ	3,1
10	დანია	3,1
...	...	...
82	საქართველო	0,1

ცხრილი 1. სხვადასხვა ქვეყნების დანახარჯები სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოებზე (2019 წლის მონაცემებით).

წყარო: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_research\\_and\\_development\\_spending#cite\\_note-1](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_research_and_development_spending#cite_note-1)

ის ქვეყნები, რომლებიც დღეს აკონტროლებენ ახალი ტექნოლოგიების შექმნის პროცესს, ხვალ გააკონტროლებენ უახლესი ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილი პროდუქციის ბაზრებს. ამ პროცესის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს ეკონომიკურ შედეგს წარმოადგენს ლიდერი ქვეყნების სავარაუდო დომინირება მსოფლიოს ძირითად ბაზრებზე, ამ ბაზრებიდან პერიფერიული ქვეყნების (საქართველოს ჩათვლით) შეგნებული განდევნის თანხლებით. გაეროს განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციამ (UNESCO) 2016 წელს გამოაქვეყნა ანგარიში ქვეყნების მიერ მეცნიერებაზე და კვლევებზე დახარჯული თანხების შესახებ, რომელშიც



საქართველო საერთოდ არ მონაწილეობს. ქვეყნების მიხედვით დანახარჯები განვითარებასა და კვლევებზე, 2019 წლის მონაცემებით, მოცემულია ცხრილი 1-ში.

ამ მონაცემების მიხედვით საქართველო ჩამორჩება როგორც პოსტ-საბჭოურ სახელმწიფოებს, ასევე „მესამე სამყაროს“ ქვეყნებსაც. ამ სიტუაციის გამოსასწორებლად საჭიროა მთავრობის მიერ გადაიდგას ქმედითი ნაბიჯები სამეცნიერო-კვლევითი, ინოვაციური საქმიანობის განვითარების მიმართულებით, რათა ინოვაციური პროექტების განხორციელებამ გავლენა იქონიოს ქვეყნის ეკონომიკის გაძლიერებაზე, სახელმწიფოზე და საზოგადოებაზე. წამყვან ინდუსტრიულ სახელმწიფოებში „ახალი ეკონომიკის“ შემოღება მნიშვნელოვანი ხარისხითაა განპირობებული ინოვაციების ტემპების, ინოვაციური პროცესების რეალიზების მიმართულებებისა და მექანიზმების ეკონომიკური როლის შეცვლით. არ შეიძლება არ გავითვალისწინოთ ეკონომიკაზე სამეცნიერო-ტექნოლოგიური პოტენციალის ზეგავლენა, ვინაიდან მთლიანად ეკონომიკა ეფუძნება სამეცნიერო ცოდნას, ხოლო მისი ინოვაციური განვითარება შესაძლებელია მხოლოდ ახალი სამეცნიერო ცოდნის და სამეცნიერო-ტექნიკური მიღწევების ხარჯზე. საქართველოს გააჩნია მნიშვნელოვანი სამეცნიერო ბაზა და მაღალკვალიფიციური კადრები, თუმცა ამავდროულად ამ ინოვაციური პოტენციალის ორიენტაცია წარმოებაში და საქმიანობის სხვა სფეროებში საკმაოდ სუსტია. ამ სამეცნიერო პოტენციალის შენარჩუნება შეუძლებელია მისი ეროვნულ ეკონომიკასთან დაკავშირების გარეშე, ხოლო ეკონომიკა ვერ იქნება კონკურენტული მეცნიერული საფუძვლის გარეშე.

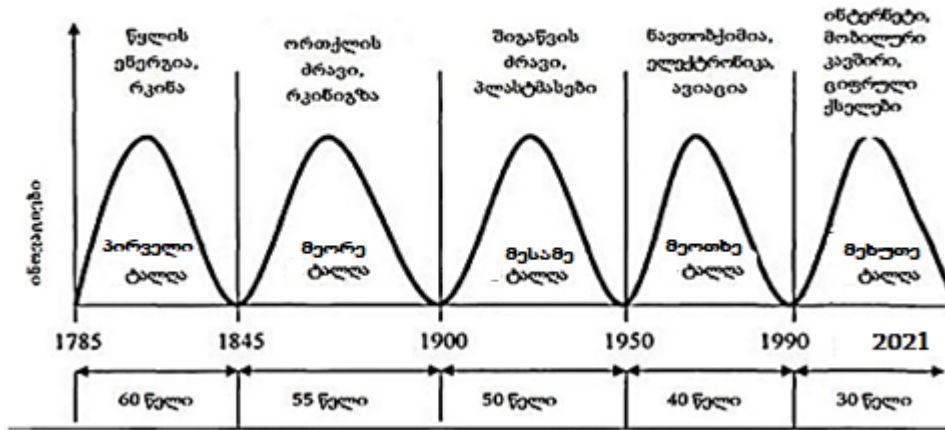
მრავალი მკვლევარის აზრით, ნოვატორული საქმიანობა განიხილება, როგორც ძირითადი ფაქტორი, რომელიც იწვევს ეკონომიკაში ტალღისებრი ხასიათის დინამიურ ცვლილებებს. ინოვაციური განვითარების ძირითადი ტალღების პერიოდიზაცია ი.შუმპეტერის და კ. ფრიდმენის მიხედვით მოყვანილია ნახ. 1-ზე [4]. ამ და სხვა თეორიების საფუძველზე ევროპელი მეცნიერების მიერ შემუშავდა ტექნოლოგიური წყობის კონცეფცია, ტექნო-

ლოგიური წყობის ცნება. „წყობის“ ცნება გულისხმობს ნებისმიერი რამის მოწყობას ან დამკვიდრებულ წესს. ტექნოლოგიური წყობა ხასიათდება მის შემადგენლობაში არსებული, კვალიფიციური სამუშაო ძალის საერთო რესურსებზე, საერთო სამეცნიერო-ტექნიკურ რესურსებზე და ა.შ. დაყრდნობილი ხარისხით ერთგვაროვანი რესურსების ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ნაკადებით დაკავშირებული საწარმოების ერთიანი ტექნიკური დონით. მეცნიერები გამოყოფენ 5 ტექნოლოგიურ, ან დასავლური ტერმინოლოგიის მიხედვით - „მრეწველობის გრძელი ციკლების წყობას“. თითოეული ასეთი ციკლი იწყება მაშინ, როდესაც ინოვაციების კომპლექტი შედის მეწარმეების განკარგულებაში. მე-5 ციკლის დაწყებას უკავშირებენ კომუნიკაციების ახალი საშუალებების, ციფრული ქსელების, კომპიუტერული პროგრამების და გენური ინჟინერიის განვითარებას. თითოეული ციკლის დასაწყისისთვის დამახასიათებელია ეკონომიკის აღმავლობა, მაშინ როდესაც დასასრულისთვის დამახასიათებელია მისი დაღმავლობა (ამის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს დიდი ამერიკული დეპრესია). ტექნოლოგიური რევოლუციის თანამედროვე ეტაპზე კომპანიები მიისწრაფვიან ინოვაციებში განხორციელებული ნოვატორობის და სიახლეების ხვედრითი წილის ზრდისკენ, რაც საშუალებას აძლევს მათ გაზარდონ მონოპოლიზმის დონე მოცემულ სფეროში და უკარნახონ მომხმარებლებს და კონკურენტებს საკუთარი პოლიტიკა. საზოგადოების კეთილდღეობა განისაზღვრება არა საწარმოო ფაქტორების მასით, არა ინვესტიციების მოცულობით, არამედ ინოვაციური საქმიანობის ეფექტურობით, რაც იძლევა საბოლოო დადებით შედეგს.

ინოვაციური პროექტებისთვის დამახასიათებელია დროის ხანგრძლივი პერიოდი საინვესტიციო დანახარჯებსა და მოგების მიღებას შორის (5-10 წელი). ინოვაციებში დამბანდებელი კაპიტალისტების ინვესტიციური აქტიურობა დიდადაა დამოკიდებული იმაზე, თუ განვითარების რომელ სტადიაზე იმყოფება პატარა მაღალტექნოლოგიური კომპანია და ასევე ინოვაციური ინვესტიციების განხორციელების პირობებზე ამა თუ იმ

სახელმწიფოში. ვენჩურული კაპიტალის გავლენა ეროვნულ ეკონომიკაზე ძალზე მნიშვნელოვანია. ასევე გადამწყვეტია ინოვაციური პროექტების დასაფინანსებელი სახსრების წყაროც.

**ნახ. 1. ინოვაციური განვითარების ძირითადი ტალღების პერიოდიზაცია (ი. შუმპეტერის და კ. ფრიდმენის მიხედვით)**



მეწარმის მიერ ამა თუ იმ სახის დაფინანსების არჩევა დამოკიდებულია რამდენიმე ფაქტორზე, ესენია: დაფინანსების წყაროს ხელმისაწვდომობა, გადასახადი (პროცენტი) დაფინანსებისთვის, მეწარმის პროფესიონალიზმი და ამბიციურობა, დაფინანსების შემადგენლობა (მხოლოდ ფინანსური სახსრები თუ თანმხლები მომსახურებებიც), და ა.შ. ვენჩურულ დაფინანსებას გააჩნია დიდი უპირატესობა დაფინანსების დანარჩენ წყაროებთან შედარებით კომპანიის განვითარების დაწყებით ეტაპებზე, რადგან ფულად სახსრებთან, საორგანიზაციო, მმართველობით და სხვა ტიპის მხარდაჭერასთან ერთად, მეწარმეს შეიძლება შესთავაზონ ინვესტორის პირადი კავშირები, ინფორმაცია ბაზრებისა და ანალოგიური საქონლის შესახებ. კომპანიის განვითარებასთან ერთად ვენჩურული ინვესტორის მიერ შეთავაზებული ადამიანური კაპიტალის როლი მცირდება და უკვე ვენჩურული დაფინანსების ნაცვლად ხდება სტრატეგიული დაფინანსება.

ამდენად, თანამედროვე საზოგადოების ფორმირებისათვის მთავარი ტენდენციაა მასალატევადი ეკონომიკიდან ინოვაციურზე გადასვლა, რომლის საფუძველიც გახდება მეცნიერულ- ინტელექტუალური რესურსე-

ბი. საქართველოს მთავრობას ბოლო წლების განმავლობაში არაერთხელ აღუნიშნავს ეკონომიკის განვითარებისათვის ინოვაციური მიმართულების აუცილებლობის შესახებ, მაგრამ ამ მხრივ პროგრესი ჯერჯერობით არ ჩანს. თავის მხრივ, ინოვაციური პროექტების გამოჩენა საწარმოების სტრუქტურებში გამოიწვევს ერთგვარ დისბალანსს უკვე არსებულ სისტემაში და მოითხოვს ფაქტორების კომბინაციის გადახედვას, საჭირო გახდება მათი ოპტიმალური შეხამების ვარიანტების ძიება. ხოლო ამან კი შესაძლოა გამოიწვიოს ახალი ფაქტორების გამოჩენა, რომლებიც შესაფერისი იქნება წარმოების განვითარების თანამედროვე ეტაპისთვის, რაც საშუალებას მოგვცემს დავაჩქაროთ ქვეყნის ეკონომიკური ზრდა. იმისათვის, რომ უზრუნველვყოთ ქვეყნის ეკონომიკური ზრდის მდგრადი ტემპები და შევამციროთ სხვაობა ეკონომიკური განვითარების დონებს შორის მსოფლიოს სხვა წამყვან ქვეყნებთან შედარებით, შეიძლება გამოყენებული იქნას ვენჩურული დაფინანსება, რომელიც, თავის მხრივ, მაღალი რისკიანობით ხასიათდება.

## 1.2. ფინანსური რისკების სახეები

რისკი ეს არის ნებისმიერ პროცესზე განსაზღვრული ფაქტორების მოულოდნელი ზემოქმედების ალბათობა, რომელთა გავლენითაც შესაძლოა შედეგის გადახრა დაგეგმილი სიდიდიდან.

რისკის განისაზღვრებაში მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს ხდომილების მოხდენის ალბათობა და მისი გავლენა მისაღებ შედეგზე.

ხდომილობის მოხდენის ალბათობა არის კონკრეტული შედეგის დადგომის შესაძლებლობის რიცხვითი ზომა. გავლენა კი არის მიღებული ეფექტი, რომელიც მიიღება შედეგის დადგომის შემთხვევაში.

მოხდენის ალბათობისა და შედეგზე მისი გავლენის ხარისხის მიხედვით ხდება რისკების დაჯგუფება.

პირველ რიგში, უნდა შევისწავლოთ და ვმართოთ ის რისკები, რომელთა გავლენა საინვესტიციო პროექტის შედეგის მიუღებლობაზე

მნიშვნელოვანია. თუმცა პრაქტიკაში ასეთი რისკების გამოვლენა არც თუ ისე მარტივია, ვინაიდან მოხდენის მაღალი ალბათობით რისკებს შესაძლოა უმნიშვნელო გავლენა ჰქონდეთ და პირიქით. ამ სიტუაციაში უნდა მოხდეს რისკების პრიორიტეტებად დალაგება ინვესტორის მიზნებისა და ამოცანებიდან გამომდინარე.

ნებისმიერ დონეზე ეკონომიკის მართვისას გადაწყვეტილების მიღების პროცესი მიმდინარეობს მუდმივად თანმხლები განუზღვრელობის პირობებში, რომელიც ძირითადად განსაზღვრავს ნებისნიერი საქმიანობის საბოლოო შედეგის განუზღვრელობას. ეკონომიკაში განუზღვრელობა ნიშნავს სამეწარმეო საქმიანობის შესახებ ინფორმაციის არასრულობას ან არაზუსტობას, მათ შორის დანახარჯის და მიღებული სარგებლის შესახებ. როგორც წესი, განუზღვრელობის ძირითადი მიზეზი სამია, ესენია: შემთხვევითობა, არასაკმარისი ცოდნა და უკუქმედება. ეს განუზღვრელობა იმით აიხსნება, რომ ეკონომიკური პრობლემების გადაჭრა დაიყვანება ალტერნატივების გარკვეული რაოდენობიდან ამორჩევის ამოცანამდე, ამასთან ეკონომიკურ აგენტებს – საწარმოებს და ინვერტორებს – არ გააჩნიათ ასეთი ოპტიმალური არჩევისათვის სიტუაციის შესახებ სრულყოფილი ცოდნა [1].

რისკის მართვა პრობლემურია ეკონომიკის ნებისმიერ სეფეროში – როგორც სოფლის მეურნეობაში, ისე წარმოებაში, ვაჭრობაში და ფინანსებში, რაც იწვევს მის მუდმივ აქტუალობას. დღესდრეისობით ფინანსურ თეორიაში ჯერ არ არის მიღებული რისკის ზოგადად მიღებული და ამომწურავი განმარტება. ეს იმითაა განპირობებული, რომ პრაქტიკაში არსებობს რისკის გამოვლენის ძალიან დიდი მრავალფეროვნება, ამასთან უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგჯერ რისკის ერთი და იგივე სახე შეიძლება აღნიშნული იყოს სხვადასხვა ტერმინით. ამასთან, ხშირად ძალიან შეუძლებელია რისკის ცალკეული სახის გარჩევა, მაგალითად, პორტფელურის და საბაზროსი.

განუზღვრელობისაგან განსხვავებით, რისკი ზომად სიდიდეს წარმოადგენს; მის რაოდენობრივ ზომად გვევლინება არახელსაყრელი შედეგის ალბათობა. უფრო ვიწრო გაგებით ეკონომიკური რისკი განისაზღვრება როგორც მიუღებელი სარგებლის ან ფინანსური აქტივების პორტფელის ღირებულების დანაკარგის, საინვესტიციო პროექტებიდან შემოსავლის მიუღებლობის და ა.შ. გაზომვადი ალბათობა.

ბუნებაში უამრავი რისკი არსებობს. ზოგიერთი მათგანი ცალკეულ პიროვნებებზე ახდენს გავლენას, ზოგი კი - მთელს საზოგადოებას უქმნის საფრთხეს, ზოგიერთი რისკი სპეციფიკურია და მხოლოდ გარკვეული სფეროსა თუ საქმიანობაზე შეუძლია გავლენის მოხდენა. ასევე რისკები რომლებსაც გლობალური გავლენა აქვს საზოგადოებაზე. ამიტომ, რისკით განპირობებული ზარალის გამო, დიდი მნიშვნელობა აქვს მის პროგნოზირებას და მისი შედეგებიდან თავის დაღწევას.

თანამედროვე ეკონომიკურ თეორიაში განუზღვრელობის „ინდიკატორად“ გამოდის კატეგორია რისკი. რისკსა და განუზღვრელობას შორის ძირითადი განსხვავება იმაში მდგომარეობს, ცნობილი არის თუ არა გადაწყვეტილების მიმღები სუბიექტისათვის გარკვეული ხდომილებების დადგომის ალბათობები. თუ რისკი დამახასიათებელია მასობრივი, განმეორებადი ხდომილებების მქონე საწარმო-ეკონომიკური სისტემებისათვის, განუზღვრელობა, როგორც წესი, არსებობს იმ შემთხვევებში როცა შედეგების ალბათობების განსაზღვრა ხდება სუბიექტურად წინა პერიოდების სტატისტიკური მონაცემების არქონის გამო. რისკის და განუზღვრელობის კატეგორიების ინტერპრეტაციის ასეთი მიდგომა მიღებულია ეკონომიკური მეცნიერების ნეოკლასიკური მიმართულებებში, მაშინ როცა ნეოკლასიკური სკოლა თვლის, რომ ეს ცნებები ტოლფასია. [8]

რაოდენობრივად განუზღვრელობაში იგულისხმება შედეგის მოსალოდნელი მნიშვნელობიდან, ე.ი. საშუალოდან, როგორც ნაკლები მნიშვნელობისაკენ ისე მეტ მნიშვნელობისაკენ გადახრას. ასეთ გადახრას

„სპეკულაციურს“ უწოდებენ, რომელიც „წინდა“ გადახრისაგან იმით განსხვავდება, რომ ეს უკანასკნელი გულისხმობს საბოლოო შედეგიდან მხოლოდ უარყოფით გადახრას. შესაბამისად, რისკის ცნება შეიძლება შეესაბამებოდეს სპეკულაციურ განუზღვრელობას და მოიცავდეს როგორც დადებით, ისე უარყოფით მნიშვნელობებს, ასევე წმინდა განუზღვრელობას.

ფინანსურ რისკ-მენეჯმენტში რისკი გულისხმობს დაბანდებული სახსრების ნაწილის დაკარგვის შესაძლებლობას, შემოსავლების მიუღებლობას ან დამატებითი ხარჯების წარმოშობას იმ სახის ინვეტიციების განხორციელებისას, რომელშიც დიდია განუზღვრელობა.

ზემოთ აღნიშნული კლასიფიკაციის მიხედვით საინვესტიციო პროექტების განხორციელების დროს მთავარი რისკებია საბაზრო, საკრედიტო და სხვადასხვა ოპერაციული რისკები, ასევე ლიკვიდურობის რისკები და ხდომილებათა რისკები.

საბაზრო რისკი გულისხმობს კრედიტზე საპროცენტო განაკვეთების, ვალუტის კურსის, ფასიანი ქაღალდების ფასების ცვლილების შედეგად არსებული აქტივების ღირებულების შეცვლის შესაძლებლობას. საბაზრო რისკს ასევე მიეკუთვნება სავალუტო და საპროცენტო რისკები. სხვაგვარად რომ ვთქვათ, საბაზრო რისკი არის იმის ალბათობა, რომ ინვესტორი დაზარალდება იმ ფაქტორების გამო, რომლებიც გავლენას ახდენენ მთლიანად ფინანსური ბაზრების საქმიანობაზე. საბაზრო რისკის აღმოფხვრა შეუძლებელია დივერსიფიკაციის გზით, მხოლოდ შესაძლებელია მისი სხვაგვარად დაზღვევა (ჰეჯირება). საბაზრო რისკების წყაროდ გვევლინება რეცესიები, პოლიტიკური რყევები, სტიქიური უბედურებები და ტერორისტული შემოტევები.

საკრედიტო რისკი – ეს არის მსესხებლის მიერ აღებულ კრედიტზე პროცენტების და ძირითადი თანხის ხელშეკრულებით გათვალისწინებულ ვადაში გადაუხდელობით გამოწვეული დანაკარგი. დეფოლტის რისკი და ვადაზე ადრე დაფარვის რისკი ასევე მიეკუთვნება საკრედიტო რისკს.

ამის გარდა, არსებობს კიდევ სხვადასხვა სახის რისკი, რომლებიც არ წარმოადგენენ სპეციფიურს მხოლოდ ფინანსური სფეროსათვის, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მათი მნიშვნელობის შეუფასებლობა შეუძლებელია. მათ მიეკუთვნებიან:

- ლიკვიდურობის რისკი, რომელიც შეიძლება განვიხილოთ შემდეგი რისკების ერთობლიობა: საბაზრო ლიკვიდურობის რისკი – იგი წარმოადგენს იმ დანაკარგის შესაძლებლობას, რომელიც გამოწვეულია დროის შედარებით მოკლე პერიოდში საბაზრო კონიუნქტურის გაუარესების გამო; საბალანსო ლიკვიდურობის რისკი – კრედიტორის წინაშე აღებული ვალდებულებების შესასრულებლად საჭირო ნაღდი სახსრების ან სხვა მაღალლიკვიდური აქტივების ნაკლებობის შესაძლებლობა;
- ოპერაციული რისკი – გულისხმობს იმ ტექნიკურ შეცდომებს, ავარიებს, აპარატურის მტყუნებას, ინფორმაციულ სისტემებზე არასანქცირებული შეღწევის შედეგად მიღებული გაუთვალისწინებელი დანაკარგების შესაძლებლობას, რომლებიც მომუშავეთა მიერ შეგნებულად თუ უნებლიედაა დაშვებული. ოპერაციულ რისკებს ასევე შეიძლება მიაკუთვნოთ ის დანახარჯებიც, რომელიც მიიღება რისკების შეფასებასა და მოდელირებაში დაშვებული შეცდომებით;
- ბიზნეს-ხდომილების რისკი – გაუთვალისწინებელი გარემოებების, საკანონმდებლო ბაზის შეცვლის, მმართველობის სხვადასხვა დონის სტრუქტურების ქმედებების და ა.შ. შედეგად გამოწვეული გაუთვალისწინებელი დანაკარგების შესაძლებლობა. ხდომილების რისკს ჩვეულებრივ მიეკუთვნება იურიდიული, საბუღალტრო და საგადასახადო რისკები, რეპუტაციის რისკი, მარეგულირებელი ორგანოები ქმედებების რისკი და სხვა.

აღსანიშნავია, რომ ბოლოს აღნიშნული რისკის სახეობების კლასიფიკაცია და რაოდენობრივი შეფასება ყველაზე რთულია. ამის მიზეზი



ისაა, რომ ოპერაციული რისკები და ხდომილების რისკები უმეტესად განპირობებულია ადამიანური ფაქტორით.

ზემოთ აღნიშნული რისკები, ორგანიზაციის ტიპიდან გამომდინარე, სხვადასხვა პროპორციით ახდენს გავლენას საქმიანობაზე. მაგალითად, ბანკების ოპერაციებში უმეტესად ქარბობს საკრედიტო და საბაზრო რისკები, ხოლო საწარმოების საქმიანობაში - ოპერაციული რისკი და პარტნიორების რისკი. ბოლოს უნდა აღნიშნოს, რომ ეკონომიკის სხვადასხვა დარგში (ფინანსურ სფეროსთან დაკავშირებულის გარდა) გვხვდება მათთვის დამახასიათებელი სპეციფიური რისკებსაც, რომლებიც გამოწვეულია მათი საქმიანობისა და წარმოების პროცესის თავისებურებებით. ასეთ რისკებს შესაძლოა ვუწოდოთ ტექნოლოგიური ანუ საწარმოო რისკებს.

### **1.3. თავის შეჯამება**

ინოვაციები წარმოადგენს ქვეყნის ეკონომიკის მამოძრავებელ ძალას. მისთვის დამახასიათებელია რესურსების ნაკლები დანახარჯით მაქსიმალური შემოსავლიანობის მოტანის თვისება, რაც იწვევს მთლიანი შიდა პროდუქტის ზრდას და საბოლოოდ ქვეყნის ეკონომიკური ზრდის საწინდარია. ინოვაციურ პროექტებში ინვესტიციებს ახასიათებს მაღალი რისკიანობა და ამასთან მაღალი შემოსავლიანობაც.

რისკის მართვის პრობლემა დამახასიათებელია ეკონომიკის ყველა დარგისთვის, რის გამოც აიხსნება მის შესწავლის აქტუალობა. მიუხედავად იმისა, რომ ამჟამად ფინანსურ თოერიამში ჯერ არა არის შემუშავებული რისკების ზოგადადმიღებული და ამომწურავი კლასიფიკაცია ჩვენ საინვესტიციო პროექტების წარმატებულად განხორციელების მთავარ საფრთხედ განხილული გვაქვს საბაზრო, საკრედიტო და ოპერაციული რისკები, ლიკვიდურობის რისკები და ხდომილებათა რისკები. მაგრამ, მხოლოდ რისკების კლასიფიკაცია არ არის საკმარისი, საჭიროა მათი პროგნოზირების, შეფასების და მართვის მეთოდების შემუშავებაც.

## თავი 2. რისკების შეფასების მოდელები

თანამედროვე საბაზრო ურთიერთობაში რისკების მართვისათვის საკმარისი არ არის მხოლოდ ინტუიციაზე დაყრდნობა, რისკების მართვას უნდა ჰქონდეს თავისი სტრატეგია და ტაქტიკა. ფინანსური რისკების მართვის ეფექტურობისათვის აუცილებელია სამეცნიერო კვლევებზე დაფუძნება. რისკების შეფასება და ხარისხის დაწევა უნდა მოხდეს წარმოდგენილი მეთოდების გამოყენებით. ასევე, საჭირო არის ცნობილი მეთოდების კომბინირება და მათი გამოყენება ყოველდღიურ მუშაობაში. მთავარია, რომ ფინანსური რისკის მართვის სისტემა იყოს გამჭვირვალე, პრაქტიკული და შეესაბამებოდეს ინვესტორის სტრატეგიულ მიზნებს, რაც განაპირობებს მოგების მაქსიმალურ მიღებას.

პრაქტიკაში გამოიყენება რისკების შეფასების მრავალი მოდელი, რომლებიც სხვადასხვა მეთოდებს ეფუძნება. ქვემოთ განვიხილავთ სტატისტიკურ მონაცემებზე, ალბათობაზე და ბუღალტრულ მონაცემების გამოყენებაზე აგებულ მოდელებს.

### 2.1. Value at Risk (რისკის სიდიდე) მაჩვენებელი (VaR) - რისკის ზომა

VaR წარმოადგენს რისკის მეტრიკას, რისკის მაჩვენებელს, რისი მეშვეობითაც შესაძლებელია განუზღვრელობის სიდიდის დადგენა. რისკის ეს მეტრიკა დღეისათვის საქართველოში ნაკლებადაა შესწავლილი. ჩვენი კვლევის მიზანია VaR-ის შეფასების არსებული მეთოდების შესწავლა და ამის საფუძველზე მათი გაუმჯობესება.

რისკის სიდიდე მაჩვენებელი (VaR) არის ერთ ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და ფართოდ გამოყენებული სტატისტიკა, რომელიც ზომავს ეკონომიკური ზარალის პოტენციალს. იგი პრაქტიკულად ყველა ძირითადი ფინანსური ინსტიტუტის და რეგულირების მენეჯმენტის მიერ მიღებული იქნა, როგორც რისკის ქვაკუთხედი და საერთო ენა. VaR ზომავს პორტფელის მაქსიმალური დანაკარგის მნიშვნელობის ალბათობის

განსაზღვრულ დონეს გარკვეული პერიოდის განმავლობაში. რისკის გაზომვის ტრადიციული მეთოდებისგან განსხვავებით, VaR მეთოდს უფრო მეტი ადაპტაცია გააჩნია და უფრო მეცნიერულია.

VaR ზომავს განსაზღვრული პერიოდის განმავლობაში დანაკარგის ყველაზე უარეს შემთხვევებს. მათემატიკური თვალსაზრისით, VaR შეესაბამება პორტფელის პოტენციური ზარალის პროცენტის და შეიძლება გამოიხატოს, როგორც პორტფელის მიმდინარე ღირებულების შესაძლო ზარალი.

მოცემული პორტფელის, დროის ჰორიზონტისა და  $p$  ალბათობისთვის  $p$  (VaR) შეიძლება განისაზღვროს არაფორმალურად, როგორც მაქსიმალური ზარალი ამ დროის განმავლობაში ყველა უარესი შედეგის გამორიცხვის შემდეგ, რომელთა კომბინირებული ალბათობა არის  $p$ . ეს ითვალისწინებს, რომ ფასწარმოქმნას მიმდინარე საბაზარო ფასებით და პორტფელში ვაჭრობის გარეშე ხდება [6].

მაგალითად, თუ აქციების პორტფელს გააჩნია ერთდღიანი 5 %-იანი VaR 1 მლნ. დოლარის სიდიდით, ეს ნიშნავს, რომ არსებობს იმის 0,05 ალბათობა, რომ პორტფელის ფასი დაეცემა 1 მლნ.დოლარზე მეტად ერთდღიან პერიოდში თუ არ შედგება ვაჭრობა. არაფორმალურად, მოსალოდნელია ამ პორტფელზე 1 მლნ.დოლარი და მეტი დანაკარგი 1 დღეში (5 %-იანი ალბათობის გამო).

უფრო ფორმალურად  $p$  (VaR) ისე განისაზღვრება, რომ VaR-ზე მეტი დანაკარგის ალბათობა (არა უმეტეს)  $p$ -ს, ხოლო VaR –ზე ნაკლები დანაკარგის ალბათობა შეადგენს  $1 - p$ . დანაკარგს, რომელიც აღემატება VaR –ს, ეწოდება „VaR –ის დარღვევა“ [10].

ანუ VaR არის ასეთი რიცხვი:

ალბათობა (ზარალის აბსოლუტური მნიშვნელობა  $>$  VaR)  $<$  (1 - მოცემული ალბათობა).

VaR მაჩვენებელს ჩვეულებრივ არ იყენებენ იმ ბაზრების მიმართ, რომლებიც კრიზისულ მდგომარეობაში არიან.

ზარალის პოტენციალი წარმოიქმნება რისკის ფაქტორების ზემოქმედებით, აგრეთვე ამ რისკ-ფაქტორების განაწილებით. ამ შემთხვევაში რისკების მართვის სისტემების სტრუქტურის კლასიფიკაცია შესაძლებელია ზემოქმედების მოდელებად და რისკის ფაქტორების განაწილების მოდელებად.

ზემოქმედების მოდელები შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად. პირველი ჯგუფი იყენებს ადგილობრივ შეფასებას. ადგილობრივი შეფასების მეთოდები აფასებს პორტფელს ერთხელ, რისკის შეფასების გზით საწყის მდგომარეობაში და იყენებს ადგილობრივ საწარმოო ინსტრუმენტებს შესაძლო მოძრაობების დასადგენად. ამ კლასში დელტა-ნორმალური მეთოდი იყენებს წრფივ ან დელტა ზემოქმედებას და ვარაუდობს ნორმალურ განაწილებას. ამას ზოგჯერ უწოდებენ *დისპერსიულ-კოვარიაციულ მეთოდს*. რისკის მცირე ფაქტორების ზემოქმედების ქვეშ მყოფი პორტფელისთვის ზოგჯერ გამოიყენება მეორე რიგის წარმოებულები. მეორე ჯგუფი იყენებს სრულ შეფასებას. სრული შეფასების მეთოდი რისკს ზომავს სხვადასხვა სცენარის მიხედვით პორტფელის ზედმეტი შეფასების (repricing) გზით.

საბოლოოდ შეიძლება ითქვას, რომ VaR - ეს არის ფულად ერთეულებში (საბაზისო ვალუტაში) იმ სიდიდის შეფასება, რომელსაც არ აჭარბებს დროის მოცემული პერიოდის განმავლობაში მოცემული ალბათობის მქონე მოსალოდნელი დანაკარგები.

### 2.1.1. VaR-ის გაზომვის მეთოდები

როგორც ზემოთ მოტანილი განსაზღვრებიდან გამომდინარეობს, VaR სიდიდე მოცემული სტრუქტურის მქონე პორტფელისათვის – ეს არის უდიდესი ზარალი, რომელიც განპირობებულია ფინანსურ ბაზარზე ფასების რხევით და რომელიც გამოიანგარიშება: მომავალში დროის განსაზღვრული მანძილით (დროითი ჰორიზონტი); მოცემული ალბათობით მის

გადაუჭარბებლობით (სანდოობის ინტერვალი); ბაზრის ქცევის ხასიათით მოცემული ვარაუდის დროს (გაანგარიშების მეთოდი).

ნდობის ინტერვალი და დროითი ჰორიზონტი წარმოადგენენ ძირითად პარამეტრებს, რომელთა გარეშე  $VaR$ -ის არც გაანგარიშებაა შესაძლებელი და არც ინტეპრეტაცია.

$VaR$ -ის გამოსაანგარიშებლად დროითი ჰორიზონტი (*holding period*) ხშირად შეირჩევა ამ ინსტრუმენტის პორტფელში შენარჩუნების ვადიდან ან მისი ლიკვიდურობიდან გამომდინარე, ე.ი. იმ მინიმალური რეალური ვადიდან გამომდინარე, რომლის განმავლობაშიც შეიძლება ამ ინსტრუმენტის რეალიზება ბაზარზე მნიშვნელოვანი ზარალის გარეშე, ვინაიდან სწორედ ამ პერიოდის განმავლობაში ტრეიდერებს არ შეუძლიათ რამის გაკეთება ზარალის დასაწევად. მაგალითად, „კვირის  $VaR$ “, „თვის  $VaR$ “ - ეს არის შესაძლო ზარალის შეფასება კვირის და თვის განმავლობაში შესაბამისად.

$VaR$ -ის გამოსაანგარიშებელი ჰორიზონტისაგან უნდა განვასხვავოთ  $VaR$ -ის დაკვირვების პერიოდის სიღრმე (*observation period*) – რეტროსპექტიული ან ხელოვნურად მოდელირებული მონაცემები, რომელთა საფუძველზე ხდება  $VaR$ -ის გაანგარიშება. მაგალითად, ფრაზა „თვიური  $VaR$ -ის გაანგარიშებების სიღრმემ შეადგინა 2 წელი“ ნიშნავს, რომ მონაცემები იღებოდა 2 წლის მანძილზე, ე.ი. 24 თვის განმავლობაში, ხოლო ფრაზა „კვირის  $VaR$ -ის გაანგარიშებების სიღრმემ შეადგინა 2 წელი“ ნიშნავს, რომ მონაცემები იღებოდა 2 წლის მანძილზე, ე.ი. 104 კვირის განმავლობაში.

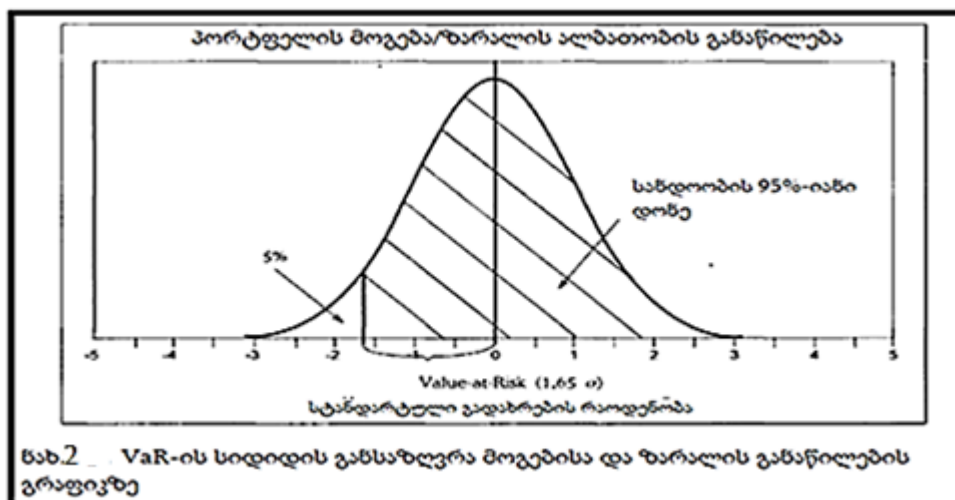
სანდოობის დონე (*confidence level*) ანუ ალბათობა, შეირჩევა იმ რისკის მიმართ უპირატესობის მინიჭებასთან დამოკიდებულებით, რომლებიც მაკონტროლებელი ორგანოების რეგლამეტირებულ დოკუმენტებში ან კორპორატიულ პრაქტიკაშია გამოსახული და ასახავს მენეჯერთა შეფასებებს. მაგალითად, საბანკო ზედამხედველობის ბაზელის კომიტეტი 99%-იანი დონის რეკომენდაციას იძლევა, რომელზედაც ორიენტაციას

ახდენენ მაკონტროლებელი ორგანოები; პრაქტიკაში ყველაზე პოპულარულია 95%-იანი დონე, მაგრამ ასევე გვხვდება სხვა დონეებიც (ჩვეულებრივ 95-სა და 99%-ს შორის).

ვთქვათ დაფიქსირებულია გახსნილი პოზიციების მქონე რაღაც პორტფელი. პორტფელის სანდოობის მოცემული  $(1 - \alpha)$  დონისთვის და პოზიციის შენარჩუნების პერიოდისათვის პორტფელის  $VaR$  განისაზღვრება როგორც სიდიდე, რომელიც უზრუნველყოფს პორტფელის მფლობელის მიერ მოსალოდნელი დანაკარგის დაფარვას დროის განმავლობაში  $(1 - \alpha)$  ალბათობით:

$$\Pr(VaR \geq x) = 1 - \alpha . \tag{8}$$

ნახ. 2-ზე გამოსახული მრუდი მოცემული პორტფელისათვის და პოზიციის შენარჩუნების პერიოდისათვის იძლევა მოგების და ზარალის ალბათობების განაწილებას. დაშტრიხული ნაწილი შეესაბამება არჩეულ სანდოობის 95%-იან დონეს (მისი ფართობი შედაგენს მრუდის ქვეშ მდებარე საერთო ფართობის 5%-ს).  $VaR$  წარმოადგენს შესაძლო დანაკარგის მაქსიმალურ სიდიდეს, რომელიც მიიღება მოცემულ სანდოობის დონეზე.



არსებობს  $VaR$ -ის შეფასების მიმართ მიდგომების ორი ძირითადი ჯგუფი. პირველი ჯგუფი ეფუძნება ეგრეთ წოდებულ „ლოკალურ შეფასებებს“ (*local valuation*), ე.ი. ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების

ფუნქციის წრფივ ან უფრო რთულ ფუნქციაზე აპროქსიმაციას, რომლის მნიშვნელოვან მაგალითს წარმოადგენს პარამეტრული დელტა-ნორმალური მეთოდი. მეორე ჯგუფი იყენებს „სრულ შეფასებებს“ (*full valuation*), რომელიც გულისხმობს ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების სრულ გადაანგარიშებას აპროქსიმაციული ვარაუდების გარეშე. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ისტორიული მოდელირების და მონტე კარლოს მეთოდები.

### 2.1.2. დელტა-ნორმალური მეთოდი

*value at risk* -ის ისტორიული არსი განუყოფლადაა დაკავშირებული ამ მაჩვენებლის დელტა-ნორმალურ მეთოდთან, რომელიც პირველად რეალიზებული იყო *J.P. Morgan* ბანკის მიერ თავის ცნობილ *RiskMetrics* სისტემაში, რომელმაც ფუნქციონირება დაიწყო 1994 წლის ოქტომბრის ბოლოს და დაიმსახურა საყოველთაო აღიარება დარგობრივი სტანდარტის სახით.

*VaR* სიდიდის გაანგარიშების დელტა-ნორმალური (*delta-normal*) მეთოდი საშუალებას იძლევა მივიღოთ *VaR* -ის შეფასება ჩაკეტილი სახით. მის საფუძველში ძვეს საბაზრო რისკის ფაქტორების ლოგარითმული შემოსავლიანობების განაწილების ნორმალური კანონის შესახებ წინაპირობა (პირველადი „დაუნაწევრებელი“ აქტივების ფასები, რომლებზედაცაა დამოკიდებული უფრო რთული ინსტრუმენტების, პოზიციების და მთლიანად პორტფელის ღირებულებები):

$$r_t = \ln(P_t / P_{t-1}) \sim N(\mu, \sigma^2). \quad (9)$$

რისკი ფაქტორების ცვლილებების ნორმალური განაწილების შესახებ ვარაუდი მნიშვნელოვნად აიოლებს სიდიდის გამოანგარიშებას, რამდენადაც ამ შემთხვევაში ინსტრუმენტების შემოსავლიანობების განაწილება, რომელიც წარმოადგენს რისკის ფაქტორების წრფივ კომბინაციას, ასევე იქნება ნორმალური. ეს ფუნდამენტური თვისება შენარჩუნებული იქნება ნებისმიერი პორტფელისათვის, რომელიც შედგება წრფივი საფასო

მახასიათებლების მქონე ინსტრუმენტებისაგან, როგორებიცაა, მაგალითად, აქციები ან ვალუტები.

### 2.1.3. ისტორიული სიმულირების მეთოდი

ისტორიული სიმულირების მეთოდი (historical simulation) მიეკუთვნება სრული შეფასების მეთოდთა ჯგუფს და წარმოადგენს არაპარამეტრულს. ის ეფუძნება უახლოეს მომვალში საბაზრო ფასების სტაციონალური ქცევის შესახებ ვარაუდს. თავიდან ხდება დროის  $T$  სიღრმის პერიოდის არჩევა (მაგალითად 200 სავაჭრო დღე), რომლის განმავლობაშიც ხდება ისტორიულ ცვლილებებზე (მაგალითად დღიურ) პორტფელში შემავალი ყველა  $N$  აქტივის  $P$  ფასზე დაკვირვება:

$$\Delta P_{i,t} = P_{i,t} - P_{i,t-1}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, \dots, T. \quad (10)$$

ყოველი ამ ცვლილებების  $T$  სცენარისთვის თითოეული აქტივის მომავალში ჰიპოთეზური ფასი  $P^*$  მოდელირდება, როგორც მისი მიმდინარე  $P_0$  ფასს დამატებული მოცემული სცენარის შესაბამისი ფასის ნაზრდი:

$$P_{i,t}^* = P_{i,0} + \Delta P_{i,t}, i = 1, 2, \dots, N, t = 1, 2, \dots, T. \quad (11)$$

შემდეგ ხდება ისტორიულ სცენარებზე დაყრდნობით მოდელირებული ფასებით მთლიანი მიმდინარე პორტფელის სრული გადაფასება, და თითოეული სცენარისათვის გამოითვლება, რამდენად შეიცვლებოდა დღევანდელი პორტფელის ღირებულება:

$$\Delta V_t = V_t^* - V_0, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (12)$$

ამის შემდეგ ხდება პორტფელის მიღებული  $T$  ცვლილებების რანჟირება კლების მიხედვით (ყველაზე დიდი ნაზრდიდან ყველაზე დიდ ზარალამდე), რომლებიც შეიძლება დავნომროთ 1-დან  $T$ -მდე. სასურველი სანდოობის  $(1-\alpha)$  დონის შესაბამისად  $VaR$  სიდიდე განისაზღვრება როგორც ისეთი მაქსიმალური ზარალი, რომელიც არ იმატებს  $(1-\alpha)T$  შემთხვევაში, ე.ი.  $VaR$  იმ ნომრიანი ცვლილების აბსოლიტური მნიშვნელობის ტოლია, რომელიც  $(1-\alpha)T$  რიცხვის მთელი ნაწილის ტოლია.



მოცემული მეთოდი შედარებით ადვილად რეალიზებადია, თუ მენეჯ-მენტების განკარგულებაშია რისკის ყველა იმ ფაქტორის შესახებ განახლებადი ყოველდღიური მონაცემთა ბაზა, რომლის ზემოქმედებასაც განიცდიან პორტფელის ინსტრუმენტები. როგორც წესი, რაც უფრო დიდია ფასების მოდელირებისათვის გამოყენებული რეტროსპექტივის სიღრმე, მით უფრო მაღალია -  $VaR$ -ის შეფასებების სიზუსტე, მაგრამ ამავდროულად უფრო სახიფათოა მოძველებული მონაცემების გამოყენება, რომლებიც „ახშობენ“ ბაზრის ახალ ტენდენციებს.

ისტორიული მოდელირების მეთოდში რისკის ფაქტორების მნიშვნელობათა ცვლილება იზომება იმ ინტერვალების განმავლობაში, რომლებიც შეესაბამებიან  $VaR$ -ის გამოთვლის შერჩეულ ჰორიზონტს. მაგალითად, თვიური  $VaR$ -ის გამოსათვლელად უნდა ავაგოთ რამდენიმე გავლილი წლის მანძილზე მოდელირებული პორტფელის ღირებულების თვიური ცვლილების განაწილებები.

#### 2.1.4. მონტე კარლოს მეთოდი

მონტე კარლოს მეთოდი, ანუ სტოქასტური მოდელირების მეთოდი (*Monte Carlo Simulation*), ეფუძნება მოცემული მახასიათებლების მქონე შემთხვევითი პროცესების მოდელირებას. ისტორიული მოდელირების მეთოდისაგან განსხვავებით, მონტე კარლოს მეთოდში აქტივების ფასების ცვლილება გენერირდება ფსევდოშემთხვევითი სახით განაწილების მოცემული პარამეტრების შესაბამისად, მაგალითად  $\mu$  მათემატიკური ლოდინის და  $\sigma$  ვოლატილობისა. იმიტირებული განაწილება, პრინციპში, შეიძლება ნებისმიერი იყოს, ხოლო სცენარების რაოდენობა – ძალიან დიდი (ათიათასამდე). სხვა მხრივ ეს მეთოდი ისტორიული მოდელირების მეთოდის ანალოგიურია.

ფასების ტრაექტორიის მოდელირება ხდება სხვადასხვა მოდელების მიხედვით. მაგალითად, გავრცობილი გეომეტრიული ბროუნის მოძრაობის მოდელი  $S$  ფასების მოდელირებისათვის  $T$  პერიოდის მომცველ პროცე-

სის თითოეულ ბიჯზე, რომელიც შედგება ბიჯების დიდი რაოდენობისაგან, ზოგადად გვაძლევს შემდეგ გამოსახულებას:

$$ds_t = S_t(\mu dt + \sigma dz_t), \quad (13)$$

სადაც  $dz_t$  - ვინერის შემთხვევითი პროცესია.

თუ ფასების ტრაექტორია შედგება  $n$  ტოლი ბიჯისაგან (მაგალითად,  $n$  დღისაგან), მაშინ ერთი ბიჯი  $\Delta t = \frac{1}{n}$ , ხოლო შემთხვევითი სიდიდე ემორჩილება სტანდარტულ ნორმალურ განაწილებას ( $\mu = 0$ ,  $\sigma = 1$ ).

მონტე კარლოს მეთოდში შემთხვევითი რიცხვების გენერაცია შედგება ორი ბიჯისაგან. თავიდან შეიძლება ვისარგებლოთ 0 და 1 ინტერვალს შორის თანაბრად განაწილებული შემთხვევითი რიცხვების გენერატორით. შემდეგ, იყენებენ რა როგორც არგუმენტებს მიღებულ შემთხვევით რიცხვებს, ითვლიან მოდელირებადი განაწილებების ფუნქციის მნიშვნელობებს.

აქ მხედველობაში მისაღები, რომ შემთხვევითი რიცხვების გენერატორი მუშაობს დეტერმინირებულ ალგორითმებზე და წარმოქმნიან ე.წ. „ფსევდოშემთხვევით რიცხვებს“, მაგრამ რამდენადაც გარკვეული მომენტიდან ამ ფსევდოშემთხვევით რიცხვების მიმდევრობები გამეორებებს იწყებენ, ე.ი. ისინი არ წარმოადგენენ დამოუკიდებლებს.

$VaR$  -ის გაანგარიშების ყველა აღწერილ მეთოდს შორის მონტე კარლოს მეთოდი წარმოადგენს ტექნიკურად ყველაზე რთულს. გარდა ამისა გამოთვლების სრული მოცულობით ჩასატარებლად საჭიროა მნიშვნელოვანი გამოთვლითი სიმძლავრეები და დროითი რესურსები. რა თქმა უნდა, თანამედროვე კომპიუტერები რამდენჯერმე უფრო სწრაფად მუშაობენ, მაგრამ ჯერ კიდევ ძალიან შორს არიან ინფორმაციის რეალური დროის რეჟიმში დამუშავებისაგან, ისე როგორც ამას ტრეიდერები მოითხოვენ, თუ რისკ-მენეჯერებს სურთ დააწესონ  $VaR$  -ლიმიტი გახსნილი პოზიციების სიდიდეზე.

მონტე კარლოს მეთოდის ღირსებები: გაანგარიშებების მაღალი სიზუსტე; არაწრფივი ფასობრივი მახასიათებლების მქონე ინსტრუმენტების

მიმართ მისაღები მაღალი სიზუსტე; ნებისმიერი ისტორიული და ჰიპოთეტური განაწილების მოდელირების შესაძლებლობა, „მსხვილი კუდების“ ეფექტურობის და ფასების ზრდის (ვეგა-რისკი) გათვალისწინება.

მონტე კარლოს მეთოდის ნაკლოვანებები: მოდელების მაღალი სირთულე და შესაბამისად მოდელების არაადეკვატურობის რისკი; გამოთვლის ჩასატარებლად გამოთვლითი სიმძლავრების მიმართ მაღალი მოთხოვნები და მნიშვნელოვანი დროითი ხარჯები. ეს მეთოდი ყველაზე ძვირია იმპლემენტაციისთვის ინფრასტრუქტურის სისტემების და განსაკუთრებით ინტელექტუალური განვითარების თვალსაზრისით. მონტე კარლო სიმულაციას სჭირდება ძლიერი კომპიუტერული სისტემები. ის ასევე მოითხოვს მნიშვნელოვან ინვესტიციას ადამიანურ კაპიტალში, თუ განვითარებას ნულიდან იწყებს.

დაბოლოს, VAR-ის შეფასებები მონტე კარლოს მეთოდით დამოკიდებულია შერჩევის ცვალებადობაზე, რაც განპირობებულია განმეორებების შეზღუდული რაოდენობით.

საერთო ჯამში, ეს მეთოდი ალბათ ყველაზე სრულყოფილი მიდგომაა ბაზრის რისკის გაზომვისთვის, თუ მოდელირება სწორად გაკეთდა. ეს ერთ-ერთი მეთოდია, რომელსაც შეუძლია გაუმკლავდეს რისკებს.

### **2.1.5. რისკის მეტრიკის გამოყენების მაგალითი**

როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, საბაზრო რისკის მეტრიკა წარმოადგენს პორტფელის მომავალი ღირებულების გაურკვევლობის ზომას, ანუ წარმოადგენს პორტფელის უკუგების ან მისი მოგების და ზარალის (P&L) გაურკვევლობის ზომას. მისი ძირითადი მიზანი არის მიზნობრივ ან მოსალოდნელ მნიშვნელობიდან პოტენციური გადახრების განზოგადება.

რეალობაში მუდმივად თანაბარი დარიცხვა შესაძლებელია მხოლოდ პრივილეგირებული აქციების შემთხვევაში. განვიხილოთ ჩვეულებრივი აქციების ღირებულების გაანგარიშების მეთოდი, როდესაც ემიტენტი

კომპანის წლიური მოგება ცვალებადია. ჩამოვყალიბოთ შემდეგი პირობები:

თუ მოგება max-ია, მაშინ დივიდენდი max-ია;

თუ მოგება Min-ია, მაშინ დივიდენდი min-ია;

თუ მოგება 0-ის ტოლია, მაშინ დივიდენდი 0-ის ტოლი იქნება.

აღნიშნულ შემთხვევაში ღირებულების გამოთვლისათვის ვიყენებთ მონტე კარლოს მეთოდს.

$$V = \int_a^b D(t)dt \approx \frac{(b-a)}{N} \sum_{t=1}^N D(t_i)$$

სადაც, V აქციის ღირებულებაა, D - დივიდენდი აქციაზე t მომენტში.

ინტეგრალის გამოთვლისთვის მონტე კარლოს მეთოდის გამოყენებისას საჭირო შემავალი შემთხვევითი რიცხვების უსასრულო ნაკადი ფუნქციის ინტეგრირების არიდანაა აღებული. ამისათვის საჭიროა რიცხვითი ფუნქციის არსებობა, რომელიც ყოველი იტერაციის დროს დააგენერირებს დამოუკიდებელ წერტილს, რომელშიც მოხდება ინტეგრალის მნიშვნელობის გამოთვლა. ამ ამოცანის შესასრულებლად შეიძლება გამოყენებული იქნას ფსევდოშემთხვევითი რიცხვების მზა გენერატორი, სტანდარტული ბიბლიოთეკა C++ ენაზე (ან ნებისმიერ დაპროგრამების ენაზე), ან ახლიდან შექმნილი შემთხვევითი რიცხვების გენერატორი. მთავარ ფაქტორად, რომელიც გავლენას ახდენს ინტეგრალის გამოთვლის სიზუსტეზე, არის არჩეული შემთხვევითი რიცხვების გენერატორი. ნაკლებად ზეგავლენას ახდენს გამოთვლებში მონაწილე შემთხვევითი რიცხვების რაოდენობა (N-ჯერ შემთხვევითი რიცხვების ზრდა ამცირებს გამოთვლის ცდომილებას  $\frac{1}{\sqrt{N}}$  - ზე). ეს წესი მოქმედებს მარტო გლუვ ფუნქციებზე პოლუსების არ არსებობის შემთხვევაში, როდესაც ფუნქციის მნიშვნელობა არ ისწრაფვის უსასრულო შედეგისაკენ.

მოყვანილი ამოცანის გადასაჭრელად არჩეულია შემთხვევითი რიცხვების გენერაციის რამდენიმე ვარიანტი:

1. ფსევდოშემთხვევითი რიცხვების გენერატორის გამოყენება („შემთხვევითი“ რიცხვების მიღების რიგი წინასწარ ცნობილია, მაგრამ სამაგიეროდ ვიღებთ კარგ განაწილებას განსაზღვრის არეზე, რითაც ვთავისუფლდებით სრულიად შემთხვევითი რიცხვების მიღებისაგან, რითაც შეგვიძლია მივიღოთ არათანაბარი გადანაწილება განსაზღვრის არიდან). ეს ფაქტორი შეუძლებელს გახდის რეალურ პასუხამდე მიახლოებას.

2. სრულიად შემთხვევითი რიცხვების მიღება. სტანდარტული ბიბლიოთეკა C++ ენაში გვაძლევს ამის საშუალებას (`srand(time(NULL));` ბრძანების შესრულებით).

იტერაციის ყოველ ბიჯზე მიიღება სრულიად შემთხვევითი რიცხვი (მონტე კარლოს მეთოდის ძირითადი იდეა რიცხვთა შერჩევასა ამაში მდგომარეობს), მაგრამ თანაბარი განაწილების შეფასება ამ შემთხვევაში შეუძლებელია. შესაბამისად, შესაძლებელი შედეგის ვარაუდიც შეუძლებელია.

3. ჰიბრიდი მონტე კარლოს მეთოდის, მარტივი რიცხვითი მეთოდების და C++ სტანდარტული ბიბლიოთეკის სრულიად შემთხვევითი რიცხვების გენერაციისათვის სეგმენტებზე. ამ ვარიანტში რეალიზებულია შემდეგი ორი მიდგომა:

1. სეგმენტის დაყოფა ტოლ ქვესეგმენტებად და ერთი შემთხვევითი რიცხვის არჩევა თითო სეგმენტიდან (საჭიროა დაყოფის საკმაოდ დიდი რაოდენობა წერტილთა დიდი რაოდენობის მისაღებად, რაც ძალიან ბევრი რაოდენობის დაყოფისას დაიყვანება ინტეგრალის გამოთვლაზე მართკუთხედების მეთოდზე).

2. სეგმენტის დაყოფა მცირე რაოდენობის ქვესეგმენტად (მაგ. მონაკვეთი  $[0; 1]$  დაყოფით 10 ტოლ მონაკვეთად, რის შემდეგ ყოველ მონაკვეთში გენერირდება  $N/10$  ( $N$  – წერტილთა საერთო რაოდენობა განსაზღვრების არიდან მოცემულ სიბრტყეზე) შემთხვევითი წერტილი. ამ ვარიანტში იზრდება მიღებული მნიშვნელობის შემთხვევითობა, მაგრამ თანაბარი გადანაწილების შემთხვევითობა შეიძლება დაზიანდეს).

ეს მეთოდი ზემოთ აღნიშნულ მოდლებთან შედარებით გამოთვლებისათვის საკმაოდ მოქნილია, რადგან ითვალისწინებს მნიშვნელოვან საკითხს, რაც რეალობაში დაკავშირებულია ჩვეულებრივი აქციის ღირებულების ცვლილებასთან.

მონტე კარლოს მეთოდი ზოგადად აღიარებულია საუკეთესოდ, რამდენადაც გააჩნია მთელი რიგი უდავო ღირსებები, კერძოდ არ გამოიყენება ჰიპოთეზა შემოსავლიანობების ნორმალური განაწილებების შესახებ, აჩვენებს მაღალ სიზუსტეს არაწრფივი ინსტრუმენტებისათვის და მდგრადია რეტროსპექტივის არჩევანის მიმართ. მეთოდის ნაკლს შეიძლება მივაკუთვნოთ გაანგარიშების ტექნიკური სირთულე და მოდელური რისკი.

## **2.2. ალბათობაზე დაფუძნებული მოდელები**

XX საუკუნის 60-იან წლებში შემუშავებული იქნა რიგი ახალი მიდგომებისა განუზღვრელობის დასამუშავებლად, მათ შორის სანდოობის ფაქტორები, დემკსტერ-შაფერის მტკიცებულებათა თეორია, ფაზი-ლოგიკა, და ფაზი-სიმრავლეების თეორია. ალბათობის თეორიას გააჩნია ჩამოყალიბების დიდ ხნის ისტორია და გამოყენების სხვადასხვა მიდგომები და არგუმენტები. ამ არგუმენტებს აქ არ წარმოვადგენთ. ჩვენ განვიხილავთ ალბათობის თეორიას საშუალებად, რომელიც გამოიყენება განუზღვრელობის სამართავად.

### **2.2.1. ბაიესის თეორემა და მისი გამოყენება მოდელირებაში**

ბაიესის მეთოდები შემუშავდა მრავალი მეცნიერის მცდელობის შედეგად, რომლებიც ცდილობდნენ შეესწავლათ სხვადასხვა პროცესების ქცევის სტატისტიკური ანალიზის პრობლემები და ეპოვნათ მათი გადაწყვეტა ბაიესური მეთოდოლოგიის - ბაიესის თეორემის საფუძველზე. ამ თეორემის გამოყენებას აქვს მთელი რიგი წინაპირობები, რომელთაგან მთავარია გარკვეული ურთიერთკავშირის არსებობა ხდომილებების ალბათობებს შორის. ბაიესის მეთოდოლოგია განსხვავდება სხვა მიდგომებისგან იმით, რომ მკვლევარი მონაცემების მოპოვებამდეც კი

ადგენს მათი ნდობის დონეს შესაძლო მოდელებში და შემდგომში წარმოაჩენს მათ გარკვეული ალბათობების სახით. მას შემდეგ, რაც მკვლევარმა მოიპოვა მონაცემები, ბაიესის თეორემის გამოყენებით იგი პოულობს ალბათობათა კიდევ ერთ სიმრავლეს, რომელიც შესაძლო მოდელებში მკვლევარის მიერ მიღებული ახალი ინფორმაციის გათვალისწინებით გავლენას ახდენს ნდობის ხარისხზე. ბაიესური მიდგომის ერთ-ერთი მთავარი უპირატესობაა ნებისმიერი საწყისი (აპრიორი) ინფორმაციის გამოყენება მოდელის პარამეტრების მიმართ. ასეთი ინფორმაცია გამოხატულია აპრიორული ალბათობის ან ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის სახით. შემდეგ თავდაპირველი ალბათობა "გადაისინჯება" მონაცემთა შერჩევას გამოყენებით, რომლებიც ასახვას ჰპოვებენ პარამეტრების ან მოდელის ცვლადების შეფასების აპოსტერიული განაწილების სახით.

ვთქვათ  $H_1, H_2, \dots, H_n$  ის მიზეზებია (ჰიპოთეზებია), რომელთაც შეეძლოთ გამოეწვიათ  $A$  ხდომილების მოხდენა. იგულისხმება, რომ ამ მიზეზების ალბათობები ცდის ჩატარებამდე ცნობილია და ამ ალბათობებს აპრიორულ ალბათობებს უწოდებენ. ბაიესის ფორმულებით მოიცემა ის ცვლილებები, რომელთაც ცდის ჩატარების შემდეგ განიცდიან აპრიორული ალბათობები და მიღებულ მნიშვნელობებს აპოსტერიულ ალბათობებს უწოდებენ<sup>1</sup>.

აუცილებელია ბაიესური მიდგომის შემდეგი მახასიათებლების გამოყოფა: აბსოლუტურად ყველა პარამეტრი და სიდიდე ითვლება შემთხვევითად, კერძოდ, პარამეტრის ზუსტი მნიშვნელობა მკვლევარისთვის უცნობია, საიდანაც გამომდინარეობს, რომ პარამეტრები შემთხვევითია მკვლევრის თვალსაზრისით; ბაიესური მეთოდები გამოიყენება შერჩევის ნულოვანი მოცულობის დროსაც კი. ამ შემთხვევაში აპრიორული და აპოსტერიორული ალბათობების მნიშვნელობები ტოლია; უცნობი ცვლადების შესაფასებლად გამოიყენება აპოსტერიორული

---

<sup>1</sup> <http://www.dictionary.css.ge/content/prior-probability-posterior-probability>

ალბათობები, ანუ გარკვეული სიდიდის შეფასების პრობლემის გადაჭრა ნიშნავს ამ სიდიდის აპოსტერიორული ალბათობების განსაზღვრას.

ბაიესის თეორემა ალბათობის თეორიის ერთ–ერთი ფუნდამენტური თეორემაა და საშუალებას გვაძლევს დავადგინოთ გარკვეული  $A$  მოვლენის ალბათობა, თუ სხვა სტატისტიკურად ურთიერთდამოკიდებული  $B$  მოვლენა მოხდება. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ბაიესის თეორემის გამოყენება მკვლევარს საშუალებას აძლევს ზუსტად გადაიანგარიშოს ალბათობა, გაითვალისწინოს როგორც ადრე მიღებული ინფორმაცია, ასევე შედარებით გვიანდელი დაკვირვებების ახალი მონაცემები.

ბაიესის თეორემის მიღება შესაძლებელია ალბათობის თეორიის ფუნდამენტური აქსიომებიდან, კერძოდ, პირობითი ალბათობიდან. ბაიესის ფორმულას აქვს გარკვეული თავისებურებები, რომელთაგან მთავარია ის, რომ თეორემის პრაქტიკაში გამოყენება მოითხოვს გაანგარიშებებისა და გამოთვლების მნიშვნელოვან რაოდენობას, რის გამოც ბაიესის პარადიგმის შეფასებებმა აქტიური გამოყენება მხოლოდ ქსელური და კომპიუტერული ტექნოლოგიების სფეროში მომხდარი რევოლუციის შემდგომ პერიოდში ჰპოვეს. სანამ ბაიესის თეორემა ჩამოყალიბდებოდა, მასში გამოყენებული ალბათობები ექვემდებარებოდა უამრავ ალბათურ ინტერპრეტაციას. ერთ–ერთმა მათგანმა დაადგინა ის ფაქტი, რომ ფორმულის გამომუშავება პირდაპირ დამოკიდებულია სტატისტიკური ანალიზის სპეციალური მიდგომის გამოყენებაზე. ალბათობის ბაიესური ინტერპრეტაციის გამოყენებით, ბაიესის თეორემა გვიჩვენებს, თუ როგორ შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს პირადი სანდოობის ხარისხი გარკვეული მოვლენების შემდეგ. ეს არის ბაიესის თეორიის ძირითადი დასკვნები, რომლებიც ფუნდამენტური გახდა ბაიესის სტატისტიკისთვის. ამასთან, თეორემამ ჰპოვა თავისი გამოყენება არა მხოლოდ ბაიესის ანალიზში, არამედ ის ასევე აქტიურად გამოიყენება დიდი რაოდენობით სხვა გამოთვლებში. ამ თეორემის დახმარებით შესაძლებელია ალბათობის მნიშვნელობის შეცვლა მოგვიანებით მიღებული ინფორმაციის



საფუძველზე. ბაიესის მიდგომის ინტერპრეტაცია ასეთია: ვთქვათ, არსებობს ჰიპოთეზა  $H_1, H_2, \dots, H_n$  მისი შესაძლო მდგომარეობების შესახებ გარკვეული ობიექტის რეორგანიზაციის დასაწყისში. გასული წლების სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე, მათ შეგვიძლია მივცეთ აპრიორული ალბათობები  $P(H_1), P(H_2), \dots, P(H_n)$ . შემდეგ ტარდება ექსპერიმენტი (პროექტი ხორციელდება), რის შედეგადაც  $A$  ხდომილება შეიძლება მოხდეს ან არ მოხდეს. ცდის მეშვეობით დგინდება  $A$  ხდომილების მოხდენის პირობითი ალბათობა, როგორც  $A$  ხდომილების მოხდენის სიხშირე  $i$ -ური ჰიპოთეზის არჩევისას. თუ  $A$  ხდომილება ხდება, თითოეული ჰიპოთეზის შესახებ რწმენა ერთი ალბათობის მეორეთი ჩანაცვლებით ფასდება. უნდა აღინიშნოს, რომ  $A$  ხდომილების დაკვირვების ან ჰიპოთეზის აპრიორული ალბათობის შესახებ სტატისტიკური მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში, ბაიესის მეთოდის გამოყენება შეუძლებელია, ვინაიდან ასეთი „ფორმალიზაცია“ კარგავს თავის ფიზიკურ მნიშვნელობას. დასკვნების შეფასების ბაიესის სტრატეგია სულ უფრო ხშირად გამოიყენება მეცნიერებაში, ეკონომიკაში და მრეწველობაში.

ამ სტრატეგიის ძირითადი უპირატესობები არის სტატისტიკური მონაცემების დამუშავების გამარტივება, კომპიუტერის მეშვეობით სტრატეგიის განხორციელების შესაძლებლობა მინიმალური დროში, ახალი დაგროვილი ცოდნისა და მონაცემების გამოყენების შესაძლებლობა, შესაბამისი შედეგების მოპოვება და ასევე საკმაოდ კარგად ცნობილი მათემატიკური აპარატი.

განვიხილოთ ბაიესის თეორემა (დამტკიცების გარეშე).

ორი ისეთი ხდომილებისათვის  $E$  და  $F$ , რომელთათვისაც  $P(E) \neq 0$  და  $P(F) \neq 0$ , გვაქვს:

$$P(E|F) = \frac{P(F|E) P(E)}{P(F)}. \quad (14)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ გვაქვს ხდომილებათა სრული სისტემა, ანუ ურთიერთგამომრიცხავი და ამომწურავი  $n$  რაოდენობის

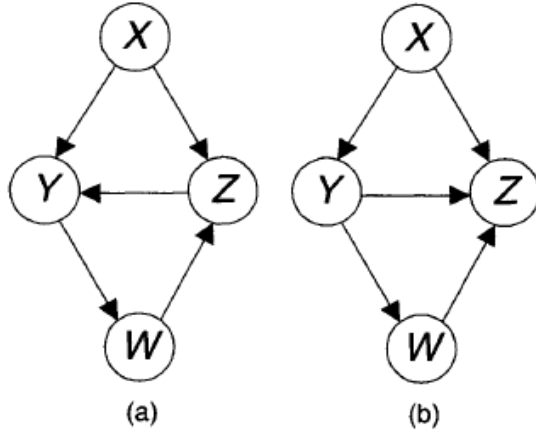
$E_1, E_2, \dots, E_n$  ხდომილება ისეთი, რომ ყველა  $i$ -სათვის  $P(E_i) \neq 0$  და  $1 \leq i \leq n$  -სათვის ადგილი აქვს შემდეგ ტოლობას:

$$P(E_i|F) = \frac{P(F|E_i)P(E_i)}{P(F|E_1)P(E_1)+P(F|E_2)P(E_2)+\dots+P(F|E_n)P(E_n)}. \quad (15)$$

წინა თეორემის ორივე ფორმულას უწოდებენ ბაიესის თეორემას იმიტომ, რომ მისი ორიგინალური ვერსია შემუშავებული იყო თომას ბაიესის მიერ (გამოქვეყნებული იყო 1763 წელს). პირველი საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ  $P(E|F)$ , თუ ცნობილია  $P(F|E)$ ,  $P(E)$  და  $P(F)$ , ხოლო მეორე საშუალებას იძლევა გამოვთვალოთ  $P(E_i|F)$ , თუ ვიცით  $P(F|E_j)$  და  $P(E_j)$   $1 \leq j \leq n$  -სათვის.

ბაიესის თეორემა შეიძლება გამოისახოს ბაიესის ქსელის მეშვეობით. ფორმალურად, ბაიესის ქსელები მიმართული აციკლური გრაფებია (DAG), რომელთა კვანძები წარმოადგენს ბაიესური მნიშვნელობის ცვლადებს: ისინი შეიძლება იყოს დაკვირვებადი სიდიდეები, დაფარული ცვლადები, უცნობი პარამეტრები ან ჰიპოთეზები. წიბოები წარმოადგენს პირობით დამოკიდებულებებს; კვანძები, რომლებიც არ არის დაკავშირებული (ე.ი. არანაირი გზა არ აკავშირებს ერთ კვანძს სხვასთან) წარმოადგენს ცვლადებს, რომლებიც პირობითად დამოუკიდებელია ერთმანეთისგან. თითოეული კვანძი ასოცირდება ალბათობის ფუნქციასთან, რომელიც შეყვანის სახით იღებს კვანძის მშობელი ცვლადების მნიშვნელობებს და ანიჭებს (გამომავალს) კვანძით წარმოდგენილი ცვლადის ალბათობას.

პირველ რიგში განვიხილოთ DAG-ის განსაზღვრება. ორიენტირებულ გრაფს წარმოადგენს  $(V, E)$  წყვილი, სადაც  $V$  სასრული არაცარიელი სიმრავლეა, რომლის ელემენტებს (ან წვეროებს) უწოდებენ, ხოლო  $E$  არის  $V$  ელემენტების დალაგებული წყვილების სიმრავლე.  $E$ -ს ელემენტებს უწოდებენ მიმართულ წიბოებს, და თუ  $(X, Y) \in E$ , ჩვენ ვამბობთ, რომ არსებობს წიბო  $X$ -დან  $Y$ -მდე. ნახ. 3 ორიენტირებული გრაფია.



ნახ. 3. ორივე ორიენტირებული გრაფია; მხოლოდ (b) წარმოადგენს მიმართულ აციკლურ გრაფს.

ამ ნახატზე წვეროების სიმრავლეა

$$V = \{X, Y, Z, W\},$$

და (a) ნაწილში წიბოების სიმრავლე კი არის:

$$E = \{(X, Y), (X, Z), (Y, W), (W, Z), (Z, Y)\}$$

ორიენტირებულ გრაფში გზა არის წვეროების ისეთი  $[X_1, X_2, \dots, X_k]$  მიმდევრობა, რომ  $(X_i, X_{i+1}) \in E$  ყოველი  $i < k$ -სათვის. მაგალითად,  $[X, Y, W, Z]$  ეს არის გზა ნახ. 3 (a) გამოსახულ მიმართულ გრაფში. ორიენტირებულ გრაფში ჯაჭვი წარმოადგენს წვეროების ისეთ  $[X_1, X_2, \dots, X_k]$  მიმდევრობას, რომ  $(X_{i-1}, X_i) \in E$  ან  $(X_i, X_{i-1}) \in E$  ყოველი  $2 \leq i \leq k$ -სათვის. მაგალითად,  $[Y, W, Z, X]$  ჯაჭვს წარმოადგენს გამოსახულს ნახ. 3 (b) ორიენტირებულ გრაფში, მაგრამ ეს გზა არაა. ციკლი ორიენტირებულ გრაფში ეს არის გზა წვეროდან იგივე წვერომდე (ანუ შეკრული, ჩაკეტილი გზა). ნახ. 3 (a)-ში  $[Y, W, Z, Y]$  წარმოადგენს  $Y$ -დან  $Y$ -მდე ციკლს. მაგრამ ნახ. 3 (b)-ში  $[Y, W, Z, Y]$  არ წარმოადგენს ციკლს იმიტომ, რომ ის გზა არაა. მიმართულ  $\mathbb{G}$  გრაფს უწოდებენ მიმართულ აციკლურ გრაფს  $DAG$ , თუ ის არ შეიცავს ციკლებს. ნახ. 3(b) არის  $DAG$ , ხოლო ნახ. 3(a) კი არა.

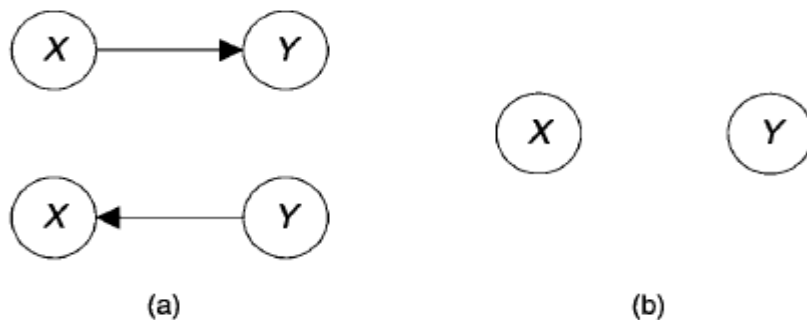
მოცემულია  $DAG \mathbb{G} = (V, E)$  და  $V$ -ში  $X$  და  $Y$  წვეროები.  $Y$ -ს უწოდებენ  $X$ -ის მშობელს, თუ არსებობს წიბო  $Y$ -დან  $X$ -მდე.  $Y$ -ს უწოდებენ  $X$ -ის შთამომავალს და  $X$ -ს უწოდებენ  $Y$ -ის წინაპარს, თუ არსებობს გზა  $X$ -დან  $Y$ -

მდე და  $Y$ -ს უწოდებენ  $X$ -ის არაშთამომავალს, თუ  $Y$  არ არის  $X$ -ის შთამომავალი და  $Y$  არ არის  $X$ -ის მშობელი.

დავუშვათ, რომ გვაქვს შემთხვევითი ცვლადების ალბათობების  $P$  ერთობლივი განაწილება რაღაც  $V$  სიმრავლეში და  $DAG \mathbb{G} = (V, E)$ . ვიტყვით, რომ  $(\mathbb{G}, P)$  აკმაყოფილებს მარკოვის პირობებს, თუ თითოეული  $X \in V$  ცვლადისათვის  $X$  პირობითად დამოუკიდებელია მისი ყველა არაშთამომავლის სიმრავლიდან, მშობლების ყველა სიმრავლის გათვალისწინებით. თუ  $X$ -ის მშობლების სიმრავლეს და არაშთამომავლების სიმრავლეს შესაბამისად აღვნიშნავთ  $PA$  და  $ND$ -თი, მაშინ:

$$I_P(X, ND | PA).$$

თუ  $(\mathbb{G}, P)$  აკმაყოფილებს მარკოვის პირობებს, მაშინ  $(\mathbb{G}, P)$ -ს ვუწოდებთ ბაიესის ქსელს.



ნახ. 4. თუ პირობითი დამოუკიდებელი მნიშვნელობების სიმრავლე არის  $\{I(X, Y)\}$ , მაშინ გვექნება  $DAG$  (b), ხოლო თუ ის არის  $\emptyset$ , ჩვენ მაშინ გვექნება (a)-ში  $DAG$ -ებიდან ერთი.

ბაიესის ქსელი  $(\mathbb{G}, P)$  განსაზღვრების თანახმად წარმოადგენს  $DAG \mathbb{G}$ -ს და  $P$  ალბათობების ერთობლივ განაწილებას, რომლებიც აკმაყოფილებენ მარკოვის პირობას.  $(\mathbb{G}, P)$  აკმაყოფილებს მარკოვის პირობას მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როდესაც  $P$  ტოლია მისი პირობითი განაწილებების ნამრავლის.

### 2.2.2. გადაწყვეტილებათა ხე

რისკის თავიდან არიდებისათვის მნიშვნელოვანია ის, თუ როგორ გადაწყვეტილებას ვიღებთ. გადაწყვეტილებათა ანალიზისათვის

გმოიყენება ორი მოდელი გადაწყვეტილებათა ხე და გავლენის დიაგრამა რომელსაც ქვემოთ განვიხილავთ.

გადაწყვეტილებათა ხე შეიცავს ორი ტიპის კვანძს: შესაძლებლობის კვანძები, რომლებიც წარმოდგენენ შემთხვევით ცვლადებს და გადაწყვეტილებათა კვანძები, რომლებიც მიღებულ გადაწყვეტილებებს წარმოადგენენ.

გადაწყვეტილება წარმოადგენს იმ ურთიერთგამომრიცხავი და ამომწურავი ქმედებების ერთობლიობას, რითაც შეიძლება მიღებული იქნას გადაწყვეტილება. თითოეულ ქმედება ეს არის ალტერნატივა გადაწყვეტილებაში. არსებობს წიბო, რომელიც გამოდის გადაწყვეტილებათა კვანძიდან თითოეული გადაწყვეტილების ალტერნატივისათვის.

გადაწყვეტილების ალტერნატივის მოსალოდნელი სარგებლიანობა განისაზღვრება როგორც შესაძლებლობის კვანძის მოსალოდნელი სარგებლიანობა, რომელსაც მაშინ ვხვდებით, თუ ეს გადაწყვეტილება მიღებულია. თუ არსებობს განსაზღვრულობა, როდესაც აღებულია ალტერნატივა, მოსალოდნელი სარგებლიანობა – ეს არის ამ განსაზღვრული შედეგის მნიშვნელობა.

არსებობს გადაწყვეტილების ხეებთან დაკავშირებული ორი სირთულე. პირველი, მაგალითის პრობლემის გადაწყვეტილებათა ხით წარმოდგენის დროს გადაწყვეტა იზრდება ექსპონენციალურად მაგალითის ზომის ზრდასთან ერთად. მეორე, გადაწყვეტილების ხისთვის საჭირო ალბათობა ყოველთვის ხელმისაწვდომი არაა ჩვენთვის. ქვემოთ მოგვყავს პრობლემის გადაწყვეტის მაგალითების ალტერნატიული წარმოდგენა, კერძოდ გავლენის დიაგრამა, რომელსაც არ გააჩნია ამ სირთულეებიდან არც ერთი.

გავლენის დიაგრამა შედგება შემდეგი კვანძებისგან: შემთხვევითი კვანძები, რომლებიც შემთხვევით სიდიდეებს წარმოადგენენ; გადაწყვეტილების კვანძები, რომლებიც გადაწყვეტილების მიღებას წარმოადგენენ; და ერთი სარგებლიანობის კვანძი, რომელიც შემთხვევით სიდიდეს წარმოადგენს, მისი შესაძლო მნიშვნელობია შედეგების სარგებლიანობები.

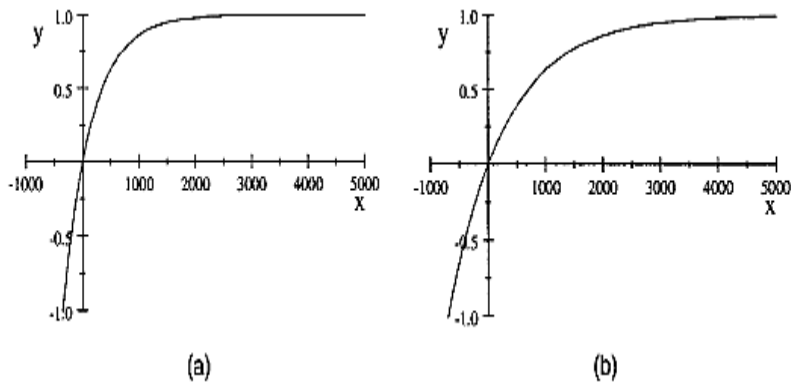
შემთხვევითი კვანძები გავლენის დიაგრამაზე აკმაყოფილებენ ალბათობების განაწილების მარკოვის პირობას. რაც ნიშნავს, რომ თითოეული შემთხვევითი კვანძი არანათესავეებისაგან დამოუკიდებლად პირობითად დამოუკიდებელია, მისი ყველა მშობლის სიმრავლის გათვალისწინებით.

ადამიანები არასდროს იღებენ დაუფიქრებელ ფულად გადაწყვეტილებებს ისეთ დაბანდებების მიმართ, რომელთა ღირებულება აღემატება მათ შემოსავალს. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ისინი თავს არიდებენ რისკს. გადაწყვეტილების შესახებ რეკომენდაციის მისაცემად აუცილებელი აიგოს მოდელი რიკისკთან ინდივიდის დამოკიდებულების გათვალისწინებით. ამისათვის საჭიროა გამოვიტყენოთ სარგებლიანობის ფუნქცია, რომელიც ფულად ერთეულში ასახავს სარგებლიანობის რაოდენობას. იგი შემდეგნაირადაა მოცემული:

$$U_r(x) = 1 - e^{-x/r}$$

ამ ფუნქციაში  $r$  პარამეტრი, რომელსაც ეწოდება რისკის ტოლერანტობა, განსაზღვრავს რისკის თავის არიდების ხარისხს, იგი მოდელირებულია ფუნქციით.  $r$  რაც უფრო მცირე ხდება, ფუნქციური მოდელი მით უფრო რისკის ამრიდებელია. ნახ. 5.(a)-ზე ნაჩვენებია  $U_{500}(x)$ , ხოლო ნახ. 5.(b)-ზე ნაჩვენებია  $U_{1000}(x)$ .

ორივე ფუნქცია ჩაზნექილია და ნახ. 5 (b)-ზე წრფესთან უფრო ახლოსაა. რაც უფრო ამოზნექილია ფუნქცია, მით უფრო რისკის თავის ამრიდებელია ქცევის ფუნქციით მოდელირება. რისკ-ნეიტრალობის მოდელირებისას (ე.ი. მოსალოდნელი მნიშვნელობის მაქსიმიზატორად ყოფნისას), ჩვენ სარგებლიანობის ექსპონენციალური ფუნქციის ნაცვლად გამოვიყენებთ წრფეს და რისკთან დაკავშირებული ქცევის მოდელირებისათვის გამოვიყენებთ ამოზნექილ ფუნქციას. ჩვენ კონცეტირებას მოვახდენთ რისკის თავიდან აცილების ქცევის მოდელირებაზე.



ნახ. 5.  $U_{500}(x) = 1 - e^{-x/500}$  ფუნქცია მდებარეობს (ა)-ზე, ხოლო  $U_{1000}(x) = 1 - e^{-x/1000}$  ფუნქცია მდებარეობს (ბ)-ზე.

ფულის მონაწილეობით პრობლემის გადაწყვეტის მოდელირების კიდევ ერთი გზა ეს არის გადაწყვეტილების მიღების და შედეგების შემდეგ საერთო სიმდიდრის განხილვა. ეს არის სარგებლიანობის ექსპონენციალური ფუნქციის თვისება, რომლითაც ინდივიდის მთლიან სიმდიდრეს არ შეუძლია გავლენა მოახდინოს იმ გადაწყვეტილებაზე, რომელიც ფუნქციის მეშვეობით მიიღება. ასეთ ფუნქციას უწოდებენ, მუდმივად რისკის თავის ამრიდებელ სარგებლიანობის ფუნქციას. თუ ვინმე იყენებს ასეთ ფუნქციას პიროვნების რისკის არჩევითობის მოდელირებისათვის, მაშინ მას მოუწევს გადააფასოს ფუნქციის პარამეტრები როდესაც პიროვნების სიმდიდრე მნიშვნელოვნად იცვლება.

ზოგიერთ გადაწყვეტილების მიმღები შეიძლება არ იყოს კმაყოფილი პერსონალური სარგებლიანობის ფუნქციის შეფასებებით და ასეთ ფუნქციაზე დაყრდნობით მიღებული გადაწყვეტილებებით. პირიქით, მათ შეიძლება სურდეთ პირდაპირ გაანალიზება იმ რისკის, რომელიც ალტერნატიულ გადაწყვეტილებას ახლავს თან. ამის გაკეთების ერთ-ერთი გზა მდგომარეობს მოსალოდნელი მნიშვნელობის განაწილების ზომად დისპერსიის გამოყენებაში. კიდევ ერთი გზაა რისკის პროფილის შემუშავება. რისკის პროფილი გულისხმობს ადამიანის რისკზე წასვლის მზაობისა და უნარის შეფასებას. ეს ასევე მოიცავს საფრთხეებს, რომელიც შესაძლოა დაემუქროთ ორგანიზაციებს. იგი მნიშვნელოვანია პორტფელში საინვეს-

ტიციო აქტივების გადანაწილებსიათვის. ორგანიზაციები რიკის პროფილს იყენებენ პოტენციური საფრთხეებისა და რიკების შემსამცირებლად.

გავლენის დიაგრამა და გადაწყვეტილებათა ხე საჭიროებს ალბათობებისა და შედეგების შეფასებას. მათ გარდა ასევე საჭიროა მგრძობელობის ანალიზიც, რომელიც წარმოადგენს შედეგების და ალბათობების მნიშვნელობების გადაწყვეტილების მიღებაზე გავლენის ანალიზს.

მგრძობელობის ანალიზი (sensitivity analysis) წარმოადგენს პროექტის საწყისი პარამეტრების ცვლილებების გავლენის შეფასებას მის საბოლოო მახასიათებლებზე, რომლებიც ჩვეულებრივ გამოიყენება როგორც მოგების შიგა ნორმა ან *NPV*. მგრძობელობის ანალიზის ჩატარების ტექნიკაა შერჩეული პარამეტრების შეცვლა გარკვეულ საზღვრებში, იმ პირობით, რომ სხვა პარამეტრები უცვლელი დარჩება. რაც უფრო დიდია პარამეტრების ვარიაციის დიაპაზონი, რომლის დროსაც *NPV* ან მოგების შიგა ნორმა რჩება პოზიტიური, მით უფრო მდგრადია პროექტი. პროექტის მგრძობელობის ანალიზი საშუალებას იძლევა შეფასდეს, თუ როგორ იცვლება პროექტის განხორციელების შედეგად მიღებული ინდიკატორები გაანგარიშებისთვის საჭირო მითითებული ცვლადების სხვადასხვა მნიშვნელობებისთვის. ამ ტიპის ანალიზი განსაზღვრავს ყველაზე კრიტიკულ ცვლადებს, რომლებმაც შეიძლება ყველაზე მეტად იმოქმედონ პროექტის მიზანშეწონილობაზე და ეფექტურობაზე.

ალტერნატიული დაშვებების საფუძველზე შედეგების გადანგარიშების პროცესი მგრძობელობის ანალიზში ცვლადის გავლენის დასადგენად შეიძლება სასარგებლო იყოს მთელი რიგი მიზნებისთვის, მათ შორის: გაურკვევლობის არსებობის შემთხვევაში მოდელის ან სისტემის შედეგების მდგრადობის შემოწმება; სისტემაში ან მოდელში შემავალ და გამომავალ ცვლადებს შორის ურთიერთკავშირის უკეთესი გაგება; გაურკვევლობის შემცირება, მოდელის იმ შემავალი მონაცემების განსაზღვრის გზით, რომელიც იწვევს მნიშვნელოვან განუზღვრელობას გამომავალ მონაცემებში და



ამიტომ ყურადღების ცენტრში უნდა იყოს მდგრადობის გაზრდის მიზნით (შესაძლოა შემდგომი კვლევით); მოდელის შეცდომების ძიება (შემავალ და გამომავალ შედეგებს შორის მოულოდნელი ურთიერთობების დამყარებით); მოდელის გამარტივება - მოდელის იმ შემავალი მონაცემების გასწორება, რომლებიც გავლენას არ ახდენენ გამომავალ მონაცემებზე ან მოდელის სტრუქტურის ზედმეტი ნაწილების იდენტიფიცირება და მოხსნა; მოდელების შემქმნელებს და გადაწყვეტილების მიმღებებ პირებს შორის კომუნიკაციის გაძლიერება (მაგ. რეკომენდაციების უფრო სანდოობა, გასაგები, ან დამაჯერებელი ფორმით გაკეთებით); შემავალი ფაქტორების სივრცეში არეების მოძიება, რომელთათვისაც მოდელის გამომავალი წარმოადგენს მაქსიმალურს ან მინიმალურს ან აკმაყოფილებს რომელიღაც ოპტიმალურ კრიტერიუმს (იხ. ოპტიმიზაცია და მონტე კარლოს ფილტრი); დიდი რაოდენობით პარამეტრებით მოდელების დაკალიბრების შემთხვევაში, პირველადი მგრძნობელობის ტესტს შეუძლია გააადვილოს დაკალიბრების ეტაპი მგრძნობიარე პარამეტრებზე ფოკუსირებით. პარამეტრების მგრძნობელობის არცოდნამ შეიძლება გამოიწვიოს არამგრძნობელობაზე დროის უაზროდ დახარჯვა; ცდილობს განსაზღვროს მნიშვნელოვანი კავშირები დაკვირვებებს, მოდელის შემავალ მონაცემებსა და პრედიქტივებს თუ პროგნოზებს შორის, რაც უკეთესი მოდელების შემუშავებას იწვევს. [17]

მგრძნობელობის ანალიზის შესასრულებლად მიდგომების დიდი რაოდენობა არსებობს, რომელთაგან მრავალი შემუშავებულია ზემოთ განხილული ერთი ან რამდენიმე შეზღუდვის მოსაგვარებლად. ისინი ასევე გამოირჩევიან მგრძნობელობის ზომის მიხედვით, იქნება ეს დაფუძნებული (მაგალითად) ვარიანტის დაშლაზე, ნაწილობრივ წარმოებულებზე ან ელემენტარულ ეფექტებზე. ზოგადად, პროცედურების უმეტესობა იცავს შემდეგ სქემას:1. თითოეული შეყვანის სიგნალის გაურკვევლობის რაოდენობრივი განსაზღვრა (მაგ. დიაპაზონები, ალბათობების განაწილება). ეს შეიძლება იყოს რთული და მრავალი მეთოდი არსებობს სუბიექტური

მონაცემებიდან გაურკვეველობის განაწილების გამოსავლენად. 2. განისაზღვროს მოდელის ის გამომავალი მონაცემები, რომელთა გაანალიზება აუცილებელია (ინტერესის მიზანს უნდა ჰქონდეს პირდაპირი კავშირი მოდელის მიერ მოგვარებულ პრობლემასთან). 3. მოდელი გაშვებული უნდა იქნას რამდენჯერმე ექსპერიმენტების გარკვეული გეგმის გამოყენებით, რომელიც ნაკარნახევია არჩევანის მეთოდით და შეყვანის განუზღვრელობით. 4. მიღებული მოდელის შედეგების გამოყენებით გამოითვლება საინტერესო მგრძნობელობის ზომები. [16]

ზოგიერთ შემთხვევაში ეს პროცედურა განმეორდება, მაგალითად, მაღალგანზომილებიან პრობლემებში, სადაც მომხმარებელმა უნდა შეამოწმოს უმნიშვნელო ცვლადები მგრძნობელობის სრული ანალიზის ჩატარებამდე.

სხვადასხვა ტიპის "ძირითადი მეთოდები" (ქვემოთ განხილული) გამოირჩევა მგრძნობელობის სხვადასხვა ზომებით. ამ ზომების მიღების ალტერნატიული გზები შეიძლება მოცემული იქნას პრობლემის შეზღუდვის პირობებში.

ერთ-ერთი ყველაზე მარტივი და ყველაზე გავრცელებული მიდგომაა ფაქტორების თითო-თითოდ (OAT One-at-a-time) შეცვლა, იმის გასაგებად, თუ რა გავლენას ახდენს ეს შედეგზე. OAT ჩვეულებრივ მოიცავს: შეყვანის ერთი ცვლადის გადანაცვლებას, სხვა საწყისი (ნომინალური) მნიშვნელობების შენარჩუნებით; ცვლადის ნომინალურ მნიშვნელობაში დაბრუნება, შემდეგ კი გამეორება თითოეული შეყვანის სხვა ცვლადისათვის იგივე გზით.

ამის შემდეგ შეიძლება მგრძნობელობის გაზომვა გამომავალი ცვლილებების მონიტორინგით, მაგალითად, ნაწილობრივი წარმოებულებით ან წრფივი რეგრესიით. ეს ლოგიკური მიდგომაა, რადგან გამომავალ მონაცემში დაფიქსირებული ნებისმიერი ცვლილება ერთმნიშვნელოვნად იქნება გამოწვეული შეცვლილი ერთი ცვლადით. გარდა ამისა, ერთი ცვლადის დროულად შეცვლით, შესაძლებელია ცენტრალურ ან საბაზისო

მნიშვნელობებზე დაფიქსირებული ყველა სხვა ცვლადის შენარჩუნება. ეს ზრდის შედეგების შედარებას (ყველა "ეფექტი" გამოითვლება იმავე სივრცეში ცენტრალურ წერტილზე დაყრდნობით) და ამცირებს კომპიუტერული პროგრამის ავარიის შანსებს. უფრო სავარაუდოა, როდესაც შეყვანის რამდენიმე ფაქტორი ერთდროულად შეიცვლება. პრაქტიკულობის თვალსაზრისით მოდელირების სპეციალისტები ხშირად ირჩევენ OAT-ს ანალიზით მოდელის უკმარისობის შემთხვევაში, მოდელის შემქმნელები დაუყოვნებლივ იგებენ შეყვანის ფაქტორებიდან რომელია პასუხისმგებელი წარუმატებლობაზე.

მიუხედავად მისი სიმარტივისა, ეს მიდგომა სრულად არ შეისწავლის შეყვანის სივრცეს, რადგან იგი არ ითვალისწინებს შეყვანის ცვლადების ერთდროულ ვარიაციას. ეს ნიშნავს, რომ OAT მიდგომას არ შეუძლია დაადგინოს შეყვანის ცვლადებს შორის ურთიერთქმედების არსებობა.

### **2.2.3. კომპანიების გაკოტრების პროგნოზირება ბაიესის ქსელის მეშვეობით**

დღევანდელ დინამიურ ეკონომიკურ გარემოში, გაკოტრების საქმის წარმოების რაოდენობა და სიდიდე მნიშვნელოვნად იზრდება. აუდიტორებიც კი, რომლებმაც კარგად იციან ფირმების მდგომარეობის შესახებ, ხშირად ვერ აკეთებენ ზუსტ დასკვნას ფირმების საქმიანობის პირობების შესახებ (მაგ., Hopwood et al. 1994; McKee 1998, 2003). ამიტომ, გაკოტრების პროგნოზირების მოდელები გახდა მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილების დამხმარე საშუალება ორგანიზაციების დაინტერესებული მხარეებისთვის, მათ შორის აუდიტორებისთვის, კრედიტორებისთვის და აქციონერებისათვის. ამ ქვეთავში განვიხილავთ ბაიესის ქსელის (BN) გამოყენებას გაკოტრების პროგნოზირებაში.

გაკოტრების პროგნოზირების მოდელების შემუშავების ტექნიკა განვითარდა მარტივი უნივარირებული ანალიზით (Beaver 1966) და მრავალი დისკრიმინაციული ანალიზით (MDA) (Altman, 1968) 1960-იან წლებში, logit და probit მოდელებით 1980-იან წლებში (Ohlson 1980,

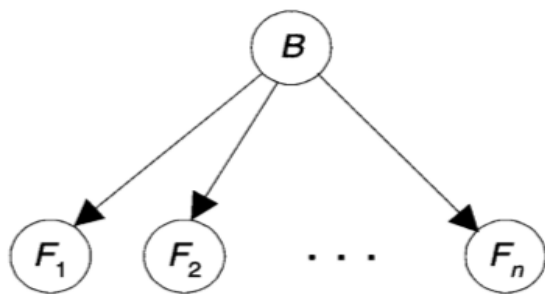
Zmijewski 1984), ნეირონული ქსელის მოდელებით (NN) (Tam and Kiang 1992), უხეში სიმრავლეთა თეორიით (McKee 1998), დისკრეტული საშიშროების მოდელებით (Shumway 2001), Bayesian network (BN) მოდელები (Sarkar and Sriram 2001) და გენეტიკური პროგრამირებით (McKee and Lensberg) 2002). ამ ტექნიკას შორის, BN მოდელებს აქვთ მრავალი მიმზიდველი თვისება. ისინი ადვილად ინტერპრეტირდებიან, კარგად ასრულებენ კლასიფიკაციის ინსტრუმენტს, არ აქვთ შეზღუდვა ცვლადების ფუნქციონირებაზე და არ აქვთ სრული ინფორმაცია.

გაკოტრების პროგნოზირების მოდელების შემუშავებაში სხვადასხვა მეთოდი იქნა დანერგული. ბივერმა (1966) გამოიყენა ცალმხრივი ანალიზი, გაკოტრების წინა ხუთი წლის განმავლობაში 29 კომპანიის ნიმუშების შედარებისთვის. წარუმატებელი ფირმების ნიმუშისთვის, იმ ფირმების საკონტროლო ჯგუფთან შესადარებლად, რომლებიც არ გაკოტრებულან. გასული საუკუნის 60-იანი წლების ბოლოს და მთელი 70-იანი წლების განმავლობაში გამოყენებული იქნა მრავალი დისკრიმინაციული ანალიზი (MDA) გაკოტრების პროგნოზირების მოდელების შესაქმნელად. გაკოტრების პროგნოზირების ორი ცნობილი მოდელი, Altman's Z- ქულა (Altman 1968) და ZETA (Altman et al. 1977) შემუშავდა MDA-ს გამოყენებით. 1980-იანი წლებიდან გამოყენებული იქნა შეფასების უფრო მოწინავე მეთოდები, როგორცაა ლოგიტი (Ohlson 1980) და პრობიტი (Zmijewski 1984).

განვიხილოთ, როგორ შეიძლება ალბათური მოდელების გამოყენება კომპანიის გაკოტრების ადრეული გაფრთხილების უზრუნველსაყოფად. მიუხედავად იმისა, რომ აუდიტორულ ლიტერატურაში ჩატარებულმა ადრეულმა გამოკვლევებმა აღიარა ბაიესური რწმენის გადასინჯვის ჩარჩოს გამოყენება მრავალი აუდიტორული დავალებისთვის, ემპირიული მტკიცებულებები იმაზე მიუთითებენ, რომ აუდიტორების გადაწყვეტილების პროცესები ხშირად არღვევს ალბათობის აქსიომებს. მიგვაჩნია, რომ ადამიანი აუდიტორის ზოგიერთი კარგად დოკუმენტირებული შემეცნებითი შეზღუდვის ანაზღაურება შესაძლებელია

ავტომატიზირებული სისტემით. კერძოდ, ოფიციალური რწმენის გადასინჯვის სქემა შეიძლება ჩაირთოს ავტომატიზირებულ სისტემაში, რათა უზრუნველყოს კომპანიის გაკოტრების ადრეული გაფრთხილების საიმედო ალბათობა. ავტომატიზირებული სისტემა იკვლევს ფინანსურ კოეფიციენტებს, როგორც კომპანიების საქმიანობის პროგნოზირებას და აფასებს მათი ფინანსური მდგრადობის აპოსტერიულ ალბათობას (სხვაგვარად, ფინანსური კრიზისის ალბათობას). განვიხილავთ ორ განსხვავებულ ალბათურ მოდელს, ერთი უფრო მარტივი და უფრო მეტი ვარაუდების მომცემია, ხოლო მეორე, რომელიც გარკვეულწილად უფრო რთულია, მაგრამ ნაკლებ ვარაუდებს აკეთებს. ორივე მოდელს შეუძლია ზუსტი პროგნოზების გაკეთება ისტორიული მონაცემების დახმარებით სავარაუდო ალბათობების შესაფასებლად. კერძოდ, აღმოჩნდა, რომ უფრო რთული მოდელი ძალიან კარგადაა დაკალიბრებული ალბათობების შესაფასებლად. ვფიქრობთ, რომ ასეთი მოდელი აუდიტორის განსჯის პროცესში სასარგებლო გადაწყვეტილების მიღების წინაპირობას წარმოადგენს.

წარმოდგენილი მოდელი ეყრდნობა იყენებს გულუბრყვილო ბაიესის ქსელს. ამიტომ შევეცდებით განვიხილოთ ასეთი ქსელები ხოლო შემდეგ შევიმუშავოთ გაკოტრების პროგნოზირებისათვის გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი.



ნახ 6. გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი.

ზოგადად, გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი ეს არის ბაიესის ქსელი ერთი ფესვით, ყველა დანარჩენი კვანძი წარმოადგენენ ამ ფესვის შვილობილ ელემენტებს და ამასთან სხვა კვანძებს შორის არ არის წიბოები. ნახ. 6-ზე

ნაჩვენებია ასეთი გულუბრყვილო ბაიესის ქსელის მარტივი სახე. უნდა აღინიშნოს, რომ გულუბრყვილო ბაიესის ქსელში წიბოები შეიძლება იყოს ან არიყოს მიზეზობრივი გავლენა. თითოეულ პრობლემაში ფესვის ნიშნელობას წარმოადგენენ შესაძლო კლასები, რომლებსაც შეიძლება მიეკუთვნოს არსი, ხოლო ფოთლები – ეს არის კლასების ნიშნები ან პრედიკატები. მიმდინარე დავთარში არის ორი კლასი: ერთი, რომელიც შედგება იმ კომპანიებისაგან, რომლებიც კოტრდებიან, ხოლო მეორე იმ კომპანიებისაგან, რომლებიც ამას არ აკეთებენ. მახასითებლები – ეს ცვლადებია, რომელთა მნიშვნელობები განსხვავებული უნდა იყოს სხვადასხვა კლასის კომპანიისათვის. რამდენადაც გაკოტრებას არ მიყვართ ნიშნების გამოჩენამდე, რომლებსაც შეუძლიათ გაკოტრების პროვოცირება, ამ დავთარში კიდები არ წარმოადგენენ მიზეზებს.

შემდეგ გაკოტრების პროგნოზირებით იქმნება გულუბრყვილო ბაიესის ქსელი. თავიდან ვსაზღვრავთ შესაბამის ცვლადებს. შემდეგ შევისწავლით ქსელის სტუქტურას. საბოლოოდ, ვიღებთ პარამეტრებს ქსელისათვის.

მონაცემებიდან ქსელის სტრუქტურის მისაღებად განვიხილავთ ნიმუშს, რომლიდანაც იქნა მიღებული მონაცემები და შემდეგ წარმოგიდგინთ შესწავლის მეთოდს ამ მონაცემებით. წინასწარ განსაზღვრული იყო, რომ ბაიესის ქსელი გულუბრყვილო იქნებოდა. ამგვარად, „სასწავლო სტუქტურაში“ ვიგებთ, თუ რომელი ცვლადები უნდა ჩავრთოთ ქსელში.

კვლევაში გამოყენებული იყო ტიპური ფირმები, რომლებიც 1989-2002 წლებში ძირითად საფონდო ბირჟებზე საქმიანობდნენ მრეწველობის სხვადასხვა დარგში. გაკოტრებული კომპანიები განსაზღვრული იყო შემდეგნაირად: პირველ რიგში ის ფირმები, რომლებიც მოხვედნენ *Compustat and Lexis – Nexis*-ის გაკოტრების შესახებ ანგარიშის მონაცემთა ბაზაში. შემდეგ გაკოტრებაზე შეტანილი განაცხადები განისაზღვრებოდა *Lexis – Nexis Bankruptcy Report, Lexis – Nexis News*-ის

ანგარიშების ბიბლიოთეკაში მოძებნის გზით და ფირმების 8 – K<sup>2</sup> ფორმის მიხედვით. ფირმები, რომლებსაც არ ჰქონდათ გაკოტრებაზე განაცხადი შეტანილი, გამორიცხული იყვნენ. თითოეულ გაკოტრებულ ფირმაზე გაკოტრებაზე განაცხადის შეტანამდე მიღებული იყო ბოლო წლიური ანგარიში. თუ დრო ბოლო წლიური ანგარიშიდან ბოლო გაკოტრებაზე განაცხადის შეტანიდან და გაკოტრებაზე რეგისტრაციის თარიღიდან ორ წელიწადზე მეტი იყო, ფირმა გარიცხული<sup>3</sup> იყო. ამ პროცედურამ გამოიწვია 890 ფირმის გაკოტრება.

იმ ფირმების გამოსავლენად, რომლებიც არ იყვნენ გაკოტრებულები, პირველი 500 ფირმა შემთხვევითად იყო არჩეული ყველა აქტიური ფირმიდან, რომლებიც ხელმისაწვდომები იყვნენ Compustat-ში დროის თითოეულ პერიოდში 1989 წლიდან 2002 წლამდე ჩათვლით. როდესაც ერთი წლის განმავლობაში არჩეული იყო გაუკოტრებელი ფირმა, ის გამორიცხული იყო შემდეგი წლების შერჩევიდან. ამ პროცედურის შედეგად მიღებულია 700 აქტიური ფირმა. მათგან 63-ს ჰქონდა დაკარგული მონაცემები ყველა იდენტიფიცირებული პრედიქტორის მიხედვით, ამიტომ ისინი გამოირიცხა. საბოლოო ნიმუში შედგებოდა 6937 ფირმისაგან, რომლებიც არ იყვნენ გაკოტრებულნი. ამგვარად, ნიმუშის შერჩევის საერთო ზომა შეადგენდა 890+6937=7827-ს.

**სწავლების ევრისტიკული მეთოდიკა.** მიზანს წარმოადგენს ისეთი ბაიესის ქსელის შესწავლა, რომელიც შეიცავს გაკოტრების პროგნოზირებისათვის კვანძებს, თითოეული შესაბამისი ცვლადისათვის კვანძი ცხრილ 2-შია. ამის გასაკეთებლად ყველაზე სწორი გზა იქნებოდა ბაიესის ქსელის შესწავლა იმ მეთოდით, რომელიც 1997 წელს შეიმუშავა Meek-მა. მან შექმნა ევრისტიკული ძებნის ალგორითმი, რომელსაც

---

<sup>2</sup> 8-K - კომპანიაში დაგეგმილი მნიშვნელოვანი მოვლენების ან კორპორატიული ცვლილებების ანგარიში, რომელიც მნიშვნელოვანია აქციონერების ან ფასიანი ქაღალდების კომისიისთვის (SEC). ანგარიშგება ასევე ცნობილია, როგორც ფორმა 8K, იგი აცნობებს საზოგადოებას ისეთ მოვლენებს, როგორცაა შეძენა, გაკოტრება, დირექტორების გადადგომა ან ცვლილება ფიქსალური წლის განმავლობაში.

<sup>3</sup> ეს გაკეთდა იმისათვის, რომ გამოყენებული მონაცემები ყოფილიყო მიმდინარე.

ეწოდება *Greedy Equivalent Search (GES)* და გააჩნია შემდეგი თვისებები: თუ *DAG* იქნებოდა *P* სანდო, მაშინ *P* სანდო *DAG* -ის მოძებნის ალბათობის ზღვარი იქნებოდა 1-ის ტოლი, რადგანაც მონაცემთა სიმრავლის ზომა მისწრაფის. *Tetrad* პროგრამულ პაკეტს ასევე გააჩნია მოდული, რომელიც იყენებს ამ ალგორითმს ბაიესური ინფორმაციის კრიტერიუმთან (*BIC*) ერთად იმისათვის, რომ შეისწავლოს ბაიესური ქსელი მონაცემებიდან. თუ უმეტესობა ფირმისათვის არ არსებობს 20-ვე ცვლადით მონაცემები ალტერნატივის სახით, ჩვენ შეგვეძლო შეგვესწავლა მიზნობრივი ცვლადებით (გაკოტრება) მარკოვის დაფარვა. ამის მიზეზი ისაა, რომ ამ ნაკრებში ცვლადები იცავენ მიზნობრივ ცვლადებს სხვა ცვლადების გავლენისაგან. ამიტომ, თუ ვიცით მათი ყველა მნიშვნელობა, სხვა ცვლადებს არა აქვთ კავშირი მიზნობრივი ცვლადების პირობით ალბათობებთან. მეორეს მხრივ, თუ ხშირად ვკარგავთ მნიშვნელობებს მარკოვის დაფარვაში, ასევე გვინდა შევისწავლოთ ქსელის შემცველი სხვა ცვლადებიც. ბევრ შემსწავლელ პაკეტს (მაგალითად *Tetrad*) ასევე შეუძლიათ განსაზღვრონ მონაცემებიდან მარკოვის დაფარვა.

ის მოდელები, რომლებიც ამ სასწავლო პაკეტებით შეისწავლება, ჩვეულებრივ მოითხოვენ ძალიან დიდი მოცულობის შერჩევას, თუმცა გაკოტრებული ფორმების ძალიან დიდი არჩევანი არ იყო.

ამის ნაცვლად მათ შეიმუშავეს ევრისტიკული მეთოდი, რომლის მიხედვითაც ახდენენ მარკოვის დაფარვის გაკოტრების ცვლადებიდან არჩევას. შემდეგ ისინი გამოიყენებენ ამ ცვლადებს გულუბრყვილო ბაიესის ქსელში შთამომავალის სახით, რომელშიც გაკოტრების ცვლადი იყო ძირეული.

მათი მეთოდი შემდეგნაირად გამოიყურებოდა: მათ ჰქონდათ 20 პრედიკატორი (პროგნოზირებადი) ცვლადი და 1 მიზნობრივი ცვლადი, კერძოდ გაკოტრების მდგომარეობა, რის შედეგადაც გაკეთდა საერთო 21 ცვლადი, ხოლო ნიმუში შედგებოდა 7827 ჩანაწერისაგან, რომელშიც მოცემული იყო ამ ცვლადების მნიშვნელობები. ამ ნიმუშზე დაყრდნობით



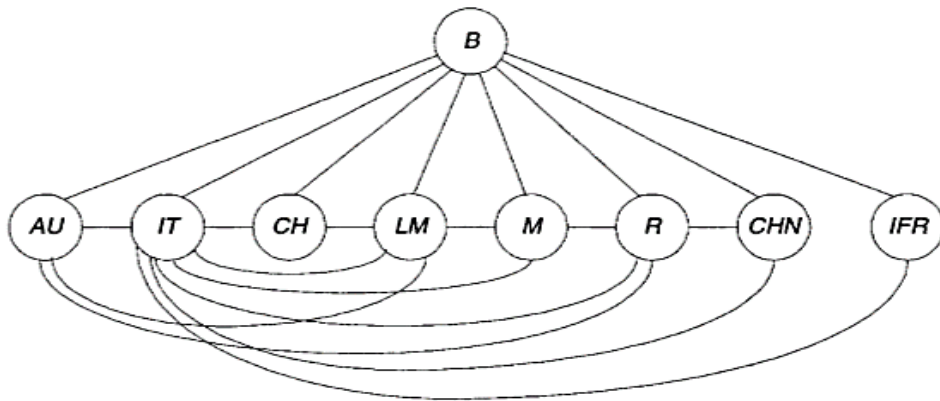
მათ განსაზღვრეს კორელაციის კოეფიციენტი 21 ცვლადიდან თითოეულის სხვა 21 ცვლადს შორის. თუ კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობა იყო >0,1-ზე, ისინი ადგენდნენ, რომ ორი ცვლადი კორელირებული იყვნენ<sup>4</sup>. ამ კრიტერიუმის თანახმად მხოლოდ 8 ცვლადი იყო დაკავშირებული გაკოტრებასთან. ნახ. 7-ზე ნაჩვენებია შესაბამისი ცვლადები. ორ პრედიკატს შორის არსებობს კიდე თუ ისინი კორელირებულნი აღმოჩნდებიან. შესაძლებელია, მაგალითად CHN კორელირებს B-სთან მხოლოდ R-ის მეშვეობით. ანუ ჩვენ შეიძლება გვეკონოდა:

$$I_p(CHN, B|R).$$

	განსხვავება	Var.	რას გამოხატავს ცვლადი?
ფინანსური ფაქტორები	ზომა	TA	ln(მთლიანი აქტივები)/(GNP არაცხადი ფასის ინდექსი)
	ლიკვიდაცია	CA	(მიმდინარე აქტივები - მიმდინარე ვალდებულებები)/(მთლიანი აქტივები)
		CR	(მიმდინარე აქტივები)/მიმდინარე ვალდებულებები
		OF	(ოპერაციული ფულადი ნაკადები)/(მთლიანი ვალდებულებები)
		LM	$(L+\mu)/\sigma$ L = ნაღდ ფულს+მოკლევადიანი საბაზრო ფასიანი ქაღალდები $\mu, \sigma$ = საშუალო, სტანდარტული გადახრა კვარტალური ცვლილებები L-ში 12 კვარტლის განმავლობაში
		CA	(მიმდინარე აქტივები)/(მთლიანი აქტივები)
		CH	ნაღდი ფული/(მთლიან აქტივებთან)
	ლევერაჟი	TL	(მთლიანი ვალდებულება)/(მთლიანი აქტივები)
		LTD	გრძელვადიანი ვალი/მთლიან აქტივებთან
	ბრუნვა	S	გაყიდვები/მთლიან აქტივებთან
		CS	მიმდინარე აქტივები/გაყიდვები
	აღზატობა	E	შემოსავალი გადასანადებამდე და პროცენტებამდე/მთლიანი აქტივები
		NT	წმინდა შემოსავალი/მთლიან აქტივებთან
		IT	თუ წმინდა შემოსავალი ბოლო 2 წლის განმავლობაში <0, =1, ან =0
		RE	გაუნაწილებელი მოგება/მთლიანი აქტივები
CHN		(t წლის წმინდა შემოსავალს-წმინდა შემოსავალი t-1 წელს)/ (Abs(წმინდა შემოსავალი t წელს) + Abs(წმინდა შემოსავალი T-1))	
ბაზრის ფაქტორები	M	ln(ფირმის ზომა დაკავშირებული CRSP NYSE/AMEX/ /NASDAQ ბაზრის კაპიტალიზაციის ინდექსი)	
	R	ფირმის აქციებიდან შემოსავალი t-1 მინუს ღირებულება-შეწონილი CRSP NYSE/AMEX/NASDAQ ინდექსზე შემოსავალი t-1 წელს	
სხვა ფაქტორები	AU	თუ კომპუსტატ კოდის აუდიტორების მოსაზრება არის '1'; არაკვალიფიციური = 0, სხვა =1	
	IFR	ინდუსტრიის ჩავარდნის მაჩვენებელი გამოთვლილი როგორც გაკოტრების საშუალო განაკვეთი გაკოტრების განაკვეთი არის (#გაკოტრება ორობით SIC ინდ.)/(#ფირმები ინდ-ში)	

ცხრილი 2. პოტენციალური პრედიქტორული ცვლადები გაკოტრებისათვის.

<sup>4</sup> ასევე გამოსცადეს 0,05, ,015 და 0,2. 0,1-ის ჩაჭრით გამოყენებისას გამოვლინდა მოდელი, რომელიც საუკეთესო პროგნოზირების შესაძლებლობას იძლეოდა, ხოლო ცვლადების რაოდენობა მინიმუმამდე შემცირდა.



ნახ. 7. არსებობს წიბო ორ ცვლადს შორის თუ ისინი კორელირებულნი არიან.

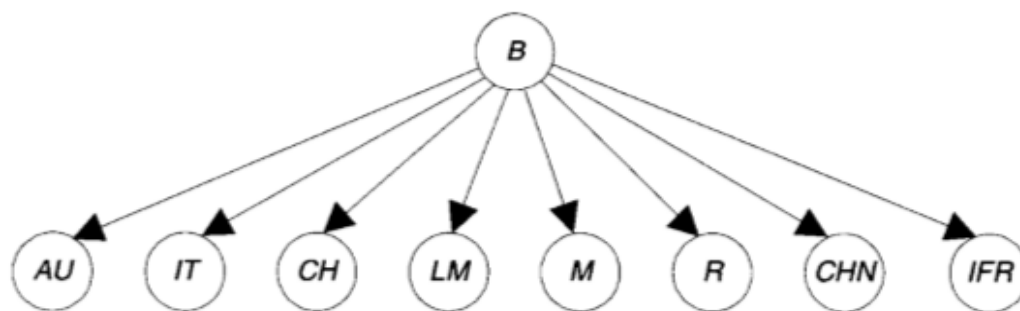
თუ ეს ასე იქნებოდა, მაშინ *CHN* არ იქნებოდა აუცილებელი მარკოვის დაფარვისთვის. ეს რომ განესაზღვრათ, გამოთვლილი იყო პირობითი კორელაციის ყველა კოეფიციენტი. ამ კონკრეტული ცვლადებისათვის დადგენილი იქნა, რომ:

$$\text{Corr}(CHN, B|R) = -0,22.$$

კორელაციის კოეფიციენტის აბსოლუტური მნიშვნელობისათვის 0,1 ჩაჭრის გამოყენებით მიღებული შედეგი მიგვითითებს იმაზე, რომ *CHN* არა დამოკიდებული *B* პირობით *R*-ზე, ამიტომ *CHN* უნდა დავტოვოთ ქსელში. ყველა შესაბამისი პირობითი კორელაციის კოეფიციენტის ანალოგიურმა შემოწმებამ აჩვენა, რომ არცერთი ცვლადი არ უნდა გამოირიცხოს ქსელიდან.

გულუბრყვილო ბაიესის ქსელის შემაჯამებელი სტუქტურა გამოსახულია ნახ. 8-ზე. საყურადღებოა, რომ არ ჩატარდა არავითარი შემოწმება იმისათვის, რომ დავრწმუნებულიყავით იმაში, რომ პირობითი დამოუკიდებლობა დაკმაყოფილდა ქსელის მიერ. მაგალითად, ქსელი გულისხმობს:

$$I_p(AU, IT|B).$$



ნახ. 8. მარტივი ბაიესის ქსელის სტრუქტურა გაკოტრების პროგნოზირებისათვის.

ნახ. 7-დან ჩვენ ვიცით, რომ *AU* და *IT* დამოკიდებული არიან. შესაძლოა ისინი *B* -ზე პირობითად დამოკიდებული დარჩებიან.

უმეტესობა პრედიქტორული ცვლადებისა უწყვეტია, მაგრამ მიზნობრივი ცვლადი (გაკოტრების) დისკრეტულს წარმოადგენს. ასეთ შემთხვევაში შეგვიძლია პროგნოზირების უკეთესი შედეგები მივიღოთ უწყვეტი ცვლადის დისკრეტიზაციის გზით. ეს იყო მიმდინარე მოდელისათვის შერჩეული გზა. როდესაც ვცდილობთ გავაკეთოთ პროგნოზი, გაკოტრდება თუ არა კომპანია, უჩვეულოდ დაბალი ფულადი ნაკადი წარმოადგენს ამის მაჩვენებელს, მაშინ როცა უჩვეულოდ მაღალი ფულადი ნაკადი მიუთითებს, რომ ისინი არ გაკოტრდებიან [McKee and Lensberg, 2002]. საშუალო მნიშვნელობები არ წარმოადგენენ ინდიკატორებს ამა თუ იმ ფორმით. ასეთ შემთხვევებში ხშირად ვიღებთ უკეთეს შედეგებს, თუ მნიშვნელობებს დავაჯგუფებთ თითოეულ კუდში ერთად, და ამას აკეთებს *Pearson – Tukey* მეთოდი.

*Pearson – Tukey* მეთოდში უწყვეტი ალბათობის განაწილების ფუნქცია  $F(x) = P(X \leq x)$  იყოფა სამ ინტერვალად შემდეგნაირად:

1. განვსაზღვროთ  $x_1, x_2$  და  $x_3$  წერტილები იმგვარად, რომ:

$$P(X \leq x_1) = 0.05$$

$$P(X \leq x_2) = 0.50$$

$$P(X \leq x_3) = 0.95$$

2. განვსაზღვროთ დისკრეტული ცვლადი  $D$  შემდეგი ალბათობებით:

$$P(D = x_1) = 0.185$$

$$P(D = x_2) = 0.63$$

$$P(D = x_3) = 0.185$$

ეს მეთოდი ცვლის უწყვეტი  $X$  შემთხვევითი სიდიდის დიაპაზონს სამი დისკრეტული მნიშვნელობით. მოდელში ამ მნიშვნელობებს წარმოადგენს დაბალი, საშუალო და მაღალი.  $X$ -ის ალბათური განაწილების 18,5 პროცენტის ქვემოთ  $X$ -ის მნიშვნელობები იცვლება დაბალი მნიშვნელობით, 18,5 და 81,5 პროცენტებს შორის მნიშვნელობები იცვლება საშუალო მნიშვნელობით, და 81,5 პროცენტზე მეტი მნიშვნელობები - მაღალი მნიშვნელობით. ამგვარად,

$$P(\text{low}) = 0,185$$

$$P(\text{medium}) = 0,63$$

$$P(\text{high}) = 0,185.$$

როგორც ვნახეთ, ბაიესის ქსელზე აგებული მოდელები საკმაოდ ეფექტურია არა მარტო ფინანსური რისკების შეფასებისათვის, არამედ სხვა სფეროებშიც. პრაქტიკოსი არ უნდა დაიბნეს ალგორითმის ყველა იმ რაოდენობით, რომლებიც ჩამოყალიბდა ბაიესის ქსელში პაკეტების სახით. ზოგიერთი მათგანი ქვემოთაა ნაჩვენები.

1. Netica ([www.norsys.com](http://www.norsys.com))

2. GeNIe (<http://genie.sis.pitt.edu/>)

3. HUGIN (<http://www.hugin.dk>)

4. Elvira (<http://www.ia.uned.es/~elvira/index-en.html>)

5. BUGS (<http://www.mrc-bsu.cam.ac.uk/bugs/>)

აღნიშნული პროგრამები ფართოდ გამოიყენება მრავალ ქვეყანაში სხვადასხვა სფეროში გადაწყვეტილებათა მიღებასა და პროგნოზირებისათვის.

## 2.3. საბუღალტრო მონაცემებზე დაფუძნებული რისკის შეფასების მოდელების განხილვა

### 2.3.1. ალტმანის მიდგომა

ალტმანის Z-მოდელი (*Altman's Z-score*) წარმოადგენს სტატისტიკურ მოდელს, რომელიც კომპანიის ფინანსურ მაჩვენებელზე და გადახდისუნარიანობაზე დაყრდნობით საშუალებას იძლევა შეფასდეს გაკოტრების რისკის დონე.

ალტმანის Z-მოდელი აგებული იყო მრავალჯერადი წრფივი დისკრიმინანტული ანალიზის (*multiple discriminant analysis - MDA*) მეშვეობით – სტატისტიკურ მეთოდზე, რომელიც საშუალებას იძლევა შერჩეული იქნეს ისეთი კლასიფიცირებადი ცვლადები, რომელთა დისპერსია განხილულ ჯგუფებს შორის მაქსიმალური იქნება, ხოლო ამ ჯგუფებს შიგნით მინიმალური. ამ შემთხვევაში კლასიფიკაცია ხორციელდებოდა მხოლოდ ორი ჯგუფის მიხედვით: კომპანიების, რომლებმაც განიცადეს გაკოტრება და კომპანიების, რომლებმაც შეძლეს გაკოტრებისაგან გადარჩენა. ასეთი მოდელის აგება წარმოადგენს ბიჯებისგან შემდგარ პროცესს, რომლის მსვლელობისას მიმდევრობით ხდება ცვლადების ჩართვა ან გამორიცხვა სხვადასხვა სტატისტიკური კრიტერიუმების საფუძველზე [1].

თავდაპირველად მოდელში გამოყენებული იყო 22 სხვადასხვა ფინანსური მაჩვენებელი, რომელთა საფუძველზე განხორციელებული იყო 66 კომპანიის ბიჯებისგან შემდგარი დისკრიმინანტული ანალიზი, რომელთაგან 33 წარმატებით ფუნქციონირებდა და 33-მა კი განიცადა გაკოტრება. ანალიზის მსვლელობისას ხდებოდა იმ კოეფიციენტების ამოღება, რომელთაც გააჩნდათ უმცირესი სტატისტიკური მნიშვნელობა, რის შემდეგაც კოეფიციენტების სტატისტიკური მნიშვნელობების ანალიზი მეორდებოდა. შედეგად მოდელში რჩებოდა მხოლოდ ხუთი ძირითადი ფინანსური მაჩვენებელი (იხ. ცხრილი 1). როცა კოეფიციენტების რიცხვი მცირდებოდა ხუთიდან ოთხამდე, მოდელის სტატისტიკური სიზუსტე

მკვეთრად ეცემოდა, აქედან გაკეთდა დასკვნა, რომ ხუთცვლადიანი დისკრიმინანტული ფუნქცია ყველაზე მისაღებია:

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 0,999X_5. \quad (16)$$

ალტმანის მიდგომის არსი მდგომარეობს საწარმოს ორი ჯგუფის არჩევაში (შესაბამისად გაკოტრებულის და ფუნქციონერება გაგრძელებულის) და დეფოლტის გამოცხადებამდე ერთი ან ორი წლით ადრე მდგომარეობით, ამ საწარმოების ფინანსური მაჩვენებლებზე დაყრდნობით დისკრიმინანტული ანალიზის ჩატარებაში (იხ. ცხრილი 3). შედეგად, საწარმოებს იმ ჯგუფების მიხედვით, რომლებმაც გამოაცხადეს თავიანთი გაკოტრება, მოდელმა ეს მოვლენა სწორედ იწინასწარმეტყველა 33-დან 31 შემთხვევაში (94%) და შეცდა 2-ში (6%). მეორე ჯგუფის კომპანიების მიხედვით, რომლებმაც თავი აარიდეს გაკოტრებას, მოდელმა არასწორად მოახდინა დეფოლტის პროგნოზი მხოლოდ 1 შემთხვევაში (3%), ხოლო დანარჩენ 32 შემთხვევაში (97%) პროგნოზირებული იყო გაკოტრების უმნიშვნელო ალბათობა, რაც სინამდვილეში დადასტურდა.

**ცხრილი 3**

**საშუალო მნიშვნელობა და F-სტატისტიკა ალტმანის Z-მოდელის ჯგუფების ცვლადებისათვის**

ფინანსური კოეფიციენტი	საშუალო მნიშვნელობა ჯგუფის მიხედვით*	საშუალო მნიშვნელობა ჯგუფის მიხედვით**	F-სტატისტიკა
$X_1 = \frac{\text{საკუთარი შერჩევითი კაპიტალი}}{\text{აქტივები სულ}}$	-6,1%	41,4%	32,60
$X_2 = \frac{\text{გაუნაწილებელი მოგება}}{\text{აქტივები სულ}}$	-62,6%	35,5%	58,86
$X_3 = \frac{\text{პროცენტების და გადასახადების გადასდამდე მოგება}}{\text{აქტივები სულ}}$	-31,8%	15,4%	26,56
$X_4 = \frac{\text{კაპიტალის საბაზრო ღირებულება}}{\text{ვალდებულებების საბაზრო ღირებულება}}$	40,1%	247,7%	33,26
$X_5 = \frac{\text{რეალიზაციიდან ამონაგები}}{\text{აქტივები სულ}}$	1,5 ჯერ	1,9 ჯერ	2,84

\* გამოთვლილია გაკოტრებაზე წასული კომპანიის შერჩევითობით  
 \*\* გამოთვლილია გაკოტრებაზე თავის ამრიგებული კომპანიის შერჩევითობით

ანალოგიური გათვლები განხორციელებული იყო გაკოტრებამდე ორი წლით ადრე ფინანსურ მაჩვენებლებზე დაყრდნობით. როგორც ცხრილ 4-დან ჩანს ამ შემთხვევაში შედეგები შედარებით გაურკვეველია, განსაკუთრებით იმ კომპანიების მიმართ, რომლებმაც გამოაცხადეს დეფოლტი, მაშინ როცა მეორე ჯგუფის კომპანიების მიხედვით სიზუსტე დაახლოებით ადრინდელ დონეზე დარჩა. ალტმანის მოდელის მიხედვით კლასიფიკაციის საერთო სიზუსტემ შეადგინა გაკოტრებამდე ერთი წლით ადრე 95% და ორი წლით ადრე 82%.

ამგვარად, ალტმანის მოდელი იძლევა საკმაოდ ზუსტ პროგნოზს გაკოტრების ალბათობის შესახებ ერთი-ორი წელის ჰორიზონტით. Z-მოდელის პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს კომპანიის კრედიტუნარიანობის შეფასების შესაძლებლობის და მსესხებლის საკრედიტო რეიტინგის განსაზღვრის შედარებით სიმარტივეში.

(ცხრილი 4)

**პროგნოზირების შედეგები ალტმანის მოდელის მიხედვით (გაკოტრებამდე ერთი წლით ადრე)**

ჯგუფი	დაკვირვებების რაოდენობა	პროგნოზირებული 1-თან შეესაბამება	პროგნოზირებული 2-თან შეესაბამება
ჯგუფი 1 (გაკოტრებული კომპანიები)	33	31 (94.0%)	2 (6.0%)
ჯგუფი 2 (გაკოტრებას გაქცეული კომპანიები)	33	1 (3.0%)	32 (97.0%)

კლასიფიკაციის საერთო სიზუსტე - 95.0%

მოდელის პროგნოზის სიზუსტის შესაფასებლად გამოიყენება ორი კრიტერიუმი:

1) იმ კომპანიების პოტენციური გადახდისუნარიანობის განსაზღვრის სიზუსტე, რომლებმაც შემდგომ მართლა განიცადეს გაკოტრება (არასწორი იდენტიფიკაციის დროს დასაშვებია I სახის შეცდომა);

2) იმ კომპანიების კრედიტუნარიანობის განსაზღვრის სიზუსტე, რომლებმაც თავი აარიდეს გაკოტრებას (არასწორი იდენტიფიკაციის დროს დასაშვებია II სახის შეცდომა).

ცხრილი 5

**პროგნოზირების შედეგები ალტმანის მოდელის მოხედვით (გაკოტრებაშდე ორი წლით ადრე)**

ჯგუფი	დაკვირვებების რაოდენობა	პროგნოზიზებული 1-თან შეკუთვნება	პროგნოზიზებული 2-თან შეკუთვნება
ჯგუფი 1 (გაკოტრებული კომპანიები)	33	23 (72.0%)	9 (28.0%)
ჯგუფი 2 (გაკოტრებას გაქცეული კომპანიები)	33	2 (6.0%)	31 (94.0%)

კლასიფიკაციის საერთო სიზუსტე — 82.0%

შემდგომში ალტმანის მოდელი არაერთხელ იცვლიდა სახეს და სრულყოფილი ხდებოდა. ასე მაგალითად, ალტმენმა, ჰარტზეკმა და პეკმა 1993 წელს მოახდინეს საწყისი მოდელის მოდერნიზება, რომელიც განკუთვნილი იყო კორპორაციების ანალიზისათვის, კოეფიციენტის გამოთვლისას შეცვალეს რა საბაზრო ღირებულება საბალანსოთი. ამის შედეგად მათ მიიღეს ბრუნვაში აქციების არამქონე კერძო საწარმოების გაკოტრების პროგნოზირებისათვის შემდეგი მოდელი:

$$Z' = 0,717X_1 + 0,847X_2 + 3,107X_3 + 0,420X_4 + 0,998X_5. \quad (17)$$

შევნიშნოთ, რომ  $X_4$  კოეფიციენტის გამოთვლისას  $F$ -სტატისტიკის მნიშვნელობა კომპანიის საბალანსო ღირებულების მიხედვით გახდა უფრო დაბალი (25,8), ვიდრე მაჩვენებელი საბაზრო ღირებულების მიხედვით გამოთვლისას (33,3).

განვითრებად ბაზრებზე კრედიტუნარიანობის  $Z$  ინდექსის გამოყენებისათვის საწყისი მოდელი სახეშეცვლილი იქნა და მიიღო „განვითარებადი ბაზრების სკორინგის“ (*emerging market scoring - EMS*) სახელწოდება.

### ZETA მოდელი

1977 წელს ალტმანმა, ჰოლდმენმა და ნარაიამანმა წარმოადგინეს კრედიტუნარიანობის შეფასების მეორე თაობის მოდელი, უფრო დეტალიზებული და უფრო ზუსტი საწყის  $Z$  - მოდელთან შედარებით. მათ მიზანს წარმოადგენდა დეფოლტის ალბათობის პროგნოზის მოდელის აგება



დიდი კომპანიებისათვის, რომელთა აქტივების ღირებულება საშუალოდ შედაგენდა 100 მლნ. დოლარს გაკოტრებამდე ორი წლით ადრე.

მოდელი ახდენს კომპანიის გაკოტრების პროგნოზირებას გაკოტრებამდე ერთი წლით ადრე 90%-ის სიზუსტით და ხოლო ხუთი წლით ადრე 70%-ზე მეტი სიზუსტით. ტესტირების შედეგების მიხედვით მოდელის გამოყენებამ აჩვენა უფრო დიდი სიზუსტე Z- მოდელთან შედარებით, განსაკუთრებით დროის ხანგრძლივი ჰორიზონტის განმავლობაში პროგნოზირების შემთხვევაში.

თავდაპირველად მოდელში გამოყენებული იყო 27 ფინანსური მაჩვენებელი, რომელთაგან შემდგომში შერჩეული იყო მხოლოდ შვიდი:

$X_1$  - აქტივების რენტაბელობა: პროცენტების და გადასახადების გადახდამდე მოგების (*earnings before interest and taxes - EBIT*) ფარდობა ერთობლივ აქტივებთან;

$X_2$ - მოგების სტაბილურობა, რომელიც შეფასებულია ბოლო 5-10 წლის მანძილზე;

$X_3$  - პროცენტული დაფარვის მაჩვენებელი (*interest coverage*) პროცენტების და გადასახადების გადახდამდე მოგების (*EBIT*) ფარდობა საპროცენტო გადახდების საერთო თანხასთან. ეს არის ერთ-ერთი ძირითადი მაჩვენებელი, რომელიც ჩვეულებრივ გამოიყენება ფიქსირებული შემოსავლიანობის მქონე ფასიანი ქაღალდების ფუნდამენტური ანალიზის ჩატარების და მათი რეიტინგის განსაზღვრისათვის;

$X_4$ - ერთობლივი მომგებიანობა: განაწილებული მოგების ფარდობა აქტივების ჯამთან. ეს მაჩვენებელი ითვალისწინებს ისეთ ფაქტორების, როგორცაა, კომპანიის ხნოვანობა, დივიდენდური პოლიტიკა და არსებობის მანძილზე შემოსავლოანობის ზოგადი დონე;

$X_5$  - მიმდინარე ლიკვიდობის კოეფიციენტი: მზრუნავი კაპიტალის ფარდობა კომპანიის მოკლევადიან საკრედიტო დავალიანებასთან;

$X_6$ - საბაზრო კაპიტალიზაციის ფარდობა კაპიტალის საბალანსო ღირებულებასთან, ამასთან კაპიტალიზაცია ფასდება საშუალოდ ბოლო ხუთი წლის განმავლობაში;

$X_7$  - კომპანიის ზომა, რომელიც ფასდება როგორც კომპანიის ერთობლივი აქტივების ლოგარითმი.

### Z - მოდელის და ZETA მოდელის ნაკლოვანებები

ამ მოდელების სუსტი მხარეები შემდეგში მდგომარეობს:

- ორივე მოდელი წმინდა ემპირიულს წარმოადგენს და არ ემყარება რაიმე თეორიულ კონცეფციას;
- მოდელებში გამოყენებულია ფინანსური ანგარიშგების მონაცემები, რომლებსაც შეუძლიათ მხოლოდ ნაწილობრივ ან დაგვიანებით ასახონ საწარმოს რეალური მდგომარეობა;
- ორივე მოდელი წრფივს წარმოადგენს.

### 2.3.2. ლისის მოდელი

ლისის მოდელი - ეს არის გაკოტრების ალბათობის შეფასების მოდელი, რომელშიც ფაქტორებად გათვალისწინებულია ორგანიზაციის საქმიანობის ისეთი შედეგები, როგორიცაა: ლიკვიდურობა, რენტაბელობა და ფინანსური დამოუკიდებლობა. ლისის მოდელი ასე ჩაიწერება:

$$Z = 0,063X_1 + 0,092X_2 + 0,057X_3 + 0,001X_4$$

სადაც,

- $X_1$  — საბრუნავი კაპიტალი / აქტივების ჯამი;
- $X_2$  — რეალიზაციიდან მოგება / აქტივების ჯამი;
- $X_3$  — გაუნაწილებელი მოგება / აქტივების ჯამი;
- $X_4$  — საკუთარი კაპიტალი / ნასესხები კაპიტალი.

შედეგების ინტერპრეტირება:

- $Z < 0,037$  — გაკოტრების ალბათობა მაღალია;
- $Z > 0,037$  — გაკოტრების ალბათობა დაბალია.

### 2.2.3. ჩესერის მოდელი

ჩესერის მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს პოტენციური მსესხებლის გადახდისუნარიობა. ამასთან, მოდელი პროგნოზირებს არამართო კრედიტის დაუბრუნებლობის რისკს, არამედ საწყისი პირობიდან ნებისმიერ გადახრას რომელიც სესხს ნაკლებად მიმზიდველს ხდის კრედიტორისათვის. ჩესერის მოდელს აქვს შემდეგი სახე:

$$Y = -2,0434 - 5,24X_1 + 0,0053X_2 - 6,6507X_3 + 4,4009X_4 - 0,0791X_5 - 0,1220X_6$$

სადაც,  $X_1$ - (ფულად საშუალებებს +სწრაფადრეალიზებადი ფასიანი ქაღალდეები)/მთლიანი აქტივები;  $X_2$  - ნეტო გაყიდვები/(ფულადი საშუალებები + სწრაფად რეალიზებადი ფასიანი ქაღალდეები);  $X_3$ - ბრუტო შემოსავლები/მთლიანი აქტივები  $X_4$  - მთლიანი დავალიანება/მთლიანი აქტივები;  $X_5$  - ძირითადი კაპიტალი/წმინდა აქტივები;  $X_6$ - საბრუნავი კაპიტალი/ნეტო გაყიდვები

$$Z = \frac{1}{[1 + e^{-Y}]}$$

იმ შემთხვევაში,თუ  $Z \geq 0,5$ , მაშინ კლიენტი უნდა მივაკუთვნოთ ჯგუფს, რომელიც არ ასრულებს ხელშეკრულების პირობებს.

დ. ჩესერმა გამოიყენა ბანკების მონაცემები, რომელთაგან 37-ს „დამაკმაყოფილებელი“ სესხები ჰქონდა ხოლო 37-ს „არადამაკმაყოფილებელი“, ამასთან გაანგარიშებისათვის აიღო ფირმა-მსესხებლის კრედიტის აღებამდე ერთი წლით ადრე საბალანსო მონაცემები.

ჩესერის მოდელმა შერჩევის მონაცემების მიხედვით შეძლო დაკრედიტების ხელშეკრულების პირობის დარღვევამდე ერთი წლით ადრე ეწინასწარმეტყველა 4 დადებული ხელშეკრულებიდან 3-ის ბედი.

### 2.4. თავის შეჯამება

საბოლოოდ შეიძლება დავასკვნათ, რომ  $Var$  მაჩვენებელს, როგორც ინვესტიციური პორტფელის რისკის მახასიათებელ სტატისტიკას, მრავალი

ღირსება გააჩნია, რომელთაგან მთავარს წარმოადგენს რისკის შესახებ ინფორმაციის წარმოდგენის შედარებითი სიმარტივე (ღირებულებით გამოსახულებაში მხოლოდ ერთი მნიშვნელობის სახით) და პორტფელის მართვისათვის პრაქტიკული სარგებლიანობა. მაგრამ, რადგანაც *VaR* წარმოადგენს სარგებლების და ზარალების განაწილების მხოლოდ ერთ მოცემულ კვანტილს, ამიტომ გააჩნია მთელი რიგი ნაკლიც, მათ შორის: *VaR* მნიშვნელობის გარეთ ყველაზე უარესი შესაძლო ზარალის შესახებ ინფორმაციის არ ქონა. საუბარი შეიძლება იყოს *VaR*-ის გამოთვლის მეთოდის სტატისტიკურ სიზუსტეზე, რომელიც შეფასებულია მონაცემთა დიდი არჩევანის მეშვეობით.

საბუღალტრო მონაცემებზე და ალბათობაზე დაფუძნებული რისკის შეფასების მოდელები, ისევე როგორც *VaR*-ის დროს, საჭიროებს დიდი ოდენობით საწყის მონაცემებს, რომელთა მიღება შესაძლებელია წარსულის სტატისტიკური მასალიდან. კერძოდ, ალტმანის, ჩესერისა და ლისის მოდელების შემთხვევაში გამოიყენება სხვადასხვა, წარსულში გაკოტრებული, კომპანიის საბუღალტრო ბალანსის მონაცემები. ხოლო, ბაიესის ქსელის ასაგებად საჭიროა ძალიან დიდი მოცულობის შერჩევა.

რისკის შეფასების ზემოთ განხილული მოდელები შინაარსობრივად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, მაგრამ საერთო გააჩნიათ ის, რომ ყველა მათგანს სჭირდება დიდი ოდენობით მონაცემები რისკის შესაფასებლად.

### თავი 3. ახალი მიდგომის დამუშავების აუცილებლობის დასაბუთება

ზემოთ მოყვანილი მოდელების მეშვეობით შეუძლებელია სრულყოფილად აისახოს ჩვენი ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისთვის საჭირო ინოვაციურ პროექტებში ინვესტიციების რისკების შეფასების ყველა ასპექტი, რადგან ჩვენს სიმნამდვილეში, 90-იანი წლებიდან მოყოლებული არამდგრადი პოლიტიკური სიტუაციის გამო, არ მოიპოვება საკმარისი და სანდო სტატისტიკური მონაცემები, რომელიც ამ პროცესს შეუწყობს ხელს. ამ მიზნითაა ჩატარებული კვლევა, რომელიც უზრუნველყოფს რისკების შესაფასებლად ახალი მიდგომის შემუშავებას.

დეტალურად განვიხილოთ რისკები ინვესტიციური პროექტების დაფინანსებისას. ცნობილია, რომ საინვესტიციო პროექტი გულისხმობს სამი ძირითადი ფულადი ნაკადის დაგეგმარებას: ინვესტიცია, მიმდინარე (ოპერაციული) ხარჯები და შემოსავალი.

ინვესტიციის პროექტის განხორციელებისას, ინვესტორს არასოდეს აქვს რისკის ყოვლისმომცველი შეფასება, რადგან დინამიურად განვითარებად სამყაროში ხშირი ცვლილებები არ არის გათვალისწინებული. ამრიგად, არსებობს გაუთვალისწინებელი გარემოება (მაგალითად, კატასტროფა), რომელიც ახდენს გავლენას საინვესტიციო პროცესზე. ამავე დროს, ინვესტორი მაქსიმალურად უნდა იყოს ინფორმირებული, რომ შეაფასოს ინვესტიციის შესახებ გადაწყვეტილებების მიღებისას არსებული რისკი, როგორც პროექტის განვითარების ეტაპზე, ასევე ინვესტირების პროცესში. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია გვახსოვდეს, რომ მომავალში გაყიდული პროდუქციის ფასები და მოცულობა, ისევე როგორც ნედლეულის და სხვა საქონლისა და მომსახურებისთვის ფულადი ღირებულებები შეიძლება რადიკალურად განსხვავდებოდეს მათი მოსალოდნელი ღირებულებებისგან ინვესტიციის დაგეგმვის დროს.

ზემოაღნიშნული და მსოფლიო პრაქტიკის საფუძველზე, სწავლების ნებისმიერი ობიექტის შეფასების მოდელები, მათ შორის რისკების ჩათვლით, სანდოა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს საკმარისად დიდი სტატისტიკური ბაზა (ზოგადი პოპულაცია). რა უნდა გავაკეთოთ ასეთი სტატისტიკური მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში? დაგროვილი გამოცდილება აჩვენებს, რომ ამ შემთხვევაში ერთადერთი გამოსავალია ექსპერტების შეფასებების გამოყენება. ამრიგად, ჩვენ ჯგუფური გადაწყვეტილების მიღების პროცესისაკენ მივდივართ. ამ პროცესებში მნიშვნელოვანია ის, რომ ექსპერტთა ინდივიდუალური მოსაზრებები გარდაიქმნება მოდელის ასაგებად საჭირო მონაცემებად. ვინაიდან სუბიექტურობა, არამკაფიოობა და გაურკვეველობა გავლენას ახდენს ექსპერტთა შეფასებებზე, ფაზი სირმაველის თეორიის გამოყენება ეფექტური ინსტრუმენტია გამოსავლის მოსაძებნად.

### **3.1. თეორიული ბაზა - ფაზი (ფაზი) სიმრავლეების თეორიის ძირითადი ცნებები**

ნებისმიერი საინვეტიციო გადაწყვეტილებების მიღებისას, ჩვენ გვიწევს ერთ საერთო პრობლემასთან გამკლავება - ეს არის ხვალინდელი დღის განუზღვრელობა რომელიც ინვესტორისთვის ფაზი პირობებს ქმნის. ყველა მიისწრაფის ეს სამყარო უფრო გამომცნობადი გახდეს, რაც იწვევს დაგეგმვის, პროგნოზირების, საბაზრო რისკების შეფასების მოთხოვნას. ხდება პერსპექტიული განვითარების სცენარების გენერირება, რომლებიც დაკავშირებულია ფასების დონესთან, პროდუქციის გამოშვებასა და გაყიდვების მოცულობასთან, გარემოს მაკროპარამეტრების ცვლილებასთან (დაბეგვრის დონე, მოკლევადიანი კრედიტების განაკვეთები, ინფლაციის ტიპები და ა.შ.), შემდეგ ხდება კორპორატიული ფინანსების რეალიზებულ პირობით სცენარებზე რეაქციის ანალიზი. ოპტიმისტური სცენარები აუმჯობესებენ კორპორაციების ფინანსურ და მათ საბაზრო მდგომარეობას, ხოლო პესიმისტური - აუარესებენ, მათ შორის მიჰყავთ კორპორაციები გაკოტრებამდე.

მეცნიერებაში დიდი ძალისხმევა იყო საჭირო იმისათვის, რომ განრიდებოდნენ ალბათობის კლასიკურ გაგებას. კლასიკური ალბათობიდან სუბიექტურზე გადასვლის კვალდაკვალ გაიზარდა ექსპერტების როლი, გაიზარდა შეფასებაზე ექსპერტების სუბიექტური უპურატესობების გავლენა.

ძალიან ხშირად, ფინანსური მენეჯმენტის პრაქტიკოსები, რომლებიც არ ენდობიან დისკრედიტებულ თეორიებს, მართავენ მათთვის მიწოდებულ აქტივებს, ინტუიციურად, რაც ძალიან ხშირად ვერბალურად არაა. ეს ინტუიციური საქმიანობა ფინანსური მენეჯმენტის გამოცდილებასთან ერთად, იძლევა ფასდაუდებელ მასალას სამეცნიერო კვლევებისათვის.

ამრიგად, თავად ექსპერტი, მისი სამეცნიერო საქმიანობა, მისი არჩევანი თავად გამოდის, როგორც სამეცნიერო კვლევის ობიექტი.

სამეცნიერო კვლევის ობიექტი განისაზღვრა ასე: თუ ადრე იგი მოიცავდა მხოლოდ ეკონომიკურ ობიექტს (კორპორაცია, მრეწველობა, ეკონომიკური რეგიონი, ქვეყანა), ახლა თანამედროვე ფინანსურ მენეჯმენტში სამეცნიერო კვლევის ობიექტს ემატება **გადაწყვეტილების მიმღები პირი**. ასეთ პიროვნებას წარმოადგენს, როგორც ფინანსური მენეჯერი, ასევე ფინანსური ანალიტიკოსი, რომელიც ამზადებს გადაწყვეტილებებს მენეჯერისთვის. ორივე ამ ადამიანის საქმიანობა დეტალურ გამოკვლევას ექვემდებარება.

მეცნიერული ამოცანის ასეთი სახით დასმის დროს ყველაზე მთავარია - ვისწავლოთ სუბიექტური აქტივობის მაჩვენებლების დამუშავება. კერძოდ, მნიშვნელოვანია გარკვეულ იყოს, თუ რომელი კრიტერიუმებით ახდენს გადაწყვეტილების მიმღები პირი მიმდინარე ეკონომიკური სიტუაციის, გამოსაკვლევ ობიექტის მდგომარეობის, გადაწყვეტილებათა მიღების ველის შეცნობას. ცხადია, რომ ყველა შემთხვევაში ინფორმაცია ატარებს სუბიექტურ ხასიათს, ახდენს რა მის შეცვლას სიტუაციის რაოდენობრივი მახასიათებლებით, რომელიც გამოხატულია ბუნებრივ ენაზე (მაგალითად, ფაქტორის „მაღალი/დაბალი დონე“, ფულადი ნაკადის „დიდი/მცირე/უმნიშვნელო ზომა, მისაღები/მიუღებელი რისკი“ და ა.შ.). როდესაც

რაოდენობრივი შეფასება ბუნებრივი ენის ტერმინებთან არაა შესაბამისობაში, მათი ინტერპრეტაცია რთულდება. მაგრამ თუ ასეთი შეფასება მთელი რიგი ექსპერტების აზრის და არჩევანის თანაკვეთით შედგა როგორც კონსესუსი, რომლიც დაახლოებით ერთი და იგივე ეკონომიკურ რეალობას აკვირდება, მაშინ ის იძენს ეკონომიკური ობიექტის მოდელირებისათვის მნიშვნელობას, მოცემულ ობიექტზე არსებულ მონაცემებთან ერთად.

ფინანსური საქმიანობის მნიშვნელოვანი განუზღვრელობის პირობებში მოდელირებისას, მიზანშეწონილი და გამოსადეგია **ფაზი- სიმრავლეების თეორიის ფორმალიზმების გამოყენება.**

სუბიექტური ალბათობები თანდათან იცვლება ფაზი სიმრავლეებით. ამის მიზეზი რამდენიმეა:

- ფაზი-სიმრავლე იდეალურად აღწერს გადაწყვეტილების მიმღები პირის სუბიექტურ აქტივობას;

- ფაზი-რიცხვები (ფაზი-სიმრავლეების ნაირსახეობა) იდეალურია დროში ფაქტორების დაგეგმისათვის, როდესაც მათი სამომავლო შეფასება გართულებულია (ფაზია, არ არსებობს საკმარისი ალბათური საფუძველი). ამგვარად, ამა თუ იმ ცალკეული ფაქტორის შესახებ ყველა სცენარი შეიძლება დაყვანილი იქნას ერთ ნაკრებ სცენარად სამკუთხა რიცხვების ფორმაში, სადაც გამოყოფილია სამი წერტილი: ფაქტორის მინიმალურად შესაძლებელი, ყველაზე მოსალოდნელი და მაქსიმალურად შესაძლებელი მნიშვნელობა. ამასთან სცენარების ერთობლიობის სტრუქტურაში ცალკეული სცენარების წონა ფორმალიზდება, როგორც ფაქტორის დონის „საშუალოსთან მიახლოებული ტოლობის“ ფაზი-სიმრავლესთან მიკუთვნების სამკუთხა ფუნქცია;

- ერთი მოდელის ფარგლებში შეიძლება მოვახდინოთ როგორც ეკონომიკური ობიექტის თავისებურებათა, ისე ამ ობიექტთან დაკავშირებული სუბიექტის მენეჯერის და ანალიტიკოსის შემეცნებითი თავისებურებათა ფორმალიზება;



- პარამეტრების განაწილების ფაზურობა იმითაა გამოწვეული, რომ კლასიკური გაგებით დაკვირვებათა სტატისტიკური შერჩევა არ არსებობს, და ანალიზისათვის ვსარგებლობთ კვაზისტატისტიკის სამეცნიერო კატეგორიით. ამგვარი მიდგომის დროს განაწილების სამკუთხა პარამეტრები დგინდება სანდოობის ხარისხის დადგენის პროცედურის საფუძველზე. ამგვარად გამოიკვეთა ალბათური და ფაზი-სიმრავლური აღწერის სინთეზისათვის გზა.

მაგრამ ცხოვრება არც მექანიზმია და არც ტექნიკა, და ის რაც მისაღებია არაცოცხალი ობიექტების ქცევის პროგნოზირებისათვის, ყოველთვის მოიკოჭლებს ცოცხალი ობიექტების ანალიზის დროს, კერძოდ, ეკონომიკური ანალიზის დროს. ეკონომიკა ხშირად ირაციონალურია იმიტომ, რომ მას ამოდრავებს ადამიანების ირაციონალური მოტივაციები, როგორცაა სიხარბე და სიბრიყვე. უანგარო ეკონომიკა არ არსებობს, ეს ეფუძნება ეგოისტური ინტერესების კონსოლიდაციას, მაგრამ ზოგჯერ ერთი და იგივე ინდივიდების ზოგიერთი ინტერესი წინააღმდეგობაში მოდის იმავე ინდივიდების სხვა ინტერესებთან. მაგალითად, სისულელე და დაუდევრობა ხელს უშლის გამდიდრების სურვილს, თუმცა ძალიან ხშირად მას თან ახლავს სიხარბე, რაც, ფაქტობრივად, ფულის მოპოვების საფუძველია.

პროგნოზების ფორმირებისას, უნდა დადგინდეს მკაცრი მეცნიერული კავშირები ხდომილების მიზეზებსა და შედეგებს შორის, მაშინაც კი თუ ეს კავშირები გამოხატულია ალბათურ ენაზე და ფაზი- აღწერით. ჩვენს ამოცანასთან დაკავშირებით ეს ნიშნავს, რომ რისკების რაოდენობრივ პროგნოზებს უნდა უსწრებდეს ამ რისკების და მათი აღმოცენების გარემოს ხარისხობრივი, **ექსპერტული მოდელი**. ხარისხობრივ დონეზე პროცესების სწორ გაგებას მოსდევს სანდო რაოდენობრივი შეფასებები; ხოლო საწყისი განუზღვრელობის, რომელიც სწორედაა გაგებული და შეფასებული, კონვერტირება შეიძლება მოხდეს რისკის შეფასების პროგნოზირებად პარამეტრების გაბნევის შეფასებაში.

**კვაზისტატისტიკა** - ეს არის დაკვირვებათა შერჩევა მათი გენერალური ერთობიდან, რომელიც ითვლება არასაკმარისად განაწილების ალბათური კანონის იდენტიფიკაციისათვის განსაზღვრული პარამეტრებით, მაგრამ მიღებულია საკმარისად იმისათვის, რომ სანდოობის ამა თუ იმ სუბიექტური ხარისხით დაასაბუთოს დაკვირვების კანონი ალბათურ ან სხვა რომელიმე ფორმით, ამასთან ამ კანონის პარამეტრები მოცემული იქნება სპეციალური წესებით იმისათვის, რომ დააკმაყოფილოს დაკვირვების კანონის იდენტიფიკაციის მოითხოვნილი სანდოობა.[7]

კვაზისტატისტიკის მოცემული განმარტება იძლევა ალბათობის კანონის გაფართოებულ გაგებას, როდესაც მას გააჩნია არა მარტო სიხშირული, არამედ სუბიექტური აზრი. აქ იკვეთება სინთეზის კონტურები კლასიკური გაგებით ალბათობასა და იმ ალბათობას შორის, რომელიც მოიაზრება როგორც ექსპერტ-მკვლევარის შემეცნებითი აქტივობის სტრუქტურული მახასიათებელი.

ასევე, ეს განმარტება მოიაზრებს იმის კომპრომისისთვის ფართო ველს, თუ რა ჩაითვალოს არჩევანის საკმარის მოცულობად და რა - არა. მაგალითად, მანქანათმშენებლობის დარგის საწარმოს ფინანსური მდგომარეობის შეფასებისას ექსპერტს ესმის, რომ დარგის თითოეული საწარმო უნიკალურია, იკავებს თავის საბაზრო ნიშას და ა.შ., ამიტომ არ არსებობს კლასიკური სტატისტიკა მაშინაც კი, როცა არჩევანი მოიცავს ასობით საწარმოს. ამის მიუხედავად, ექსპერტი, რომელიც შეისწავლის გარკვეული პარამეტრის ანარჩევს, შენიშნავს, რომ მოქმედი საწარმოების უმეტესობისთვის, ამ პარამეტრის მნიშვნელობები დაჯგუფებულია გარკვეული გაანგარიშების დიაპაზონში, ფაქტორების ზოგიერთ ყველაზე მოსალოდნელ, ტიპურ მნიშვნელობებთან ახლოს. და ეს კანონზომიერება ექსპერტს აძლევს იმის მტკიცების საფუძველს, რომ ადგილი აქვს განაწილების კანონს, და შემდეგ ექსპერტს შეუძლია მოუძებნოს ამ კანონს ალბათური ან, მაგალითად, ფაზი-სიმრავლური ფორმა.

ანალოგიური მსჯელობა შეიძლება ჩავატაროთ, თუ ექსპერტი აკვირდება ერთადერთი საწარმოს ერთ პარამეტრს, მაგრამ მუდმივად. ცხადია, რომ ამ შემთხვევაში დაკვირვების სტატისტიკური ერთგვაროვნება არ არსებობს, რამდენადაც დროთა განმავლობაში იცვლება ფირმის საბაზრო გარემოცვა, მისი მართვის პირობები, წარმოების ფაქტორები და ა.შ. მიუხედავად ამისა, ექსპერტმა, რომელიც აფასებს საკმაოდ დიდი რაოდენობის დაკვირვებას, შეიძლება თქვას, რომ „პარამეტრის ეს მდგომარეობა ტიპურია ფირმისთვის, ეს - არ ვარგა, ხოლო აქ მე ეჭვი მეპარება კლასიფიკაციაში“. ამგვარად, ექსპერტი გამოთქვამს მოსაზრებას პარამეტრის განაწილების კანონის შესახებ იმგვარად, რომ ახდენს ყველა დაკვირვების კლასიფიცირებას ფაზი, ლინგვისტიკური საშუალებით, და ეს უკვე თავის მხრივ გენერაციის ფაქტია, რომელიც წარმოადგენს გადაწყვეტილების მიღებისათვის მნიშვნელოვან ინფორმაციას. და, რადგან განაწილების კანონი ჩამოყალიბებულია, ამდენად ექსპერტს საქმე აქვს კვაზისტატისტიკასთან.

ფაზი სიმრავლეების თეორიის განხილვამდე, რომელიც გადაწყვეტილებებს იღებს განუზღვრელობის პირობებში, მნიშვნელოვანია კიდევ ერთხელ განვსაზღვროთ რა არის განუზღვრელობა. განუზღვრელობა არის ტერმინი, რომელიც გარკვეულად სხვადასხვა ფორმით, გამოიყენება სხვადასხვა სფეროში, მათ შორის ფილოსოფიაში, სტატისტიკაში, ეკონომიკაში, ფინანსებში, დაზღვევაში, ფსიქოლოგიაში, ინჟინერიაში და მეცნიერებაში. ეს ეხება სამომავლო მოვლენების პროგნოზებს, უკვე გაკეთებულ ან უცნობ ფიზიკურ გაზომვებს. განუზღვრელობა უნდა იქნას მიღებული ისე, რომ რადიკალურად განსხვავებული იყოს რისკის ცნობილი ცნებისგან, რომლისგან იგი სათანადოდ არასოდეს ყოფილა გამიჯნული. არსებითი ფაქტია, რომ "რისკი" არის სიდიდე რომლის გაზომვაც ზოგიერთ შემთხვევაში შესაძლებელია. აღმოჩნდა, რომ გაზომვადი განუზღვრელობა ან კერძოდ "რისკი", როგორც ჩვენ გამოვიყენებთ ამ ტერმინს, ძალიან განსხვავებულია გაუზომლისგან, იგი საერთოდ არ არის განუზღვრელობა.

ხშირად, მნიშვნელობების სტანდარტული გადახრის კარგი შეფასებისათვის გაზომვის განუზღვრელობა მოიძებნება გაზომვების საკმარისი რაოდენობით გამეორებით. მაშინ ნებისმიერ ცალკეულ მნიშვნელობას აქვს განუზღვრელობა, რომელიც სტანდარტული გადახრის ტოლია. ამასთან, თუ მნიშვნელობები გასაშუალებულია და საშუალო აღებული, ე.ი. თუ ხდება მნიშვნელობის გასაშუალება, მაშინ საშუალო გაზომვას აქვს სტანდარტული შეცდომის ტოლი განუზღვრელობა, რომელიც არის სტანდარტული გადახრის განაყოფი გაზომვების რაოდენობიდან კვადრატულ ფესვზე. რაც არ უნდა ზუსტი იყოს ჩვენი გაზომვები, გარკვეული განუზღვრელობა ყოველთვის რჩება.

შესაძლებლობა ეს არის რაიმეს მოხდენის ხარისხი, მაგრამ ალბათობაა ის - რაიმე მოხდება თუ არა. ასე რომ, მეთოდები, რომლითაც ჩვენ ვუმკლავდებით განუზღვრელობას, რათა თავიდან ავიცილოთ გაურკვეველობა, სტატისტიკური მექანიკა და ფაზი სიმრავლეებია (Zadeh 1965).

ფაზი-სიმრავლეების თეორიიდან მიღებული შესაძლებლობების თეორია ყოველთვის შედარებულია ალბათობის თეორიასთან. ამის შესახებ დაწვრილებითი მსჯელობა მოცემულია Zadeh (1978) და Dubois and Prade (1988)-სთან. ფაზი შემთხვევითი ცვლადის კონცეფცია შემოიღეს კვაკერნააკმა (1978) და პურიმ და რალესკუმ (1986). ფაზი- შემთხვევითი ცვლადის წარმოქმნა უფრო დამაჯერებელს ხდის შემთხვევითობისა და ფაზურობის კომბინაციას, რამდენადაც ალბათობის თეორია შეიძლება გამოყენებულ იქნას განუზღვრელობის მოდელირებისთვის და ფაზი-სიმრავლეების თეორიას შეუძლია უზუსტობის მოდელირება.

მკვლევარების მიერ ალბათობის თეორიის შეზღუდულობამ გამოიწვია ფაზი-სიმრავლეების თეორიის შემუშავება და მისი გამოყენება საინვესტიციო პროექტების ფინანსური პარამეტრების და რისკების ადეკვატურად მკაფიო შეფასების მისაღებად მოცემული ფაზი საწყისი მონაცემების დროს. ფაზი-ინტერვალური შეფასების შემუშავებული მეთოდიკა და ინვესტიციების ფინანსური პარამეტრების მრავალ კრიტერიუმიანი

ოპტიმიზაცია ტრადიციულ მეთოდებზე უფრო სრულყოფილად გვაძლევს საშუალებას გამოვიყენოთ მომავალი გადახდის ნაკადებისა და პროცენტების შესახებ აპრიორი ინფორმაცია, მათი განუზღვრელობის გათვალისწინებით. ოპტიმიზაციის პრობლემა ჩამოყალიბებულია, როგორც ინვესტიციების მომგებიანობისა და ფინანსური რისკის მახასიათებელ კონკრეტულ კრიტერიუმებს შორის კომპრომისი.

### 3.1.1 ფაზი სიმრავლის ძირითადი ცნებები და განმარტებები

უნივერსალური  $U$  სიმრავლის  $A$  ფაზი-ქვესიმრავლე ხასიათდება  $\mu_A: U \rightarrow [0,1]$  მიკუთვნების ფუნქციით, რომელიც თითოეულ ელემენტს  $u \in U$  ანიჭებს რიცხვს  $\mu_A(u) \in [0,1]$  მონაკვეთიდან, რომელიც მიუთითებს  $A$  ქვესიმრავლიდან ელემენტის მიკუთვნების ხარისხს.

ჩვეულებრივი სიმრავლეები წარმოადგენენ ფაზი-სიმრავლეების კერძო შემთხვევას - მათთვის  $\mu_A(u) = 1$  (თუ  $u \in A$ ) ან  $\mu_A(u) = 0$  (თუ  $u \notin A$ ).

განსაზღვრების საფუძველზე მიკუთვნების ფუნქცია ახდენს ფაზი-სიმრავლის როგორც ისეთი ობიექტების კლასის სიმრავლის განსაზღვრას, რომელშიც არ არსებობს მკვეთრი საზღვრები იმ ობიექტებს შორის რომლებიც ამ კლასში შედიან და იმ ობიექტებს შორის რომლებიც მასში არ შედიან.

ვთქვათ,  $X = \{x\}$  - არის ობიექტების (წერტილების) ერთობლიობა, რომელიც  $x$ -ით არის აღნიშნული. მაშინ ფაზი-სიმრავლე  $A$   $X$ -ში არის შემდეგი დალაგებული წყვილების ერთობლიობა

$$A = \{x, \mu_A(x)\}, x \in X,$$

სადაც,  $\mu_A(x)$  წარმოადგენს  $x$ -ის  $A$ -სთან მიკუთვნების ხარისხს, ხოლო  $\mu_A: A \rightarrow M$  - არის  $X$ -ის  $M$  სივრცეში, რომელსაც მიკუთვნების სივრცეს უწოდებენ, ასახვა.

ამგვარად, ძირითადი ვარაუდი იმაში მდგომარეობს, რომ  $A$  სიმრავლე, მისი საზღვრების ფაზიზის მიუხედავად, შეიძლება ზუსტად განისაზღვროს

0-სა და 1-ს შორის მდებარე თითოეულ  $x$  რაოდენობის ობიექტისადმი  $A$ -სთან მიკუთვნების ხარისხი.

თუ  $A$  და  $B$  ჩვეულებრივი სიმრავლეებია, ე.ი. მათი მიკუთვნების ფუნქცია იღებს მხოლოდ 0 და 1 მნიშვნელობებს, მაშინ ამ განსაზღვრებას მივყავართ სიმრავლეების ჩვეულებრივ თანაკვეთის გაერთიანების და უარყოფის ცნებებამდე. „თანაკვეთის“ ერთი ცნების მაგივრად ფაზი-სიმრავლეებში განიხილება ორი - „თანაკვეთა“ და „ნამრავლი“, ხოლო „გაერთიანების“ ცნების ნაცვლად - ასევე ორი „გაერთიანება“ და „ჯამი“.

ფაზი-სიმრავლების თეორიაში სიმრავლეებზე ოპერაციების ზოგიერთი ჩვეულებრივი თვისება შენარჩუნებულია ზოგი არა.

ფაზი-სიმრავლეებისათვის ასევე შესაძლებელია მოვიყვანოთ განზოგადების პრინციპი. ვთქვათ,  $A - U$  -ს ფაზი-ქვესიმრავლეა მიკუთვნების  $\mu_A(u), u \in U$  ფუნქციით. ვათქვათ,  $f$  არის ასახვა  $U$ -დან  $V$ -ში. მაშინ  $V$  უნივერსალური სიმრავლის  $f(A)$  ფაზი ქვესიმრავლე განისაზღვრება ფორმულით

$$\mu_{f(A)}f(u) = \mu_A(u), u \in U.$$

განზოგადების პრინციპი საშუალებას იძლევა განვიხილოთ ფაზი ცვლადების ფუნქცია, კეძოდ შევისწავლოთ მოდელის მდგრადობა დეტერმირების და სტოქასტურობის მიდგომების კონტექსტში.

რეალური ხდომილებების განუზღვრელობის ძალით საწყისი  $x$  მონაცემების მაგივრად გვაქვს  $x'$  ქვესიმრავლე მიკუთვნების  $\mu_{x'}(y), y \in X$  ფუნქციით. განზოგადების პრინციპის შესაბამისად გადაწყვეტილება იქნება  $f(x')$  ფაზი-სიმრავლე  $Y$ -ში. შესაძლებელია მდგრადობის რიგი მაჩვენებლის შემოყვანა. მაგალითად, დანაკარგი ხასიათდება  $\rho(f(x), f(x'))$  ფაზი-სიმრავლით. იმისათვის, რომ დავახასიათოთ დანაკარგი ერთი რიცხვით, აუცილებელია შემოვიტანოთ  $Y$  სიმრავლეში  $\alpha$  დონე:

$$Y_\alpha = \{y \in Y: \mu_{f(x')}(y) \geq \alpha\}$$

ფაზი-სიმრავლე ლოტფი ა. ზადემ შემოიღო 1965 წელს. მისმა წარმატებულმა გამოყენებამ უზრუნველყო მისი მიღება მთელ მსოფლიოში.

ფაზი სიმრავლეები კლასიკური სიმრავლეთა თეორიის გაგრძელებაა და გამოიყენება ფაზი ლოგიკაში. სიმრავლეთა კლასიკურ თეორიაში ელემენტების წევრობა სიმრავლესთან დაკავშირებით ორობითი თვალსაზრისით ფასდება მკაცრი პირობის შესაბამისად - ელემენტი ან ეკუთვნის ან არ ეკუთვნის სიმრავლეს. ამის საპირისპიროდ, ფაზი-სიმრავლეების თეორია იძლევა ელემენტების სიმრავლის წევრობის ეტაპობრივი შეფასების საშუალებას; ეს აღწერილია მიკუთვნების ფუნქციის დახმარებით, რომელიც იღებს მნიშვნელობებს ნამდვილ რიცხვთა ერთეულოვან ინტერვალში (0,1). ფაზი-სიმრავლეები კლასიკური სიმრავლეთა თეორიის გაფართოებაა, ვინაიდან, გარკვეული სივრცისათვის მიკუთვნების ფუნქციამ შეიძლება იმოქმედოს, როგორც ინდიკატორულმა ფუნქციამ, რომელიც ყველა ელემენტს ასახვს 1 ან 0 - ზე, როგორც კლასიკურ ცნებაშია წარმოდგენილი. კერძოდ, ფაზი-სიმრავლე არის ნებისმიერი სიმრავლე, რომელიც საშუალებას აძლევს მის წევრებს ჰქონდეთ სხვადასხვა ხარისხის მიკუთვნება (მიკუთვნების ფუნქცია) ინტერვალში (0,1).

ავიღოთ ნებისმიერი  $X$  სიმრავლე.  $A$  ფაზი-სიმრავლე მოიცემა  $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$  მიკუთვნების ფუნქციით. 0-სა და 1-ს შორის მდებარე  $\mu_A(x)$  მნიშვნელობა არის რიცხვი, რომელიც გვიჩვენებს  $x$  ელემენტის  $A$  ფაზი სიმრავლესთან მიკუთვნების ხარისხს.  $\mu_A(x) = 1$  ტოლობა ნიშნავს, რომ  $x$  ზუსტად ეკუთვნის  $A$  სიმრავლეს; ხოლო  $\mu_A(x) = 0$  ტოლობა ნიშნავს, რომ  $x$  ზუსტად არ ეკუთვნის  $A$  სიმრავლეს. ამგვარად, ჩვეულებრივი  $Y \subset X$  სიმრავლისათვის მიკუთვნების ფუნქციას შემდეგი სახე აქვს  $\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \in Y \\ 1, & x \notin Y \end{cases}$  და იღებს მნიშვნელობის სახით მხოლოდ 0 და 1-ს. ფაზი-სიმრავლეები განსხვავდებიან ჩვეულებრივი სიმრავლეებისაგან იმით, რომ უშვებენ მიკუთვნების შუალედურ ხარისხებს, მაგალითად,  $\mu_A(x) = 0,5$ .

შემდეგში ვიგულისხმებთ, რომ  $A$  ფაზი-სიმრავლე ნორმირებულია, ე.ი. არსებობს ისეთი  $x$  ელემენტი, რომ  $\mu_A(x) = 1$

თუ  $A$  და  $B$  - ორი ფაზი-სიმრავლეა, მაშინ მიკუთვნების ფუნქციები

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad (18)$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad (19)$$

$$\bar{\mu}_A(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (20)$$

განსაზღვრების თანახმად იძლევიან ფაზი-სიმრავლეებზე  $A \cup B$  გაერთიანების  $A \cap B$  თანაკვეთის და  $\bar{A}$  დამატების ოპერაციებს.

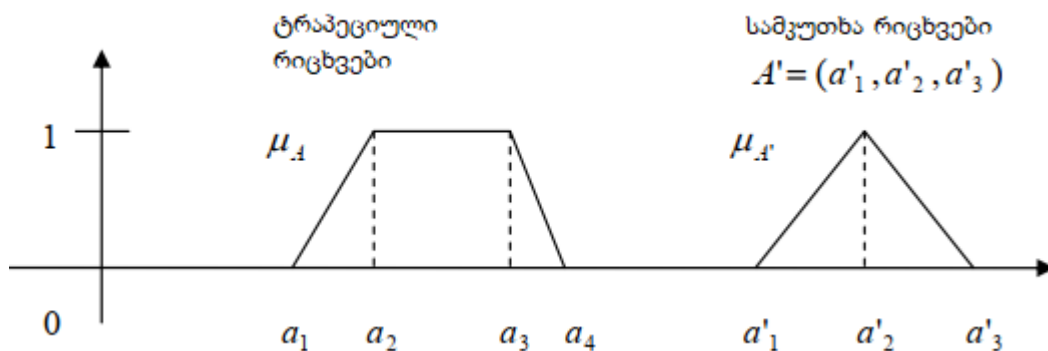
ნებისმიერი  $\alpha, 0 \leq \alpha \leq 1$  რიცხვისათვის  $A$  ფაზი სიმრავლის  $\alpha$ -კვეთით ეწოდება  $A^\alpha = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$  ქვესიმრავლე. კვეთას 1-ს ეწოდება  $A$  ფაზი-სიმრავლის ბირთვი. შევნიშნოთ, რომ ფაზი-სიმრავლე ცალსახად აღდგება თავისი კვეთების მიხედვით.

როდესაც  $X = R$  - ნამდვილ რიცხვთა სიმრავლეა საუბრობენ ფაზი-რიცხვებზე. პრაქტიკული გამოთვლებისათვის მოსახერხებელია სპეციალური სახის რიცხვებით მუშაობა: სამკუთხა და ტრაპეციული.

ტრაპეციულ რიცხვს გაჩნია მიკუთვნების ფუნქცია, რომელიც შემდეგი ფორმულითაა მოცემული:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \text{ ან } x > a_4 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x < a_2, \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3, \text{ სადაც } a_1 \leq a_2 \leq a_3 \leq a_4 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 < x \leq a_4 \end{cases} \quad (21)$$

ის ჩვეულებრივ აღინიშნება, როგორც  $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ . როდესაც  $a_2 = a_3$  მივიღებთ სამკუთხა რიცხვს (იხ. ნახ.9).



ნახ.9 ტრაპეციული და სამკუთხა რიცხვები



მიკუთვნების ფუნქცია  $\mu_A(x)$  რაოდენობრივად აფასებს  $x$  ელემენტების მიკუთვნებას ფუნდამენტურ სიმრავლე  $X$  –თან. ელემენტის ასახვა 0 მნიშვნელობაზე ნიშნავს, რომ წევრი მოცემულ ნაკრებში არ შედის; 1 აღწერს სრულად ჩართულ წევრს. მკაცრად 0-სა და 1-ს შორის მნიშვნელობები ახასიათებს ფაზი-წევრებს.

განვმარტოთ მიკუთვნების ფუნქციის ტერმინოლოგია:

*დისკურსის<sup>5</sup> სივრცე*: დისკურსის სივრცე არის ყველა შესაძლო მნიშვნელობის დიაპაზონი ფაზი-სისტემის შესატანად.

*მხარდაჭერა*: ფაზი ნაკრების  $F$  მხარდაჭერა წარმოადგენს  $U$  დისკურსის სივრცეში ყველა ისეთ წერტილთა მკაფიო სიმრავლეს, რომლებისათვისაც  $F$ -ს მიკუთვნების ფუნქცია ნულისაგან განსხვავებულია [13].

$$SuppA = \{x | \mu_A(x) > 0, \forall x \in X\}$$

*ბირთვი* : ფაზი სიმრავლის  $F$  ბირთვი არის ყველა წერტილის მკაფიო სიმრავლე  $U$  დისკურსის სივრცეში ისეთი, რომ  $F$ -ის მიკუთვნების ფუნქცია 1-ის ტოლია.

$$core A = \{x | \mu_A(x) = 1, \forall x \in X\}$$

*საზღვრები*: ფაზი სიმრავლის  $F$  საზღვრები მკაფიო სიმრავლეა  $U$  დისკურსის სივრცის ყველა ისეთი წერტილის სიმრავლის, რომელთათვისაც  $F$ -ის მიკუთვნების ფუნქცია მდებარეობს 0 – დან 1 – მდე შუალედში.

$$Boundaries A = \{x | 0 < \mu_A(x) < 1, \forall x \in X\}$$

*გადაკვეთის წერტილი*: ფაზი სიმრავლის გადაკვეთა ეს არის ელემენტი  $U$ -ში, რომელშიც მისი მიკუთვნების ფუნქცია 0,5-ის ტოლია.

*სიმაღლე*: ფაზი სიმრავლეში მიკუთვნების ფუნქციების უდიდესი მნიშვნელობა.

---

<sup>5</sup> დისკურსის ცნება გულისხმობს ცალკეულ ენობრივ მოვლენასა და კონკრეტული სიტუაციით განპირობებულ მნიშვნელობათა შორის კავშირს ანუ ენობრივი სიმბოლოებისათვის მნიშვნელობათა მინიჭებას, რომელთაც მხოლოდ, ე.წ. „კომპლექსური ენობრივი თამაშების“ ფონზე ენიჭებათ მნიშვნელობა.

$$\mu(x) = 0.5$$

ნორმალიზებული ფაზი სიმრავლე:  $(A) = 1$  სიმაღლის ფაზი სიმრავლე.

$$X : \text{finite}$$

სიმრავლის სიმძლავრე:

$$|A| = \sum_{x \in X} \mu_A(x) = \sum_{x \in \text{Supp}(A)} \mu_A$$

ფარდობითი სიმძლავრე:  $\|A\| = \frac{|A|}{|X|}$

ამოზნეილი ფაზი სიმრავლე:

$X \in R$  ფაზი სიმრავლე  $A$  არის ამოზნეილი, თუ  $\forall \lambda \in [0,1]$ -სთვის

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2))$$

### 3.2. ფაზი-სიმრავლეების ინტეგრაცია: შესაძლებლობის თეორია

იმისათვის, რომ მოვახდინოთ ალბათობის თეორიასა და შესაძლებლობის თეორიას შორის განსხვავების დემონსტრირება, მოვიყვანოთ მაგალითი ზადეს შრომიდან. ვიღაც ჰანსი საუზმეზე მიირთმევს რამდენიმე კვერცხისგან მომზადებულ ერბოკვერცხს.  $A$ -თი აღნიშნოთ იმ კვერცხების რაოდენობა, რომელსაც დილით მიირთმევს ჰანსი. ჩვენ შეგვიძლია მოვახდინოთ  $A$  -ს ინტერპრეტირება როგორც ფაზი-რიცხვი და მასთან დაკავშირებული  $\mu_A(x)$  მიკუთვნების ფუნქცია. მეორეს მხრივ შეგვიძლია  $A$  ჩავთვალოთ შემთხვევით სიდიდედ, მაშინ  $p_A(x)$  აღნიშნავს იმის ალბათობას, რომ საუზმეზე შეჭმული იქნება  $x$  კვერცხი. შესაძლებლობების და ალბათობების განაწილება ქმნის შემდეგ ცხრილს:

ცხრილი 6-დან ჩანს, რომ შესაძლებლობის მაღალი დონე არ ნიშნავს ხდომილობის მაღალ ალბათობას, მაგრამ თუ ხდომილება შეუძლებელია ის წარმოუდგენელია. მაგალითი გვიჩვენებს, რომ შესაძლებლობის თეორია უფრო უხეშად აფასებს სიტუაციას. ამიტომ, ის უფრო სტაბილურად

მუშაობს იმ შემთხვევებშიც, როდესაც მომხდარის შესახებ მცირე ინფორმაცია გვაქვს.

ცხრილი 6.

$x$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\mu_A(x)$	1	1	1	1	0,8	0,6	0,4	0,2
$p_A(x)$	0,1	0,8	0,1	0	0	0	0	0

შესაძლებლობის თეორიის ჩარჩოში თითოეულ  $E$  ხდომილებას მიესადაგება განსაზღვრული  $Pos(E)$  რიცხვი, რომელიც 0-სა და 1-ს შორის მდებარეობს - ხდომილობის შესაძლებლობა. შესაძლებლობა აკმაყოფილებს შემდეგ თვისებებს: ნებისმიერი ორი  $E_1, E_2$  ხდომილობისათვის

$$Pos(E_1 \cup E_2) = \max(Pos(E_1), Pos(E_2)) \quad (22)$$

$$Pos(E_1 \cap E_2) = \min(Pos(E_1), Pos(E_2)) \quad (23)$$

### 3.3. ფაზი მიზნები, შეზღუდვები და გადაწყვეტილებები

გადაწყვეტილების მიღების პროცესის ზოგადად მიღებულ მიდგომაში მთავარ ელემენტებს წარმოადგენენ:

- ალტერნატივების სიმრავლე;
- შეზღუდვების სიმრავლე, რომელიც გასათვალისწინებელია სხვადასხვა ალტერნატივიდან არჩევის დროს;
- უპირატესის ფუნქცია, რომელიც თითოეულ ალტერნატივას ანიჭებს მოგებას (ან წაგებას), რომელიც მიიღება ამა თუ იმ ალტერნატივის არჩევის შედეგად.

გადაწყვეტილების მიღების ამ პროცესის უფრო ზოგადი თვალსაზრისით განხილვისას უფრო ბუნებრივია სხვა ლოგიკური სქემა, რომლის ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია მიზნებისა და შეზღუდვების სიმეტრიულობა.

მართლაც, მოდით  $X = \{x\}$  იყოს მოცემული ალტერნატივების სიმრავლე. მაშინ ფაზი მიზანი, ან უბრალოდ მიზანი,  $G$  იდენტიფიცირდება

ფიქსირებული  $G$  ფაზი-სიმრავლით  $X$  – ში. მაგალითად, თუ  $X = R_1$  (ნამდვილ რიცხვთა წრფეა), ხოლო ფაზი მიზანი ასე ჩამოყალიბდება „ $x$  უნდა იყოს 10-ზე გაცილებით მეტი“, მაშინ ის შეიძლება წარმოვადგინოთ როგორც ფაზი-სიმრავლე  $R_1$ -ში შემდეგი სახის მიკუთვნების ფუნქციით<sup>6</sup>:

$$\mu_G(x) = \begin{cases} 0, & x < 10, \\ (1 + (x - 10)^{-2})^{-1}, & x \geq 10 \end{cases}$$

ანალოგიურად მიზანი „ $x$  შეიძლება იყოს 15-ის მიდამოებში“ შეიძლება შესაბამისობაში იყოს ფაზი სიმრავლესთან მიკუთვნების შემდეგი ფუნქციით:

$$\mu_G(x) = (1 + (x - 15)^4)^{-1}.$$

ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ ორივე სიმრავლე მითითებული აზრით ამოზნექილია.

ჩვეულებრივი მიდგომის პირობებში გადაწყვეტილებათა მიღების პროცესში გამოყენებული უპირატესის ფუნქცია, ემსახურება წრფივი თანმიმდევრობის დამყარებას ალტერნატივების სიმრავლეზე. ცხადია, რომ ფაზი მიზნის  $\mu_G(x)$  მიკუთვნების ფუნქცია იგივე ამოცანას ასრულებს და რა თქმა უნდა შესაძლებელია მიღებული იყოს უპირატესის ფუნქციიდან ნორმალიზების მეშვეობით, რომელიც ინარჩუნებს წრფივ თანმიმდევრობას. არსებითად, ამგვარი ნორმალიზება იწვევს სხვადასხვა მიზნების და შეზღუდვების საერთო მნიშვნელამდე დაყვანას და ამგვარად მათ ერთნაირად ექცევა. ეს ასევე წარმოადგენს მნიშვნელოვან არგუმენტს იმის სასარგებლოდ, რომ ფაზი პირობებში გადაწყვეტილების მიღების სქემაში ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი არგუმენტის სახით გამოყენებული იყოს მიზნის ცნება და არა უპირატესის ფუნქცია.

ამგვარადვე **ფაზი შეზღუდვა**, ან უბრალოდ შეზღუდვა  $C_B$   $X$  სივრცეში განისაზღვრება, როგორც რაღაც ფაზი-სიმრავლე  $X$ -ში. მაგალითად,  $X = R^1$  შემთხვევაში შეზღუდვა „ $x$  უნდა მდებარეობდეს

<sup>6</sup> [https://studme.org/34764/finansy/ispolzovanie\\_predstavleniy\\_teorii\\_nechetkih\\_mnozhestv](https://studme.org/34764/finansy/ispolzovanie_predstavleniy_teorii_nechetkih_mnozhestv)

მიახლოებით 2-10 დიაპაზონში“ შეიძლება წარმოდგენილი იყოს ფაზი-სიმრავლით, ვთქვათ, შემდეგი სახის მიკუთვნების ფუნქციით:

$$\mu_C(1 + a \times (x - 6)^m)^{-1}$$

სადაც  $a$  - დადებითი რიცხვია და  $m$  - ლუწი დადებითი რიცხვი, რომელიც ისეა შერჩეული, რომ გადმოცეს აზრი, რომელშიც უნდა გვესმოდეს „მიახლოება“ [2,10] ინტევალთან. თუ, კერძოდ, მივანიჭებთ  $m = 4$  და  $a = 5 - 4$ -ს, მაშინ წერტილებში  $x = 2$  და  $x = 10$  მიკუთვნების ფუნქცია ტოლია  $\mu_C(x) = 0,71$ , მაშინ როცა  $x = 1$  -სთვის და  $x = 11$   $\mu_C(x) = 0,5$ , ხოლო  $x = 0$  -ს და  $x = 12$  -  $\mu_C(x) = 0,32$ .

მოყვანილი განსაზღვრებების მნიშვნელოვან ასპექტს წარმოადგენს ის, რომ მიზანიც, შეზღუდვაც განიხილება როგორც ალტერნატივების სივრცეში ფაზი-სიმრავლეები - ეს იძლევა იმის საშუალებას, რომ არ განვასხვავოთ ისინი გადაწყვეტილებების ფორმირებისას. მის საწინააღმდეგოდ ტრადიციული მიდგომისას გადაწყვეტილებების მიღების მიმართ შეზღუდვათა სიმრავლე ითვლება ფაზი სიმრავლედ  $X$  სივრცეში, მაშინ როცა უპირატესის ფუნქცია წარმოადგენს გადასვლის ფუნქციას  $X$ -დან რაიმე სხვა სივრცეში. მაგრამ ამ შემთხვევაშიც კი ცხადია რაღაც შინაგანი მსგავსება არსებობს უპირატესის ფუნქციებსა და შეზღუდვებს შორის. ეს მსგავსება (სინამდვილეში იგივეობა) სრულიად ბუნებრივი ხდება მოცემული ფორმულირების დროს.

მართლაც, თუ დავუშვებთ, რომ მაგალითად  $G$  ფაზი მიზანი და  $C$  ფაზი შეზღუდვები ერთმანეთთან შეერთებულია „და“ კავშირით, რომელიც შეესაბამება ფაზი-სიმრავლეების თანაკვეთას, ეს ნიშნავს, რომ, განხილულ მაგალითში  $G$  ფაზი მიზნების და  $C$  ფაზი შეზღუდვების გავლენათა ერთობლიობა ალტერნატივათა არჩევანზე შეიძლება წარმოდგენილი იყოს  $G \cap C$  თანაკვეთით. თანაკვეთისათვის მიკუთვნების ფუნქცია მოიცემა შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$\mu_{G \cap C}(x) = \mu_G(x) \wedge \mu_C(x)$$

ანუ გაშლილი სახით

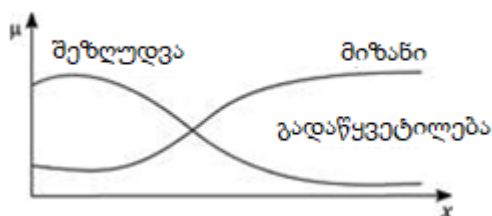
$$\mu_{G \cap C}(x) = \begin{cases} \min((1 + (x - 10)^{-2})^{-1}, (1 + (x - 15)^4)^{-1}) & , x \geq 10 \text{ სთვის} \\ 0 & , x < 10 - \text{სთვის.} \end{cases}$$

ახლა მივუბრუნდეთ „გადაწყვეტილების“ ცნებას. ინტუიციურად ცხადია, რომ გადაწყვეტილება - ეს არის არსებული ალტერნატივებიდან ერთი ან რამდენიმეს არჩევა. წინა მაგალითი გვიჩვენებს, რომ ფაზი გადაწყვეტილება, ან უბრალოდ გადაწყვეტილება, უნდა განისაზღვროს როგორც ალტერნატივების სივრცეში ფაზი-სიმრავლე, რომელიც მიიღება მოცემული მიზნების და შეზღუდვების თანაკვეთით. შემდეგი განსაზღვრება აზუსტებს მოცემულ ფორმულირებას.

ვთქვათ  $X$  ალტერნატივების სივრცეში მოცემულია  $G$  ფაზი მიზანი და  $C$  ფაზი შეზღუდვა. მაშინ  $D$  ფაზი-სიმრავლეს, რომელიც მიიღება  $G$  და  $C$  -ს თანაკვეთით ეწოდება გადაწყვეტილება. სიმბოლურად ეს ასე ჩაიწერება:

$$D = G \cap C$$

და შესაბამისად  $\mu_D(x) = \mu_G \wedge \mu_C$  .  $G$  და  $C$ -ს შორის ურთიერთდამოკიდებულება ნაჩვენებია ნახ.10-ზე



ნახ.10. მიზნის და შეზღუდვის ურთიერთდამოკიდებულება.

ზოგად შემთხვევაში, თუ გვაქვს  $n$  მიზანი და  $m$  შეზღუდვა, მაშინ საბოლოო გადაწყვეტილება განისაზღვრება ყველა მოცემული მიზნის და შეზღუდვის თანაკვეთით:

$$D = G_1 \cap G_2 \cap \dots \cap G_n \cap C_1 \cap C_2 \cap \dots \cap C_m$$

და შესაბამისად

$$\mu_D = \mu_{G_1} \wedge \mu_{G_2} \wedge \dots \wedge \mu_{G_n} \wedge \mu_{C_1} \wedge \mu_{C_2} \wedge \dots \wedge \mu_{C_m}$$

ფაზი გადაწყვეტილების განსაზღვრებაში მიზნები და შეზღუდვები  $D$ -ს გამოსახულებაში ერთნაირად შედიან, რაც ადასტურებს მიზნების და შეზღუდვების იგივეობების შესახებ მტკიცებას ადრე ჩამოყალიბებული ფაზი პირობებში გადაწყვეტილებების მიღების პროცესის ლოგიკურ სქემაში.

მაგრამ უნდა გავითვალისწინოთ ის ფაქტი, რომ გადაწყვეტილების როგორც მიზნების და შეზღუდვების თანაკვეთა შეესაბამება „და“ კავშირს მყარი აზრით. თუ „და“ კავშირის ინტერპრეტაციის საკითხი ღია რჩება, მაშინ უნდა ვიგულისხმოთ, რომ გადაწყვეტილება რომელიც გაგებულია, როგორც ფაზი სიმრავლე, წარმოადგენს მიზნებისა და შეზღუდვების შერწყმას. ამ შემთხვევაში „შერწყმა“ იქნეს “თანაკვეთის“ ან „ალგებრული ნამრავლის“ აზრს „და“ კავშირის ინტერპრეტაციაზე დამოკიდებულებით, გარდა ამისა, მას შეიძლება მივაწეროთ სხვა კონკრეტული მნიშვნელობა, თუ წარმოიშობა „და“ კავშირის რაიმე სპეციალური ინტერპრეტაციის აუცილებლობა. ამგვარად, გადაწყვეტილების განზოგადოებული განსაზღვრების ფორმულირება ასეა შესაძლებელი:

გადაწყვეტილება = მიზნების და შეზღუდვების შერწყმა.

ილუსტრაციის სახით შეიძლება მოვიყვანოთ მარტივი მაგალითი. რომელშიც  $X = \{1,2, \dots, 10\}$ , ხოლო  $G_1, G_2, C_1$  და  $C_2$  განისაზღვრება ცხრილით (7). კონუქციის შექმნით მივიღებთ მნიშვნელობათა ცხრილს  $\mu_D(x)$  -სთვის (ცხრილი 8).

ცხრილი 7.  $G_1, G_2$  და  $C_1, C_2$  მნიშვნელობები

$x$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{C1}$	0	0,1	0,4	0,8	1,0	0,7	0,4	0,2	0	0
$\wedge G_2$	0,1	0,6	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0	0
	0,3	0,6	0,9	1,0	0,8	0,7	0,5	0,3	0,2	0,1

ცხრილი 8. მნიშვნელობები  $\mu_D(x)$  -სთვის

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,1	0,4	0,7	0,8	0,6	0,4	0,2	0	0

ამ შემთხვევაში გადაწყვეტილება არის არაკმკაფიო სიმრავლე

$$D = \{(2; 0,1), (3; 0,4), (4; 0,7), (5; 0,8), (6; 0,6), (7; 0,4), (8; 0,2)\}.$$

### 3.3.1 NPV-ს გამოთვლა ფაზიდ მოცემული გადახდების ნაკადისას

ახლა განვიხილოთ ინვესტიციების ფინანსური მრავალკრიტერიუმისანი ოპტიმიზაციის მეთოდის მოქმედება განუზღვრელობის პირობებში ფაზი სიმრავლეების მეთოდების გამოყენებით.

დაგემილი ინვესტიციების ფინანსური კუთხით შეფასებისათვის მიღებულია ეფექტურობის პარამეტრების გამოყენება. ყველაზე ხშირად გამოიყენება შემდეგი მაჩვენებლები: წმინდა მიმდინარე ღირებულება  $NPV$ , რენტაბელობის შიგა ნორმა  $IRR$ , კაპიტალური დაბანდების გამოსყიდვის ვადა  $PP$ , პროექტის შემოსავლიანობა  $PI$ , წაუგებლობის წერტილი.

მოთოდის გამარტივებული ვარიანტი ფორმულირდება იმის დაშვებით, რომ პროექტის შემოსავლიანობა ხასიათდება მხოლოდ  $NPV$  პარამეტრით. უკანასკნელი, როგორც წესი, სავსებით გამართლებულია რეალური პრაქტიკისათვის, რამდენადაც მიზანშეწონილია მხოლოდ იმ პროექტების ოპტიმიზაცია, რომლებიც უკვე შერჩეულია  $IRR$ ,  $PP$ ,  $PI$  კრიტერიუმებით.

ამგვარად, საუბარი მიდის იმ პროექტების ოპტიმიზაციაზე, რომლებიც აკმაყოფილებენ ინვესტორების და პროექტის ინიციატორების ჩარჩო



პირობებს და მოითხოვენ დროში ოპტიმალური ფულადი ნაკადების განსაზღვრას, რომელიც პროექტის *NPV*-ს მაქსიმალურად ზრდის ფინანსურ რისკებთან დაკავშირებული შეზღუდვებისას.

წმინდა მიმდინარე ღირებულება *NPV* წარმოადგენს დროის ერთ მომენტში (როგორც წესი, პროექტის დაწყების წლისთვის) დისკონტირებული შემოსავლიანობასა და კაპიტალდაბანდებას შორის სხვაობას. შემოსავლების და კაპიტალური დაბანდების ნაკადები ჩვეულებრივ წარმოიდგინება ერთიანი ნაკადის სახით - გადახდების წმინდა ნაკადი (*cash flow*), რომელიც ტოლია მიმდინარე შემოსავლებისა და ხარჯების სხვაობისა.

დისკონტირების მოცემული ნორმის პირობებში წმინდა მიმდინარე ღირებულების ფორმულა შეიძლება წარმოვადგინოთ შემდეგი სახით:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+d)^t} - \sum_{t=0}^{t_c} \frac{KV_t}{(1+d)^t} \quad (24)$$

სადაც, *d*- დისკონტირების განაკვეთია; *t<sub>n</sub>* - პროდუქციის წარმოების დაწყების წელი; *t<sub>c</sub>* - პროექტის მიხედვით წარმოების დამთავრების და პროდუქციის გამოშვების წელი; *KV<sub>t</sub>* - საინვესტიციო ხარჯები (კაპიტალური დაბანდებები) *t* წელიწადში; *P<sub>t</sub>* - *t* წელში შემოსავლების წმინდა ნაკადი; *T* - პროექტის რეალიზაციის დრო წლებში.

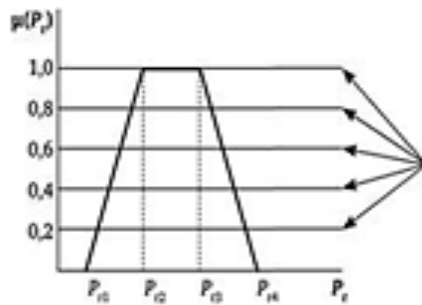
ჩვეულებრივ *NPV*-ს შეფასება ხდება დისკონტის განაკვეთის *d*-ს მოცემით, რომელიც ტოლია რისკის იგივე დონისას კაპიტალის სხვა ალტერნატიულ პროექტებში და ფასიან ქალაქებში მოგების ნორმისა.

დღეს *NPV*-ს, *IRR*-ს და სხვა კრიტერიუმების გამოთვლისადმი ტრადიციული მიდგომა ექვემდებარება დამსახურებულ კრიტიკას იმის გათვალისწინებით, რომ მომავალი შემოსავლის ღირებულებები *P<sub>t</sub>*, დანახარჯები *KV<sub>t</sub>* და საპროცენტო განაკვეთი *d* წარმოადგენს საკმაოდ განუსაზღვრელ სიდიდეებს. ამასთან, აღინიშნა, რომ განუზღვრელობა, არ შეიძლება ადეკვატურად აღიწეროს თეორიულ-ალბათური ტერმინებით.

რეალურ სიტუაციებში ინვესტორს ან მის მიერ მოწვეულ ექსპერტს, შეუძლია დამაჯერებლად მიუთითოს მხოლოდ ინტერვალზე, რომელთა

საზღვრებს შიგნითაც შეიძლება იყოს  $P_t$ ,  $KV_t$  და  $d$ -ს ყველაზე მოსალოდნელი მნიშვნელობები. ამის შედეგად წარმოიშობა პროექტის ფინანსური მაჩვენებლების გაანგარიშების ადეკვატური მეთოდის შემუშავების პრობლემა ასეთი სახის განუზღვრელობის პირობებში, რომელსაც გააჩნია უფრო ხშირად სუბიექტური ბუნება (რაც ახასიათებს ჰუმანისტურ სისტემებს).

განხილული მეთოდის ჩარჩოებში, რომელიც ეყრდნობა ფაზი-სიმრავლეების აპარატს ტრადიციული თეორიულ-ალბათური მეთოდების განზოგადებას და ოპერირების მიმართ კონცეპტუალურად ახალი მიდგომის აღმოცენებას განუზღვრელობის პირობებში, განუზღვრელი პარამეტრების მნიშვნელობები მოიცემა ფაზი ინტერვალების სახით (ნახ. 11)



ნახ.11. საწყისი მონაცემების ფაზი-ინტერვალური ფორმა.

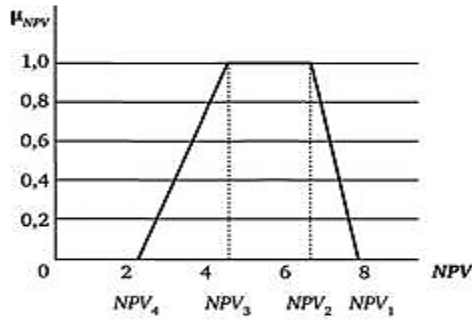
პრაქტიკაში ექსპერტები იძლევიან ქვედა  $P_{t1}$  (პესიმისტური შეფასება) და ზედა -  $P_{t4}$  (ოპტიმისტური შეფასება) ინტერვალის საზღვრებს და გასაანალიზებელი პარამეტრების ყველაზე მოსალოდნელ (შესაძლებელ) მნიშვნელობათა  $[P_{t2}, P_{t3}]$  ინტერვალს.  $p(Pr)$  ფუნქციის ინტერპრეტაცია ხდება როგორც პარამეტრის მნიშვნელობის ინტერვალთან მიკუთვნების ხარისხი (განხილულ შემთხვევაში  $[P_{t1}, P_{t4}]$  და უწყვეტად იცვლება 0-დან (ინტერვალის გარე არედან) მაქსიმალურ მნიშვნელობამდე, რომელიც 1-ის ტოლი, ყველაზე შესაძლო მნიშვნელობათა არეში.

ფაზი-პარამეტრებით ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელების მიხედვით გამოთვლების მხარდასაჭერად შემუშავებული იყო სპეციალური

პროგრამული უზრუნველყოფა C++ ენაზე ობიექტზე ორიენტირებული დაპროგრამების ტექნიკის გამოყენებით, რომელიც საშუალებას იძლევა პარამეტრების საწყისი ფაზი ინტერვალების მიცემის შემდეგ (მაგალითად ტრაპეციული ინტერვალების ოთხრეპერიანი ფორმით) შემდგომში მოვახდინოთ მათი საშუალებით ოპერირება, როგორც მკაფიო პარამეტრებით ჩვეულებრივი მათემატიკის წესების შესაბამისად. მაგალითად, გვაქვს ორი ფაზი ინტერვალი  $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$  და  $B = \{B_1, B_2, B_3, B_4\}$ , რომლებიც უნდა შევკრიბოთ. ცხადია, რომ შედეგი იქნება ასევე ფაზი ინტერვალი C, რომლის პარამეტრები  $\{C_1, C_2, C_3, C_4\}$  მოიძებნება ინტერვალური მათემატიკის სპეციალური წესებით, რომელიც მოითხოვს (განსაკუთრებით ინტერვალების გაყოფისათვის) საკმაოდ დიდ გამოთვლებს. შემუშავებული პროგრამული უზრუნველყოფა საშუალებას იძლევა ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელის შემუშავებისას ფაზი ინტერვალებზე მათემატიკური ოპერაციები წარმოვადგინოთ ჩვეულებრივი  $C = A + B, C = A/B$  და ა.შ. სახით.

განუზღვრელობის პირობებში საინვესტიციო პროექტირებაში ფინანსურ-ეკონომიკურ ანალიზისათვის შემუშავებული მეთოდების და პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენება ცხადყოფს მათ საკმაო უნივერსალურ ხასიათს და შესაძლებლობას გამოყენებული იქნას პრაქტიკულად ნებისმიერი ტიპის ეკონომიკურ-მათემატიკური მოდელისათვის.

ფაზი-ინტერვალური გამოთვლების ტექნიკა დაფუძნებულია საწყისი ფაზი-ინტერვალების ეგრეთ წოდებულ  $a$ -დონეებად დაყოფაზე (იხ ნახ. 10) ე.ი. მიკუთვნების ხარისხის ერთი და იგივე მნიშვნელობის მკაფიო ინტერვალებად მკაფიო-ინტერვალური გამოთვლების ტექნიკის შემდგომი გამოყენებით და  $a$ -დონის ინტერვალში მიღებული გაანგარიშებით საბოლოო ფაზი ინტერვალების აღდგენით. მოცემული მეთოდის საილუსტრაციოდ შეიძლება მოვიყვანოთ  $NPV$  -ს გამოთვლის კონკრეტული მაგალითი საწყისი მონაცემების ფაზი-ინტერვალური მოცემის დროს (ნახ. 12).



ნახ.11 NPV-ს საბოლოო ინტერვალი

განვიხილოთ შემდეგი მოდელური სიტუაცია. ვთქვათ გვაქვს საინვესტიციო პროექტი, რომელის ექსპლუატაციის ვადა გრძელდება ორი წელი თითოეული წლისათვის  $KV_0$  და  $KV_1$  ინვესტიციებით შესაბამისად. პროექტიდან მოგება მიიღება დაწყებისთანავე და მთავრდება ორი წლის შემდეგ ( $P_2$  და  $P_3$ ). სასესხო საპროცენტო განაკვეთი რჩება მუდმივი მთელი საინვესტიციო ციკლის დროს. შესაბამისი საწყისი ფაზი ინტერვალები თავიანთი რეპერული წერტილებით მოიცემა შემდეგნაირად:

$KV_0$	2,00	2,80	3,50	4,00	$P_0$	0,00	0,00	0,00	0,00
$KV_1$	0,00	0,88	1,50	2,00	$P_1$	0,00	0,00	0,00	0,00
$KV_2$	0,00	0,00	0,00	0,00	$P_2$	6,50	7,50	8,00	8,50
$KV_3$	0,00	0,00	0,00	0,00	$P_3$	5,50	6,50	7,00	7,50

პროექტის ყველა წლისათვის სასესხო საპროცენტო განაკვეთი მოიცემა ერთი და იგივე ინტერვალით  $d = \{0,08; 0,13; 0,22; 0,35\}$ .

როგორც ნახ. 11-დან ჩანს გამოთვლის შედეგი წარმოადგენს ასევე ფაზი ინტერვალს  $NPV = \{2,2; 4,5; 6,8; 7,9\}$ .

მიღებული ფაზი *NPV* ინტერვალი საშუალებას იძლევა შევაფასოთ პროგნოზირებადი წმინდა მიმდინარე ღირებულება, მისი ყველაზე შესაძლო მნიშვნელობები და ასევე შევაფასოთ ინვესტიციის რისკის ხარისხი.

### 3.4 . ფაზი-ლოგიკა

ფაზი-ლოგიკა - ეს არის ჩვეულებრივი (ბული) ლოგიკის ქვესიმრავლე, რომელიც გაფართოებული იქნა ნაწილობრივი ჭეშმარიტების კონცეფციის დასამუშავებლად - ჭეშმარიტების, რომელიც მდებარეობს „სრულიად ჭეშმარიტის“ და „სრულად ყალბს“ შორის. როგორც მისი სახელიდან ჩანს, ლოგიკა, რომელიც საფუძვლად უდევს განსჯის ხერხებს უფრო მიახლოებითია ვიდრე ზუსტი. ფაზი-ლოგიკის მნიშვნელობა გამომდინარეობს იქიდან, რომ ადამიანის მსჯელობის და, განსაკუთრებით, საღი აზროვნების ხერხების უმეტესობა თავისი ბუნებით მიახლოებითი ხასიათისაა.

ფაზი-ლოგიკის ძირითადი მახასიათებლები შემდეგია:

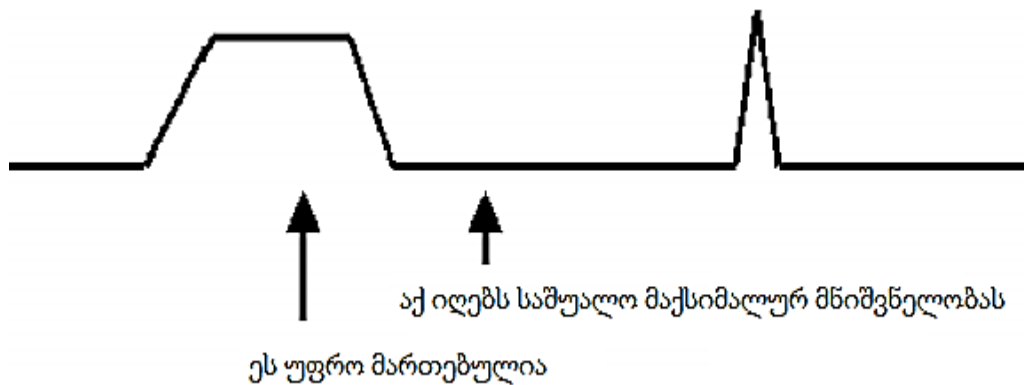
1. ფაზი-ლოგიკაში ზუსტი მსჯელობა განიხილება, როგორც სავარაუდო მსჯელობის შემზღუდველი შემთხვევა.
2. ფაზი-ლოგიკაში ყველაფერი ხარისხზეა დამოკიდებული.
3. ნებისმიერი ლოგიკური სისტემის ფაზიფიცირებაა შესაძლებელი.
4. ფაზი-ლოგიკაში ცოდნა განიმარტება, როგორც ცვლადების ფაზი შეზღუდვების ნაკრები.
5. დასკვნა განიხილება, როგორც ელასტიური შეზღუდვების გავრცელების პროცესი.

### 3.5. დეფაზიფიკაცია

განვიხილოთ რამდენიმე მეთოდი, რომლებიც ფაზი-სიმრავლეს აქცევს ერთ მკაფიო მნიშვნელობად. ეს ჩვეულებრივ ხდება ფაზი-გადაწყვეტილების მიღების შემდეგ და ფაზი-შედეგი გამოყენებული უნდა იქნას რეალურ სამყაროში. მაგალითად, თუ საბოლოო ფაზი-გადაწყვეტილება იყო თერმოსტატის ტემპერატურის პარამეტრის "ოდნავ მაღალით" შეცვლა, მაშინ

საჭირო იქნებოდა ამ "ოდნავ მაღალი" ფაზი მნიშვნელობის "საუკეთესო" მკაფიო მნიშვნელობად გადასაყვანად რეალურად გადაადგილდეს თერმოსტატის პარამეტრი რეალური სიდიდით. მეთოდები შემდეგია:

1. მაქსიმალური დეფაზიფიკაცია პოულობს ფაზი სიმრავლეების მაქსიმუმის მნიშვნელობებიდან საშუალო მნიშვნელობას, დეფაზიფიკაციის მნიშვნელობის სახით. გასათვალისწინებელია ის, რომ ეს ყოველთვის არ მუშაობს კარგად, რადგან აქ შეიძლება იყოს  $x$  შუალედი, სადაც  $y$ -ის მნიშვნელობა არის მუდმივი მაქსიმალური მნიშვნელობით და სხვა ადგილები, სადაც მაქსიმალური მნიშვნელობა მიიღწევა მხოლოდ ერთი  $x$  მნიშვნელობისათვის. როდესაც ეს ხდება, ერთი მნიშვნელობა იძენს ძალიან დიდ როლს დეფაზირებულ მნიშვნელობაში.



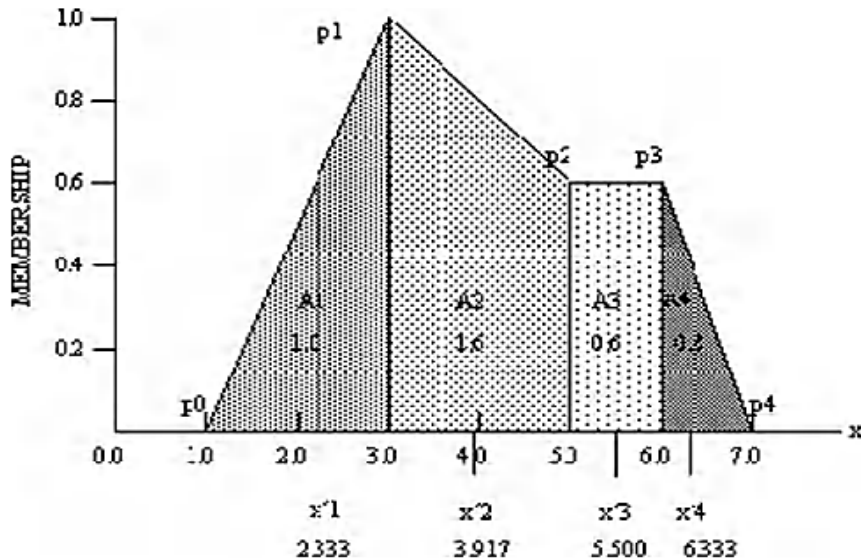
წყარო: Lee Ch. Lee A., Lee Jh. Handbook of Quantitative Finance and Risk Management, Springer, 2010

2. მომენტი ახდენს ფაზი-სიმრავლის დეფაზიფიკაციას, აბრუნებს რამცურავ წერტილს (ორმაგი მნიშვნელობა), რომელიც წარმოადგენს ფაზი სიმრავლეს. იგი ითვლის  $y$  ღერძის გარშემო არსებული ფაზი სიმრავლის ფართობის პირველ მომენტს. სიმრავლე იყოფა სხვადასხვა ფორმებად, ვერტიკალურად დაყოფის გზით სიმრავლის თითოეულ წერტილში, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მართკუთხედები, სამკუთხედები და ტრაპეციები. სიმბოლის ცენტრი (მომენტი) და თითოეული ქვედანაყოფის ფართობი გამოითვლება თითოეული ფორმის შესაბამისი ფორმულის გამოყენებით. მაშინ მთლიანი სიმრავლის ფართობის პირველი მომენტი იქნება შემდეგი:

[13]

$$x' = \frac{\sum_{i=1}^x x'_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^x A_i}$$

სადაც,  $x'_i$  არის ლოკალური სიმძიმის ცენტრი,  $A_i$  არის  $(p_{i-1}, p_i)$  მონაკვეთის ქვეშ არსებული ფორმის ლოკალური არე და  $n$  არის წერტილების საერთო რაოდენობა. მაგალითად,



წყარო: Lee Ch. Lee A., Lee Jh. Handbook of Quantitative Finance and Risk Management, Springer, 2010

ზემოთ მოცემულ დიაგრამაზე თითოეული დამტრიხული ქვედანაყოფისთვის, ფართობი და სიმძიმის ცენტრი გამოითვლება გამოვლენილი ფორმის (მაგ. სამკუთხედის, მართკუთხედის ან ტრაპეციის) შესაბამისად. შემდეგ განისაზღვრება მთელი სიმრავლის სიმძიმის ცენტრი:

$$x' = (2.33 \cdot 1.0 + 3.917 \cdot 1.6 + 5.5 \cdot 0.6 + 6.333 \cdot 0.3) / (1.0 + 1.3 + 0.6 + 0.3) = 3.943..$$

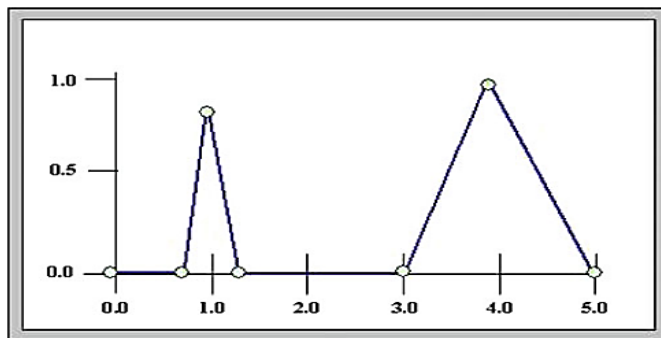
3. არის ცენტრის (COA) დეფაზიფიკაცია, იგი პოულობს  $x$  - ის ისეთ მნიშვნელობას, რომ ფაზი სიმრავლის ქვეშ არსებული ფართობის ნახევარი  $x$  მნიშვნელობის ორივე მხარეს მდებარეობდეს. ზემოთ მოცემულ შემთხვევაში (ამ მომენტში დეფაზიფიკაციის ნაწილი) მთლიანი ფართობი ფაზი სიმრავლის ქვეშ არის  $3.5(1.0 + 1.6 + 0.6 + 0.3)$ . ჩვენ გვსურს ვიპოვოთ  $x$  ის მნიშვნელობა, სადაც მარცხენა და მარჯვენა ფართობს ექნება 1.75

მნიშვნელობები. ეს ხდება იქ, სადაც  $x = 3,8167$ . უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ზოგადად, მომენტის და ცენტრის შედეგების დეფაზიფიკაცია და არეს დეფაზიფიკაცია არ არის ერთი და იგივე. ასევე გასათვალისწინებელია, რომ ზოგიერთ შემთხვევაში ტერიტორიის ცენტრი შეიძლება დაკმაყოფილებული იყოს ერთზე მეტი მნიშვნელობით. მაგალითად, ფაზი სიმრავლისათვის, რომელიც განსაზღვრულია შემდეგი წერტილებით:

(5,0) (6,1) (7,0) (15,0) (17,0)

COA შეიძლება იყოს ნებისმიერი მნიშვნელობა 7.0 – დან 15.0 – მდე, ვინაიდან ორი იდენტური სამკუთხედი  $x = 6$  და  $x = 16$  ცენტრებით განლაგებულია 7.0-დან და 15.0-დან ორივე მხარეს. ამ შემთხვევაში ჩვენ დავუბრუნებთ მნიშვნელობას 11.0 (ზოგადად ვცდილობთ იპოვოთ  $x$ -ის შესაძლო საშუალო მნიშვნელობები).

4. დეფაზიფიკაციის შეწონილი საშუალო მნიშვნელობა მოიძებნება საშუალოშეწონილი მნიშვნელობების  $x$  წერტილების მნიშვნელობებიდან, რომლებიც განსაზღვრავენ ფაზი სიმრავლის წერტილების მიკუთვნების მნიშვნელობებს წონების გამოყენებით. ეს მნიშვნელობები ბრუნდებიან როგორც დეფაზიფიკაციის მნიშვნელობები. მაგალითად, თუ გვაქვს შემდეგი ფაზი-სიმრავლის განმარტება:



მაშინ, მოცემული ფაზი წერტილების საშუალო შეწონილი მნიშვნელობა იქნება:

$$(1.0 * 0.9 + 4.0 * 1.0) / (0.9 + 1.0) = 2.579$$

ეს მხოლოდ გარკვეულწილადაა გამოსადეგი, რამდენადაც მნიშვნელობა 1.0 ძალიან დიდ გავლენას ახდენს დეფაზიფიკაციის შედეგზე. მომენტების დეფაზიფიკაცია, ალბათ, ყველაზე გამოსადეგი ამ შემთხვევაში.



ამასთან, შემთხვევა, როდესაც დეფაზიფიკაციის მეთოდი ძალიან გამოსადეგია, არის ის, როდესაც ფაზი სიმრავლე სინამდვილეში წარმოადგენს ერთელემენტიანი მნიშვნელობების სერიას. შესაძლოა, წესების ერთობლიობა იყოს ისეთი ტიპის (პირველი რიგის) ფორმატით, როგორცაა:

$$\text{თუ } x \text{ არის } A \text{ და } y \text{ არის } B \text{ მაშინ } c = k$$

სადაც  $x$  და  $y$  ფაზი-ცვლადებია ხოლო  $k$  - მუდმივია, რომელიც წარმოდგენილია ერთელემენტიანი ფაზი-სიმრავლით.

გასათვალისწინებელია, რომ არც მაქსიმალური დეფაზიფიკაცია და არც მომენტების დეფაზიფიკაცია არ მოგვცემს ამ სიტუაციაში გამოსადეგ შედეგს. მაქსიმალური ვერსია გამოიყენებს წერტილებიდან მხოლოდ 1 (მაქსიმუმი), რაც იძლევა შედეგს 2.0 (ამ წერტილის  $x$  მნიშვნელობა), ხოლო მომენტის ვერსია ვერ იპოვის რაიმე არეს სამუშაოდ და წარმოქმნის გამონაკლისს.

დეფაზიფიკაციის პროცესის შემდეგი ნაბიჯი არის ფაზი-გადაწყვეტილების მიღება. ფაზი-გადაწყვეტილება - ეს არის ფაზი-გარემოში გადაწყვეტილების მიღების მოდელი; მიზნობრივი ფუნქცია და შეზღუდვები ხასიათდება, როგორც მათი მიკუთვნების ფუნქციები, რომელიც წარმოადგენს ფაზი-შეზღუდვების და ფაზი მიზნობრივი ფუნქციის თანაკვეთას. ფაზი-გადაწყვეტილების მიღების მეთოდი შედგება სამი ძირითადი ეტაპისგან:

1. გადაწყვეტილების პრობლემის წარმოდგენა: მეთოდი შედგება სამი აქტივობისგან. (1) გადაწყვეტილების მიზნისა და გადაწყვეტილების ალტერნატივების ერთობლიობა. (2) გადაწყვეტილების კრიტერიუმების ერთობლიობის დადგენა. (3) განსახილველი საკითხის იერარქიული სტრუქტურის შექმნა.

2. ალტერნატიული გადაწყვეტილების შეფასება ფაზი სიმრავლის მეშვეობით: ნაბიჯები შედგება სამი მოქმედებისაგან. (1) უპირატესობის შეფასების სიმრავლის არჩევა გადაწყვეტილების უპირატესობის შეფასების

წონის მიხედვით, ლინგვისტური ცვლადის და სამკუთხა ფაზი რიცხვის ჩათვლით. (2) კრიტერიუმების მნიშვნელობის წონებისა და გადაწყვეტილების ალტერნატიულობის მიზანშეწონილობის შეფასება. (3) გადაწყვეტილების კრიტერიუმების წონების აგრეგირება.

3. ოპტიმალური ალტერნატივის არჩევა: ეს ნაბიჯი ორ მოქმედებას მოიცავს: (1) გადაწყვეტილების ალტერნატივების პრიორიტეტიზაცია აგრეგირებული შეფასებების გამოყენებით. (2) გადაწყვეტილების ალტერნატივის არჩევა, როგორც ოპტიმალური გადაწყვეტილება უმაღლესი პრიორიტეტით.

### 3.6. ფაზი-რეგრესია

ტრადიციული რეგრესია ემყარება დაშვებას, რომ განუზღვრელობა განპირობებულია ცვლადების შემთხვევითობით, მაგრამ ფაზი-რეგრესია ვარაუდობს, რომ განუზღვრელობა დაკავშირებულია მიკუთვნების ხარისხთან. რეგრესიის ჩვეულებრივი ტექნიკა მხოლოდ მოქმედებს მკაფიო შემოწმებული მონაცემებით, მაგრამ ფაზი-რეგრესიის მოდელს შეუძლია სუბიექტური და ფაზი მონაცემების შეფასება. ამ ნაწილში ჩვენ გთავაზობთ ფაზი-რეგრესიის ტექნიკის გამოყენებას ფინანსური პრობლემებისათვის. ფინანსური ლიტერატურაში ზოგჯერ ფაზი-რიცხვები გამოყენება საპროცენტო განაკვეთის განუზღვრელობის მოდელირებისთვის, მაგრამ მათში არ არის განმარტებული, თუ როგორ ხდება ამ განაკვეთების რაოდენობრივი განსაზღვრა ფაზი-რიცხვებით. სანჩესის და გომესის სტატიები (2003 ა, ბ, 2004) ეხებოდა ფაზი რეგრესიის თემას (FR) და საპროცენტო განაკვეთების დროით სტრუქტურას (TSIR). თანაკას და სხვა მისი მიმდევრების (1982), რეგრესიის მოდელებში ფაზი-კომპონენტებს წარმოადგენდნენ სამკუთხა ფაზი რიცხვები (TFN). ძირითადი იდეა მდგომარეობს მოდელის ფაზურობის შემცირებაში ფაზი-კოეფიციენტების სრული მხარდაჭერის შემცირების გზით, მოცემული ყველა მონაცემების ჩათვლით. სანჩესის და გომესის მეთოდოლოგიის ძირითადი კომპონენტები მოიცავს დისკონტირების ფუნქციის აგებას სპლაინების წრფივი

კომბინაციიდან, რომელთა კოეფიციენტები  $TFN$ -ებად ითვლება და ფიქსირებული აქტივების შემოსავლის მინიმალურ და მაქსიმალურ შეთანხმებულ ფასზე დამოკიდებული ცვლადი ფაზურობაზე დაკვირვებისათვის გამოიყენება.

რეგრესიის ანალიზის ჩვეულებრივი შესწავლა ემყარება კონცეფციას იმის შესახებ, რომ დაკვირვებადი მონაცემების განუზღვრელობა წარმოიშობა შემთხვევითობის თვისებიდან. აქ განვიხილავთ ორივე შემთხვევას, როგორც შემთხვევითობის თვისებას ისე ფაზი აღქმას, ფაზი შემთხვევითი სიდიდეების გამოყენებით რეგრესიის მოდელის შესაქმნელად. ჩვენ განვსაზღვრავთ შედეგს, როგორც ფაზი შემთხვევით ცვლადს და ამ მოდელს ვუწოდებთ ფაზი რეგრესიის მოდელს. ფაზი რეგრესიის მოდელი გამოიყენება ფაზი გარემოში დამოკიდებულ და დამოუკიდებელ ცვლადებს შორის ფუნქციური კავშირის შეფასებისას. ყველაზე ბუნდოვანი რეგრესიის მოდელები მიიჩნევა ფაზი გამომავალ მონაცემებად და პარამეტრებად, მაგრამ არაფაზურ (მკაფიო) შემავალ მონაცემებად. ზოგადად, ფაზი რეგრესიის მოდელების ანალიზში არსებობს ორი მიდგომა: წრფივ დაპროგრამებაზე დაფუძნებული მეთოდები და ფაზი მინიმალური კვადრატების მეთოდები. 1992 წელს, საკავამ და იანომ განიხილეს ფაზი წრფივი რეგრესიის მოდელები ფაზი გამომავალი მონაცემებით, ფაზი პარამეტრებით და ფაზი გამომავალი მონაცემებით. მათ ჩამოაყალიბეს პროგრამირების მულტიობიექტური მეთოდები მოდელის შეფასებისთვის, წრფივ დაპროგრამებაზე დაფუძნებულ მიდგომასთან ერთად.

ფაზი წრფივი რეგრესიის საფუძვლებს წარმოადგენს სტანდარტული (კლასიკური) ფორმის წრფივი რეგრესიები, რომლებსაც შემდეგი სახე აქვს:

$$y_i = \beta_0 + \beta_i x_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (25)$$

სადაც, დამოკიდებული (საპასუხო) ცვლადი,  $y_i$ , დამოუკიდებელი (განმარტებითი) ცვლადები,  $x_i$  და კოეფიციენტები (პარამეტრები)  $\beta_i$  - მკაფიო მნიშვნელობებია, ხოლო  $\varepsilon_i$  - შემთხვევითი შეცდომის მკაფიო წევრია  $E(\varepsilon_i) =$

0-ით. დისპერსიით  $\sigma^2(\varepsilon_i) = \sigma^2$ , და  $\sigma(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0, \forall i, j, i \neq j$  კოვარიაციით.

მიუხედავად იმისა, რომ სტატისტიკურ რეგრესიას მრავალი გამოყენება აქვს, პრობლემები შეიძლება წარმოიშვას შემდეგ სიტუაციებში:

1. განაწილების დაშვებების გადამოწმების სირთულეები;
2. დაკვირვების რაოდენობა არასაკმარისობა (მონაცემთა მცირე სიმრავლე);
3. მოვლენების ან მათი წარმოშობის ხარისხის განუზღვრელობა;
4. შემავალ და გამომავალ ცვლადებს შორის ურთიერთდამოკიდებულებაში განუზღვრელობა;
5. უზუსტობა და გამრუდება, რომელიც ლინეარიზაციითაა გამოწვეული.

ამრიგად, ძნელია იმის გადამოწმება, რომ შეცდომა ნორმალურადაა განაწილებული, ან სტატისტიკური რეგრესია პრობლემატურია, თუ მონაცემების სიმრავლე ძალიან მცირეა, ან თუ გვაქვს ხდომილებასთან დაკავშირებით არაცალსახობა, ან წრფივი დაშვება შეუსაბამოა, ან თუ დამოუკიდებელ და დამოკიდებულ ცვლადებს შორის ურთიერთობის განუზღვრელობაა. ეს სწორედ ის სიტუაციებია, რომლებიც ფაზი რეგრესიას უნდა მოგვარებინა. ფაზი რეგრესიის მოდელის შემუშავების ორი ზოგადი გზა (არ გამორიცხავენ ერთმანეთს) არსებობს: (1) მოდელი, სადაც ცვლადების ურთიერთდამოკიდებულება ფაზია და (2) მოდელები, სადაც თავად ცვლადებია ფაზი.

ფაზი რეგრესიის სტატისტიკური რეგრესიასთან უფრო მეტად დაახლოების აშკარა გზა არის იმავე პრინციპით ფაზი რეგრესიის მოდელირება. ერთადერთი განმარტებითი ცვლადის შემთხვევაში, ჩვენ ვიწყებთ სტანდარტული წრფივი რეგრესიის მოდელით, რომელიც შესაძარებელ ფაზი მოდელში იღებს შემდეგ სახეს:

$$\tilde{Y}_i = \beta_0 + \beta_1 \tilde{X}_i + \varepsilon_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (26)$$

(26) განტოლობაში წევრთა გადანაცვლებით მივიღებთ,

$$\tilde{\epsilon}_i = \tilde{Y}_i - \beta_0 - \beta_1 \tilde{X}_i, i = 1, 2, \dots, m \quad (27)$$

უმცირესი კვადრატების თვალსაზრისით, პრობლემა შემდეგ ხდება:

$$\min \tilde{S} = \sum_{i=1}^n (\tilde{Y}_i - b_0 - b_1 \tilde{X}_i)^2 \quad (28)$$

არსებობს *FLSR*-ის რეალიზების რამდენიმე ხერხი, მაგრამ ძირითადი შემდეგი ორი მიდგომაა - *FLSR* დისტანციური ზომების გამოყენებით და *FLSR* თავსებადობის ზომების გამოყენებით. ამ მეთოდების აღწერა შემდეგია. სანჩესისა და გომესის კვლევები უზრუნველყოფს ფაზი *TSIR*-ების ანალიზისათვის რეგრესიის გამოყენების რამდენიმე საინტერესო იდეას. თუმცა, მათი მეთოდოლოგია ეყრდნობა შესაძლო რეგრესიას, იმიტომ, რომ ამ შეზღუდვებიდან ზოგიერთი შეიძლება თავიდან იქნას აცილებული *FLSR* ტექნიკის გამოყენებით.

ამგვარად, ფაზი-სიმრავლე იდეალურად აღწერს გადაწყვეტილების მიმღები პირის სუბიექტურ აქტივობას.

ფაზი-რიცხვები (ფაზი-სიმრავლეების ნაირსახეობა) იდეალურია დროში ფაქტორების დაგეგმისათვის, როდესაც მათი სამომავლო შეფასება გართულებულია (ფაზია, არ არსებობს საკმარისი ალბათური საფუძველი). ამგვარად, ამათუიმ ცალკეული ფაქტორის შესახებ ყველა სცენარი შეიძლება დაყვანილი იქნას ერთ ნაკრებ სცენარად სამკუთხა რიცხვების ფორმაში, სადაც გამოყოფილია სამი წერტილი: ფაქტორის მინიმალურად შესაძლებელი, ყველაზე მოსალოდნელი და მაქსიმალურად შესაძლებელი მნიშვნელობა. ამასთან ნაკრებ სცენარების სტრუქტურაში ცალკეული სცენარების წონა ფორმალიზდება როგორც ფაქტორის დონის „საშუალოსთან მიახლოებული ტოლობის“ ფაზი-სიმრავლესთან მიკუთვნების სამკუთხა ფუნქცია.

ერთი მოდელის ფარგლებში შეიძლება მოვახდინოთ როგორც ეკონომიკური ობიექტის თავისებურებათა, ისე ამ ობიექტთან დაკავშირებული სუბიექტის მენეჯერის და ანალიტიკოსის შემეცნებითი თავისებურებათა გაერთიანება.

ჩვენ შეგვიძლია დავაბრუნოთ ალბათური აღწერილობები ჩვენს სამეცნიერო რეალობაში, როგორც ფაზი-პარამეტრებით ალბათური განაწილებები. პარამეტრების განაწილების ფაზურობა იმითაა გამოწვეული, რომ კლასიკური გაგებით დაკვირვებათა შერჩევა არ არსებობს, და ანალიზისათვის ვსარგებლობთ კვაზისტატიკის სამეცნიერო კატეგორიით. ამგვარი მიდგომის დროს განაწილების სამკუთხა პარამეტრები დგინდება სანდოობის ხარისხის დადგენის პროცედურის საფუძველზე. ამგვარად გამოიკვეთა ალბათური და ფაზი-სიმრავლური აღწერის სინთეზისათვის გზა.

### 3.7. ფაზი სიმრავლეების გამოყენება რისკების შეფასებაში

განვიხილავთ არსებით განსხვავებას ფაზი-რისკის ანალიზს და ალბათური რისკის ანალიზს შორის. შემდეგ გამოვიყენებთ ინფორმაციის განაწილების (გავრცელება) მეთოდს ალბათობის რისკის ანალიზში ალბათობის შეფასების გასაუმჯობესებლად და შევიმუშავებთ მეთოდს ფაზი რისკის გამოსათვლელად შესაძლებლობა-ალბათობის მიმართ. ფაზი რისკის შეფასების სარგებელიანობა ის არის, რომ ახალი შედეგები ინახავენ მეტ ინფორმაციას რისკის მართვისთვის.

ტრადიციული მიდგომა, რომელიც გამოიყენება რისკის შემცველი არჩევანის გაკეთების სიტუაციების მოდელირებისთვის, მდგომარეობს იმ არჩევანის აღწერაში, რომელიც დაკავშირებულია რისკთან, მათი ძირითადი ალბათობის განაწილების და მასთან დაკავშირებული სარგებელიანობის მიხედვით. მრავალ ლიტერატურაში რისკი განიხილება, როგორც ზარალის სიმძიმის და დანაკარგის ალბათობის ნამრავლი.

ინტუიციურად, რისკი არსებობს როდესაც ზარალი შესაძლებელია და მისი ფინანსური გავლენა არსებითია. ეს ლინგვისტური განმარტება ასახავს რისკის თვისებას, რომლის განმარტებაც მათემატიკური ფორმულების თვალსაზრისით შეუძლებელია. ზოგადად, რისკები ფასდება ხარისხობრივად, და არა რაოდენობრივად. ფაქტობრივად, დანაკარგის შესაძლე-

ბლობის და ფინანსური მნიშვნელობის განსაზღვრა არ შეიძლება მაღალი სიზუსტით. შეიძლება საკამათოა, რომ სტატისტიკური რისკი მოიცავს მხოლოდ უარყოფითი ზემოქმედების გავლენის ალბათობას და სიმძიმეს.

სინამდვილეში, ალბათური მეთოდი ძალიან ეფექტური ინსტრუმენტია რისკის შესასწავლად მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც დიდი რაოდენობით მონაცემების შეგროვებაა შესაძლებელი. თუმცა, ის საკითხებიც კი, რომლებიც სტატისტიკურ რისკს ეხება, არსებული მონაცემებით არასაკმარისად აფასებს იმ მახასიათებლების სანდოობას, რომლებიც შემფოთებას იწვევს.

უსაფრთხოების რისკის ანალიზი ბევრად უფრო ალბათურია და აერთიანებს მოვლენების დაწყების ალბათობას, ასევე ზემოქმედების ალბათობას და შედეგების დიაპაზონს. ადამიანის ჯანმრთელობისა და ეკოლოგიური რისკის შეფასება, როგორც წესი, ახდენს დემონსტრირებას და იყენებს ერთ წერტილიან შეფასებას იქ, სადაც ღირებული ინფორმაცია რისკის მენეჯერებისთვის დაფარული რჩება.

რაიმე მოვლენის მოხდენის შესაძლებლობის ანალიზისათვის საჭიროა დიდი რაოდენობის მონაცემთა შეგროვება. რაც უფრო დიდია დაკვირვებათა რაოდენობა და რაც უფრო დიდი მოცულობის შერჩევა გაკეთებაა შესაძლებელი მით უფრო ზუსტია რაიმე ხდომილობის მოხდენის შესაძლებლობის ალბათობა. მაგრამ უმეტეს შემთხვევაში არ ხერხდება ასეთი რაოდენობით მონაცემთა შეგროვება. ქვემოთ შევეცდებით შედარებით მცირე რაოდენობის შერჩევის მეშვეობით და ფაზი რიცხვების გამოყენებით შევძლოთ რაიმე ხდომილობის მოხდენის შესაძლებლობის ანალიზი.

ტრადიციულად, რისკის ანალიზის მთავარი გამოწვევად ითვლება სამეცნიერო მიდგომა ალბათობების განაწილების შესაფასებლად. ეს სამართლიანია მხოლოდ და მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სისტემაში არსებული რისკები სტატისტიკური რისკებია. მაგრამ, მრავალი რისკი სისტემის დროს, შემთხვევითობა მხოლოდ რისკის ერთ-ერთი მიზეზია. რისკის არსი ემყარება ყველა მის ბუნებას. მისი არსის შესასწავლად, პირველ

რიგში, უნდა დავინახოთ მისი ანალიზის მიზანი და სიტუაცია, რომელსაც, როგორც წესი, პრაქტიკული სისტემისთვის ვხვდებით.

შეიძლება ითქვას, რომ რისკის ანალიზის მიზანია იმ სისტემის მდგომარეობის აღწერა ან გაგება, რომლიც რისკ-მენეჯმენტს ემსახურება, რათა შეამციროს ან გააკონტროლოს დანაკარგი. რისკების ანალიზისთვის აუცილებელია, რომ ნაჩვენები იყოს ურთიერთობები: მდგომარეობებს, დროს, შემავალ მონაცემებს და ა.შ. შორის. ალბათობის განაწილება არის მხოლოდ კავშირი მოვლენებსა და მოვლენის ალბათობებს შორის. მრავალი სისტემისთვის შეუძლებელია მიმართების ზუსტი გამოთვლა და ჩვენ ვეხებით არაზუსტი ალბათობის პრობლემას. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, რისკის ანალიზის მიზანია პასუხის გაცემა, როგორ და რატომ წარმოიშვა არასასურველი შედეგი. ამ მოსაზრებიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ, რისკის არსი არასახარბიელო შედეგების დინამიკაა. ფაქტობრივად, რისკის სისტემის შესწავლა შეიძლება ზოგიერთი მდგომარეობის განტოლებით, თუ მათ პოვნას შეგვძლებთ.

ხშირ შემთხვევაში, ძნელია მივიღოთ ჩვენ მდგომარეობის განტოლებები და ყველა მონაცემი რომელიც გვჭირდება. ალბათური მეთოდები ამარტივებს პროცედურას. ამასთან, გონივრული არ არის რისკის ანალიზის ჩანაცვლება ალბათობის ანალიზით.

როდესაც რისკის სისტემას ვსწავლობთ ალბათური მეთოდის გამოყენებით, ჩვეულებრივ, ძნელია იმის განსჯა, შესაფერისია თუ არა ალბათობის განაწილების ჰიპოთეზა, ზოგჯერ შეიძლება შეგვხვდეს მცირე შერჩევის პრობლემა, სადაც მოცემული მონაცემები ძალიან მწირია ნებისმიერი კლასიკური მიდგომის გადაწყვეტილების მისაღებად. ეს ნიშნავს, რომ რთულია ზუსტი კავშირის მოძებნა მოვლენებსა და მათი წარმოქმნის ალბათობებს შორის.

გადაწყვეტილების თეორიაში ჩვენ რისკს მივაკუთვნებთ სამგან-ზომილებიან კონცეფციას, რომელიც მოიცავს შემდეგ ბუნებებს:

(N1) უარყოფითი შედეგი ინდივიდებისათვის;



(N2) არასახარბიელო შედეგების მიმართ გაურკვევლობის, დროის, ადგილის ან მასშტაბების განუზღვრელობის წარმოშობის დროს.

(N3) მდგომარეობის განტოლებით ან ალბათობათა განაწილებით ზუსტად გამოსახვის სირთულე.

ცხადია, N3- ის გამო, ჩვენ ვიცით, რომ რისკი რთული მოვლენაა. თუ რთული ხასიათი უგულებელყოფლია, რისკის კონცეფცია შეიძლება დავიყვანოთ ალბათობის რისკამდე, რაც ნიშნავს, რომ ჩვენ შეგვიძლია ვიპოვოთ ალბათობათა განაწილება, რომელიც ემორჩილება სტატისტიკურ კანონს, რისკის ფენომენის სწორად ჩვენებისთვის. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ალბათობის ზუსტი შეფასების მიღება ხშირ შემთხვევაში შეუძლებელია.

ზადეს მიერ ფაზი სიმრავლეების პირველი ნაშრომის გამოცემის შემდეგ, ბევრმა მკვლევარმა სცადა ფაზი მეთოდების გამოყენება პრობლემების გადასაწყვეტად.

ფაზი-რისკის ანალიზის ადრინდელი მიდგომა ემყარება იმ წინაპირობას, რომ რისკის შეფასება შესაძლებელია ბუნებრივი ენის ტერმინების გამოყენებით, როგორცაა წარუმატებლობის ალბათობა, ზარალის სიმძიმე და შეფასების საიმედოობა. შმუკერის მიერ შემოთავაზებულია ტიპური ტექნიკა, რომელიც აერთიანებს ქვესისტემის ფაზი-რისკს, რათა მოხდეს მთელი სისტემის ფაზი-რისკის გამომანგარიშება.

გადაწყვეტილების მიღების პრობლემების მოსაგვარებლად, რომელშიც გადაწყვეტილების მიმღებს აქვს ფაზი და არასრული ინფორმაცია შედეგებისა და გარე ფაქტორების შესახებ, Delgado, Verdegay და Vila -ს მიერ შემუშავებულია ფაზი-რისკის ინტერვალზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების ძირითადი წესები, სადაც, სემანტიკური თვალსაზრისით, მიკუთვნების ტრაპეციული ფუნქცია განიხილება, როგორც ფაზი-რისკის ინტერვალი.

ყველა ეს მოდელი შეიძლება ჩაითვალოს რისკის სივრცეში ფაზი-კლასიფიკატორად. ეს ფაზი-მოდელები გზას უხსნიან რისკის მართვის პროცესის კომპიუტერიზაციის, სხვადასხვა კლასიკური ფაზი ტექნიკის გამოყენებით ანალიზის შესაძლებლობას.

ფაზი-სიმრავლეთა თეორია იდეალური მეთოდია რისკის ანალიზში წარმოშობილი უზუსტობის აღმოსაფხვრელად, რადგან ჩვენი რისკის ინტუიცია კარგად არ გარდაიქმნება ზუსტ მათემატიკურ ფორმულებად. მოდელი ემყარება ინფორმაციის გავრცელების პრინციპს, რომლითაც ჩვენ შეგვიძლია შეცვალოთ მოცემული ნიმუშის მკაფიო დაკვირვებები ფაზი ნაკრებში ისე, რომ არასრულფასოვნებით გამოწვეული ინფორმაციის ხარვეზები, გარკვეულწილად შეიძლება შეივსოს. შემდეგ შესაძლებელია რისკის ანალიზისათვის უფრო ზუსტი ალბათობის შეფასების მიღება. ბოლოდროინდელი გამოკვლევების თანახმად, ინფორმაციის განაწილების(გავრცელების) მეთოდი ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ფაზი-რისკების ე.წ. შესაძლებლობა-ალბათობების გამოთვლის მიზნით. ვინაიდან, ინფორმაციის გავრცელების მეთოდი შედარებით რთულია, ამიტომ სიმარტივისათვის განვიხილოთ შეფასების უმარტივესი მეთოდი ჰისტოგრამა.

ვაჩვენოთ განაწილების შეფასების წრფივი განაწილების უპირატესობა იმ ალბათობის განაწილების შეფასებისთვის, რომელიც ემსახურება რისკის შეფასებას.

როდესაც ჩვენ მხოლოდ მოცემული შერჩევა გვაქვს, ამ ანარჩევზე ყოველგვარი ვარაუდის გარეშე, ალბათობის განაწილების შეფასების უმარტივესი მეთოდი ჰისტოგრამა.

*ჰისტოგრამა* - ეს არის დაჯგუფებული (შეკრული) მონაცემების გრაფიკი, რომელშიც მნიშვნელობების რაოდენობა თითოეულ უჯრედი წარმოდგენილია მართკუთხა უჯრის ფართობით.

*სიხშირის ჰისტოგრამა* - ეს არის ისე აგებული ჰისტოგრამა, რომ თითოეული ზოლის ფართობი პროპორციულია იმ კატეგორიაში დაკვირ-

ვების რაოდენობისა, რომელსაც იგი წარმოადგენს. სიხშირის ჰისტოგრამიდან ჩვენ ვკითხულობთ კლასზე დაკვირვების ფაქტობრივ რაოდენობას.

*ფარდობითი სიხშირის ჰისტოგრამა* - ეს არის სვეტოვანი გრაფიკი, რომელიც ისეა აგებული, რომ თითოეული ზოლის ფართობი პროპორციულია იმ კატეგორიის დაკვირვების წილის, რომელსაც იგი წარმოადგენს.

ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის განსაზღვრის თანახმად, შეგვიძლია შედარებითი სიხშირის ჰისტოგრამის შემუშავება უჯრედის სიგანის დაყოფით, რომელიც იქნება ალბათობების განაწილების შემფასებელი.

ჩვენ ვიყენებთ  $u_1, u_2, \dots, u_m$ -ს ჰისტოგრამაზე ინტერვალის შუა წერტილების აღსანიშნავად. ისინი ინტერვალის სტანდარტული წერტილებია. ფარდობითი სიხშირის თითო ინტერვალზე უჯრედის სიგანეზე დაყოფით, ჩვენ ვწერთ შედეგს  $\hat{p}(u_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ .  $(u_i, \hat{p}(u_i))$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$  -ების გამოსახვით და შემდეგ მათი დაკავშირებით ჩვენ ვიღებთ პოპულაციის ალბათობის განაწილების შეფასებას  $p(x)$ . სიმარტივისათვის  $(u_i, \hat{p}(u_i))$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ -ითგან წარმოებული მრუდები ხშირად ისეთივედ ითვლება.

**განმარტება 1.** ვთქვათ  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  იყოს მოცემული შერჩევა, რომელიც შედგენილია პოპულაციიდან ალბათობის განაწილების pdf  $p(x)$  ფუნქციით სიმკვრივის ფუნქციის  $n$  ტერმში. მოცემული  $X_0$  სათავის და უჯრედის  $h$  სიგანის გათვალისწინებით, ჩვენ განვსაზღვრავთ ჰისტოგრამა უნდა იყოს უჯრედების ინტერვალით  $[x_0 + mh, x_0 + (m + 1)h]$  პოზიტიური და უარყოფითი  $m$  მთელი რიცხვებისათვის. ინტერვალები აირჩევა დახურულად მარცხნივ და გახსნილად მარჯვნივ.

$$\hat{p}(x) = \frac{1}{nh} (x_i \text{ რიცხვები იმავე უჯრედშია, რომელშიც } x). \quad (3.7.1)$$

მას ეწოდება  $p(x)$ -ის ჰისტოგრამის შეფასება (HE).

**განმარტება 2.** დავუშვათ, რომ აგებულია კლასიკური სიხშირის ჰისტოგრამა  $m$ -ზე  $I_1, I_2, \dots, I_m$  ინტერვალთ სიგანით  $h$ . ვთქვათ  $u_j$  იყოს  $I_j$

ინტერვალის შუა წერტილი. ჩვენ ვიყენებთ  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ -ს როგორც ჩარჩო სივრცეს  $\Delta = h$  სიგრძის ბიჯით. ვთქვათ,  $\tilde{H}(x)$  მთლიანად მოცემული ინფორმაციაა საკონტროლო წერტილამდე იმავე ინტერვალში, რომელშიც  $x$ -ია. რომელსაც  $IR$ -ზე  $X$  -ის რბილი სიხშირის ჰისტოგრამას უწოდებენ.

როდესაც  $U$ - ზე გვაქვს  $X$ - დან  $Q$ , ფაქტობრივად, რბილი ჰისტოგრამა ეს არის

$$\forall x \in I_j, \tilde{H}(x) = Q_j,$$

**განმარტება 3.** ვთქვათ  $X = \{x_1, \dots, x_n\}$  იყოს მოცემული შერჩევა, რომელიც აღებულია პოპულაციიდან pdf  $p(x)$ -ით. მოცემულია  $m$  რაოდენობის  $I_1, I_2, \dots, I_m$  ინტერვალთა და სიგანით  $\Delta$ . ვთქვათ,  $u_j \in I_j$ -ს ინტერვალის შუა წერტილი იყოს მაკონტროლებელი წერტილი. თუ გამანაწილები ინფორმაცია გამოითვლება წრფივი განაწილებით,  $\bar{p}(x) = \frac{1}{n\Delta}$  (მთლიანად მოცემული ინფორმაციაა საკონტროლო წერტილამდე იმავე ინტერვალში, რომელშიც  $x$  -ია.) ეწოდება  $p(x)$ -ს რბილი ჰისტოგრამა შეფასება (*SHE*).

ჰისტოგრამის მეთოდით, ისეთივე ზუსტი შედეგის მიღება შეგვიძლია, როგორც ინფორმაციის გავრცელების მეთოდით.

### 3.8. რისკის მართვის მეთოდი, რომელიც ეფუძნება ფაზი-რისკს

ფაზი-რიცხვების გამოყენებით რისკების მართვის წარმოსადგენად განვიხილოთ საკრედიტო რისკების შეფასების მაგალითი.

უპირველეს ყოვლისა საჭიროა რისკების შეფასების პროცესის პარამეტრიზაცია, ანუ იმ პარამეტრების გამოვლენა, რომლებიც ამა თუ იმ ხარისხით გავლენას ახდენს საკრედიტო რისკებზე. ასეთი პარამეტრები შეიძლება იყოს მსესხებლის საკრედიტო ისტორია, შემოსავალი, რეზერვი, ბაზრის წილი და ა.შ. ამას განსაზღვრავს გამოცდილი გამსესხებელი მენეჯერი. ასეთი პარამეტრების მნიშვნელობების პროგნოზირებას ყოველთვის თან ახლავს განუზღვრელობა და მისი თავიდან აცილება შეუძლებელია. აქედან გამოსავალს წარმოადგენს ექსპერტების

გამოცდილება და ინტუიცია. ამასთან მნიშვნელოვანია საექსპერტო შეფასებების წარმოდგენის ფორმის შერჩევა. ამისათვის ჩვენ შევეცდებით გამოვიყენოთ ტრაპეციული ან სამკუთხა ფაზი-რიცხვები. საჭიროა ექსპერტთა შეფასებების შეგროვება თითოეული პარამეტრისათვის და მივიღოთ ჯგუფური გადაწყვეტილების შედეგი.

ვთქვათ, მოცემულია ალტერნატივის რეიტინგის ექსპერტების შეფასება მოცემული კრიტერიუმის მიხედვით. თუმცა ექსპერტების ფროფესიული დონე ერთნაირია, მათი სუბიექტური შეფასებები შეიძლება არსებითად განსხვავებული იყოს. პრობლემა მდგომარეობს ამ შეფასებების დამუშავებაში, რათა შესაძლებელი გახდეს კონსენსუსი. ჯგუფური გადაწყვეტილებების მიღებისას ნებისმიერი სახის აგრეგირების მეთოდის შემუშავებისას, ძირითადი ამოცანაა თითოეული ექსპერტისთვის მნიშვნელოვნად დასაბუთებული წონის განსაზღვრა.

განვიხილოთ სამკუთხა ფაზი-რიცხვების სასრული სიმრავლე, რომელიც მოღებულია ექსპერტთა შეფასებებით. განსაკუთრებით საინტერესოა ამ სიმრავლის წარმომადგენელის მოძებნა, ანუ ისეთი სამკუთხა ფაზი-რიცხვის, რომ ამ რიცხვსა და მოცემული სასრული სიმრავლის ყველა სხვა წევრებს შორის მანძილების ჯამი მინიმალური იყოს.

ამგვარად, წარმოდგენილი მეთოდის მთავარი იდეა შემდეგზე დაიყვანება. ყველა ექსპერტის მნიშვნელობის წონის განმსაზღვრელი ფუნქცია, უკუპროპორციული უნდა იყოს მის შეფასებასა და ყველა ექსპერტის შეფასების სასარული სიმრავლის წარმომადგენელს შორის მანძილის, ანუ რაც უფრო მცირეა მანძილი ექსპერტის შეფასებებსა და წარმომადგენელს შორის, მით მეტია მისი წონის მნიშვნელობა.

წარმოვადგინოთ ფაზი-სიმრავლის მათემატიკურ განსაზღვრებას.

**განსაზღვრება 1.** მოწესრიგებულ წყვილს  $\{x, \mu(x)\}$ , სადაც  $x \in X, \mu: X \rightarrow [0,1]$ , ეწოდება ფაზი სიმრავლე.

სადაც,  $X$  არის ნამდვილ რიცხვთა უნივერსალური სიმრავლე,  $\mu(x)$  ეწოდება ფაზი-სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქცია,  $\mu: X \rightarrow [0,1]$  ნიშნავს, რომ მიკუთვნების ფუნქცია იღებს მნიშვნელობებს  $[0;1]$  ინტერვალიდან ყველა  $x$ -ისთვის.

ფაზი-სიმრავლის განსაკუთრებული მნიშვნელოვანი შემთხვევაა ფაზი რიცხვები. ფაზი-რიცხვი არის ნამდვილ რიცხვთა უნივერსალური სიმრავლის ფაზი-ქვესიმრავლე, რომელსაც გააჩნია ნორმალური და ამოხსნეილი მიკუთვნების ფუნქცია, ანუ ისეთი, რომ: ა) არსებობს სიმრავლის ისეთი ელემენტი რომელზეც მიკუთვნების ფუნქცია უტოლდება ერთს და ასევე ბ) მაქსიმუმიდან მარცხნივ ან მარჯვნივ გადახრისას მიკუთვნების ფუნქცია არ იზრდება.

კვლევის მიზნებიდან გამომდინარე ჩვენ გამოვიყენებთ სამკუთხა ფაზი-რიცხვებს.

ჩვენ აღვნიშნავთ სამკუთხა ფაზი-რიცხვებს  $X$ -ში  $\tilde{R} = (a, b, c), 0 < a \leq b \leq c$  -ით. მიკუთვნების ფუნქციის გრაფიკული გამოსახვაა სამკუთხედი წვეროებით  $(a, 0), (b, 1), (c, 0)$  ჩვენ აღვნიშნავთ  $\Psi(X) = \{\tilde{R}_i = (a_i, b_i, c_i), i \in \mathbb{N}\}$  ყველა სამკუთხა ფაზი-რიცხვების სიმრავლეს  $X$  ნამდვილ რიცხვთა სიმრავლეში.

**განსაზღვრება 2.** სამკუთხა ფაზი-რიცხვები  $\tilde{R}_1 = (a_i)$  შედის  $\tilde{R}_2 = (b_i), i = \overline{1,3}$ , ანუ  $\tilde{R}_1 \leq \tilde{R}_2$  სამკუთხა ფაზი-რიცხვში, მხოლოდ და მხოლოდ მაშინ, როცა

$$a_1 \leq a_2, b_1 \leq b_2, c_1 \leq c_2 \quad (29)$$

ცნობილია, რომ ფაზი-მაქსიმუმი და მინიმუმი ორი სამკუთხა ფაზი-რიცხვის განისაზღვრება შემდეგნაირად

$$\begin{cases} \overline{\max}\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\} = \{\max\{a_1, b_1\}, \max\{a_2, b_2\}, \max\{a_3, b_3\}\}, \\ \underline{\min}\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\} = \{\min\{a_1, b_1\}, \min\{a_2, b_2\}, \min\{a_3, b_3\}\}. \end{cases} \quad (30)$$

აქედან გამომდინარეობს, რომ ზემოხსენებული განმარტება ექვივალენტურია ლიტერატურაში მოცემული განმარტებისა.

$$\tilde{R}_1 \leq \tilde{R}_2 \Leftrightarrow \begin{cases} \min\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\} = \tilde{R}_1, \\ \max\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\} = \tilde{R}_2, \end{cases} \quad \tilde{R}_1, \tilde{R}_2 \in \Psi(X)$$

ახლა უნდა შემოვიტანოთ მეტრიკა  $\Psi(X)$ , ანუ განვსაზღვროთ მანძილი ორ სამკუთხა ფაზი-რიცხვს შორის.

ჩვენ ვამბობთ, რომ ფუნქცია  $v: \Psi(X) \rightarrow \mathfrak{R}^+$  არის იზოტონური შეფასება  $\Psi(X)$ -ზე თუ

$$v(\max\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\}) + v(\min\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\}) = v(\tilde{R}_1) + v(\tilde{R}_2)$$

და

$$\tilde{R}_1 \leq \tilde{R}_2 \Rightarrow v(\tilde{R}_1) \leq v(\tilde{R}_2).$$

იზოტონის შეფასება  $v$  განსაზღვრავს  $\Psi(X)$ -ზე.

$$\rho(\tilde{R}_1, \tilde{R}_2) = v(\max\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\}) - v(\min\{\tilde{R}_1, \tilde{R}_2\}). \quad (31)$$

$\Psi(X)$ -ს  $v$  იზოტონური შეფასებით და მეტრიკა (31)-ით ეწოდება სამკუთხა ფაზი-რიცხვების მეტრიკული სივრცე.

**განსაზღვრება 3.** მეტრიკულ სივრცეში სამკუთხა ფაზი-რიცხვები  $\tilde{R}^*$  არის სამკუთხა ფაზი-რიცხვების  $\{\tilde{R}_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $m = 2, 3, \dots$  სასრული სიმრავლის წარმომადგენელი, თუ

$$\sum_{j=1}^m \rho(\tilde{R}^*, \tilde{R}_j) \leq \sum_{j=1}^m \rho(\tilde{S}, \tilde{R}_j), \quad \forall \tilde{S} \in \Psi(X). \quad (32)$$

დავაზუსტოთ ამ განსაზღვრების არსი. მოცემული სამკუთხა ფაზი-რიცხვების სასრული სიმრავლე არის წარმომადგენელი არის ისეთი, რომ მანძილების ჯამი მასსა და სიმრავლის ყველა წევრს შორის მინიმალურია.

ფაზი-რიცხვების სასრული სიმრავლის წარმომადგენელი განვსაზღვროთ შემდეგნაირად:

$$\tilde{R}'_{m/2} \leq \tilde{R}^* \leq \tilde{R}'_{m/2+1} \quad \text{თუ } m \text{ ლუწია;}$$

$$\tilde{R}^* = \tilde{R}'_{(m+1)/2} \quad \text{თუ } m \text{ კენტია.}$$

სამკუთხა ფაზი-რიცხვების სასრული სიმრავლის წარმომადგენელი ( $m$  კენტი და  $m$  ლუწი რიცხვებისათვის  $m = 2, 3, \dots$ ) ასე განისაზღვრება:

$$\tilde{R}^* = \begin{cases} (a'_{[m/2],i} + a'_{[(m+3)/2],i})/2 \text{ if } \sum_{j=1}^{[(m+1)/2]} \rho(\tilde{R}'_j, \tilde{R}'_{[m/2]}) = \sum_{j=[m/2]+1}^m \rho(\tilde{R}'_{[(m+3)/2]}) \\ a'_{[m/2],i} + \left( \frac{\sum_{j=1}^{[(m+1)/2]} \rho(\tilde{R}'_j, \tilde{R}'_{[m/2]})}{\sum_{j=1}^{[(m+1)/2]} \rho(\tilde{R}'_j, \tilde{R}'_{[m/2]}) + \sum_{j=[m/2]+1}^m \rho(\tilde{R}'_j, \tilde{R}'_{[(m+3)/2]})} \right) (a'_{[(m+3)/2]} - a'_{[m/2],i}) \\ \text{otherwise } i = \overline{1,3} \end{cases}$$

(33)

წონისა და აგრეგაციის საბოლოო შედეგის ფორმალურად განსაზღვრა შესაძლებელია შემდეგნაირად:

$$\omega_j = \frac{(\rho(\tilde{R}^*, \tilde{R}_j))^{-1}}{\sum_{j=1}^m (\rho(\tilde{R}^*, \tilde{R}_j))^{-1}}, \quad m = 2, 3, \dots \quad (34)$$

და

$$\tilde{R} = \sum_{j=1}^m (\omega_j \otimes \tilde{R}_j) \quad (35)$$

ახლა წარმოვიდგინოთ სამკუთხა ფაზი რიცხვების სასრული ერთობლიობის წარმომადგენლის პოვნის ალგორითმს.

### ალგორითმი 1

ბიჯი 0: ინიციალიზაცია: სამკუთხა ფაზი რიცხვების სასრული ერთობლიობა  $\{\tilde{R}_j\}$ , მისი რეგულაცია  $\{\tilde{R}'_j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $m = 2, 3, \dots$ . თუ  $j$ -ური ექსპერტის აგრეგირების წონა  $\omega_j$ -ით აღვნიშნავთ, ხოლო საბოლოო შედეგს  $\tilde{R}$  ით.

ბიჯი 1: გამოთვალე  $\{\tilde{R}'_j\}$ , -ის წარმომადგენელი  $\tilde{R}^*$ ,  $j = \overline{1, m}$ ,  $m = 2, 3, \dots$  შემდეგი ფორმულით.

ბიჯი 2: შეასრულე ბიჯი 3  $f$  მნიშვნელობებისთვის  $j = \overline{1, m}$ .

ბიჯი 3: გამოთვალე  $\Delta_j = \rho(\tilde{R}^*, \tilde{R}_j)$ :

- თუ ერთი მაინც  $\Delta_j = 0$ , მაშინ  $\tilde{R} = \tilde{R}^*$ ;



- თუ  $\Delta_j > 0$  ყველა  $j$ -ისათვის, მაშინ გამოთვალე  $\omega_j$  ფორმულით (34) და მიიღე საბლოო შედეგი ფორმულით (35).

ახლა ჩვენ გვესაჭიროება ისეთი სკალის გენერირება, რომელსაც ძალუმს „გაზომოს“ ექსპერტების შეფასებები სესხის მიმღების გაკოტრების რისკის გათვალისწინებით. ამისათვის ჩვენ გამოვიყენებთ საყოველთაოდ მიღებულ მიდგომას.

თითქმის ყველა სფეროში შესაძლოა შედარებითი სკალის შექმნა შემდეგი პრინციპების გამოყენებით:

- იმ მახასიათებლების ჩამონათვალის ჩამოყალიბება, რომელთა მეშვეობით წარმოებს კონცეპტის (ობიექტის) შეფასება;
- მიღებულ ჩამონათვალში პოლარული მახასიათებლების დადგენა და პოლარული სკალის ფორმირება;
- განსაზღვრა იმისა, თუ რა ხარისხით ფლობს კონცეპტი პოლუსებზე განსაზღვრულ მახასიათებლს.

აგებულ სკალაზე რეიტინგების ერთობლიობას უწოდებენ კონცეპტის პროფილს. რადგანაც გრადაციის მნიშვნელობები სკალაზე მიახლოებითი სიდიდეებია (ექსპერტული შეფასებები) გარდა დანიშნული პოლუსური მნიშვნელობებისა, პროფილი წარმოადგენს კონცეპტის მახასიათებლების ჩამონათვალის ფაზი სიმრავლეს.

შესავალში ჩვენ გავამახვილეთ ყურადღება ლოტფი ზადეს მიერ შემოტანილ ლინგვისტური ცვლადის ცნებაზე. ეს ცნება დიდ როლს თამაშობს ჩვენს კვლევაში. ახლა ჩვენ შემოვიტანთ ლინგვისტურ ცვლადს „საკრედიტო რისკის ხარისხი“:

$$A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}, \quad (36)$$

$A_1$  - რისკის ხარისხი უმნიშვნელოა;

$A_2$  - რისკის ხარისხი დაბალია;

$A_3$  - რისკის ხარისხი საშუალოა;

$A_4$  - რისკის ხარისხი მაღალია;

$A_5$  - რისკის ხარისხი უკიდურესია.

აქედან გამომდინარე  $A$  ლინგვისტური ცვლადის შექმნისას პირობა a) დაკმაყოფილებულია. პირობა b) აგრეთვე კმაყოფილდება - პოლარული მახასიათებლები გამოიხატებიან ასე: „რისკის ხარისხი უმნიშვნელოა“ და „რისკის ხარისხი უკიდურესია“. c) პირობის შესრულებისათვის საჭიროა შევექმნათ პროფილი ანუ განვსაზღვროთ  $A$  ლინგვისტური ცვლადის აღმწერი ფაზი სიმრავლე.

ჩვენ დავყოფთ პროფილის შესაბამის ფაზი სიმრავლის მიკუთვნების ფუნქციის აგების პროცესს რამოდენიმე ეტაპად. შევეცადოთ მოვიყვანოთ ამ ეტაპების აღწერა ზოგადად.

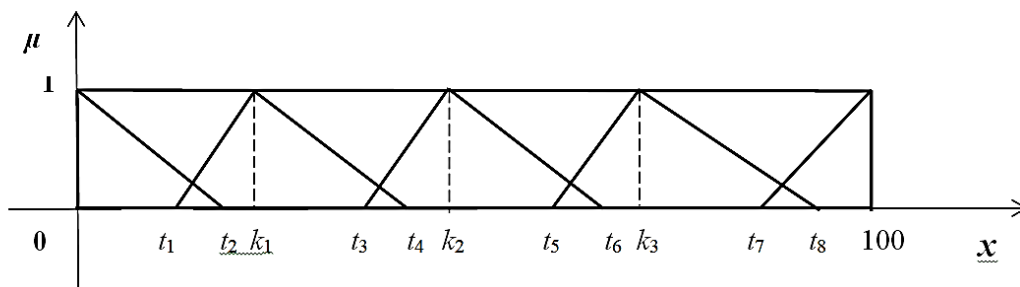
**ეტაპი 1.** შევაფასოთ დარწმუნება რისკის ხარისხის სისწორეში  $A$  ლინგვისტურ ცვლადში შემდეგნაირ (0-100)% პროცენტულ სკალაზე:  $A_1 \sim [0, k_1[$ ;  $A_2 \sim [k_1, k_2[$ ;  $A_3 \sim [k_2, k_3[$ ;  $A_4 \sim [k_3, k_4[$ ;  $A_5 \sim [k_4, 100]$ . აქ  $0 < k_1 < k_2 < k_3 < k_4 < 100$ .

**ეტაპი 2.** რადგანაც ექსპერტების შეფასებები მოცემულია სამკუთხა ფაზი რიცხვების ფორმით, პირველ რიგში საჭიროა დავადგინოთ ექსპერტული შეფასებების სკალის საზღვრები  $A$  ლინგვისტური ცვლადის თითოეული მახასიათებლის მიმართ. ვთქვათ შეფასების პროცესში მონაწილეობს  $m$  ექსპერტი, მაშინ მათი შეფასებების შედეგად ჩვენ გვაქვს  $m$  სამკუთხა ფაზი რიცხვი. ჩვენი აზრით მიზანშეწონია სკალის საზღვრები განიმარტოს შემდეგნაირად: მარცხენა საზღვარი - მინიმუმი, ხოლო მარჯვენა - მაქსიმუმი  $m$  სამკუთხედების წვეროების აბსცისთა შორის, ანუ

$$[\min\{a_i\}; \max\{c_i\}], \quad i = \overline{1, m}. \quad (37)$$

**ეტაპი 3.** ახლა ჩვენ დავადგენთ შესაბამისობას პროცენტული სკალის ინტერვალებსა და სამკუთხა ფაზი-რიცხვებს შორის. გეომეტრიულად პროცენტული სკალა, რომელიც შეესაბამება 5 სამკუთხა ფაზი-რიცხვს, შესაძლოა, მაგალითად, გამოიყურებოდეს ასე (ნახ. 13):

$\tilde{A}_1 = (0; 1; t_2)$ ;  $\tilde{A}_2 = (t_1; k_1; t_4)$ ;  $\tilde{A}_3 = (t_3; k_2; t_6)$ ;  $\tilde{A}_4 = (t_5; k_3; t_8)$ ;  $\tilde{A}_5 = (t_7; 1; 100)$ , რიცხვები  $k, t$  აღებული ექსპერტების მიერ.



ნახ.13.

პროცენტული სკალის კოორდინატა სისტემის ექსპერტული შეფასებების კოორდინატა სისტემაში გარდასახვისათვის უნდა შესრულდეს შემდეგი ასახვა  $[0,100] \rightarrow [\min\{a_i\}, \max\{c_i\}]$ . ამგვარად ჩვენ გადაგვაქვს კოორდინატა სათავე  $(0,0)$  წერტილიდან  $(\min\{a_i\}, 0)$  წერტილში, ხოლო  $(100,0)$  წერტილი  $(\max\{c_i\}, 0)$  წერტილში.

სიმარტივისათვის შემოვიტანოთ აღნიშვნები:

$$\nabla = \min\{a_i\}, \Delta = \max\{c_i\}, i = \overline{1, n}. \quad (38)$$

ადვილი დასანახია, რომ პროპრციულობის კოეფიციენტი ძველი და ახალი კოორდინატა სისტემების აბსცისთა შორის ასეთია

$$\lambda = 0.01(\Delta - \nabla). \quad (39)$$

აქედან გამომდინარე საწყის სამკუთხა ფაზი-რიცხვების კოორდინატები შეიცვლება ასეთნაირად:

$$\begin{aligned} \tilde{A}_1 &= (\nabla, \nabla, \lambda t_2 + \nabla); \\ \tilde{A}_2 &= (\lambda t_1 + \nabla, \lambda k_1 + \nabla, \lambda t_4 + \nabla); \\ \tilde{A}_3 &= (\lambda t_3 + \nabla, \lambda k_2 + \nabla, \lambda t_6 + \nabla); \\ \tilde{A}_4 &= (\lambda t_5 + \nabla, \lambda k_3 + \nabla, \lambda t_8 + \nabla); \\ \tilde{A}_5 &= (\lambda t_7 + \nabla, \Delta, \Delta). \end{aligned} \quad (40)$$

ამგვარად პირობა c) ასევე დაკმაყოფილდა.

ჩვენ ვაგრძელებთ შემოთავაზებულ მიდგომის განხორციელების აღწერას. ალგორითმის 1-ის საფუძველზე თითოეული პარამეტრისთვის ვპოულობთ წარმომადგენლის მნიშვნელობას ფაზი-სამკუთხა რიცხვების სასრული სიმრავლისათვის. განვიხილოთ წარმომადგენელი, რომელიც

გამოითვლება  $i$ -ური პარამეტრისათვის. რისკის შეფასების ზღვრულ მნიშვნელობას საინვესტიციო პროექტის მენეჯერი (მენეჯერების ჯგუფი) აწესებს. შეიძლება აღმოჩნდეს, რომ სხვადასხვა განსხვავებული შემთხვევისათვის დაწესდეს კრიტერიუმების განსხვავებული ზღვრული მნიშვნელობები, მაგალითად ერთი პარამეტრისათვის „არა უმეტეს  $A_2$  - რისკის ხარისხი დაბალია“, ხოლო მეორესთვის „რამეტეს  $A_3$ -რისკის ხარისხი საშუალოა“.

ზოგადად, თუ  $A_j \in A$  (იხ. ტოლობა (34)) აღებულია როგორც პარამეტრის ზღვრული კრიტერიუმი, მაშინ რისკი მისაღებია თუ სრულდება დამატებითი პირობა:

$$\tilde{R}_i \leq \tilde{A}_j, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, 5}. \quad (40)$$

აქ  $\tilde{A}_j$  არის  $A_j$  მახასიათებლის შესაბამისი რიცხვი, ხოლო  $\tilde{R}_i$  არის ექსპერტთა  $i$ -ური პარამეტრების შეფასების სასრული სიმრავლის აგრეგირების შედეგი (იხ. ალგორითმი 1).

შევაჯამოთ ზემოაღნიშნული, როგორც განზოგადებული ალგორითმი. ჩვენ გვაქვს შემდეგი მონაცემები:  $m$  ექსპერტი აფასებს  $n$  პარამეტრებს შემდეგი სიმრავლიდან  $P = \{p_i\}, i = \overline{1, n}$ ; ამ პარამეტრის ექსპერტთა შეფასების სასრული სიმრავლის  $\tilde{R}_i$  აგრეგირების შედეგი; ზღვრული კრიტერიუმის მნიშვნელობა  $A_k, k = \overline{1, 5}$  არჩეული ტოლობა (36)-დან; კოორდინატები  $k, t$  მითითებულია საინვესტიციო მენეჯერის (მენეჯერთა ჯგუფის) მიერ ტოლობა (40)-ში გამოსაყენებლად.

## ალგორითმი 2

ბიჯი 0: ინიციალიზაცია: განვსაზღვროთ  $p_i \in P, i = \overline{1, n}$ , ამ პარამეტრის ექსპერტთა შეფასებების  $\{\tilde{R}_j\}, j = \overline{1, m}, m = 2, 3, \dots$  სასრული სიმრავლის  $\tilde{R}_i$ -ის აგრეგირების შედეგი, ზღვრული კრიტერიუმის მნიშვნელობა, კოორდინატები  $k_1, \dots, k_4; t_1, \dots, t_5$ .

ბიჯი 1: გამოვთვალოთ  $\nabla, \Delta$  ტოლობა (38)-ით და  $\lambda$  ტოლობა (39)-ით.

ბიჯი 2: გამოვთვალოთ  $\tilde{A}_t, t = \overline{1,5}$  ტოლობა (40)-ით.

ბიჯი 3: პირობა  $\tilde{R}_i \preceq \tilde{A}_j$  ვერიფიკაცია.

- თუ პირობა დაკმაყოფილებულია, რისკის დონე მისაღებია;
- თუ პირობა არ არის დაკმაყოფილებული, რისკის დონე მიუღებელია.

შევაჯამოთ შემოთავაზებული მიდგომის არსი. ჩვენ წარმოგიდგენთ ფინანსური რისკების შეფასების ახალი მიდგომა, სადაც მოკლედ არის გაანალიზებული ფინანსური რისკების შეფასების ამჟამინდელი მოდელები და გამოტანილია დასკვნა ფაზი სიმრავლების თეორიის აპარატის გამოყენების ეფექტურობაზე.

მოცემულია საექსპერტო შეფასებების დასაბუთება სამკუთხა ფაზირიცხვების სახით. მნიშვნელოვანი ფაქტია, რომ მეთოდი ითვალისწინებს ექსპერტების შეფასების ხარისხს, რაც დამოკიდებულია ყველა სამკუთხა ფაზი შეფასებების სასრული სიმრავლის წარმომადგენელთან ექსპერტთა შეფასების სიახლოვეზე.

### 3.11. რისკის შეფასების მონტე კარლოს მოდელში ფაზი სიმრავლის გამოყენება

მოსაზრება, რომ მონტე კარლოს მოდელირება არის სასარგებლო ინსტრუმენტი რისკიანი საინვესტიციო პროექტები ანალიზისთვის ბიზნეს-საზოგადოებისთვის პოპულარიზებული იქნა ჰერცის მიერ. მთავარი გზავნილი იყო, რომ თუ ჩვენთვის საინტერესო  $Y$  ცვლადი (იქნება ეს წმინდა მიმდინარე ღირებულება, შიდა მოგების მაჩვენებელი, ან რაიმე სხვა შესაბამისი საინვესტიციო ღონისძიება) არის რამდენიმე სხვა გაურკვეველი ცვლადის რთული ფუნქცია,

$$Y = g(X_1, X_2, \dots, X_k),$$

მაშინ  $Y$ -ის მოსალოდნელი მნიშვნელობა ზოგადად არ უტოლდება ფუნქციის მნიშვნელობას განუზღვრელი ცვლადების მოსალოდნელ მნიშვნელობისათვის

$$E(Y) \neq g[E(X_1), E(X_2), \dots, E(X_k)].$$

ჰერცმა შემოგვთავაზა მონტე კარლოს სიმულაცია, როგორც  $Y$ -ს საშუალო შეფასების საშუალება  $k$  შემავალი ცვლადების ალბათობების განაწილების მოცემული ნაკრებისათვის. სიმულაციის დამატებითი უპირატესობა ის არის, რომ იგი შეიძლება გამოყენებულ იქნას  $Y$  ალბათობების მთლიანი განაწილების შესაფასებლად. ამრიგად, სიმულაცია აიოლებს სარისკო კაპიტალური ინვესტიციების შეფასებას მოსალოდნელი შემოსავლის, ასევე რისკის ზუსტი შეფასებით. მრავალფეროვანი კომერციულად ხელმისაწვდომი პროგრამული უზრუნველყოფა განსაზღვრავს რისკის ანალიზისთვის მონტე კარლოს ტექნიკის ამჟამინდელ პოპულარობას.

აქვე უნდა არინიშნოს, რომ მონტე კარლოს სიმულაციური მეთოდი გამოჩნდა დაახლოებით 1944 წელს. ამ მეთოდმა ბევრი ინტერპრეტაცია განიცადა, მიეცა სხვადასხვა განმარტებები, ამიტომ შეგვიძლია განვაცხადოთ, რომ ამ მეთოდს დიდი ხნის და ევოლუციისა და განვითარების პროცესი გააჩნია [18].

თავდაპირველად, მეთოდის მნიშვნელოვანი საკითხი (ფონ ნიუმენი, 1951) იყო შემთხვევითი რიცხვების დიდ სერიების წარმოქმნა. პირველ ეტაპზე გამოიყენეს ფსევდო-შემთხვევითი რიცხვები, შემდეგ კი, კომპიუტერული ტექნოლოგიის განვითარებასთან ერთად, ეს ბარიერი მოიხსნა.

მონტე კარლოს მეთოდის ერთ-ერთი ყველაზე საინტერესო ნამუშევარი საინვესტიციო პროექტების შერჩევაში არის Cost განუზღვრელობის შეფასება მონტე კარლოს ტექნიკის გამოყენებით, რომელიც რედაქტირება მოახდინა პოლ დინემანმა 1966 წელს, როგორც აშშ-ს სამხედრო ძალებისათვის RAND Corporation-ის მიერ ჩატარებული კვლევითი პროექტის ნაწილი. ნაშრომში დისკუსია მიმდინარეობდა თუ როგორ უნდა მომხდარიყო პროექტის შერჩევა მათი ღირებულების გათვალისწინებით. ავტორი ხაზს უსვამს, რომ ერთი დეტერმირებული მნიშვნელობა არ არის შერჩევის კარგი ინდიკატორი და რომ ჩვენ გვჭირდება სტოქასტური ცვლადები,

რომლებიც განსაზღვრულია საშუალო, სტანდარტული გადახრით, ასიმეტრიით და ა.შ. რომ მიიღებული იქნას ოპტიმალური გადაწყვეტილება პროექტის არჩევისას.

დღესდღეისობით, რთული პრობლემების გადაჭრის სიძნელესთან შედარებით დაბალი გამოთვლითი ძალისხმევაა საჭირო, რაც ამ მეთოდს, სხვადასხვა პრობლემის გადასაჭრელად შესაფერისს ხდის.

ინტეგრალების მნიშვნელობის მიახლოებითი გამოთვლის ერთ-ერთი მეთოდს, რომლის დროსაც ცდომილება შეფასდება არაგარანტირებულად არამედ გარკვეული დამაჯერებლობის ხარისხით წარმოადგენს მონტე კარლოს მეთოდი.

ხშირად სახელმძღვანელოებში მონტე კარლოს მეთოდის გამოყენების შესახებ მითითებული იყო, რომ იგი წარმოადგენს მაღალი ჯერადობის ინტეგრალების გამოყენების უნივერსალურ მეთოდს. დავეყრდნოთ ამ მოსაზრებას და განვიხილოთ მონტე კარლოს მეთოდის დადებითი და უარყოფითი მხარეები.

აღსანიშნავია ამ მეთოდის ცდომილების სიმცირე მიიღწევა მხოლოდ გარკვეული ალბათობით და ამიტომ მისი გამოყენება ყოველთვის მიზანშეწონილი არ არის. ამ და სხვა რიგი მიზეზის გამო იშვიათად ხდება იმის ასპროცენტური გარანტიის მიცემა, რომ გამოთვლის შედეგის ცდომილება მცირე იქნება. იმის გამო, რომ სხვა მეთოდების გამოყენება უფრო უარეს შედეგებს იძლევა მონტე კარლოს მეთოდის გამოყენებაზე უარის თქმა მხოლოდ მისი ალბათური ბუნების გამო არ არის გამართლებული. მეორე მხრივ, მონტე კარლოს გამოყენებისას უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი უარყოფითი ეფექტები.

მონტე კარლოს მეთოდის გამოყენებისთვის აუცილებელია გვექონდეს მოცემული განაწილების კანონის მქონე დამოუკიდებელ  $P_j$  წერტილთა მიმდევრობა. ჩვეულებრივ მომხმარებელს გააჩნია შემთხვევითი ანუ ე.წ. ფსევდომშემთხვევითი რიცხვების სენსორები, თანაბრად განაწილებული  $[0,1]$  შუალედში; ასეთი შემთხვევითი სიდიდეების გარდაქმნით მიიღება

შემთხვევითი რიცხვები მოთხოვნილი განაწილების კანონით. პირველ ელექტრო გამომთვლელ მანქანებზე (ეგმ) შემთხვევითი რიცხვების სენსორები იყო ზოგიერთი მოწყობილობა, მაგალითად ისეთები, რომლებიც იყენებდნენ რადიაციული დაშლის მოვლენას შემთხვევითი სიდიდეების მიმდევრობის მისაღებად და ზოგჯერ ერთობლიობაში დამოუკიდებლობის მოთხოვნასაც აკმაყოფილებდნენ. თუმცა ასეთი მოწყობილებები მუშაობენ არც თუ ისე მაღალი სიჩქარით და ამიტომ მუშაობის სიჩქარის გამო ამ მოწყობილობებს უარი ეთქვა. შემთხვევითი რიცხვების სენსორის ნაცვლად გამოიყენება ფსევდოშემთხვევითი რიცხვების სენსორი - ზოგიერთი პროგრამები, რომლებიც იძლევიან რიცხვების მიმდევრობას, რომელიც რეკომენდებულია განვიხილოთ როგორც შემთხვევითი. ფსევდოშემთხვევითი რიცხვების სენსორის გამოყენება იყო პროგრესული ნაბიჯი, რომელიც ალბათური მეთოდების ფართოდ გამოყენების საშუალებას იძლეოდა. თუმცა ამ სენსორების გამოყენებისას ყოველთვის მხედველობაში უნდა გვქონდეს, თუ რომელი თვისებები გააჩნია ამ სენსორებით მოცემულ რიცხვთა მიმდევრობას. მაგალითად, ზოგიერთი ფსევდოშემთხვევითი რიცხვების ზოგიერთი სენსორი გამოიმუშავებს რიცხვთა მიმდევრობას, რომელთა განხილვა შესაძლებელია მხოლოდ წყვილ-წყვილად დამოუკიდებლობის, და არა როგორც ერთობლიობაში დამოუკიდებლობის.

ამრიგად, მონტე კარლოს გამოყენების საშიშროებას წარმოადგენს არა ცდომილების შეფასების ალბათური ხასიათი, არამედ ის, რომ ცდომილების ალბათური შეფასება უფრო ხშირად ხდება იმ შემთხვევითი რიცხვების სენსორების თვისებების გათვალისწინებით, რომლებსაც სინამდვილეში ადგილი არ აქვს.

მრავალი მიდგომა იქნა გამოყენებული ამგვარი განუზღვრელობის თავიდან ასაცილებლად. მონტე კარლოს მეთოდი არის ყველაზე ხშირად გამოყენებული მიდგომა იმ მიზნისთვის, როდესაც მონაცემთა გაურკვევლობის დამუშავება ემყარება შერჩევას მოცემული ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის მიხედვით. მიუხედავად იმისა, რომ სანდოობის



ინჟინერიისა და რისკის შეფასების ფარგლებში, დიდი რაოდენობით სამუშაოები ჩატარდა, მონტე კარლოს ანალიზი, რომელშიც გამოყენებულია ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის მიხედვით გაანგარიშება, კვლავ შეზღუდულია. ამის ალტერნატივა არის ფაზი-რიცხვების გამოყენება, რაც მიზანშეწონილია უკიდურესად გაურკვეველი პირობების ამოხსნისას, ე.ი. როდესაც სტატისტიკური მონაცემები არასაკმარისია და როდესაც მონაცემების მიღების დროს ადამიანური სუბიექტობაა ჩართული.

მრავალი კვლევაა ჩატარებული ამ მიზნით ფაზი-სიმრავლეების თეორიის გამოყენების სანდოობაზე. ზემოთ აღინიშნა, რომ მონტე კარლო სიმულაცია შესაფერისი იარაღია განუზღვრელობის გადასაჭრელად, როდესაც ისტორიული მონაცემები მნიშვნელოვნად დიდია. მაშინ როდესაც წარმოდგენილი მონაცემები წარმოადგენენ ფაზურს და ზედმეტად სუბიექტურს, ფაზი-სიმრავლეების გამოყენება გვთავაზობს განუზღვრელობის დაძლევის უფრო ეფექტურ ხერხს.

პროექტის პორტფელის ფორმირების პრობლემა მიეკუთვნება განუზღვრელობის პირობებში ოპტიმიზაციის ამოცანას. როგორც აღვნიშნეთ, ასეთი ამოცანის გადასაწყვეტად გამოიყენება ალბათობის თეორიის აპარატი. მაგრამ ზოგიერთ სიტუაციაში ალბათობის თეორიის გამოყენება არასაკმარისად კორექტული და გამართლებულია. ამის მიზეზს წარმოადგენს არსებული მონაცემების არასაკმარისობა, რომლებიც საშუალებას არ იძლევიან საკმარისი დამაჯერებლობით დავადგინოთ მოცემული სიტუაციისათვის არჩეული ალბათური მოდელის ადეკვატურობა. თუ ფასიან ქაღალდებში ინვესტირების პორტფელის ფორმირების ამოცანაში ანალიტიკური სერვისისადმი მიწოდებულია ფინანსური ინსტრუმენტების კვოტების მასივები, რომლებიც მოიცავენ თვეებს და წლებს და იძლევიან სტატისტიკური ანალიზის მთელი სიმძლავრის გამოყენების საშუალებას, რისკის შესახებ ინფორმაციის საკმაოდ შეზღუდულ წყაროს ექსპერტთა შეფასებები წარმოადგენს. ასეთ პირობებში ჩნდება, ალბათურისაგან განსხვავებული, არსებული

განუსაზღვრელობის შეფასების სხვა მიდგომის აუცილებლობა. ერთ-ერთი ასეთი მიდგომა დაფუძნებულია ფაზი-სიმრავლეების თეორიის გამოყენებაზე.

ფაზი სიმრავლეები, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, განსაზღვრული იქნა ლ. ზადეს მიერ 1965, როგორც ბუნებრივ ენაზე გამონათქვამების დამუშავებისათვის ფორმალური აპარატი. ეს თეორია საშუალებას იძლევა ფრაზებს „პროექტის რისკი საკმაოდ დიდია,“ ან „პროექტის შემოსავალი მცირედით აღემატება 15 000 ლარს“, რომელიც შეიძლება წარმოიშვას ექსპერტული შეფასებისას, მივანიჭოთ კონკრეტული მათემატიკური აზრი. ამგვარად, ჩნდება შესაძლებლობა ხარისხობრივი ექსპერტული შეფასებები დავიყვანოთ რაოდენობრივზე, რიცხვითზე (მართალია, ფაზი-რიცხვებზე). სხვა მხრივ, ფაზი-სიმრავლეები ექსპერტს აძლევს დიდ მოქნილობას რიცხვითი მაჩვენებლების შეფასებისას. მაგალითად, კითხვაზე პასუხის დროს, როგორი იქნება პროექტისაგან მიღებული შემოსავლიანობა, ექსპერტს შეუძლია მიუთითოს პესიმისტური  $d_{პეს}$ , ოპტიმისტური  $d_{ოპტ}$ , და ყველაზე ალბათური  $d_{ალობ}$  შეფასებები და მიღებული ინფორმაცია შეიძლება გავაერთიანოთ ფაზი-სამკუთხა რიცხვის  $D = (d_{პეს}, d_{ალობ}, d_{ოპტ})$  სახით. შემდეგ რჩება მხოლოდ ვისარგებლოთ მოძებნილი ფაზი-რიცხვითი მაჩვენებლებით ობიექტების შედარებისა და ოპტიმიზაციის ამოცანებში.

პორტფელის ფორმირების პრობლემის მიმართ ფაზი სიმრავლეების თეორიის გამოყენებისას ჩვენ ვაწყდებით ორ ამოცანას:

- პორტფელის მაჩვენებლების შეფასებების ფაზი-რიცხვების სახით მიღებას;
- მიღებული ფაზი-შეფასებების საფუძველზე ოპტიმალური პორტფელის ფორმირებას.

ამ პრობლემის გადასაჭრელად სწორედ ზემოთ მოყვანილი ფაზი-რიცხვების მეშვეობით მონტე კარლოს მეთოდის გამოყენებაა მოსახერხებელი.

## თავი 4. რისკის შეფასების მეთოდების შედარება

წინა თავებში ჩვენ განვიხილეთ ინოვაციური პროექტებში არსებული რისკების შეფასების სხვადასხვა შესაძლო მეთოდი. კერძოდ, VaR გამოთვლის მეთოდი, ჩესერის, ლისის და ალტმანის რისკების შეფასების ბუღალტრული მეთოდი და ბაიესის ქსელის აგების მეთოდი. VaR-ის ისტორიული მეთოდით გამოსათვლელად საჭირო არის ისტორიული (სტატისტიკური) მონაცემების გამოყენება, რომელთა ბაზა საქართველოში სამწუხაროდ არ არსებობს, ვინაიდან საზოგადოებრივი წყობის ერთი ფორმაციიდან მეორეზე გადასვლის დროს, გარდამავალ პერიოდში, თითქმის არ გვაქვს ზუსტი ისტორიული მონაცემები ამა თუ იმ დარგის რისკების შესახებ.

მაგრამ, ზემოთ აღნიშნული მეთოდების გამოყენებისას იკვეთება არსებითი ნაკლი. კერძოდ, ყველა ამ მეთოდში საჭიროა მონაცემთა დიდი პოპულაცია, რაც ზოგიერთ შემთხვევაში თითქმის შეუძლებელია. განსაკუთრებით, როდესაც საქმე გვაქვს ინოვაციურ საინვესტიციო პროექტთან, სადაც რისკების შეფასება არც თუ ისე მარტივი საქმეა და თითქმის შეუძლებელია წინასწარ რაიმე მონაცემის შეგროვება. სწორედ ამიტომ, პრობლემის გადასაჭრელად აუცილებელია ახალი მიდგომის შემუშავება, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ასეთი ამოცანების გადაჭრა. ასეთ საშუალებად მიგვაჩნია ფაზი სიმრავლეების გამოყენება რისკების შეფასებაში.

წინა თავებში განხილული იყო ასევე მონტე კარლოს მეთოდი, ანუ სტოქასტური მოდელირების მეთოდი (*Monte Carlo Simulation*), რომელიც ეფუძნება მოცემული მახასიათებლების მქონე შემთხვევითი პროცესების მოდელირებას. ისტორიული მოდელირების მეთოდისაგან განსხვავებით, მონტე კარლოს მეთოდში აქტივების ფასების (პროექტიდან მისაღები შემოსავლების) ცვლილება გენერირდება ფსევდო-შემთხვევითი სახით განაწილების მოცემული პარამეტრების შესაბამისად, მაგალითად  $\mu$

მათემატიკური ლოდინის და  $\sigma$  ვოლატილობისა. იმიტირებული განაწილება, პრინციპში, შეიძლება ნებისმიერი იყოს, ხოლო სცენარების რაოდენობა – ძალიან დიდი (ათიათასამდეც). მაგრამ მეთოდის პოტენციური სისუსტეა *მოდელის რისკი*. მონტე კარლო ემყარება სპეციფიკურ სტოქასტურ პროცესებს ძირითადი რისკ-ფაქტორებისთვის, რაც შეიძლება არასწორი იყოს. იმის შესამოწმებლად, თუ რამდენად მდგრადია შედეგები მოდელის ცვლილებების დროს, სიმულაციის შედეგები უნდა შევავსოთ გარკვეულ მგრძობელობაზე ანალიზით. წინააღმდეგ შემთხვევაში, მიდგომა ჰგავს შავ ყუთს, რომელიც არ იძლევა შედეგებისათვის საჭირო ინფორმაციას. მონტე კარლოს მეთოდი ზოგადად აღიარებულია საუკეთესოდ, რამდენადაც გააჩნია მთელი რიგი ღირსებები, კერძოდ, არ გამოიყენება ჰიპოთეზა შემოსავლიანობების ნორმალური განაწილებების შესახებ, აჩვენებს მაღალ სიზუსტეს არაწრფივი ინსტრუმენტებისათვის და მდგრადია რეტროსპექტივის არჩევანის მიმართ. მეთოდის ნაკლს შეიძლება მივაკუთვნოთ გამოთვლების ტექნიკური სირთულე და მოდელური რისკი.

იმისათვის, რომ გადავლახოთ რეალურ დაკვირვებებში შეზღუდული რაოდენობით გამოწვეული პრობლემები, ჩვენ შეგვიძლია დამატებითი დაკვირვების გენერირება. როგორც წესი, ამ დამატებითი დაკვირვების მოდელირება ან გენერაცია ხორციელდება მონტე კარლოს მოდელირების მიდგომის გამოყენებით, ისე რომ შემოსავლიანობა ასახავდეს ალბათობას, რომლითაც ისინი მოხდა უახლოეს ისტორიულ პერიოდში. პირველ ნაბიჯზე გამოითვლება შემოსავლიანობის ცვლილებების ისტორიული დისპერსია-კოვარიაციის მატრიცა, მაგრამ როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ეს ჩვენი ქვეყნის სინამდვილეში თითქმის შეუძლებელია და სწორედ ამ პრობლემის გადაჭრას ემსახურება მონტე კარლოს მეთოდში ჩვენს მიერ შემოტანილი ახალი მიდგომა, რომელიც ფაზი-რიცხვებზეა დაფუძნებული. ეს მიდგომა ასევე ამარტივებს გამოთვლების ტექნიკურ მხარეს და ზოგავს ფინანსებსაც.

ჩვენ ასევე განვიხილეთ ჩესერის, ლისის და ალტმანის რისკების შეფასების ბუღალტრული მეთოდი, რომელთა გამოყენებისათვის საჭიროა მრავალი ფაქტორის წინასწარი ცოდნა. კერძოდ, მოდელში გამოყენებულია 22 სხვადასხვა ფინანსური მაჩვენებელი, რომელთა საფუძველზე განხორციელებული იყო 66 კომპანიის ნაბიჯოვანი დისკრიმინანტული ანალიზი, რომელთაგან 33 წარმატებით ფუნქციონირებდა და 33 კი გაკოტრდა. ანალიზის მსვლელობისას კოეფიციენტები, რომლებსაც გააჩნდა უმცირესი სტატისტიკური მნიშვნელობა ამოიღებოდა, რის შემდეგაც კოეფიციენტების სტატისტიკური მნიშვნელობების ანალიზი მეორდებოდა. შედეგად მოდელში რჩებოდა მხოლოდ ხუთი ძირითადი ფინანსური მაჩვენებელი, ეს კი ჩვენს სინამდვილეში ვერ განხორციელდება იმ უბრალო მიზეზის გამო, რომ ამდენი მსხვილი კომპანია ერთად ჩვენს ქვეყანაში არ ფუნქციონირებს, რათა მათზე დაკვირვებით რაიმე განზოგადება მოხდეს. აქაც მნიშვნელოვანია ახალი მიდგომის შემოტანა და მისი მორგება სინამდვილესთან, რასაც ჩვენს მიერ ზემოთ მოყვანილი მიდგომა იძლევა. კერძოდ ლიკვიდურობის, რენტაბელობის და ფინანსური დამოუკიდებლობის პროგნოზირების პროცესში ფაზი-სიმრავლეების გამოყენება.

აღნიშნული მეთოდების გამოყენებით პირველ ეტაპზე ხდება რისკის ძირითადი ფაქტორების მიხედვით კლიენტის პორტფელის დეკომპოზიცია და ფასდება ის გავლენა, რომელსაც ეს ფაქტორები ახდენენ ამა თუ იმ რისკის ზემოქმედების განაწილებაზე. მეორე ეტაპის მიზანს წარმოადგენს რომელიმე ფინანსური რისკის შედეგად მოგებების და ზარალის განაწილებათა აგება პორტფელის თითოეული ინსტრუმენტისათვის. აქაც თუ ვერ ხერხდება შეყვანის პარამეტრების და მონაცემების ზუსტი განსაზღვრა ფაზი-სიმრავლეების თეორია გვთავაზობს გამოსავალს.

ვიმსჯელებთ ბაიესის ქსელის გამოყენების დადებით და უარყოფით მხარეებზე და მივედით დასკვნამდე, რომ მისი გამოყენება რისკების შესაფასებლად ასევე მოითხოვს შერჩევის დიდი მოცულობის პოპულაციას და მრავალ დაკვირვებას, ან ნულოვანი შერჩევის დროს საწყისი მონაცემ-

ბის ქონას. რაც შეუძლებელია, მანამდე რეალობაში არ არსებული ინოვაციური პროექტების რისკების შეფასებისათვის. ჩვენს მიერ შემოთავაზებულ ახალ მიდგომასთან შედარებით რისკების შესაფასებლად ამ მეთოდის გამოყენება სირთულეს წარმოადგენს.

ზემოაღნიშნული და მსოფლიო პრაქტიკის საფუძველზე სწავლების ნებისმიერი ობიექტის შეფასების მოდელები, მათ შორის რისკების ჩათვლით, სანდოა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს საკმარისად დიდი სტატისტიკური ბაზა (ზოგადი პოპულაცია). რა უნდა გავაკეთოთ ასეთი სტატისტიკური მონაცემების არარსებობის შემთხვევაში? დაგროვილი გამოცდილება აჩვენებს, რომ ამ შემთხვევაში ერთადერთი გამოსავალია ექსპერტების შეფასებების გამოყენება და ამ მონაცემების შემდგომ ფაზირიცხვებად გარდაქმნის შედეგად მიღებული მონაცემებით მოდელების შერჩევა.

## დასკვნა

1. ინოვაციური საინვესტიციო პროექტების განხორციელება ხელს უწყობს ეკონომიკურ ზრდას. ვინაიდან ინოვაციები ყოველთვის დაკავშირებულია ტექნიკურ პროგრესთან, იგი იძლევა ნაკლები მასალარესურსების ხარჯვის გარეშე მეტი პროდუქციის წარმოების საშუალებას, ეს კი ეკონომიკური ზრდის საწინდარია.

2. ინოვაციებში ინვესტირება ხასიათდება ინვესტიციების მოზიდვის გართულებებით დაბანდებათა გრძელვადიანი ხასიათისა და პირველ ეტაპზე უკუგების არარსებობის გამო, ასევე შედეგის მიუღებლობის რისკით.

3. სამყაროში ყველა მუდმივად ექვემდებარება მრავალ რისკს, რომლისგან თავის დასაცავად მხოლოდ რისკის სახეობების და მათი წარმოშობის მიზეზების შესწავლა არ არის საკმარისი. აუცილებელია მათი შეფასება და პროგნოზირება. ეს კი არც ისე ადვილია, ვინაიდან გადაწყვეტილების მიღების პროცესი მიმდინარეობს მუდმივად თანმხლებ განუზღვრელობის პირობებში, რომელიც ძირითადად განაპირობებს საქმიანობის საბოლოო შედეგის ნაწილობრივ ან სრულ განუზღვრელობას.

4. სწორედ VaR წარმოადგენს რისკის მეტრიკას, რისკის მაჩვენებელს, რომლის მეშვეობითაც შესაძლებელია განუზღვრელობის სიდიდის დადგენა. რისკის სიდიდის მაჩვენებელი (VaR) არის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი და ფართოდ გამოყენებული სტატისტიკა, რომელიც ზომავს ეკონომიკური ზარალის პოტენციალს. იგი პრაქტიკულად ყველა ძირითადი ფინანსური ინსტიტუტის და რეგულირების მენეჯმენტის მიერ მიღებული იქნა, როგორც რისკის ქვაკუთხედი და საერთო ენა. ნდობის ინტერვალი და დროითი ჰორიზონტი წარმოადგენენ ძირითად პარამეტრებს, რომელთა გარეშე VaR-ის არც გაანგარიშებაა შესაძლებელი და არც ინტერპრეტაცია.

5. არსებობს VaR-ის შეფასების მიმართ მიდგომების ორი ძირითადი ჯგუფი. პირველი ჯგუფი ეფუძნება ეგრეთ წოდებულ „ლოკალურ

შეფასებებს“ (*local valuation*), რაც გულისხმობს ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების ფუნქციის წრფივ ან უფრო რთულ ფუნქციაზე აპროქსიმაციას, რომლის მნიშვნელოვან მაგალითს წარმოადგენს პარამეტრული დელტა-ნორმალური მეთოდი. მეორე ჯგუფი იყენებს „სრულ შეფასებებს“ (*full valuation*), რომელიც გულისხმობს ფინანსური ინსტრუმენტის ღირებულების სრულ გადაანგარიშებას აპროქსიმაციული ვარაუდების გარეშე. ამ ჯგუფს მიეკუთვნება ისტორიული სიმულაციის (VaR -ის გამოთვლის მეთოდი, რომელიც იყენებს ისტორიულ მონაცემებს პორტფელზე ბაზრის ცვლილებების გავლენის შესასწავლადრათა შეაფასოს ბაზრის ნაბიჯების გავლენა პორტფელზე) და მონტე კარლოს მეთოდები.

6. ბაიესის ფორმულას აქვს გარკვეული თავისებურებები, რომელთაგან მთავარია ის, რომ თეორემის პრაქტიკაში გამოყენება მოითხოვს გამოთვლების მნიშვნელოვან რაოდენობას, რის გამოც ბაიესის პარადიგმის შეფასებებმა აქტიური გამოყენება მხოლოდ ქსელური და კომპიუტერული ტექნოლოგიების სფეროში მომხდარი რევოლუციის შემდგომ პერიოდში ჰპოვეს.

7. ალტმანის Z-მოდელი წარმოადგენს სტატისტიკურ მოდელს, რომელიც კომპანიის ფინანსურ მაჩვენებელზე და გადახდისუნარიანობაზე დაყრდნობით საშუალებას იძლევა შეფასდეს გაკოტრების რისკის დონე. ალტმანის მოდელი საკმაოდ ზუსტ პროგნოზს იძლევა გაკოტრების ალბათობის შესახებ ერთი-ორი წლის ჰორიზონტით.

8. ლისის მოდელი - ეს არის გაკოტრების ალბათობის შეფასების მოდელი, რომელშიც ფაქტორებად გათვალისწინებულია ორგანიზაციის საქმიანობის ისეთი შედეგები, როგორცაა: ლიკვიდურობა, რენტაბელობა და ფინანსური დამოუკიდებლობა.

9. ჩესერის მოდელი საშუალებას იძლევა განისაზღვროს პოტენციური მსესხებლის გადახდისუნარიანობა. ამასთან, მოდელი პროგნოზირებს არამარტო კრედიტის დაუბრუნებლობის რისკს, არამედ საწყისი პირობიდან



ნებისმიერ გადახრას, რომელიც სესხს ნაკლებად მიმზიდველს ხდის კრედიტორისათვის.

10. რისკის შეფასების ზემოთ განხილული მოდელები შინაარსობრივად განსხვავდება ერთმანეთისაგან, თუმცა საერთოც გააჩნიათ. ყველა მათგანს სჭირდება დიდი ოდენობით მონაცემები რისკის შესაფასებლად. რადგან ჩვენს სინამდვილეში, შეუძლებელია საკმარისი და სანდო სტატისტიკური მონაცემების შეგროვება, რომელიც ამ პროცესს შეუწყობს ხელს. ამ მიზნითაა ჩატარებული კვლევა, რომელიც უზრუნველყოფს რისკების შესაფასებლად ახალი მიდგომის შემუშავებას.

11. რისკების შეფასების ახლი მიდგომის შესამუშავებლად ეფექტურად მივიჩნით ფაზი სიმრავლეების თეორიის გამოყენება, რომელიც საშუალებას იძლევა მოცემული ფაზი საწყისი მონაცემების დროს საინვესტიციო პროექტების ფინანსური პარამეტრების ადეკვატურად მკაფიო შეფასების საშუალებას. ფაზი-ინტერვალური შეფასების შემუშავებული მეთოდიკა და ინვესტიციების ფინანსური პარამეტრების მრავალ კრიტერიუმიანი ოპტიმიზაცია ტრადიციულ მეთოდებზე უფრო სრულყოფილად იძლევა საშუალებას გამოყენებული იქნეს მომავალი გადახდის ნაკადებისა და პროცენტების შესახებ აპრიორი ინფორმაცია, მათი განუზღვრელობის გათვალისწინებით.

12. ფაზი-ინტერვალური გამოთვლების ტექნიკა დაფუძნებულია საწყისი ფაზი-ინტერვალების ეგრეთ წოდებულ  $a$ -დონეებად დაყოფაზე, ე.ი. მიკუთვნების ხარისხის ერთი და იგივე მნიშვნელობის მკაფიო ინტერვალებად მკაფიო-ინტერვალური გამოთვლების ტექნიკის შემდგომი გამოყენებით და  $a$ -დონის ინტერვალში მიღებული გაანგარიშებით საბოლოო ფაზი-ინტერვალების აღდგენით. იმის შემდეგ რაც ფაზი-სიმრავლის ოპერაციებს გავარკვევთ ფაზი-ინტერვალის განსაზღვრისათვის, შემდეგ ვახდენთ ფაზი-მნიშვნელობის მკაფიო მნიშვნელობად გარდაქმნას.

13. ზემოაღნიშნული და მსოფლიო პრაქტიკის საფუძველზე სწავლების ნებისმიერი ობიექტის შეფასების მოდელები, მათ შორის რისკების ჩათ-

ვლით, სანდოა მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ არსებობს საკმარისად დიდი სტატისტიკური ბაზა. მაგრამ იმ შემთხვევაში თუ ასეთი სტატისტიკური მონაცემები არ არსებობს, დაგროვილი გამოცდილება აჩვენებს, რომ ამ შემთხვევაში ერთადერთი გამოსავალია ექსპერტების შეფასებების გამოყენება და ამ მონაცემების შემდგომ ფაზი-რიცხვებად გარდაქმნით მიღებული მონაცემებით მოდელების შერჩევა.

14. მოცემულია საექსპერტო შეფასებების დასაბუთება სამკუთხა ფაზი-რიცხვების სახით. მნიშვნელოვანი ფაქტია, რომ მეთოდი ითვალისწინებს ექსპერტების შეფასების ხარისხს, რაც დამოკიდებულია ყველა სამკუთხა ფაზი-შეფასებების სასრული სიმრავლის წარმომადგენელთან ექსპერტთა შეფასების სიახლოვეზე.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. მაგრაქველიძე დ. ფინანსური რისკები და მათი ხარისხის დაწვევის მათემატიკური მეთოდები, 2015.
2. ცაბაძე თ. ფაზი ლოგიკის საფუძვლები, „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2018
3. Abstract of the economist  
<http://konspekts.ru/ekonomika-2/problemsy-privlecheniya-investicij-v-innovacionnyj-biznes/>
4. Aghion Ph. Akcigit U. Innovation and Growth: The Schumpeterian Perspective, October 2015. <http://www.coeure-book.ceu.edu/Innovation.pdf>
5. Artzner Ph., Delbaen F., Eber J.M., Heath D., Coherent Measures of Risk, Mathematical Finance, Vol.9, issue 3, pp.203-228.  
<https://doi.org/10.1111/1467-9965.00068>
6. Alexander C., Value at Risk Models. John Wiley&Sons, ltd., 2008.
7. Crouhy M., Galai D., Mark R. Risk management. - N.Y. McGraw-Hill, 2001
8. Downward P. Risk, uncertainty and inference in post-Keynesian economy. A realist commentary. Paper presented at the INEM-ROPE conference, University of New Hampshire, June 15-17, 1998.
9. Dzhamalov U. I. Attraction of investments into regions, M: Young scientist, No. 5. – 2012.
10. Holton, Glyn A. Value-at-Risk: Theory and Practice, second edition, e-book. 2014.
11. Jorion P. value at risk: the new benchmark for managing financial risk. 2nd ed - McGraw-Hill, 2001.
12. Jorion Ph., Value at Risk. The New Benchmark for Managing Financial risk, 3<sup>rd</sup>. ed. , 2007
13. Lee Ch. Lee A., Lee Jh. Handbook of Quantitative Finance and Risk Management, Springer, 2010
14. Mazzarol T. Business angels: what are they and why are they important? August 12, 2012. <https://theconversation.com/business-angels-what-are-they-and-why-are-they-important-8794>
15. Nedosekin A. Fuzzy Financial Management. AFA Library, Moscow, 2003.
16. O'Hagan, A.. Uncertain Judgements: Eliciting Experts' Probabilities. Chichester: Wiley. et al. (2006) ISBN 9780470033302
17. Pannell, D. J., Sensitivity Analysis of Normative Economic Models: Teoretical framework and Practical Strategies (PDF), Agricultural Economics. **16** (2), pp.139–152. 1997 doi:10.1016/S0169-5150(96)01217-0.
18. Platona V., Constantinescu A., Monte Carlo Method in risk analysis for investment projects, Elsevier, Procedia Economics and Finance 15 (2014) pp.393 – 400.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567114004638>

19. Tsabadze T. A method for fuzzy aggregation based on group expert evaluations. *Fuzzy Sets and Systems*, 157 (2006), 1346-1361.
20. Tsabadze T. The reduction of binary fuzzy relations and its applications. *Information Sciences*, 178 (2008), 562-572.
21. Tsabadze T. A New Approach for Assessing Credit Riskc under Unsertinity, *Banking and Finance*, 2020. DOI: 10.5772/intechopen.93285
22. Андреева Т., Грибинча А. Проблемы привлечения инвестиций в инноваций как фактор экономического роста государства. <http://studiamsu.eu/wpcontent/uploads/28.-p.173-177.pdf>
23. Аньшин В.М., Демкин И.В., Царьков И.Н., Никоно И.М., применение теории нечётких множеств к задаче формирования портфеля проектов, Статья выполнена в рамках мероприятия 5.2.5 инновационно-образовательной программы ГУ ВШЭ «Формирование системы аналитических компетенций для инноваций в бизнесе и государственном управлении», 2006
24. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Басыров Р.Р. Основы нечеткой логики, ВО НЧИ КФУ, 2018.
25. Султанов И. А. Инновационное направление инвестиций. <http://projectimo.ru/upravlenie-investiciyami/investicii-v-innovacii.htm>
26. Перфильева И.Г. Приложения теории нечетких множеств, *Итоги науки и техн. Сер. Теор. вероятн.Мат. стат. Теор. кибернет.*, 1990, том 29, 83–151
27. <http://masters.donntu.org/2007/kita/malyarchik/library/art05.htm>  
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 07.06.2021
28. <http://www.cfin.ru/press/afa/2000-2/08-2.shtml> უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 07.06.2021
29. <https://loginom.ru/blog/fuzzy-logic>  
უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 07.06.2021