

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

VERSLO VADYBOS FAKULTETAS

VERSLO EKONOMIKOS KATEDRA

Audrius Džikevičius

**INVESTICIJŲ RIZIKOS VERTINIMAS IMITACINIŲ MODELIAVIMU**

**INVESTMENT RISK ASSESSMENT USING SIMULATION TECHNIQUES**

Baigiamasis magistro darbas

Verslo vadyba

Socialiniai mokslai, ekonomika 04S

Vadovas: \_\_\_\_\_ prof. hab. dr. A. V. Rutkauskas

VILNIUS, 2001

# ANOTACIJA

Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
Verslo vadybos fakultetas  
Verslo ekonomikos katedra

ISBN            ISSN  
Egz. sk.:        3  
Data: 2001 04 16

Magistrantūros baigiamasis darbas (tezės)  
Investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu

Audrius Džikevičius

Kalba

- lietuvių  
 užsienio

Magistro tezių tyrimo objektas - investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu.

Pagrindinis darbo tikslas - išanalizuoti ir pristatyti pačius naujausius teorinius bei praktinius pasiekimus investicijų rizikos vertinimo srityje, vienas kurių yra investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu, taip pat, kritiškai įvertinus šią rizikos vertinimo metodiką, adaptuoti ją Lietuvos sąlygoms bei suformuluoti pagrindinius metodikos taikymo principus vertybinių popierių portfelių bei investicijų projektų rizikai vertinti.

Pagrindinė darbe sprendžiama problema gali būti apibrėžta kaip investicijų rizikos vertinimo normų ir standartų, būdingų Lietuvos pinigų ir kapitalo rinkoms, neadekvatumas išsivysčiusiose Vakarų šalyse taikomoms investicijų rizikos vertinimo normoms bei standartams.

Atlikus išsamią įvairių imitacinio modeliavimo technikų bei jų praktinio panaudojimo Lietuvoje galimybių analizę, nustatyta, kad tik imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu turi plačias praktinio panaudojimo galimybes Lietuvos pinigų ir kapitalo rinkose, taip pat vertinant sudėtingus bei stambius investicijų projektus.

Atliktas realaus investicijų projekto rizikos vertinimas siūloma metodika patvirtino jos privalumus bei pranašumus prieš "tradicinius" investicijų rizikos vertinimo metodus.

Reikšminiai žodžiai: investicijos, investicijų rizikos vertinimas, rizikos vertė, imitacinio modeliavimo technikos, imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu

# ABSTRACT

Vilnius Gediminas Technical University  
Business Management Faculty  
Business Economics Department

ISBN            ISSN  
No. of copies: 3  
Date: 2001 04 16

Masters' Thesis  
Investment Risk Assessment Using Simulation Techniques

Audrius Džikevičius

Language

- Lithuanian  
 Foreign

Investment risk assessment using simulation techniques was the research object of the masters' thesis.

The main aim of the thesis was to analyse and present the latest theoretical and practical developments in an investment risk assessment field, one of which is an investment risk assessment using simulation techniques, critically evaluate these risk assessment techniques, and adapt them to the peculiarities of Lithuania, and formulate the main principles of these techniques' application for the purposes of the risk assessment of securities portfolios and investment projects.

The main problem that was worked out in the research paper may be described as an inadequacy of an investment risk assessment norms and standards that are characteristic in Lithuania's money and capital markets to ones that are used in developed Western countries.

An extensive analysis of various simulation techniques together with their practical employment possibilities in Lithuania was done, and it was concluded that Monte Carlo simulation only has wide practical employment possibilities in Lithuania's money and capital markets, and also while assessing large and complex investment projects.

A risk assessment procedure of a real investment project using the proposed technique was performed, which finally proved its merits and advantages against "traditional" investment risk assessment techniques.

Keywords: Investment, Investment Risk Assessment, Value at Risk, Simulation Techniques, Monte Carlo Simulation

# TURINYS

PAVEIKSLŲ IR LENTELIŲ SĄRAŠAI.....	6
SANTRUMPOS.....	7
ĮVADAS.....	7
1. TYRIMO OBJEKTAS IR AKTUALIŲ PROBLEMŲ APTARIMAS.....	11
2. INVESTICIJOS IR INVESTAVIMAS.....	15
2.1. Investicijų samprata ir jų formos.....	15
2.2. Investavimo procesas.....	20
3. INVESTICIJŲ RIZIKA IR "TRADICINIAI" JOS VERTINIMO METODAI.....	22
3.1. Investicijų rizikos samprata.....	22
3.2. Investicijų rizikos vertinimo metodai.....	24
4. TIKIMYBINIS VERSLO PROCESŲ POBŪDIS BEI ANALIZĖS YPATUMAI.....	27
4.1. Nuo deterministinės verslo procesų sampratos link stochastinės.....	27
4.1.1. Tradicinis (deterministinis) požiūris.....	27
4.1.2. Tikimybių teorijos ir matematinės statistikos elementai.....	28
4.1.2.1. Atsitiktiniai dydžiai.....	28
4.1.2.2. Atsitiktinio dydžio tikimybiniai pasiskirstymai.....	29
4.2. Tikimybių teorijos ir matematinės statistikos taikymo investicijų rizikos vertinime pavyzdžiai.....	32
5. IMITACINIO MODELIAVIMO TECHNIKOS.....	35
5.1. Rizikos vertės samprata.....	35
5.2. Imitacinis modeliavimas delta (dispersiniu) metodu.....	37
5.3. Imitacinis modeliavimas istorinių duomenų pagrindu.....	38
5.3.1. Istorinio modeliavimo pranašumai.....	39
5.3.2. Problemos, išskylančios taikant istorinio modeliavimo metodą.....	40
5.4. Imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu.....	41
5.4.1. Investicijų portfelio rizikos vertinimas.....	41
5.4.1.1. Vieno aktyvo rizikos vertės nustatymas.....	42
5.4.1.2. Portfelio rizikos vertės nustatymas.....	43
5.4.1.3. Kai kurie praktiniai imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu klausimai	46
5.4.2. Investicijų projektų rizikos vertinimas.....	50
5.4.2.1. Imitacinio modeliavimo procedūra.....	50
5.4.2.2. Pagrindinės investicijų projektų atrinkimo taisyklės.....	52

5.4.3. Imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu privalumai bei trūkumai.....	57
5.5. Imitacinio modeliavimo metodikų įvertinimas ir jų praktinio pritaikymo galimybių Lietuvoje analizė.....	59
5.5.1. Imitacinio modeliavimo metodikų įvertinimas.....	59
5.5.2. Investicijų portfelio rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu.....	63
5.5.3. Investicijų projekto rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu.....	64
6. KOMPIUTERIZUOTAS INVESTICIJŲ PROJEKTO RIZIKOS VERTINIMO MODELIS...	65
6.1. Įvadas.....	65
6.2. Investicinio projekto stochastinis modelis.....	65
6.3. Imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu.....	68
6.4. Jautrumo analizė.....	68
6.5. NPV reikšmių empirinis pasiskirstymas ir teorinio pasiskirstymo modelio nustatymas..	70
6.6. Išvados.....	74
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	76
LITERATŪROS SĄRAŠAS.....	78
KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	80
PRIEDAI.....	

# PAVEIKSLŲ IR LENTELIŲ SĄRAŠAI

## Paveikslai

<b>Pavadinimas</b>	<b>Psl.</b>
1. pav. Standartinio normaliojo pasiskirstymo tankio funkcija.....	30
2. pav. Dabartinės vertės empirinio pasiskirstymo histograma.....	33
3. pav. Dabartinių verčių pasiskirstymai.....	34
4. pav. Investicinės bendrovės "X" dienos pajamų histograma.....	36
5. pav. Rizikos analizės Monte Karlo metodu schema.....	51
6. pav. 1-2-3 atvejų rizikos profiliai.....	53
7. pav. 4-o atvejo rizikos profilis.....	54
8. pav. 5-o atvejo rizikos profiliai.....	55
9. pav. 6-12 mėn. vidutinių paskolų litais palūkanų normos.....	61
10. pav. 6-12 mėn. terminuotųjų indėlių litais vidutinių palūkanų normos.....	62
11. pav. NPV priklausomybė nuo investicijų projekto kintamųjų.....	70
12. pav. Investicijų projekto NPV reikšmių pasiskirstymas.....	71
13. pav. Investicijų projekto pinigų srautų neapibrėžtumas laikui bėgant.....	72
14. pav. Kumuliatyviniai empirinio investicijų projekto NPV bei Beta pasiskirstymo dėsniai..	74

## Lentelės

<b>Pavadinimas</b>	<b>Psl.</b>
1. lentelė. Sistemingos ir nesistemingos rizikos veiksniai.....	23
2. lentelė. Diskrečiojo atsitiktinio dydžio skirstinio aprašymas.....	29
3. lentelė. Intervalinė stebėjimų lentelė.....	31
4. lentelė. Empirinių dažnių lentelė.....	32
5. lentelė. Modeliavimo Monte Karlo metodu privalumai ir trūkumai.....	59
6. lentelė. Investicijų projekto kintamieji ir jų pasiskirstymo dėsniai.....	66
7. lentelė. Grynosios dabartinės vertės empirinio pasiskirstymo statistinės charakteristikos...	68
8. lentelė. Investicijų projekto NPV priklausomybė nuo rizikos kintamųjų.....	69
9. lentelė. Investicijų projekto NPV reikšmių empirinis pasiskirstymas.....	71
10. lentelė. Testai ir jų reikšmės Beta skirstiniui.....	73

## SANTRUMPOS

DV	dabartinė vertė
IT	informacinės technologijos
LTL	Lietuvos Respublikos piniginis vienetas
NLN	normuotas laukiamas nuostolis
NPV	grynoji dabartinė vertė (ang. Net Present Value)
PV	portfelio vertė
USD	JAV piniginis vienetas
VaR	rizikos vertė (angl. Value at Risk)
VP	vertybiniai popieriai

# ĮVADAS

## **Sprendžiama problema ir temos aktualumas**

Pagrindinės charakteristikos, apibūdinančios investicijas, yra pelningumas ir rizika. Tikslus investicijų rizikos įvertinimas sudaro prielaidas galimiems nuostoliams išvengti. Nuolat didėjančiais tempais auganti pasaulinė finansų rinka verčia šios srities mokslininkus bei praktikus ieškoti naujų, tobulesnių investicijų rizikos vertinimo metodų, kadangi didėja ne tik finansinių sandorių apimtys, bet kartu su jomis ir galimų nuostolių apimtys. Tokiu būdu investicijų rizikos vertinimas yra yra aktuali tiek mokslinė, tiek ir praktinė problema.

Šio magistro baigiamojo darbo tyrimo objektas yra investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu. Imitacinis modeliavimas - tai procesas, kurio metu tiriama problema yra sprendžiama kompiuteriu, atliekant daugkartinius iteracinius skaičiavimus, kurių metu yra keičiami tiriamo objekto modelį aprašantys parametrai. Imitacinio modeliavimo metu yra sudaromas stochastinis tiriamas investicijas aprašantis modelis, kuris įgalina apskaičiuoti tikėtiną investicijų rizikos lygį bei kitus svarbius statistinius parametrus.

## **Tyrimo tikslas ir uždaviniai**

Pagrindinis šio darbo tikslas - išanalizuoti ir pristatyti pačius naujausius teorinius bei praktinius pasiekimus investicijų rizikos vertinimo srityje, vienas kurių yra investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu, taip pat, kritiškai įvertinus šią rizikos vertinimo metodiką, adaptuoti ją Lietuvos sąlygoms bei suformuluoti pagrindinius metodikos taikymo principus vertybinių popierių portfelių bei investicijų projektų rizikai vertinti.

Tyrimo tikslui pasiekti darbe numatoma išspręsti šiuos uždavinius:

- 1) įvardinti ir apibūdinti sprendžiamą problemą globalizacijos sąlygomis;
- 2) išryškinti specifinius rizikos veiksnius, būdingus Lietuvos bei kitų post-sovietinių šalių investicinei aplinkai;



- 3) apibrėžti investicijų sąvoką, išskirti jų formas, pateikti investavimo proceso sampratą;
- 4) apibūdinti investicijų rizikos sampratą, bei, išryškinant trūkumus bei privalumus, trumpai pristatyti "tradicinius" investicijų rizikos vertinimo metodus;
- 5) apibūdinti stochastinių verslo ir finansinių procesų tyrimo galimybes bei ypatumus;
- 6) išanalizuoti naujausius pasiekimus investicijų rizikos vertinimo srityje, susijusius su imitacinio modeliavimo technikų taikymu;
- 7) kritiškai įvertinus rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu technikas, adaptuoti jas Lietuvos sąlygoms bei suformuluoti pagrindinius metodinius jų taikymo principus vertybinių popierių portfelių bei investicijų projektų rizikai vertinti;
- 8) suformuoti realaus investicijų projekto stochastinį modelį ir pademonstruoti investicijų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu privalumus, atliekant praktinius skaičiavimus.

### **Tyrimo metodai**

Pagrindinis tyrimo metodas, kuriuo vadovaujantis atlikti tyrimai, yra loginė analizė bei tokie tarpdisciplininio tyrimo metodai kaip sintezė, analogija, modeliavimas, verifikacija.

Nagrinėjant praktinius investicijų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu aspektus, taikyta statistinių duomenų analizė ir sistemimas, atlikti matematiniai skaičiavimai elektronine skaičiuokle MS EXCEL 2000 bei šiais programiniais paketais - @Risk4.0, Bestfit4.0, Statistica5.0.

Tezėse remtasi Lietuvos bei užsienio šalių mokslininkų darbais, finansų analitikų bei praktikų straipsniais ir pastebėjimais, publikuotais spausdintiniuose bei elektroniniuose leidiniuose, finansinių institucijų norminiais aktais bei rekomendacijomis, kita temai aktualia medžiaga.

### **Pasiekti rezultatai**

Magistro tezėse autoriui pavyko pasiekti šiuos rezultatus:

- 1) suformuluoti ir susisteminti specifinius rizikos veiksnius, būdingus Lietuvos bei kitų post-sovietinių šalių investicinei aplinkai;
- 2) atskleisti investicijų rizikos vertinimo problematiką globalizacijos sąlygomis ir aspektu;

- 3) suformuluoti pagrindinius investicijų portfelių bei investicijų projektų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu principus;
- 4) suprojektuoti realaus investicijų projekto stochastinį modelį, leidžiantį atlikti investicijų rizikos vertinimą imitaciniu modeliavimu.

### **Mokslinis naujumas ir praktinė nauda**

Mokslinis naujumas pasireiškia tuo, kad pirmą kartą pabandyta išsamiai ištirti užsienio šalyse jau visuotinai pripažintą, tačiau Lietuvoje dar mažai žinomą investicijų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu metodiką, atlikta metodikos taikymo Lietuvos sąlygomis galimybių analizė, pateiktos konkrečios rekomendacijos, palengvinančios metodo taikymą investicijų rizikos vertinimui Lietuvoje.

Praktiniai darbo rezultatai:

- atlikti tyrimai padės finansinių institucijų darbuotojams tiksliau įvertinti investicijų riziką bei tuo pačiu minimizuoti galimus nuostolius;
- šis darbas paskatins tolesnį nagrinėtos temos mokslinį nagrinėjimą, darbo rezultatai bus naudingi dėstant finansų valdymo krypties paskaitas universitetuose bei praktinio mokymo kursuose.

### **Apimtis ir struktūra**

Darbas susideda iš įvado, šešių dalių, išvadų ir pasiūlymų bei literatūros šaltinių sąrašo. Darbo apimtis - 80 psl.

## 1. TYRIMO OBJEKTAS IR AKTUALIŲ PROBLEMŲ APTARIMAS

Pagrindinės charakteristikos, apibūdinančios investicijas, yra pelningumas ir rizika. Tikslus investicijų rizikos įvertinimas sudaro prielaidas galimiems nuostoliams išvengti. Nuolat didėjančiais tempais auganti pasaulinė finansų rinka verčia šios srities mokslininkus bei praktikus ieškoti naujų, tobulesnių investicijų rizikos vertinimo metodų, kadangi auga ne tik finansinių sandorių apimtys, bet kartu su jomis ir galimų nuostolių apimtys. Tokiu būdu investicijų rizikos vertinimas yra yra aktuali tiek mokslinė, tiek ir praktinė problema.

Šio magistro baigiamojo darbo tezių tyrimo objektas yra investicijų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu.

Šiuolaikinės rizikos valdymo literatūros šaltinių bei Vakarų šalių finansinių institucijų veiklos analizė rodo, jog investicijų rizikos valdymo srityje vyksta dramatiški pokyčiai, kuriuos kai kurie autoriai bei apžvalgininkai prilygina rizikos valdymo revoliucijai [17; 4]. Deja, šie pokyčiai tik nežymiai veikia Lietuvos finansinių rinkų dalyvius, Lietuvos mokslininkų nėra tinkamai analizuojami, todėl, autoriaus nuomone, būtina šią situaciją iš esmės keisti. Tokios mintys autorių ir paskatino magistro tezių tyrimo objektu pasirinkti vieną naujausių pasiekimų investicijų rizikos valdymo srityje - investicijų rizikos vertinimą imitaciniu modeliavimu.

Imitacininis modeliavimas - tai technika, kurios metu problema yra sprendžiama eksperimentiniu būdu, t.y. kuomet modelis imituoja sistemos veikimą kompiuteryje [9; 17]. Imitacinis modeliavimas yra naudojamas sudėtingų sistemų modeliavimui, prie kurių yra priskiriamos ir investicijų - jų portfelių bei investicijų projektų, rizikos vertinimas.

Modelis pačia bendriausia prasme gali būti traktuojamas kaip tiriamo objekto ar proceso supaprastintas analogas, kuriam kaip ir originalui būdingi tam tikri ryšiai bei tam tikros charakteristikos. Modeliai arba realių objektų (procesų) abstrakcijos leidžia griežčiau aprašyti ryšius tarp tiriamojo objekto bei jo ir išorinės aplinkos, supaprastinti samprotavimus ir atlikti eksperimentus, padedančius patikslinti tyrinėtoją dominančių reikškinių prigimtį [14; 11].

Šiame darbe sprendžiama problema gali būti apibrėžta kaip investicijų rizikos vertinimo normų ir standartų, būdingų Lietuvos finansų rinkų dalyviams, neadekvatumas išsivysčiusiose Vakarų šalyse taikomoms investicijų rizikos vertinimo normoms bei standartams.

Esminis procesas, iš pagrindų keičiantis ir įtakojantis verslininkystę bei visas kitas žmogaus gyvenimo sritis, šiandien įvardijamas globalizacijos terminu. Globalizacija yra suvokiama kaip procesas, kurio metu vyksta *vieningų normų ir standartų formavimas, pasklidimas bei įgyvendinimas globaliniais mastais*.

Globalizacija palietė ir investicijų sferą. Šioje srityje vykstančius pokyčius galima įvardinti tokiais teiginiais:

- ✓ stebima ekonominės ir informacinės ūkio plėtros integracija, ko pasėkoje formuojasi vieninga informacinė ir investicinė erdvė;
- ✓ vyksta investicinių rinkų integracija bei šių rinkų valdymo sistemų integracija;
- ✓ formuojasi naujos investicinės technologijos, besiremiančios patikimu informaciniu aprūpinimu bei tiksliu normatyviniu-teisiniu investicinių sprendimų priėmimu tarptautiniame lygyje;
- ✓ yra unifikuojami bei kanonizuojami investicinius procesus reglamentuojantys teisės aktai, pasirašomos tarptautinės sutartys investicijų ir kapitalo valdymo srityje;
- ✓ diegiami vieningi hipotekos mechanizmų, buhalterinės apskaitos, investicijų projektų bei programų pristatymo informaciniuose projektuose, taip pat jų sudarymo bei vertinimo standartai,
- ✓ kuriasi integruota investicinė infrastruktūra (bankinė, teisinė, organizacinė), aptarnaujanti investicijas;
- ✓ kuriami ir realizuojami integraliniai investicinių procesų valdymo mechanizmai ir technologijos.

Apžvelgus aukščiau pateiktas šiuolaikines investicinių procesų formavimo, vertinimo bei paskleidimo kitimo kryptis bei tendencijas, ir, jas sulyginus su Lietuvos realijomis, galima pastebėti daugybę problemų.

Išsivysčiusiose Vakarų šalyse jau devintojo dešimtmečio pabaigoje de jure buvo įtvirtintos naujos investicijų rizikos vertinimo metodikos, besiremiančios rizikos vertės (angl. - Value at Risk) koncepcija. Šios metodologijos yra taikomos ne tik kasdienėje organizacijų veikloje, bet yra įtvirtintos ir Bazelio komiteto normatyviniuose dokumentuose, taigi tapo visuotinai pripažintu standartu rizikos vertinimo srityje [25]. Pažymėtina, kad šią investicijų rizikos vertinimo metodiką sukūrė patys finansų rinkos dalyviai ir šiuos rinkos dalyvius kontroliuojantys organai greitai ją pripažino kaip unifikuotu, patogiu ir vienodai traktuojamu investicijų rizikos vertinimo matu.

Dar viena svarbi investicijų rizikos vertinimo problema yra *specifiniai rizikos veiksniai, kurie būdingi Lietuvos bei kitų post-sovietinių šalių investicinei aplinkai*. Siekdamas apibendrinti ir susisteminti charakteringus specifinius rizikos veiksnius, autorius laiko tikslingu jų priskyrimą atskiroms grupėms. Besireiškiančius specifinius rizikos veiksnius galima sugrupuoti į ekonominius, politinius - teisinius, socialinius - kultūrinius bei veiksnius, susijusius su Lietuvos tarptautine padėtimi Baltijos regione.

Prie specifinių *ekonominių* rizikos veiksnių galima priskirti tokius kaip:

- valiutų valdybos modelis, stabdantis eksporto plėtrą;
- nacionalinės valiutos devalvavimo galimybė, keičiant bazinę valiutą;
- infrastruktūrinių objektų, tokių kaip komunikaciniai vamzdynai, transporto sistema, šilumos ūkis ir pan. totalinis susidėvėjimas, dėl ko galimos katastrofos ir nelaimės;
- komplikotos žemės įsigijimo bei nuomos sąlygos nerezidentams;
- vertybinių popierių rinkos neišsivystymas bei nelikvidumas;
- apyvartinių lėšų, reikalingų įmonių veiklai užtikrinti, trūkumas, didelis nemokių ir bankrutuojančių įmonių skaičius;
- didelis nusikalstamumo, tame tarpe ir organizuoto, lygis;

- kiti veiksniai.

Prie specifinių *politinių - teisinių* rizikos veiksnių galima priskirti tokius kaip:

- teisinių bei norminių aktų, vienaip ar kitaip reglamentuojančių ūkio subjektų veiklą, kaita bei kolizijos tarp jų;
- politinių jėgų, propaguojančių nacistines idėjas, privačių infrastruktūrinių objektų nacionalizavimo galimybes aktyvi veikla ir populiarumas;
- vyriausybinių bei žinybinių institucijų, kontroliuojančių ūkio subjektus, gausa;
- konfrontacija tarp vykdomosios bei įstatymus leidžiamosios valdžios;
- kolosalūs biurokratijos, korupcijos bei kyšininkavimo mastai visuose valstybės bei savivaldybės valdžios lygiuose;
- kiti veiksniai.

Prie specifinių *socialinių - kultūrinių* rizikos veiksnių galima priskirti tokius kaip:

- žemas pragyvenimo lygis, bedarbystė, nusivylimas ir kitos problemos, sudarančios palankią dirvą ribinių akcijų organizavimui, antivakarietišku nuotaikų eskalavimui, įvairaus pobūdžio konfliktų atsiradimui ir pan.;
- žema Lietuvos piliečių investavimo į vertybinius popierius kultūra, kurios formavimąsi iš esmės pakirto bei diskreditavo vadinamoji "čekinė" privatizacija;
- menka informacinių technologijų išmanymo kultūra;
- kiti veiksniai.

Taip pat į atskirą grupę galima išskirti specifinius rizikos veiksnius, susijusius su Lietuvos *tarptautine padėtimi Baltijos regione*:

- autokratinis režimas bei lukašensizmas Baltarusijoje, karinės intervencijos galimybė;
- nestabilus politinis klimatas Rusijos Federacijoje, atviri Rusijos Dūmos parlamentarų grasinimai bei teritorinės pretenzijos Baltijos šalims, Kaliningrado srities geografinė bei ekonominė padėtis.

Daugelis aukščiau įvardintų rizikos veiksnių negali būti tiesiogiai kiekybiškai tiriami, jie pasiduoda tik kokybinei rizikos analizei, kuri yra sudėtinė bendrosios rizikos vertinimo dalis, tačiau šiame darbe ji nebus nagrinėjama. Toliau tekste pagrindinis dėmesys bus telkiamas kiekybiniam rizikos vertinimui pačiomis naujausiomis metodikomis, vienai kurių ir yra priskiriamas imitacinis modeliavimas.

## 2. INVESTICIJOS IR INVESTAVIMAS

Šio skyriaus tikslas yra apibrėžti investicijų sąvoką, taip pat, remiantis įvairiais kriterijais, išskirti galimas investicijų formas, pateikti investavimo proceso sampratą.

### 2.1. INVESTICIJŲ SAMPRATA IR JŲ FORMOS

Prieš pradėdant investicijų rizikos vertinimo nagrinėjimą, visų pirma derėtų išsiaiškinti pačią investicijų sąvoką. Reikia pasakyti, kad literatūroje bei norminiuose dokumentuose sutinkama įvairių investicijų apibūdinimų:

- ✓ **Investicijos** - tai lėšos materialiajam ilgalaikiam turtui kurti, įsigyti arba modernizuoti arba nematerialiajam turtui įsigyti, siekiant gauti pelną ar socialinį rezultatą [22; 5].
- ✓ **Investicijos** - piniginės lėšos ir įstatymais bei kitais teisės aktais nustatyta tvarka įvertintas materialusis, nematerialusis ir finansinis turtas, kuris investuojamas siekiant iš investavimo objekto gauti pelno (pajamų), socialinį rezultatą (švietimo, kultūros, mokslo, sveikatos ir socialinės apsaugos bei kitose panašiose srityse) arba užtikrinti valstybės funkcijų įgyvendinimą [10].
- ✓ **Investicijos** - tai lėšų įdėjimas į realius aktyvus (tiesioginės investicijos) arba į vertybinius popierius (portfelinės investicijos), siekiant gauti pelno arba bet kokio kitokio norimo rezultato [29; 7].
- ✓ Ukrainos įstatyme "Apie investicinę veiklą" **investicijomis** laikomos visų rūšių turtinės bei intelektualinės vertybės, įdedamos į verslo ar kitų veiklos rūšių objektus, ko pasėkoje gaunamas pelnas (pajamos) arba pasiekiamas socialinis rezultatas [27; 10].

Vokiečių mokslininkai Bloech ir Gotze [22] teigia, kad investicijos apima savyje kompleksą gana sudėtingų reiškinių, kurie pasireiškia įvairiausiomis formomis. Tokiu būdu ekonominė investicijų samprata gali būti traktuojama skirtingai. Toliau jie išskiria keturias investicijų sampratų grupes: a)



investicijos, charakterizuojamos mokėjimais, b) investicijos, charakterizuojamos turtu, c) kombinatorinės ir d) dispozicinės investicijos. Pirmu atveju investicijos apibūdinamos įmokų bei išmokų srautu, kuris prasideda nuo išmokų (tuo investicijos skiriasi nuo finansavimo). Antru atveju investicijomis laikomas kapitalo tapimas turtiniais objektais arba kapitalo naudojimas. Kombinatorinė investicijų sąvoka apima įsigytų materialinių pagrindinių priemonių kombinaciją arba jų kombinaciją su jau turimais aktyvais. Dispozicinių investicijų samprata susijusi su tuo, kad įmonės laisvė veikti mažėja, nes investuojant yra surišamos finansinės lėšos.

Išnagrinėjus eilę įvairių literatūros šaltinių matyti, kad investicijų terminas neretai traktuojamas klaidingai arba pernelyg siaurai. Žemiau pažymėsime keturias būdingas klaidas:

- ✓ Investicijomis laikomas bet koks lėšų įdėjimas, kuris gali neatnešti nei kapitalo prieaugio, nei pelno, nei kitokio rezultato. Toks lėšų įdėjimas priskirtinas prie išlaidų.
- ✓ Terminas "investicijos" sutapatinamas su terminu "kapitaliniai įdėjimai". Iš tiesų investicijų sąvoka yra kur kas platesnė nei kapitaliniai įdėjimai.
- ✓ Daugelyje apibrėžimų pažymima, kad investicijoms priskiriamas tik piniginių lėšų įdėjimas, nors iš tiesų investicijoms gali būti priskirtinas bet kokių turtinių objektų įdėjimas.
- ✓ Taip pat dažnai investicijomis laikomos tik ilgalaikis lėšų įdėjimas.

Apibendrinant galima padaryti išvadą, kad investicijomis yra laikytinas bet kokios rūšies turto įdėjimas bet kokiam laikotarpiui, ko pasėkoje sukuriamas pelnas arba pasiekiamas kitoks norimas rezultatas.

Investicijos patenka į įvairias verslo ir socialines sferas įvairiomis *formomis*. Kad būtų galima analizuoti, planuoti bei apskaityti investicijas, jos yra klasifikuojamos pagal atskirus požymius.

Mokslinėje literatūroje [3, 11, 19, 22, 26, 29] sutinkama skirtingų investicijų klasifikavimo schemų, klasifikavimui naudojami ne vienodi požymiai.

Galima išskirti tokius skirtingus klasifikavimo požymius: investicijų rūšis, investicijų objektas, dalyvavimo investavimo procese charakteris, teritorinis požymis, investavimo trukmė, nuosavybės forma, investitoriaus dalyvavimo forma, rizikos laipsnis, atkūrimo forma.

Pagal investicijų rūšis išskiriamos tokios investicijos: a) piniginės lėšos, tiksliniai bankiniai indėliai, pajai, akcijos ir kiti vertybiniai popieriai; b) kilnojamas ir nekilnojamas turtas; c) turtinės teisės, susijusios su autorinėmis teisėmis, patirtimi ir kitokiomis intelektualinių vertybių rūšimis; d) techninių, technologinių, komercinių ir kitokių žinių, apiformintų techninės dokumentacijos forma, visuma, įgūdžiai ir gamybinės patirtis, būtina vienokios ar kitokios neužpatentuotos gamybos organizavimui; e) naudojimosi žeme, vandenimis, ištekliais, pastatais, statiniais teisės, taip pat kitos turtinės teisės; f) kitos vertybės.

Pagal investicijų objektus investijos būna: a) daiktinės investicijos – tai lėšų įdėjimas įrengimais, prekių atsargomis bei žaliavomis; b) nematerialios investicijos dažnai literatūroje charakterizuojamos kaip inovacinės investicijos (į šias investicijas patenka mokslo bei technikos pažangos investicijos, žmogiškasis kapitalas, socialinės investicijos, netiesioginė reklama); c) finansinės investicijos – tai investicijos į įvairius finansinius instrumentus, iš kurių didžiausią dalį sudaro investicijos į vertybinius popierius.

Pagal dalyvavimą investavimo procese investicijos būna:

a) tiesioginės investicijos – tai betarpiškas investitoriaus dalyvavimas investuojant lėšas bei pasirenkant investavimo objektą. Tiesioginį investavimą (dažniausiai) vykdo specialiai tam paruošti investitoriai, turintys labai tikslią informaciją apie investicinį objektą, politinę situaciją, ekonominius šalies rodiklius bei gerai išmanantys investavimo procesą;

b) netiesioginės investicijos – tai investavimas, atliekamas per įgaliotus asmenis arba tam tikslui skirtas finansines institucijas. Ne visi investitoriai turi pakankamą kvalifikaciją, kad galėtų sėkmingai pasirinkti investavimo objektus ir vėliau tinkamai valdyti investicijų portfelį. Tokiais atvejais jie įgyja vertybinius popierius, kuriuos išleidžia investiciniai bei kiti finansiniai tarpininkai, o šie, tokiu būdu surinkę investicines lėšas, paskirsto juos į investicinius objektus savo nuožiūra. Tokių

kompanijų specialistai renkasi labiausiai perspektyvius investavimo objektus ir, kadangi investuoja dideles lėšas, dalyvauja šių objektų valdyme. Iš šio verslo gautas pajamas paskirsto saviems investitoriams.

Pagal teritoriją investicijos būna: a) investicijos šalies viduje – tai lėšų įdėjimas į investicinius objektus, esančius tos šalies teritorijoje, bei b) investicijos užsienyje – tai lėšų įdėjimas į investicinius objektus, esančius už tos šalies ribų.

Pagal investavimo laikotarpį investicijos būna: a) trumpalaikės investicijos – tai kapitalo investavimas ne ilgesniam kaip vienerių metų laikotarpiui, bei b) ilgalaikės investicijos – tai kapitalo investavimas ilgesniam kaip vienerių metų laikotarpiui.

Pagal investicinių lėšų priklausomybę investicijos būna: a) privačios investicijos – tai lėšų įdėjimas į atitinkamus fizinius asmenis, įmones ar organizacijas kitų fizinių ir juridinių asmenų, kurių įstatiniame kapitale nėra valstybinio kapitalo, bei b) valstybinės investicijos – tai centrinės ir vietinės valdžios organų lėšų įdėjimas į investicinius objektus, atliekamas iš biudžetinių ir nebiudžetinių fondų bei skolintų lėšų; tai ir kitų valstybinių įmonių bei įstaigų investicijos savo ir skolintomis lėšomis.

Pagal investitoriaus dalyvavimo formą išskiriamos tokios investicijos: a) dalinis dalyvavimas naujai įkuriamose įmonėse arba dalies akcijų įsigyjimas jau veikiančioje įmonėje; b) įmonių, pilnai priklausančių investitoriui, įkūrimas arba įsigyjimas jau veikiančių įmonių akcijų paketo; c) kilnojamojo arba nekilnojamojo turto įsigyjimas tiesiogiai per akcijas, obligacijas ar kitus vertybinius popierius; d) įgyjimas koncesijų gamtinių išteklių naudojimui, teisių naudotis žeme, kitų turtinių teisių.

Pagal rizikos laipsnį išskiriamos šių rūšių investicijos: a) nerizikingos (pavyzdžiui, investavimas į trumpalaikias valstybines obligacijas), bei b) rizikingos.

Jau minėti vokiečių mokslininkai Bloech ir Gotze [22], nagrinėdami investicijų pasireiškimo įmonėse formas, išskiria dvi kriterijų grupes: antrinius ir pagrindinius. Antriniai kriterijai charakterizuoja išorinį investicijų pasireiškimą, o pagrindiniai - jų ekonominį turinį. Prie antrinių kriterijų priskiriami šie: investicijų objektas, investicijų priežastis bei investicijų sfera. Pagrindiniai yra šie: investicijų pasekmės, investicijų tarpusavio sąryšio laipsnis, neapibrėžtumo laipsnis.

Svarbu pažymėti, kad aukščiau pateikta investicijų klasifikacija nėra galutinė ir vienintelė galima.

## 2.2. INVESTAVIMO PROCESAS

Investavimas suvokiamas kaip tam tikri investitoriaus atliekami veiksmai, kuriais jis įgyja nuosavybės teisę arba kreditoriaus reikalavimo teisę į investavimo objektą arba teisę šį objektą valdyti ir naudoti [10].

Investitoriais gali būti šalies vyriausybė, įmonės, finansinės institucijos bei individualūs asmenys.

Kiekvienai investicijai yra būdingi trys bruožai [11; 482]:

- 1) investavimo metu kažko atsisakoma;
- 2) investuojant tikimasi naudos ateityje;
- 3) investuojant visada rizikuojama.

Kitaip tariant, investavimas bendrąja prasme gali būti apibrėžiamas kaip laisvų piniginių lėšų ar kitokio pobūdžio turto įdėjimas į įvairių formų finansinį ir materialinį turtą. Vykstant investavimui, pinigai iš esmės yra perskirstomi iš tų, kurie jų turi per daug, tiems, kuriems jų trūksta.

Bet kurioje išvystytos ekonomikos šalyje atsiras fizinių ar juridinių asmenų, kurių pajamos viršys einamojo vartojimo apimtį. Skirtumas tarp einamųjų pajamų ir vartojimo įvardijamas *santaupomis*. Santaupos, nukreipiamos į gamybos plėtrą bei įmonių amortizaciniai atskaitymai ir yra pagrindiniai investicijų šaltiniai. Laisvos piniginės lėšos už tam tikrą mokestį, kompensuojantį galimą riziką, per finansų sistemą patenka tiems, kurių jiems reikia, iš tų, kurie jų turi per daug.

Tradiciniai kapitalo "tiekėjai" yra santaupų turintys gyventojai, o jo "vartotojai" - verslo įmonės bei šalių vyriausybės. Verslo įmonės investuoja į einamojo gamybos lygio palaikymą bei jo plėtrą, o vyriausybės skolinasi pinigus valstybės funkcijų įgyvendinimui, specialių socialinių programų vykdymui, biudžeto deficito padengimui ir pan.

Investicijų apimtys tiesiogiai priklauso nuo laisvų piniginių išteklių paklausos bei pasiūlos, taip pat nuo šios paklausos bei pasiūlos ypatumų [26; 7].

Investavimo procese dalyvauja visa eilė dalyvių, kurių pagrindiniai yra šie: organizatorius, vykdytojas, tiekėjas, konsultantai, kreditorius bei projekto vadovas [23; 73].

Makroekonominiu aspektu yra svarbu suvokti *bendrujų ir grynujų investicijų* sąvokas [27; 10]. Jeigu iš bendrųjų investicijų sumos atimsime amortizacinius atskaitymus, tai gausime grynujų investicijų sumą. Grynosios investicijos - tai lėšos, įdedamos į naujų gamybų statybą bei plėtrą. Čia galimos trys situacijos:

- a) grynosios investicijos yra mažesnės už nulį, tokiu atveju gamybinis potencialas mažėja, mažėjant pagaminamų prekių bei paslaugų apimčiai;
- b) grynosios investicijos yra lygios nuliui, tai reiškia ekonomikos augimo nebuvimą;
- c) grynosios investicijos didesnės už nulį, šiuo atveju gamyba bei ekonomika auga.

### 3. INVESTICIJŲ RIZIKA IR "TRADICINIAI" JOS VERTINIMO METODAI

#### 3.1. INVESTICIJŲ RIZIKOS SAMPRATA

Rizika yra neišvengiama ūkininkavimo sąlyga. Rizika yra neatskiriamas bet kurios žmogaus ūkinės veiklos elementas. Kadangi jos išvengti neįmanoma, būtina mokėti ją įvertinti ir minimizuoti [5].

Įvairiuose literatūros šaltiniuose rizikos sąvoka yra skirtingai traktuojama, įvairiai klasifikuojami ją sukeltantys veiksniai.

Dažniausiai rizika suvokiama, kaip nepageidaujamo įvykio galimybė [8; 37]. A. Garškienė riziką apibūdina kaip veiksmo, įvykio ar atsitikimo neįspėjamumą, dėl kurio galima patirti nuostolių arba gauti naudos [6; 6]. Dar rizika gali būti apibūdinama taip [3; 209]:

- rizika - tai kintamumas, susijęs su laukiamomis pajamomis, ar pelno srautu;
- rizika - tai pavojus, nuostolių ir netekimų galimybė;
- rizika - yra pavojus, kad įmonė patirs nuostolių dėl papildomų sąnaudų arba gaus mažiau pajamų nei tikėjosi;
- Websterio žodyne rizika apibūdinama kaip pavojus, nuostolio galimybė.

E. S. Stojanovos knygoje [30; 29] rizika apibūdinama kaip tikimybinė kategorija, išreiškianti pajamų sumažėjimo ar nuostolių pasireiškimo tikimybę, lyginant su prognozuojamu variantu. Ten pat yra teigiama, kad sprendimams, priimamiems rizikos sąlygomis, priklauso sprendimai su žinoma kiekvieno iš rezultato pasireiškimo tikimybe. Jeigu negalima įvertinti potencialių rezultatų tikimybės, tuomet sprendimai priimami neapibrėžtumo sąlygomis. Taip atsitinka, kai apskaitos reikalaujantys veiksniai yra tiek nauji, tiek sudėtingi, kad pakankamos informacijos apie juos nėra arba ji yra brangi. Dabartinėmis, greitai besikeičiančiomis ekonominėmis sąlygomis, patyrimo rizikos nustatymo srityje praktiškai nėra, o intuityviai nustatytos tikimybės gali būti nepatikimos, jos tik iškreiptų rizikos vertinimą.

Investicijų rizikos klausimą plačiai išnagrinėjo V. Aleknevičienė [1]. Išanalizavusi įvairių autorių rizikos ir neapibrėžtumo sąvokas, mokslininkė nustatė, kad jų atskirti nederėtų. Ir vienu, ir kitu atveju egzistuoja rezultatų nukrypimo galimybė, o nuo to, ar turima tikimybinė informacija, ar ne, priklauso tik prognozuojamų rezultatų patikimumo laipsnis. Tokiu būdu minėta autorė riziką apibūdina kaip *sprendimų situaciją, kurioje egzistuoja faktinių rezultatų nukrypimo nuo prognozuojamų galimybė* [6;9]. Ekonominė prasme faktiniai rezultatai gali būti labai įvairūs - pajamos, išlaidos, pelnas, pinigų srautai, būsimų pinigų srautų grynoji dabartinė vertė (NPV) ir pan.

Įvairūs autoriai skirtingai klasifikuoja *veiksnius, sukeliančius riziką*. Yra išskiriami vidiniai ir išoriniai rizikos veiksniai [19, 21, 28 ir kt.]. Prie vidinių priskiriami tokie veiksniai kaip firmos konkurencinė strategija, išteklių naudojimas, veiklos organizavimo principai, produkcijos paklausa, specialistų kvalifikacija, gamybinis potencialas ir kiti veiksniai, susiję su konkrečios įmonės ar investicijų projekto ypatybėmis, o prie išorinių rizikos veiksnių priskiriami tokie, kurie susiję su išorinės verslo aplinkos neapibrėžtumu, pvz., ekonominis nestabilumas, teisinių-normatyvinių apribojimų rizika, politinės situacijos pokyčiai, paklausos nebuvimas, neigiami gamtinių-klimatinių sąlygų pokyčiai, rinkos konjunktūros, valiutos kursų pokyčiai ir pan.

Vertybinių popierių portfelio teorija riziką sukeliančius veiksniais priskiria prie sistemingos ir nesistemingos rizikos veiksnių [1].

1. lentelė

Sistemingos ir nesistemingos rizikos veiksniai

<b>Sistemingos rizikos veiksniai</b>	<b>Nesistemingos rizikos veiksniai</b>
investicijų augimas ekonomikoje	vadybos kokybė
virtotojų paklausos lygis	darbo santykių padėtis
valiutos kursų pasikeitimai	reklama
mokesčių tarifai	konkurencingumas
palūkanų normos dydis	gamtiniai ir klimatiniai reiškiniai

Mano nuomone, *rizikos vertinime visų svarbiausia nustatyti tuos veiksnius, kurie daro didžiausią poveikį nagrinėjamos įmonės veiklai ar vertinamam investiciniam projektui.*

Beje, rizikos skirstymas į sistemingą ir nesistemingą yra tikslingas tik tose įmonėse, kurių akcijos yra kotiruojamos vertybinių popierių biržose. Toks suskirstymas efektyviose kapitalo rinkose leidžia nustatyti laukiamą investicijų projekto pelningumą bei diskonto normą, įvertinančią rizikos dydį, būsimų pinigų srautų diskontavimui.

Užsienio autorių parengtame fundamentaliame finansinės rizikos valdymui skirtame darbe [21] teigiama, jog rizikos atsiradimas yra susijęs su finansinių srautų judėjimu ir finansinių išteklių rinkoje pasireiškia tokiomis formomis: palūkanų normos rizikos, valiutos kurso rizikos, komercinės arba verslo rizikos bei investicinės rizikos.

Naujausiuose mokslo darbuose dažnai išskiriami tokie rizikos tipai [17]:

- rinkos rizika yra susijusi su nepalankiais kainų, palūkanų normų, kursų ir pan. pokyčiais rinkoje;
- kreditinė rizika susijusi su nesugebėjimu vykdyti sutartinius finansinius įsipareigojimus;
- likvidumo rizika susijusi su nesugebėjimu norimais terminais parduoti aktyvo už tinkamą kainą;
- teisinė rizika atsiranda dėl netinkamų sutarčių sudarymu, su įgaliojimų viršijimu ir pan.;
- operacinė rizika atsiranda dėl nepakankamos kontrolės, techninių priemonių sutrikimų, dėl nepalankių išorinių įvykių ar personalo klaidų;
- sisteminė rizika yra rizika, kad vienos įmonės bankrotas sukels kitų įmonių bankrotus visoje rinkoje.

### **3.2. INVESTICIJŲ RIZIKOS VERTINIMO METODAI**

Investicijų rizika gali būti vertinama įvairiais metodais. Vieni jų yra pakankamai paprasti, kiti sudėtingesni. Vieni metodai yra priimtinesni vienokiems investicinės rizikos vertinimo aspektams, kiti



- kitokiems. Todėl, išskyla būtinybė atlikti labiausiai paplitusių rizikos vertinimo metodų trumpą analizę.

Žemiau apžvelgiami šie investicijų rizikos vertinimo metodai: lūžio taško analizė, jautrumo analizė, scenarijų analizė, diskonto normos metodas.

*Lūžio taško analizė* yra finansinės analizės ir planavimo metodas, leidžiantis nustatyti lūžio tašką, parodantį pardavimų apimtį produkto vienetais arba litais, kuri būtina, kad įmonė padengtų veiklos išlaidas. Kuo planuojamų investicijų pardavimų apimtys yra toliau į dešinę nuo lūžio taško, tuo mažesnė rizika, ir atvirkščiai. Pagrindiniai šio metodo trūkumai yra šie [1]:

- vienaperiodiškumas;
- būsimų pinigų srautų dabartinės vertės ignoravimas.

*Jautrumo analizė* įgalina nustatyti tiriamo rezultato kintamumą, pasikeitus vienam parametru, ir tokiu būdu įvertinti projekto jautrumą įvairiems kintamiesiems. Tai vienas populiariausių investicijų rizikos vertinimo metodų, bet jis pasižymi tokiu rimtu trūkumu: jautrumo analizė tiria tik vieno parametro kitimo įtaką investicijų projekto grynajai dabartinei vertei, esant kitiems pastoviams. Dažniausiai naudojami tokie kintamieji kaip pardavimų apimtys, prekės vieneto kaina, pradinių investicijų dydis, kintamosios išlaidos ir jų sudedamosios dalys, debitorinio įsiskolinimo apyvartumas, infliacijos lygis, palūkanų ar diskonto norma ir kt. Tačiau praktikoje galutinis investicijų rezultatas priklauso nuo daugelio parametrų. Nežiūrint paminėto rimto trūkumo, šis rizikos vertinimo metodas pasižymi tokiais privalumais [1]:

- pateikia informaciją apie parametrus, kuriems investicijos jautriausios;
- suteikia galimybę giliau paanalizuoti šiuos parametrus;
- suteikia galimybę įvertinti riziką tada, kai parametrai neturi aiškių tikimybių.

Be to, šis metodas nenumato alternatyvių investicijų projektų įgyvendinimo tikimybės [2; 48].

Taikant *scenarijų metodą* yra sudaromi trys investicinio projekto parametrų deriniai - "pesimistinis", "bazinis" ir "optimistinis". Tuomet apskaičiuojamos projekto NPV reikšmės kiekvienam deriniui ir randamas skirtumas tarp  $NPV_o$  -  $NPV_p$ , kurio dydis ir parodo rizikos lygį [7,

24]. Tačiau nelabai tikėtina, jog egzistuoja reali galimybė, kad visi projekto parametrai vienu metu įgaus geriausias arba blogiausias reikšmes. Beje, šis rizikos vertinimo metodas kai kurių autorių vadinamas imitaciniu modeliavimu. Su tokiu pavadinimu galima sutikti tik iš dalies, nes trijų scenarijų naudojimas jau yra situacijos modeliavimas, tačiau šiame darbe tiriama imitacinio modeliavimo technika yra žymiai sudėtingesnė ir aukštesnio kokybinio lygio.

Diskonto normos metodas remiasi tuo, kad į diskonto normą yra įkalkuliuojamas rizikos priedas, kuris ir įvertina konkretaus projekto riziką. Nors metodas atrodo nesudėtingas, tačiau sunkumų iškyla bandant finansiškai pagrįsti skaičiavimui naudotinos diskonto normos dydį [5].

Taigi visi aukščiau paminėti metodai pasižymi rimtais trūkumais, be to, visi jie remiasi determinizmo arba vienareikšmiškumo prielaida. Taigi, iškyla būtinybė keisti požiūrį į riziką sukeliančių veiksnių pobūdį, o tuo pačiu ir taikyti atitinkamus rizikos vertinimo metodus.

## **4. TIKIMYBINIS VERSLO PROCESŲ POBŪDIS BEI ANALIZĖS YPATUMAI**

### **4.1. NUO DETERMINISTĖS VERSLO PROCESŲ SAMPRATOS LINK STOCHASTINĖS**

Šiuolaikiniame informacijos amžiuje informacinės technologijos yra taikomos vis įvairesnėse praktinėse žmonių veiklos srityse. Ne išimtis ir tokia sritis kaip investicijų rizikos vertinimas. Be to, reikia pažymėti, kad ne tik įvairios standartinės operacijos yra kompiuterizuojamos dėl informacinių technologijų plėtros, bet tuo pačiu ši plėtra įgalina atrasti bei panaudoti visiškai naujus tų pačių standartinių operacijų atlikimo būdus bei metodus.

Tiek praktinėje veikloje, tiek ir studijuodamas mokslinę-metodinę literatūrą finansinių bei investicinių procesų valdymo klausimais, pastebėjau, kad vyrauja pernelyg supaprastintas požiūris į finansinių bei investicinių procesų valdymą, ypač jų kiekybinės analizės bei rizikos vertinimo srityje, todėl toliau tekste yra plėtojami investicijų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu, kaip adekvačios šiandieninėms ekonominėms, technologinėms bei informacinėms realijoms metodikos, teoriniai ir praktiniai pagrindai.

#### **4.1.1. Tradicinis (deterministinis) požiūris**

Atliekant finansinį investicijų vertinimą, pagrindinis dėmesys koncentruojamas į projektuojamas įplaukas bei išlaidas, t.y. įvairiais būdais bei metodais vertinami pinigų srautai. Investicijų pinigų srautai yra siejami su tam tikrais laiko momentais arba intervalais. Tuo tikslu investicijų projektuose fiksuojamos atitinkamos piniginių įplaukų bei išlaidų datos, terminai ar periodai. Kadangi pinigų vertė laike kinta, investiciniuose skaičiavimuose būtina tai įvertinti. Taigi, susiduriama su pinigų laiko vertės koncepcija.

Tradicionis požiūris į finansinės rizikos valdymą remiasi nuostata, kad rizika - tai galimybė patirti nuostolių. Šiai galimybei matuoti siūlomi tokie metodai, kaip diskonto normos naudojimas,

jautrumo analizė, scenarijų metodas ir kiti. Kiekvienas jų turi pakankamai rimtų trūkumų, mažinančių jų patikimumą. Pavyzdžiui, diskonto normos metodas remiasi deterministiškai nustatytu koeficientu, tačiau realiame finansinių rinkų pasaulyje retas dydis gali įgauti iš anksto žinomą reikšmę. Pavyzdžiui, jeigu norime apskaičiuoti 100 000 LTL, gautinų ateinančiais metais, dabartinę vertę, kai diskonto norma yra apibrėžtas dydis, tarkime 12 %, gauname:

$$DV = \frac{100000}{(1 + 0,12)^1} = 89285,71 \quad [4.1.]$$

čia: DV - dabartinė vertė.

Tokių trūkumų pavyks išvengti, jeigu į investicijų kintamuosius, pavyzdžiui, tokius kaip diskonto normos, valiutų kursai, pagamintos produkcijos realizacijos apimtys, akcijų kainos, paskolų palūkanų normos ir pan., žiūrėsime ne kaip į vienareikšmiškai apibrėžtus dydžius, bet kaip į atsitiktinius (stochastinius) dydžius, galinčius įgauti bet kurią reikšmę iš tam tikros apibrėžimo srities.

Aukščiau paminėtas pavyzdys atspindi ekonominių-finansinių uždavinių sprendimą apibrėžtumo sąlygomis, t.y. kuomet rezultatas yra nusakytas vienareikšmiškai, tačiau, pažymėtina, jog daugelis ekonominių sprendimų yra priimami rizikos ar net neapibrėžtumo sąlygomis [16, 18, 20]. Investicijų vertinimas rizikos bei neapibrėžtumo sąlygomis, remiasi pagrindinių tikimybių teorijos bei matematinės statistikos teiginių ir kategorijų samprata.

## **4.1.2. TIKIMYBIŲ TEORIJOS IR MATEMATINĖS STATISTIKOS ELEMENTAI**

### **4.1.2.1. Atsitiktiniai dydžiai**

Dydis vadinamas atsitiktiniu, jeigu po stebėjimo jis gali įgauti kurią nors skaitinę reikšmę, nenusakomą iš anksto vienareikšmiškai (determinuotai) ir priklausomą nuo atsitiktinių priežasčių, kurių negalima numatyti iš anksto [12; 10]. Dydis, kuris po stebėjimo gali įgauti tikrai vienintelę galimą reikšmę, laikomas determinuotu. Kaip jau buvo minėta, daugelis ekonominių reiškinių rezultatų savo prigimtimi yra atsitiktiniai.

Su atsitiktiniu dydžiu yra siejama tikimybės sąvoka. Tikimybė - tai atsitiktinio dydžio įvykimo galimybė, jos kiekybinis matas. Atsitiktinio dydžio tikimybės skaitinė reikšmė gali kisti nuo 0 iki 1.

Atsitiktiniai dydžiai skirstomi į diskrečiuosius ir tolydžiuosius dydžius. Dydis, galintis įgyti rezultatą tik iš suskaičiuojamų reikšmių kiekio, laikomas diskrečiuoju atsitiktiniu dydžiu, o dydis, galintis įgyti bet kurią reikšmę iš tam tikro intervalo, vadinamas tolydžiuoju atsitiktiniu dydžiu.

Diskrečiojo atsitiktinio dydžio pavyzdys yra per vieną prekybos sesiją vertybinių popierių biržoje parduodamų akcijų skaičius, nes tai gali būti tik 0, 1, ..., 100 ir t. t. akcijos. O laiko tarpas tarp dviejų sandorių biržoje yra tolydžiojo atsitiktinio dydžio pavyzdys. Žinoma, šiuo atveju, turi būti įvykę bent du sandoriai.

#### 4.1.2.2. Atsitiktinio dydžio tikimybiniai pasiskirstymai

Jei yra išvardintos visos galimos atsitiktinio dydžio reikšmės ir nurodytos šių reikšmių tikimybės (arba nurodytas šių tikimybių skaičiavimo būdas), tuomet laikoma, kad atsitiktinis dydis nusakytas tikimybiniais pasiskirstymais arba tiesiog pasiskirstymu.

Diskretusis atsitiktinis dydis paprastai nusakomas lentele, kurios viršutinėje eilutėje surašomos galimos reikšmės, o apatinėje - tų reikšmių tikimybės[13,10]:

2. lentelė

Diskrečiojo atsitiktinio dydžio skirstinio aprašymas

$x_i$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	...	$x_i$	...
$p_i$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	...	$p_i$	...

čia:  $\sum p_i = 1$

Grafikas, atitinkantis lentelę su atsitiktinių dydžių reikšmėmis abscisių ašyje ir tikimybėmis ordinačių ašyje, vadinamas to dydžio histograma.

Funkcija, nusakyta konkrečia lentele arba konkrečia histograma, vadinama pasiskirstymo dėsniumi. Pasiskirstymo dėsnis dažniau vadinamas pasiskirstymo tankio funkcija.

Dar pasiskirstymo dėsnis vaizduojamas vadinama tankio funkcija, kurios išraiška yra tokia:

$$F(y) = P(X \leq y) \quad [4.2]$$

čia:  $X$  - nagrinėjamas atsitiktinis dydis;

$y$  - bet kuris atsitiktinio dydžio galimų reikšmių aibės skaičius.

Pasiskirstymo funkcija turi tokią savybę:  $0 \leq F(y) \leq 1$ .

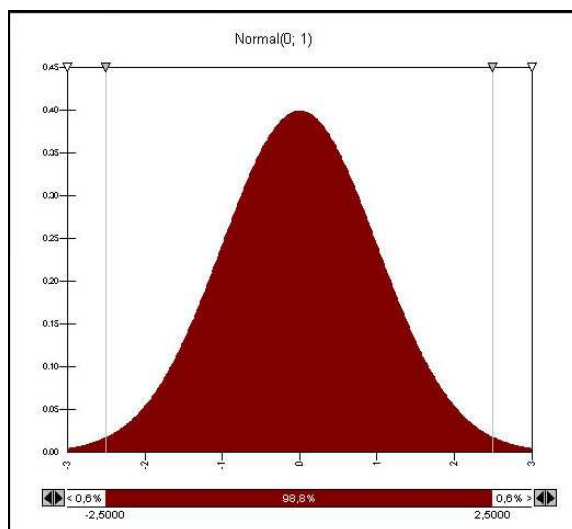
Priešinga pasiskirstymo funkcijai yra išlikimo funkcija  $S(y)$ :

$$S(y) = 1 - F(y) = P(X > y) \quad [4.3]$$

Teorijoje yra daugybė įvairių skirtingų pasiskirstymo dėsnų, tačiau praktiniuose investiciniuose skaičiavimuose tenka apsiriboti ganėtinai ribotu pasiskirstymo dėsnų skaičiumi. Be to, yra įrodyta, kad, kai stebėjimų skaičius yra pakankamai didelis, bet kuri atsitiktinį dydį galima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsniu. Šis teiginys tinka daugeliui finansinių priemonių, nors ir ne visoms. Atsitiktinio dydžio  $X$ , pasiskirsčiusio pagal normalųjį pasiskirstymo dėsnį, tanko funkcija išreiškiama tokia formule [4; 44]:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{1}{2\sigma^2}(x - \mu)^2\right) \quad [4.4]$$

ir vaizduojama varpo formos grafiku:



1. pav. Standartinio normaliojo pasiskirstymo tankio funkcija

Kartais, atliekant ekonominius skaičiavimus, nesiekama nustatyti nagrinėjamo atsitiktinio dydžio pasiskirstymo dėsnio, o apsiribojama tik tam tikrų atsitiktinio dydžio savybių, tokių kaip

matematinis vidurkis ar išsisklaidymas, nustatymu [16, 18, 31]. Matematinis vidurkis  $\mu$  diskrečiajam atsitiktiniam dydžiui skaičiuojamas pagal tokią formulę:

$$\mu = \sum_i x_i P(X = x_i) \quad [4.5]$$

Atsitiktinio dydžio išsisklaidymo matas yra dispersija  $\sigma^2$ , kuri skaičiuojama pagal tokią formulę:

$$\sigma^2 = \sum_i (x_i - \mu)^2 P(X = x_i) \quad [4.6]$$

Išsisklaidymas taip pat matuojamas vidutiniu standartiniu nuokrypiu  $\sigma$ , kuris lygus dispersijos kvadratinei šakniai.

Be to, remsimės prielaida, kad tolydžiojo atsitiktinio dydžio nagrinėjimą, jeigu galimų reikšmių aibė yra pakankamai didelė, beveik visuomet įmanoma pakeisti diskrečiojo atsitiktinio dydžio nagrinėjimu. Tokiais atvejais naudojama intervalinė stebėjimų lentelė, kurioje nurodomos ne atskiros galimos atsitiktinio dydžio reikšmės, o galimi intervalai ir jų tikimybės:

3. lentelė

Intervalinė stebėjimų lentelė

$x_i$	$(a_1; a_2]$	$(a_2; a_3]$	$(a_3; a_4]$	...	$(a_n; a_{n+1}]$
$p_i$	$p_1$	$p_2$	$p_3$	...	$p_n$

čia:  $(a_1; a_n)$  - galimų  $X$  reikšmių intervalas;

$$\sum p_i = 1.$$

Diskrečiojo atsitiktinio dydžio atveju apatinėje lentelės dalyje būtų įrašomos tikimybių sumos, su kuriomis atsitiktinio dydžio galimos reikšmės patenka į nurodytus intervalus.

Sistemindami stebėjimus apie mus dominančius pasiskirstymus, juos pateiksime tokia empirinių dažnių lentele:

Empirinių dažnių lentelė

Galimi atsitiktinio dydžio reikšmių intervalai	Empiriniai dažniai		
	tankio funkcijos	pasiskirstymo funkcijos	išlikimo funkcijos
1	2	3	4

Čia stebėjimo duomenys laikomi diskrečiuoju pasiskirstymu, o kiekvieno stebėjimo rezultatai yra nepriklausomi ir turi tikimybę  $1/n$ , kur  $n$  yra stebėjimų skaičius.

#### 4.2. TIKIMYBIŲ TEORIJOS IR MATEMATINĖS STATISTIKOS TAIKymo INVESTICIJŲ RIZIKOS VERTINIME PAVYZDŽIAI

Tikimybių teorijos ir matematinės statistikos taikymą investicijų rizikos vertinime iliustruosime keliais pavyzdžiais.

Pavyzdžiui, jeigu norėsime apskaičiuoti 100 000 LTL, gautinų ateinančiais metais, dabartinę vertę, gausime tokią sumą:

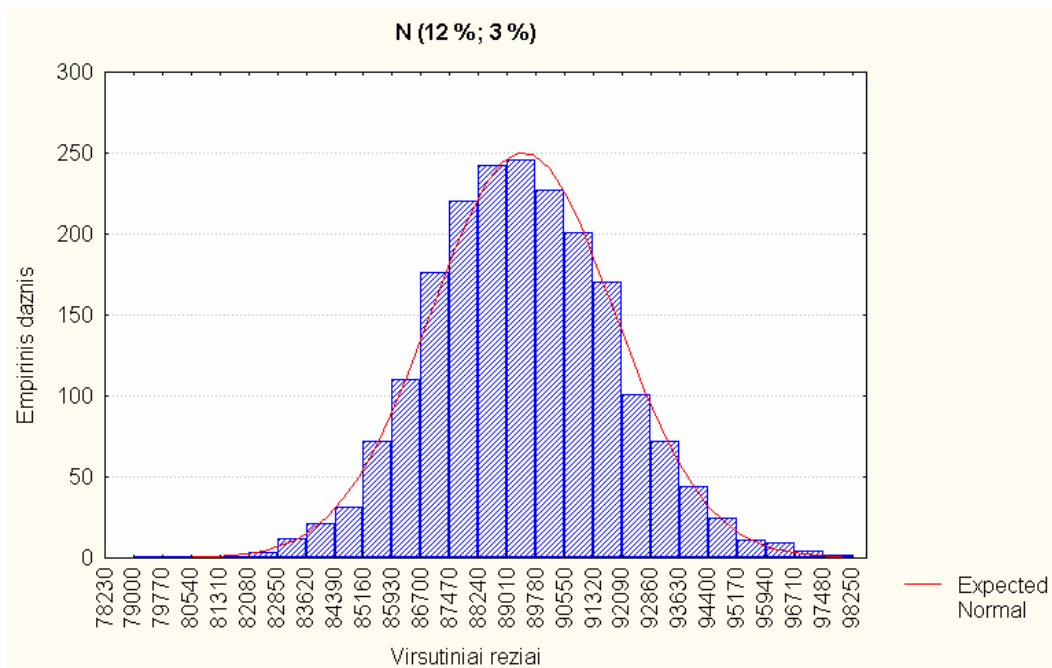
$$DV = \frac{100000}{(1+i)^1} \quad [4.7]$$

Jeigu diskonto norma yra apibrėžtas dydis, tarkime 12 %, tuomet, kaip ir anksčiau, gausime:

$$DV = \frac{100000}{(1+0,12)^1} = 89285,71 \quad [4.8]$$

Tačiau, jeigu diskonto norma yra nusakoma normaliuoju pasiskirstymu su vidurkiu 12 % ir standartiniu nuokrypiu 3 %, tuomet sukauptos sumos pasiskirstymą norimu tikslumu galima aproksimuoti empirinių dažnių lentele (žr. 1. priedą) ar tiesiog histograma (žr. 2. pav).



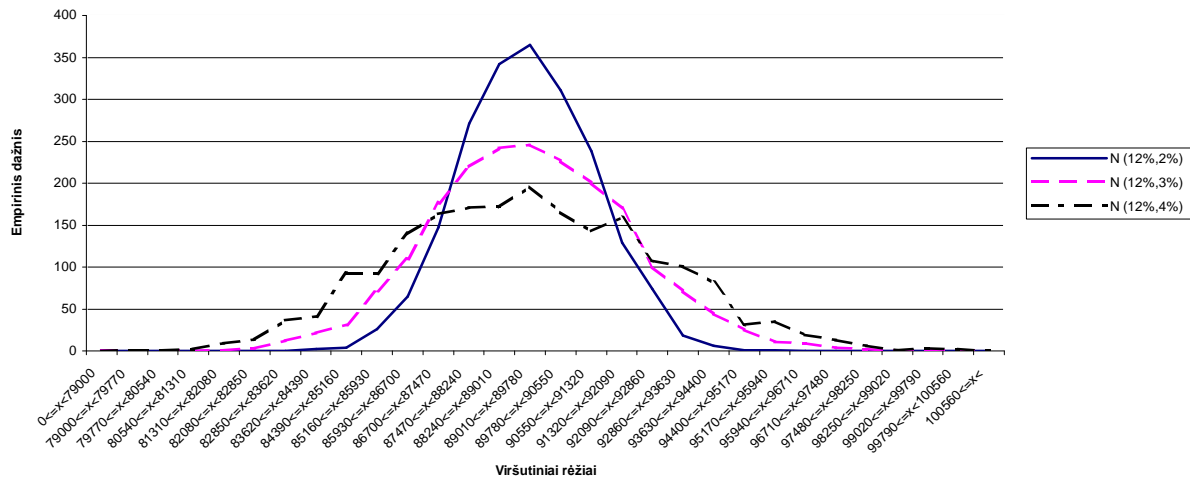


2. pav. Dabartinės vertės empirinio pasiskirstymo histograma

Empirinių dažnių lentelė leidžia įvertinti palankių (dabartinė vertė bus pakankama) ir nepalankių (dabartinė vertė bus per maža) įvykių galimybes, t.y. turėti tų įvykių tikimybių įvertinimus. Lentelėje matyti, jog yra visai tikėtina (empirinė tikimybė  $P_1 = 1732/2000 = 0,8660$ ), kad investicijų dabartinė vertė bus didesnė nei 91320 LTL, tačiau ji neviršys 95940 LTL (empirinė tikimybė  $P_2 = 1985/2000 = 0,9925$ ). O jeigu, tarkime 89010 LTL yra kritinis lygis, kurio negavus būtų galima susilaukti neigiamų padarinių, tai tokio įvykio tikimybė yra pakankamai didelė (empirinė tikimybė  $P_3 = 866/2000 = 0,4330$ ). Kaip apskaičiavome anksčiau, dabartinė vertė, jeigu diskonto norma būtų pastovi ir lygi 12 %, būtų 89285,71 LTL, tuo tarpu pasiskirstymo vidurkis yra 89427,67 LTL.

Investicijų dabartinių verčių sumų išsisklaidymas arba rizika tiesiogiai priklauso nuo diskonto normos neapibrėžtumo. Šį teiginį pailiustruosime pavyzdžiu. 2. priede bei 3. pav. yra pavaizduoti trys investicijų dabartinės vertės pasiskirstymo empiriniai įvertinimai. Visuose variantuose pavaizduotos 100 000 LTL sumos, gautinos po vienerių metų, dabartinės vertės, kai diskonto norma yra atsitiktinis dydis, pasiskirstęs pagal normalųjį pasiskirstymo dėsnį, kurio vidurkis - 12 %, o standartinis nuokrypis: 1-ame variante 2 %, 2-ame variante 3 %, 3-iame - 4 %.

### Dabartinės vertės pasiskirstymai



### 3. pav. Dabartinių verčių pasiskirstymai

Iš 2. priede pateikiamų duomenų aiškiai matyti, kad didėjant išsisklaidymo matui - vidutiniam standartiniam nuokrypiui, didėja dabartinių verčių išsibarstymas apie vidurkį. Tai dar aiškiau matyti 3. paveiksle.

## 5. IMITACINIO MODELIAVIMO TECHNIKOS

### 5.1. RIZIKOS VERTĖS SAMPRATA

Rizikos valdymo teorija vystėsi sparčiai, opertyviai reaguodama į gretus aplikos pokyčius.

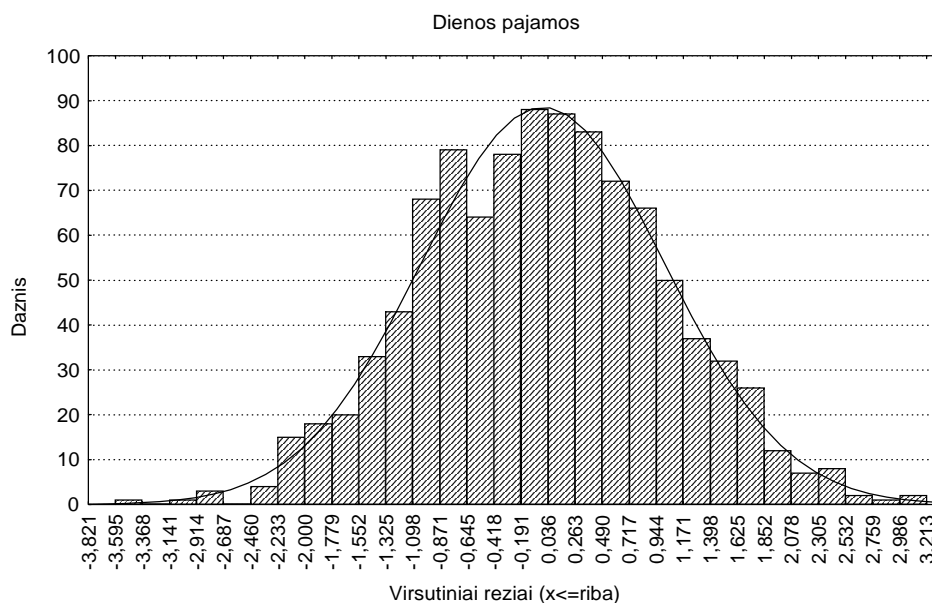
Galima išskirti keletą rizikos valdymo teorijos vystymosi etapų [17; 9-22]:

- ✓ "Tradicinė" rizikos valdymo samprata yra susijusi su pirmaisiais metodais, kiekybiškai įvertinančiais riziką. Į šią grupę įeina tokie metodai kaip spragos (gap - angl.), trukmės, statistinė bei scenarijų analizės.
- ✓ Portfelio teorija šiek tiek kitaip interpretuoja rizikos valdymą, koncentruodamasi į skirtingų rizikos veiksnių tarpusavio ryšius. Portfelio teorija remiasi prielaida, jog investitorius renkasi VP portfelį pagal du kriterijus - tikėtiną pelną bei šio pelno vidutinį kvadratinį nuokrypį. Vidutinis kvadratinis nuokrypis yra laikomas portfelio rizikos matu.
- ✓ Staigiai įvairėjant VP portfelių sudėčiai bei struktūrai, iškilo būtinybė kurti kitokio pobūdžio rizikos valdymo metodus. Vienas iš jų yra šiuo metu visuotinai pripažinta "Value at Risk" arba "rizikos vertės" koncepcija.

Rizikos vertės privalumas pasireiškia tuo, kad ji remiasi dabartinėmis investicijų vertėmis (o ne istorinėmis, kaip kad taikant portfelio teoriją) ir šie įvertinimai yra susiejami į vieną agreguotą rodiklį.

Rizikos vertės sampratą paaiškinsime pavyzdžiu.

Tarkime, kad nagrinėjame investicinės bendrovės "X" 2000 metų dienos grynujų pajamų (pelno) histogramą (žr. 4. pav.). Iš paveikslo matyti, kad dienos pajamos nelygiai svyruoja apie vidurkį, lygų  $\mu$ . Rizikos valdymo požiūriu mus labiausiai domina kairė histogramos pusė, rodanti dienos nuostolių dydžius bei jų pasirodymo skaičius.



#### 4. pav. Investicinės bendrovės "X" dienos pajamų histograma

Norint toliau nagrinėti turimą histogramą, reikia pasirinkti pasikliovimo lygį. Galime pasirinkti 99 % pasikliovimo lygį, tokiu atveju apskaičiuota rizikos vertė apims visus, išskyrus 1 % nuostolių, galime pasirinkti 95 % pasikliovimo lygį, tuomet rizikos vertė apims visus, išskyrus 5 % nuostolių.

Dabar jau galime formaliai apibrėžti rizikos vertę: *rizikos vertė yra tam tikru laikotarpiu maksimalus tikėtinas nuostolis, esant tam tikram pasikliovimo lygiui*. Taigi rizikos vertės koncepcija apima du savarankiškai parinktus parametrus: periodo trukmę (diena, savaitė, mėnuo ir t.t.) bei pasikliovimo lygį (90 %, 95 %, 99 %, 99,9 % ir t.t.).

Kompanijos X vidutinės dienos pajamos lygios 0,01 mln. LTL, vidutinis standartinis nuokrypis lygus 1.

Rizikos vertei nustatyti yra naudojami trys metodai:

- a) delta (dispersinis) modeliavimo metodas, taikomas finansinėms priemonėms, kurių charakteristikos gali būti aprašomos tik normaliuoju pasiskirstymu,
- b) istorinis modeliavimo metodas, kuris remiasi istoriniais finansinių priemonių charakteristikų duomenimis, ir
- c) modeliavimas Monte Karlo metodu, kurį taikant yra naudojama atsitiktinių skaičių generavimo procedūra.

## 5.2. MODELIAVIMAS DELTA (DISPERSINIŲ) METODU

Jeigu tiriamas atsitiktinis dydis, yra pasiskirstęs pagal normalųjį dėsnį, pasiklovimo lygis yra 95 proc., o periodas yra viena diena, rizikos vertė periodu t bus lygi [17; 43-45]:

$$VaR_t = 1,65\sigma_{t-1}V_{t-1} \quad [5.1]$$

čia:  $V_{t-1}$  - aktyvo arba portfelio vertė periodu t-1.

Gauta suma rodys maksimalią sumą, kurią galima prarasti su 95 proc. tikimybe. Pasinaudoję ankstesnio pavyzdžio duomenimis, gautume, kad kompanijos "X" dienos VaR yra lygi 16,5 tūkst. LTL. Jeigu pasirinktume didesnę pasiklovimo lygį, tarkime, 99 proc., tuomet koeficientas bus lygus 2,33, o kompanijos "X" dienos VaR - 23,3 tūkst. LTL

Jeigu reikia apskaičiuoti VaR ilgesniam periodui, nei viena darbo diena, pavyzdžiui mėnesiui, tuomet dešiniąją [5.1] pusę reikia padauginti iš  $\sqrt{n}$ , kur n - dienų skaičius.

Tarkime, kad tiriamame vertybinių popierių portfelį, kurį sudaro du aktyvai, 1 ir 2, pirmojo aktyvo dalis yra  $w_1$ , antrojo  $w_2$  ( $w_1 + w_2 = 1$ ). Tuomet portfelio dispersija  $\sigma_p$  bus lygi:

$$\sigma_p^2 = [w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2] \quad [5.2.]$$

kur  $\rho_{1,2}$  - koreliacijos koeficientas tarp dviejų aktyvų pelningumų.

Tuomet šio portfelio rizikos vertė bus lygi:

$$VaR = -\alpha\sigma W = -\alpha[w_1^2\sigma_1^2 + w_2^2\sigma_2^2 + 2w_1w_2\rho_{1,2}\sigma_1\sigma_2]^{1/2}W = [VaR_1^2 + VaR_2^2 + 2VaR_1VaR_2]^{1/2} \quad [5.3]$$

kur  $VaR_i$  - nediversifikuota aktyvo i rizikos vertė.

Jeigu turime portfelį, kurį sudaro n aktyvų, kurių kiekvieno dalis portfelyje yra  $w_i$ , portfelio dispersija bus lygi:

$$\sigma_p^2 = [w_1, w_2, \dots, w_n] \begin{bmatrix} \sigma_1, 0, \dots, 0 \\ 0, \sigma_2, \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, \sigma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1, \rho_{1,2}, \dots, \rho_{1,n} \\ \rho_{2,1}, 1, \dots, \rho_{2,n} \\ \dots \\ \rho_{n,1}, \rho_{n,2}, \dots, 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_1, 0, \dots, 0 \\ 0, \sigma_2, \dots, 0 \\ \dots \\ 0, 0, \dots, \sigma_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} \quad [5.4]$$

kur  $\rho_{i,j}$  - koreliacijos koeficientas tarp aktyvų i ir j, ir  $\rho_{i,j} = \rho_{j,i}$ .

Jei simboliu  $w$  pažymėsime  $1 \times n$  matmenų svorių vektorių  $[w_1, w_2, \dots, w_n]$ , simboliu  $\sigma$  - dispersinę matricą, simboliu  $C$  - koreliacijos koeficientų matricą, o  $w^T$  -  $w$  transpozicija, gausime tokią formulės išraišką:

$$\sigma_p^2 = w\sigma C\sigma w^T \quad [5.5]$$

$w\sigma C\sigma w^T$  gali būti sutrumpinta iki  $w\Sigma w^T$ . Tuomet portfelio VaR<sub>p</sub> bus lygi:

$$VaR_p = -\alpha\sigma_p^2 W = -\alpha[w\sigma C\sigma w^T]^{1/2} W = -\alpha[w\Sigma w^T]^{1/2} W = [VaR * C * VaR^T]^{1/2} \quad [5.6]$$

kur VaR yra  $n \times 1$  atskirų nediversifikuotų VaR -ų  $[VaR_1, VaR_2, \dots, VaR_n]$  vektorius.

### 5.3. IMITACINIS MODELIAVIMAS ISTORINIŲ DUOMENŲ PAGRINDU

Naudojant istorinį modeliavimo metodą, yra modeliuojamas portfelį sudarančių aktyvų pelningumo pasiskirstymas, laikantis prielaidos, kad portfelis nekis periodą, apimantį istorinių duomenų masyvą.

Taikant šį metodą, pirmiausia identifikuojame skirtingas portfelio priemones ir surenkame duomenis, atspindinčius jų pelningumo kitimą tam tikru periodu. Tuomet pritaikome esančiam portfeliui svorius ir modeliuojame hipotetinį pelningumą, kurį gautume, jeigu laikytume portfelį pasirinktu periodu. Taip pat daroma prielaida, kad šis istorinis pelningumo pasiskirstymas yra gerai pakeičia pelningumo pasiskirstymą, kuris bus stebimas ateinančiu periodu. Atitinkamas kvantilis parodo portfelio rizikos vertę.

Tarkime, kad turime  $t$  stebėjimų nuo 0 periodo iki periodo  $T$ . Tegu  $R_{i,t}$  yra aktyvo  $i$  pelningumas periodu  $t$ ,  $w_i$  yra santykinis  $i$ -ojo aktyvo svoris portfelyje, o portfelį sudaro  $n$  aktyvų, tuomet portfelio pelningumas  $R_t^p$  periodu  $t$  yra lygus:

$$R_t^p = \sum_{i=1}^n w_i R_{i,t} \quad [5.7]$$

čia:  $t = 0, \dots, T$ .

Kiekvienu stebėjimu  $t$  gaunamas konkretus portfelio pelningumas  $R_t^P$ . Istorinių stebėjimų visuma perteikia portfelio pelningumo pasiskirstymo funkciją, iš kurios sužinome rizikos vertę.

### 5.3.1. Istorinio modeliavimo pranašumai

Šis metodas pasižymi visa eile privalumų. Jis konceptualiai paprastas. Daugelis reikalingų duomenų yra prieinami viešuose šaltiniuose. Istorinį modeliavimą lengva įgyvendinti ir geriausiai tai atlikti kompiuterinėje elektroninėje lentelėje. Kuomet pasirenkame skaičiavimų periodą bei surenkame reikalingus duomenis, belieka tik sumodeliuoti pelningumus, kuriuos turėtume pasirinktu periodu. Tuomet iš pelno bei nuostolių pasiskirstymo apskaičiuojame rizikos vertę.

Kitas pagrindinis metodo privalumas yra tas, kad nesiremiama pelningumo pasiskirstymo funkcijos forma. Nereikia daryti prielaidų, kad pelningumai yra pasiskirstę pagal normalųjį, Stjudento ar bet kurį kitą pasiskirstymo dėsnį. Taip pat nereikia daryti prielaidų apie jų tarpusavio priklausomybes. Neparametrinė istorinio modeliavimo prigimtis nereikalauja nuokrypių, koreliacijos bei kitų parametrų skaičiavimų. Taigi nėra pavojaus dėl neteisingai apskaičiuotų parametrų, kadangi paprasčiausiai jų nereikia skaičiuoti. Istoriniai nuokrypiai bei koreliacijos yra atspindimi istorinių duomenų masyve, taigi belieka tik apskaičiuoti pelningumus. Tokiu būdu nereikia naudoti dispersinės matricos, parinkinėti modelių (taigi neegzistuoja modelio rizika), nes, taikant istorinio modeliavimo metodą, nėra naudojami jokie modeliai.

Istorinio modeliavimo metodas gali būti pritaikytas bet kokiai finansinei priemonei, bet kokiai rizikos rūšiai. Taigi remiantis juo, galima atlikti pilną vertinimą, nedarant jokių supaprastinančių prielaidų.

Nežiūrint metodo privalumų, jo taikymo Lietuvoje galimybės yra ribotos dėl ilgo periodo duomenų, aprašančių ekonominius-finansinius procesus, bazių nebuvimo.

### 5.3.2. Problemos, išskylančios taikant istorinio modeliavimo metodą

Taikant istorinio modeliavimo metodą, iškyla ir problemų. Viena jų yra duomenų gavimas. Kita, dar svarbesnė problema yra istorinio modeliavimo rezultatų priklausomybė nuo konkretaus duomenų masyvo. Laikomasi prielaidos, kad ateitis bus tokia pati kaip ir praeitis, nors ši prielaida yra pakankamai racionali, ji gali privesti prie neteisingų rezultatų, esant tokioms sąlygoms [17; 101]:

- ✓ duomenys skaičiavimo periodu gali būti neįprasti;
- ✓ skaičiavimo periodas gali apimti neįprastus įvykius (pavyzdžiui, akcijų rinkos krizę), kurie nenumatomi artimoje ateityje, tokiu būdu mes gausime per didelius rizikos vertės įverčius;
- ✓ istorinio modeliavimo metodas neįvertina rizikos kintamųjų nuolatinių pokyčių. Tarkime, jeigu yra keičiama valiutų kursų reguliavimo tvarka, tai šis pakeitimas neatsispindės istorinių duomenų masyve;
- ✓ negali būti atsižvelgta į tikėtinus įvykius, tokius kaip valiutos devalvacija, nes pasirinktu istoriniu periodu tai nebuvo fiksuojama.

Taip pat iškyla problemų, susijusių su skaičiavimams naudotino istorinio periodo trukmės pasirinkimu. Tam, kad gauti rezultatai atspindėtų neįprastus įvykius, reikia parinkti pakankamai ilgą periodą. Be to, tai priklauso nuo pasirinkto pasiklovimo lygio: jei naudojame 95 % pasiklovimo lygį, vidutiniškai turėsime laukti 20 dienų kol tikėtinas nuostolis viršys apskaičiuotą rizikos vertės rodiklį, o jei naudojame 99 % pasiklovimo lygį, - prireiks maždaug 100 dienų, ir t.t. Beje, reikia atsižvelgti, kad naujesni duomenys yra naudingesni, kadangi atspindi paskutines tendencijas, taigi reikia pasirinkti nei per ilgą, nei per trumpą skaičiavimo periodą.

Taip pat reikia atsižvelgti į faktą, kad parinkdami didelį pasiklovimo lygį bei skaičiavimams naudodami nedidelio periodo duomenis, greičiausiai gausime nepatikimus rezultatus.



## 5.4. IMITACINIS MODELIAVIMAS MONTE KARLO METODU

Monte Karlo metodas yra vienas iš imitacinio modeliavimo pritaikymo investicijų analizėje pavyzdžių. Pažymėtina, kad šio metodo taikymas yra neįmanomas be specialių matematinių ar ekonominių programinių paketų.

Monte Karlo imitacinio modeliavimo metodas pristato dviejų metodų - jautrumo analizės bei scenarijų analizės, pagrįstos tikimybių teorija, - integraciją [15].

### 5.4.1. Investicijų portfelio rizikos vertinimas

Monte Karlo metodas vertina rizikos vertę (VaR) remiantis modeliavimo rezultatais, gautais panaudojant statistinius bei matematinius modelius. Metodo esmę sudaro kartotinis stochastinių procesų, lemiančių mus dominančių finansinių priemonių kainas, modeliavimas. Kiekviena modeliavimo iteracija duoda tikėtiną investicijų portfelio vertę tikslinio horizonto pabaigoje. Jeigu mes atliksime pakankamą skaičių modeliavimo iteracijų, sumodeliuotas portfelio reikšmių pasiskirstymas konverguos link nežinomo "tikro" portfelio reikšmių pasiskirstymo, tokiu būdu mes iš sumodeliuoto pasiskirstymo galime spręsti apie "tikro" pasiskirstymo VaR [17; 108].

Šis modeliavimo procesas apima tam tikrą specifinių žingsnių skaičių. Visų pirma, yra pasirenkamas dominančios kainos (-ų) modelis. Pasirinkę modelį, mes pasirinktinai remdamiesi prieinamais istoriniais arba rinkos duomenimis, apskaičiuojame jo parametrus - nuokrypius, koreliacijos koeficientus ir t.t. Antrame žingsnyje relevantiniams atsitiktiniams kintamiesiems suformuojame fiktyvias kainos kitimo trajektorijas. Naudojant modeliavimą Monte Karlo metodu, šias kainų kitimo trajektorijas formuojame remdamiesi atsitiktiniais skaičiais arba, tiksliau tariant, pseudo-atsitiktiniais skaičiais, gautais iš vadinamųjų "atsitiktinių skaičių generatorių". Kiekviena "atsitiktinių" skaičių grupė pateikia relevantinės finansinės priemonės hipotetinę galutinę kainą, tokias pačias procedūras mes atliekame kiekvienai kitai portfelyje esančiai priemonei tam, kad gautume

hipotetinę galutinę portfelio, kaip visumos, vertę. Tuomet mes kartojame modeliavimo procedūrą pakankamą kartų skaičių tam, kad būtume įsitikinę, jog portfelio verčių sumodeliuotas pasiskirstymas yra pakankamai artimas "tikrojo" (bet nežinomo) portfelio verčių pasiskirstymui, t.y. tam, kad gautume patikimą pakaitą nežinomam pasiskirstymui. Kuomet tai yra atlikta, iš gauto pasiskirstymo apskaičiuojame VaR.

Monte Karlo metodas yra labai galingas VaR vertinimo įrankis, pritaikomas praktiškai bet kokiam investicijų portfelio tipui, nežiūrint jo sudėtingumo ar neįprastumo. Šie metodai nesunkiai apskaičiuoja VP kainų rizikas, susijusias su nelinejinėmis pozicijomis, kurios sukelia rimtų problemų metodams, grindžiamiems normalinio pasiskirstymo prielaida. Jie taip pat gali būti pritaikyti kainoms, kurios priklauso nuo daugiau nei vieno stochastinio kintamojo, kurių parametrai (pavyzdžiui, nuokrypis bei koreliaciniai ryšiai) kinta laike bei kurios pasiskirsčiusios pagal nenormalinius dėsnius (dėl ko atsiranda "ilgos uodegos", asimetriškumas ir pan.).

Matyt, pagrindinis modeliavimo Monte Karlo metodu įvertinimas yra tas, kad šis metodas yra naudojamas, kuomet paprastesni metodai nėra tinkami. Naudoti modeliavimą Monte Karlo metodu nėra paprasta; jeigu paprastesni metodai mus patenkina, turėtume naudoti juos. Pavyzdžiui, jeigu mes turėtume paprastą poziciją, aprašomą normaliuoju pasiskirstymo dėsniu, nebūtų jokios prasmės naudoti modeliavimą Monte Karlo metodu, nes galėtume apskaičiuoti VaR lengvai ir tiesiogiai: kaip yra žinoma, VaR yra lygi -  $\alpha\sigma W$ , taigi mums reikia apskaičiuoti  $\sigma$  ir šį įvertį įtraukti į VaR formulę.

#### 5.4.1.1. Vieno aktyvo rizikos vertės nustatymas

Modeliavimo Monte Karlo metodu procedūrą geriausia paaiškinti remiantis pavyzdžiu. Tarkime, mus domina konkrečios akcijos pozicijos VaR prognozė. Pirmas mūsų uždavinys yra pasirinkti tam tikrą modelį, aprašantį akcijos kainos kitimą laiko bėgyje. Patogumo dėlei tarkime, kad šios akcijos kaina yra aprašoma tokiu nuolatiniu procesu:

$$dp_t = \sigma dZ_t \quad [5.8]$$

Ši lygtis rodo dabartinės akcijos kainos priklausomybę nuo standartinio nuokrypio  $\sigma$  (kuris yra žinomas arba bent jau apskaičiuotas) ir standartinio normaliojo kintamojo  $Z_t$ . Tokio tipo lygtys yra supaprastinamos tam tikram trumpam laiko intervalui  $\Delta t$ , įvedant diskretinius įverčius. Priimkime ir mes tokius įverčius, tuo pačiu pasirinkdami tokius laiko intervalus, kad  $\Delta t = 1$ . Tuomet [17; 110]:

$$p_t = p_{t-1} + \sigma Z_t \sqrt{\Delta t} = p_{t-1} + \sigma Z_t \quad [5.9]$$

Šios lygties pagalba galime apskaičiuoti dabartinę kainą  $p_t$ , kurią apskaičiuojame pagal ankstesnio periodo kainą  $p_{t-1}$ , taip pat  $\sigma$  bei  $Z_t$ . Dabar mums reikia sumodeliuoti akcijos kainą intervale nuo  $t$  iki  $T$ . Tai darome, pertvarkydami [5.9] į vieną periodą, norėdami gauti būsimos kainos  $p_{t+1}$  priklausomybę nuo  $p_t$  ir  $Z_{t+1}$ . Tuomet mes pakeičiame [5.9] ir gauname:

$$p_{t+1} = p_t + \sigma Z_{t+1} = p_{t-1} + \sigma [Z_t + Z_{t+1}] \quad [5.10]$$

Mes kartojame procedūrą, kad gautume  $p_{t+2}$  išraišką, tuomet  $p_{t+3}$  ir t.t., kol mes gausime  $p_T$  išraišką:

$$p_T = p_{t-1} + \sigma \sum_{i=1}^T Z_i \quad [5.11]$$

Kaina laiko momentu  $T$  priklauso nuo pradinės kainos  $p_{t-1}$  ir nuo sumos realizuotų  $Z$  verčių nuo  $t$  iki  $T$ .

Tuomet mes naudojame atsitiktinių skaičių generatorių tam, kad gautume seriją realizuotų  $Z_t$  verčių nuo  $Z_{t+1}$ , ..., iki  $Z_T$ , ir įstatome jas į [5.11] tam, kad gautume galutinę sumodeliuotą kainą  $p_T$ . Tuomet šią kainą dauginame iš turimų akcijų skaičiaus bei tokiu būdu gauname portfelio vertę. Jeigu šią procedūrą pakartosime pakankamą skaičių kartų, tokiu būdu sumodeliuotos portfelio vertės konverguos link "tikrosios" portfelio verčių tankio funkcijos. Tuomet sumodeliuotų portfelio verčių histogramą naudojame pelno bei nuostolio histogramos formavimui, iš kurios sužinome VaR.

#### 5.4.1.2. Portfelio rizikos vertės nustatymas

Dabar tarkime, kad mus domina portfelis, kuriame yra daugiau nei viena akcija, tokiu būdu nagrinėjamo portfelio pelnas priklauso ne tik nuo vienos akcijos kainos. Portfeliams, kuriuos sudaro

daugiau nei viena turto rūšis, paprastai reikia modeliuoti daugiau nei vieną  $Z$  - trajektoriją, išskyrus du ypatingus atvejus, kuriems esant, naudojama tokia pati procedūra kaip ir vienintelės turto rūšies atveju. Pirmąjį atvejį turime tuomet, kai kainos yra nepriklausomos, šiuo atveju naudojame tokias pačias lygtis kaip ir [5.11]. Jeigu turime dvi kainas, tuomet [17; 111]:

$$p_{1,t} = p_{1,t-1} + \sigma_1 Z_{1,t}$$

$$p_{2,t} = p_{2,t-1} + \sigma_2 Z_{2,t}$$

arba:

$$\begin{bmatrix} p_{1,t} \\ p_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1,t-1} \\ p_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_1, 0 \\ 0, \sigma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} \quad [5.12]$$

Portfelio vertė  $PV_t$  periodu  $t$  yra randama dauginant [5.12] iš  $[x_{1,t}, x_{2,t}]$ , taip gauname pozicijų dviejose turto rūšyse vektorių:

$$PV_t = [x_{1,t}, x_{2,t}] \begin{bmatrix} p_{1,t} \\ p_{2,t} \end{bmatrix} = [x_{1,t}, x_{2,t}] \begin{bmatrix} p_{1,t-1} \\ p_{2,t-1} \end{bmatrix} + [x_{1,t}, x_{2,t}] \begin{bmatrix} \sigma_1, 0 \\ 0, \sigma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} \quad [5.13]$$

kuris priklauso nuo  $t$  periodo  $Z_{1,t}$  ir  $Z_{2,t}$  projekcijų. Portfelio vertė periodu  $T$  yra:

$$PV_T = \sum_{i=1}^T PV_i \quad [5.14]$$

kuris priklauso nuo abiejų  $Z$  kintamųjų projekcijų periodu nuo  $t$  iki  $T$ . Viskas, ką mes dabar turime padaryti, tai atlikti pakankamą skaičių iteracijų, tam, kad sumodeliuotume tikrojo portfelio pasiskirstymo vertes, pereitume prie pelno / nuostolio pasiskirstymo ir apskaičiuotume VaR. Pažymėtina, kad ši užduotis nereikalauja jokių veiksmų su matricomis atlikimo.

Kitas atvejis stebimas tuomet, kai kainos yra tarpusavyje teigiamai arba neigiamai tarpiai koreliuotos. Šiuo atveju:

$$p_{1,t} = p_{1,t-1} + \sigma_1 Z_{1,t}$$

$$p_{2,t} = p_{2,t-1} \pm \sigma_2 Z_{2,t}$$

arba:

$$\begin{bmatrix} p_{1,t} \\ p_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1,t-1} \\ p_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \sigma_1, 0 \\ \pm \sigma_2, 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} \quad [5.15]$$

Dabar reikia [5.15] padauginti iš pozicijų vektoriaus  $[x_{1,t}, x_{2,t}]$ , kad gautume portfelio vertę  $PV_t$ , tuomet panaudojame [5.14], kad gautume galutinę portfelio vertę  $PV_T$ , ir kartojame procedūrą tiek kartų, kiek reikia, kad gautume patikimą VaR įvertį.

Kuomet dvi kainos nėra idealiai tarpusavyje koreliuotos, išskyla sunkumų. Šiuo atveju turime:

$$\begin{bmatrix} p_{1,t} \\ p_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_{1,t-1} \\ p_{2,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_{1,1}, a_{1,2} \\ a_{2,1}, a_{2,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} \quad [5.16]$$

čia:  $a_{i,j}$  - atitinkamos kovariacinės ir koreliacinės funkcijos.

Dabar turime rasti šias funkcijas ir tam paprastai yra naudojama Choleski dekompozicijos procedūra. Tam, kad supastume, ką reikia daryti, pirmiausia perrašykime [5.16] pirmojo diferencialo formą, atimant likusius p periodus iš abiejų pusių:

$$\begin{bmatrix} \Delta p_{1,t} \\ \Delta p_{2,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{1,1}, a_{1,2} \\ a_{2,1}, a_{2,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \end{bmatrix} \quad [5.17]$$

Dabar pažymėkime vektoriaus  $\Delta p_{i,t}$  išraišką  $\Delta \mathbf{p}_t$ ,  $a_{i,j}$  matricos reikšmę  $\mathbf{A}$  ir vektoriaus  $Z_{i,t}$  vektoriaus reikšmę  $\mathbf{Z}_t$ . Tuomet kiekvieną [5.17] pusę padauginame iš jų transpozicijų, pažymėtu  $\mathbf{Z}_t^T \mathbf{A}^T$ :

$$\Delta p_t \Delta p_t^T = \mathbf{A} \mathbf{Z}_t \mathbf{Z}_t^T \mathbf{A}^T \quad [5.18]$$

Tačiau kairė [5.18] pusė yra dispersinė matrica  $\Sigma$  ir, kadangi  $Z_{i,t}$  kintamieji yra nepriklausomi, pasiskirstę pagal standartinį normalųjį dėsnį, matricos  $\mathbf{Z}_t \mathbf{Z}_t^T$  vidurkis yra identiškas matricai, susidedančiai iš vienetų įstrižainėse ir nulių likusiose vietose. Perleidę vidurkio operatorių per [5.18], gauname:

$$\Sigma^e = \mathbf{A} \mathbf{A}^T \quad [5.19]$$

iš kurios matyti, kad  $\mathbf{A}$ ,  $a_{i,j}$  reikšmių matrica [5.16] yra laukiamos dispersinės matricos  $\Sigma^e$  kvadratinė šaknis. Tuomet faktiškos  $\mathbf{A}$  reikšmės tampa:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1,0 \\ \rho, (1-\rho^2)^{1/2} \end{bmatrix} \quad [5.20]$$

(Šio rezultato gavimą nesunku patikrinti dauginant [5.20] iš jos transpozicijos, kas duoda [5.19].)

Kuomet turime  $A$  matricą, [5.16] lygtis mums duoda periodo  $t$  kainas ir analogiškai kaip ir [5.12] bei [5.13] lygčių atvejais, gauname portfelio laiko momentu  $T$  vertę, priklausomą nuo  $Z$  kintamųjų. Tuomet, atlikę pakankamą skaičių iteracijų, apskaičiuojame portfelio verčių histogramą bei VaR.

Choleski dekompozicijos metodas taip pat gali būti pritaikomas portfeliams, kuriuos sudaro  $n$  turto rūšių. Nepriklausomai nuo portfelį sudarančių turto rūšių skaičiaus,  $A$  matrica bus visuomet matricos  $\Sigma^e$  kvadratinė šaknis, kaip apibrėžta [5.19] lygtyje. Kadangi visi šios matricos kintamieji yra nepriklausomi, matrica turės tas pačias dimensijas kaip ir matrica  $\Sigma$ : bus  $3 \times 3$  matrica, jeigu turėsime tris nepriklausomus kintamuosius, bus  $4 \times 4$  matrica, jeigu turėsime keturis nepriklausomus kintamuosius, ir taip toliau. Nepriklausomai nuo matricos dimensijų skaičiaus, tinkamą  $n$  - dimensinė [5.20] lygties versija mums nurodys tikrąją  $A$ .

#### **5.4.1.3. Kai kurie praktiniai imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu klausimai**

##### **Atsitiktinių skaičių generavimas**

Modeliavimas Monte Karlo metodu remiasi atsitiktinių skaičių generatoriaus sugeneruotomis projekcijomis. Tačiau, tiesą sakant, šie "atsitiktiniai skaičiai" iš viso nėra atsitiktiniai. Jie yra pseudo-atsitiktiniai skaičiai, sugeneruoti naudojant algoritmus, besiremiančius deterministinėmis taisyklėmis (t.y. taisyklėmis, kurios neturi atsitiktinių elementų). Šios taisyklės pasirenka tam tikrą pradinę vertę, "pamatinį" skaičių, ir generuoja serijas skaičių, kurie *atrodo* atsitiktiniais ir tikimybiniais; jeigu atsitiktinių skaičių generatorius yra gerai suprojektuotas, tuomet šie skaičiai išlaiko standartinius atsitiktinumo testus (ir, be to, ypač nepriklausomumo testus). Tačiau, jeigu atsitiktinių skaičių generatorius yra netinkamai suprojektuotas, jo generuojami "atsitiktiniai" skaičiai neturi tų savybių,

kurias jie turėtų turėti (pavyzdžiui, jie gali būti tarpusavyje priklausomi), tokiu būdu mūsų gauti rezultatai būtų neteisingi. Taigi kaip matome, yra labai svarbu naudoti gerą atsitiktinių skaičių generatorių.

Taip pat yra dar viena problema. Atsitiktinių skaičių generatorius visuomet generuos tą pačią skaičių seką nuo to pačio pradinio "pamatinio" skaičiaus. Galiausiai, pamatinis skaičius kartosis ir "atsitiktinių" skaičių seka kartos save pačią. Taigi visi atsitiktinių skaičių generatoariai kartojasi po tam tikro projekcijų skaičiaus ir vienintelis klausimas yra toks: kokio ilgio yra ciklas: geri atsitiktinių skaičių generatoriai kartojasi po kokio bilijono projekcijų, o blogi kartojasi po kelių tūkstančių sugeneruotų projekcijų. Jeigu, lyginant su norimu projekcijų skaičiumi, ciklas yra per trumpas, didelio projekcijų skaičiaus atlikimas, kaip priemonės papildomam tikslumui gauti, jo mums nesuteiks, ir mes galime apgauti save manydami, jog rezultatai yra tikslesni nei yra iš tiesų. Todėl yra svarbu naudoti tokius atsitiktinių skaičių generatorius, kurių ciklai yra ilgi.

### **Teigiamos pusiau apibrėžtos dispersinės matricos užtikrinimas**

Kita praktinė problema yra užtikrinimas, kad apskaičiuota dispersinė matrica  $\Sigma$  būtų teigiamai pusiau apibrėžta. Jeigu ši sąlyga nėra patenkinta, tuomet matrica  $A$  neegzistuoja ir todėl nėra galimybės pritaikyti modeliavimo Monte Karlo metodu procedūros. Ši sąlyga gali būti patenkinta tik tuomet, kai bus patenkintos kitos dvi sąlygos, kurios apriboja dispersinės matricos dydį. Viena iš jų yra ta, kad stebėjimų skaičius, kuriuo remiantis yra apskaičiuojama dispersinė matrica, turi būti nemažesnis už matricos dimensijų skaičių, o kita yra ta, kad nė viena laiko eilutė - aktyvų kainų, pelningumų ar bet ko kito - nebus tobulai tiesiškai koreliuota su kitomis eilutėmis. Tačiau praktikoje mes paprastai susiduriame ne su problemomis, kuomet aktyvai yra tarpusavyje tobulai koreliuoti, o su problemomis, kuomet, esant pakankamai artimai tarpusavyje koreliuotiems aktyvams, apskaičiuota dispersinė matrica nebus teigiamai pusiau-apibrėžta dėl apvalinimo klaidų. Dažnai tai būna pagrindine problema, ypač kuomet yra operuojama didelių dimensijų matricomis. Siūlomas sprendimas yra

sumažinti dispersinės matricos dimensijų skaičių, kuri galima padaryti išdėstant turimus aktyvus į mažesnę "esminių" ekvivalentų skaičių arba panaudojant pagrindinius elementus, arba faktorinę analizę. Dispersinės matricos dimensijų sumažinimas taip pat suteikia žymią naudą, nes pagreitina skaičiavimus.

### **Kiek taikyti iteracijų?**

Daugeliui modeliavimo Monte Karlo metodu procedūrų bet kokio apskaičiuoto parametro tikslumas bus proporcingas  $1/\sqrt{n}$ , čia  $n$  yra iteracijų skaičius. Padidinant iteracijų skaičių 100-ą kartų, paklaida sumažėja 10 kartų (apytiksliai). Todėl modeliavimas Monte Karlo metodu yra neįmanomas be kompiuterio pagalbos, ypač kai mums reikia didelio tikslumo. Be to, reikalingų skaičiavimų skaičius taip pat priklauso nuo kiekvienoje iteracijoje naudojamų atsitiktinių skaičiavimų skaičiaus. Paprasta tiesinė pozicija iš  $n$  netobulai koreliuotų aktyvų paprastai priklausys nuo  $n$  atsitiktinių kintamųjų realizacijų, o nelinejinės ar dar sudėtingesnės pozicijos dažnai priklauso nuo dar didesnio kintamųjų skaičiaus. Taigi, pozicijos, apimančios 50 aktyvų, vertė paprastai priklausytų nuo mažiausiai 50 kintamųjų realizacijų, taigi iteracijos vienos hipotetinės portfelio vertės apskaičiavimui atlikimas mus priverstų suformuoti mažiausiai 50-ies kintamųjų trajektorijas. Jeigu tam, kad gautume pakankamo tikslumo rezultatus, mums reikia atlikti, tarkime, 10 000 iteracijų, mums prireiktų suformuoti mažiausiai 50 000 hipotetinių kainų trajektorijų. Jeigu norėsime naudoti modeliavimą Monte Karlo metodu realaus laiko režimu, privalėsime tikslumą aukoti dėl greičio.

### **Modelio rizika**

Modeliavimo Monte Karlo metodu rezultatai taip pat labai priklauso nuo naudojamų modelių, kurie aprašo susijusių kainų kitimą. Todėl modeliavimas Monte Karlo metodu sukelia modelio riziką - klaidingų rezultatų gavimo tikimybę, kylančią dėl netinkamų įkainojimo modelių parinkimo. Taigi yra



labai svarbu pasirinkti tinkamus modelius[17; 114]. Ši užduotis nesunkiai sprendžiama, kuomet susiduriame su pozicijomis, kurioms yra taikytinas tik vienas tinkamas modelis, bet yra kur kas sunkiau tais atvejais (kaip kad nagrinėjant išvestinius instrumentus su fiksuota palūkanų norma), kai yra visa eilė alternatyvių modelių, iš kurių galima rinktis, kuomet kiekvienas modelis pasižymi tam tikrais privalumais bei trūkumais. Taigi, jeigu mes, netgi turėdami pakankamai informacijos apie modelių pasirinkimą, esame susirūpinę modelio rizika, gali kilti natūralus noras patikrinti gautus rezultatus, palyginant juos su modeliavimo taikant kitus modelius rezultatais.

Tačiau kokius modelius pasirinkti? Atsakymas priklauso nuo priemonių, kurių kainas mes norime modeliuoti, bei, kartais, nuo kitų veiksnių, tokių kaip norimas rezultatų tikslumas. Akcijų pozicijų atvejais galime pasiremti geometrine Brauno dėsnio prielaida, kuri yra [5.8] lygties apibendrinimas. Taikant šį modelį, yra daroma prielaida, kad akcijos kaina kinta pagal tokį dėsnį:

$$dS_t/S_t = \mu dt + \sigma dW_t \quad [5.21]$$

čia  $dW_t = \sqrt{\Delta t} \cdot Z_t$ . Kaip ir [5.8] lygties atveju, akcijos kainos pokyčiai priklauso nuo atsitiktinio standartizuoto kintamojo  $Z_t$ , pasiskirsčiusio pagal normalųjį dėsnį. Akcijos kainos vidutinis kvadratinis nuokrypis taip pat mažėja, kuomet trumpėja laiko intervalo  $\Delta t$  ilgis, šis bruožas sukelia didelius akcijos kainos svyravimus ir charakterizuoja Brauno dėsnį.

Finansinių priemonių, teikiančių fiksuotas pajamas, kainų modeliavimas yra kur kas sudėtingesnis dalykas, pareikalavęs ypatingų intelektualinių pastangų per pastaruosius 15 metų. Tradicinis šios problemos sprendimas siūlo pasitelkti trukmės - išgaubtumo būdą, t.y. siūloma vengti pačios obligacijos kainos modeliavimo, o vietoj to dirbti su trukmės - išgaubtumo aproksimacija:

$$\Delta p / p \approx -D^m \Delta y + (1/2)C(\Delta y)^2 \quad [5.22]$$

Viskas, ką reikia padaryti, tai apskaičiuoti modifikuotos trukmės ( $D^m$ ) ir išgaubtumo ( $C$ ) parametrus (tai yra gana paprasta) ir įstatyti juos į [5.22] lygtį, kad gautume aproksimuotą obligacijos kainos kitimą priklausomai nuo palūkanų normų pokyčio. Tuomet nesunku rasti VaR, kai turime hipotetinę obligacijos pelningumo tankio funkciją. Ši trukmės - išgaubtumo metodą nesunku naudoti,

bet jis taip pat turi tam tikrų gerai žinomų trūkumų (pavyzdžiui, aproksimacija gali būti netiksli, pagrindinė modifikuotos trukmės reikšmė daro negalimus pelningumo kreivės pokyčius, ir t.t.

## **5.4.2. Investicijų projektų rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu**

### **5.4.2.1. Imitacinio modeliavimo procedūra**

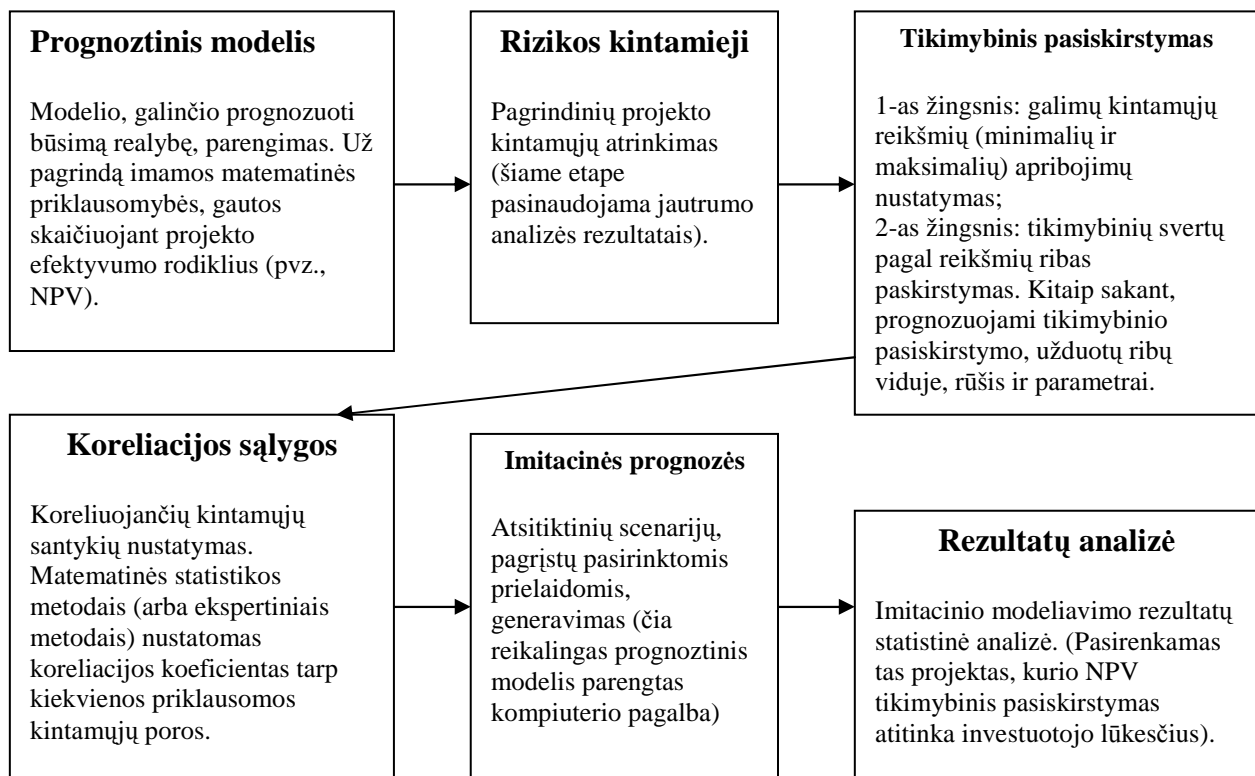
Imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu eigoje yra sukuriamas investicijų projekto matematinis modelis bei nustatomas investicijų projekto pelningumo pasiskirstymas, jei žinomi projekto parametrų tikimybiniai skirstiniai bei šių parametrų tarpusavio priklausomybės, t.y. koreliacijos pobūdis [23; 242].

Imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu procedūros aiškinimą pradėkime nuo kintamųjų, kuriuos laikysime atsitiktiniais dydžiais, atrinkimo. Čia galimi įvairūs variantai, nes galima pasirinkti nuo vieno iki kelių dešimčių kintamųjų, tačiau reikia turėti omenyje, kad į vertinimo procesą įtraukiant vis daugiau kintamųjų, smarkiai didėja reikalingų atlikti skaičiavimų apimtys.

Dabar aptarkime galimų kintamųjų ratą. Į jį gali patekti bet koks veiksnys, tiesiogiai ar netiesiogiai įtakojantis investicijų projekto pinigų srautą. Taigi tai gali būti investicinių sąnaudų suma, gamybos apimtis, pardavimų pajamos, tiesioginės ir netiesioginės sąnaudos, paskolų palūkanų normos, valiutų kursai, diskonto normos, mokesčių sumos, baudos ir delspinigiai ir pan. Kiekvieno iš išvardintų kintamųjų rizikos laipsnis skirtingas, be to, jis gali skirtis kiekvienu individualiu atveju, todėl yra tikslinga atsitiktiniais dydžiais laikyti tik labiausiai rizikingus, nenusipėjamus bei svarbiausius veiksnius. Matyt, tokie kintamieji kaip pradinių investicijų apimtis, gamybos apimtis, sąnaudos, amortizaciniai atskaitymai dažniausiai gali būti laikomi pakankamai apibrėžtais ir nuspėjamais iš anksto, ypač tais atvejais, kai investicijų projektą žadama įgyvendinti jau kurį laiką veikiančioje įmonėje.

Bazinė investicijų projektų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu Monte Karlo metodu schema, pateikta 5. pav. Ji sudaryta, generavus keletą literatūros šaltinių.

Paskutiniame šio metodo etape yra atliekama imitacinio modeliavimo rezultatų analizė. Svarbiausiu sprendimo priėmimo kriterijumi yra tokio projekto parinkimas, kurio grynosios dabartinės vertės tikimybinis pasiskirstymas labiausiai atitinka konkretaus investuotojo požiūrį į riziką.



5. pav. Rizikos analizės imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu schema [pagal 15]

Kaip yra žinoma, praktikoje praktiškai neįmanoma apeiti informacijos neapibrėžtumo, liečiančio įvairiausias investicijų projekto realizavimo sąlygas. Šį trūkumą dalinai galima kompensuoti panaudojus imitacinio modeliavimo techniką, kuomet galima iš anksto suprojektuoti daugybę įvairių galimų scenarijų bei įvertinti projekto eigai gresiantį rizikos laipsnį.

Pažymėtina, kad imitacinio modeliavimo technika yra žymiai pranašesnė už optimistinių bei pesimistinių scenarijų naudojimą, kadangi, pastarųjų atveju, yra mažai tikėtina, jog visos projekto realizavimo sąlygos vienu metu pablogės arba bus geresnės nei numatyta baziniame variante.

#### 5.4.2.2. Pagrindinės investicijų projektų atrinkimo taisyklės

Galutinė investicijų projekto finansinės rizikos analizės stadija - rezultatų, surinktų iteracinių skaičiavimų metu, interpretavimas. Rizikos analizės rezultatai pateikiami tiriamo atsitiktinio dydžio tikimybinio pasiskirstymu, kuris grafiškai vaiduoja kiekvieno galimo įvykio tikimybę (galutinio rodiklio galimų reikšmių tikimybę).

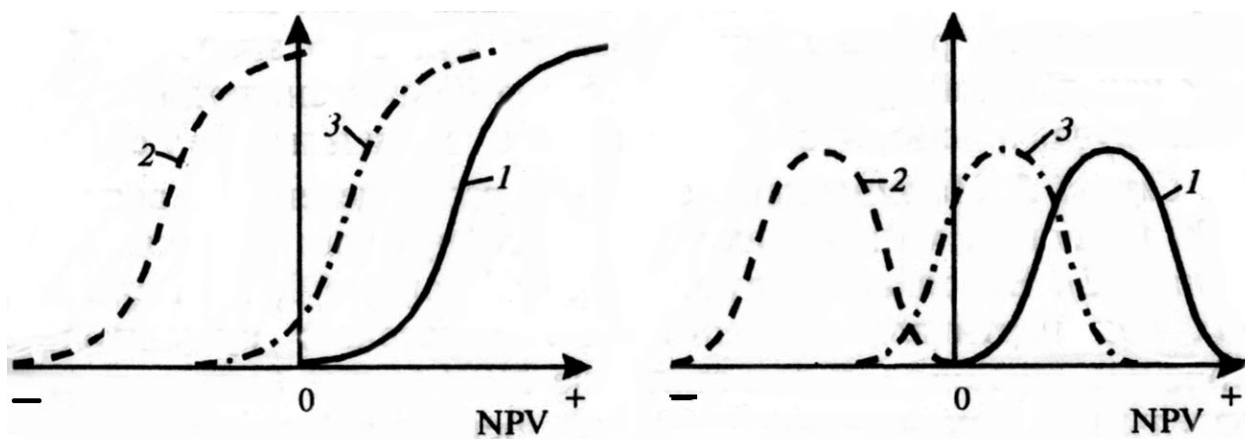
Dažnai, lyginant investicijų projektų variantus, patogiau naudotis kreive, sudaryta remiantis suminėmis tikimybėmis (kumuliatyvinis rizikos profilis). Tokia kreivė rodo projekto galutinio rodiklio tikimybės lygį (daugiau ar mažiau nustatytos reikšmės). Tokiu būdu investicijų projekto rizika apibrėžiama kumuliatyvinio rizikos profilio padėtimi ir polinkiu.

Kumuliatyvinis rizikos profilis iš skirtingų požiūrio kampų rodo tam tikro projekto kumuliatyvinį NPV tikimybinį pasiskirstymą.

Toliau remsimės prielaida, jog investicijų projektas laikomas naudingą, jeigu gaunama tikimybė, jog  $NPV > 0$ . Lyginant keletą projektų, parenkamas tas, kurio NPV didesnė, laikantis aukščiau pateiktos prielaidos.

Iliustracijos dėlei panagrinėsime penkis sprendimų priėmimo atvejus. Atvejais 1 - 3 tiriamas sprendimo priėmimas dėl investicijų į atskirai paimtą projektą, o atvejais 4 - 5 iliustruoja sprendimo priėmimą dėl alternatyvinių projektų pasirinkimo. Lyginimo tikslais visais atvejais nagrinėjami ir kumuliatyviniai projekto rizikos profiliai, ir nekumuliatyviniai. Kumuliatyvinis rizikos profilis yra naudingesnis, jeigu reikia išrinkti projektą iš alternatyvių, o nekumuliatyvinis rizikos profilis parodo pasiskirstymo tipą ir naudingesnis koncepcijų, susijusių su matematinio vidurkio nustatymu, supratimui. Analizė remiasi grynosios dabartinės vertės rodikliu.

*1 atvejis.* Minimali galima NPV tikimybinio pasiskirstymo reikšmė yra didesnė už 0 (žr. 6. pav. 1 kreivę). Neigiamos NPV reikšmės tikimybė yra lygi 0, nes žemutinis kumuliatyvinio rizikos profilio galas yra dešiniau nei nulinė NPV reikšmė. Kadangi duotas investicijų projektas visais galimais atvejais įgauna teigiamas NPV reikšmes, projektas priimamas.



6. pav. 1-2-3 atvejų rizikos profiliai

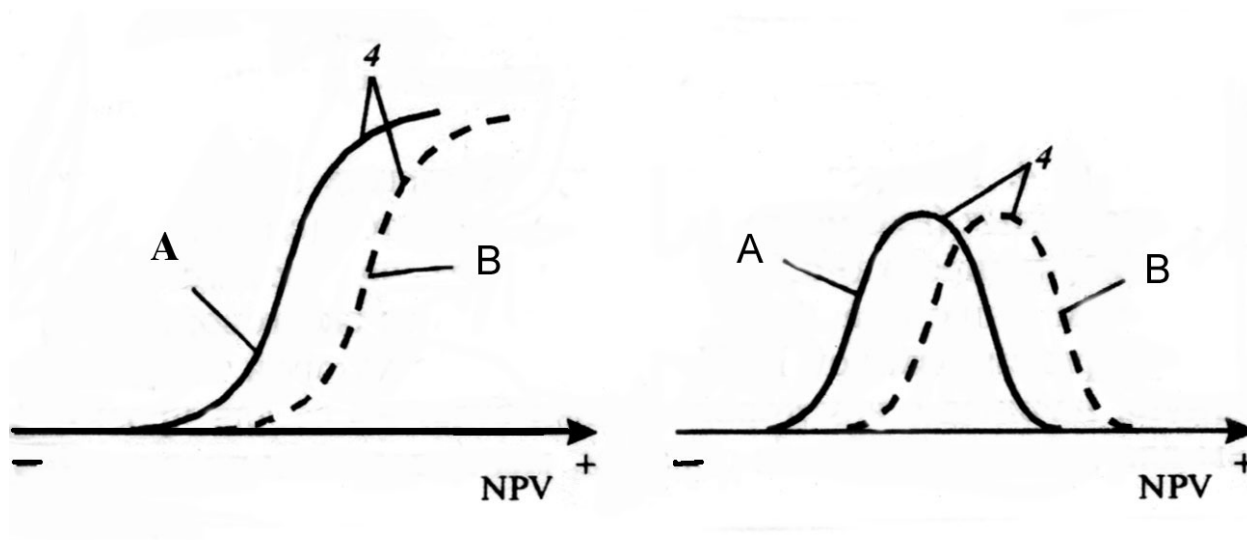
*2 atvejis.* Maksimali galima NPV tikimybinio pasiskirstymo reikšmė yra mažesnė už 0 (žr. 6. pav. 2 kreivę). Teigiamos NPV reikšmės tikimybė yra lygi 0, nes kumuliatyvinis rizikos profilis yra kairiau nei nulinė NPV reikšmė. Kadangi duotas projektas visais galimais atvejais įgauna neigiamas NPV reikšmes, projektas atmetamas.

*3 atvejis.* Minimali galima NPV tikimybinio pasiskirstymo reikšmė yra didesnė, o minimali - mažesnė už 0 (žr. 6. pav. 3 kreivę). Nulinės NPV reikšmės tikimybė didesnė už 0, bet mažesnė už 1, nes nulionio NPV vertikalė kerta kumuliatyvinį rizikos profilį. Kadangi NPV gali įgyti tiek teigiamą, tiek ir neigiamą reikšmes, sprendimas priklausys nuo investitoriaus polinio rizikuoti. Greičiausiai, jeigu matematinis NPV vidurkis mažesnis arba lygus 0 (rizikos profilio viršūnė yra kairėje arba lygi 0), projektas neturi būti toliau svarstomas.

*4 atvejis.* Nesusikertantys alternatyvių investicijų projektų kumuliatyviniai rizikos profiliai (žr. 7. pav.). Esant fiksuotai tikimybei projekto B pelningumas yra visuomet didesnis nei projekto A. Iš rizikos profilio taip pat matyti, kad esant tai pačiai NPV reikšmei tikimybė, su kuria ji įgis šią reikšmę,

pradeant nuo tam tikro lygio bus didesnė projektui B nei projektui A. Tokiu būdu, galima suformuluoti tokią taisyklę:

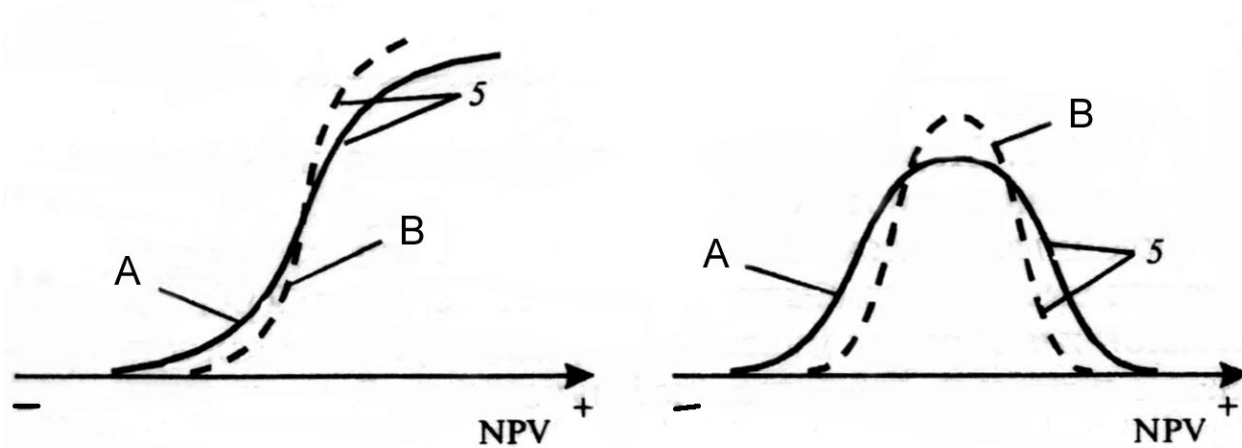
**1 taisyklė.** Jeigu dviejų alternatyvių projektų kumuliatyviniai rizikos profiliai nesikerta nei viename taške, tai priimamas tas projektas, kurio rizikos profilis išsidėstęs dešiniau.



7. pav. 4-o atvejo rizikos profiliai

5 atvejis. Susikertantys alternatyvių projektų kumuliatyviniai rizikos profiliai (žr. 8 pav.).  
Linę rizikuoti investitoriai pasirinks galimybę uždirbti didesnę pelną, ir todėl pasirinks projektą A.  
Nelinę rizikuoti investitoriai pasirinks galimybę patirti nedidelius nuostolius, ir, greičiausiai, pasirinks projektą B.

**2 taisyklė.** Jeigu dviejų alternatyvių projektų kumuliatyviniai rizikos profiliai susikerta kokiame nors taške, tai sprendimas dėl investicijų priklauso nuo investitoriaus polinkio rizikuoti.



8. pav. 5-o atvejo rizikos profiliai

*Investicijų projektų rizikos matu gali būti laikomi tokie rodikliai [23; 249]:*

- laukiama grynoji dabartinė vertė;
- neapibrėžtumo sąnaudos;
- normuotas laukiamas nuostolis;
- variacijos koeficientas.

**Laukiama grynoji dabartinė vertė (NPV)**, kurios reikšmėje agreguojama informacija, esanti tikimybiname pasiskirstyme: NPV apskaičiuojama dauginant kiekvieną galutinio rodiklio reikšmę iš atitinkamos tikimybės bei galiausiai visas reikšmes susumuojant. Visų neigiamų rodiklio reikšmių, padaugintų iš atitinkamų tikimybių, suma yra *laukiamas nuostolis*, Visų teigiamų rodiklio reikšmių, padaugintų iš atitinkamų tikimybių, suma - *laukiama pelnas*. Laukiamo nuostolio ir pelno suma yra NPV.

NPV patikimu rizikos indikatoriumi gali būti laikomas tik tose situacijose, kuriose operacija, susijusi su duota rizika, gali būti pakartota daugelį kartų. Tinkamu pavyzdžiu gali būti rizika, draudžiama draudimo kompanijų, kurios siūlo identiškas sutartis dideliame klientų skaičiui. Investiciniame projektavime laukiamos vertės rodiklis turi būti naudojamas kartu su variacijos rodikliu, tokiu kaip standartinis nuokrypis.

Sprendimo priėmimas dėl investicijų neturi remtis išimtinai tikrai laukiamos NPV reikšme, nes, be šio rodiklio, yra svarbi tokių rodiklių kombinacija kaip pelnas ir atitinkama tikimybė, iš kurių susideda laukiamas NPV.

**Neapibrėžtumo sąnaudos** arba **informacijos vertė** - tai sąvokos, kurios padeda apibrėžti maksimaliai galimą kainą už informacijos, mažinančios projekto neapibrėžtumą, gavimą. Šias sąnaudas galima apibrėžti kaip tikėtino pelno *laukiamą grynąją diskontuotą naudą* atmetus projektą arba kaip *laukiamą grynąją diskontuotą nuostolį* priėmus projektą.

Įvertinus laukiamą neapibrėžtumo sąnaudų sumažėjimą įsigyjant papildomos informacijos, investitorius sprendžia, atidėti priėmimo sprendimą ar atmesti projektą ir ieškoti papildomos informacijos, ar priimti sprendimą nedelsiant.

**3 taisyklė.** *Investitoriui rekomenduojama atidėti sprendimą, jeigu neapibrėžtumo sąnaudų sumažinimas viršys papildomos informacijos gavimo sąnaudas.*

**Normuotas laukiamas nuostolis (NLN)** - tai tikėtino nuostolio santykis su tikėtina verte:

$$NLN = \frac{TN}{TP + TN} \quad [5.23]$$

čia: TN - tikėtinas nuostolis;

TP - tikėtinas pelnas.

Šis rodiklis gali įgauti reikšmes nuo 0 (kai nėra tikėtino nuostolio) iki 1 (kai nėra tikėtino pelno), jis reprezentuoja rizikos profilio plotą, esančio į kairę nuo nulinės NPV reikšmės, santykį su visu plotu, esančiu po rizikos profilio.

Projektas, kurio NPV tikimybinio pasiskirstymo plotas yra virš nulinės reikšmės, normuotas laukiamas nuostolis lygus 0, o tai reiškia, kad projektas absoliučiai nerizikingas. Tuo tarpu projektas, kurio NPV tikimybinio pasiskirstymo plotas yra po nuline reikšme, yra visiškai rizikingas.

Šis rodiklis riziką apibūdina kaip dviejų veiksnių pasekmę: NPV rizikos profilio polinkį ir padėtį vertikalės, einančios per nulinę NPV reikšmę, atžvilgiu.



**Variacijos koeficientas.** Šis koeficientas lygus standartinio nuokrypio santykiui su tikėtinos NPV reikšme. Kuo mažesnis variacijos koeficientas, tuo mažesnė projekto rizika, kai tikėtina grynoji dabartinė vertė teigiama.

Kaip matome, rodikliai normuotas laukiamas nuostolis ir variacijos koeficientas charakterizuoja tiriamo investicijų projekto riziką. Tačiau normuotas laukiamas nuostolis yra santykinis rodiklis, leidžiantis spręsti apie atskirai paimto projekto riziką (tarkime, nepriimtiniu laikomas projektas, kurio NLN didenis nei 40 %), o variacijos koeficientas yra absoliutus rodiklis, jis naudingesnis lyginant alternatyvius projektus.

### **5.4.3. Imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu privalumai bei trūkumai**

Imitacinis modeliavimas Monte Karlo ir kitais panašiais metodais leidžia veiksmingai ir lanksčiai priėti prie rizikos vertės nustatymo. Jie turi daug pranašumų prieš kitus metodus. Iš tiesų, jie ne tik suranda VaR įverčius, tačiau kaip šalutinius produktus pateikia ir kitas naudingas statistikas (žr. 6. skyrių). Šie modeliai taip pat leidžia keisti rezultatų tikslumą, todėl skaičiuojant rizikos vertę, galima keisti pasikliovimo lygius ar kitokius tikslumo indikatorius.

Tačiau šių metodų sudėtingumas neišvengiamai sudaro problemų. Šie metodai intensyviai naudoja ir laiką, ir intelektualinius / žmogiškuosius resursus, reikalingus skaičiavimams vykdyti. Apskaičiavimams paprastai reikia nemažai laiko, ir jie gali būti atliekami sėkmingai tik tuomet, jei personalas turi atitinkamą kompetenciją ir skaičiavimo techniką. Šių metodų sudėtingumas ir neskaidrumas sudaro problemų vyresniesiems vadybininkams sekant, ką daro ekonomistai ir rizikos vadybininkai.

Tai yra rimti trūkumai, tačiau nepakankami, kad šios VaR radimo metodikos nebūtų naudojamos plačiau, nei yra naudojamos dabar. Šiuo metu plėtojamos naujesnės metodikos, kurios leidžia žymiai padidinti skaičiavimų efektyvumą, lyginant su tradiciniu imitaciniu modeliavimu Monte Karlo metodu. Šios naujos metodikos dabar dar tik įsigali ir jos leidžia atlikti apskaičiavimus žymiai

paprasciau nei tai buvo daroma ligi šiol. Atrodo, kad šis teorinis / techninis progresas tęsis ir toliau, todėl ateityje leis daryti dar efektyvesnius skaičiavimus. Taip pat galima tikėtis tolimesnės pažangos iš tebevykstančio spartaus informacinių technologijų tobulėjimo, turint mintyje, kad informacinių technologijų kainos paskutinę dekadą krito 25 - 30 % kasmet, o IT pajėgumas augo dar sparčiau.

Savo ruožtu, ši pažanga padės padaryti imitacinį modeliavimą Monte Karlo metodu ir panašias metodikas labiau prieinamomis ir patogesnėmis vartotojams. Šiuo metu vis dar yra brangu įdiegti tokias sistemas nuo pradžios, taip pat reikia aukštos kvalifikacijos personalo, kuris su jomis dirbtų. Tam tikru mastu, šios sistemos vis dar yra naudojamos pagrinde stambių finansinių institucijų, kurios iš jų gali gauti didesnę naudą. Tačiau padėtis sparčiai keičiasi, ir įvairios institucijos vis dažniau perka imitaciniu modeliavimu atliktus finansinių priemonių rizikos įvertinimus iš stambesnių institucijų ar specialių konsultantų. Toks bendradarbiavimas duoda įmonei - klientui galimybę pasinaudoti modeliavimo technologijomis vertinant investicijų riziką. Galbūt, dar svarbiau yra tai, kad jau pradama pardavinėti programinę įrangą, kuri leidžia sudėtingus modeliavimus vykdyti mažesnėse institucijose ir įmonėse darbuotojams, kurių specialybė yra rizikos vadybininkai, o ne modeliavimo ekspertai ar finansų inžinieriai. Šios "ekspertinės sistemos" daro modeliavimo technologijas žymiai prieinamesnėmis, ir, laikui bėgant, modeliavimą vykdyti bus taip paprasta, kaip kad paprasta naudoti daugelį kitų dabar naudojamų "juodosios dėžės" metodikų. Viena tokių programų, kuri taikyta šiame darbe, yra @Risk4.0 programinis paketas.

Priklausomai nuo atliktos investicijų rizikos analizės rezultatų bei individualaus polinkio rizikuoti, investitorius priima sprendimą - priimti, pakeisti ar atmesti investicijų portfelį ar projektą.

Rizikos analizės imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu privalumai ir trūkumai pateikiami 5. lentelėje.

## Imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu privalumai ir trūkumai

<u><i>Privalumai</i></u>	<u><i>Trūkumai</i></u>
<i>Patobulina sprendimų priėmimą dėl nedidelio pelningumo investicijų:</i> investicijų projektas ar portfelis, pasižymintis nedidele NPV reikšme, gali būti priimtas, jeigu rizikos analizės metu bus nustatyta, kad patenkinamo pelno gavimo tikimybė yra didesnė už nepriimtinių nuostolių tikimybę.	<i>Įneša neapibrėžtumo:</i> galimi kintamųjų nukrypimai nuo bazinių lygių. Ryšium su tuo, kad pasiskirstymo dėsnių parinkimas bei kintamųjų kitimo ribų nustatymas neša savyje subjektyvizmo atspalvį, net prie rizikos analizės rezultatų būtina prieiti kritiškai.
<i>Padedą indentifikuoti gamybines galimybes:</i> rizikos analizė sutaupo pinigų, sumažindama išlaidas, kurios viršija neapibrėžtumo išlaidas, papildomos informacijos gavimui.	<i>Rizikos analizės metu daroma prielaida apie vertinimo modelių tinkamumą:</i> jeigu modelis neteisingas, tai rizikos analizės rezultatai taip pat neteisingi.
<i>Išryškina investicijų projekto skyrius, reikalaujančius tolimesnių tyrimų:</i> valdo informacijos rinkimą	<i>Sudėtingas:</i> neintuityvus, neaiškus ir sunkiai suprantamas
<i>Išryškina "silpnas vietas" investicijose:</i> sudaro galimybę įnešti pataisas	<i>Reikalauja daug sąnaudų:</i> reikalauja žymių žmogiškųjų ir finansinių investicijų.
<i>Galingas ir lankstus:</i> taikomas praktiškai bet kokiai investicijų projekto ar portfelio kintamajam	<i>Koreliuotų kintamųjų problema:</i> neteisingai nustačius koreliacinius ryšius, gaunami neteisingi rezultatai.

## 5.5. IMITACINIO MODELIAVIMO METODIKŲ ĮVERTINIMAS IR JŲ PRAKTINIO PRITAIKYMO GALIMYBIŲ LIETUVOJE ANALIZĖ

### 5.5.1. Imitacinio modeliavimo metodikų įvertinimas

#### Imitacinis modeliavimas Delta (normaliniu) metodu

Imitacinis modeliavimas Delta metodu remiasi prielaida, kad modeliuojami atsitiktiniai dydžiai yra pasiskirstę pagal normalųjį dėsnį arba gali būti aproksimuojami normaliuoju pasiskirstymo dėsniu.

Ši prielaida, jeigu ją realiai galima taikyti, žymiai supaprastina ir pagreitina atsitiktinių dydžių modeliavimą.

Investicijų rizika apskaičiuojama kaip tiesinė investicijų portfelį sudarančių elementų ir / ar ją sukeliančių veiksnių kvadratinių nuokrypių funkcija.

Be to, kaip jau matėme 5.2. skyrelyje, turint tam tikrą apskaičiuotą investicijų rizikos vertę galima nesunkiai pereiti nuo vieno tikslumo lygio prie kito, nuo vieno vertinamo periodo prie kito.

Taigi modeliavimas Delta metodu yra labai patogus ir palyginti paprastas imitacinio modeliavimo metodas, tačiau taikytinas tiktai atsitiktiniams dydžiams, kuriuos galima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsnium.

Praktikoje daugelį finansinių priemonių ar ekonominių veiksnių galima aproksimuoti normaliaisiais pasiskirstymo dėsniais, todėl šis modeliavimo metodas gali būti gana plačiai pritaikomas praktikoje.

Tačiau modeliuojant kai kurias išvestines finansines priemones (pvz., opciones), kurių vertės kitimas su tą vertę veikiančiais veiksniais yra susijęs ne tiesine priklausomybe, tenka ieškoti kitų imitacinio modeliavimo technikų, nes šių finansinių priemonių negalima aproksimuoti normaliuoju pasiskirstymo dėsnium.

### **Imitacinis modeliavimas, remiantis istoriniais duomenimis**

Imitacinis modeliavimas, remiantis istoriniais duomenimis, arba tiesiog istorinio modeliavimo metodas nesiremia normaliojo pasiskirstymo prielaida. Priešingai, taikant šį metodą, nesiekama tam tikrą atsitiktinį dydį aproksimuoti koku nors teoriniu pasiskirstymo dėsnium. Čia visas dėmesys yra koncentruojamas į tiriamo atsitiktinio dydžio empirinį pasiskirstymo dėsnį, atspindintį istorinių duomenų kitimą.

Šis metodas pasižymi daugeliu pranašumų, tačiau neišvengiamai pasižymi ir eile trūkumų.

Metodas yra paprastas ir lengvai suvokiamas. Kaip ir prognozuojant ekonominius procesus, yra laikomasi prielaidos, kad tiriami dydžiai kiti pagal tą patį dėsnį, kuris buvo būdingas iki šiol. Tai

pakankamai "protinga" prielaida, nors visuomet egzistuoja tikimybė, kad tiriamo atsitiktinio dydžio "elgsena" įgaus naujų požymių.

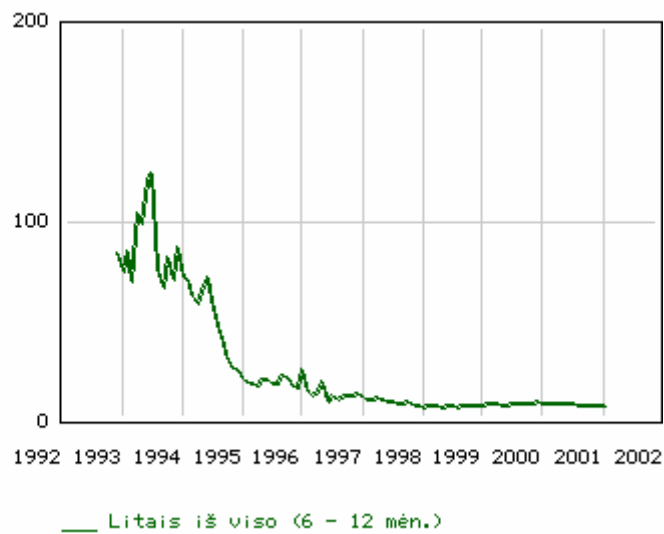
Kadangi nesiremiama jokiais supaprastinančiomis prielaidomis, neskaičiuojami atsitiktinio dydžio parametrai (koreliacijos koeficientai, kvadratiniai nuokrypiai ir pan.), išnyksta rizika, kad, pasirinkus netinkamą modelį, bus gauti neteisingi ir klaidinantys rezultatai.

Istorinio modeliavimo trūkumai yra susiję su realia tikimybe, kad ateitis nebūtinai bus tokia kaip ir praeitis (žr. 5.3.2. skyrelį).

Nors šis modeliavimo metodas yra patrauklus ir viliojantis, jo pritaikymo Lietuvoje galimybės yra gana ribotos. Lietuvos ūkis ir finansų rinka šiuo metu yra formavimosi stadijoje, todėl pagrindiniai ekonominiai bei finansiniai veiksniai gana žymiai kinta, todėl negalima remtis šiais istoriniais duomenimis tam, kad jų pagrindu gautume pakankamai patikimas prognozes. Šio teiginio teisingumu nesunku įsitikinti pažvelgus į 6-12 mėn. vidutinių paskolų litais palūkanų normų ir 6-12 mėn. terminuotųjų indėlių litais vidutinių palūkanų normų kitimą 1992 - 2000 metais:



9. pav. 6-12 mėn. vidutinių paskolų litais palūkanų normos



10. pav. 6-12 mėn. terminuotų indėlių litaĩs vidutinių palūkanų normos

Taigi istorinio modeliavimo metodas Lietuvoje neabejotinai bus pripažintas kaip patikimas investicijų rizikos vertinimo metodas, tačiau tik po dešimties - penkiolikos metų, kuomet bus sukaupta solidi finansų rinką apibūdinančių stabilių charakteristikų biblioteka.

### **Imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu**

Imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu yra vienas sudėtingiausių, tačiau tuo pačiu metu ir universaliausių bei galingiausių investicijų rizikos modeliavimo technikų, kurią galima pritaikyti praktiškai bet kokių finansinių priemonių, jų portfelių ar investicijų projektų rizikai vertinti.

Nežiūrint to, kad metodas reikalauja daug žmogiškųjų bei finansinių išteklių, jis turi labai plačias praktinio panaudojimo galimybes Lietuvos pinigų ir kapitalo rinkose, taip pat vertinant sudėtingus bei stambius investicijų projektus.

Imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu taip pat pasižymi visa eile privalumų, kurie, autoriaus nuomone, žymiai nusveria jo trūkumus.

Vertinant investicijų riziką šiuo metodu yra sudaromas sudėtingas investicijų portfelio ar projekto stochastinis modelis, kurio kintamieji yra laikomi atsitiktiniais dydžiais ir kurie, be to, yra tarpusavyje susiejami koreliaciniais ryšiais. Toks modelis leidžia sumodeliuoti daugybę galimų jo

kitimo scenarijų, iš kurių apskaičiuojamas tiriamo rezultatinio dydžio (portfelio vertės, projekto grynosios dabartinės vertės, kt.) reikšmių tikimybinis pasiskirstymas, iš kurio galime apskaičiuoti investicijų riziką ir ją išreikšti konkrečiu, aiškiai suprantamu ir vienodai traktuojamu skaičiumi.

Be to, atliekant investicijų rizikos analizę, yra sugeneruojama daug kitos papildomos ir naudingos informacijos apie tiriamą galutinį rezultatą įtakančius veiksnius, jų tarpusavio ryšius ir pan.

Imitacinio modeliavimo procedūrą nesunku atlikti pasinaudojant visiems prieinamos skaičiuoklės MS Excell 2000 galimybėmis, o finansų organizacijos turėtų įsigyti specializuotus programinius paketus, tokius kaip @Risk4.0, RiskView4.0, BestFit4.0 ir kt. Palisade Inc. suprojektuotus produktus.

### **5.5.2. Investicijų portfelio rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu**

Įvertinęs įvairių imitacinio modeliavimo technikų taikymo Lietuvoje galimybes, autorius siūlo, investicijų arba vertybinių popierių portfelio riziką vertinti taikant imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu techniką.

Vertybinių popierių portfelių rizikos vertinimo procedūra turėtų apimti tokius žingsnius:

- pasirenkami modeliai, aprašantys portfelį sudarančių finansinių priemonių (akcijų, obligacijų, opcionų ir pan.) kainų pokyčius;
- nustatomi koreliaciniai ryšiai tarp finansinių priemonių kainų pokyčių;
- sugeneruojamas  $n$  skaičius kiekvienos finansinės priemonės galimų kainos kitimo scenarijų, iš kurių visumos randame VP portfelio vertės pasiskirstymo dėsnio formą bei parametrus, kurių pagrindu apskaičiuojama investicijų portfelio rizika bei nustatomi kiti VP portfelį aprašantys statistiniai parametrai.

Ši metodika tinka finansų maklerio įmonėms, investiciniam bankams, pensijų fondams, komercinių bankų finansų maklerio departamentams ir kitoms finansų organizacijoms.

### 5.5.3. Investicijų projekto rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu

Rizikos vertinimas imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu gali būti nesunkiai taikomas ir investicijų projektų rizikai nustatyti.

Investicijų projektų rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu procedūra turėtų apimti tokius žingsnius:

- elektroninėje lentelėje suprojektuojamas investicijų projekto stochastinis modelis;
- projekto kintamieji laikomi atsitiktiniais dydžiais, pasiskirsčiaisiais pagal jiems būdingus pasiskirstymo dėsnius, galinčiais įgauti bet kurią reikšmę iš tam tikros apibrėžimo srities;
- nustatomi koreliaciniai ryšiai tarp investicijų projekto kintamųjų;
- sugeneruojamas  $n$  skaičius stochastinio modelio kintamųjų reikšmių, iš kurių visumos gaunamas tiriamo rezultatinio dydžio reikšmių (pvz., NPV) pasiskirstymas, kuris įgalina nustatyti tiriamo investicijų projekto riziką bei daugelį kitų projektą charakterizuojančių naudingų statistinių parametrų.

Ši metodika tinka visoms įmonėms ir organizacijoms, užsiimančiomis investicijų projektų rengimų bei jų ekonominiu-finansiniu vertinimu: gamybinėms ir paslaugų įmonėms, komercinių bankų kredito departamentams, konsultacinėms bendrovėms ir pan.

6. skyriuje yra suformuotas realaus investicijų projekto stochastinis modelis ir pademonstruoti investicijų projekto rizikos vertinimo imitaciniu modeliavimu privalumai.



## **6. KOMPIUTERIZUOTAS INVESTICIJŲ PROJEKTO RIZIKOS**

### **VERTINIMO MODELIS**

#### **6.1. ĮVADAS**

Šiame skyriuje atliktas konkretaus investicijų projekto rizikos vertinimas imitaciniu modeliavimu, taikant ankstesniuose skyriuose suformuluotus principus.

Kompiuterizuotas investicijų projekto rizikos vertinimo modelis, įgalinantis automatiškai vykdyti tyrimus, sudarytas, remiantis MS EXCEL 2000 skaičiuoklės galimybėmis, taip pat papildomu makrokomandų rinkiniu, esančiu @Risk 4.0 programiniame pakete.

#### **6.2. INVESTICIJŲ PROJEKTO STOCHASTINIS MODELIS**

Siekiant įrodyti investicijų projekto rizikos vertinimo modelio, kai rizikos kintamieji traktuojami kaip atsitiktiniai dydžiai, pranašumus prieš modelius, kuriuose naudojami deterministiškai apibrėžti dydžiai, buvo sukurtas ir išanalizuotas užsienio bendrovės "X" investicijų projektas, kurio modelis vaizduojamas 3. priede.

Investicijų projektas analizuojamas 10-ies metų periode. Produkto kūrimui numatoma sugaišti tris metus, investicinės išlaidos daromos ketverius metus, produkto gamyba ir realizacija pradedama vykdyti jau trečiaisiais projekto gyvavimo metais, t.y. 2004 metais.

Šio investicijų projekto analizė yra ypatinga tuo, kad rizikos kintamieji, išvardinti 3. priede esančios lentelės poskyriuose, - rinkos sąlygos, pardavimai ir gamybos išlaidos, yra traktuojami kaip atsitiktiniai dydžiai, pasiskirstę pagal atitinkamus pasiskirstymo dėsnius:

Investicijų projekto kintamieji ir jų pasiskirstymo dėsniai

<b>Kintamasis</b>	<b>Pasiskirstymo dėsnis</b>	<b>Pasiskirstymo parametrai</b>
Konkurentų skaičius (2005)	Diskretusis	{0,1,2}
Konkurentų skaičius (2006)	Diskretusis	{-1,0,1}
Konkurentų skaičius (2007)	Diskretusis	{-1,0,1}
Konkurentų skaičius (2008)	Diskretusis	{-1,0,1}
Konkurentų skaičius (2009)	Diskretusis	{-1,0,1}
Konkurentų skaičius (2010)	Diskretusis	{-1,0,1}
Konkurentų skaičius (2011)	Diskretusis	{-1,0,1}
Pardavimų apimtis (2004)	Normalusis	(3000, 1000)
Pardavimų apimtis (2005)	Normalusis	(5000, 1000)
Pardavimų apimtis (2006)	Normalusis	(8000, 2000)
Pardavimų apimtis (2007)	Normalusis	(10000, 2500)
Pardavimų apimtis (2008)	Normalusis	(15000, 5000)
Pardavimų apimtis (2009)	Normalusis	(20000, 8000)
Pardavimų apimtis (2010)	Normalusis	(20000, 8000)
Pardavimų apimtis (2011)	Normalusis	(20000, 8000)
Produkto kūrimas (2002)	Normalusis	(50000, 10000)
Produkto kūrimas (2003)	Normalusis	(20000, 2000)
Produkto kūrimas (2004)	Normalusis	(10000, 1000)
Investicinės išlaidos (2002)	Normalusis	(50000, 20000)
Investicinės išlaidos (2003)	Normalusis	(100000, 20000)
Investicinės išlaidos (2004)	Normalusis	(25000, 5000)
Investicinės išlaidos (2005)	Normalusis	(10000, 1000)

6. lentelėje išvardinti rizikos kintamieji yra traktuojami kaip atsitiktiniai dydžiai, pasiskirstę pagal diskretųjį arba normalųjį pasiskirstymo dėsnį. Kiekvienam kintamajam priskiriamas toks pasiskirstymo dėsnis, kuris geriausiai apibūdina kintamojo galimų reikšmių intervalą bei kitimo pobūdį. Nustatant rizikos kintamųjų, pasiskirsčiusių pagal normalųjį dėsnį, parametrus, laikomasi prielaidos, kad laikui bėgant, didėja kintamojo kitimo intervalai. Ši rizikos didėjimą įvertinamas standartinio nuokrypio reikšme.

Dabar panagrinėkime pradinių duomenų tarpusavio ryšių pobūdį, t.y, kaip kintamieji yra susiję tarpusavyje bei kaip įtakoja galutinius rezultatus.

Konkurentų skaičius - tai rizikos kintamasis, pasiskirstęs pagal diskretųjį pasiskirstymo dėsnį. Konkurentų skaičius (2005) gali įgauti bet kurią reikšmę iš intervalo  $\{0,1,2\}$ . Kita konkurentų skaičiaus reikšmė su prieš tai buvusiu konkurentų skaičiumi yra susijusi tokia priklausomybe:

Konkurentų skaičius (2006) = MAX (Konkurentų skaičius (2005) + Konkurentų skaičius (2006)), ir t.t.

Konkurentų skaičius (2006) - (2011) gali įgauti bet kurią reikšmę iš intervalo  $[-1; 0; 1]$ .

Produkto vieneto kaina (savikaina) yra susijusi tiesine priklausomybe su prieš tai buvusiu vieneto kaina, padidinta infliacijos norma.

Pardavimų skyriuje yra du kintamieji - parduotos prekės kaina ir pardavimų apimtis. Parduotos prekės kaina yra determinuotas dydis, apskaičiuojamas tokiu būdu:

Vieneto kaina (200x) = Vieneto kaina (200x)  $\times$  2,5 - Konkurentų skaičius (200x)  $\times$  3.

Pardavimų apimtis yra atsitiktinis dydis, pasiskirstęs pagal normalųjį dėsnį su atitinkamais parametrais (žr. 6. lentelę), padalintas iš reikšmės, lygios konkurentų skaičiaus ir vieneto sumai.

Gamybos išlaidų skyriuje yra trys kintamieji. Produkto kūrimo ir investicinės išlaidos yra atsitiktiniai dydžiai, pasiskirstę pagal normalųjį dėsnį su atitinkamais parametrais (žr. 6. lentelę), o pridėtinės išlaidos kiekvienam periodui yra žinomos iš anksto.

Tokiu būdu, visi investicinio projekto kintamieji yra tarpusavyje susiję. Jų priklausomybė parodoma Pinigų srautų skyriuje, kuriame be kita ko, yra apskaičiuojamos grynosios pajamos (pinigų srautai), kurių pagrindu yra nustatoma investicinio projekto grynoji dabartinė vertė (kai diskonto norma yra lygi 10 procentų).

Dabar, kai turime suprojektuotą investicinio projekto stochastinį modelį, galime atlikti jo rizikos vertinimą, pasitelkdami imitacinio modeliavimo techniką.

### 6.3. IMITACINIS MODELIAVIMAS MONTE KARLO METODU

Visų pirma, pasirenkame iteracijų skaičių. Mūsų atveju naudosime 1000 iteracijų. Pasinaudodami @Risk 4.0 programiniame pakete esančia atitinkama makrokomanda, vykdome skaičiavimus, kurių kiekvieno metu investicinio projekto kintamieji įgauna vis naujas reikšmes ir tokiu būdu pabaigoje gauname 1000 investicinio projekto NPV reikšmių pasiskirstymą, kurį charakterizuoja šie parametrai:

7. lentelė

Grynosios dabartinės vertės empirinio pasiskirstymo statistinės charakteristikos

<b>NPV (10 %)</b>	
Minimali reikšmė, mln. USD	-8320
Vidurkis, mln. USD	41659
Maksimali reikšmė, mln. USD	128806
Vid. kv. nuokrypis	312458E5

Duomenys, pateikiami 7. lentelėje apibūdina investicijų projekto grynosios dabartinės vertės pasiskirstymo dėsnį. Atlikus investicijų projekto analizę imitaciniu modeliavimu paaiškėjo, kad NPV gali svyruoti nuo -8,32 mln. USD iki 128,81 mlrd. USD. Labiausiai tikėtina NPV reikšmė yra teigiama ir lygi 41,66 mlrd. USD.

Grynosios dabartinės vertės išsibarstymas apie vidutinę reikšmę yra gana didelis, nes vidutinis kvadratinis nuokrypis yra lygus 312458E5.

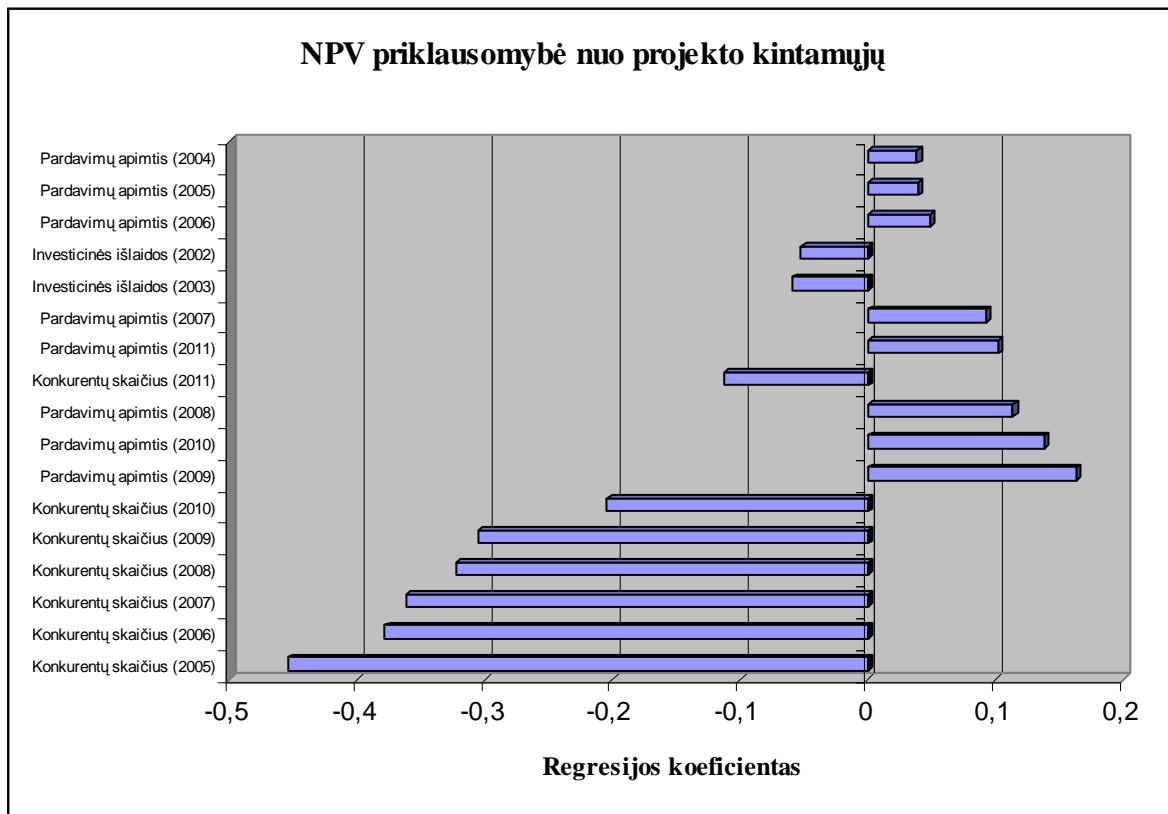
### 6.4. JAUTRUMO ANALIZĖ

Atliekant skaičiavimus tuo pačiu yra nustatoma investicijų projekto grynosios dabartinės vertės priklausomybė nuo rizikos kintamųjų:

Investicijų projekto NPV priklausomybė nuo rizikos kintamųjų

<b>Kintamasis</b>	<b>Regresijos koef.</b>	<b>Koreliacijos koef.</b>
Konkurentų skaičius (2005)	-0,454	-0,465
Konkurentų skaičius (2006)	-0,378	-0,403
Konkurentų skaičius (2007)	-0,361	-0,412
Konkurentų skaičius (2008)	-0,323	-0,385
Konkurentų skaičius (2009)	-0,305	-0,314
Konkurentų skaičius (2010)	-0,204	-0,200
Pardavimų apimtis (2009)	0,163	0,161
Pardavimų apimtis (2010)	0,139	0,153
Pardavimų apimtis (2008)	0,114	0,092
Konkurentų skaičius (2011)	-0,113	-0,080
Pardavimų apimtis (2011)	0,103	0,072
Pardavimų apimtis (2007)	0,093	0,053
Investicinės išlaidos (2003)	-0,059	0,022
Investicinės išlaidos (2002)	-0,052	-0,097
Pardavimų apimtis (2006)	0,049	0,077
Pardavimų apimtis (2005)	0,040	0,052
Pardavimų apimtis (2004)	0,039	0,054
$R^2$	0,86	

Iš 8. lentelėje pateikiamų duomenų matyti, jog investicijų projekto grynoji dabartinė vertė labiausiai yra priklausoma nuo konkurentų skaičiaus bei nuo pardavimų apimčių. Tai ypač gerai matome paveiksle:



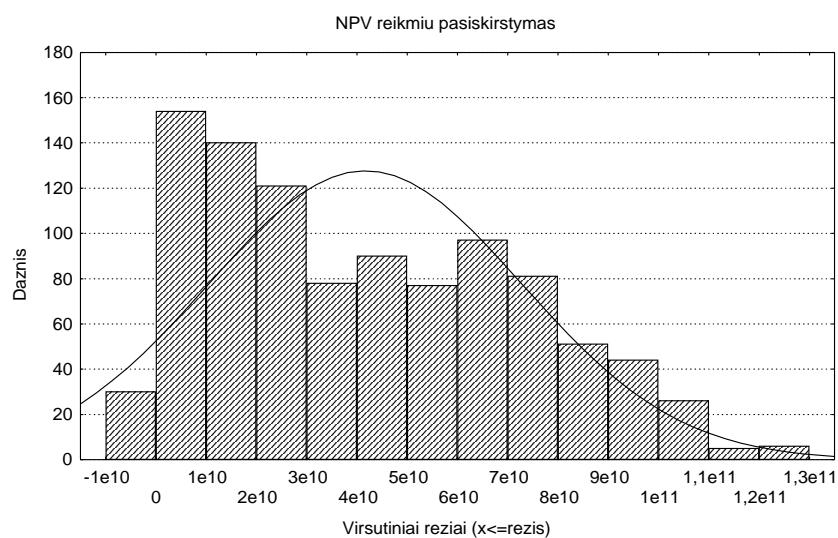
11. pav. NPV priklausomybė nuo investicijų projekto kintamųjų

## 6.5. NPV REIKŠMIŲ EMPIRINIS PASISKIRSTYMAS IR TEORINIO PASISKIRSTYMO MODELIO NUSTATYMAS

Atlikę 1000 investicijų projekto skaičiavimų iteracijų, gavome 1000 projekto grynosios dabartinės vertės reikšmių arba tam tikrą empirinį jų pasiskirstymą (žr. 9. lentelę ir 12. pav.). Turėdami šią informaciją, galime apskaičiuoti tam tikrų tyrėjų dominančių įvykių tikimybes, ir remdamiesi šia informacija, galima priimti atitinkamus sprendimus, kurių nebūtų galima priimti turint tik vieną apibrėžtą grynosios dabartinės vertės dydį.

## Investicijų projekto NPV reikšmių empirinis pasiskirstymas

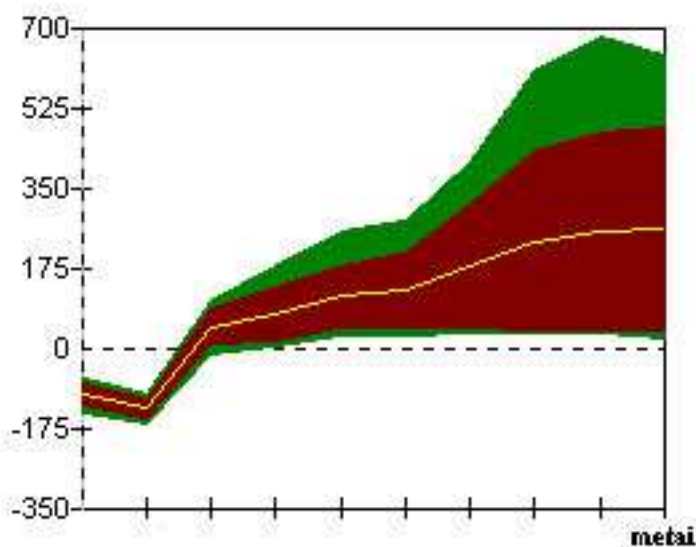
Nr.	Galimos NPV reikšmės (intervalai, mln. USD)	Empiriniai dažniai		
		tankio funkcijos	pasiskirstymo funkcijos	išlikimo funkcijos
1	$-10\ 000 < x \leq 0$	30	30	970
2	$0 < x \leq 10\ 000$	154	184	816
3	$10\ 000 < x \leq 20\ 000$	140	324	676
4	$20\ 000 < x \leq 30\ 000$	121	445	555
5	$30\ 000 < x \leq 40\ 000$	78	523	477
6	$40\ 000 < x \leq 50\ 000$	90	613	387
7	$50\ 000 < x \leq 60\ 000$	77	690	310
8	$60\ 000 < x \leq 70\ 000$	97	787	213
9	$70\ 000 < x \leq 80\ 000$	81	868	132
10	$80\ 000 < x \leq 90\ 000$	51	919	81
11	$90\ 000 < x \leq 100\ 000$	44	963	37
12	$100\ 000 < x \leq 110\ 000$	26	989	11
13	$110\ 000 < x \leq 120\ 000$	5	994	6
14	$120\ 000 < x \leq 130\ 000$	6	1000	0



12. pav. Investicijų projekto NPV reikšmių pasiskirstymas

Iš šios 9. lentelės duomenų galime apskaičiuoti įvairias tyrėją ar investuotoją dominančias tikimybes. Tarkime, tikimybė, kad investicijų projekto NPV bus mažesnė už nulinę reikšmę, yra lygi 3,0 proc., tikimybė, kad projekto NPV bus mažesnė nei 10 mln. USD yra lygi 18,4 proc. Taigi galimybė patirti nuostolį yra labai nedidelė, todėl šis projektas greičiausiai bus įgyvendinamas.

Investicijų projekto rizikos didėjimą laike išreiškia 13. pav., kurio abscisių ašyje vaizduojami projekto įgyvendinimo kalendoriniai metai, o ordinačių ašyje n-tųjų metų projekto grynasis pinigų srautas (mln. USD):



13. pav. Investicijų projekto pinigų srautų neapibrėžtumas laikui bėgant

Laiko bėgyje plėtėjantis plotas išreiškia su laiku didėjantį investicijų projekto neapibrėžtumo laipsnį.

12. pav. gavome investicijų projekto grynosios dabartinės vertės pasiskirstymą. Dabar reikia nustatyti, koks teorinis atsitiktinių dydžių pasiskirstymo dėsnis geriausiai aprašo gautą empirinį atsitiktinio dydžio pasiskirstymą. Šį uždavinį spręsdami neišsiversime be specialios programinės įrangos. Šiam tikslui galima naudoti bet kurią matematinę-statistinę programinę paketą (pvz., Statistica, MathLab, SPSS, Statgraphics, SysStat, Genstat ir kt.). Kadangi iki šiol dirbome su @Risk 4.0 programiniu paketu, tai ir toliau naudosime giminingą šiam paketui programą - BestFit 4.0. Atlikę trumpą analizę, gauname, kad gautą grynosios dabartinės vertės empirinį pasiskirstymą geriausiai aprašo Beta teorinis pasiskirstymo dėsnis:



## Testai ir jų reikšmės Beta skirstiniui

Testas	$\chi^2$	A-D	K-S
Testo reikšmė	75,146	3,0932	0,0437

čia:  $\chi^2$  - Ksi - kvadrat testas;

**A-D** - Andersono - Darlingo testas;

**K-S** - Kolmogorovo - Smirnovo testas.

Ksi-kvadrat testas yra vienas populiariausių ir plačiausiai taikomų pasiskirstymo dėsnio nustatymo testų. Jis tinka tiek diskretiesiems atsitiktiniams dydžiams, tiek ir tolydiesiems. Norint, apskaičiuoti ksi-kvadrat statistiką, reikia x ašį padalinti į keletą intervalų, tuomet:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - E_i)^2}{E_i} \quad [6.1]$$

čia: K - intervalų skaičius;

$N_i$  - empirinis reikšmių skaičius i-ajame intervale;

$E_i$  - teorinis reikšmių skaičius i-ajame intervale.

Kuo ksi-kvadrat statistikos reikšmė mažesnė, tuo atsitiktinio dydžio pasiskirstymas yra artimesnis teoriniam.

Kolmogorovo-Smirnovo testas, naudojamas tolydžiųjų atsitiktinių dydžių pasiskirstymų dėsnio aproksimacijai, apibrėžiamas kaip:

$$D_n = \sup[F_n(x) - F'(x)] \quad [6.2]$$

čia: n - stebėjimų skaičius;

$F'(x)$  - kumulytyvinė teorinio pasiskirstymo funkcija;

$F_n(x)$  -  $N_x/n$ ,

$N_x$  -  $X_i$ , mažesnių nei x, skaičius.

Tolydžiųjų atsitiktinių dydžių pasiskirstymo dėsniams nustatyti taip pat naudojamas Andersono-Darlingo testas, kurio statistika apibrėžiama taip:

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F'(x)]^2 \varphi(x) f'(x) dx \quad [6.3]$$

čia:  $n$  - stebėjimų skaičius;

$$\varphi^2 = 1 / F'(x)[1-F'(x)];$$

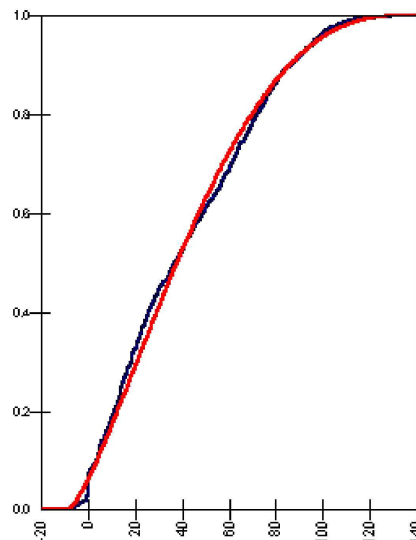
$f'(x)$  - hipotetinė tankio funkcija;

$F'(x)$  - hipotetinė kumuliatyvinė pasiskirstymo funkcija;

$F_n(x)$  -  $N_x/n$ ,

$N_x$  -  $X_i$ , mažesnių nei  $x$ , skaičius.

Paveiksle vaizduojami kumuliatyviniai empirinio investicijų projekto NPV bei Beta pasiskirstymo dėsniai:



14. pav. Kumuliatyviniai empirinio investicijų projekto NPV bei Beta pasiskirstymo dėsniai

Matome, kad skirtumai iš tiesų minimalūs, todėl gautą empirinį NPV reikšmių pasiskirstymą galima aproksimuoti teoriniu Beta pasiskirstymu.

## 6.6. IŠVADOS

Taigi, atlikę realaus investicijų projekto rizikos įvertinimą imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodu, galime teigti, kad šis investicijų rizikos vertinimo metodas:

- ✓ atveria analitikui platesnį akiratį, nes į verslo bei finansinius procesus žiūrima kaip į stochastinius, o ne deterministiškai apibrėžtus;
- ✓ leidžia gauti kur kas daugiau tyrėją dominančios informacijos nei "tradiciniai" rizikos vertinimo metodai;
- ✓ tuo pačiu leidžia sumažinti neapibrėžtumo laipsnį, ir tokiu būdu priimti labiau pasvertus sprendimus dėl investicijų;
- ✓ sudaro prielaidą galimų nuostolių bei nekimų minimizavimui, o tuo pačiu ir pelningumo didinimui.

Atliktas realaus investicijų projekto rizikos vertinimas siūloma metodika patvirtino jos privalumus bei pranašumus prieš "tradicinius" investicijų rizikos vertinimo metodus.

## IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Atlikti tyrimai įgalina daryti šias išvadas ir teikti tokius pasiūlymus:

- 1) Investicijų rizikos vertinimo normos ir standartai, būdingi Lietuvos finansų rinkos dalyviams, nėra adekvatūs išsivysčiusiose Vakarų šalyse taikomoms investicijų rizikos vertinimo normoms bei standartams.
- 2) Vertinant investicijų Lietuvoje riziką, būtina atsižvelgti į specifinius rizikos veiksnius, būdingus Lietuvos bei kitų post-sovietinių šalių investicinei aplinkai. Besireiškiančius specifinius rizikos veiksnius tikslinga sugrupuoti į ekonominius, politinius - teisinius, socialinius - kultūrinius bei veiksnius, susijusius su Lietuvos tarptautine padėtimi Baltijos regione.
- 3) Investicijomis yra laikytinas bet kokios rūšies turto įdėjimas bet kokiam laikotarpiui, ko pasėkoje sukuriamas pelnas arba pasiekiamas kitoks siekiamas rezultatas.
- 4) Rizika - tai sprendimų situacija, kurioje egzistuoja faktinių rezultatų nukrypimo nuo prognozuojamų galimybė. Rizikos vertinime visų svarbiausia nustatyti tuos veiksnius, kurie daro didžiausią poveikį nagrinėjamos įmonės veiklai ar vertinamam investiciniam projektui.
- 5) Vertinant investicijų riziką "tradiciniais" metodais, operuojama dydžiais, kurie gali įgauti vienintelę apibrėžtą reikšmę, tačiau realiame finansų-ekonomikos pasaulyje retas dydis gali įgauti iš anksto žinomą reikšmę, todėl būtina investicijų kintamuosius traktuoti kaip atsitiktinius dydžius, pasiskirsčiusius pagal tam tikrus pasiskirstymo dėsnius ir galinčius įgauti bet kurią reikšmę iš tam tikros apibrėžimo srities.
- 6) Naujausias investicijų rizikos valdymo pasiekimas - rizikos vertės (VaR) koncepcija; rizikos vertė yra tam tikru laikotarpiu maksimalus tikėtinas nuostolis, esant tam tikram pasiklovimo lygiui. Rizikos vertei nustatyti yra naudojamos trys imitacinio modeliavimo metodai - delta (dispersinis), istorinis ir Monte Karlo.

- 7) Atlikus išsamią įvairių imitacinio modeliavimo technikų bei jų praktinio panaudojimo Lietuvoje galimybių analizę, galima daryti išvadą, kad tik imitacinis modeliavimas Monte Karlo metodu turi plačias praktinio panaudojimo galimybes Lietuvos pinigų ir kapitalo rinkose, taip pat vertinant sudėtingus bei stambius investicijų projektus.
- 8) Autoriaus nuomone, vertybinių popierių portfelių bei investicijų projektų rizika turėtų būti vertinamos pasitelkiant imitacinio modeliavimo Monte Karlo metodą, laikantis autoriaus pasiūlytų procedūrinių žingsnių.
- 9) Atliktas realaus investicijų projekto rizikos vertinimas siūloma metodika, patvirtino jos privalumus bei pranašumus prieš "tradicinius" investicijų rizikos vertinimo metodus.

Audrius Džikevičius \_\_\_\_\_

2001 m. balandžio mėn. 16 d.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Aleknevičienė V. Investicijų rizikos valdymas. Kaunas: LŽŪU Leidybos centras, 1997. - 100 p.
2. Bagdonas V. Verslo rizika. - V.: Saulės vėjas, 1996. - 116 p.
3. Buškevičiūtė E., Mačerinskienė I. Finansų analizė. Kaunas: Technologija, 1998. - 246 p.
4. Čekanavičius V. Murauskas G. Statistika ir jos taikymai I. V.: TEV, 2000. - 239 p.
5. Džikevičius A. Verslo vertinimas diskontuotų pinigų srautų metodu UAB "Rumbuva" pavyzdžiu. Bakalauro baigiamasis darbas. VGTU, 1999. - 89 p.
6. Garškienė A. Verslo rizika. V.: LII, 1997. - 36 p.
7. Griškevičius A., Silickas J. Investicinių projektų valdymas. V.: LII, 1998. - 44 p.
8. Įmonės finansų valdymas. Parengė V. Darškuvienė pagal prof. E. Bubnio iš Suffolk'o universiteto (JAV, Bostonas) 1990-1991 metais KTU skaitytas "Įmonės finansų valdymo" paskaitas. Kaunas: Technologija, 1997. - 218 p.
9. Kompiuterinis modeliavimas. Parengė V. Petrauskas. - K.: LŽŪU Leidyb. Centras, 1997. - 54 p.
10. Lietuvos Respublikos Investicijų įstatymas. 1999 m. liepos 7 d. Nr. VIII-1312.
11. Mackevičius J., Poškaitė D. Finansinė analizė. - V.: Katalikų pasaulis, 1998. - 632 p.
12. Rutkauskas A. V. Pelno inžinerija. K.: Technologija, 1999. - 251 p.
13. Rutkauskas A. V., Brukštaitienė D., Rutkauskas V. Finansinės skaičiuotės. V.: LII, 1998. - 90 p.
14. Simanauskas L. Kompiuterizuotas verslo sprendimų modeliavimas. V.: VU leidykla, 1997. - 98 p.
15. Tamošiūnienė R. Verslo projektų sudarymo ir valdymo problemos. Daktaro disertacija. V.: VGTU, 1999. - 226 p.

16. Adams A. T. Investment mathematics and statistics. London: Graham & Trotman, 1993. - 410 p.
17. Dowd K. Beyond Value at Risk: the New Science of Risk Management. John Wiley & Sons Ltd. 1999. - 274 p.
18. Francis A. Business mathematics and statistics. 3rd ed. London: DP Publications Ltd., 1993. - 516 p.
19. Kolb R. W. Principles of Finance. Scot, Foresman & Co., 1988. - 974 p.
20. Lamberton D., Lapeyre B. Introduction to Stochastic Calculus Applied to Finance. London: Chapman & Hall, 1997. - 185 p.
21. Rice T., Coyle B. Financial Risk Management. BPP, 1992. - 590 p.
22. Блех Ю., Гетце У. Инвестиционные расчеты. Калининград: Янтарный сказ, 1997. - 437 p.
23. Волков, И. В., Грачева М. В. Проектный анализ. - М.: Юнити, 1998. - 423 p.
24. Ковалев В. В. Методы оценки инвестиционных проектов. М.: Финансы и статистика, 1998. - 143 p.
25. Лобанов А. Регулирование рыночных рисков банков на основе внутренних моделей расчета VaR. // Рынок Ценных Бумаг, № 9, 2000.
26. Рубин Ю. Б. Инвестиционно – финансовый портфель. Москва: Соминтек, 1993.
27. Савчук В. П., Прилипко С. И., Величко Е. Г. Анализ и разработка инвестиционных проектов. Киев: Абсолют-В, Эльга, 1999. - 302 p.
28. Управление инвестициями. Том 2. Под ред. В.В. Шеремета. Москва: Высшая школа, 1998. - 416 p.
29. Фальцман В. К. Оценка инвестиционных проектов и предприятий. Москва: ТЕИС, 1999. - 56 p.
30. Финансовый менеджмент. Под. ред. Е. Стояновой. М.: Перспектива, 1993. - 269 p.
31. Четыркин Е. М. Финансовый анализ производственных инвестиций. М.: Дело, 1998. - 255 p.

## KITŲ INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. All about Value at Risk. [www.gloriamundi.org](http://www.gloriamundi.org)
2. Barone E. A Unified VaR Approach. Italy, Instituto Mobiliare Italiano, 1998. [www.fea.com](http://www.fea.com)
3. Basil Committee. [www.bis.org](http://www.bis.org)
4. Blanco C. Introduction to Monte Carlo VaR with FEA VaRworks®. FEA Inc., USA, 2000. [www.fea.com](http://www.fea.com)
5. Guide to Using @Risk Version 4.0 March, 2000. [www.palisade.com](http://www.palisade.com)
6. Introduction to RiskMetrics™. 4th ed. JPMorgan, USA, NY, 1995. [www.jpmorgan.com](http://www.jpmorgan.com)
7. Yong Li. Market Risk Measurement: A Historical Simulation Approach. [www.garp.com](http://www.garp.com)
8. Lietuvos bankas. [www.lbank.lt](http://www.lbank.lt)
9. Simons K. The Use of Value at Risk by Institutional Investors. [www.gloriamundi.org](http://www.gloriamundi.org)
10. Zangari P. RiskMetrics Technical Document. NY: Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1996. [www.riskmetrics.com](http://www.riskmetrics.com)
11. Лобанов А., Филин С., Чугунов А. Риск менеджмент. [www.rea.ru](http://www.rea.ru)