

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
INFORMATIKOS, MATEMATIKOS IR E. STUDIJŲ INSTITUTAS
INFORMATIKOS KATEDRA

Rūta Pachomova

Informatikos specialybės II kurso dieninio skyriaus magistrantė

**STOCHASTINIO PROGRAMAVIMO MODELIO
FINANSŲ PLANAVIMUI PRITAIKYMAS
APPLICATION OF STOCHASTIC PROGRAMMING MODEL
IN FINANCE PLANNING
MAGISTRO DARBAS**

Darbo vadovas:

prof. habil. dr. Leonidas Sakalauskas

Recenzentas:

doc. dr. Sigita Turskienė

2014 m.

„Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąrašę pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis“

Darbo autorius _____

(vardas, pavardė, parašas)

Darbo tikslai ir uždaviniai

Tikslas

Ištirti rinkoje taikomus trumpalaikio finansų planavimo modelius mažose įmonėse bei dažniausiai kylančias problemas, sudaryti trumpalaikio finansų planavimo modelį ir realizuoti optimizavimo programą C# kalba, kuri galėtų apskaičiuoti optimalų finansinį sprendimą maksimaliam pelnui gauti.

Uždaviniai

- Išnagrinėti rinkoje taikomus trumpalaikius finansų planavimo modelius mažoms įmonėms bei dažniausiai kylančias problemas.
- Pasirinkti tinkamus matematinius optimizavimo metodus.
- Sudaryti matematinį uždavinio modelį.
- Parašyti kodą, skirtą optimizavimo uždaviniams, C# kalba.
- Realizuoti ir testuoti programą.

Darbo vadovo _____

(vardas, pavardė, parašas)

Turinys

I.	Įvadas	6
1)	Įžanga.....	6
2)	Tyrimo sritis	6
3)	Problemos aktualumas	6
4)	Mokslinis naujumas	7
5)	Praktinė darbo reikšmė	7
6)	Darbo tikslas	7
II.	Analitinė dalis	8
1)	Temos analizė	8
1.1.	Startuolių projektai ir mikro įmonės	8
1.2.	Finansų planavimas startuolių projektuose ir mikro įmonėse.....	10
1.3.	Dažniausiai kylančios problemos pirmaisiais metais.....	10
1.4.	Trumpalaikis finansų planavimas.....	11
1.5.	Matematinis programavimas	15
1.6.	Stochastinis programavimas.....	16
2)	Darbo srities analizė	18
1.1.	Dviejų etapų stochastinio programavimo uždavinys	18
1.2.	Uždavinio pritaikymas finansų planavimui.....	18
3)	Darbinės srities modelis	18
1.1.	Uždavinio formuluotė	18
1.2.	Uždavinio sprendimo modelis.....	19
1.3.	Stochastiniai optimizavimo algoritmai.....	23
III.	Projektinė dalis.....	25
1)	Projekto (darbo) vykdymo planas.....	25
2)	Pradinis projekto aprašymas.....	26
3)	Įrankių ir priemonių pasirinkimo analizė	27
IV.	Darbo eigos aprašymas.....	28
1)	Darbų eigos grafas	28
2)	Problemų ir jų sprendimo būdų aprašymas	29
2.1.	Statistiką apie įmonių padėtį	29
2.2.	Eksponentinių konstantų naudojimas C# kalboje .Error! Bookmark not defined.	
2.3.	Gauso atsitiktinių dydžių generavimas	30
2.4.	Masyvų kaip objektų naudojimas.....	30
3)	Galutinio projekto būsenos aprašymas	31
3.1.	Projekto algoritmas	31
3.2.	Projekto schema	32
4)	Darbo rezultatų analizė.....	34
4.1.	Darbo rezultatai	35
4.2.	Panaudojimas	35
5)	Patarimai, pastebėjimai, rekomendacijos	36

V.	Išvados.....	37
VI.	Literatūra	38
VII.	Anotacija.....	39
VIII.	Summary.....	40
VII.	Priedai	41
1)	Disko turinys:	41
2)	Dviejų etapų tiesinio stochastinio programavimo uždavinio sprendimo algoritmas...	41
3)	Projekto klasės.....	43
4)	Vienas populiariausių pradinio finansų plano pavyzdys	44
5)	Duomenys įvedimui:	47

1. Įvadas

1) Įžanga

Lietuvoje pasibaigus finansinei krizei ir atsigaunant darbo rinkai kuriasi vis daugiau mažų įmonių. Tam įtakos turėjo mažųjų bendrijų išpopuliarėjimas, taip pat vis didesnę pagreitį įgaunanti startuolių praktika, kurios pagrindinis paskatas užsienio investicijos iš didžiųjų vakarų korporacijų. Tačiau didžioji dauguma tokių praktikų atsisako verslo po kelių metų. Viena pagrindinių priežasčių – blogai pasirinktas finansų planavimo modelis. Šiuo metu esant didelėms galimybėms gauti finansavimą verslo pradžiai, taip pat nemenkos nuolaidos naujam verslui dažnai įtakoja prastą tolesnės įmonės finansinio gyvavimo planavimą. Nors rinkoje gausu trumpalaikio finansų planavimo modelių, sunku pasirinkti ir pritaikyti juos konkrečiai įmonei: tai taip pat įtakoja gausus pasirinkimas ir žinių trūkumas. Dauguma mažų įmonių negali sau leisti brangių finansų konsultavimo paslaugų, o pasirinkimų gausa dažnai suklaidina.

Norint optimizuoti trumpalaikį finansų planą reikia iširti jo sėkmę įtakančius veiksnius, galimas rizikas.

Šiame darbe tiriama, kokie turi būti optimalūs pradiniai kaštai bei pasirinkta strategija susiklosčius vienai ar kitai situacijai, kai iškeliamas konkretus tikslas – maksimalus pelnas.

Uždavinio sprendimui reikia pasirinkti tinkamą uždavinio modelį. Šiame darbe bus remiamasi trumpalaikio finansų planavimo metodika, pasiūlyta mokslininkų S. A. Zenios ir W. T. Ziembia, A. Ušpurienės ir L. Sakalausko suformuluotu dviejų pakopų stochastinio programavimo uždavinio modeliu, kuris optimizavimui naudoja Monte-Carlo metodą, plačiai aprašytą K. Žilinsko ir L. Sakalausko.

Pats programinis kodas kuriamas remiantis objektinio programavimo paradigma, atskiras programos dalis ir funkcionalumą išskiriant į klases, kurios po to taip galėtų būti panaudotos, kaip atskiros funkcijų bibliotekos.

2) Tyrimo sritis

Tiriamas trumpalaikio finansų prognozavimo modelis, bei jo optimizavimo galimybės siekiant tikslo – maksimalaus pelno.

3) Problemos aktualumas

Lietuvoje vis daugėja mažų įmonių, kurios turi potencialą tapti rimtomis rinkos žaidėjomis. Daugelis jų, nors ir sugeba gauti pelną jau pirmaisiais gyvavimo metais, tačiau išsilaiko rinkoje tik

dvejus ar trejus metus. Tai įtakoja pasirinkta finansinė strategija, nulemianti tolesnį įmonės gyvavimą.

4) Mokslinis naujumas

Bandymas sudaryti realų uždavinį, atspindintį padėtį Lietuvos rinkoje ir jį optimizuoti, pasitelkiant C# programavimo kalbą ir lygiagrečiojo programavimo principus.

5) Praktinė darbo reikšmė

Modeliuojamas realus finansų modeliavimo uždavinys, atitinkantis Lietuvos rinkos situaciją. Taikomąja programa sudaromi pasiūlymai mažų įmonių finansų planavimui.

6) Darbo tikslas

Ištirti mažų įmonių padėtį Lietuvos rinkoje, susipažinti su trumpalaikio finansų planavimo problemomis, sukurti taikomąją programą, kuri padėtų šias problemas spręsti, ir pasiūlyti optimalų finansų planą.

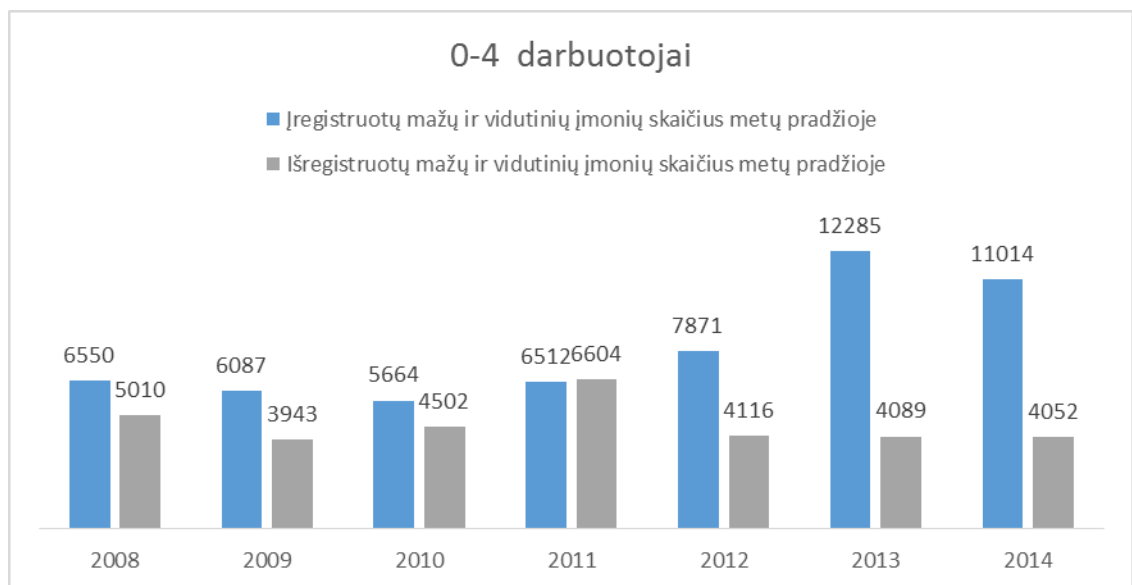
II. Analitinė dalis

1) Temos analizė

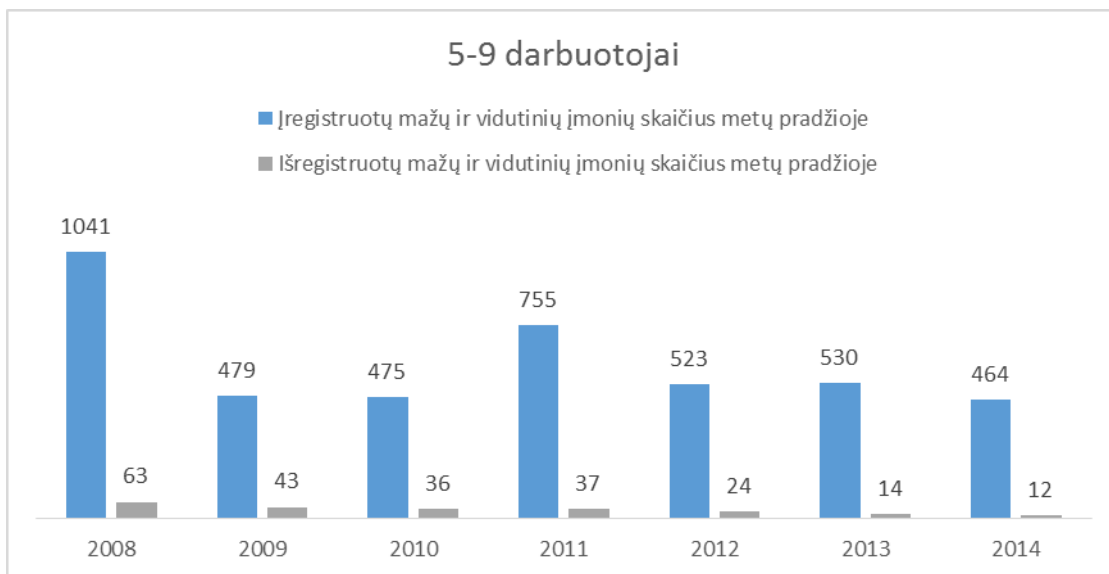
1.1. Startuolių projektai ir mikro įmonės

Pirmasis verslumo skatinimo Lietuvoje projektas buvo SEB banko inicijuotas LTV televizijos projektas „Vertas milijono“. Projektas startavo 2008 metų sausį ir galima sakyti išjudino verslumo skatinimo traukinį. Nors ekonominė krizė 2008-2012 metais šį procesą sulėtino, tačiau šiuo metu jis įgauna vis didesnę pagreitį. Į Lietuvą atvyksta vis daugiau iniciatyvų iš užsienio: JAV („Silicon Valley comes to the Baltics“) ir Europos („Login“). Startuolių mugės vyksta kas mėnesį (starupinlithuania.lt), o vyresniųjų klasių moksleiviai modelį „Idėja + investicijos = sėkmingas verslas“ žino geriau nei daugybės lentelę.

Statistikos departamentas pateikia informaciją apie registruotas ir išregistruotas įmones Lietuvoje (1 ir 2 grafikai).

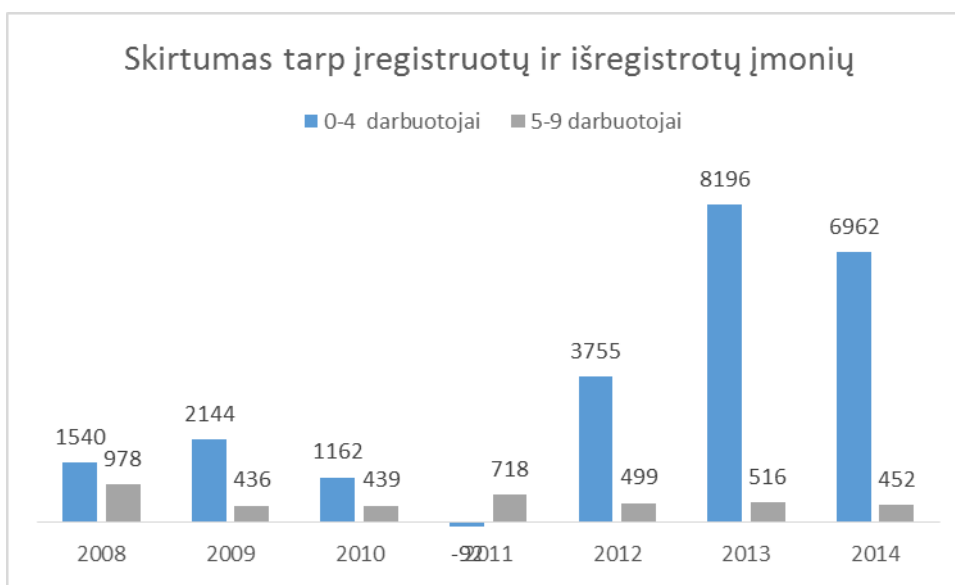


Grafikas 1. 0-4 darbuotojų įmonių segmentas



Grafikas 2. 5-9 darbuotojų įmonių segmentas

Skirtumas tarp įregistruotų ir išregistruotų įmonių pateikiamas 3 grafike.



Grafikas 3. Skirtumas tarp įregistruotų ir išregistruotų įmonių

Palyginus skirtumą tarp įregistruojamų ir išregistruojamų įmonių, galima pastebėti, kad situacija 5-9 darbuotojų įmonių segmente yra gana stabili, tačiau 0-4 darbuotojų įmonių segmente matomi dideli svyravimai. Taip pat tiek viename, tiek kitame segmente paskutiniais metais fiksuojamas mažėjimas.

Projekte „Vertas milijono“ buvo išrinkti keturi nugalėtojai, jiems buvo suteiktos pradinės investicijos verslui pradėti, o projekto žiūrovai galėjo matyti, kaip kiekvienas iš jų įgyvendino savo svajonę – pradėjo savo verslą. Tačiau dabar, 2014 metais, du šie verslai jau yra bankrutavę, kiti du priklauso jau kitiems savininkams. Priežasčių šiai nesėkmei buvo ne viena: patirties verslo valdyme

trūkumas, konsultacijų stygius, per dideli lūkesčiai ir t.t. Tačiau nepaskutinėje vietoje atsidūrė ir netinkamas finansų planavimas.

1.2. Finansų planavimas startuolių projektuose ir mikro įmonėse

Finansų planavimas - tai procesas, apibrėžiantis kaip pasiekti savo tikslus per tinkamą finansų valdymą. (Certified Financial Planner Board of Standards)

Gerai pasirinktas finansų valdymo modelis yra itin svarbus startuolių projekto pradžiai, nes tai ne tik padeda lengviau susitvarkyti su mokesčiais, apmokėti sąskaitas ir valdyti pajamas, bet tuo pačiu yra ir gero verslo modelio ženklas, kuris lengviau pritraukia investuotojus, o patį verslą daro patikimesniu.

Startuolių projektų rėmimo ir konsultavimo kompanijos „Point Nine Capital“ vienas partnerių Christoph Janz [6] teigia, kad sudarant finansų planą startuolių projektui, būtina laikytis šių gairių:

- Paprastas – aiški struktūra, įeinantys ir išeinantys duomenys;
- Remiasi pagrindiniais verslo principais;
- Leidžia daryti aiškias prielaidas apie tikslus;
- Naudoti kuo mažiau statinių reikšmių, kurios padarytų planą sunkiai keičiamą ir įvertinamą;
- Atskirti pagrindinius aspektus, nuo šalutinių (smulkesnius sugrupuoti).

1.3. Dažniausiai kylančios problemos pirmaisiais metais

Startuolių projektai pirmaisiais savo gyvavimo metais susiduria su daugeliu problemų. Portalo „Business News Daily“ asistuojantis redaktorius Nicole Fallon [11] išskiria 5 pagrindines:

3.1 Nuolatiniai pokyčiai

Pastovūs pokyčiai rinkoje ir technologijose įtakoja ir projekto kitimą ne tik jo planavimo, bet ir jo įgyvendinimo stadijose. Dažniausiai daroma klaida – konkrečios situacijos, kaip atskaitos taško pasirinkimas, nebesidomint kas nutinka po to. Taip kyla rizika, kad praėjus laiko tarpui projektas nebeatitiks realios rinkos poreikių ir taps nebeaktualus.

3.2 Nepavyksta pasiekti pradinių tikslų

Jei projekto ar vykdymo stadijose nebuvo atsižvelgta į nuolatinius pokyčius, kyla rizika, kad išsikelti tikslai nebebus aktualūs, juos įgyvendinus. Projektas bus nebenaudingas. Todėl rekomenduojama išsikelti lanksčius (nuo statinės situacijos atsiribojančius) tikslus, kurie yra nepriklausomi nuo technologijos.

3.3 *Partnerių pasirinkimas*

Renkantis partnerius reikia juos tinkamai įvertinti. Partneris, pasiūlęs didžiausią investiciją, ne visada yra tinkamiausias. Svarbiausias aspektas turėtų būti partnerio patirtis kituose projektuose.

3.4 *Darbuotojų paieška*

Startuolių projektai dažniausiai neturi galimybės pasiūlyti darbuotojams konkurencingo atlygio, todėl reikėtų bandyti išnaudoti ir kitus skatinimo būdus, pavyzdžiui kuriamos įmonės akcijų dalis, patento pasidalijimas ir pan.

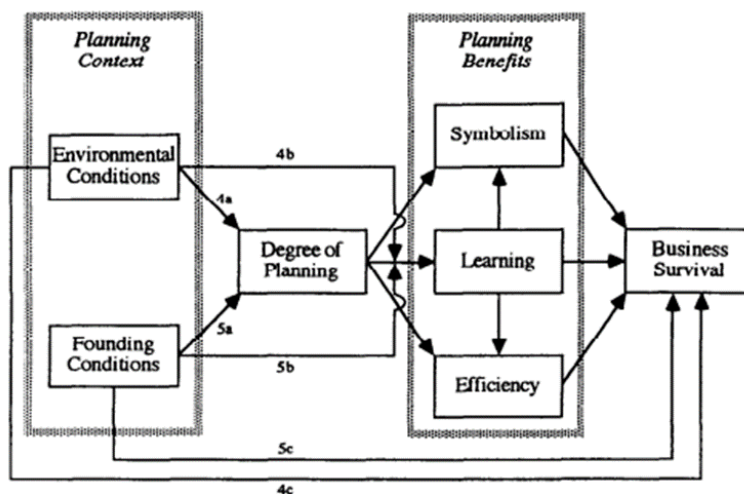
3.5 *Kibernetinio saugumo rizikos*

Vis dažniau viešojoje erdvėje pasirodantys pranešimai apie kibernetines atakas nėra tik aidas. Planuojant projektą ir kuriant jo finansinį planą, reikėtų išskirti atskiras lėšas būtent kibernetiniam saugumui, t.y. netaupyti pasirenkant patikimą IT paslaugų tiekėją.

1.4. Trumpalaikis finansų planavimas

Trumpalaikis finansų planavimas svarbus praktiškai visoms įmonėms, nuo spartuolių projektų iki didžiųjų šalies įmonių. Net didžiosios įmonės su sąlyginai pakankamomis pajamomis bankrutuoja tik dėl to, kad negali įvykdyti dabartinių savo įsipareigojimų.

Gary J. Castrogiovanni (1996) verslo išsilaikymo rinkoje modelį pavaizdavo grafu (1 paveikslėlis).



Paveikslėlis 1. Verslo išsilaikymo rinkoje grafas

Trumpalaikis finansinis planavimas padeda atsakyti į tokius svarbius klausimus, kaip:

- Kiek prieinamų pinigų reikia turėti banke sąskaitoms apmokėti?

- Kiek ir kokios įrangos laikysite?
- Iki kokios ribos galima plėsti kreditą klientams?

4.1 *Trumpalaikių finansų apibrėžimas*

Pagrindinis skirtumas tarp trumpalaikio ir ilgalaikio finansų planavimo yra pinigų apyvartos trukmė. Paprastai, trumpalaikio finansų planavimo sprendimai apibrėžia, kaip turi judėti pinigų srautai 12 mėnesių laikotarpio periode. Tuo tarpu ilgalaikiame finansų planavime trumpiausias terminas apibrėžiamas finansiniame plane yra metai.

4.2 *Tarpusavyje nesusinchronizuoti veiklos ir pinigų apyvartos ciklai*

Įprasta priežastis, sukelianti įmonei finansinių problemų – nesuderintos įplaukos ir išlaidos trumpame veiklos periode.

Kaip pavyzdį galima ištirti kelias tipines gamybos įmonės veiklas trumpalaikiame periode:

- 1) Žaliavų pirkimas;
- 2) Mokėjimas už žaliavas – išlaidos;
- 3) Produkto gaminimas;
- 4) Produkto pardavimas;
- 5) Pajamų gavimas – įplaukos.

Veiklos ciklas būtų apibūdinamas kaip laikotarpis tarp nuo žaliavų pristatymo į gamyklą iki atsiskaitymo iš pirkėjo. Pastebėtina, kad pinigai dažniausiai yra sumokami veiklos ciklui dar neprasidėjus.

Pinigų apyvartos ciklas būtų apibūdinamas kaip laikotarpis nuo mokėjimo už žaliavas iki pajamų gavimą už produktą.

Tarkime, įmonė gali pirkti įrangą, parduoti produktą, gauti apmokėjimą ir mokėti tiekėjams tą pačią dieną. Tokiu atveju pinigų apyvartos ciklas truks 0 dienų. Realioje rinkoje tokių pavyzdžių rasti sunku, nes dauguma įmonių orientuojasi į teigiamos trukmės pinigų apyvartos ciklą. Kuo ilgesnis pinigų apyvartos ciklas, tuo didesnis finansų planavimo poreikis.

4.3 *Pinigų apyvartos problemų išvengimo strategijos*

4.3.1 *Pinigų apyvartos ciklo trumpinimas*

Sumažinus pinigų apyvartos ciklo trukmę ženkliai sumažėja ir su tuo susijusių problemų. Dėl šios priežasties įmonės dažnai bando mažinti produkto gamybos ir atsiskaitymo iš klientų laiko periodus. Pinigų apyvartos ciklas taip pat gali būti sutrumpintas atidedant atsiskaitymą su tiekėjais.

4.3.2 Pinigų rezervas

Pinigų rezervo kaupimas ir keli trumpalaikiai įsipareigojimai, gali padėti išvengti didelių finansinių sunkumų. Tačiau, reikia pabrėžti, kad rezerve laikomi pinigai nėra išnaudojami gamybai ar investuojami, todėl ir pajamos iš jų negaunamos.

4.3.3 Terminų apsidraudimas

Terminų apsidraudimą galima būtų apibūdinti, kaip trumpalaikes išlaidas, pavyzdžiui, žaliavas, apmokėti trumpalaikėmis paskolomis. Paprastai patariama vengti trumpalaikių išlaidų ilgalaikio turto finansavimui, pavyzdžiui gamybos mašinų. Tokio tipo išlaidos reikalauja pastovaus finansavimo ir tam imti trumpalaikes paskolas yra rizikinga, pavyzdžiui palūkanų norma ilgalaikėms paskoloms yra palankesnė nei trumpalaikėms. Tai sukelia veiklos ciklo ir pinigų apyvartos ciklo nesitapimo riziką, nes tokiais atvejais ne visada įmanomas trumpalaikis finansų planavimas.

4.3.4 Pinigų biudžetas

Pagrindinis trumpalaikio finansų planavimo įrankis yra biudžetas. Jis atkreipia vadovų dėmesį į tai, kada gali būti reikalingas trumpalaikis finansų planavimas. Pinigų biudžetas tiesiog fiksuoja visų piniginių įplaukų ir išmokų sąmatas.

Trumpalaikis finansų planavimas prasideda pardavimų prognoze, dažniausiai sudaroma ateinančių metų ketvirčiui. Naudojant pardavimų prognozę ir atsižvelgiant į gautinas sumas per apibrėžtą laikotarpį, galima numatyti piniginius mokėjimus ketvirčiui.

Toliau atsižvelgiama į piniginių mokėjimų pobūdį, galima skirstyti juos į kategorijas:

- Gaunamos įmokos už produkciją;
- Kapitalo išlaidos (pinigų išmokos už ilgalaikį turtą);
- Ilgalaikio finansavimo išlaidos (palūkanos, dividendai ir t.t.);
- Algos, mokesčiai ir kitos išlaidos.

Galiausiai, apskaičiuojamas ketvirčio balansas, sudedant visas gautas įplaukas ir atimant visas išlaidas. Finansiniai sprendimai turi būti priimti kitam ketvirčiui, numatant visas galimas išlaidas.

Didesnės įmonės dažnai neapsiriboja geriausio spėjimo scenarijumi ir numato kelis finansų plano variantus atsižvelgiant į galimybę „o jeigu“.

4.3.5 Trumpalaikio skolinimosi šaltiniai

4.3.5.1 Veiklos paskolos

Veiklos paskolos iš bankų yra labiausiai įprastas kelias trumpalaikiam pinigų deficitui padengti. Tai sutartis, kai įmonė gali skolintis iki tam tikros sumos už tam tikrą laikotarpį – beveik kaip kreditinė kortelė. Veiklos paskolos gali būti padengtos arba nepadengtos užstatu.

Palūkanas už paskolą nustato bankas. Tai paprastai pagrindinė banko paskolų palūkanų norma, pridėjus papildomą procentą. Bankas gali padidinti palūkanų normą laikui bėgant, nes kaskart pasiskolinus yra iš naujo įvertinama skolininko rizika.

Bankai dažniausiai skolina tik mažos rizikos skolininkams, dažnai atmesdami didesnės rizikos prašymus paskolai. Dažniausiai tarp atmestų skolos išdavimo prašymų atsiduria prašymai iš mažų įmonių arba dar vadinamų startuolių projektų. Todėl šie dažnai ieško kitų finansavimo šaltinių: asmeninio kapitalo, išorinio kapitalo (investuotojų „angelų“, rizikingo kapitalo, viešųjų rinkų), skolinimosi užstatant asmeninį ar būsimą turtą.

4.3.5.2 Akredityvas

Akredityvas leidžia skolininkui skolintis reikiama sumą biudžeto balansui išlyginti. Toks skolinimasis nuo trumpalaikio skolinimosi skiriasi tuo, kad skolininkas galės skolintis vėl tik atidavęs prieš tai paimtą paskolą.

4.3.5.3 Kiti šaltiniai

Didesnės kompanijos naudoja daug kitų šaltinių trumpalaikėms įplaukoms gauti: komerciniai vertybiniai popieriai, vekseliai ir t.t.

4.3.6 Uždavinio modelyje naudojami finansiniai įrankiai

4.3.6.1 Kreditas

Kreditas – tai maksimali paskola kurią, gali gauti įmonė. Kreditas skiriamas į dvi dalis – panaudotą ir likutinę. Abejoms dalims taikoma skirtinga palūkanų norma. Jei įmonė neturi papildomo finansavimo poreikio, tai reikia mokėti tik mažas palūkanas už likutinę kredito dalį.

4.3.6.2 Mokėjimų (išlaidų) atidėjimas

Mokėjimų (išlaidų) atidėjimas) – įmonė turi galimybę atidėti išlaidas. Įmonė gali atidėti iki 80% išlaidų per periodą.

4.3.6.3 Pajamų įkeitimas – faktoringas

Pajamų įkeitimas – tai finansinis įrankis, pagal kurį įmonė, gali pasiskolinti, įkeisdama būsimas pajamas, kaip saugiklį. Bankas paskolins iki 70% - 90% įkeistų pajamų sumos, o likusią

30%-10% atiduos, tik skolininkui sumokėjus visą skolą. Šiuo atveju įmonė turi mokėti palūkanas už skirtumą tarp paimtos ir likutinės sumos.

4.3.6.4 Investicijos

Įmonė gali investuoti savo lėšas siekiant užtikrinti tam tikrą finansinį saugumą į obligacijas, vertybinius popierius, investicinius indelius. Taip pat įmonė gali investuoti į gamybos plėtojimą. Investicijos gali turėti fiksuotą, kintamąją ar mišrią palūkanų normą.

4.3.6.5 Terminuota paskola

Įmonė gali pasiimti terminuotą paskolą, periodo pradžioje.

1.5. Matematinio programavimo samprata ir uždavinio formuluotė

Dauguma pasirinkimo uždavinių modeliuojami pasinaudojant matematinę programavimą, kuriuo siekiama padidinti ar sumažinti tam tikrą tikslą, kuris aprašomas pasirinkimų funkcija. Galimi sprendimai yra ribojami turimų išteklių, minimalių reikalavimų ir t.t. Sprendimai yra perteikiami per kintamuosius kurie, pavyzdžiui gali būti sveikieji ar neigiami skaičiai. Tikslai ir apribojimai yra funkcijos sudarytos iš šių kintamųjų bei duomenų apie patį uždavinį. Duomenų apie uždavinį pavyzdžiai gali būti vieneto sąnaudos, gamybos kainos, pardavimai ar pajėgumai.

Tarkime, pasirinkimai yra išreiškiami per kintamuosius (x_1, x_2, \dots, x_n) . Pavyzdžiui, kintamasis x_i gali atspindėti i pagaminimą tarp n produktų. (???)

Bendroji matematinio programavimo uždavinio formuluotė atrodytų tai:

Minimizuoti

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Kai tenkinamos sąlygos

$$g_1(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq 0,$$

$$g_2(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq 0$$

....

$$g_m(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \leq 0$$

$$(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \in N \quad (1)$$

Ribojimai gali būti gana bendro pobūdžio, bet tiesinių ribojimų pakanka daugeliu atvejų, norint užfiksuoti modelio esmę.

1.6. Stochastinio programavimo samprata

6.1 *Apibrėžimas*

Stochastinis programavimas yra skirtas optimizavimo modelių kūrimui, kai duomenys nėra apibrėžti.

Deterministinės optimizavimo problemos yra formuluojamos su žinomais parametrais, tuo tarpu realaus pasaulio problemos sumodeliuojamos neišvengiamai panaudojus neapibrėžtus arba nežinomus tuo metu parametrus, kad būtų galima rasti sprendinį. Kai parametrai nėra apibrėžti, bet galima nusakyti jų intervalą, galima rasti sprendinį, kurį įtakotų visi galimi parametru pasirinkimai bei optimizuota tikslo funkcija. Pasinaudojus tokiomis žiniomis galima išspręsti uždavinius, kai atsakymas yra pateikiamas tik tam tikros paklaidos ribose, pavyzdžiui, pastatyti mažiausio svorio plieninį tiltą, kurio tempiamasis stipris būtų apibrėžtas tam tikrame intervale. Stochastinio programavimo modeliai yra panašūs stiliumi, tačiau reikia pasinaudoti tuo, kad skirstinius reglamentuojantys duomenys yra žinomi arba gali būti nustatyti. Dažnai tokiuose modeliuose naudojami nustatymai, pagal kuriuos sprendimai yra priimami pakartotinai tokiomis pačiomis sąlygomis, o tikslas yra rasti sprendimo, kurį galima pritaikyti vidurkinę reikšmę. Kaip pavyzdį galime išnagrinėti paprastą pienovežio kasdienio maršruto sudarymo modelį, kai jam tenka vykti į atsitiktinius pieno pristatymo taškus. Čia skirstinys (pvz. pristatymo taškų) gali būti apskaičiuotas pasinaudojant surinktais duomenimis per tam tikrą laikotarpį. Tikslas yra surasti sprendimą, kuris atitiktų visus (arba didžiąją daugumą) parametrus ir optimizuoti lūkesčius tam tikrų sprendimų ir atsitiktinių reikšmių (Shapiro, Philpott, 2007).

6.2 *Stochastinio programavimo uždavinio formuluotė*

Stochastinio programavimo uždaviniai yra tie patys matematinio programavimo uždaviniai, kur kai kurie duomenys įtraukti į tikslo funkciją ar ribojimus yra nežinomi. Šis nežinomumas(ω) paprastai yra apibrėžiamas jam būdinga tikimybė pasiskirsčiusiu skirstiniu.

Stochastinio tiesinio programavimo uždavinys yra formuluojamas analogiškai kaip ir matematinio programavimo uždavinys, pavyzdžiui:

Minimizuoti

$$f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \omega)$$

Kai tenkinamos sąlygos

$$\begin{aligned} A(\omega)x - b(\omega) &\leq 0 \\ x_i &\geq 0, \quad i \in N \end{aligned} \quad (2)$$

kur A yra atsitiktinė $m \times n$ matrica, b – atsitiktinis m -matis vektorius.

Uždavinio formuluotė priklauso nuo to, ar sprendimo eigoje galima patikslinti atsitiktinių parametrų reikšmes tam tikrų stebėjimais ar bandymais. Galimi dviejų tipų optimizavimo uždaviniai: operatyvinio ir perspektyvinio.

Operatyvinio optimizavimo uždavinio sprendinys gaunamas po tam tikro stebėjimo (eksperimento), priklauso nuo šio stebėjimo rezultato ir yra atsitiktinis vektorius.

Perspektyvinio stochastinio programavimo uždaviniuose sprendinys x randamas neatliekant tarpinio atsitiktinių parametrų stebėjimo.

2) Darbo srities analizė

1.1. Dviejų etapų stochastinio programavimo uždavinio formuluote

Vienas paprasčiausių būdų suformuoti uždavinį yra reikalauti, kad būtų priimtas vienas sprendimas ir būtų sumažintos tokio sprendimo numatomos sąnaudos. Ši paradigma yra vadinama resursų modeliu. Tarkime x yra sprendimų, kuriuos reikia priimti, vektorius ir y yra vektorius sprendimų, kurie yra įtakojami pasirinkimo sukeltų naujų veiksmų ar pasekmių.

Pastebėtina, kad skirtingas pasirinkimų vektorius y bus pasirinktas kiekvienai galimai išvesčiai w .

Dviejų etapų uždavinio formuluotė:

minimizuoti

$$f_1 + \text{Tikėtina reikšmė } (f_2(y(w), w)),$$

kai tenkinamos sąlygos

$$g_1(x) \leq 0, \dots, g_m(x) \leq 0$$

$$h_1(x, y(w_i)) \leq 0, \text{ kai } (w_1, w_2, \dots, w_n) \in W, i \in N$$

$$h_2(x, y(w_i)) \leq 0, \text{ kai } (w_1, w_2, \dots, w_n) \in W, i \in N$$

... ..

$$h_m(x, y(w_i)) \leq 0, \text{ kai } (w_1, w_2, \dots, w_n) \in W, i \in N \quad (3)$$

1.2. Uždavinio pritaikymas finansų planavimui

Sprendžiant išteklių bei finansų planavimo, darbų kalendorinio paskirstymo ir vadybos uždavinius, dažnai susiduriama su problemomis: parametrai gali būti nedeterminuoti ir susiję su įvairaus pobūdžio neapibrėžtimi. Ši neapibrėžtis dažniausiai yra aprašoma statistiniais tikimybiniais metodais, o minėti uždaviniai sprendžiami stochastinio tiesinio arba netiesinio programavimo metodais (Žilinskas, 2007)

3) Darbinės srities modelis

1.1. Uždavinio formuluotė

Tarkime, įmonės finansai planuojami, kai sprendimai turi būti priimti dviejų fiksuotų periodų pradžioje. Pavyzdžiui, finansų planas metams, kuris po pusės metų yra peržiūrimas ir pataisomas.

Tikslas, panaudojant skirtingas finansinių įrankių kombinacijas, gauti maksimalų pelną.

Finansų srautą sudaro pajamos, kurių tikimasi iš investicijų, bei išlaidos, pagal finansinius įsipareigojimus.

Tarkime, įmonė gali rinktis iš penkių finansinių įrankių (žr. skyrių 4.3.6). Visi mokėjimai yra vykdomi periodo pradžioje (nebent panaudojamas toks finansų įrankis, kaip išlaidų atidėjimas).

Atsižvelgiant į rinkos nestabilumą rinkoje, modelyje vietoj palūkanų normos yra naudojamas atsitiktinis normalinio (Gauso) skirstinio skaičius, tačiau modelio realizacijoje – taikomojoje programoje yra galimybė įvesti konkrečią palūkanų normą, taip atsižvelgiant į konkrečią rinkos situaciją.

1.2. Uždavinio sprendimo modelis

Stochastinis tiesinis šio uždavinio modelis atrodytų taip:

$$F(x) \equiv c \cdot x + E_{\xi} (\max_{y \geq 0} q \cdot y) \rightarrow \max_{x \geq 0}$$

$$A \cdot x = b$$

$$T \cdot x + W \cdot y = h$$

$$h = \xi \cdot d + m \quad (4)$$

čia:

ξ – atsitiktinis Gauso skirstinio skaičius

A, b, c, d – pirmo etapo vektoriai ir matricos

W, T, q, m, d, y – antro etapo vektoriai ir matricos

Pateiktas modelis remiasi U. Ušpurienės ir L. Sakalausko (2010) suformuotu modeliu pagal dviejų etapų finansų planavimo modelį aprašytą S. A. Zenios ir W. T. Zembia (2007). Visi kiekiai išreikšti tūkstančiais litų. Lėšos yra gaunamos ir paskirstomos periodo pradžioje.

Šiame modelyje x_{it} – reiškia sumą, gautą pasirinkus variantą i laikotarpyje $t, t = 1, 2$

Naudojamos finansinės alternatyvos:

1 – kreditas (x_{1t})

2 – pajamų įkeitimas (faktoringas) (x_{2t})

3 – išlaidų atidėjimas (x_{3t})

4 – terminuota paskola (x_{4t})

5 – investicijos (xg_{5t} – obligacijos, xk_{5t} – vertybiniai popieriai, xr_{5t} – investicinis indėlis, xg_t – investicijos į gamybą.

Kiti naudojami pasirinkimai:

AR_j – pajamos

Ap_j – išlaidos

LR – likvidumo rezervas

L_1 - likusi dalis iš kredito

x_{6j}^+, x_{6j}^- - perteklius ir trūkumas atitinkamai, $j = 0, 1, 2$

r_{12}, r_{11} – paimitos/nepaimitos kredito dalies palūkanos

r_2 – palūkanos už pajamų įkeitimą

r_3 – palūkanos už išlaidų atidėjimą

r_4 – terminuotos paskolos palūkanos

r_{g5}, r_{k5}, r_{r5} – palūkanos už investicijas

r_{tr} – palūkanos už pirkimus

r_6^+, r_6^- - palūkanos už perteklių ir trukumą atitinkamai

β_1 – viršutinė kredito riba

β_3 – viršutinė išlaidų atidėjimo riba

β_{4a}, β_{4v} – viršutinė ir apatinė terminuotos paskolos riba

β_{41}, β_{42} – finansinių dėrinių apribojimų viršutinė riba

β_{g1}, β_{g2} – investicijų į gamybą viršutinė riba

β_g – investicijų į gamybą žemutinė riba

β_{51}, β_{52} – žemutinė riba investicijų apribojimams

Pirmojo etapo apribojimai susideda iš apribojimų balansams tarp pradinio ir pirmojo etapų ir apribojimų finansiniams instrumentams, kurie paaiškinti toliau.

Pirmajame etape finansinė institucija gali suteikti įmonei kreditą, kurio maksimali suma β_1 :

$$x_{11} + L_1 \leq \beta_1 \quad (5)$$

Bankas paskolins 70% - 90% vertės įkeistų pajamų ir likusius 30% - 10% susigražins skolininkui sumokėjus visą skolą:

$$\begin{aligned} x_{21} &\geq 0.7 \cdot AR_0 \\ x_{21} &\leq 0.9 \cdot AR_0 \end{aligned} \quad (6)$$

Įmonė gali atidėti iki 80% mokėjimų pirmame etape:

$$x_{31} \leq 0.8 \cdot AP_0 \quad (7)$$

Įmonė gali pasiimti terminuotą paskolą iš banko pradinio laikotarpio pradžioje. Šiai paskolai galioja viršutinės ir apatinės ribos:

$$\begin{aligned} x_4 &\geq \beta_{4a} \\ x_4 &\leq \beta_{4v} \end{aligned} \quad (8)$$

Tuo atveju, jei įmonė naudoja tiek kredito, tiek terminuotos paskolos finansinius įrankius, yra taikoma viršutinė apribojimų riba:

$$x_{11} + x_4 \leq \beta_{41} \quad (9)$$

Tuo atveju, jei įmonė naudoja tiek faktoringo, tiek terminuotos paskolos finansinius įrankius, yra taikoma viršutinė apribojimų riba:

$$x_{21} + x_4 \leq \beta_{42} \quad (10)$$

Likvidumo rezervas susideda iš pirmojo etapo vertybių popierių ir likutinės kredito dalies. Čia naudojama žemutinė apribojimų riba:

$$xg_{51} + L_1 \geq LR \quad (11)$$

Investicijos į gamybą pirmajame etape turi βg_1 viršutinę ribą:

$$xg_1 \leq \beta g_1 \quad (12)$$

Taip pat yra taikoma viršutinė riba visoms investicijoms:

$$xg_1 + xg_{51} + xk_{51} + xrg_{51} \geq \beta_{51} \quad (13)$$

Pradinis balansas yra skaičiuojamas prieš pirmąjį etapą, atsižvelgiant į pajamas ir finansinių pasirinkimų išlaidas:

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_4 - xg_{51} - xk_{51} - xr_{51} - xg_1 + x_{60}^- - x_{60}^+ - [rtr \cdot xg_1 + x_{60}^-] = AP_0 \quad (14)$$

Pirmojo etapo balansas yra skaičiuojamas po pirmojo etapo, atsižvelgiant į pajamas, įsipareigojimus ir finansinių pasirinkimų išlaidas:

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} - xg_{52} - xk_{52} - xr_{52} - xg_2 - x_{60}^- + x_{60}^+ + x_{61}^- - x_{61}^+ - [r_{12} \cdot x_{11} + r_{11} \cdot L_1 + r_2 \cdot (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot x_{31} + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot xg_{51} - (rf_5 + rk_5) \cdot xk_{51} - rr_5 \cdot xr_{51} - rg \cdot xg_1 + rtr \cdot xg_2 + r_6 \cdot x_{61}^-] = AP_1 \quad (15)$$

Atrojo etapo apribojimai susideda iš apribojimų balansams tarp pradinio ir pirmojo etapų ir apribojimų finansiniams instrumentams, kurie paaiškinti toliau.

Antrojo etapo ribojimas kreditui:

$$x_{12} - L_1 \leq 0 \quad (16)$$

Bankas paskolins 70% - 90% vertės įkeistų pajamų ir likusius 30% - 10% susigražins skolininkui sumokėjus visą skolą:

$$\begin{aligned} x_{22} &\geq 0.7 \cdot AR_1 \\ x_{22} &\leq 0.9 \cdot AR_1 \end{aligned} \quad (17)$$

Įmonė gali atidėti iki 80% mokėjimų antrajame etape:

$$x_{32} \leq 0.8 \cdot AP_1 \quad (18)$$

Yra taikoma viršutinė riba bendram mokėjimų atidėjimui:

$$x_{31} + x_{32} \leq \beta_{41} \quad (19)$$

Tuo atveju, jei įmonė naudoja tiek kredito, tiek terminuotos paskolos finansinius įrankius, yra taikoma viršutinė apribojimų riba:

$$x_{11} + x_{12} + x_4 \leq \beta_{41} \quad (20)$$

Tuo atveju, jei įmonė naudoja tiek faktoringo, tiek terminuotos paskolos finansinius įrankius, yra taikoma viršutinė apribojimų riba:

$$x_{21} + x_{22} + x_4 \leq \beta_{42} \quad (21)$$

Taip pat yra taikoma žemutinė riba visoms investicijoms:

$$xg_2 + xg_{52} + xk_{52} + xrg_{52} \geq \beta_{52} \quad (22)$$

Likvidumo rezervas susideda iš pirmojo etapo ir antrojo etapo vertybių popierių ir likutinės kredito dalies. Čia naudojama žemutinė apribojimų riba:

$$xg_{51} + xg_{52} + L_1 \geq LR \quad (23)$$

Investicijos į gamybą pirmajame etape turi βg_1 viršutinę ribą:

$$xg_2 \leq \beta g_2 \quad (24)$$

Taip pat yra taikoma viršutinė riba visoms investicijoms:

$$xg_1 + xg_2 \geq \beta g \quad (25)$$

Antrojo etapo balansas:

$$\begin{aligned} & -x_{11} - x_{12} + AR_0 - x_{21} + AR_1 - x_{22} - x_{31} - x_{32} - x_4 + xg_{51} + xk_{51} + xr_{51} + xg_1 + \\ & xg_{52} + xk_{52} + xr_{52} + xg_2 + x_{61}^+ - x_{61}^- + x_{62}^- - x_{62}^+ - [r_{12} \cdot (x_{11} + x_{12}) + r_{11} \cdot (L_1 - x_{12}) + r_2 \cdot \\ & (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_2 \cdot (2 \cdot x_{22} - AR_1) + r_3 \cdot (x_{31} + x_{32}) + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot (xg_{51} + xg_{52}) - \\ & (rf_5 + rk_5) \cdot (xk_{51} + xk_{52}) - rr_5 \cdot (xr_{51} + xr_{52}) - rg \cdot (xg_1 + xg_2) + r_6 \cdot x_{62}^-] = AP_2 - AR_2 \end{aligned} \quad (26)$$

Tikslo funkcija sudaryta iš keleto komponentų: perteklių ir trūkumų, pirkimų kainos ir visų finansinių instrumentų kainos. Įmonės tikslas – tikslo funkcijos maksimumas per planavimo laikotarpį.

$$\begin{aligned} F(x) = & x_{60}^+ - x_{60}^- - [rtr \cdot xg_1 + x_{60}^-] + x_{61}^+ - x_{61}^- - [r_{12} \cdot x_{11} + r_{11} \cdot L_1 + r_2 \cdot \\ & (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot x_{31} + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot xg_{51} - (rf_5 + rk_5) \cdot xk_{51} - rr_5 \cdot xr_{51} - rg \cdot xg_1 + \\ & rtr \cdot xg_2 + r_6 \cdot x_{61}^-] + x_{62}^+ - x_{62}^- - [r_{12} \cdot (x_{11} + x_{12}) + r_{11} \cdot (L_1 - x_{12}) + r_2 \cdot (2 \cdot x_{21} - AR_0) + \\ & r_2 \cdot (2 \cdot x_{22} - AR_1) + r_3 \cdot (x_{31} + x_{32}) + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot (xg_{51} + xg_{52}) - (rf_5 + rk_5) \cdot \\ & (xk_{51} + xk_{52}) - rr_5 \cdot (xr_{51} + xr_{52}) - rg \cdot (xg_1 + xg_2) + r_6 \cdot x_{62}^-] \end{aligned} \quad (27)$$

Šis modelis vaizduoja situaciją, kai faktoringas buvo panaudotas tiek pirmame, tiek antrame finansų planavimo etape. Kiti atvejai, kai terminuota paskola arba faktoringas buvo panaudotas ar ne, panašūs, todėl toliau pateikiamos tik tikslo funkcijos

Tikslo funkcija modeliui, kai terminuota paskola nepanaudota, tačiau faktoringas naudojamas tiek pirmame, tiek antrame etape:

$$\begin{aligned}
F(x) = & x_{60}^+ - x_{60}^- - [rtr \cdot xg_1 + x_{60}^-] + x_{61}^+ - x_{61}^- - [r_{12} \cdot x_{11} + r_{11} \cdot L_1 + r_2 \cdot \\
& (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot x_{31} - rg_5 \cdot xg_{51} - (rf_5 + rk_5) \cdot xk_{51} - rr_5 \cdot xr_{51} - rg \cdot xg_1 + rtr \cdot xg_2 + \\
& r_6 \cdot x_{61}^-] + x_{62}^+ - x_{62}^- - [r_{12} \cdot (x_{11} + x_{12}) + r_{11} \cdot (L_1 - x_{12}) + r_2 \cdot (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_2 \cdot \\
& (2 \cdot x_{22} - AR_1) + r_3 \cdot (x_{31} + x_{32}) - rg_5 \cdot (xg_{51} + xg_{52}) - (rf_5 + rk_5) \cdot (xk_{51} + xk_{52}) - rr_5 \cdot \\
& (xr_{51} + xr_{52}) - rg \cdot (xg_1 + xg_2) + r_6 \cdot x_{62}^-] \quad (28)
\end{aligned}$$

Tikslo funkcija modeliui, kai terminuota paskola panaudota, tačiau faktoringas naudojamas tik pirmame etape:

$$\begin{aligned}
F(x) = & x_{60}^+ - x_{60}^- - [rtr \cdot xg_1 + x_{60}^-] + x_{61}^+ - x_{61}^- - [r_{12} \cdot x_{11} + r_{11} \cdot L_1 + r_2 \cdot \\
& (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot x_{31} + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot xg_{51} - (rf_5 + rk_5) \cdot xk_{51} - rr_5 \cdot xr_{51} - rg \cdot xg_1 + \\
& rtr \cdot xg_2 + r_6 \cdot x_{61}^-] + x_{62}^+ - x_{62}^- - [r_{12} \cdot (x_{11} + x_{12}) + r_{11} \cdot (L_1 - x_{12}) + r_2 \cdot (2 \cdot x_{21} - AR_0) + \\
& r_3 \cdot (x_{31} + x_{32}) + r_4 \cdot x_4 - rg_5 \cdot (xg_{51} + xg_{52}) - (rf_5 + rk_5) \cdot (xk_{51} + xk_{52}) - rr_5 \cdot \\
& (xr_{51} + xr_{52}) - rg \cdot (xg_1 + xg_2) + r_6 \cdot x_{62}^-] \quad (29)
\end{aligned}$$

Tikslo funkcija modeliui, kai terminuota paskola nepanaudota, tačiau faktoringas naudojamas tik pirmame etape:

$$\begin{aligned}
F(x) = & x_{60}^+ - x_{60}^- - [rtr \cdot xg_1 + x_{60}^-] + x_{61}^+ - x_{61}^- - [r_{12} \cdot x_{11} + r_{11} \cdot L_1 + r_2 \cdot \\
& (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot x_{31} - rg_5 \cdot xg_{51} - (rf_5 + rk_5) \cdot xk_{51} - rr_5 \cdot xr_{51} - rg \cdot xg_1 + rtr \cdot xg_2 + \\
& r_6 \cdot x_{61}^-] + x_{62}^+ - x_{62}^- - [r_{12} \cdot (x_{11} + x_{12}) + r_{11} \cdot (L_1 - x_{12}) + r_2 \cdot (2 \cdot x_{21} - AR_0) + r_3 \cdot \\
& (x_{31} + x_{32}) - rg_5 \cdot (xg_{51} + xg_{52}) - (rf_5 + rk_5) \cdot (xk_{51} + xk_{52}) - rr_5 \cdot (xr_{51} + xr_{52}) - rg \cdot \\
& (xg_1 + xg_2) + r_6 \cdot x_{62}^-] \quad (30)
\end{aligned}$$

Gal reikėtų visas lygtis pateikti sutraukus į matematinį modelį?

1.3. Stochastinis optimizavimo algoritmas

Kaip optimizavimo algoritmas sprendžiant dviejų etapų stochastinį modelį (1 formulė) pasirinktas Monte-Carlo metodas (Sakalauskas 2004, Žilinskas, 2008).

Sugeneruojamas atsitiktinių dydžių imtis:

$$h^j = \xi^j \cdot d + m, j = 1, 2, \dots, N$$

Įvedami tikslo funkcijos ir jos dispersijos imties įverčiai:

$$\tilde{F}(x) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f(x, h^j)$$

kur:

$$f(x, h^j) = \min_{T \cdot x + W \cdot y = h^j, y \geq 0} (q \cdot y)$$

$$\tilde{D}^2(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f(x, h^i) - \tilde{F}(x))^2 \quad (31)$$

Gradientas įvertinamas ta pačia imtimi:

$$\tilde{G}(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N g(x, h^i) \quad (32)$$

Tarkime, konkretus daugiklis $\hat{\rho} > 0$ yra duotas. Funkcija $\rho_x: V(x) \rightarrow R_+$ apibrėžiama:

$$\rho_x(g) = \min \left\{ \hat{\rho}, \min_{g > 0, l < j < n} \left(\frac{x_j}{g_j} \right) \right\} \quad (33)$$

kur:

$$\exists_{l \leq j \leq n} (g_j > 0), \rho_x(g) = \hat{\rho}, \text{ jei } \forall_{l \leq j \leq n} (g_j \leq 0)$$

Tuomet gradientinės paieškos stochastinė procedūra konstruojama iteraciniu būdu:

$$x^{t+1} = x^t - \rho^t \cdot \tilde{G}(x^t) \quad (34)$$

kur:

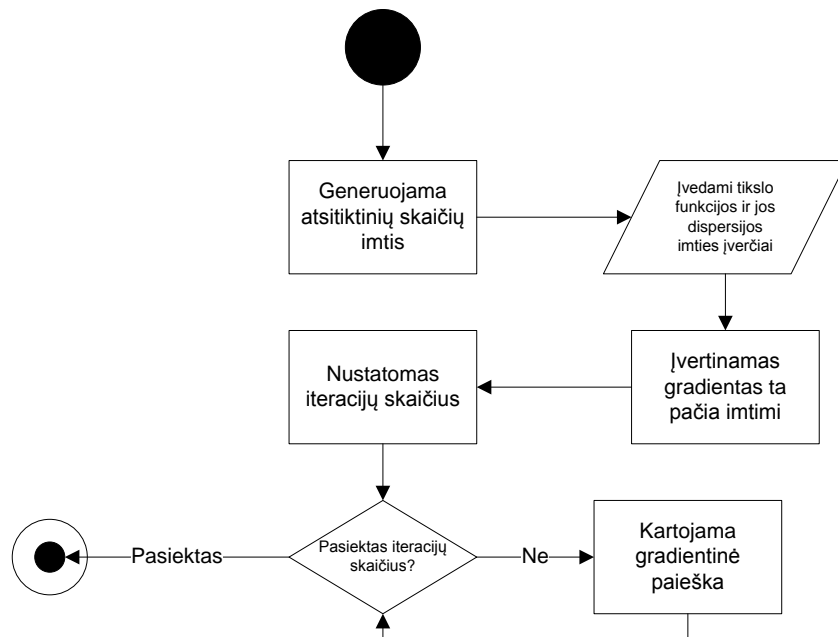
$$\rho^t = \rho_{x^t}(\tilde{G})$$

yra tam tikras daugiklis, reguliuojantis žingsnio ilgį, apibrėžtas 5 formulėje ir

$$\tilde{G}_\epsilon^t = \tilde{G}(x^t)_{V_\epsilon(x^t)} \quad (35)$$

yra gradiento įverčio projekcija ϵ -leistinių krypčių aibėje.

Pradinis sprendinys yra gaunamas iš apibrėžto uždavinio modelio. Žemiau pateikiamas optimizavimo algoritmas:



III. Projektinė dalis

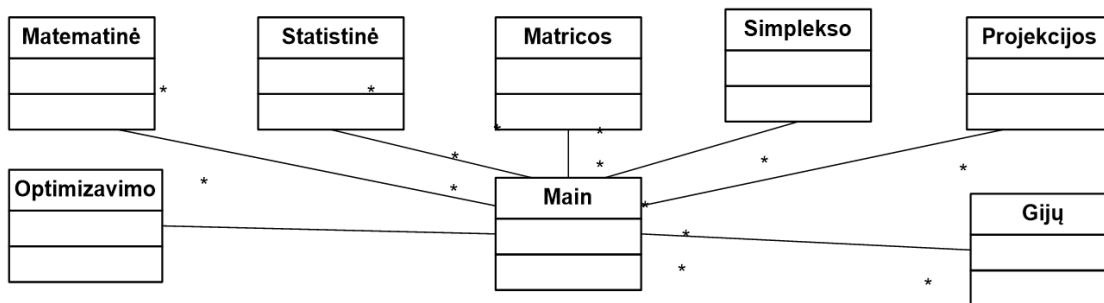
1) Projekto (darbo) vykdymo planas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2012 rugsėjis	+	+	+											
2012 spalio		+	+	+										
2012 lapkritis			+	+	+									
2012 gruodis				+	+	+								
2013 sausis					+	+	+							
2013 vasaris					+	+	+							
2013 kovas						+	+	+						
2013 balandis						+	+	+						
2013 gegužė							+	+	+					
2013 birželis							+	+	+					
2013 liepa							+	+	+					
2013 rugpjūtis								+	+	+				
2013 rugsėjis								+	+	+				
2013 spalio									+	+	+			
2013 lapkritis										+	+	+		
2013 gruodis											+	+	+	
2014 sausis												+	+	+
2014 vasaris														
2014 kovas														
2014 balandis												+	+	+
2014 gegužė														

1	Tyrimo srities analizė.
2	Teorijos nagrinėjimas
3	Ekonomikos pagrindų kartojimas.
4	Konsultacijos su darbo vadovu
5	Uždavinio nagrinėjimas
6	Uždavinio modelio sudarymas
7	Programos nagrinėjimas
8	Programos projektavimas
9	Programos rašymas
10	Programos testavimas
11	Programos tobulinimas
12	Pasirengimas pusmečio tyrimo pristatymams
13	Teorijos aprašo rengimas
14	Pristatymų rengimas

Ne sryties, o srities.

2) Pradinis projekto aprašymas



Paveikslėlis 2. Pirminė projekto klasių diagrama

Projektą turėtų sudaryti viena pagrindinė klasė ir septynios pagalbinės klasės.

Kūrimo metu pradinis projektas buvo apribotas šešiomis pagalbinėmis klasėmis ir viena pagrindine. Jos aprašomos 1 lentelėje.

Lentelė 1. Galutinis projekto variantas

Klasė	Funkcijos
<code>class Ivedimas</code>	1
<code>class Statistines_funkcijos</code>	9
<code>class Projekcijos_funkcijos</code>	3
<code>class Matrica</code>	4
<code>class Optimizavimas</code>	2
<code>class Simplekso_funkcijos</code>	3
<code>class Program</code>	1

Matematinė funkcijų klasė atsisakyta, nes daugumą jų jau yra C# kalbos bibliotekoje. *System.Math*. Taip pat atsisakyta gijų klasės, nes programos nuspręsta nelygiagretinti. Atsirado nauja klasė *Ivedimas*, nes nuspręsta atskirti duomenų įvedimą, nuo pagrindinės funkcijos.

3) Programavimo įrankių ir priemonių pasirinkimo analizė

Programos panaudos diagramoms rengti pasirinktas MS Visio įrankis. Pagrindinis šio įrankio ypatumas, kuris ir nulėmė šio įrankio pasirinkimą, yra galimybė perkelti diagramas į MS Word teksto redagavimo programą, kaip MS Visio elementą. Šis funkcionalumas leidžia koreguoti diagramą pačioje MS Word programoje ir taip sutaupo nemažai laiko norint pakoreguoti smulkias diagramos detales.

Programos kodo kūrimui pasirinkta C# kalba, nes ji atspindi šių dienų novatoriškumą (išnaudoja daugiaprocesorinių kompiuterių resursus, yra suderinama su naujomis operacinėmis sistemomis), yra integruota su naujomis technologijomis, taip pat nebuvo naudotą ankstesnių autorių, minėtų darbe ankščiau.

Programavimo darbams pasirinkta Visual Studio 2013, nes tai vienas geriausių rinkoje siūlomų produktų, skirtų programuoti C# kalba, turi plačią bendruomenę, kurios pagalbos galima tikėtis susidūrus su specifiniais sunkumais. Microsoft suteikia studentams galimybę naudotis šiuo įrankiu nemokamai (ne tik Express, bet ir pilna versija). Patį programos kodo kūrimą ypač paspartina *IntelliSense*. Visual Studio 2013 taip pat turi galimybę kodą konvertuoti į klasių diagramas, todėl buvo panaudotas ir šis funkcionalumas kuriant programos projektą. Taip pat programa yra pilnai suderinama su Windows 8.1 Pasirinkimą lėmė ir tai, kad šiuo metu nėra profesionalesnės studentams nemokamos aplinkos rinkoje, todėl tai tapo puiki galimybė susipažinti su šiuo įrankių, ką vėliau bus galima panaudoti ir darbo praktikoje.

Programa testuota ant darbinio kompiuterio, kurio techninės specifikacijos pateiktos lentelėje:

Tipas	Aprašymas
Procesorius	I5-2410M 2.30 GHZ
Operatyvioji atmintis	4.0 GB DDR3
Operacinė sistema	Windows 8.1

IV. Darbo eigos aprašymas

1) Darbų eigos grafas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2012 rugsėjis														
2012 spalio	+		+	+	+									
2012 lapkritis		+	+		+				+				+	
2012 gruodis		+	+		+	+	+		+			+	+	+
2013 sausis		+		+		+	+		+					
2013 vasaris		+				+								
2013 kovas						+								
2013 balandis	+						+							
2013 gegužė							+					+		
2013 birželis														
2013 liepa														
2013 rugpjūtis	+													
2013 rugsėjis	+	+										+		+
2013 spalio	+	+	+				+						+	
2013 lapkritis		+	+					+					+	
2013 gruodis		+						+	+					
2014 sausis	+								+			+		+
2014 vasaris									+	+				
2014 kovas										+	+		+	
2014 balandis										+	+		+	
2014 gegužė													+	+

1	Tyrimo sryties analizė.
2	Teorijos nagrinėjimas
3	Ekonomikos pagrindų kartojimas.
4	Konsultacijos su darbo vadovu
5	Uždavinio nagrinėjimas
6	Uždavinio modelio sudarymas
7	Programos nagrinėjimas
8	Programos projektavimas
9	Programos rašymas
10	Programos testavimas
11	Programos tobulinimas
12	Pasirengimas pusmečio tyrimo pristatymams
13	Teorijos aprašo rengimas
14	Pristatymų rengimas

2) Problemų ir jų sprendimo būdų aprašymas

2.1. Statistika apie įmonių padėtį

Statistikos departamentas neturi klasifikatoriaus, pagal kurį sektų vidutinį įmonių gyvavimo laiką, taip pat įmonių, kurias būtų galima vadinti spartuoliais. Todėl buvo pasirinktas įmonės klasifikatorius pagal darbuotojų skaičių:

Imtos dvi grupės: 0-4 darbuotojų ir 5-9 darbuotojų.

Situacijai rinkoje geriau suprasti, buvo apsilankyta startuolių mugėse ir verslumo skatinimo renginiuose. Tokiuose kaip: „Silicon Valley Comes to Baltic“, „Login“ ir kitose.

2.2. Gauso atsitiktinių dydžių generavimas

Nors C# kalboje yra specializuota biblioteka atsitiktiniams skaičiams generuoti, tačiau neapibrėžta, kokio skirstinio tai skaičiai. Siekiant gauti tinkamus atsitiktinius skaičius naudojama standartinė formulė. Gauso normalinio skirstinio atsitiktiniai dydžiai generuojami, tiesiog du kartus pakartojus standartinį maišymo algoritmą du kartus ir pritaikius generavimo formulę, t.y. panaudojus standartinį algoritmą:

```
Random rand = new Random();
double u1 = rand.NextDouble();
double u2 = rand.NextDouble();
double randStdNormal =
    Math.Sqrt(-2.0 * Math.Log(u1)) *
    Math.Sin(2.0 * Math.PI *
    u2);
double randNormal = mean +
    stdDev * randStdNormal;
```

2.3. Masyvų kaip objektų naudojimas

C# kalba leidžia masyvus aprašyti, kaip *Array* tipo objektus. Tačiau, tuomet ir į juose esančius duomenis reikia kreiptis kaip į objekto kintamuosius, pavyzdžiui C++ kalboje žinomas masyvo elementų priskyrimas:

$$M[i][j] = 0;$$

C# kalboje panaudojus objekto tipo masyvą, šis priskyrimas atrodytų taip:

```
M.SetValue(Convert.ToDouble(0), i, j);
```

Tačiau jei priskyrimas buvo:

$$M[i][j] = N[i][j];$$

C# kalboje panaudojus objekto tipo masyvą priskyrimas atrodys taip:

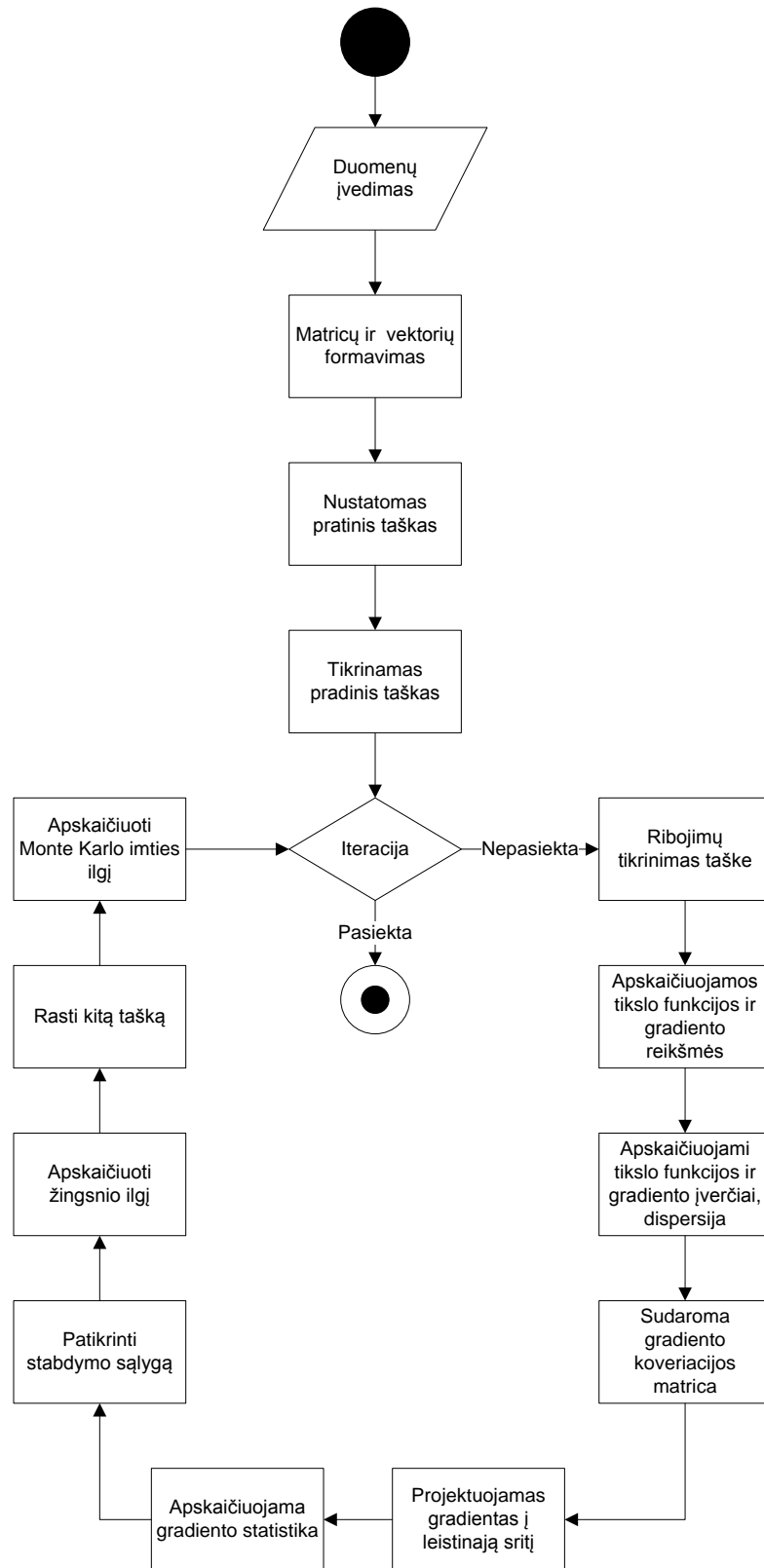
```
M.SetValue(Convert.ToDouble(N.GetValue(i, j)), i, j);
```

Toks prisirymo naudojimas tampa sudėtingas kaip atliekami tokie veiksmai kaip ieškomos atvirkštinės matricos. Tad pasirinktas masyvų kaip paprastų kintamųjų aprašymas. Priskyrimo funkcija atrodytų taip:

$$M(i, j) = 0;$$

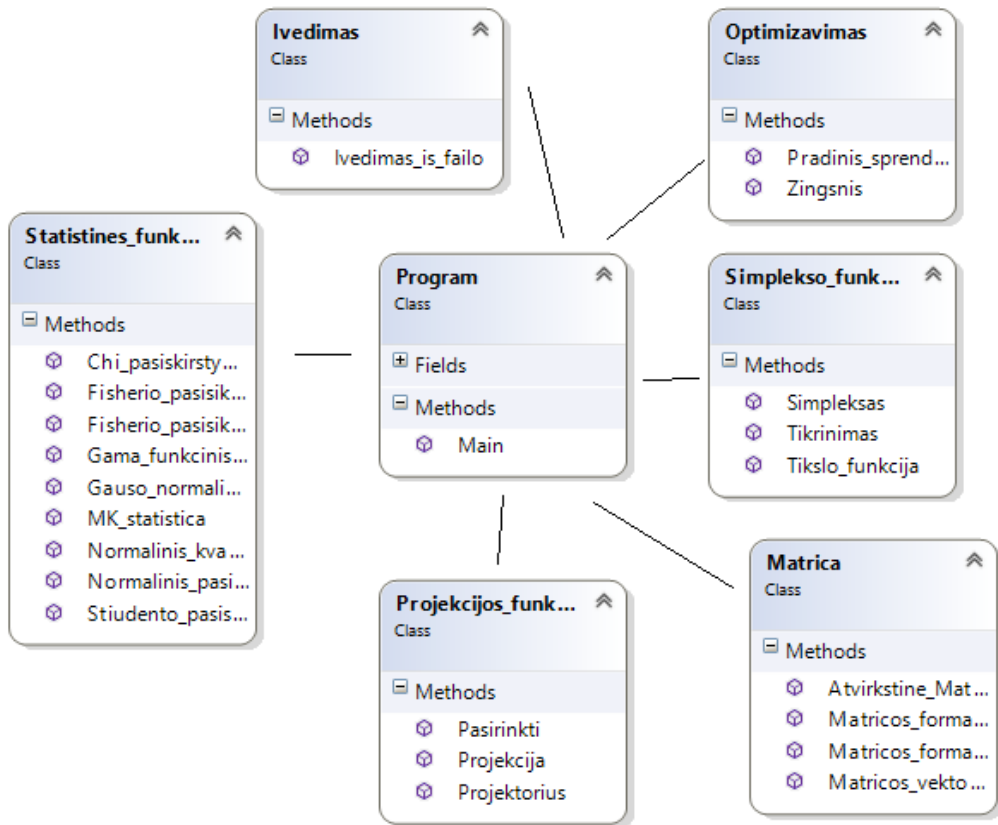
3) Galutinio projekto būsenos aprašymas

3.1. Uždavinio sprendimo algoritmas



Plačiau žiūrėti prieduose.

3.2. Programos projekto schema



3.3. Skaičiavimams naudojami pradiniai duomenys

Programai pateikiami šie duomenys (kintamieji apibrėžti skyriuje II.3.1.2 pateiktame uždavinio modelyje):

Lentelė 2. Kintamųjų ir ribojimų skaičius

Pirmo/ Antro etapo kintamųjų (k) ir ribojimų (n) skaičius					
k1	k2	n1	n2	k22	n22
22	18	12	10	22	13

Lentelė 3. Dispersijos

Pajamų ir išlaidų dispersijos		
	I	II
dAR ₁	100	120
dAR ₂	100	140
dAP ₁	100	110
dAP ₂	100	135

Lentelė 4. Pajamos ir išlaidos

Pajamos ir išlaidos		
	I	II
AR ₀	1085	543
AR ₁	758	2890
AR ₂	2046	7597
AP ₀	2048	3548
AP ₁	5042	7531
AP ₂	1047	2384

Lentelė 5. Palūkanų normos

Finansinių instrumentų palūkanų norma											
r ₁₁	r ₁₂	r ₂	r ₃	r ₄	r _{g5}	r _{f5}	r _{k5}	r _{r5}	r _g	r _{tr}	r ₆
0.007	0.09	0.08	0.12	0.1	0.06	0.05	0.025	0.095	0.17	0.007	0.22

Lentelė 6. Ribojimų ribos

Viršutinės ir apatinės ribojimų ribos		
	I	II
β_1	1500	1500
β_3	2500	2500
β_{4a}	500	500
β_{4v}	3000	3000
β_{41}	4200	4200
β_{42}	3500	3200
β_{g1}	2000	1800
β_{g2}	3000	2500
β_{51}	4500	5500
β_{52}	3500	5000
β_g	1500	1700
LR	2000	2000

4) Darbo rezultatų analizė

4.1. Programos vykdymas

Programos vykdymo laikai pateikiami lentelėje žemiau. Kompiuterio resursai aprašyti skyriuje III.3.

Lentelė 7. Vykdymo laikas, priklausomai nuo pasirinkto iteracijų skaičiaus

Iteracijų skaičius (vnt.)	Vykdymo laikas (ms)
1	1653
100	168277
1000	1582436

Iliustracija, kaip išnaudojami kompiuterio procesoriai patalpinta priede (4 paveikslėlis).

4.2. Gauti skaičiavimų rezultatai:

Lentelė 8. I pakopos sprendiniai

I pakopos optimalūs sprendiniai		
	I	II
x11	1500	1388.7
L1	0	111.30
x21	800	488.70
x31	1638.4	2764.79
x4	2700	2711.30
xg51	2000	1888.70
xk51	0	0
xr51	500	1811.30
xg1	2000	1800
x60-	0	2203.06
x60+	76.40	11.28

Lentelė 9. II pakopos sprendiniai

II pakopos optimalūs sprendiniai		
	I	II
x12	0	0
x32	861.40	0
xg51	0	0
xk52	0	0
xr52	500	2500
xg2	3000	2500
x61-	9949.11	19508.75
x61+	0	0
x62-	9033.73	12588.72
x62+	0	0

Lentelė 10. Tikslų funkcijos sprendiniai

Tikslo funkcijos optimalūs sprendiniai		
	I	II
pradinis	-22934.27	-41891.26
gautas	-21477.27	-32492.29

Lentelėse matoma, kokie rezultatai gaunami naudojant du skirtingus pradinių duomenų rinkinius. Rezultatai sutapo su turėtais duomenų rinkinių rezultatais.

4.3. Darbo rezultatai

Sudarytas finansų planavimo uždavinio modelis.

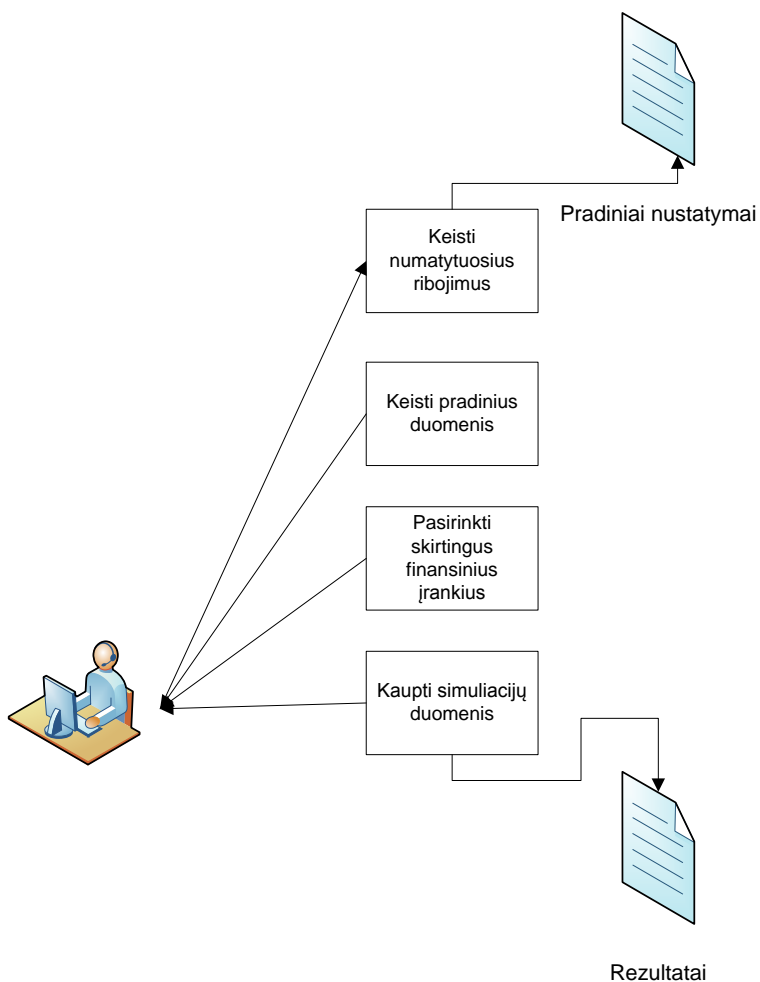
Sukurta optimizavimo programa C# kalba, panaudojus objektinio programavimo paradigmą. Panaudojus programavimo kalbos ir operacines sistemos galimybes, programa vykdoma lygiagrečiai.

Atlikti finansų planavimo problemų tyrimai: rastas populiariausias naudojamas finansų plano modelis(plačiau prieduose). Įvertintas modelio atitikimas realią situaciją.

4.4. Panaudojimas

Sukurta programa gali būti naudojama tolesniam vystymui ir tobulinimui.

Programa taip pat gali būti naudojama prognostiniam finansų planavimui, nes apima Lietuvoje labiausiai paplitusius finansinius įrankius.



Paveikslėlis 3. Panaudos diagrama

5) Patarimai, pastebėjimai, rekomendacijos

Programai galėtų būti pritaikyta patogesnė vartotojo sąsaja, taip pat įvedami duomenys galėtų būti pateikiami labiau standartizuotame formate.

Programa galėtų būti išskirstyta ir pritaikyta spręsti daugiaprocesoriniams kompiuteriams, kurie nenaudoja Windows 8 (Windows 8.1) operacinės sistemos. Tačiau pirma reiktų įvertinti, ar toks sprendimas būtų naudingas. Programos vykdymo laikas nėra didelis, tad jei bus vykdomi didelio masto skaičiavimai, galbūt būtų naudingiau naudoti debesų programinės įrangos siūlomą išskirstymą, o ne išskirstymą pačioje programoje.

Programa galėtų būti perkurta pasinaudojant Microsoft Solver Foundation biblioteka, skirta optimizavimo bei stochastinio programavimo uždaviniams spręsti.

V. Išvados

1. Temos analizė parodė, kad daugiau kaip du trečdaliai Lietuvoje sukuriamų (mažų) įmonių neišgyvena net dviejų finansinių metų. Pagrindinė to priežastis, netinkamai parengtas finansinis planas. Investavus į finansinio plano rengimą, ne tik padidėtų įmonės sėkmingumo procentas, bet ir šansas pritraukti investicijų.

2. Dažniausiai kylančių problemų tyrimas parodė, kad griežti ir statiški pradiniai projektų tikslai, dažnai tampa projektų nekonkurencingo priežastimi. Tą įtakoja besikeičiančios technologijos, todėl projekto tikslai turėtų būti dinamiški ir lengvai koreguojami pagal rinkos tendencijas.

3. Matematinio modelio projektavimas, kūrimas ir realizavimas parodė, kad:

a) Įmanoma, panaudojant C# programavimo kalbą, sukurti taikomąją programą dualiajam tiesiniam stochastinio programavimo uždaviniui spręsti;

b) Nenaudinga naudoti C# kalbos masyvo objektą paprastiesiems skaičių masyvams aprašyti, kai jei naudojami matematiniais veiksmais atlikti.

4. Programos testavimas parodė, kad ji gali būti efektyviai naudojama su daugiaprocesoriniu namų kompiuteriu - vykdymo laikas priimtinas, o programa gali veikti „fono“ režimu, paliekant užtenkamai resursų skaičiavimo metu vykdyti kitas, su programa nesusijusias operacijas.

VI. Literatūra

1. A.Ušpurienė, L. Sakalauskas. *Two-Stage Continuous stochastic programming model for financial planning*, 2010, Proceedings of the The 6th International Scientific Conference “Business and Management 2010“, pp. 263–269.
2. A.Shapiro, A. Philpott. *A Tutorial on Stochastic Programming*. 2007. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: http://www2.isye.gatech.edu/people/faculty/Alex_Shapiro/TutorialSP.pdf
3. D. Holmes, *What is Stochastic Programming*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://users.iems.northwestern.edu/~jrbirge/html/dholmes/StoProIntro.html>
4. G. J. Castrogiovanni. *Pre-Startup Planning and the Survival of New Small Businesses: Theoretical Linkages*, Houston, 1996. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: http://www.uk.sagepub.com/chaston/Chaston_Web_readings_chapters_1-12/Chapter_4_-_15_Castrogiovanni.pdf
5. Help SME Inc. *Short-Term Financial Planning*. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://helpsme.com/articles/corporate-finance/short-term-financial-planning>
6. J. Janz. *Financial planning for SaaS startups*. 2012. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://christophjanz.blogspot.com/2012/03/financial-planning-for-saas-startups.html>
7. K. Žilinskas. *Stochastinio tiesinio programavimo Monte Karlo metodu tyrimas*. Daktaro disertacija. Vilnius, 2007.
8. L. Sakalauskas. *Statistinis modeliavimas ir analizė*. Šiauliai, 2012.
9. Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://db1.stat.gov.lt/statbank/default.asp?w=1280>
10. Microsoft. MSDN Library. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/>
11. N. Fallon. *5 Challenges Your Tech Startup Will Face (and How to Overcome Them)*. 2014. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://www.businessnewsdaily.com/6265-tech-startup-challenges.html>
12. Projekto „Vertas milijono“ aprašymas. [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://www.versloturnyras.lt/index.php/biblioteka/tavo-sansas-seb-verslo-menasvertas-milijono/205>
13. Projekto „Vertas milijono“ komentaras „Pinigų kartoje“ [interaktyvus] [žiūrėta: 2014-05-06] Internetinė prieiga: <http://www.pinigukarta.lt>

VII. Anotacija

Pachomova R. STOCHASTINIO PROGRAMAVIMO MODELIO FINANSŲ PLANAVIMUI PRITAIKYMAS. Vadovas: prof. habil. dr. Leonidas Sakalauskas. - Šiaulių universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas, 2014.

Šio darbo tikslas ištirti mažų įmonių padėtį Lietuvos rinkoje, susipažinti su trumpalaikio finansų planavimo problemomis. Sukurti taikomąją programą, kuri padėtų šias problemas spręsti ir pasiūlyti optimalų finansų planą.

Darbe nagrinėti rinkoje taikomi trumpalaikiai finansų planavimo modeliai mažoms įmonėms bei dažniausiai kylančias problemas. Pasirinkti tinkami matematiniai optimizavimo metodai. Sudarytas matematinis uždavinio modelis. Parašytas kodas, skirtas optimizavimo uždaviniams spręsti C# kalba. Realizuota ir ištestuoti programa.

Raktiniai žodžiai: stochastinis programavimas, dviejų etapų uždavinys, trumpalaikis finansų planavimas.

VIII. Summary

Pachomova R. APPLICATION OF STOCHASTIC PROGRAMMING MODEL IN FINANCE PLANNING. Tutor: prof. habil. dr. Leonidas Sakalauskas. - Šiauliai University, Faculty of Mathematics and Informatics, 2014.

Primary goal of this work is to investigate the position of small business in the Lithuanian market, access to short-term financial planning issues. Create an application that will help solve these problems and propose an optimal financial plan.

The paper analyze short-term financial planning models for small businesses which exists in the market and the most common issues. The appropriate mathematical optimization methods were chosen. Mathematical model of the task was described. Code for solving optimization problems was written in C # language. Program was realized and tested.

Keywords: stochastic programming, two-step problem, short-term financial planning.

VII. Priedai

1) Disko turinys:

- Darbo aprašymas .pdf ir .docx formatuose
- Programa
- Programos kodas

2) Dviejų etapų tiesinio stochastinio programavimo uždavinio sprendimo algoritmas

Tikslas: rasti dviejų etapų tiesinio stochastinio programavimo uždavinio sprendinį ir tikslo funkcijos reikšmę.

Pradinės sąlygos (*preconditions*): dviejų etapų tiesinio stochastinio programavimo uždavinio formalizuotas aprašymas.

Galinės sąlygos (*postconditions*): dviejų etapų tiesinio stochastinio programavimo uždavinio sprendinio vektorius $x^*=(x_1,x_2,\dots,x_n)$, tikslo funkcijos optimali reikšmė $F(x^*)$.

1. Surašyti uždavinį apibūdinančius parametrus: pirmojo ir antrojo etapų kintamųjų ir ribojimų skaičius n_1, m_1, n_2, m_2 , pradinį, minimalų ir maksimalų Monte Karlo imčių ilgį N_0, N_{min}, N_{max} , tikslo funkcijos tikslumą δ , paieškos žingsnio ilgį α , pasikliautinio intervalo tikimybę β , optimalumo hipotezės tikimybę $1-\gamma$, maksimalų iteracijų skaičių *iter*.

2. Inicializuoti uždavinio koeficientų matricas A, W, T bei vektorius c, b, q, μ, σ .

3. Nustatyti pradinį gradientinės paieškos tašką $x^0=(x_1^0, x_2^0, \dots, x_{n_1}^0)$ sprendžiant deterministinį uždavinio analogą, kai atsitiktiniai dydžiai pakeičiami jų vidurkiais $h_i=\mu_i, i=1, 2, \dots, m_1$

4. Patikrinti pradinį tašką:

4.1. Patikrinti pirmojo etapo uždavinio ribojimus $Ax=b$ pradiniame taške $x^0=(x_1^0, x_2^0, \dots, x_{n_1}^0)$.

4.2. **If** pradinis taškas netenkina ribojimų **then** suprojektuoti tašką $x^0=(x_1^0, x_2^0, \dots, x_{n_1}^0)$ į ribojimų sritį $D: \pi_D(x^0)$.

5. **While** iteracijų skaičius t neviršija maksimalaus dydžio *iter* **do**

5.1. Patikrinti ribojimus apskaičiuotame taške. $X^t=(x_1^t, x_2^t, \dots, x_{n_1}^t)$.

5.2. Apskaičiuoti tikslo funkcijos $f(x, y^t), i=1, 2, \dots, N^t$ ir gradiento $g(x, y^t), i=1, 2, \dots, N^t$ reikšmes pagal formules pasinaudojant Monte Karlo imties dydžiais.

1. **While** i neviršija Monte Karlo imties ilgio N^t **and** imties dispersijos

pasikliautiniosios ribos neviršija Tikslumo $\frac{\eta_\beta \cdot D(x^t)}{\sqrt{N^t}} \leq \delta$ **do**

1.1. Sugeneruoti atsitiktinius dydžius $h_i = \sigma_i \cdot Gauss() + \mu_i$, $i=1,2,\dots,m_2$.

$Gauss()$ yra

funkcija, generuojanti standartinio normaliojo skirstino atsitiktinį dydį.

1.2. Rasti antrojo etapo uždavinio dualųjį sprendinį $u^i = (u_1^i, u_2^i, \dots, u_{m_2}^i)$ (Simplekso programa).

1.3. Apskaičiuoti tikslo funkcijos gradientą $g(x^t, u^i)$.

1.4. Apskaičiuoti tikslo funkcijos reikšmę $f(x^t, u^i)$.

2. **done.**

3. Apskaičiuoti tikslo funkcijos įvertį $F(x^t)$.

4. Apskaičiuoti gradiento įvertį $\tilde{g}(x^t)$.

5. Apskaičiuoti dispersijos įvertį $\tilde{D}^2(x^t)$.

6. Sudaryti kovariacijos matricą $Z(x^t)$.

5.3. Apskaičiuoti tikslo funkcijos ir gradiento įverčius $\tilde{F}(x^t)$ ir $\tilde{g}(x^t)$, gradiento dispersiją $\tilde{D}^2(x^t)$.

5.4. Sudaryti gradiento kovariacijos matricą $Z(x^t)$.

5.5. Suprojektuoti gradientą ε -leistinąja kryptimi $\tilde{g}_\varepsilon^t = \tilde{g}(x^t)_{V_\varepsilon(x^t)}$

1. Nustatyti taško $x^t = (x_1^t, x_2^t, \dots, x_{n_1}^t)$ nulines komponentes ir sudaryti leistinųjų kryptių aibę (aktyvių

ribojimų aibę) $V(x)$

2. Suprojektuoti gradientą aktyvių ribojimų aibėje.

3. Sudaryti ε -leistinųjų kryptių aibę (beveik aktyvių ribojimų aibę) $V_\varepsilon(g)$

4. Suprojektuoti gradientą beveik aktyvių ribojimų aibėje.

5.6. Apskaičiuoti gradiento statistiką T_t^2

5.7. Patikrinti stabdymo sąlygą:

5.7.1. Apskaičiuoti Fišerio skirstinio kvantilį $Fish(\gamma, n_1, N^t - n_1)$.

5.7.2. **If** statistika mažesnė už Fišerio kvantilį $T_t^2 \leq Fish(\gamma, n_1, N^t - n_1)$

and imties dispersijos pasikliautiniosios ribos neviršija tikslumo $\frac{\eta_{\beta} \cdot D(\tilde{x}^t)}{\sqrt{N^t}} \leq \delta$ **then**

gražinti tikslo funkcijos reikšmę $F(x^*)$ ir uždavinio sprendinį $x^*=(x_1, x_2, \dots, x_n)$.

5.8. Apskaičiuoti gradientinės paieškos žingsnio ilgį $p_{x_i}(g)$

1. Rasti gradientinės paieškos žingsnio ilgį $p_{x_i}(g)$.

2. Apskaičiuoti sekantį galimą tašką $x^t=(x_1^t, x_2^t, \dots, x_n^t)$.

3. **If** taškas nepriklauso ribojimų sričiai D **then** suprojektuoti tašką į sritį D .

5.9. Rasti kitą tašką $x^{t+1}=(x_1^{t+1}, x_2^{t+1}, \dots, x_n^{t+1})$.

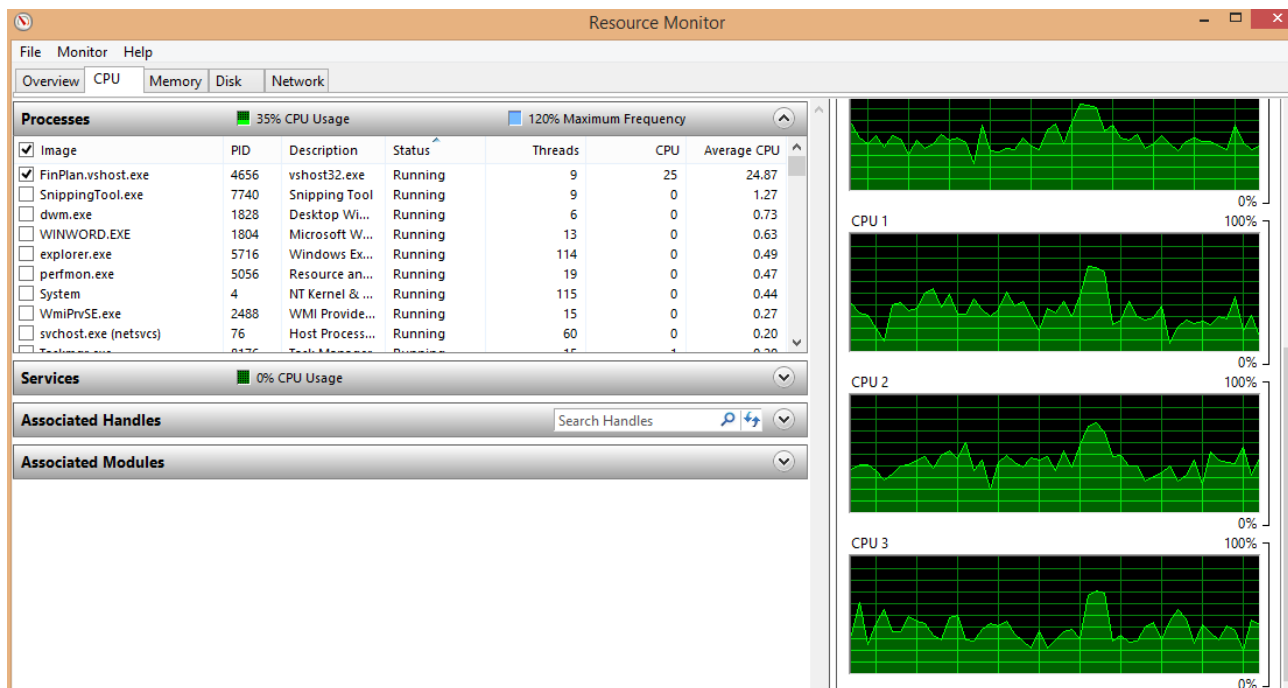
5.10. Apskaičiuoti Monte Karlo imties ilgį N^{t+1} .

6. **done.**

3) Projekto klasės

Klasė	Funkcijos
<code>class Ivedimas</code>	<code>public static void Ivedimas_is_failo(...)</code>
<code>class Statistines_funkcijos</code>	<code>public static double Gauso_normalinis(...)</code> <code>public static double Normalinis_pasiskirstymas(...)</code> <code>public static double Gama_funkcinis_logoritmas(...)</code> <code>public static double Chi_pasiskirstymo_funkcija(...)</code> <code>public static double Fisherio_pasisikirstymo_funkcija(...)</code> <code>public static double Normalinis_kvantas(...)</code> <code>public static double Studento_pasisikirstymo_kvanta(...)</code> <code>public static double Fisherio_pasisikirstymo_kvantas(...)</code> <code>public static double MK_statistica(...)</code>
<code>class Projekcijos_funkcijos</code>	<code>public static void Projektorius(...)</code> <code>public static void Projekcija(...)</code> <code>public static void Pasirinkti(...)</code>
<code>class Matrica</code>	<code>public static void Atvirkstine_Matrica(...)</code> <code>public static void Matricos_formatavimas(...)</code> <code>public static void Matricos_formatavimas_pradin(...)</code> <code>public static void Matricos_vektoriaus_daugyba(...)</code>
<code>class Optimizavimas</code>	<code>public static void Zingsnis(...)</code> <code>public static void Pradinis_sprendinys(...)</code>
<code>class Simplekso_funkcijos</code>	<code>public static void Simpleksas(...)</code> <code>public static void Tikrinimas(...)</code> <code>public static void Tikslo_funkcija(...)</code>
<code>class Program</code>	<code>public static void Main(string[] args) (...)</code>

4) Procesorių išnaudojimas



Paveikslėlis 4. Procesorių išnaudojimas

5) Vienas populiariausių pradinio finansų plano pavyzdys

Pateiktas pavyzdys tik dalinai užpildytas.

Kapitalo išlaidos			
Aprašymas	Turima (LT)	Papildomai reikia (LT)	Viso
			0
			0
			0
			0
			0
Viso:	0	0	0
Pajamų išlaidos			
Aprašymas	Turima (LT)	Papildomai reikia (LT)	Viso
			0
			0
			0
			0
			0
			0
Viso:	0	0	0
Kitos išlaidos			
Aprašymas	Turima (LT)	Papildomai reikia (LT)	Viso
			0
			0
			0
			0
			0
			0
Viso:	0	0	0
		Projekto kaina	0 LT

Kapitalo išlaidos – ilgalaikės išlaidos, kurios atsiperka per ilgą laiką (pvz. techninė įranga)

Pajamų išlaidos – išlaidos kurios reikalingos pajamoms gauti (pvz. popierius - leidyklai)

Kitos išlaidos – visos kitos išlaidos, reikalingos verslo pradžiai (pvz. raštinės reikmenys)

Projekto kaina – tai reikalingos minimalios investicijos.

Pardavimų prognozė 1 metais:

Pardavimų prognozė - pirmieji metai													
Pardavimai	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Viso (LT)
Klientas 1													
Projektas 1	1000		1000		2000								4000
Projektas 2													0
Klientas 2													
Projektas 1		1500		50									1550
Projektas 2													0
Projektas 3													0
Klientas 3													
Projektas 1				1000									1000
Viso (LT)	1000	1500	1000	1050	2000	0	0	0	0	0	0	0	6550

Sudaroma pardavimų prognozė, padeda suplanuoti būsimas pajamas ir kontroliuoti išlaidas

Apyvarta 1 metais:

Apyvarta - pirmieji metai														
	Pradinis likutis	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Viso
Pajamos														
Pardavimai		1000	1500	1000	1050	2000								6550
Investicijos														0
Paskolos														0
Viso (LT)	0	1000	1500	1000	1050	2000	0	0	0	0	0	0	0	6550
Išlaidos														
Programinė įranga	1000													1000
Techninė įranga	1500													1500
Interneto tiekėjas	100	40	40	40	40	40								300
Hostingas	75													75
Paslaugų mokesčiai														0
Prenumeratos														0
Rinkodaros išlaidos														0
Raštinės reikmenys														0
Kelionės														0
Patalpų nuoma														0
Patalpų įrengimas														0
Patalpų draudimas														0
Palaikymas														0
Atlyginimai														0
Kita														0
Viso (LT)	2675	40	40	40	40	40	0	0	0	0	0	0	0	2875
Mėnesio balansas	-2675	960	1460	960	1010	1960	0	0	0	0	0	0	0	0
Pradinsis likutis	4000	1325	2285	3745	4705	5715	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	
Kaupiamasis balansas	1325	2285	3745	4705	5715	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675

Apyvartos stebėjimas, leidžiantis matyti tendencijas.

Pajamų ir išlaidų apskaita 1 metais:

Pajamų išlaidų apskaita - 1 metai		
Pardavimai		6650
Išlaidos pardavimams	2000	
Bendros pajamos (LT)		4650
Valdymo išlaidos		
Programinė įranga	1000	
Techninė įranga	1500	
Interneto tiekėjas	300	
Hostingas	75	
Paslaugų mokesčiai	0	
Prenumeratos	0	
Rinkodaros išlaidos	0	
Raštinės reikmenys	0	
Kelionės	0	
Patalpų nuoma	0	
Patalpų įrengimas	0	
Patalpų draudimas	0	
Palaikymas	0	
Atlyginimai	0	
Kita	0	
Viso (LT)	2875	
Grynasis pelnas (LT)		1775

Pardavimų prognozė 2 metais:

Pardavimų prognozė - antrieji metai													
Pardavimai	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Viso (LT)
Klientas 1													
Projektas 1													0
Projektas 2													0
Klientas 2													
Projektas 1													0
Projektas 2													0
Projektas 3													0
Klientas 3													
Projektas 1													0
Projektas 2													0
Klientas 4													
Projektas 1													0
Projektas 2													0
Projektas 3													0
Klientas 5													
Projektas 1													0
Projektas 2													0
Viso (LT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Apyvartos prognozė 2 metais:

Apyvarta - antrieji metai														
	Pradinis likutis	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis	Viso
Pajamos														
Pardavimai														0
Investicijos														0
Paskolos														0
Viso (LT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Išlaidos														
Programinė įranga														0
Techninė įranga														0
Interneto tiekėjas														0
Hostingas														0
Paslaugų mokesčiai														0
Prenumeratos														0
Rinkodaros išlaidos														0
Raštnės reikmenys														0
Kelionės														0
Patalpų nuoma														0
Patalpų įrengimas														0
Patalpų draudimas														0
Palaikymas														0
Atlyginimai														0
Kita														0
Viso (LT)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mėnesio balansas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pradinsi likutis	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675
Kaupiamasis balansas	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675	7675

6) Duomenys įvedimui:

W	1	1	-1	-1	-1	-1.006	0.78	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-1.083	-1.12	1.06	1.068	1.095	1.394	-1	1	0.78	-1	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
T	-0.09	-0.007	-0.16	-0.12	0.06	0.068	0.095	0.394	-1	1	0	0	0	0	0	0	0
	-1.09	-0.007	-1.16	-1.12	1.06	1.068	1.095	1.394	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A	1	0	1	1	-1	-1	-1	-1.006	0.78	-1	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
B		2048	1500	759.5	976.5	1638.4	2000	2000	4500								
C	-0.014	-0.32	-0.24	0.12	0.136	0.19	0.782	-1.22	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Q	-0.083	-0.12	0.06	0.068	0.095	0.388	-1.22	1	-1.22	1	0	0	0	0	0	0	0
M		4955.2	-2170.8	0	4033.6	2500	3500	2000	3000	1500							
D		100	141.421	0	80	80	0	0	0	0							