



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Andrius Balčiūnaitis

BANKOMATŲ TINKLO VALDYMO SISTEMOS IMITACINĖS
APLINKOS SUKŪRIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Vygandas Vaitkus

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

BANKOMATŲ TINKLO VALDYMO SISTEMOS IMITACINĖS
APLINKOS SUKŪRIMAS IR TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Valdymo technologijos (621H66001)

Vadovas

Doc. dr. Vygandas Vaitkus

Recenzentas

Doc. dr. Romas Rutkauskas

Projektą atliko

Andrius Balčiūnaitis

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Andrius Balčiūnaitis

(Studento vardas, pavardė)

Valdymo technologijos, 621H66001

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto

„Bankomatų tinklo valdymo sistemos imitacinės aplinkos sukūrimas ir tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 ____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Andriaus Balčiūnaičio** baigiamasis projektas tema „*Bankomatų tinklo valdymo sistemos imitacinės aplinkos sukūrimas ir tyrimas*“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Balčiūnaitis, A. Bankomatų tinklo valdymo sistemos imitacinės aplinkos sukūrimas ir tyrimas. Valdymo sistemų magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Vygandas Vaitkus; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Automatikos katedra.

Kaunas, 2016. 50 psl.

SANTRAUKA

Šio darbo tikslas išanalizuoti bankomatų valdymo principus, ištirti jų efektyvumui vertinti skirtos imitacinės aplinkos kūrimo aktualumą, galimybes, eigą .

Bankomatų tinklai yra sudėtingos pinigų įnešimo ir išėmimo sistemos jų aptarnavimas ir valdymas reikalauja tikslaus planavimo, nes netinkamai paskirstytos inkasacijos sąlygoja didelius kaštus dėl didelio pinigų pertekliaus arba baudų už nedarbingumą (ištuštėjimą). Bankomatų tinklo veiklos simuliacijos sistema leistų objektyviai įvertinti bankomato veiklos efektyvumą, simuliuoti valdymo režimus, o integravus pinigų poreikio prognozavimo modelį daryti inkasacijų prognozes.

Darbo metu buvo išanalizuota bankomatų tinklo valdymo struktūra, principai, pagrindiniai apribojimai ir aptarnavimo kaštų sudedamosios dalys. Išskirtos optimizuotinos sritys ir jų įgyvendinimo galimybė. Remiantis analize buvo sukurtas ir ištestuotas imitacinės aplinkos algoritmas, kuris atsižvelgdamas į aplinkos apribojimus ir parametrus geba simuliuoti bankomatų tinklo veiklą.

Pabaigoje Atliktas ATM tinklo valdymo metodų efektyvumo vertinimas sukurtos imitacinės sistemos pagalba, imituojant įvairius išorinių faktorių pasikeitimus ir fiksuojant tinklo kaštus tiriamu laikotarpiu.

Reikšminiai žodžiai: Imitacinė aplinka, simuliacija, ATM, išlaikymo kaštai, apribojimai, inkasacija, prognozavimo modelis

Balčiūnaitis, Andrius. Development and research of ATM network management system simulation environment. Final project of control systems master degree / supervisor doc. dr. Vygandas Vaitkus; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Automation

Kaunas, 2016. 50 psl.

SUMMARY

The aim of this work is to analyze ATM management principles and study for their effectiveness analyze designed simulation environment development opportunity, actuality and workflow.

ATM networks are complex deposit and withdrawal systems, their service and management requires precise planning, because the improper distribution of cash collection results in high costs due to the large cash surpluses or fines for disability (emptying). ATM network performance simulation system allows an objective assessment of the efficiency of the ATM, different ATM management types simulation and after integration of cash forecasting model it could be used for future collection planning.

During research there was analyzed ATM network management structure, policies, basic constraints and service cost components. Identified optimizable areas and the ability to implement them. According to the analysis there was developed and tested an algorithm for environment simulation, which according to the environmental constraints and parameters are able to simulate the ATM network.

Finally, the results of simulation environment reaction to the limitations and parameters was analyzed also several ATMs collection methods was simulated and the average cost of each case was compared.

Keywords: simulation environment, simulation, ATM, average costs, restrictions, cash collection, forecasting model

TURINYS

Santrumpų ir terminų žodynas	9
Įvadas	10
3 Darbo tikslas ir uždaviniai	11
4 Darbo aktualumas	11
5 Litreatūros apžvalga.....	12
5.1 Bankomatai	12
5.1.1 ATM tinklų valdymo kaštai	13
5.1.2 ATM tinklo valdymo modeliai	13
5.1.3 ATM tinklo optimizavimo galimybės.....	14
5.1.4 ATM grynųjų pinigų valdymas.....	15
5.1.5 ATM grynųjų pinigų valdymo programos	16
5.2 Imitacinis aplinkos modeliavimas	17
5.3 Prognozavimo modelis	19
5.3.1 Sprendimų medžio paieškos metodas	19
5.3.2 Neuroninių tinklų modelis	21
5.3.3 Fuzzy modelis	21
5.3.4 Atraminių vektorių regresijos modelis (SVR).....	22
5.4 Optimizacija.....	23
5.4.1 Optimizavimo algoritmo kriterijai	24
5.4.2 Optimizavimo algoritmo tikslo funkcija.....	24
5.5 Programinė įranga modeliavimui	25
6 Tiriamoji dalis.....	25
6.1 Duomenų apdorojimas ir analizė.....	25
6.2 Imitacinės aplinkos kūrimas ir testavimas.....	27
6.2.1 Struktūra.....	28
6.2.2 Inkasacijos skaičiavimas	29
6.2.3 Manipuliuojami parametrai.....	31
6.2.3.1 Minimalus likutis	32
6.2.3.2 Maksimali inkasacija.....	32
6.2.3.3 Galimos inkasavimo dienos	33
6.2.3.4 Pinigų likutis saugykloje.....	35
6.2.3.5 Inkasatorių skaičius	37

6.2.3.6	Palūkanų norma.....	38
6.2.3.7	Inkasacijos kaina	38
6.2.3.8	Pinigų perskaičiavimo kaina	39
6.2.4	Pinigų poreikio prognozavimas	39
6.2.4.1	Atraminių regresinių vektorių prognozavimo modelis	40
6.2.4.2	Sprendimų medžio prognozavimo modelis.....	40
6.3	Ekperimentiniai tyrimai	41
6.3.1	Pirmas valdymo tipas	41
6.3.2	Antras valdymo tipas	43
6.3.2.1	Viena aptarnavimo diena.....	43
6.3.2.2	Trys aptarnavimo dienos	45
6.3.3	Valdymo tipų palyginimas.....	46
	Išvados ir rezultatai	48
	Literatūra.....	49
7	Priedai	51
	Priedas 1. Imitacinės aplinkos programos kodas	51

PAVEIKSLĖLIŲ SĄRAŠAS

4.1 pav. ATM konstrukcija	12
4.2 pav. Ideali ATM tinklo funkcijų valdymo struktūra.....	13
4.3 pav. Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis	15
4.4 pav. Imitacinio modeliavimo struktūra	17
4.5 pav. Sprendimų medžio struktūra	20
4.6 pav. Biologinis neuronas.....	21
4.7 pav. Neįėjimo nuostolių funkcijos grafinė iliustracija.....	23
5.1 pav. pinigų likučio bankomatuose palyginimas.....	26
5.2 pav. pinigų išėmimo iš bankomato grafikas	27
5.3 pav. Inkasajų ir pinigų likučio grafikai	27
5.4 pav. 10 dienų vidutinių kaštų matricos grafikas	30
5.5 pav. Vidutinių kaštų priklausomybė nuo inkasacijos kėlimo žingsnio.....	31
5.6 pav. Vidutinių ATM kaštų priklausomybė nuo minimalaus likučio grafikas.....	32
5.7 pav. ATM vidutinių kaštų priklausomybė nuo maksimalios inkasacijos	33
5.8 pav. Pinigų likučio ir inkasacijų grafikai inkasuojant pagal griežtą tvarkaraštį	34
5.9 pav. Pinigų likučio ir inkasacijų grafikai inkasuojant bet kada	34
5.10 pav. ATM tinklo ink. prieš apribojimą ir po apribojimo pagal pinigų likutį saugykloje.....	35
5.11 pav. ATM tinklo ink. taikant antrąjį apribojimo pagal pinigų likutį saugykloje metodą	36
5.12 pav. ATM inkasacijų grafikas prieš ir po apribojimo pagal inkasatorių skaičių	37
5.13 pav. Vidutinių kaštų priklausomybė nuo palūkanų normos	38
5.14 pav. Inkasacijų palyginimas esant 30 ir 90 inkasacijos kainai	38
5.15 pav. SVR ir prognozuojamo išėmimo su realiu palyginimo grafikas.....	40
5.16 pav. SVR ir prognozuojamo išėmimo su realiu palyginimo grafikas.....	40

Santrumpų ir terminų žodynas

ATM - (angl. automated teller machine) bankomatas.

CiT – (angl. cash-in-transit) pinigų inkasacijos kompanijos.

DT – (angl. decision tree) sprendimų medžio metodas.

IA – imitacinė aplinka.

RATM - (angl. recycling automated teller machine) grynujų pinigų išėmimo ir įnešimo bankomatai.

SVR – (angl. support vector regression) atraminių regresinių vektorių metodas.

VK – vidutiniai bankomato aptarnavimo kaštai.

Įvadas

Nors bankininkystės srityje sparčiai populiarėja elektroninės pinigų perlaidos, visgi smulkių pirkimų ar pardavimų operacijose plačiau paplitęs grynųjų pinigų naudojimas. Tad nors dauguma išsivysčiusių šalių piliečių saugo savo santaupas bankuose, grynųjų pinigų poreikis išlieka didelis. Populiariausias pinigų išgryninimo iš banko sąskaitos būdas yra naudojant bankomatus. Tai sąlygoja ne tik platus bankomatų tinklas, bet ir žymiai mažesnis išgryninimo mokestis lyginant su nustatytu banko padaliniuose. Bankai nuolatos plečia savo bankomatų tinklą, diegia juose naujas technologijas. Remiantis RBR organizacijos (angl. Retail Banking Research) atliktų tyrimų duomenimis, manoma, jog 2017 m. pasaulyje bankomatų skaičius turėtų išaugti iki 3,6 mln. [2]. Bankams vis plečiant savo bankomatų tinklą, jų aptarnavimo uždavinsys tampa vis sudėtingesnis, tad netinkama jų aptarnavimo strategija gali padidinti aptarnavimo kaštus keleriopai.

Bankų strategijos bankomatų valdyme neretai labai skiriasi: vieni naudoja konservatyvius valdymo principus, kai bankomatai dirba su dideliu rezervu, kiti diegia įvairias optimizavimo programas, kurios prognozuoja pinigų likučius bankomatuose, planuoja inkasacijas, bet jų veikimo principas yra mažai žinomas. Norint įvertinti visos sistemos darbo efektyvumą, būtų aktualu sukurti imitacinę aplinką. Pagrindinis reikalavimas imitacinei aplinkai yra tai, kad jai turi galioti visi esminiai kriterijai, kurie galioja ir realiai sistemai. Imitatoriaus pagalba būtų galima imituoti įvairius bankomatų inkasavimo metodus, ieškoti racionaliausio. Tokios sistemos simuliacinių rezultatų duomenimis, palyginus su realiais bankomatų istoriniais duomenimis, būtų galima operatyviai įvertinti, ar bankomatas dirba efektyviai. Imitacinę aplinką apjungus su pinigų poreikio prognozavimo modeliu ją būtų galima naudoti ir būsimų inkasacijų organizavimui. Norint sukurti adekvačią imitacinę aplinką būtina gerai įsigilinti į bankomatų valdymo ir optimizavimo specifiką.

3 Darbo tikslas ir uždaviniai

Šio darbo tikslas: *Sukurti bankomatų tinklo valdymo sistemos imitacinę aplinką ir ištirti skirtingų valdymo tipų taikymo efektyvumą .*

Šiam tikslui pasiekti reikėjo išspręsti tokius uždavinius:

1. Išanalizuoti bankomatų valdymo principus , surasti optimizuotinas sritis ir kriterijus
2. Išanalizuoti ir apdoroti realius bankomatų eksploatavimo duomenis
3. Pasirinkti ir ištestuoti pinigų išėmimo prognozavimo modelį
4. Programinės įrangos pagalba sukurti imitacinę aplinką realizuojantį algoritmą
5. Ištirti imitacinės aplinkos galimybes ir efektyvumą

4 Darbo aktualumas

Bankomatų tinklai yra geografiškai paskirstytos sistemos. Jų aptarnavimas ir valdymas reikalauja tikslaus planavimo, nes netinkamai priimti sprendimai sąlygoja didelius kaštus. Pakrovus per didelę pinigų sumą į bankomatą, patiriami kaštai dėl užšaldytų pinigų, juos po to vėl reikia gražinti į saugyklas. Neišvengiama ir transportavimo kaštų. Nėra vieningo bankomatų optimalaus valdymo principų, kiekvienas bankas individualiai sprendžia, koks valdymo principas jam yra optimaliausias. Esminė problema yra ta, jog rinkoje nėra programų, gebančių operatyviai įvertinti bankomatų darbo efektyvumą, vertinant esminius išorinius faktorius, įtakojančius bankomato darbą. Imitacinės aplinkos sukūrimas leistų ištirti esamos sistemos darbo efektyvumą, analizuojant jos istorinius duomenis, ir juos lyginti su imituojamais modelio, kuriam galiotų tie patys kriterijai, rezultatais. Imitacinis modelis racionaliausio sprendimo ieškotų globaliau, atsižvelgtų ne tik į pinigų poreikį, bet ir tokius faktorius, kaip pinigų kiekis banko saugyklose, galimų inkasacijų kiekis. Sistemos pagalba būtų galima ne tik imituoti įvairius bankomatų valdymo režimus, bet ir daryti ateities prognozes.

5 Litreatūros apžvalga

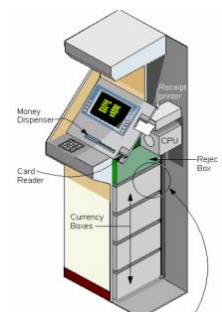
5.1 Bankomatai

Bankomatai – tai kompiuterizuotas telekomunikacinis įrenginys, kuris teikia finansinių sandorių paslaugas finansinių įstaigų klientams viešojoje erdvėje be gyvo žmogaus įsikišimo. Dažnai bankomatai vadinami ATM (angl. *automated teller machine*). Dauguma ATM yra sujungti į tarptautinį bankų tinklą, kas leidžia vykdyti grynųjų pinigų operacijas su kitų bankų ATM tinklu esant užsienyje. Bankomatai skirstomi į pagrindines tris rūšis:

1. ATM – (angl. *automated teller machine*) grynųjų pinigų išsiėmimo bankomatas.
2. RATM - (angl. *recycling automated teller machine*) grynųjų pinigų įnešimo ir išėmimo bankomatas; įnešti pinigai naudojami ir pinigų išdavimui.
3. BNA – (angl. *bunch note acceptor*) grynųjų pinigų įnešimo ir išėmimo bankomatas; įnešti pinigai nenaudojami pinigų išdavimui [10].

Sprendžiant imitacinės aplinkos kūrimo galimybes apsiribota tik grynuosius pinigus išduodančiais ATM. RATM aptarnavimo prognozavimas sudėtingas, nes reikia stebėti ne tik, kad bankomatas neištuštėtų, bet ir kad nepersipildytų. Dėl keblaus valdymo RATM dažnai statomi netoli banko padalinių ir jų priežiūra dažniausia rūpinasi pats bankas, tad bankomatui davus signalą apie nedarbingumą, jis gali būti operatyviai papildytas arba ištuštintas [11].

ATM pinigai saugomi valiutų kasetėse, iš kurių automatizuotai perduodamos identifikuotam vartotojui. Skirtingose kasetėse saugomos skirtingos vertės kupiūros. Jeigu nėra pasirenkamos konkretaus nominalo kupiūros, kuriomis vartotojas nori gauti prašomos sumos, tuomet sukomplektuojamas toks kupiūrų rinkinys, kad kasetėse esamas kupiūrų kiekis mažėtų kuo tolygiau. Inkasacijos gali būti vykdomos keičiant ištuštėjusias kasetes arba kasetes papildant banknotais (angl. *pop-up*). Nuo to priklauso, ar vykdomas pinigų perskaičiavimas su parvežtose pustuštėse kasetėse likusiais pinigais, ar ne.



5.1 pav. ATM konstrukcija

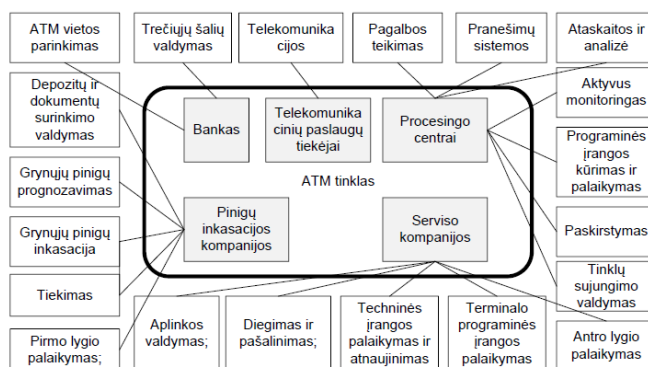
5.1.1 ATM tinklų valdymo kaštai

Pasaulinės bankomatų asociacijos ATMIA (angl. *ATM industry association*) atliktuose tyrimuose, teigiama, jog priklausomai nuo ATM tipo, pastatymo vietos ir valstybės, vieno bankomato aptarnavimo kaštai 2012 m. siekė nuo 10 iki 20 tūkstančių eurų per metus. 2012 m. Europos Sąjungoje veikė 435 tūkst. bankomatų, tad jų aptarnavimo kaštai vidutiniškai galėjo siekti net 6,5 milijardų eurų. Nuo 20 iki 40 % šios sumos sudarė pinigų tiekimo, paruošimo ir pristatymo (apimant pinigų inkasavimo ir likučio paėmimą) kaštai [3]. Tokie su grynaisiais pinigais susiję kaštai dar 2008 m. Europos mokėjimų tarybos (sut. EPC) buvo įvertinti kaip ženkliai per dideli ir kad pinigų kaštų mažinimas šioje srityje yra būtinas [19].

5.1.2 ATM tinklo valdymo modeliai

ATM tinklo valdyme dažniausiai dalyvauja 5 tipų operatoriai: telekomunikacinių paslaugų tiekėjai, serviso įmonės, duomenų apdorojimo paslaugas teikiančios kompanijos, inkasacijas vykdančios tarnybos (sut. CiT) ir bankai [7].

Kiekviena įstaiga atsakinga už tam tikras bankomatų tinklo funkcijas. Ideali bankomato funkcijų valdymo modelio struktūra pavaizduota 5.2 pav. Pagal tokią valdymo struktūrą banko užduotis yra tik nurodyti ATM pastatymo vietą ir duoti nurodymus aptarnaujančioms įmonėms. Taip bankas didžiąją dalį ATM tinklo valdymo darbų perleidžia aptarnaujančioms kompanijoms.



5.2 pav. Ideali ATM tinklo funkcijų valdymo struktūra

Realybėje bankomatų tinklo valdymo funkcijų pasiskirstymas gali ženkliai skirtis. Bankai gali patys stebėti ATM tinklo veiklą ir vykdyti inkasacijas. Jeigu remiamasi idealiu ATM tinklo valdymo modeliu, bankui nebereikia rūpintis ATM tinklo kontroliavimu, todėl jis gali daugiau dėmesio skirti kitų teikiamų paslaugų kokybei gerinti.

Klasifikuojant įvairius ATM valdymo modelius, išskiriami trys pagrindiniai tipai: visiškas funkcijų perdavimas, dalinis funkcijų perdavimas ir funkcijų išlaikymas.

Pirmas tipas kaštų atžvilgiu yra pats naudingiausias, dažniausiai juo vadovaujasi aukštą išsivystymo lygį ir gerus vadybinius sugebėjimus turintys bankai. Kadangi bankai prarandą tiesioginę bankomatų valdymo kontrolę, bankas dalinai rizikuoja savo įvaizdžiu aptarnaujančios kompanijos nekokybiško darbo atveju.

Funkcijų išlaikymo modelis būdingas jauniems besivystantiems bankams, kurie turi dar per mažą kompetencijos lygį paslaugų teikimo sferoje ir bankomatų tinklo veiklą kontroliuoja patys. Deja, toks valdymas yra pats neefektyviausias kaštų atžvilgiu, nes bankas atsitraukia nuo tiesioginių savo paslaugų ir dalį laiko skiria infrastruktūros priežiūrai ir palaikymui.

Vadovaujantis dalinių funkcijų perdavimo modeliu, laviruojama tarp pirmo ir trečio tipo modelių privalumų.

Priklausomai nuo bankomato įrengimo vietos, jam gali būti naudojami skirtingų tipų valdymo modeliai. ATM gali būti sumontuojami tiek lauke, tiek uždaroje erdvėje.

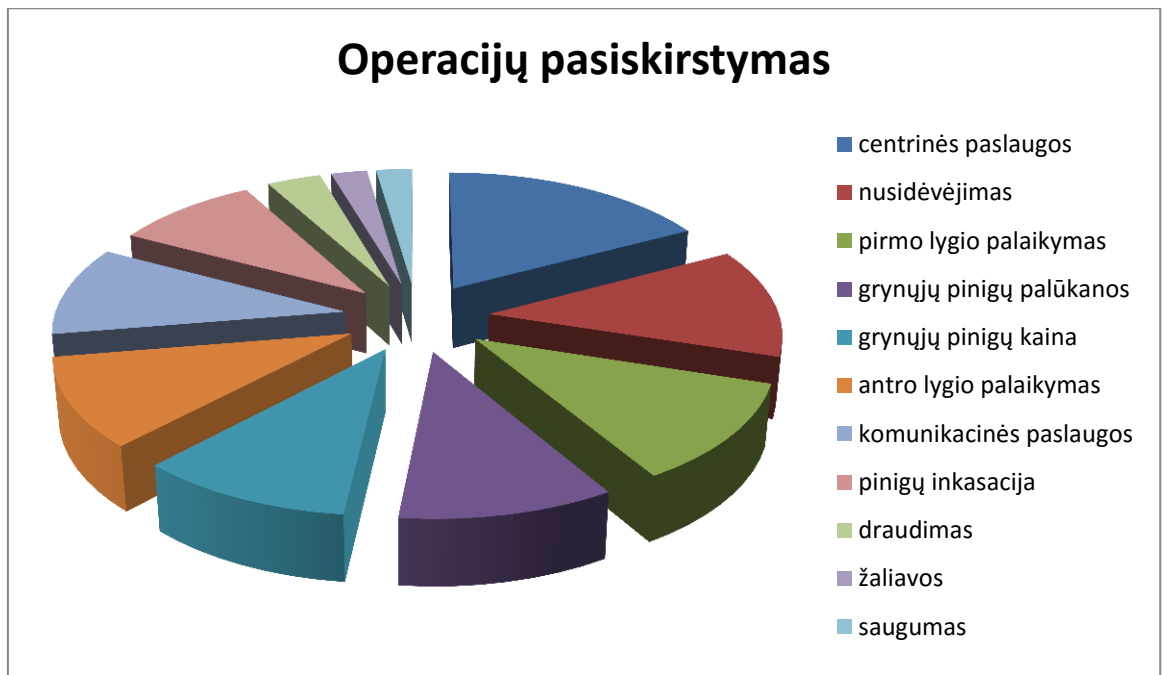
ATM uždaroje erdvėje dažniausiai diegiami netoli bankų skyrių. Jie gali būti montuojami tiek jų prieigose, tiek atskiroje patalpoje arba integruoti į sieną. Dažnai šių bankomatų valdymui taikomas antras valdymo tipas.

Lauko bankomatai montuojami atokiau nuo bankų skyrių, ten kur yra dideli žmonių srautai, netoli parduotuvių ir žmonių traukos centrų. Dažniausiai, dėl bankui neparankaus atstumo iki lauke sumontuotų bankomatų, jų valdymui taikomas pirmasis valdymo tipas ir didžioji dalis kontrolės perleidžiama serviso, CiT, telekomunikacijų ir TPP paslaugas teikiančioms kompanijoms [1].

5.1.3 ATM tinklo optimizavimo galimybės

ATM tinklo išlaikymo išlaidas galima suskirstyti į pagrindines 12 sričių: vietos nuoma (13%), nusidėvėjimas (11%), centrinės paslaugos (15%), pirmo lygio palaikymas (10%), antro lygio palaikymas (9%), palūkanos (9%), komunikacinės paslaugos (9%), pinigų inkasacija (8%), grynųjų pinigų kaina (9%), draudimas (3%), žaliavos (2%), ir saugumas (2%).

Operacijos su grynaisiais pinigais sudaro net 26% visų išlaidų, tad optimizacija šioje sferoje gali reikšmingai sumažinti ATM išlaikymo kaštus [1].



5.3 pav. Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis

Apžvelgus ATM aptarnavimo kaštų pasiskirstymo struktūrą ir ATM valdymo modelių specifiką, galima išskirti esminę optimizuotiną grynųjų pinigų sferą (26% kaštų dalies), kuri susideda iš grynųjų pinigų palūkanų (9%), pinigų kainos (9%), ir pinigų inkasacijos (8%) kaštų.

ATM tinklų valdymo efektyvumą galima pagerinti naudojant inovatyvius techninius sprendimus - tai gali būti dirbtinio intelekto sistemų taikymas siekiant prognozuoti grynųjų pinigų poreikį ir inkasacijas. Tam reikia sukurti pažangius algoritmus ir juos integruoti į bankomatų valdymo sistemas. Kiekybiškai lengviausiai realizuotinas būtent šis optimizavimo būdas ir optimizacija šioje srityje turi daugiausiai potencialo, ypač jeigu pinigai ar kitos aptarnavimo sferos nėra efektyviai planuojamos.

5.1.4 ATM grynųjų pinigų valdymas

Optimizacijos vykdymas grynųjų pinigų valdyme gali žymiai sumažinti ATM ir banko skyrių valdymo kaštus. Diegiant pažangias intelektines prognozavimo programas, galima tiksliau nuspėti pinigų poreikį ir, remiantis gautomis prognozėmis, vykdyti tikslesnę inkasacijų planavimą. Prognozavimu arba nuspėjimu paremta grynųjų pinigų valdymo programa leidžia atlikti pinigų srautų modeliavimą ir pagal prognozuojamus rodiklius planuoti jų tiekimą, tirti esamos sistemos efektyvumą. Modeliavimas dažniausiai vykdomas trijose grynųjų pinigų srityse: banko padalinių (taupomųjų skyrių), centrinių saugyklų ir ATM [15].

Nemažai bankų vis dar vadovaujasi konservatyvia pinigų valdymo strategija ir siekdami išlaikyti aukštą paslaugų kokybę bei patikimo banko įvaizdį, naudoja didelius laisvų pinigų buferius paslaugų teikimo sferoje. Kadangi bankas nenaudoja prognozę teikiančių programų, todėl ir inkasacijos daromos su keleriopai didesniu rezervu, kad bankas jaustųsi užtikrintas teikiamų paslaugų kokybe. Tai lemia ATM išlaikymo kaštų išsipūtimą dėl perteklinio pinigų kiekio bankomate. Gryniesi pinigai nuvežami ir parvežami iš paslaugų taškų. Jų išaldymas paslaugų infrastruktūroje sąlygoja kaštus, susijusius su palūkanų norma ir tiekimu (inkasavimu ir paruošimu) [16].

5.1.5 ATM grynųjų pinigų valdymo programos

Šiuo metu yra nemažai įmonių siūlančių bankomatų valdymą palengvinančių programinių įrangų paketų. Populiariausios iš jų išvardintos lentelėje.

5.1 lentelė. Labiausiai žinomos programos ATM tinklo valdymui

Kompanija	Programinis paketas	Internetinis puslapis
Fiserv	iCom	http://mellongroup.com/products/icom-cash-management
Morphis, Inc	MorphisCM	http://www.morphisinc.com/atm/atm-management/221-morphiscm-features
Transoft International	OptiCa\$h	http://www.transoftinc.com/site/index.php?option=com_content&task=view&id=18&Itemid=40
Wincor Nixdorf	Pro Cash Analyser	http://www.wincor-nixdorf.com/internet/cae/servlet/contentblob/554256/publicationFile/10285/broszura_ProCash_Analyzer_FKTr_EN.pdf

Pagrindiniai šių programų trūkumai: pinigų poreikio prognozė paremta tiesiniais regresiniais modeliais su sezoniškumo koeficientu. Tokio modelio vystymas palyginti kompliktuotas ir skiriasi įvairiems ATM. Todėl prognozavimo modelio paruošimas visam ATM tinklui yra sudėtingas darbas tinklo prižiūrėtojui.

Prognozavimo modelio parametrai yra nustatomi diegimo metu ir lieka konstantomis eksploataavimo stadijoje. Realybėje verslo sritis nenutrūkstamai keičiasi, todėl modelio parametrai turi būti pritaikyti prie besikeičiančios aplinkos [6].

5.2 Imitacinis aplinkos modeliavimas

Modelis – tai abstrakti konstrukcija, kurios pagalba bandoma atkurti realaus objekto ar objektų sistemos savybes. Modelio kūrimas - tai procesas įvardijamas kaip modeliavimas. Kartais modeliuoti realios sistemos įvairiausius veikimo režimus yra labai brangus arba dėl saugumo reikalavimų sunkiai įgyvendinamas darbas, tokiu atveju dažnai pasitelkiamas kompiuterinis modeliavimas kartais vadinamas imitaciniu aplinkos modeliavimu.

Imitacinis modeliavimas apima skaičiavimus ir matematikos metodų taikymą modeliuojant, imituojuant ir analizuojant įvairių sistemų funkcionavimą. Modeliavimo prasmė yra siekis geriau pažinti sistemą ar jos dalis, suprasti jos funkcionavimą bei reagavimą į pokyčius, darant sprendimus ir nustatant galimas tiriamos sistemos silpnąsias vietas, įvairių vidinių ir išorinių veiksnių poveikio mastą.

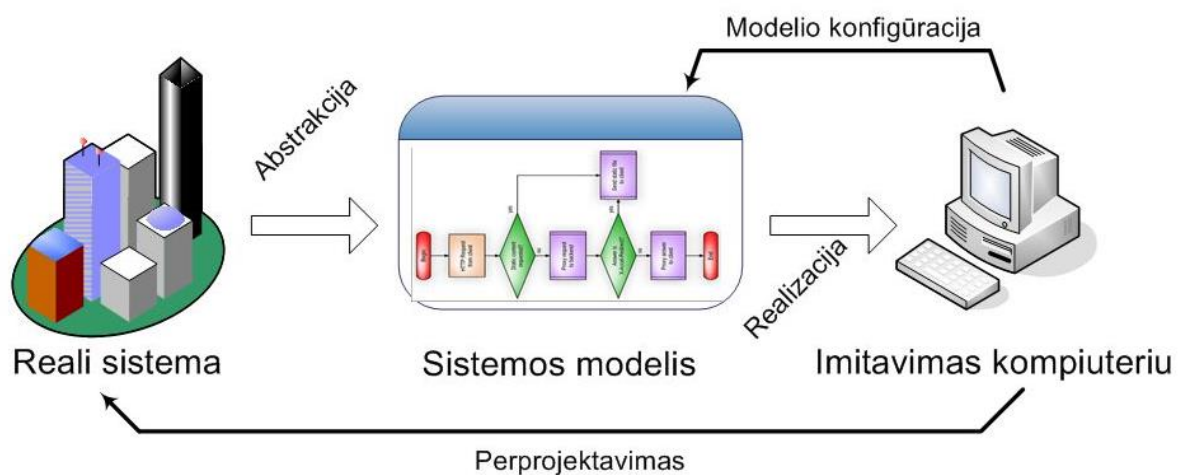
Imitacinis modeliavimas šiais laikais gali būti vienas iš paieškos etapų sprendimų tiek versle, tiek inžinerijoje, tiek mokslo šakose. Imitacinio modeliavimo taikymo pavyzdžiai:

Atominio reaktoriaus modeliavimas, kai saugumo sumetimais neleistini realūs derinimai;

Orų prognozavimas, kai realūs bandymai iš vis neįmanomi;

Eismo taisyklių pakeitimo įtakos vertinimas.

Norint pasinaudoti šiuo šiuolaikiniu įrankiu, reikia pažinti imitacinio modeliavimo principus ir galimybes [9].



5.4 pav. Imitacinio modeliavimo struktūra

(a) **Apibrėžti** tiriamo objekto analizės tikslus ir uždavinius. Tikslai gali būti formuluojami kaip tik du atsakymo variantus turintys ieškomi sprendimai (pavyzdžiui, ar

papildoma darbo valanda pagerintų įmonės našumą) arba kaip skaitiniai sprendimai (pavyzdžiui, kiek reikia autobusų, kad užtikrinti sklandų viešojo transporto funkcionavimą);

(b) Sudaryti konceptualų modelį remiantis iškeltais uždaviniais (a). Konceptualų modelį galima apibūdinti kaip vaizdinį metodą (diagrama), kuriame atsispindi priežastiniai ryšiai tarp veiksmų (faktorių), kurie yra reikšmingi nagrinėjamai problemai ar objektui. Konceptualus modelis paprastai lydimas tekstinio aprašo, kuris žodine forma paaiškina sudarytą diagramą. Pagrindinis konceptualaus modelio tikslas yra lengvai suprantama forma išreikšti loginius ryšius tarp atskirų faktorių ar veiksmų.

(c) Konvertuoti konceptualų modelį (b) į loginį (specifikacijų) modelį. Šiame etape sudaromas modelio algoritmas: formalia kalba ar blokinėmis schemomis išreiškiama kokiais žingsniais ir sąlygomis bus realizuojamas modelis. Lygiagrečiai atliekamas statistinių duomenų kaupimas ir analizavimas imitacinio modelio įvesties parametrų nustatyti. Jei tokių duomenų nėra, tai įvesties modeliai sudaromi ad-hoc būdu taikant stochastinius modelius.

(d) Įgyvendinti specifikacijos modelį kompiuteryje, taip sukuriant imitacinį (skaičiuojamąjį) modelį. Modelis gali būti realizuotas programuojant pasirinkta programavimo kalba arba naudojantis specialiai pritaikytomis imitavimo programomis.

(e) Patikrinti ir išbandyti. Kompiuteryje realizuotas skaičiuojamasis modelis turi atitikti specifikacijas, todėl reikalingas patikrinimas ar programa jas atitinka, ar nepalikta klaidų. Taip pat ieškoma ar nepalikta programavimo kalbos sintaksės ir logikos klaidų.

(f) Tinkamumo pripažinimas. Nustatoma ar imitacinis modelis atitinka tiriamą realią sistemą. Tik patvirtinus, jog imitacinė aplinka yra teisinga ir adekvati realiai ji gali būti naudojama sistemos analizavimui ir išvadų darymui. Modeliui patikrinti kartais naudojamas nestatistinis metodas, kai ekspertams duodamas realios sistemos ir imitacinio modelio išėjimų vertės nenurodant koku būdu jos gautos. Modelis pripažinamas teisingu, jei ekspertas neatskiria, kur yra modelio rezultatai, kur realios sistemos matavimai.

Žingsniai (b)-(f) kartojami tol, kol tinkamas imitacinis modelio kompiuterinė programa yra sukuriama arba sistemos įgyvendinimas patampa per daug sudėtingas.

Sukurta ir ištestuota imitacinio modelio programa gali būti panaudota realizacijos planavimui ir analizei, kuri vykdomi tokiais etapais:

(a) Suplanuojami imitavimo eksperimentai. Eksperimentinės analizės sudėtingumas priklauso nuo imitaciniame modelyje realizuotų faktorių skaičiaus. Visų galimų faktorių verčių ir kombinacijų įvertinimas gali pareikalauti nemažo kiekio eksperimentinių tyrimų.

(b) Susisteminti eksperimentų rezultatai. Dažniausiai lentelės forma suklasifikuojami įvesties reikšmės ir atitinkamos imitaciniu modeliu gautos statistinės išvestys.

(c) **Analizuojami** sukaupti rezultatai. Imitacinio modelio išėjime gaunami statistiniai ir atsitiktinumo pobūdį turintys duomenys. Todėl gauti rezultatai apdorojami taikant statistikos metodus (vidurkiai, dispersijos, pasikliautini intervalai, histogramos, koreliacijos ir pan.);

(d) **Priimami sprendimai**. Atlikta sukauptų duomenų analizė (c) žingsnyje leidžia formuoti išvadas ir daryti sprendimus.

Imitacinių modelių taikymas tyrimams apima platų spektrą sričių. Galimos modelių taikymo sritys: tiekimo sistemų modeliavimas, logistikos procesų valdymas, cechų procesų modeliavimas, vadybinių procesų išmanymas ir sprendimų analizė, susisiektimo tinklų modeliavimas ir t.t. [12].

5.3 Prognozavimo modelis

Prognozavimo modeliavimas yra procesas, skirtas sukurti statistinį modelį ateities elgsenos vertinimui. Prognozavimo modelis turi turėti prognozavimo faktorius, kurie yra kintantys veiksniai, ir gali įtakoti būsimą modelio elgesį ar rezultatus. Bankomato likučio prognozavime tai gali būti savaitės diena, bankomato vieta ir t.t.

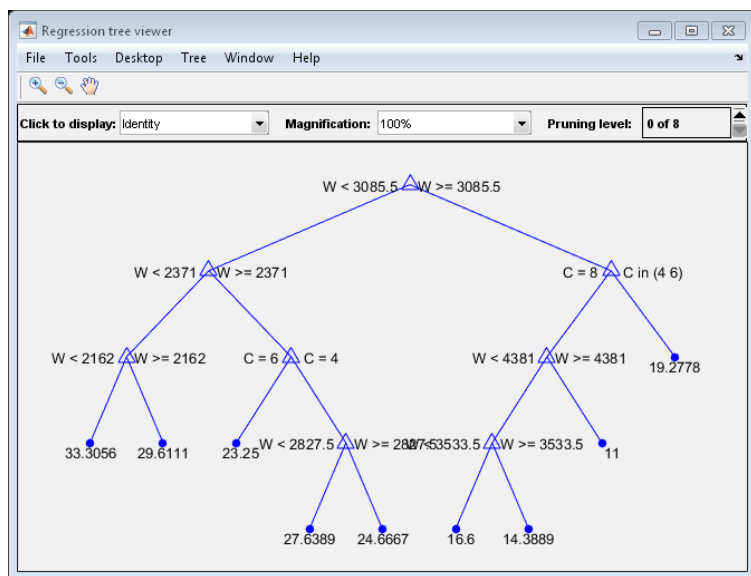
Prognozavimo modeliavimui etapai: surenkama informacija apie prognozavimo faktorius, suformuluojamas statistinis modelis, pabaigoje atliekama prognozė ir modelis yra patvirtinamas (arba pataisomas). Modelis gali būti sudarytas remiantis paprastomis tiesinėmis lygtimis arba sudėtingais neuroniniais tinklais, neraiškiais aibėmis ir kt. Nuspėjamas modelis yra plačiai naudojamas informacinėse technologijose (IT). Prognozių modeliavimas plačiai taikomas pajėgumų planavime, apsaugos valdyje, inžinerijoje, meteorologijoje ir miestų planavime. Prognozavimo modelį taikysime pinigų likučio ATM prognozavimui. Siekiant išsirinkti mums priimtinausią modelio tipą, trumpai apžvelgsime keletą jų.

5.3.1 Sprendimų medžio paieškos metodas

Sprendimų medis – tai medžio formą turintis prognozavimo metodas. Tai yra paprastas, bet galingas įrankis keletą kintamųjų turintiems duomenims analizuoti.

Sprendimų medžiai yra gaunami pasitelkiant algoritmus, kurie identifikuoja įvairius būdus duomenų rinkiniams į šakas arba segmentus sudaryti. Šie segmentai suformuoja invertuotą sprendimų medį, kurio šakos sueina į pradinį „šakninį“ mazgą medžio viršūnėje. Analizuojamas objektas atsispindi šiame mazge kaip paprastas vienos dimensijos atvaizdas sprendimų medžio

sąsajoje. Analizuojamo objekto duomenų srities vardas paprastai yra atvaizduojamas kartu su pasiskirsčiosiomis arba išsišakojusiomis reikšmėmis, kurios yra saugomos toje srityje. Šakniniame mazge atsispindi visi duomenų rinkiniai, sritys ir sričių reikšmės, kurios yra randamos analizuojame objekte. Klasifikavimo taisyklės einančios žemiau šakninio mazgo kaip šakos arba segmentai yra randami vadovaujantis metodu, kuris išskiria ryšius tarp analizuojamo objekto (tarnauja kaip rezultatų sritis duomenyse) ir vienos ar daugiau sričių, kurios tarnauja kaip įėjimo sritys. Įėjimo srities reikšmės yra naudojamos išskaičiuoti reikšmes artimas tikslo reikšmėms. Tikslo reikšmių sritis dar vadinama rezultato, atsako arba priklausomybės sritimis. Kai išskiriami ryšiai tarp įėjimų ir atsako reikšmių, tada galima išskirti sprendimų priėmimo taisyklės, kad galima būtų aprašyti santykius tarp įėjimų ir atsako reikšmių. Sprendimo taisyklės gali prognozuoti būsimas atsako reikšmes vadovaujantis tik įėjimo srities reikšmėmis [17]. Pavyzdinis sprendimo medis pavaizduotas 5.5 pav.



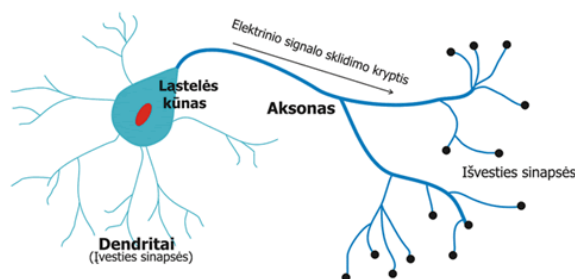
5.5 pav. Sprendimų medžio struktūra

Sprendimų medis pasižymi šiomis savybėmis:

1. Duomenys paskirstomi kiekvienam segmentui neprarandant duomenų. Bendras įrašų skaičius aukštesnio lygio segmente yra lygus iš jo išeinančio segmentų įrašų sumai.
2. Lengvai suvokiamas sistemos atsakas į poveikį (skirtingai nuo neuroninių tinklų modelių).
3. Sprendimų medžio paprasta realizacija programinėje įrangoje [18].

5.3.2 Neuroninių tinklų modelis

Dirbtinių neuroninių tinklų sandara pagrįsta dideliu kiekių skaičiavimo elementų, kurie vienas surišti glaudžiu ryšiu. Skaičiavimo elementus galima palyginti su biologiniais neuronais, kurie tarpusavyje susijungę biologinėmis jungtimis vadinamomis sinapsėmis. Neuronas susideda iš išsišakojusių dendritų (įėjimas), somos (ląstelės kūnas) ir išsišakojusių aksonų (išėjimų). Vieno neurono aksonas susijungia su kito neurono dendritu sinapsėmis. Sinapsinis ryšys perduoda tarp neuronų skirtingo stiprumo elektrocheminį impulsą. Kai prie neurono dendritų prisijungia pakankamas kiekis kitų neuronų, jis išilgai aksono išduoda elektrocheminį impulsą. Impulsas per sinapsinį ryšį perduodamas kitiems neuronams. Sekantys neuronai sužadinami tik tuo atveju, jeigu bendras impulso stipris viršija tam tikrą sužadinimo slenkstį.



5.6 pav. Biologinis neuronas

Geriausia neuroninių tinklų savybė yra adaptyvumas. Neuroninė sistema naudodamasi išoriniais duomenimis nusistato savo pagrindinius parametrus. Neuroninių tinklų apmokymas vykdomas paduodant žinomas įėjimo reikšmes ir stebint sistemos atsaką, kuris per klaidos funkciją palyginamas su realia užduoties reikšme. Dažniausiai klaidos funkcija yra skirtumo funkcija, kurios rezultatas yra skirtumas tarp neuroninio tinklo išėjimo ir užduoties reikšmės. Klaidos funkcijos reikšmė naudojama parametrų (tinklo svorių) koregavimui. Apmokymo metu svoriai keičiami tol, kol sistemos išėjimai priartėja prie užduoties reikšmės [14].

5.3.3 Fuzzy modelis

Fuzzy modelis yra paremtas veiksmiais su neraiškiomis aibėmis. Išskiriami du pagrindiniai raiškių procesų valdymo tipai neraiškiomis aibėmis: Mamdani ir Sugeno. Neraiškių aibių sistemos pagrindinės operacijos yra:

- 1) Raiškių įėjimo reikšmių transformacija į neraiškias aibes (fuzifikacija).
- 2) Pagal įėjimų dydžių neraiškias aibes, remiantis tam tikromis taisyklėmis, daromos išvados, kurių rezultatas yra neraiški aibė ir atitinkama jos priklausomumo funkcija (inferencija).

3) Pagal išėjimų priklausomumo funkcijas apskaičiuojamos raiškių išėjimų dydžių vertės (defuzifikacija).

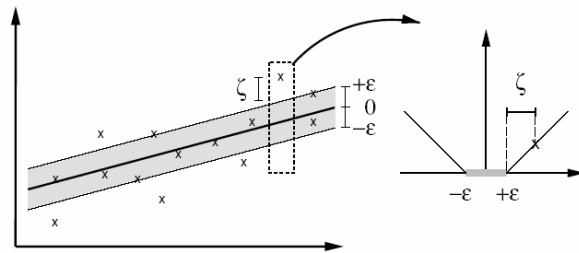
Fuzzy sistemos yra euristiniai modeliai, kurie paprastai gali remtis tiek kiekybiniais, tiek kokybiniais veiksniais. Tipiškai fuzzy ekspertinė sistema bando imituoti žmogaus, valdančio analizuojamą sistemą, veiksmus. Sistemos pagrindinė idėja yra sumažinti analogišką mąstymą intuityviame prognozavime naudojant paprastus loginius žingsnius. Vienas iš pagrindinių fuzzy sistemos trūkumų yra būtinybė rasti specialistą gerai išmanantį analizuojamos sistemos dinamiką ir kuris norėtų dalintis savo patirtimi. Neretai yra sudėtinga įtraukti šias žinias į fuzzy prognozavimo modelį [5]. Analizuojant bankomatų darbą, tokių ekspertų radimas, jų žinių surinkimas ir konvertavimas į fuzzy modelio taisykles yra komplikotas ir daug laiko reikalaujantis uždavinys, kurio rezultatas negarantuoja sėkmingų rezultatų.

5.3.4 Atraminių vektorių regresijos modelis (SVR)

Pagalbinių vektorių mechanizmas (SVR) yra nauja ir perspektyvi technologija duomenų klasifikavimui ir regresijai. Trumpai apžvelgsime atraminių vektorių regresijos (SVR) modelį, kuris gali būti naudojamas pinigų paklausos prognozavimui ATM. Pagrindinė idėja SVR yra nukreipti linijinius nenutrūkstamus mokymo duomenis iš įėjimų srities į aukštesnės dimensijos požymių erdvę naudojant specialią perdavimo funkcija Φ ir sudarant skiriamąją hiperplokštumą su didžiausiu atstumu iki požymių erdvės. Taigi, nors negalime apibrėžti tiesinės funkcijos įėjimų reikšmių erdvėje, kuri nustatytų, kurios klasės gauti duomenys yra, tačiau galime lengvai nustatyti hiperplokštumą, kuri gali atskirti dviejų klasių duomenis. Speciali SVR modifikacija skirta spręsti regresijos problemoms. Kai paduodami apmokymo duomenys (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , ..., (X_l, Y_l) , kur X_i yra įėjimų vektorius o Y_i yra atitinkamos išėjimo vertės, tuomet atraminių vektorių regresija sprendžia optimizavimo problemą:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad & \frac{1}{2} w^T w + C \sum_{i=1}^l (\xi_i + \xi_i^*) \\ \text{w, b, } \xi, \xi^* \text{ priklauso} \quad & y_i - (w^T \Phi(x_i) + b) \leq \varepsilon + \xi_i \\ & (w^T \Phi(x_i) + b) - y_i \leq \varepsilon + \xi_i^* \\ & \xi_i, \xi_i^* \geq 0, i = 1, \dots, l, \end{aligned}$$

Kur X_i yra nukreipiamas į aukštesnės dimensijos erdvę panaudojant funkciją Φ , ξ_i ir ξ_i^* yra viršutiniai ir apatiniai apmokymų klaidų subjektai nejautrumo vamzdyje ε ($|y - (w^T \Phi(x) + b)| \leq \varepsilon$), w – modelio parametrų vektorius. Parametrai kurie valdo regresijos kokybę yra klaidos kaina C , nejautrumo vamzdžio plotis w ir nukreipimo funkcija Φ [8]. Šie parametrai yra nustatomi vartotojo. Siekiamybė yra jog didžioji dalis duomenų X_i turi būti nejautrumo vamzdyje, tai yra $|y - (w^T \Phi(x) + b)| \leq \varepsilon$, nepatekę duomenys vertinami kaip klaidos, o siekiama, kad jų skaičius tikslo funkcijoje būtų minimalus. Grafinė ε (nejautrumo nuostolių funkcija) iliustracija atvaizduota žemiau.



5.7 pav. Nejautrumo nuostolių funkcijos grafinė iliustracija

SVR metodas išvengia netinkamų apmokymo duomenų minimizuodamas apmokymo klaidas $C \sum(\xi_i + \xi_i^*)$ tiek gerai kiek susireguliuavimo periodas $1/2 w^T w$. Jei naudojamas klasikinis mažiausių kvadratų regresijos technika, ε yra visuomet lygus nuliui ir originalūs duomenys nėra priskiriami aukštesnės dimensijų erdvėms. Apmokant SVR modelį labai svarbu tinkamai parinkti pradines sąlygas: Priskirimo funkciją, klaidos kainą C , ir nejautrumo vamzdžio plotį w . Keista bet tiksli perdavimo funkcija nebūtina, tad ji SVR algoritmuose pakeičiama Kernelio funkcija kitaip dar vadinama „kernel trick“. Kernel funkcija leidžia transformacijos $\Phi(x_i)^T, \Phi(x_i)$ taškinio produkto paruošimą aukštos dimensijos funkcijų erdvėje naudojant žemos dimensijos erdvės įėjimų duomenis nežinant transformacijos Φ . Visos kernel funkcijos turi tenkinti „Mercers“ sąlygas kurios atitinka vidinius kažkurios funkcijų erdvės produktus [4].

5.4 Optimizacija

Optimizavimo algoritmas - tai modelis, kuris vertindamas realią sistemą veikiančius veiksnius geba prognozuoti optimalų sistemos išėjimą. Optimizavimo algoritmo efektyvumas priklauso nuo atrinktų jam kriterijų bei pagal juos sudarytos tikslo funkcijos ir jos minimumo radimo.

5.4.1 Optimizavimo algoritmo kriterijai

Turint prognozuojamus pinigų suvartojimo duomenis galima spręsti optimizacijos problemą. Remiantis prognozuojamu suvartojimu turi būti ieškomas toks pinigų kiekis ATM, kad minimalizuotų jo išlaikymo kaštus. Optimizavimo algoritmo kriterijai priklauso nuo tiriamo inkasacijų valdymo metodo. Visi su grynujų pinigų kaštais susiję kriterijai yra:

- Pinigų kiekis bankomate;
- Palūkanų norma;
- Pinigų draudimo kaina;
- ATM maksimali pinigų riba;
- ATM minimali pinigų riba;
- Planinio pinigų užkrovimo kaina;
- Neplaninio pinigų užkrovimo kaina;
- Galimas ATM nedarbingumo laikas;
- Pinigų perskaičiavimo kaina.

Optimizavimo modelio išėjimo informacija:

- Inkasacijos į ATM data;
- Optimalus inkasacijos dydis, kuris minimalizuoja ATM funkcionavimo kaštus.

5.4.2 Optimizavimo algoritmo tikslo funkcija

Optimizavimo algoritmas vykdo tikslo funkcijos parametrų paiešką, su kuriais funkcijos rezultatas priklausomai nuo pradinių sąlygų judėtų minimumo arba maksimumo link. Analizuojant skirtingus ATM valdymo principus tikslo funkcijos struktūra kiekvienu atveju gali skirtis. ATM inkasavimo optimizavimo uždaviniui spręsti viena iš galimų tikslo funkcijos išraiškų pateikta žemiau.

$$\text{ATM } K = P * PL + P * DK + IK + NIK + BD \rightarrow \min.$$

Kur, ATM K – bendri ATM dienos kaštai, P – ATM pinigų kiekis, PL – tarpbankinė palūkanų norma, DK – pinigų draudimo kaina, IK – planinės inkasacijos kaina, NIK – neplaninio inkasacijos kaina, BD – bauda už ATM ištuštėjimą, kai vartotojas negali išsigrnyinti pinigų.

5.5 Programinė įranga modeliavimui

Pasaulyje yra didžiulis programinės įrangos pasirinkimas kompiuteriniams modeliavimams realizuoti. Akademinėje visuomenėje vienas populiariausių yra matlab programavimo paketas.

Matlab yra programavimo paketas skirtas konkrečiai moksliniam skaičiavimams. Jis turi tūkstančius integruotų funkcijų plačiam spektrui skaičiavimų atlikti, daug įrankių paketų skirtų tyrimams specifinėse srityse, tokiose kaip statistika, optimizavimas, dalinių diferencialinių lygčių sprendimas ir duomenų analizei atlikti [13].

Matlab programinės įrangos pasirinkimą imitacinės aplinkos kūrimui nulėmė ne tik jos plačios programinės galimybės, bet ir jau turimi įgūdžiai dirbant su šia programine įranga studijų metu.

6 Tiriamoji dalis

Tiriamąją imitacinės aplinkos kūrimo dalį sudaro imitacinės aplinkos kūrimo galimybių įvertinimas, esminių parametru įtakos analizė, algoritmo kūrimas ir testavimas, bei imitacinės aplinkos realizacijos galimybių ir naudos įvertinimas. Siekiant tinkamai suvokti bankomatų veikimo tendencijas ir esminius kriterijus, visų pirma buvo išanalizuota realūs istoriniai bankomatų veikimo duomenys.

6.1 Duomenų apdorojimas ir analizė

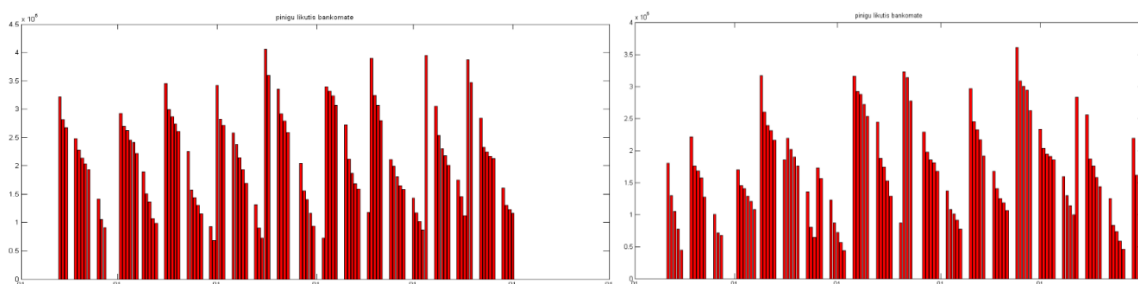
Vykdam bankomatų duomenų analizę buvo pastebėta, jog dalis pateikiamos informacijos yra nekorektiška arba perteklinė. Atsiranda dienų, kurių duomenys būna sugadinti, pateikiamos suvartojimo ar pinigų likučio sumos neatitinka realybės. Pasitaiko dienų, kuriomis pinigų išėmimas būna nulinis, tokios dienos dažniausiai būna savaitgaliai. Tai gali būti susiję su bankomato alokacija: galbūt jis yra patalpintas įstaigoje, kuri savaitgaliais nedirba. Tokius duomenis vertiname kaip neturinčius vertės ir iš duomenų masyvo išmetame. Padarius duomenų rūšiavimą, toliau atrenkami esminiai duomenys reikalingi optimizavimo modelio kūrimui ir testavimui. Kuriant ir testuojant pinigų prognozavimo algoritmą, apie kurį bus plačiau kalbama Pinigų poreikio prognozavimas skyriuje, paaiškėjo, jog rezultatai gaunami geresni, jeigu be kitų duomenų modelio įėjime papildomai naudojama ir penkių prieš tai buvusių dienų pinigų

išėmimų suma. Tad duomenis pakoregavome taip, kad būtų eliminuoti duomenys, kurie iškreipia penkių dienų suvartojimo teisingumą, t. y., jei duomenų masyve atsiranda klaidingas įrašas, tuo atveju eliminuojamos sekančios penkios dienos. Dalis apdorotų duomenų pateikta 6.1 lentelėje.

6.1 lentelė. ATM pinigų apyvartos apdoroti duomenys

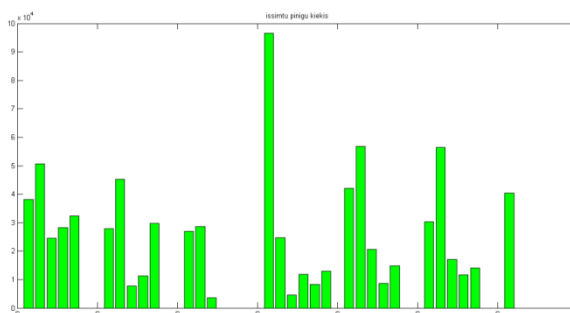
Metai	Mėnesis	Diena	Savaitės diena	Šventinė diena	5 dienų suma	Pinigų išėmimas	Likutis Originalus	Inkasacija Į ATM	Inkasacija iš ATM
2012	10	19	5	-1	503370	36780	518000	0	0
2012	10	22	1	-1	469720	125070	392930	0	0
2012	10	23	2	-1	428250	101730	291200	0	0
2012	10	24	3	-1	439090	63970	711710	518000	33520
2012	10	25	4	-1	428920	113550	598160	0	0
2012	10	26	5	-1	441100	85280	512880	0	0
2012	10	29	1	-1	489600	180550	332330	0	0
2012	10	30	2	-1	545080	106410	225920	0	0

Siekiant išvelgti pinigų išėmimų ir jų kiekio dėsningumą, palyginti kelių bankomatų istoriniai duomenys. Grafikuose žemiau pateikta dviejų bankomatų, penkių mėnesių pinigų likučio juose grafikai.



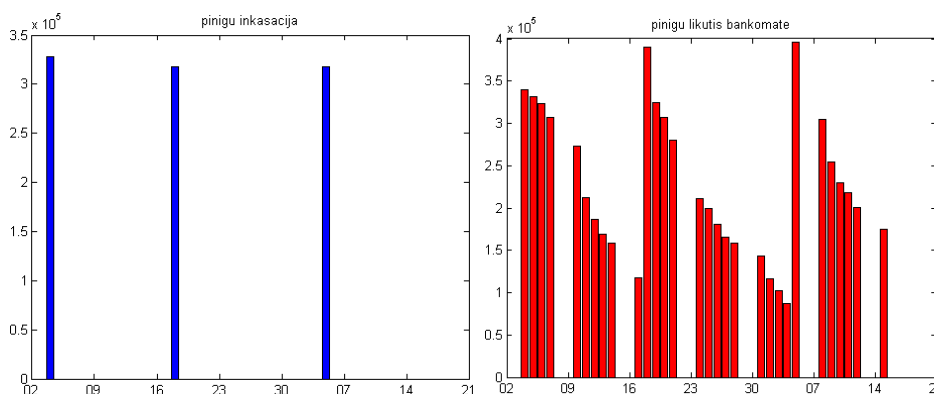
6.1 pav. pinigų likučio bankomatuose palyginimas

Išanalizavus pinigų likučius bankomatuose, nustatyta, kad pinigų mažėjimo tendencijos yra panašios, o inkasacijos vykdomos mažai, atsižvelgiant į pinigų likutį ATM, - kartais bankomatas papildomas jam net nesumažėjus iki pusės inkasuotos sumos. Tai tik patvirtina, jog valdymo principas vykdomas mažai, atsižvelgiant į realų pinigų likutį. Pinigų dėsningas kiekio kitimas matomas ne tik bankomatų pinigų likučio grafike (6.1 pav.), bet ir pinigų išėmimų grafike (6.2 pav.). Išėmimų duomenis sulyginus su savaitės dienomis, išaiškėjo dėsningas pinigų išėmimų padidėjimas savaitės pradžioje. Išėmimai glaudžiai susiję ne tik su savaitės dienomis, bet ir su mėnesio bei šventinėmis dienomis. Tokioms netiesinėms priklausomybėms rasti reikalingas pažangus prognozavimo algoritmas, kurio išskaičiuotos prognozės būtų adekvačios realios sistemos duomenims.



6.2 pav. pinigų išėmimo iš bankomato grafikas

Palyginus mėnesio laikotarpio bankomatų pinigų likučio diagramas su inkasacijomis, buvo nustatyta, kad inkasavimo dieną, bankomate lieka santykinai didelis pinigų kiekis, kuris priklausomai nuo bankomato valdymo principo, turi būti grąžinamas į saugyklą perskaičiavimui. Kadangi pinigų mažėjimas ATM sunkiai nuspėjamas, bankomatų aptarnavimo įmonės visada inkasacijas daro su atsarga nenumatytai dideliame pinigų išėmimui (parduotuvių išpardavimas, įvairūs renginiai). Kaip matoma, šis likutis kartas lygus net trečdaliui visos inkasacijos.



6.3 pav. Inkasacijų ir pinigų likučio grafikai

Iš grafikų matoma, jog inkasavimo suma kiekvienos inkasacijos metu galėjo būti ženkliai mažesnė ir kad racionalaus sprendimo paieška šioje vietoje yra būtinas.

6.2 Imitacinės aplinkos kūrimas ir testavimas

Imitacinės aplinkos kūrimas pradėtas nuo pagrindinių įėjimų ir išėjimų atrinkimo. Vėliau sugalvotas veikimo principas. Pabaigoje metodas buvo realizuotas ir ištestuotas Matlab programinės įrangos pagalba. Visas imitacinės aplinkos programos kodas pateiktas priedas 1.

6.2.1 Struktūra

Imitacinės aplinkos kūrimas buvo pradėtas apibrėžiant pagrindinius aplinkos kūrimo įėjimus, išėjimus ir nustatymus.

Sistemos įėjimai:

- Pinigų likutis bankomate;
- Istoriniai bankomatų duomenys.

Išėjimai:

- Inkasacijos dydis;
- Inkasacijos diena.

Imitacinės aplinkos tikslas buvo laviruojant esminiais bankomatų valdymo kriterijais (nustatymais) stengtis bankomatų išlaikymo kaštus simuliuojamu periodu palaikyti kuo mažesnius. Vieno bankomato atžvilgiu kaip pagrindiniai sistemos nustatymai buvo atrinkti:

- Maksimalus inkasacijos dydis;
- Minimalus likutis bankomate;
- Palūkanų norma;
- Baudos kaina;
- Planinės inkasacijos kaina;
- Neplaninės inkasacijos kaina;
- Negalimos inkasavimo dienos;
- Pinigų likučio perskaičiavimo kaina.

Analizuojant visą bankomatų tinklą papildomai buvo įvesti šie nustatymai:

- Pinigų kiekis saugykloje;
- Maksimalus inkasacijų kiekis per dieną.

Kaip vidinius sistemos nustatymus galima išskirti:

- Simuliacijos periodas;
- Inkasacijos didinimo žingsnis;
- Prognozavimo modelio apsimokymui skirtų dienų skaičius;
- Prognozuojamų dienų skaičius;
- Vidutinių kaštų prognozuojamų dienų skaičius;
- Inkasacijų perskaičiavimo metodai.

Imitacinės aplinkos veikimo principas buvo vykdomas tokiais etapais:

1. Pradinių parametrų nustatymas. Remiantis kokį valdymo tipą norime simuliuoti, pagal tai nustatome norimus apribojimus ir jų vertes.

2. Istorinių duomenų nusiskaitymas. Istoriniai duomenys naudojami ne tik pinigų prognozavimui, bet ir rezultatų analizei.
3. Pinigų išėmimo prognozavimas. Panaudoti SVR, DT ir idealųjį modelį. Idealiu modeliu laikytas toks, kurio prognozė lygi realiems pinigų išėmimams pagal duomenis.
4. Inkasacijos dydžio paieška. Paieškos algoritmas, kuris atsižvelgiant į pinigų likutį ir bankomato apribojimus ieško racionalaus inkasacijos dydžio.
5. Inkasacijų perskaičiavimas. Pavienių ATM išskaičiuotų inkasacijų vertinimas pagal tinklo apribojimus bei perskaičiavimo vykdymas.
6. Simuliacijos rezultatų analizė.

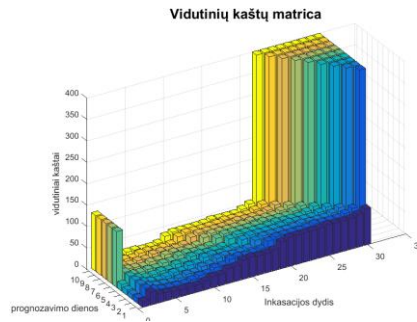
6.2.2 Inkasacijos skaičiavimas

Remiantis optimizacijos teorija, inkasacijos dydis turi būti išskaičiuotas toks, kad minimalizuotų tikslo funkcijos rezultatą. Tikslo funkcijoje atsispindi esminiai kriterijai įtakojantys ATM dienos išlaikymo kaštus. Vienintelis tikslo funkcijos parametras, kuriuo galima laviruoti simuliacijos eigoje, yra pinigų kiekis bankomate, kuris keičiamas pasitelkiant inkasacijas. Priklausomai nuo imituojamos sistemos kaštus sudarančių parametru, skiraisi ir tikslo funkcija. Viena iš keletos galimų tikslo funkcijų pavaizduota žemiau.

$$\text{Dienos kaštai} = \text{Pinigų likutis} * \text{palūkanos} + \text{Pinigų likutis} * \text{perskaičiavimo kaina} + \text{planinės inkasacijos kaina} + \text{neplaninės inkasacijos kaina} + \text{bauda}$$

Realiai sistemai planuojant inkasacijas ją varžo sisteminiai apribojimai, tad kuriant algoritmą į juos buvo atsižvelgta. Ieškodamas paprasčiausio metodo racionaliausiam inkasacijos dydžiui išskaičiuoti padariau prielaidą, kad inkasacijos vykdomos vienos vertės kupiūromis.

Inkasacijos paieškos metodu pasirinkau perskaičiavimo metodą. Metodas rėmėsi principu, jog remiantis tikslo funkcija buvo išskaičiuojami vidutiniai kaštai su įvairiais inkasacijų dydžiais nustatytą skaičių dienų į priekį. Kaštų matricos 3D grafikas, parodantis, kaip kinta kaštai pagal anksčiau pavaizduotą tikslo funkciją 10 dienų laikotarpyje keičiantis ATM užkrovimo sumai, pavaizduotas žemiau.



6.4 pav. 10 dienų vidutinių kaštų matricos grafikas

Remiantis kaštų matrica galima nuspręsti, kaip turėtų elgtis modelis prognozės dieną. Pradžioje išskaičiuojami kaštai nedarant jokios inkasacijos, pradinį pinigų likutį P_1 prilyginant pinigų likučiui ATM ir skaičiuojant vidutinius kaštus pagal formulę (3): Sekantys VK skaičiuojami su laipsniškai keliama inkasacija, remiantis formule (4), pradinį pinigų likutį P_1 prilyginus inkasacijos dydžiui. Inkasacijos keliamos tol, kol pasiekia maksimalų inkasavimo sumos limitą. Taip gaunamas vienos dienos VK masyvas darant skirtingo dydžio inkasacijas. Norint gauti sekančių 10 dienų VK masyvus, taikoma tapati metodika, tik pradinis pinigų likutis mažinamas pagal prognozuojamą suvartojimą sekančią dieną.

$$P_1 = INK \quad (1)$$

$$K(P) = P * PL + P * PG \quad (2)$$

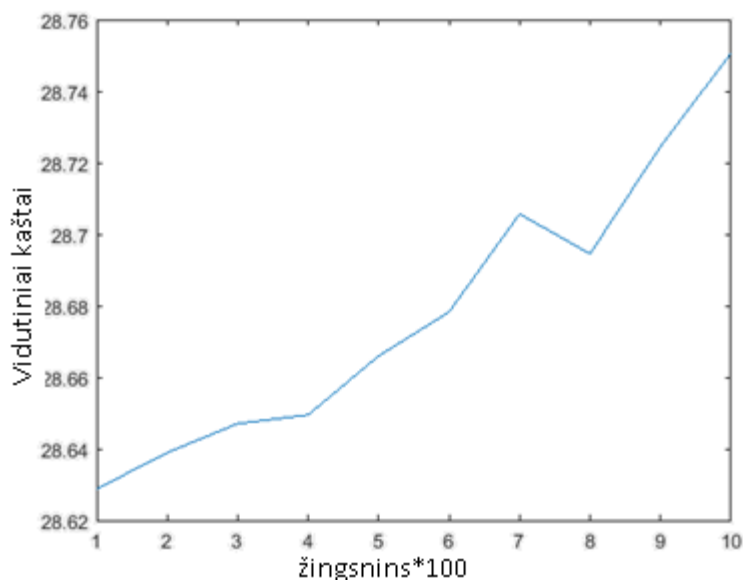
$$VK_0 = (BD + ND_{n+1} + IK_{n+1} + \sum_{k=1}^n K(P_n - PI_{n+1}))/n \quad (3)$$

$$VK = (BD + ND_1 + ND_{n+1} + IK_1 + IK_{n+1} + \sum_{k=1}^n K(P_n - PI_{n+1}))/n \quad (4)$$

Formulėje sutrumpinimas VK reiškia vidutinius ATM kaštus, K - dienos kaštų funkcija, IK - inkasacijos kaina, PI - prognozuojamas pinigų išėmimas, P - pinigų likutis bankomate, INK - inkasacijos dydis, PG - gražintų pinigų perskaičiavimo kaina, procentais, PL - palūkanų norma, procentais, n - prognozuojamas bankomato funkcionavimo dienų skaičius su pradiniu pinigų likučiu, BD - baudos kaina, kuri lygi nuliui, jeigu pinigų likutis P_1 didesnis negu prognozuojamas suvartojimas sekančią dieną, ND - negalimų dienų kaina. Jeigu inkasacijos galimos bet kurią savaitę, jis lygus nuliui. Jeigu norime, kad inkasacijos neįvyktų pasirinktomis dienomis negalimos inkasacijos kainą tomis dienomis nustatoma keleriopai didesnė negu bauda, taip vidutiniai kaštai su inkasacijomis, kurios baigsis tomis dienomis tampa keleriopai didesni.

Sugeneravus VK matricą, atliekamas paieškos algoritmas: tikrinama, ar minimalūs kaštai yra sekančią dieną ir prie kokios inkasacijos jie pasiekiami.

Pagrindiniai matricos generavimo parametrai buvo inkasacijos didinimo žingsnis. Nuo šio parametro labai priklauso matricos generavimo laikas. Tam, kad būtų nustatytas optimalus inkasacijos didinimo žingsnis, buvo atliktas tyrimas nustatyti tinkamiausią vertę.



6.5 pav. Vidutinių kaštų priklausomybė nuo inkasacijos kėlimo žingsnio

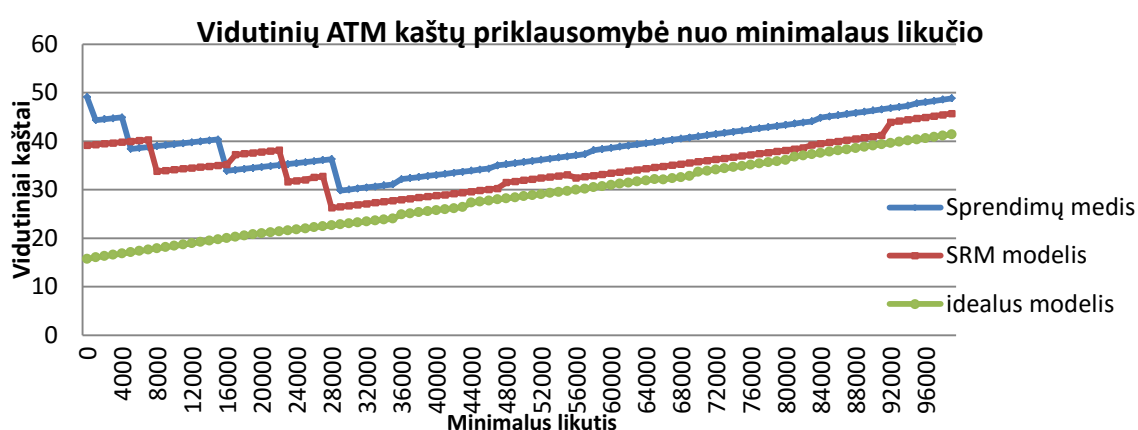
Atliktas tyrimas parodė, jog minimalūs vidutiniai išlaikymo kaštai gaunami mažiausi, kai inkasacijos kėlimo žingsnis yra minimalus. Mažas žingsnis ženkliai padidina skaičiavimų trukmę, kaštai skaičiuojami su labai dideliu kiekiu galimų inkasacijų. Išanalizavus kaštų matricą prie minimalaus inkasacijos žingsnio, paaiškėjo, jog minimalūs kaštai gaunami, kai inkasacijų dydžiai lygūs prognozuojamam suvartojimui. Todėl inkasacijos keitimo algoritmas kaštų matricai sudaryti buvo pakoreguotas, inkasacijos dydis keičiamas ne pagal konstantinį žingsnį, bet pagal prognozuojamus suvartojimus. Antrasis metodas ne tik sumažino skaičiavimus, bet ir simuliacijos metu davė geresnius rezultatus vidutinių kaštų atžvilgiu.

6.2.3 Manipuliuojami parametrai

Kuriant imitacinę aplinką, pagrindiniai kriterijai buvo sistemos apribojimai, siekiant išanalizuoti, kokią įtaką jie turi sistemos išėjimams ir sistemos dinamikai, buvo atlikta kiekvieno jo analizė. Siekiant tiksliai įvertinti parametrų vertę buvo atliktos simuliacijos. IA simuliacija buvo atlikta darant prielaidą, kad prognozavimo modelis idealiai nuspėja pinigų išėmimą, tai reiškia, kad prognozuojamas pinigų išėmimas prilygintas realiems sistemos išėmimams. Gauti rezultatai palyginti su realios sistemos kaštais.

6.2.3.1 Minimalus likutis

Siekiant išvengti bankomato visiško ištuštėjimo, įvedamas prognozuojamo pinigų likučio bankomate inkasavimo dieną minimalaus limito parametras. Idealiomis sąlygomis, kuo labiau mažinamas minimalus pinigų likutis bankomate, tuo mažesni gaunami vidutiniai išlaikymo kaštai. Tai parodo ir atlikto tyrimo grafikas (6.6 pav.). Kai IA naudojama prognozavimo tikslais, realus pinigų likutis ATM su prognozuojamu dažniausiai gali skirtis. Šį skirtumą sąlygoja pinigų išėmimų modelio tikslumas. Buvo palyginta vidutinių kaštų priklausomybė IA veikiant prognozavimo režimu ir pinigų poreikiui prognozuoti naudojant SVR, DT ir idealų prognozavimo modelį.



6.6 pav. Vidutinių ATM kaštų priklausomybė nuo minimalaus likučio grafikas

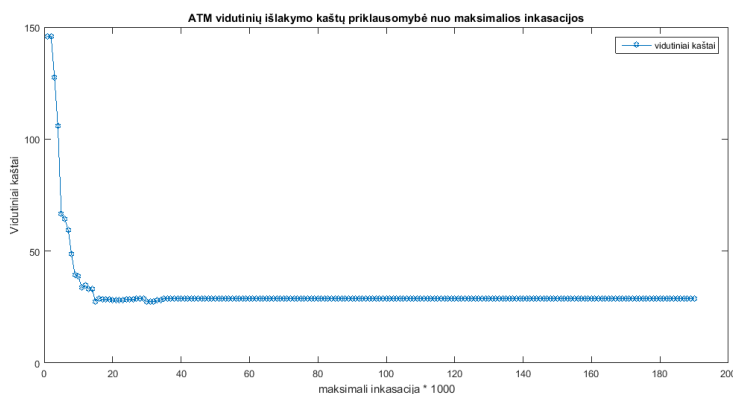
Gauti rezultatai patvirtino, jog IA veikiant prognozavimo režimu, dėl prognozavimo metodų paklaidų, vidutiniai kaštai mažiau, kai minimalus likučio rezervas padengia galimą pinigų likučio ATM mašinoje skirtumą tarp realaus ir prognozuojamo.

6.2.3.2 Maksimali inkasacija

Realių bankomatų talpa yra ribota, į juos galima įnešti ribinį maksimalų kiekį pinigų, tad imituojant bankomatų darbą, į šį parametą tai pat turi būti atsižvelgta. Šis parametras pravartus ne tik imituojant vieno bankomato vidutinius aptarnavimo kaštus, bet ir visą tinklą, juo laviruojant galima reguliuoti pinigų paskirstymą kiekvienam bankomatui kiekvieną prognozuojamą dieną.

Bendru atveju vidutinių kaštų priklausomybė nuo maksimalios inkasacijos atvaizduota 6.7 pav. Gauti rezultatai parodė, jog maksimalios inkasacijos parametras turi atvirkštinę priklausomybę vidutiniams inkasavimo kaštams: kuo labiau didinama maksimalios inkasacijos

reikšmė, tuo mažesni gaunami vidutiniai išlaikymo kaštai. Tyrimas taip pat atskleidė, jog maksimalios inkasacijos parametras turi ribą, kurią peržengus vidutiniai kaštai nusistovi. Tokį vidutinių kaštų nusistovėjimą sąlygoja tai, jog vertinant inkasacijos dydžių ir vidutinių kaštų priklausomybę, daryti didesnes inkasacijas tampa neracionalu, todėl simuliuojant bankomatų veiklą, inkasacijos daromos žemesnės nustatytai ribinei reikšmei.



6.7 pav. ATM vidutinių kaštų priklausomybė nuo maksimalios inkasacijos

6.2.3.3 Galimos inkasavimo dienos

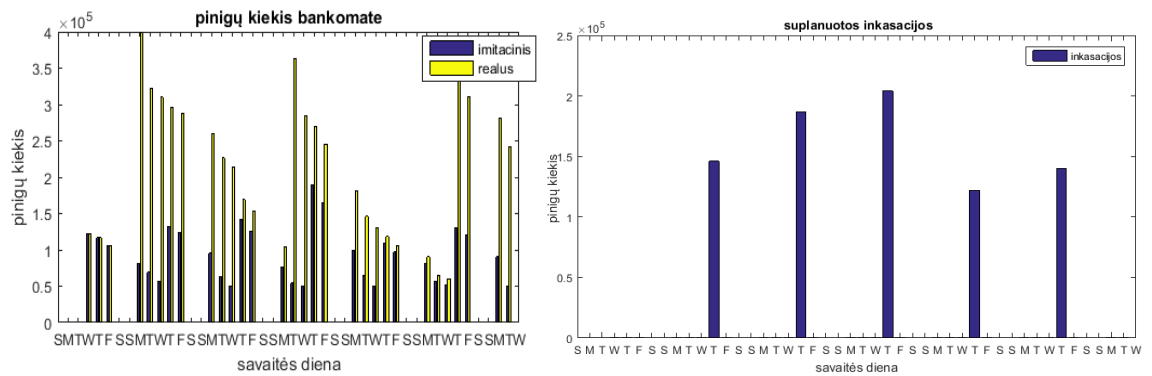
Šis imitacinės aplinkos parametras leidžia ištirti bankomatų tinklą, apribojant jam inkasavimo dienas. Negalimos dienos išreikštos savaitės dienomis. Laviruojant šiuo parametru galima imituoti bankomatų inkasavimo režimą, kai inkasacijos daromos pagal griežtus tvarkaraščius arba bet kurią dieną. Išanalizavus apdorotus realius bankomatų duomenis paaiškėjo, jog inkasacijos dažniausiai buvo vykdomos savaitės pradžioje arba pabaigoje. Inkasacijos vidutiniškai vykdavo kas dvi savaites ir nevykdavo savaitgaliais.

Bankomatų kaštų nuo galimų inkasavimo dienų priklausomybei nustatyti buvo palyginti kaštai gaunami inkasacijas darant bet kuriomis savaitės dienomis ir tik ketvirtadieniais, priimant, kad tai vienintelė galima atvežimo diena.

Inkasacijas atliekant griežtai pagal tvarkaraštį ATM vidutiniai išlaikymo kaštai nežymiai padidėjo lyginant su bet kuriuo metu daromomis inkasacijomis.

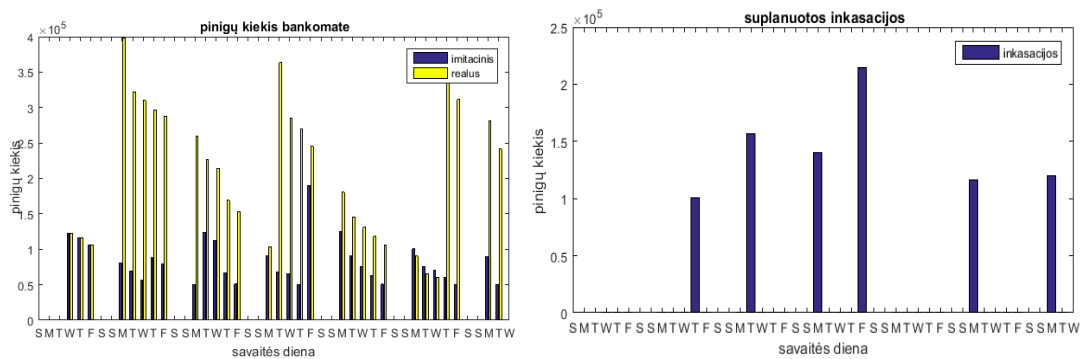
6.2 lentelė. Vidutinių kaštų palyginimas darant inkasacijas pagal tvarkaraštį

Vidutiniai kaštai pagal duomenis	Vidutiniai kaštai pagal imitaciją	skirtumas
60,6	30,7	29,8



6.8 pav. Pinigų likučio ir inkasacijų grafikai inkasuojant pagal griežtą tvarkaraštį

Inkasacijas darant bet kurią savaitės dieną, minimalaus pinigų likučio normą galima laikyti žemesnę, nes imitacinė aplinka vertina realios sistemos pinigų likutį kiekvienos dienos vakarą. Jeigu realus pinigų likutis dienos pabaigoje neprognuozuotai priartėjo prie minimalios ribos, atitinkamai tai atsiliepia vidutiniams kaštams vidutinių kaštų matricoje, algoritmas priima daryti inkasaciją anksčiau negu buvo prognozuota darant prieš tai darytą inkasaciją. Analogiškai inkasacijos gali būti ir delsiamos, jei pinigų likutis didesnis negu prognozuota. Tokiu atveju minimalaus likučio normą pakanka laikyti tokią, kad padengtų simuliuojamos dienos pinigų likučio skirtumą nuo realaus, o inkasacijas darant tik pagal galimas dienas, rezervas turi būti toks, kad padengtų prognozuojamų ir realių pinigų suvartojimo paklaidą atsiradusią periodo tarp galimų inkasacijų metu.



6.9 pav. Pinigų likučio ir inkasacijų grafikai inkasuojant bet kada

6.3 lentelė. Vidutinių kaštų palyginimas inkasuojant bet kada

Vidutiniai kaštai pagal duomenis	Vidutiniai kaštai pagal imitaciją	skirtumas
60,6	28,7	31,9

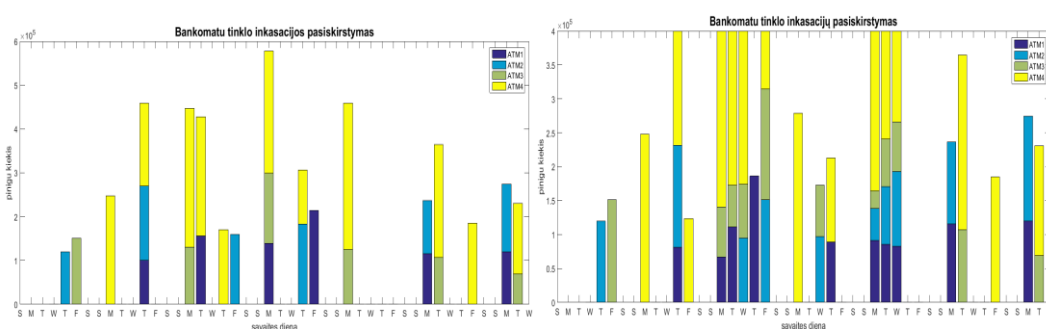
6.2.3.4 Pinigų likutis saugykloje

Valdant didelį bankomatų tinklą inkasacijų vykdymą neretai riboja ne maksimalios inkasacijos dydis, o turimų grynujų pinigų kiekis saugykloje. Nuo jo priklauso, kokį kiekį bankomatų ir kokio dydžio inkasacijomis galima papildyti kiekvieną dieną. Rankiniu būdu atliekant inkasacijų paskirstymą sunku objektyviai įvertinti kiekvieno ATM tuštėjimo tendencijas, todėl neretai inkasacijos grupei bankomatų vykdomos vadovaujantis nusistovėjusiais praktiniais pastebėjimais: tokios grupės gali būti skirstomos į didelę, vidutinę ir mažą pinigų cirkuliaciją turinčius bankomatus. Taip atliktas paskirstymas neužtikrina racionalios inkasacijos kiekvieno bankomato atžvilgiu, nes laikui einant bankomato dinamika gali radikaliai keistis, o inkasacijos vykdomos vis dar pagal seną praktiką. Imitacinė aplinka vertinama bendrą kiekvienos dienos inkasuojamų pinigų poreikį geba perskirstyti inkasacijų dydžius. Sprendžiant pinigų paskirstymo bankomatams problematiką imitacinėje aplinkoje buvo išbandytos dvi metodikos ir palyginti rezultatai prieš apribojimą ir įvedus 400 tūkst. pinigų likučio saugykloje apribojimą.

Pirmasis metodas rėmėsi principu, jog jeigu prognozuojamą dieną reikalaujamų pinigų kiekis viršija turimą saugykloje, tuo atveju visos inkasacijos yra proporcingai sumažinamos. Siekiant objektyviai įvertinti, kaip tai sąlygoja vidutinius kaštus, buvo atliktas tyrimas su 4 bankomatais. Pradžioje inkasacijos buvo neribojamos darant prielaidą, kad saugykloje turime užtikrintą kiekį grynujų pinigų, ir paskaičiuoti vidutiniai išlaikymo kaštai. Gauti rezultatai pateikti 6.4 lentelėje.

6.4 lentelė. Vidutinių kaštai taikant pirmąjį pinigų likučio perskaičiavimo metodą

Vidutiniai kaštai	ATM1-ATM4	ATM2	ATM3	ATM4
Prieš apribojimą	28,6	29,5	26,1	47,1
Po apribojimo	29,8	31,6	29,7	51,6
skirtumas	0,8	2,1	3,6	4,5

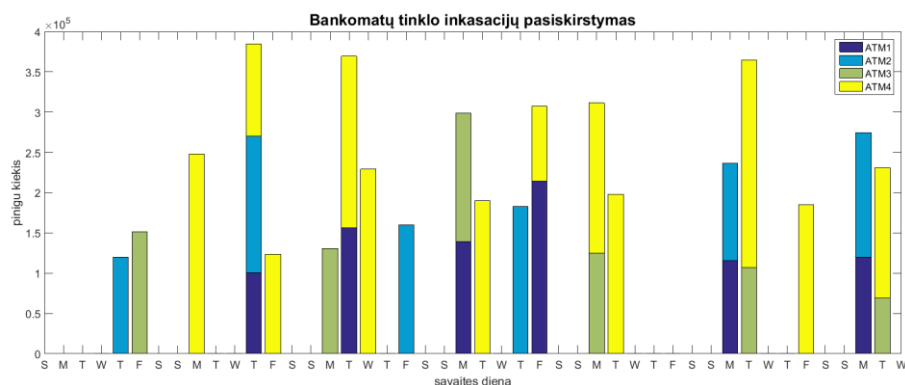


6.10 pav. ATM tinklo ink. prieš apribojimą ir po apribojimo pagal pinigų likutį saugykloje

Simuliacijos gauti rezultatai parodė, kad toks metodas gali būti taikomas: jis nežymiai padidino inkasavimo kaštus bei nereikalauja daug skaičiavimų resursų. Deja, toks metodas nėra visiškai racionalus: taip mažinant inkasacijas neišvengiama scenarijų, kai bankomatas ištuštėja dar neatėjus inkasacijos laikui, nes inkasavimo suma nukerpama neatsižvelgiant į ATM tuštėjimo prognozę. Tam įgyvendinti buvo sukurtas ir išbandytas antrasis metodas.

Antrasis metodas rėmėsi tuo, jog paeiliui skaičiuojant būsimos dienos ATM inkasacijos dydžius, jie yra sumuojami, ir jeigu pasiekiamas maksimalus galimas tos dienos inkasavimo likutis, mažinamas maksimalus inkasavimo limitas ir vykdomas pakartotinas inkasacijos paieškos algoritmas sekančiam dienai. Šis metodas užtikrina, jog jeigu tobulai prognozuojame pinigų išėmimą, inkasacija bus taip sumažinta, kad jos pakaks iki sekančios inkasacijos.

Vienas pagrindinių šio metodo trūkumų, - jog vykdomi papildomi perskaičiavimai lyginat su pirmuoju metodu ženkliai padidina algoritmo vykdymo laiką. Gauti rezultatai pateikti žemiau.



6.11 pav. ATM tinklo ink. taikant antrąjį apribojimo pagal pinigų likutį saugykloje metodą

6.5 lentelė. Vidutiniai kaštai taikant antrąjį pinigų likučio perskaičiavimo metodą

Vidutiniai kaštai	ATM1	ATM2	ATM3	ATM4
Prieš apribojimą	28,6	29,5	26,1	47,1
Po apribojimo	29,0	29,7	26,2	48,9
skirtumas	0,4	0,2	0,1	1,8

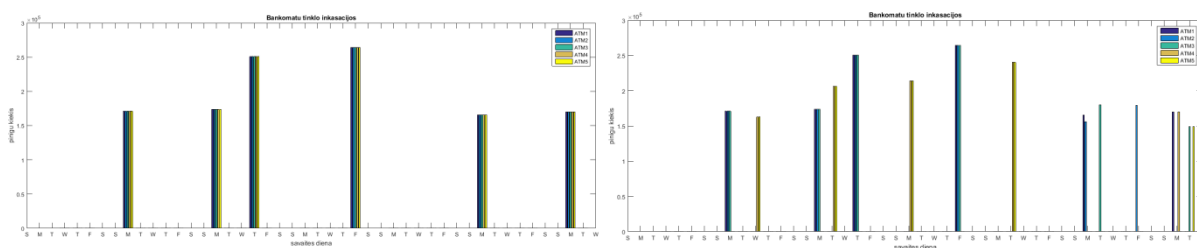
Palyginus vidutinius kaštus gautus abejais metodais, galima patvirtinti, kad antrasis metodas duoda geresnius rezultatus vidutinių išlaikymo kaštų atžvilgiu lyginant su pirmuoju. Iš inkasacijų grafikų matome, jog pinigų likučio saugykloje ribojimas lemia nežymų vidutinių kaštų augimą bei inkasacijų padažnėjimą tiriamuoju periodu.

6.2.3.5 Inkasatorių skaičius

Esant dideliam bankomatų tinklui, kartais esminis ribojimas yra ne pinigų kiekis saugykloje, bet per dieną galimų aptarnauti bankomatų skaičius. Toks scenarijus susiklosto, kai bankomatus aptarnaujančios įmonės turi ribotą kiekį transporto priemonių, kuriomis gali išvežioti inkasacijas. Imitacinėje aplinkoje tokių aplinkybių susidarymas yra numatytas ir inkasatorių skaičius yra išskirtas kaip atsikiras IA nustatymas. Jeigu ATM ištuštėjimo atveju pasiekiamas maksimalus ribinis inkasacijų kiekis, atliekamas inkasacijos perskaičiavimo algoritmas. Algoritmas fiksuoja inkasacijų baigimosi dieną ir inkasacijų skaičių tą dieną: jei yra pasiekiamas maksimumo limitas, sekantiems bankomatams ta diena pažymima kaip negalima, kad vykdant geriausios inkasacijos paiešką tos dienos kaštai sekantiems ATM būtų neleistinai dideli. Metodui patikrinti padarėme prielaidą, kad turime bankomatai tuštėja identišškai ir todėl jų inkasacijos išskaičiuojamos tomis pačiomis dienomis. Ištestavus algoritmą buvo palyginti vidutiniai bankomatų išlaikymo kaštai prieš apribojimą ir po apribojimo. Pradiniai parametrai buvo naudojami tokie kaip ir testuojant pinigų likučio saugykloje testavimui. Inkasacijų pasiskirstymas pavaizduotas 6.12 pav. Vidutinių kaštai prieš ir po apribojimo palyginti 6.6 lentelėje.

6.6 lentelė. ATM tinklo vidutinių kaštų palyginimo lentelė taikant inkasatorių apribojimą

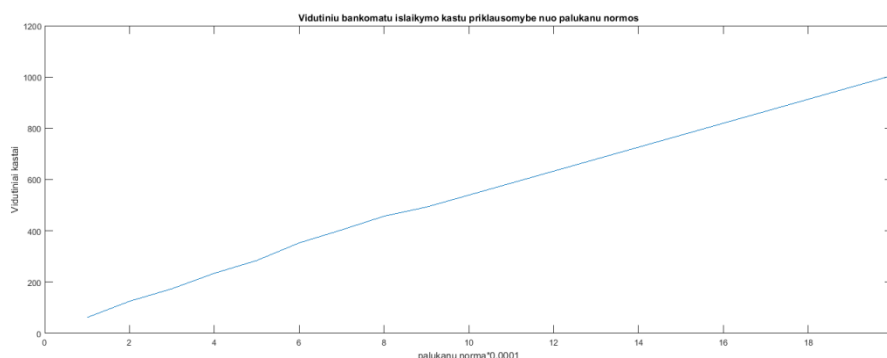
Vidutiniai kaštai	ATM1		ATM2		ATM3		ATM4		ATM5	
Maks, ink, skaičius	Nerib,	3	Nerib,	3	Nerib,	3	Nerib,	3	Nerib,	3
IA vid, kaštai	61,9	61,9	61,9	62,2	61,9	53,6	61,9	52,1	61,9	52,1
Realus vid, kaštai	66,5		66,5		66,5		66,5		66,5	
skirtumas vid, kaštai	4,6	4,6	4,6	4,3	4,6	4,8	4,6	12,9	4,6	14,4



6.12 pav. ATM inkasacijų grafikas prieš ir po apribojimo pagal inkasatorių skaičių

6.2.3.6 Palūkanų norma

Realybėje metinė palūkanų norma nuolatos kinta, jos kitimą sąlygoja įvairiausi pokyčiai pasaulinėje rinkoje. Priklausomai nuo palūkanų normos, priklauso ir kokias sąnaudas sudarys grynųjų pinigų laikymas bankomatuose, todėl palūkanų norma yra ir vienas iš nustatymų imitacinėje aplinkoje. Laipsniškai keisdami palūkanų normą imitaciniame modelyje objektyviai įvertiname, kaip tai atsiliepia bankomatų valdymo principams. Gauti rezultatai atvaizduoti grafike (6.13 pav.).

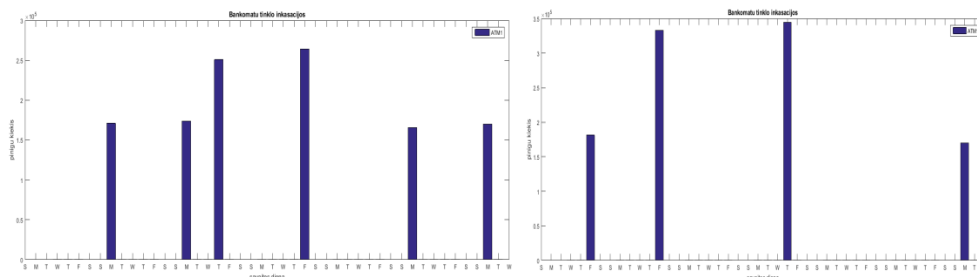


6.13 pav. Vidutinių kaštų priklausomybė nuo palūkanų normos

Palūkanų normos kėlimas didina jos santykinę įtaką išlaikymo kaštams lyginant su inkasacijos kaina. Tai lemia, kad kuo palūkanų didesnė, tuo inkasacijos tampa dažnesnės.

6.2.3.7 Inkasacijos kaina

Bankomatų inkasacijos kainos dydis gali laviruoti labai plačiame diapazone. Ji priklauso nuo tokių faktorių kaip bankomato alokacijos, naudojamo transporto, inkasacijos dienos ir t.t. Imitacinė aplinka leido ištirti, kaip inkasacijų kaina atsiliepia inkasacijų dydžiui. Inkasacijos kainą geriausiai atspindi suprognuozuotų inkasacijų grafikas (6.14 pav.).



6.14 pav. Inkasacijų palyginimas esant 30 ir 90 inkasacijos kainai

Inkasacijos kainos kėlimas sąlygoja inkasacijų retesnę ir didesnę darymą simuliacijos periodu.

6.2.3.8 Pinigų perskaičiavimo kaina

Jeigu inkasacijos vykdomos keičiant pinigų kasetes, tokiu atveju inkasacijos metu pustuštės kasetės yra pakeičiamos pilnomis. Pinigų likutis išimtose kasetėse yra grąžinamas atgal į saugyklą, kur yra perskaičiuojamas. Tam yra taikomas perskaičiavimo mokestis, kuris priklauso nuo perskaičiuojamų pinigų kiekio. Jeigu bankomatai pildomi ne keičiant kasetes, o papildant kupiūromis jau ant esančių banknotų, perskaičiavimo kainą galima vertinti kaip nulinę.

Realiose sistemose perskaičiavimo suma priklauso nuo banknotų kiekio, kadangi kuriant imitacinę aplinką padaryta prielaida, jog bankomatas dirba su vieno nominalo kupiūromis, todėl pinigų perskaičiavimo kainą modelyje pririšome tiesiogiai nuo pinigų sumos.

Išanalizavus esminius imitacinės aplinkos parametrus ir jų įtaką modelio išėjimams gauti rezultatai parodė, kad sistemos skaičiavimai yra teisingi, įėjimo parametrų kombinacijos duoda adekvačius sistemos išėjimus. Imitacinis modelis turi daugybę galimų įėjimų kombinacijų reprezentuojančių skirtingus bankomatų valdymo metodus.

Siekiant išplėsti imitacinės aplinkos galimybes ne tik vertinti inkasacijų valdymo efektyvumą ir galimus kitus valdymo principus, bet ir numatyti ateities racionaliausias inkasacijas, buvo sukurta ir ištestuota keleta pinigų vartojimo prognozavimo modelių.

6.2.4 Pinigų poreikio prognozavimas

Vykdam optimalaus prognozavimo modelio paiešką buvo atrinkti du prognozavimo metodai ir atlikta jų programinė realizacija bei gautų rezultatų analizė. Imitacinės aplinkos kūrimas buvo daugiau orientuotas į bankomatų tinklo režimų simuliaciją, o ne į ateities pinigų poreikio prognozavimo modelio kūrimą ir tobulinimą, tad buvo atrinkti paprastesni, lengviau įgyvendinami metodai. Matlab programiniame pakete buvo realizuoti atraminių regresinių vektorių ir sprendimų medžio paieškos algoritmai. Prognozuojamų į priekį dienų skaičius tiesiogiai priklauso nuo maksimalios inkasacijos dydžio parametro, nes prognozė nusako, kiek dienų ATM bus darbingas su šia suma. Tiriant IA prognozuojamų dienų skaičius dažniausiai neviršydavo 30 dienų. Pirmuoju metodu buvo pasirinktas atraminių regresinių vektorių prognozavimo modelis.

6.2.4.1 Atraminų regresinių vektorių prognozavimo modelis

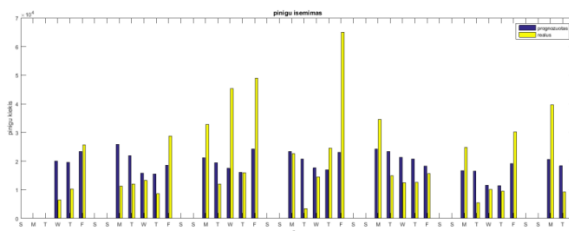
Atraminų regresinių vektorių (SVR) prognozavimo metodas Matlab programinėje įrangoje yra lengvai realizuojamas. Kaip apmokymo informacija buvo naudojami praeities duomenys:

- Data;
- Savaitės diena;
- Šventinė diena;
- Prieš tai buvusių penkių dienų suvartojimo suma.

Modelio išėjimas buvo:

- Dienos pinigų išėmimas.

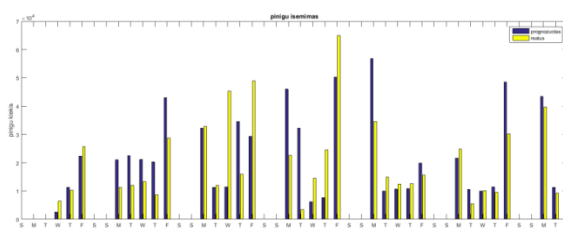
Modeliui apmokinti buvo skirta 100 dienų. Vykdam tolimesnius skaičiavimus, paaiškėjo, jog modelis dar reikalauja papildomo derinimo, nes naudojant numatytuosius modelio parametrus prognozės 20-30 % skyrėsi nuo realių. Prognozavimo modelio rezultatai pateikti grafike (6.15 pav.).



6.15 pav. SVR ir prognozuojamo išėmimo su realiu palyginimo grafikas

6.2.4.2 Sprendimų medžio prognozavimo modelis

Sprendimų medžio prognozavimo metodas Matlab programinės įrangos pagalba realizuojamas panašiai kaip ir SVR. Metodo pradžioje modelis yra apmokinamas paduodant įėjimus ir nuo jo priklausomus rezultatus. Apmokintam modeliui padavus prognozuojamo parametro žinomus įėjimo parametrus stebimas modelio išskaičiuotas rezultatas (6.16 pav.).



6.16 pav. SVR ir prognozuojamo išėmimo su realiu palyginimo grafikas

Sprendimų medžio sudarymas nereikalauja parametrų derinimo, jo struktūra priklauso tiesiogiai nuo apmokymo duomenų. Simuliacijos eigoje apmokymo duomenys perslenkami kartu su simuliuojama diena, taip modelis sudaromas pagal naujausius ATM veiklos duomenis.

6.3 Eksperimentiniai tyrimai

Apjungus imitacinę aplinką su pinigų išėmimo algoritmu, jos pritaikymo galimybės išsiplėtė ne tik iki bankomato režimų analizės, bet ir galimybės naudoti ateities prognozėms. Imitacinė aplinka gali būti naudojama kaip patariamoji sistema bankomatų valdyme, kuri patartų, koks inkasavimas būtų racionaliausias. Imitacinio modelio lankstumas leidžia jį naudoti skirtingus inkasacijos metodus taikantiems bankomatų tinklams. Darbo metu buvo ištirta du valdymo tipai, darant prielaidą, kad bankomatų tinklą sudaro trisdešimt bankomatų, bei palyginti gauti rezultatai su realiais duomenimis.

6.3.1 Pirmas valdymo tipas

Pirmasis valdymo tipas pagrįstas gautais realiais duomenimis. Bankomatų tinklas inkasacijas vykdo bet kurią savaitės dieną išskyrus savaitgalius. Jeigu pinigai ištuštėja anksčiau, tai vertinama kaip ekstra inkasacija, pinigų kiekis saugykloje neribotas. Vykstant tinklo analizę nekeičiamais pradiniais nustatymais buvo atrinkti:

- Planinės inkasacijos kaina - 30
- Neplaninės inkasacijos kaina - 60
- Bauda už nedarbingumą - 200
- Palūkanų norma – 10%

Siekiant ištirti kokios bankomato tinklo apribojimų vertės artimiausios optimalioms, buvo keičiamos jų vertės, ir atlikus imitaciją, stebima jų įtaka vidutiniams kaštams. Simuliacija vykdyta 30 dienų ir palyginta su realiais bankomatų duomenimis. Simuliuojant taikyti tiek SVR tiek DT prognozavimo metodai.

Pradžioje naudojantis IA buvo surastas optimalus minimalus pinigų likutis. Gauti rezultatai pateikti 6.7 lentelėje.

6.7 lentelė. VK priklausomybė nuo minimalaus likučio vadovaujantis pirmu valdymo tipu

Min. likutis	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
10000	69,3	96	68,1	85	29,7	0	104,3
50000	67,8	47	59,7	45	40,5		
100000	73,6	19	66,4	18	53,7		
150000	84,4	9	77,0	5	67,6		
200000	97,3	6	91,1	3	81,3		
300000	124,3	2	119,1	2	108,6		

Gauti duomenys atskleidė, jog priklausomai nuo naudojamo prognozavimo modelio bankomato minimalus likutis sutapo. Naudojant DT ir SVR mažiausi kaštai gaunami prie 50 tūkst. minimalaus likučio ribos. Bankui svarbiausia, kad ATM visada būtų darbingi, tad lygiagrečiai kaštams buvo paskaičiuoti nedarbingumo atvejai bankomatų tinklo simuliacijos metu. Gauti skaičiai atskleidė, kad minimalus likutis turi būti ženkliai didesnis negu manyta vadovaujantis minimaliais kaštais, tai sąlygoja santykinai maža baudos kaina taikyta už nedarbingumą ir gana aukšta palūkanų norma. Išanalizavus nedarbingumo atvejus prie 150 tūkst. buvo pastebėta, kad juos nulėmė neprognozuojamai didelis pinigų išėmimas iš ATM (išpardavimai, akcijos). Daryti aukštesnę pinigų likučio normą, siekiant išvengti išskirtinai retai pasitaikančių didelių išėmimų, tampa neracionalu.

Sekančiame etape buvo nustatyta, koks kiekis pinigų saugykloje patenkintų inkasavimo poreikius kiekvieną dieną simuliacijos periodu. Tam buvo laipsniškai keliamas saugykloje turimų pinigų parametras ir stebima įtaka simuliacijos vidutiniams kaštams (6.8 lentelė).

6.8 lentelė. VK priklausomybė nuo pinigų saugykloje vadovaujantis pirmu valdymo tipu

Kiekis saugykloje	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
2000000	174,2	751	170,0	749	145,4	608	104,3
3000000	122,1	360	115,4	351	88,4	189	
5000000	87,2	87	82,3	83	69,1	17	
7000000	78,5	7	77,0	5	67,7	0	

Gauti rezultatai atskleidė, jog trisdešimties bankomatų tinklui kokybiškam aptarnavimui, saugykloje kiekvieną dieną turi būti ne mažiau kaip 7 mln. grynujų pinigų.

Kad sužinoti koks minimalus inkasatorių skaičius reikalingas 30 ATM tinklui aptarnauti buvo palyginta galimų inkasacijų skaičiaus per dieną įtaka vidutiniams kaštams (6.9 lentelė).

6.9 lentelė. VK priklausomybė nuo inkasatorių sk. vadovaujantis pirmu valdymo tipu

Inkasacijų kiekis	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
5	133.,	447	129,7	451	115.4	357	104,3
10	97,9	155	96,3	161	69.0	20	
15	82.8	12	78,4	14	68.7	0	
20	82.4	11	78,1	10	67.7	0	
25	82.2	10	77,9	7	67.7	0	
30	78,5	9	77,0	5	67.7	0	

Remiantis IA atliktais skaičiavimais, VK nekinta gebant aptarnauti apie 75% bankomatų tinklo kiekvieną dieną.

6.3.2 Antras valdymo tipas

Antras valdymo tipas paremtas tuo, jog inkasacijos vykdomos pagal griežtą tvarkaraštį tai yra tik tam tikromis savaitės dienomis. Tyrimo metu buvo palyginta, koks savaitės inkasavimo tvarkaraštis yra racionaliausias, tam buvo palyginta vidutiniai išlaikymo kaštai inkasatoriams bankomatų patikrą darant vieną ir tris kartus per savaitę. Statiniai parametrai (palūkanų norma, inkasacijų ir baudos kainos) paliekami tokie patys kaip ir pirmajam valdymo tipui.

6.3.2.1 Viena aptarnavimo diena

Pradžioje naudojantis IA buvo tiriamas scenarijus, kai inkasavimas vykdomas vieną kartą savaitėje. Siekiant nustatyti ar pasirinkta savaitės diena turi reikšmės vidutiniams ATM kaštams buvo ištestuoti visi galimi variantai (6.10 lentelė).

6.10 lentelė. VK priklausomybė nuo galimos inkasavimo dienos

Inkasavimo dienos	DT	SVR	Idealus	Realus
Pirmadienis	138,2	122,5	119,8	104,3
Antradienis	154,5	139,6	140,8	
Trečiadienis	158,8	141,1	135,1	
Ketvirtadienis	153,1	137,5	135,1	
Penktadienis	144,0	128,0	126,7	

Gauti rezultatai atskleidė, jog racionaliausia inkasavimo diena visais taikytais prognozavimo metodais sutampa ir yra pirmadienis. Tokius modelio rezultatus sąlygoja didelis pinigų suvartojimas savaitės pradžioje, inkasacijos darymas didžiausio vartojimo metu sumažina

pinigų trūkumo bankomate tikimybę sekančios inkasacijos metu. Pasirinkus pirmadienį kaip vienintelę inkasavimo dieną, buvo atlikta minimalaus likučio analizė (6.11 lentelė).

6.11 lentelė. VK priklausomybė nuo minimalaus likučio aptarnaujat kartą savaitėje

Min, likutis	DT	Nedarb,	SVR	Nedarb,	Idealus	Nedarb,	Realus
10000	91,5	127	82,9	150	47,3	0	104,3
50000	87,9	60	77,8	86	57,2		
100000	93,2	28	81,5	43	69,8		
150000	102,6	12	89,3	20	82,5		
200000	114,6	11	100,4	15	95,3		
300000	138,2	7	122,5	7	119		

Gauti duomenys parodė, jog išlaikyti aukštą ATM paslaugų kokybę ir padengti atsirandančias prognozavimo paklaidas reikalingas didesnis pinigų buferis negu vadovaujantis pirmuoju valdymo tipu.

Siekiant nustatyti koks pinigų rezervas reikalingas saugykloje buvo atliktas sumos saugykloje, kuri leistų bankomatų tinklui funkcionuoti be trukdžių imituojamu periodu paieška (6.12 lentelė).

6.12 lentelė. VK priklausomybė nuo pinigų saugykloje aptarnaujat kartą savaitėje

Kiekis saugykloje	DT	Nedarb,	SVR	Nedarb	Idealus		Realus
10000000	115,3	120	114,3	114	113,5	127	104,3
20000000	138,2	7	122,5	7	119	0	

Reikalingas pinigų kiekis saugykloje inkasacijas darant tik vieną kartą savaitėje yra ženkliai didesnis, nes didžioji dalis bankomatų inkasacijų sutampa ir vykdomos tapačią dieną. Tai patvirtina ir per dieną galimų inkasacijų kiekio apribojimo analizė (6.13 lentelė).

6.13 lentelė. VK priklausomybė nuo inkasatorių skaičiaus aptarnaujant kartą savaitėje

Inkasacijų skaičius	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb	Idealus	Nedarb	Realus
10	145,9	241	135,6	256	135,1	242	104,3
15	144,8	124	134,9	130	129,1	118	
20	142,2	50	131,4	48	127,4	12	
25	140,1	12	129,5	14	125,1	2	
30	138,2	7	122,5	7	119	0	

Gauti duomenys parodė, jog norint išlaikyti visą bankomatų tinklą darbingą inkasatorių resursas turi būti toks, kad sugebėtų papildyti visus bankomatus per vieną dieną.

6.3.2.2 Trys aptarnavimo dienos

Planinių inkasacijų kiekį padidinus iki trijų kartų per savaitę bankomatų aptarnavimo kaštai gali ženkliai kisti, todėl reikalingas IA parametų perskaičiavimas. Galimos inkasavimo dienos buvo tolygiai išdėstytos savaitėje ir vykdomos pirmadienį, trečiadienį ir penktadienį.. Pinigų rezervo įtaka VK pateiktą 6.14 lentelėje.

6.14 lentelė. VK priklausomybė nuo minimalaus likučio aptarnaujant tris kartus savaitėje

Min. likutis	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
10000	83,1	115	75,8	113	47,3	0	104,3
50000	73,4	52	67,5	49	51,2		
100000	72,0	24	68,5	21	56,2		
150000	79,9	15	78,5	12	66,5		
200000	90,9	7	89,5	6	79,5		
300000	113,1	2	111,6	2	104,7		

Rezultatai parodė, jog minimalus likučio riba duotuoju atveju galima laikyti žemesnę lyginant su vienos inkasavimo per savaitę planu, bet ne tokią žemą kaip pirmajam valdymo tipui. Paskaičiavus reikiamą pinigų kiekį saugykloje, paaiškėjo, kad jis gali būti ketvirtadaliu mažesnis negu inkasuojant vieną kartą savaitėje (6.15 lentelė).

6.15 lentelė. VK priklausomybė nuo pinigų saugykloje aptarnaujant tris kartus savaitėje

Kiekis saugykloje	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
10000000	112,8	15	113,8	26	86,4	2	104,3
15000000	90,9	7	89,5	6	79,5	0	

Paskaičiavus minimalų inkasacijų kiekį per dieną (6.16 lentelė) paaiškėjo, jog jų poreikis sumažėja lyginant su vieną kartą savaitėje daromomis inkasacijomis.

6.16 lentelė. VK priklausomybė nuo inkasatorių skaičiaus aptarnaujant tris kartus savaitėje

Inkasacijų skaičius	DT	Nedarb.	SVR	Nedarb.	Idealus	Nedarb.	Realus
10	122,1	147	110,7	88	108,4	79	104,3
15	114,8	51	109,1	26	104,3	14	
20	112,9	10	122,4	12	96,8	0	
25	90,9	7	89,5	6	79,5	0	
30	90,9	7	89,5	6	79,5	0	

Reikalingas inkasatorių skaičius mažesnis negu reikalingas vieną kartą savaitėje vykdomoms inkasacijoms, bet didesnis negu laisvu grafiku vykdomoms inkasacijoms.

6.3.3 Valdymo tipų palyginimas

Eksperimentinių tyrimų pabaigoje palyginti bankomatų tinklo valdymo tipų vidutiniai kaštai. Skaičiavimai buvo atliekami remiantis analizės metu atrinktais apribojimais (6.17 lentelė) ir darant prielaidą, jog bankomatų tinklo nedarbingumas negalėjo viršyti 1 % . Nustatytos apribojimų vertės artimos optimalioms, bet norint tikslesnių verčių, galima analizę atlikinėti apribojimų vertes keičiant mažesniu žingsniu.

6.17 lentelė. valdymo tipų racionalios apribojimų vertės

Valdymo tipas	Inkasacijų skaičius	Kiekis saugykloje	Min. likutis
I	20	7000000	150000
II(viena diena)	25	20000000	300000
II(trys dienos)	30	15000000	200000

IA pagalba nustatytus racionalius apribojimus paskaičiuoti vidutiniai kaštai pateikti 6.18 lentelėje.

6.18 lentelė. VK palyginimas vadovaujantis pirmuoju ir antruoju valdymo tipais

Valdymo tipas	DT	SVR	Idealus	Realus
I	82,4	78,1	67,7	104,3
II(viena diena)	138,2	122,5	119	
II(trys dienos)	90,9	89,5	79,5	

Imitacinės aplinkos pagalba išanalizavus keletą bankomatų aptarnavimo tipų objektyviai nustatyta, jog pats efektyviausias yra kai inkasatoriai stebėdami bankomatų pinigų likučius patys sprendžia kada inkasuoti bankomatus. Tokiam valdymo tipui pritaikius imitacinę aplinką eksperimentiniai rezultatai parodė, kad IA naudodamasi pinigų prognozavimo algoritmu pinigų kaštus simuliacijos metu sumažino 26 %.

Vadovaujantis, jog bankomatas turi veikti be trukdžių, griežto tvarkaraščio ATM tinklo aptarnavimui reikalingas papildomas prognozavimo modelių derinimas, kurie sugebėtų daryti

tikslias inkasacijas kelėta dienų į priekį. Inkasacijas darant tik kartą savaitėje simuliacijos kaštai išaugo apie 25%. Inkasacijas darant tris kartus savaitėje kaštai sumažėjo 15%.

Prognozavimo modelio tobulinimas idealiu atveju leistų sutaupyti net iki 40% grynujų pinigų kaštų susijusių su bankomatų valdymu.

Išanalizuoti bankomatų valdymo tipai yra tik maža dalis iš visų galimų variantų, kurias galima imituoti laviruojant imitacinės aplinkos nustatymais ir apribojimais.

Išvados ir rezultatai

1. Išanalizavus bankomatų valdymo principus, struktūrą, optimizuotinas sritis ir kriterijus, sudarytos galimos kaštus minimizuojančios tikslo funkcijos.
2. Matlab programinės įrangos pagalba sukurtas imitacinė aplinka, bei pinigų poreikio prognozavimo modelį realizuojantis algoritmas.
3. Išanalizuota imitacinės aplinkos manipuluojamų parametrų įtaka simuliacijos rezultatams.
4. Ištestavus pinigų likučio prognozavimo modelius DT ir SRV, nustatyta, jog jų panaudjimas pinigų prognozavimui galimas, bet norint pasiekti didesnę imitacinės aplinkos naudingumą reikalingas tolimesnis jų derinimas.
5. Eksperimentiniais tyrimais įrodyta, jog vadovaujantis imitacine aplinka, galima netik atrinkti racionaliausių bankomatų veiklos apribojimų dydžius, bet ir priklausomai nuo valdymo tipo vidutinius bankomatų aptarnavimo kaštus sumažinti iki 40 procentų.
6. IA pagalba išanalizavus du bankomatų valdymo tipus nustatyta, jog inkasacijų prognozavimas pagal laisvą tvarkaraštį yra nuo 12 iki 60 % efektyvesnis kaštų atžvilgiu negu pagal griežtą tvarkaraštį vieną arba tris kartus savaitėje vykdomas inkasacijas.

Literatūra

1. Aptarnavimo sistemų pelningumo tyrimai, realaus laiko sprendimų priėmimui, taikant intelektines sistemas. Prieiga per internetą: http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2011~D_20110519_082253-55210/DS.005.0.01.ETD Žiūrėta [2016-05-23].
2. Global ATM count forecast to reach 4M within 5 years. Prieiga per internetą: <http://www.atmmarketplace.com/news/global-atm-count-forecast-to-reach-4m-within-5-years/> Žiūrėta [2016-05-23].
3. ATMIA and EPC Publish a Manual on Best Practices in ATM Cash Replenishment in Europe. Prieiga per internetą: http://www.europeanpaymentscouncil.eu/pdf/EPC_Article_337.pdf Žiūrėta [2016-05-23].
4. Support vector machine. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Support_vector_machine Žiūrėta [2016-05-23].
5. Bajeso metodo taikymas kredito rizikos vertinime. Prieiga per internetą: http://vddb.laba.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2010~D_20110709_152459-96351/DS.005.1.01.ETD Žiūrėta [2016-05-23].
6. Optimization of cash management for ATM network. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/268340967_Optimization_of_cash_management_for_ATM_network Žiūrėta [2016-05-23].
7. Optimizing logistics processes in cash supply chains. Prieiga per internetą: http://asia.iccos.com/files/Dissertation_Roel_G_van_Anholt.pdf Žiūrėta [2016-05-23].
8. Cash demand forecasting for ATM using neural networks and support vector regression algorithms. Prieiga per internetą: <http://www.morphisinc.com/images/pdf/whitepapers/20080520RimvydasSimutisLithuania.pdf> Žiūrėta [2016-05-23].
9. Imitacinis modeliavimas – sistemoms pažinti, analizuoti ir sprendimams priimti. Prieiga per internetą: http://www.technologijos.lt/n/svietimas/kurstoti/kur_ir_ka_studijuoti/specialybes/straipsnis?name=S-17485 Žiūrėta [2016-05-23].
10. Maintenance of an ATM network: modeling of cash flows, analysis of cash demand and customer habits. Prieiga per internetą: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2015/Rome/EVCO/EVCO-11.pdf> Žiūrėta [2016-05-23].
11. ATM Location Problem and Cash Management in Automated Teller Machines. Prieiga per internetą: <http://waset.org/publications/10002685/atm-location-problem-and-cash-management-in-automated-teller-machines> Žiūrėta [2016-05-23].

12. Procesų modeliavimas ir nuotolinis valdymas. Mokomoji knyga. V. Pilkauskas. 2011 m.
13. A brief introduction to MATLAB. Prieiga per internetą: <http://web.stanford.edu/class/cme001/handouts/matlab.pdf> Žiūrėta [2016-05-23].
14. An introduction to artificial neural networks. Prieiga per internetą: http://home.thep.lu.se/pub/Preprints/91/lu_tp_91_23.pdf Žiūrėta [2016-05-23].
15. Optimization of ATMs filling-in with cash. Prieiga per internetą: https://www.dmi.uns.ac.rs/esgi_2014/ATMs_report.pdf Žiūrėta [2016-05-23].
16. Reduction of ATM Operational Cost by planning Cash Replenishment. Prieiga per internetą: <https://www.oki.com/en/otr/2014/n223/pdf/otr-223-R07.pdf>
17. Decision Trees— What Are They? Prieiga per internetą: <http://support.sas.com/publishing/pubcat/chaps/57587.pdf> Žiūrėta [2016-05-23].
18. Prognozavimo metodų analizės sistema. Prieiga per internetą: http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2009~D_20090824_150716-58976/DS.005.0.02.ETD Žiūrėta [2016-05-23].
19. Improving the efficiency of the handling of cash - Cash Cycle Models. Prieiga per internetą: <http://www.europeanpaymentscouncil.eu/index.cfm/knowledge-bank/epc-documents/improving-the-efficiency-of-the-handling-of-cash-cash-cycle-models/epc037-13-improving-the-efficiency-of-the-handling-of-cash-cash-cyclepdf/> Žiūrėta [2016-05-23].

7 Priedai

Priedas 1. Imitacinės aplinkos programos kodas

```
clear all, close all

test_min_lik=1;
minLIK=50000;
%maksimali inkasacija
maxmax_INK=1000000+minLIK;
%inkasacijos kelimo zingsnins
stepink=1000;
%palukanu norma
palukanos_data(1:1000,1:10000)=0.1/365;
%Parametru testavimas( pasirinktinai)
while minLIK<50001
%pinigu kiekis saugykloje
max_vezama_suma=1000000000000;
maxINK=maxmax_INK;
%riba vezti extra inkasacija
Extra_minLIK= minLIK/2;
%bauda uz tuscia bankoamta
bauda=200;
%planines ink kaina
inkprice_PL=30;
%ekstra inkasacijos kaina
extraINK=30;
%bankomatu skaicius
bankomatu_sk=5;
%simuliacijos periodas
simulation_period=30;
%apsimokymo periodas
train_points=100;
%negalimos savaites dienos inkasacijai
Savaites_Ne_D=[10];
%inkasavu maksimalus kiekis per diena
max_Inkasaciju=10;
%min_mazinimo_mode=1;
negalima_ink_persk(1:5,1:1000)=0;
ink_count_matrix(1:100)=0;
%perskaiciavimas jei sekanti ink iskrenta tapacia diena
perskaiciuoti=0;
%1.simuliuojam pinigų isemima
sim_cash_out=0;
%prognozavimo modelio pasirinkimas 1=medzio, 0=SVR
predic_model_mode=0;
%1=ink nuo likucio saugykloje perskaiciuojamas per maxink mazinima
%2= pinigų trukumas nukerpamas proporcingai(inkasacijos neperskaiciuojamos)
SAUGYKLOS_SUM_MODE=5;
%1=inkasacija keliama pagal zingsini 0= pagal prognozuojam isemima
ink_step_MODE=0;
%1=inkasaciju kiekis koreguojamas pagal negalimas dienas 2= pagal max. ink.
INK_COUNT_MODE=2;
%1=rodyti grafikus
graf=1;
ink_global(1:bankomatu_sk,1:simulation_period+2)=0;
%pinigų perskai?iavimo kaina
cash_out_price=0.0;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//////NUSKAITOMI IR APDOROJAMI DUOMENYS////////////////////////////////////
pali=1;
for Ani=1:bankomatu_sk
w= 0+Ani;
datafile= sprintf('A%d',w);
duomenys_file=load(strcat(datafile,'.out'));
duomenys_ALL(1:size(duomenys_file,1),1:size(duomenys_file,2),Ani)=duomenys_file;
negalimos_dienos_data(1:size(duomenys_file),Ani)=
ismember(duomenys_file(:,4),Savaites_Ne_D)*40000;
```

```

year_bar(1:size(duomenys_file,1),Ani)= duomenys_file(:,1);
month_bar(1:size(duomenys_file,1),Ani)= duomenys_file(:,2);
day_bar(1:size(duomenys_file,1),Ani)= duomenys_file(:,3);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
rng default
% palukanu normos
%palukanos_data(1:1000,1:10000)=0.1/365;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
s=1;
while s<= simulation_period

%numanomu inkasaciju kiekis kiekviena diena
%ink_count_matrix(:)=0;
%perskaiciavimo flagas
perskaiciuoti=0;

%bakomatu skaicius
An=1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//////BANKOMATU TIKRINIMO ALGORITMO PRADZIA////////////////////////////////////
while An<=bankomatu_sk
%I-tosios prognozavimo dienos inkasacijos ir vidutiniu kastu masyvas
%perskiaciuoti einamo bankomato inkasacija flagas
perskaiciuoti_An=0;
%konkretaus ATM duomenys
duomenys=duomenys_ALL(train_points+s:end,An);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%////// pirmos dienos vakaro kastai skaiciavimas////////////////////////////////////
if s==1
cashIN3(An,s)=duomenys(1,8);
cost_atm_day(An,s)= cashIN3(An,1)*palukanos_data(train_points+1,An);

INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s)=0;
if cashIN3(An,s)<=0
cost_atm_day(An,s)=bauda;
INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s)=bauda;
end
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%////// inkasaciju pagal realius duomenis kaina////////////////////////////////////
INK_real(An,s)=duomenys(1,9);
if INK_real(An,s)>0
ink_price_real(An,s)=30;
else
ink_price_real(An,s)=0;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%saugom realius bankomatu dumenis
ink_OUT_real(An,s)=duomenys(1,10);% is bankomato isimtu pinigų suma inkasacijos metu
cashIN_real(An,s)=duomenys(1,8);%realus pinigų likutis pagal duomenis

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%//////PINIGU ISEMIMO PRGNOZAVIMAS////////////////////////////////////
DATA = duomenys_ALL(:,1:8,An);
x=DATA(s:train_points+s,1:end-2);
y=DATA(s:train_points+s,end-1);
%1-desicion tree,0-SVR model
if predic_model_mode==1
mdl = fitrtree(x,y);

```

```

else
mdl = fitrSVR(x,y,'KernelFunction','gaussian','KernelScale','auto','Standardize',true)
end

for n=1:100

DATA(train_points+s+n,end-2) = sum(DATA(train_points+s+n-5:train_points+s+n-1,end-
1))/5;
xpr= DATA(train_points+s+n,1:end-2);
yp = predict(mdl,xpr);
%perrasom 5 dienu vidutiniam suvartojimui
DATA(train_points+s+n,end-1)=yp;
yp_matrix(n)=yp;

end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%/NEGALIMU DIENU ATRINKIMAS%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
negalimu_d_i=1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
negalimos_dienos_sav=negalimos_dienos_data(train_points+s:train_points+s+simulation_pe
riod+50,An);
%negalimos_dienos_sav(2+simulation_period-s:100,An)=40000;
for negalimu_d_i=1:size(negalimos_dienos_sav,1)
if negalimos_dienos_sav(negalimu_d_i)>0 || negalima_ink_persk(An,negalimu_d_i)>0
    negalimos_dienos(negalimu_d_i)=40000;
else
    negalimos_dienos(negalimu_d_i)=0;
end
end
negalima_ink_persk(An,:)=0;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Predic_bar(An,s,:)=duomenys(1:simulation_period+1,7);%yp_matrix;%TESTAVIMUI
Predic_bar(An,s,1)=0;%GRAFIKAMS
Predic_bar(An,s,2:size(yp_matrix,2)+1)=yp_matrix;%GRAFIKAMS
%realiu pinigų isemimų matrica skaiciavimam
cashOUT_real(An,s,:)=duomenys(1:simulation_period+1,7);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%iteracijos numeris vidutiniu kastu matricos dienu skaiciui
predict_d_i=1;
% atsirenkam papildomus param pagal iteracijas
palukanos = palukanos_data(train_points+s:end,An);
% kastai pagal realius duomenis
cost_day_real(An,s) = cashIN_real(An,s)*palukanos(1) + ink_price_real(An,s)+
ink_OUT_real(An,s)*cash_out_price;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%sim_cash_out==1 prognozuojamas suvartojimas lygus realiam
if sim_cash_out==1
predict_cashOUT=duomenys(1:simulation_period+40,7);
else
predict_cashOUT(1)=0;
predict_cashOUT(1:size(yp_matrix,2))=yp_matrix;
end

%kastu matricos prognozavimo diena
day=2;

%Pradinis pinigų likutis generuojant matrica( vakare)
cashIN=cashIN3(An,s)-predict_cashOUT(day)-minLIK;

if cashIN<0
    cashIN=0;
end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%/MATRICOS GENERAVIMAS%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
while predict_d_i<=10

```

```

inkIN=0;
ink_i=1;
cashIN2=cashIN;
cost_avg(1,1)=0;

%kad matrica butu vienodai uzpildyta( del prognozuojamu ink max ink
%pasiekiamo ne vienu metu)
cost_avg(2:100,1)=400000;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%LOOP MATRICOS DIENA SU VIS KELIAMA INKASACIJOS SUMA
while inkIN<= maxINK
%kiekviena diena su ivariais inkasaciju dydziais
day1=day+1;
% cashIN2=cashIN;
cost_i=2;
% isvalom costu masyva
cost = 0;
%Jei ink daugiau uz 0 vertinam tos dienos suvartojima
if inkIN>0
cashIN2= cashIN2-predict_cashOUT(day)-minLIK;
end

if cashIN2<0
cashIN2=0;
end
%skaiciuojam nuline ink price jei nieko neinesam
% pinigų likucio perskaiciavimo kastai cashIN2*cash_out_price
%jei pries tai bankoamtas buvo tusciasi ir neikasuotas del negalimos
%dienos tai sekanciu dienu costus tai itakojame empty_cost

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cost(1)= cashIN2*palukanos(day)+inkprice_PL+
negalimos_dienos(day)+(cashIN+predict_cashOUT(day-1))*cash_out_price;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if cashIN2<minLIK
cost(1)= cashIN2*palukanos(day) +
inkprice_PL+negalimos_dienos(day)+(cashIN+predict_cashOUT(day-1))*cash_out_price;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if cashIN2<=0
cost(1)=inkprice_PL+negalimos_dienos(day)+bauda;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if inkIN<=0 && cashIN2>0
cost(1)= cashIN2*palukanos(day);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cashIN2=cashIN2-predict_cashOUT(day1);

cost(cost_i)=negalimos_dienos(day1)+inkprice_PL;

%loop su inesta suma kiek atm isgyvens ir kokie vidutiniai cost bus
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
while cashIN2>0

cost(cost_i) =cashIN2*palukanos(day1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cost_i=cost_i+1;
day1=day1+1;
cashIN2=cashIN2-predict_cashOUT(day1);
%ink kaina pabaigoje
cost(cost_i) =inkprice_PL+negalimos_dienos(day1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Vidutiniai kastai
cost_avg(ink_i,1)= (sum(cost)/cost_i);%+cost_avg(1,1);
%Inkasacijos dydis
cost_avg(ink_i,2)= inkIN;
%sekancios ink diena ( sumulation number)

```

```

cost_avg(ink_i,3)= s+cost_i+predict_d_i-1;

%jei kitos inkasacijos numeris uz simulaicijos ribu, apribojame ji
if cost_avg(ink_i,3)>simulation_period+1
    cost_avg(ink_i,1)=bauda*200;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%Keiciam ink dydi matricai costu
if ink_step_MODE==1
    inkIN=inkIN+stepink;
    cashIN2=inkIN;
else
    if ink_i==1
        inkIN=inkIN+predict_cashOUT(day)+minLIK+10;
    else
        inkIN=inkIN+predict_cashOUT(day+ink_i-1);
    end
    cashIN2=inkIN;
end
%sekanti ink
ink_i= ink_i+1;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
cost_matrix(1:size(cost_avg,1),1:size(cost_avg,2),1:size(cost_avg,3),predict_d_i)=cost_avg;
predict_d_i=predict_d_i+1;
cashIN= cashIN-predict_cashOUT(day+1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
if cashIN<=0
    cashIN=0;
end

    day=day+1;
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%/MATRICA SUGENERUOTA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%/MIN KASTU IR INKASACIJOS PAIESKA%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
search_range=find(squeeze(cost_matrix(1,1,1:10))>=bauda,1);
if isscalar(search_range)==0
    search_range=1;
end
%ieskom min reiksmes masyve
[minM, idx] = min(cost_matrix(1:end,1,1:search_range));
[n, m, t] = ind2sub(size(cost_matrix),idx);
s_idx=squeeze(idx);
%loop opt ink dydziams atrinkti
for j=1:size(s_idx)

opt_ink(j)=cost_matrix(s_idx(j),2,j);
next_ink_time(j)= cost_matrix(s_idx(j),3,j);

end

[min_min,min_ind]=min(squeeze(minM(:,1,:)));

%GRAFIKAM
cost_matrix_bar=squeeze(cost_matrix(:,1,:));
if s==1 && An==1 && graf==1
figure
bar3(cost_matrix_bar);
xlabel('prognozavimo diena')
ylabel('inkasacijos dydis')
zlabel('kaina')
legend('inkasacijos')

end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%size(find(ink_time_global(:,s)>0),1)
%TIKRINAM AR OPT INK YRA BUSIMA DIENA
if min_ind==1 && opt_ink(1)>0 && size(find(ink_global(:,s+1)>0),1)<max_Inkasaciju &&
negalimos_dienos(2)<100

    cashIN3(An,s+1)=opt_ink(1)-cashOUT_real(An,s,2);
    ink_global(An,s+1)=opt_ink(1);
    ink_time_global(An,s+1)=next_ink_time(1);

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%inkasaciju kiekio tikrinimas ir koregavimas
    ink_count_matrix(next_ink_time(1))=ink_count_matrix(next_ink_time(1))+1;

    if ink_count_matrix(next_ink_time(1))>max_Inkasaciju &&
next_ink_time(1)<simulation_period+10
        if INK_COUNT_MODE==1
            negalima_ink_persk(An,next_ink_time(1)+1-s)= 40000;
            ink_count_matrix(next_ink_time(1))=ink_count_matrix(next_ink_time(1))-1;
            perskaiciuoti_An=1;
        end
        if INK_COUNT_MODE==0
            maxINK=maxINK-10000;
            ink_count_matrix(next_ink_time(1))=ink_count_matrix(next_ink_time(1))-1;
            perskaiciuoti_An=1;
        else
            maxINK=maxmax_INK;
        end
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

    if cashIN3(An,s+1)<0
        cashIN3(An,s+1)=0;
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%DIENOS KASTAI PAGAL PROGNOZUOTAS INK IR
    %PAGAL REALIUS ISEMIMUS
        cost_atm_day(An,s+1)= cashIN3(An,s+1)*palukanos_data(s+1) + inkprice_PL +
cashIN3(An,s)*cash_out_price;
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=inkprice_PL;

    if cashIN3(An,s)<Extra_minLIK
        cost_atm_day(An,s+1)= cost_atm_day(An,s+1)+extraINK;
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=extraINK+inkprice_PL;
    end
    if cashIN3(An,s)<0
        cost_atm_day(An,s+1)=cost_atm_day(An,s+1)+bauda+extraINK;
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=bauda+extraINK+inkprice_PL;
    end
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
    % jeinesuplanuota inkasacija

else
cashIN3(An,s+1)=cashIN3(An,s)-cashOUT_real(An,s,2);
ink_global(An,s+1)=0;

    if cashIN3(An,s+1)<0
        cashIN3(An,s+1)=0;
    end

        cost_atm_day(An,s+1)= cashIN3(An,s+1)*palukanos_data(s+1);
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=0;

    if cashIN3(An,s)<=0
        cost_atm_day(An,s+1)=bauda;
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=bauda;
    end
    ink_time_global(An,s+1)=0;
end
%test=[s+1,An,min_ind,cashIN3(An,s+1),opt_ink(1),search_range]
%ink_time_global(An,s+1)=next_ink_time(1);
    opt_ink(1)=0;

```



```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

if cashIN3(An,s+1)<0
    cashIN3(An,s+1)=0;
end

if perskaiciuoti_An==0
    An=An+1;
end

    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Bankomatu tinklo bendros inkasavimo sumos tikrinimas kiekviena diena
%ink koregavimas pagal negalima kieki inkasaciju pagal max ink

if sum(ink_global(:,s+1))>max_vezama_suma
    if SAUGYKLOS_SUM_MODE==1
        perskaiciuoti=1;
        maxINK=maxINK-5000
    else
        perskaiciuoti=0;
        maxINK=maxmax_INK;
    end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%/MAX
PINIGU KIEKIS SAUGYKLOJE KOREGAVIMAS INK DYDZIU
    if SAUGYKLOS_SUM_MODE==2
        sum_INK_tarpinis=sum(ink_global(:,s+1));%/size(find(ink_global(:,s+1)>0),1)
        find(ink_global(:,s+1)>0);
        inks_idx=find(ink_global(:,s+1)>0)';
        ((sum_INK_tarpinis-max_vezama_suma)/size(inks_idx,2))
        ink_global(inks_idx,s+1)=ink_global(inks_idx,s+1)- ((sum_INK_tarpinis-
max_vezama_suma)/size(inks_idx,2));
        perskaiciuoti=0;

        cashIN3(inks_idx,s+1)=ink_global(inks_idx,s+1)-cashOUT_real(inks_idx,s,2);

        if cashIN3(inks_idx,s+1)<0
            cashIN3(inks_idx,s+1)=0;
        end

        cost_atm_day(inks_idx,s+1)= cashIN3(inks_idx,s+1)*palukanos_data(s+1) +
inkprice_PL+ cashIN3(inks_idx,s)*cash_out_price;
        INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=inkprice_PL;

        if cashIN3(inks_idx,s+1)<minLIK
            cost_atm_day(inks_idx,s+1)= cashIN3(inks_idx,s+1)*palukanos_data(s+1)+
cashIN3(inks_idx,s)*cash_out_price+extraINK;
            INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=extraINK;
        end
        if cashIN3(inks_idx,s+1)<=0
            cost_atm_day(inks_idx,s+1)=bauda+extraINK;
            INK_GLOBAL_KAINA_BAR(An,s+1)=bauda+extraINK;
        end

    end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

end

if perskaiciuoti==0
    s=s+1;
    %negalima_ink_persk(1:bankomatu_sk,1:simulation_period+5)=0;

```

```

else
    s=s;
end

end

%//////////Datos stampas/////
year_bar1=year_bar(train_points+1:train_points+simulation_period,:);
month_bar1=month_bar(train_points+1:train_points+simulation_period,:);
day_bar1=day_bar(train_points+1:train_points+simulation_period,:);
dn=datetime(year_bar1(:,1),month_bar1(:,1),day_bar1(:,1));
%//////////cost_matrix_bar
data_bar(1,:)=Predic_bar(1,1:size(dn,1),2);
data_bar(2,:)=cashOUT_real(1,1:size(dn,1),2);
avg_cost_period_real= sum(cost_day_real(:,1:end-1))/(size(cost_day_real',1)-1)
avg_cost_period_predict= sum(cost_atm_day(:,1:end-1))/(size(cost_atm_day',1)-1)

diff_cost_period= avg_cost_period_real- avg_cost_period_predict
if graf==1
figure
bar (dn,data_bar');
datetick('x','d');
title('pinigu isemimas')
xlabel('diena')
ylabel('pinigu kiekis')
legend('prognozuotas','realus')

figure
bar([avg_cost_period_predict',avg_cost_period_real']);
title('vidutiniai kastai')
xlabel('bankomatas')
ylabel('kastai')
legend('imitacinis','realus')

figure
bar(dn,[cashIN3(1,1:size(dn,1))',cashIN_real(1,1:size(dn,1))']);
%plot(dn,cashIN3(:,1:size(dn,1))');
datetick('x','d');
title('pinigu kiekis bankomate')
xlabel('diena')
ylabel('pinigu kiekis')
legend('imitacinis','realus')

figure
bar(dn,[cost_atm_day(:,1:size(dn,1))'];%cost_day_real(:,1:size(dn,1))']);
datetick('x','d');
title('bankomato dienos islaikymo kastai')
xlabel('diena')
ylabel('pinigu kiekis')
legend('imitacinis','realus')

figure
bar(dn,[INK_GLOBAL_KAINA_BAR(:,1:size(dn,1))'];%cost_day_real(:,1:size(dn,1))']);
datetick('x','d');
title('Inkasaciju kainos')
xlabel('diena')
ylabel('pinigu kiekis')
ink_global(:,1)=0;

figure
bar(dn,ink_global(1,1:size(dn,1))');
datetick('x','d');
title('Bankomatu tinklo inkasacijos')
xlabel('savaites diena')
ylabel('pinigu kiekis')
legend('ATM1','ATM2','ATM3','ATM4','ATM5')
end
%ink_time_global
atm_best_MIN_cost(test_min_lik,:)=avg_cost_period_predict;
atm_best_MIN(test_min_lik)=maxmax_INK;
test_min_lik=test_min_lik+1;
minLIK=minLIK*100;
end

```