

VILNIAUS UNIVERSITETAS

Darius Dilijonas

**APTARNAVIMO SISTEMŲ PELNINGUMO TYRIMAI, REALAUS
LAIKO SPRENDIMŲ PRIĖMIMUI, TAIKANT INTELEKTINES
SYSTEMAS**

Daktaro disertacija
Fiziniai mokslai, informatika (09P)

Vilnius, 2011

Disertacija rengta 2006 – 2010 metais Vilniaus universitete

Mokslinis vadovas:

prof. dr. Virgilijus Sakalauskas (Vilniaus universitetas , fiziniai mokslai,
informatika – 09 P)

Konsultantas:

prof. habil. dr. Rimvydas Simutis (Kauno technologijos universitetas , fiziniai
mokslai, informatika – 09 P)

TURINYS

1.	Ivadas	9
1.1.	Tyrimų sritis	9
1.2.	Darbo aktualumas.....	10
1.3.	Darbo tikslas ir uždaviniai.....	14
1.4.	Tyrimo objektas	15
1.5.	Mokslinis naujumas	15
1.6.	Ginamieji teiginiai.....	18
1.7.	Tyrimų metodika	19
1.8.	Praktinė vertė	19
1.9.	Darbo rezultatų aprobavimas	20
1.10.	Paskelbtos publikacijos	21
1.11.	Disertacijos struktūra.....	23
2.	Elektroninių paslaugų kokybės ir produktyvumo valdymas	25
2.1.	Aptarnavimo sistemų klasifikacija ir apibrėžimas	25
2.2.	Elektroninės paslaugos	27
2.3.	Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija	28
2.4.	Elektroninių paslaugų teikimo koncepcinis modelis.....	29
2.5.	Paslaugų kokybės modeliai	32
2.6.	Paslaugų produktyvumas.....	39
2.6.1.	Tradicinis produktyvumo vertinimas ir paslaugų sistemos	41
2.6.2.	Paslaugų produktyvumo modeliai	43
2.6.3.	Paslaugų produktyvumo vertinimas	46
2.7.	Paslaugų paklausos prognozavimas	47
2.8.	Antrojo skyriaus apibendrinimas ir išvados	48
3.	Bankomatų tinklo grynujų pinigų valdymo multi-agentų modelis	51
3.1.	Agentų technologijos	52
3.1.1.	Agentų apibrėžimas.....	52
3.1.2.	Klasikinė programinio agento sistemos architektūra	53
3.1.3.	Multi-agentų sistemos	54
3.1.4.	Agentų sistemų klasifikacija	56
3.1.5.	Agentų sistemų kūrimo technologijos.....	57
3.1.6.	Agentų sistemų kūrimo technologijos.....	59
3.2.	Realaus laiko sprendimų priėmimo sistemos	60
3.2.1.	Verslo intelektikos sistemų plėtra	62
3.2.2.	Verslo intelektikos sistemos.....	65
3.2.1.	Realaus laiko verslo intelektikos sistemos	67
3.2.2.	Verslo analitikos sprendimų plėtra aptarnavimo sektoriuje	71

3.3.	Bankomatų tinklų valdymas.....	72
3.3.1.	Bankomatų tinklo valdymo modeliai	73
3.3.2.	Bankomatų tinklo optimizavimo modeliai	76
3.3.3.	Bankomatų grynujų pinigų valdymo procesas	78
3.4.	Agentų platformos modeliavimas ir projektavimas	81
3.4.1.	Agentų technologijų pritaikymas realių problemų sprendimui	81
3.4.2.	Agentų technologijų taikymas bankomatų sistemų valdymui	81
3.4.3.	Protingų agentų panaudojimas bankomatų tinklo našumo optimizavimui.....	85
3.4.4.	Multi-agentų sistemos platformos kūrimo įrankių parinkimas	91
3.4.5.	Multi-agentų sistemos platformos apibūdinimas	93
3.4.6.	Multi-agentų sistemos funkcionalumo apibūdinimas.....	95
3.4.7.	Globalus multi-agentų sistemos modelis.....	97
3.4.8.	Agentų duomenų ontologijos	102
3.5.	Trečio skyriaus apibendrinimas ir išvados	105
4.	Neuroninių tinklų modelis.....	110
4.1.	Dirbtiniai neuroniniai tinklai.....	111
4.2.	Prognozavimas neuroniniais tinklais.....	114
4.2.1.	Prognozavimo neuroniniais tinklais metodologija.....	114
4.2.2.	Neuroninių tinklų mokymo strategijos.....	119
4.2.3.	Neuroniniai tinklai ir tradiciniai prognozavimo metodai	121
4.2.4.	Neuroninių tinklų ir tradicinių metodų kombinavimas	122
4.3.	Neuroninių tinklų taikymas finansų sektoriuje	122
4.4.	Bankomatų grynujų pinigų tiekimo našumo didinimo modelis	124
4.5.	Neuroninio tinklo struktūra.....	126
4.5.1.	Daugiasluoksniai neuroniniai tinklai.....	127
4.5.2.	Funkcijos aproksimavimas	129
4.5.3.	Modelio apmokymas ir adaptacija	131
4.5.4.	Apmokymo metodai.....	132
4.5.5.	Parinkta neuroninio tinklo struktūra.....	137
4.6.	Ketvirto skyriaus apibendrinimas ir išvados	140
5.	Savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodika.....	142
5.1.	Savitarnos sistemų kokybės vertinimo kriterijai	142
5.2.	Savitarnos paslaugos naudojimo patirtis	144
5.3.	Verte pagrįstas savitarnos kokybės kriterijų modelis.....	145
5.4.	Savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis.....	147
5.5.	Savitarnos sistemų našumo vertinimo modelis	150
5.6.	Procesų tobulinimo metodikos	153
5.6.1.	Verslo procesų tobulinimo metodikos.....	154
5.6.2.	Procesų tobulinimo metodai.....	155

5.6.3.	Six sigma paslaugų procesų tobulinimui.....	158
5.7.	Savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis	160
5.8.	Penkto skyriaus apibendrinimas ir išvados	168
6.	Bankomatų tinklo veiklos našumo didinimo ir valdymo sistema	171
6.1.	Bankomatų tinklų optimizavimo problematika.....	171
6.2.	Bankomatų tinklo grynujų pinigų valdymo kaštų minimizavimo metodas.....	172
6.2.1.	Tikslo funkcija ir jos optimizavimas	173
6.2.2.	Stochastinis modeliuojamo atkaitinimo algoritmas	173
6.3.	Bankomatų tinklų grynujų pinigų valdymo sistema.....	176
6.3.1.	Sistemos funkcionalumo aprašymas	178
6.4.	Šešto skyriaus apibendrinimas ir išvados.....	180
7.	ATM tinklų našumo modeliavimas.....	182
7.1.	Klasikiniai laiko eilučių prognozavimo modeliai	183
7.1.	Eksperimentinių tyrimų eiga	186
7.2.	Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai	188
7.2.1.	Klasikinių ir ANN prognozavimo metodų palyginimas.....	189
7.2.2.	ATM tinklo našumo modeliavimo rezultatai	191
7.3.	Mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai	197
7.3.1.	Klasikinių ir ANN prognozavimo metodų palyginimas.....	199
7.3.2.	ATM tinklo našumo modeliavimo rezultatai	203
7.4.	Metodikos pritaikymas banko ATM tinklo paslaugų teikimo tyrimui.....	207
7.5.	Septinto skyriaus apibendrinimas ir išvados	211
8.	Bendros išvados	214
	Literatūra.....	219
	PRIEDAI.....	229

Paveikslėlių sąrašas:

1. pav.	Paslaugų sistemų klasifikacija.....	26
2. pav.	Elektroninių paslaugų veiksniai	30
3. pav.	E-paslaugų teikimo koncepcinis modelis.....	31
4. pav.	IT suderinimo modelis.	33
5. pav.	Atributų ir bendro poveikio modelis.....	34
6. pav.	Vidinių paslaugų kokybės modelis, DEA analizė.....	34
7. pav.	Internetinės bankininkystės modelis (angl. Internet banking model).....	35
8. pav.	IT parentas modelis (angl. IT-based model).	36
9. pav.	Elektroninių paslaugų kokybės modelis (angl. Model of e-service quality).....	37
10. pav.	Paslaugų produktyvumo modelis pagal Gronroos (2004).	44
11. pav.	Paslaugų produktyvumo modelis pagal Rutkauską (2005).	45
12. pav.	Paslaugų apimčių valdymas.	48
13. pav.	Intelektualios sistemos sudėtinės dalys.	51
14. pav.	Klasikinė programinio agento architektūra	53

15. pav.	Struktūrinė multi-agentų funkcionavimo schema.	55
16. pav.	Nwana agentų klasifikacija.	56
17. pav.	Davis agentų klasifikacija.	57
18. pav.	Organizacijos analitikos sprendimų topografija.	63
19. pav.	Verslo intelektikos sistemos struktūra.	67
20. pav.	Modifikuota realaus laiko verslo valdymo sistema.	68
21. pav.	Realaus laiko verslo intelektikos sistemos architektūra.	70
22. pav.	Idealus ATM tinklo valdymo modelis.	73
23. pav.	ATM tinklų operacijų savininkų pasiskirstymas, pagal ATM tipą.	75
24. pav.	Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis.	76
25. pav.	Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis.	77
26. pav.	Bendras grynujų pinigų valdymo modelis.	79
27. pav.	USE CASE bendras grynujų pinigų valdymo atvejis.	80
28. pav.	Bankomatų išsidėstymas pavyzdys.	82
29. pav.	ATM elementų struktūra.	83
30. pav.	ATM sistema.	84
31. pav.	De La Rue ECM™ bankomatų valdymo sistemos pavyzdys.	87
32. pav.	ATM grynujų pinigų valdymo sprendimo funkcionalumas (konceptinis modelis). 88	
33. pav.	ATM grynujų pinigų valdymo sprendimo funkcionalumas (USE CASE modelis). 88	
34. pav.	Duomenų surinkimo scenarijus.	89
35. pav.	Dokumentų valdymo scenarijus.	89
36. pav.	Analitikos ir planavimo scenarijus.	90
37. pav.	Vaizdavimo ir apribojimų (kokybės valdymas) scenarijus.	91
38. pav.	Daugiasluoksnė aplikacijos architektūra.	94
39. pav.	Multi-agentų sistemos platformos architektūra.	95
40. pav.	Optimalios resursų valdymo sistemos USE CASE paketų struktūra.	96
41. pav.	Optimalios resursų valdymo sistemos USE CASE diagrama.	97
42. pav.	Globalus multi-agentų sistemos modelis.	98
43. pav.	Web servisų ir JADE agentų komunikavimo schema.	99
44. pav.	Agentų sistemos JADE Framework klasių diagrama.	100
45. pav.	MatLab Runtime komponentai.	101
46. pav.	WSIG sietuvo duomenų ontologijos klasių diagrama.	102
47. pav.	Sesijos ontologijos klasių diagrama.	104
48. pav.	Duomenų teikimo ontologijos klasių diagrama.	104
49. pav.	Biologinis neuronas.	112
50. pav.	Adaptyvios sistemos kūrimas.	113
51. pav.	Neuroninio tinklo struktūra vieno laiko intervalo prognozavimui.	116
52. pav.	Trijų sluoksnių neuroninis tinklas.	117
53. pav.	Bendra ATM grynujų pinigų tiekimo optimizavimo schema.	124
54. pav.	Lankstaus neuroninio tinklo (prognozavimo agento) struktūra.	126
55. pav.	Hiperbolinio tangento perdavimo funkcija.	126
56. pav.	Tiesioginio sklaidimo daugiasluoksnis neuroninis tinklas.	128
57. pav.	Funkcijos aproksimavimas: struktūrinė diagrama.	129
58. pav.	Tiesinės sistemos parametrų adaptavimas.	132
59. pav.	Gradientinis nusileidimas fiksuoto mokymo žingsniu.	134

60. pav.	Naudojama neuroninio tinklo struktūra ir apmokymo algoritmas.	138
61. pav.	Verte pagrįstas savitarnos paslaugų kokybės vertinimo kriterijų modelis.	146
62. pav.	Savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis.	149
63. pav.	Savitarnos sistemos našumo vertinimo modelis.	152
64. pav.	Six Sigma paslaugų procesų tobulinimo metodika.	158
65. pav.	Savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis.	160
66. pav.	Savitarnos sistemų našumo didinimo dalyvių hierarchija.	162
67. pav.	Savitarnos sistemų našumo didinimo metodikos procesų hierarchija.	162
68. pav.	Savitarnos sistemų našumo didinimo modelis, darbų sekų modelis.	163
69. pav.	Įvertinti procesus ir galimų patobulinimų pelningumą, darbų sekų modelis. ...	164
70. pav.	Intelektinius metodų pritaikymas, paslaugų apimčių valdymui, darbų sekų modelis.	165
71. pav.	Verslo proceso tobulinimas, darbų sekų modelis.	166
72. pav.	Globaliojo funkcijos minimumo radimas kompaktinėje srityje.	174
73. pav.	ATMiQ sistemos architektūros komponentai.	176
74. pav.	Sistemos techninės įrangos konfigūracija.	177
75. pav.	ATMiQ sistemos pinigų valdymo modulio langas.	178
76. pav.	ATMiQ sistemos vartotojo ir sistemos darbo našumo vertinimas.	179
77. pav.	Eksperimentini tyrimų eiga, modeliuojant ATM tinklo našumą.	187
78. pav.	ANN prognozavimo MAPE pasiskirstymas (didelio apkrautumo tinklai).	189
79. pav.	ATM nr.: 526 W modelio alfa ir beta koeficientų įtaka MAPE.	194
80. pav.	ATM nr.: 526 (netikslus) W-modelio prognozavimas.	194
81. pav.	ATM nr.: 526 (netikslus) ANN pinigų planavimo palyginimas su W-modeliu.	195
82. pav.	ATM nr.: 526 (netikslus) ANN palyginimas su W-modeliu.	195
83. pav.	ATM nr.: 280 (vidutinis) ANN pinigų planavimo palyginimas su V-modeliu.	196
84. pav.	ATM 2001 pinigų poreikio savybės (savaitės diena, metų mėnuo, mėnesio diena, dienos iki švenčių).	199
85. pav.	ATM 2001 ir 1045 pinigų poreikio laiko eilutės auto-koreliacijos analizė.	199
86. pav.	ATM 1004 pinigų poreikio savybės (savaitės diena, metų mėnuo, mėnesio diena, dienos iki švenčių).	200
87. pav.	Holto dampa (alfa-0,9; beta-0,7; phi-0,1) modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami savaitės duomenys.	201
88. pav.	ATM 1004 Holto dampa (phi-0,1) modelio MAPE priklausomybė nuo beta ir alfa koeficientų.	201
89. pav.	Holto dampa (alfa-0,7; beta-1) modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami dienos duomenys.	202
90. pav.	ANN modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami savaitės duomenys.	202
91. pav.	Užšaldytų pinigų kainos modelis.	204
92. pav.	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM2001 (pinigų užkrovimo grafikas).	205
93. pav.	Optimalių kaštų priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos. ..	206
94. pav.	Optimalios inkasacijos sumos priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.	206
95. pav.	Optimalios inkasacijos trukmės priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.	207
96. pav.	Grižtančių pinigų lygio priklausomybės analizė (neprieinamumas, viena, nominalas).	209

97. pav.	Grįžtančių pinigų lygio priklausomybės analizė (vieta, valiuta).....	210
98. pav.	Grįžtančių pinigų lygio priklausomybės analizė	210

Lentelių sąrašas:

1. lentelė	Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija ir pavyzdžiai.....	28
2. lentelė	Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija (orientuota į vartotoją).	29
3. lentelė	Paslaugų kokybės modelių palyginimas.....	38
4. lentelė	Paslaugų produktyvumo komponentai.	40
5. lentelė	Produktyvumo vertinimo alternatyvos.	46
6. lentelė	Agentų klasifikavimo savybės.	57
7. lentelė	Agentų sistemų realizacijos technologijos ir standartai.	58
8. lentelė	ATM grynųjų pinigų valdymo sprendimų palyginimas	86
9. lentelė	Agentų sistemų realizacijos technologijos ir standartai (platformos pasirinkimas). 91	
10. lentelė	Platformų palyginimas.	92
11. lentelė	ANN taikymai pagal sritis.....	123
12. lentelė	Savitarnos sistemų produktyvumo vertinimo kriterijai.	150
13. lentelė	BPI metodikų apibendrinimas	155
14. lentelė	Six Sigma ir Lean procesų tobulinimo metodikų palyginimas	157
15. lentelė	Six sigma priemonės ir metodai paslaugų procesų tobulinimui.	159
16. lentelė	ANN prognozavimo tikslumo vertimo rezultatai (didelio apkrautumo tinklai) 188	
17. lentelė	Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (tikslių ATM grupė) 192	
18. lentelė	Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (vidutinių ATM grupė) 193	
19. lentelė	Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (netikslių ATM grupė) 193	
20. lentelė	Apibendrinti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (visas tinklas) 196	
21. lentelė	ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo imtis, Lietuvos bankuose.	198
22. lentelė	ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo rezultatai, Lietuvos bankuose (optimalus modelis).....	203
23. lentelė	ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo rezultatai, Lietuvos bankuose (tipinis modelis). 205	
24. lentelė	ATM tinklo veiklos rodiklių tarpusavio koreliacija	208

1. ĮVADAS

1.1. Tyrimų sritis

Globalizacija ir rinkos liberalizavimas įtakoja ekonominius pokyčius. Organizacijos pradeda suprasti, kad esminis dalykas yra ne pelno maksimizavimas, o pelno maksimizavimas didinant vartotojų pasitenkinimą teikiamomis paslaugomis. Šiuo metu yra svarbus ne tik paslaugos teikimo procesas, bet ir tai kaip paslauga yra teikiama. Informacinių technologijų vystymasis daro didelę įtaką paslaugų teikimui ir visam aptarnavimo sektoriui. Vartotojas dabar turi daugiau informacijos ir geresnį suvokimą apie paslaugą, todėl konkurencingumą lemia kokybė, o kokybė lemia pelningumą (Seth ir kiti, 2005).

Gartner (2008) pastebi, kad daug kas pasikeitė aptarnavimo sektoriuje. Prekybininkai pradeda suprasti, kad technologijos gali turėti lemiamą svarbą pelno ir veiklos našumo padidinimui. Efektyvių IT sprendimų taikymas lemia mažo pelningumo aptarnavimo sektoriaus išlikimą. Technologijų svarba įgauna dar didesnę vaidmenį, kuomet dėl ekonominės krizės mažėja pardavimai, o išaugusi konkurencija verčia mažinti prekių kainas ir didinti paslaugų kokybę. Realus laiko verslo valdymo sistemos, galinčios numatyti ateities verslo pokyčius tampa prioritetu numeris vienas. Prognozuojama, kad verslo intelektikos sistemos iki 2012 metų pasikeis iš sistemų kurios „pasako kodėl tai nutiko“ į sistemas, kurios atsakys į kur kas svarbesnį klausimą „kas atsitiks ateityje“. Nuo 2010 metų prasideda prognozuojamosios analitikos era. Gartner ir Forrester kompanijos nurodo, kad iki 2012 metų realaus laiko verslo analitikos sistemos taps neatskiriama verslo veiklos valdymo dalimi.

Darbas nagrinėja aptarnavimo sistemų našumo/pelningumo problematiką. Darbe orientuojamasi į savitarnos paslaugų sritį, konkrečiau į ATM (bankomatų) tinklų našumo didinimą. Elektroninių aptarnavimo sistemų pelningumas priklauso nuo jų darbo našumo ir teikiamų paslaugų kokybės. Aptarnavimo sistemų darbo našumą galima užtikrinti tobulinant ir efektyviau planuojant teikimo procesą. Šiose sistemose labai svarbu priimti savalaikius sprendimus, kad nenukentėtų teikimo procesas. Paslaugų kaip produktų

sandėliuoti negalima, todėl netinkami sprendimai yra susiję su tiesioginiu pajamų praradimu ir kokybės mažėjimu.

Elektroninių aptarnavimo paslaugų našumą galima užtikrinti diegiant pažangias realaus laiko sprendimų valdymo sistemas, keičiant paslaugų sistemų kokybės valdymo supratimą iš tradicinio į prognozuojamąjį. Tokiose sistemose kokybė užtikrinama, numatant paslaugų sistemos elgseną. Duomenų surinkimui iš paskirstytų paslaugų taškų naudojamos multi-agentų technologijos. Protingi agentai pagal surinktus duomenis įvertina paslaugų sistemos resursų poreikį, pagal tai suplanuoja jos darbą, kad teikiamoms paslaugoms pakaktų resursų ir būtų išlaikyta aukšta kokybė bei maksimalus sistemos prieinamumas. Paslaugų sistemos darbas turi būti valdomas realiu laiku, taikant resursų planavimo ir optimizavimo intelektines sistemas. Žinoma, be aptarnavimo paslaugų kokybės valdymo modelių ir sistemų, minėtos priemonės yra tik įrankiai, todėl kartu turi būti taikomi ir našumo valdymo modeliai.

1.2. Darbo aktualumas

Paslaugų sferoje produktyvumo koncepcija pradėta nagrinėti tik XX amžiaus pabaigoje. Paslaugų sektorius yra vienas iš sparčiausiai augančių ekonomikos segmentų (Sahay, 2005), tačiau paslaugų produktyvumo valdymo srityje atlikta labai mažai empirinių tyrimų. Paslaugų produktyvumo teorijos pagrindus suformavo Gronroos (2004), Chase ir Haynes (2000). Jie nagrinėjo gamybos ir paslaugos produktyvumo sąvokų panašumą ir skirtumus, suformavo pagrindinius paslaugų produktyvumo apibrėžimus. Ojasalo (1999) suformavo paslaugų produktyvumo modelį. Sherman (2006) apibūdino paslaugų produktyvumo komponentus. Seth (2005) atliko kokybės valdymo modelių, sukurtų 1984-2003 laikotarpyje tyrimą. Aiškiai galima pastebėti, kad paslaugų teikimo procesas keičiasi iš tradicinio į pagrįstą informacinėmis technologijomis. Informacinių technologijų taikymas paslaugų kokybės valdyje įgauna didelę svarbą. Paslaugų sektoriaus produktyvumas priklauso nuo technologijų ir proceso automatizacijos priemonių (Gummesson, 1998), šiuo metu ši tendencija yra dar ryškesnė, kuomet didėja paslaugų sektoriaus

konkurencingumas. Paslaugų teikimas per savitarnos terminalus arba kompiuterines sistemas, leidžia padidinti paslaugų sistemos našumą ir teikiamų paslaugų aptarnavimo kokybę. Akivaizdu, kad našiai dirbančioms sistemos būdingas aukštesnis pelningumas (Sherman ir kiti, 2006).

Literatūroje pristatomi įvairūs elektroninių paslaugų kokybės valdymo modeliai (Dabholkar, 1996), (Soteriou ir Stavrinides, 2000), (Broderick ir Vachirapornpuk, 2002), (Zhu ir kiti, 2002), (Santos, 2003). Dauguma iš pateiktų modelių yra koncepciniai, nepateikia kokybės vertinimo kriterijų, mechanizmo ir priemonių. Literatūroje pažymima, kad nėra universalių paslaugų produktyvumo vertinimo priemonių, kaip produktų gamybos sektoriuje, vertinimui galima taikyti įvairias metodikas ir jų junginius. Paslaugų procesas yra atvira sistema, todėl tradicinių (gamybinių) našumo vertinimo sistemų taikymas gali sąlygoti neteisingus rezultatus. Pagrindinė paslaugų sistemų produktyvumo dilema yra pajamų ir kaštų subalansavimas, nes paslaugų negalima sandėliuoti. Subalansavimo problemą galima išspręsti pereinant prie prognozuojamojo paslaugų sistemos resursų valdymo. Tam reikia pritaikyti intelektualias realaus laiko sistemas (Muhlen ir Shapiro, 2010; Agrawal, 2009; Azvine, 2005; Nguyen Manh ir kiti, 2005; Seufert ir Schiefer, 2005; Ranjan, 2008), kurių pagalba būtų galima priimti greitus sprendimus ir prognozuoti paslaugų sistemos elgseną, numatant optimalias jos valdymo apimtis.

Mokslas per pastaruosius metus stipriai pažengė į priekį intelektinių sistemų srityje. Sukurti įvairūs metodai ir priemonės sudėtingų verslo optimizavimo ir valdymo problemų sprendimui. Šie metodai remiasi biologiniais ir natūralaus intelekto principais. Jie apima dirbtinius neuroninius tinklus, neryškių aišių sistemas, multi-agentų sistemas, evoliucinių skaičiavimų ir skaitinio intelekto sistemas. Visi kartu jie yra apibūdinami, kaip intelektinės sistemos (Engelbrecht, 2002, Konar, 2005, Eberhart and Shi, 2007). Sistema yra intelektualiai tada, kai gali išmokti ir prisitaikyti prie naujos situacijos, geba apibendrinti žinias ir jose atrasti asociacijas. Adaptyvumas ir gebėjimas prisitaikyti yra neatskiriami realiai veikiančios sistemos savybė. Žinių

apibendrinimo ir asociacijų paieškos savybės intelektinėms sistemoms suteikia pranašumą prieš tradicinius prognozavimo metodus. Hu (1964) pirmasis praktiškai pritaikė neuroninius tinklus oro prognozavimui. Vėliau eksperimentinius tyrimus atliko Werbos (1974), jis laiko eilučių prognozavimui pritaikė neuroninius tinklus. Werbos (1989, 1990) atlikęs eksperimentus su atvirkštinio sklidimo apmokymo algoritmu, padarė išvadas, kad neuroniniai tinklai gali pateikti tikslesnes prognozes lyginant su statistikos metodais: regresine analize ir Box-Jenkins prognozavimo metodu. Lapedes ir Farber (1988) pirmieji pateikė pagrindimą, kad paprastas neuroninis tinklas gali aplenkti tradicinius prognozavimo metodus. Vėliau sekė Sharda ir Patil (1990) tyrimai, kurių metu buvo lyginama Box-Jenkins ir neuroninių tinklų prognozavimo kokybė, naudojant 75 skirtingas laiko eilutes. Sharda ir Patil, Tang ir kiti (1991), atlikę tyrimus suformavo, kad ANN prognozavimo tikslumas yra didesnis, lyginant su tradiciniais laiko eilučių modeliais.

Jokia tiksli prognozė ir tinkamas paslaugų valdymas neįmanomas be korektiškai ir savalaikiai surinktų duomenų, todėl agentų sistemos (Wooldridge ir Jennings, 1995, 1997) yra kitas svarbus realiai funkcionuojančios verslo intelektikos sistemos komponentas. Multi-agentų sistema yra viena iš tinkamiausių priemonių realaus laiko duomenų surinkimui iš paslaugų tinklo taškų. Agentų technologijų taikymas yra tik ankstyvoje stadijoje. Daug tyrėjų pristato įvairias taikymo vizijas, tačiau realių diegimų yra labai mažai (Luck ir kiti, 2005; Wagner, 2005). Agentų sistemas realaus laiko duomenų rinkimui ir valdymui galima sėkmingai pritaikyti e-paslaugų sektoriuje, konkrečiau savitarnos terminalų tinklų paslaugų sistemose. Šios sistemos yra paskirstytos, jų kompiuterizavimo lygis yra aukštas, todėl galima sėkmingai surinkti reikiamus duomenis ir atlikti paslaugų tiekimo optimizavimą.

Geros prognozavimo ir duomenų valdymo priemonės negarantuoja našaus savitarnos sistemų darbo. Semeijn ir kiti (2005) parodė, kad paslaugų aptarnavimo sistemos darbas yra ne ką mažiau svarbesnis už pačią e-paslaugų sistemą. Pačių geriausių ir funkcionaliausių ATM diegimas, be tinkamai funkcionuojančios aptarnavimo sistemos, negali garantuoti aukšto savitarnos

paslaugų lygio. Voss (2003) atlikti tyrimai rodo, kad mažmeninėje bankininkystėje paslaugų kokybės lūkesčiai tik beveik atitinka gaunamą paslaugą. Problemos atsirandančios paslaugų sistemose gali sutrikdyti teikimo procesą (Zhang ir Prybutok, 2005), daugumoje atvejų neprieinamos paslaugos stipriai mažina paslaugos lojalumą (Watcher, 2002). Todėl svarbu suderinti vidinius ir išorinius kokybės kriterijus tarpusavyje. Literatūroje dažniausiai nagrinėjama viena arba kita kriterijų grupė, o bendras modelis savitarnos tinklų kokybės valdymui nėra pateikiamas.

Vidinė sistemos kokybė garantuojama, naudojant pažangias valdymo priemones, kurios leidžia optimizuoti veiklos kaštus ir paslaugų teikimo procesą, ir vidinės kokybės valdymo sistemas, kurios yra paremtos našumo kriterijų rinkiniais. Literatūroje išnagrinėtos ATM tinklų vidinės kokybės valdymo sistemos (Aldlaigan ir Buttle, 2002) (Bahia ir Nantel, 2000), (Jabnoun ir Al-Tamimi, 2003) (Joseph ir Stone, 2003) aiškiai detalizuoti našumo kriterijai. Tuo tarpu literatūroje nagrinėjamų ATM tinklų optimizavimo rezultatų nepakanka, norint sukurti realaus laiko savitarnos paslaugų valdymo sistemą. McAndrews ir Rob (1996) išnagrinėjo optimalaus ATM tinklo dydžio parinkimo metodus. Grynujų pinigų paklausos specifiką (cirkuliuojančių rinkoje grynujų pinigų dydis) nagrinėja Boeschoten (1992, 1998), Viren (1992), Snellman ir kiti (2000), Drehmann ir Goodhart, (2000), Drehmann ir kiti, (2002), ir Stix (2003).

Išorinės kokybės užtikrinimui reikalingos procesų tobulinimo priemonės ir išorinės kokybės valdymo sistemos. Išorines kokybės valdymo sistemas išnagrinėjo Lovelock (2000), Vargo ir Lusch (2004), Johnston ir Clark (2001), Edvardsson ir kiti (2006), jie suformavo vertę pagrįstus paslaugų kokybės valdymo modelius, kurie nagrinėja ekonominius ir socialinius paslaugos teikimo aspektus. Šiuo metu verslas naudoja įvairias procesų tobulinimo metodikas ir metodus. Pagrindiniai iš jų yra Six Sigma, Lean, bei BPI, ir procesų reinžinerijos metodologijos. Six Sigma, Lean teikia aiškiai apibrėžtus įrankius, kaip galima atlikti patobulimus, tačiau stokoja sisteminių principų, skirtų įgyvendinti organizacinius pokyčius ir nustatytus patobulimus (Brache

ir Rummler, 1997; Hammer, 2002), apimant ir pasirengimo pokyčiam įvertinimą (Jones ir kiti, 2005). Joms trūksta aiškiai apibrėžto realizacijos proceso. Akivaizdu, kad patobulinimų duodama nauda priklauso nuo sistemingo jų įdiegimo (Chong ir kiti, 2001). Literatūroje pristatomos įvairios BPI metodikos, jas apibendrina Barry Povey (1998) ir Adesola (2005), tačiau pritaikymų paslaugų organizacijoms yra labai mažai. Jiju Antony (2006) pateikė Six sigma metodikos adaptaciją paslaugų procesų tobulinimui.

Darbe pristatoma savitarnos sistemų veiklos našumo didinimo ir valdymo sistema, adaptuota valdyti bankomatų grynujų pinigų tiekimą. Sistema sukurta naudojant multi-agentų technologijas ir neuroninius tinklus. Bankomatų grynujų pinigų poreikiui prognozuoti sukurta lankstus neuroninių tinklų modelis. Savitarnos sistemų našumui valdyti sukurta vertinimo ir procesų tobulinimo metodika: vertė pagrįstas savitarnos kokybės kriterijų modelis, savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis, savitarnos sistemų našumo vertinimo modelis, ir savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis.

1.3. Darbo tikslas ir uždaviniai

Darbo tikslas yra sukurti aptarnavimo sistemų veiklos našumo didinimo metodą ir valdymo įrankius, realaus laiko sprendimų priėmimui, taikant intelektines sistemas.

Naudojant sukurtą metodą ir valdymo įrankius galima efektyviai valdyti savitarnos paslaugų teikimo procesą, užtikrinti savalaikį sprendimų priėmimą ir nuolatinę paslaugų infrastruktūros adaptaciją, keičiantis vartojimo įpročiams ar verslo aplinkai. Sukurti metodai ir valdymo įrankiai gali būti naudojami įvairiuose paslaugų sektoriuose (degalinių tinklai, informaciniai terminalai, maisto produktų savitarnos terminalai ir kita), kuriuose yra realiu laiku kaupiama paslaugų teikimo informacija.

Siekiant tikslo išspręsti **uždaviniai**:

1. Išanalizuoti elektroninių ir savitarnos paslaugų sistemų kokybės ir produktyvumo valdymo metodus bei pateikti jų apibendrinimą.

2. Atlikus bankomatų tinklų valdymo analizę, sukurti veiklos našumo didinimo ir valdymo sistemos (bankomatų grynujų pinigų valdymo) realaus laiko sprendimų priėmimo modelį.
3. Išanalizavus dirbtinių neuroninių tinklų, taikomų laiko eilučių prognozavimui, veikimo ir kūrimo principus, sukurti bankomatų grynujų pinigų poreikio prognozavimo modelį.
4. Išanalizavus procesų tobulinimo metodikas ir metodologijas, sukurti savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodiką.
5. Sukurti savitarnos sistemų veiklos našumo didinimo ir valdymo sistemą, adaptuota valdyti bankomatų grynujų pinigų tiekimą, kuri leidžia sumažinti paslaugų teikimo išlaidas, neįtakojant teikiamų paslaugų kokybės.
6. Atlikti bankomatų tinklų pelningumo modeliavimą, siekiant įvertinti sukurtos bankomatų tinklų našumo didinimo sistemos duodamą pelningumą, lyginant su įvairiais laiko eilučių prognozavimo ir realiais bankų taikomais valdymo metodais.

1.4. Tyrimo objektas

Disertacijos tyrimų objektas yra aptarnavimo sistemų veiklos našumo didinimo metodas ir valdymo įrankiai, realaus laiko sprendimų priėmimui, taikant intelektines sistemas. Veiklos našumas yra suprantamas, kaip aptarnavimo sistemos pelningumo didinimas, gerinant teikiamų paslaugų kokybę arba mažinant teikimo kaštus. Disertacijoje nagrinėjama siauresnė aptarnavimo sistemų sritis: savitarnos paslaugų sistemos – bankomatų tinklai, todėl sukurtas metodas gali būti sunkiai pritaikomas tradiciniam paslaugų teikimui, dėl jų nepakankamo automatizavimo lygio.

1.5. Mokslinis naujumas

Sukurta savitarnos sistemų veiklos našumo didinimo ir valdymo sistema, pritaikyta valdyti bankomatų grynujų pinigų tiekimą. Sistema taiko multi-agentų technologijas ir neuroninius tinklus. Multi-agentų technologijos naudojamos realaus laiko duomenų surinkimui ir neuroninių tinklų darbo

realizacijai. Sukurtas lankstus neuroninių tinklų modelis, keičiantis savo struktūrą priklausomai nuo situacijos, naudojamas savitarnos paslaugų poreikio prognozavimui. Sukurti 4 savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo modeliai: vertė pagrįstas savitarnos kokybės kriterijų modelis, savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis, savitarnos sistemų našumo vertinimo modelis, ir savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis. Sukurta sistema, vertinant literatūroje siūlomus metodus ir technologijas, pasižymi adaptyvumu, galimybe funkcionuoti realiu laiku ir lankstumu. Naudojant tokią sistemą paslaugų teikimas valdomas realiu laiku, tiksliai planuojant sistemos apkrautumą. Pateikiama ne tik priemonė našiam paslaugų sistemos valdymui, bet taip pat suformuotos savitarnos paslaugų kokybės valdymo ir procesų tobulinimo metodikos. Pagal jas sukurti dviejų tipų ATM tinklų našumo vertinimo modeliai: aukštos ir žemos cirkuliacijos. Modelių našumo kriterijai parinkti pagal suformuotą savitarnos sistemos našumo vertinimo modelį.

Grynujų pinigų vartojimas nuolatos auga, nepaisant elektroninės komercijos plėtros. Europos mokėjimų tarybos duomenimis (sut. EPC) Europos sąjungos šalyse grynujų pinigų apimtys rinkoje per metus išauga nuo 7-10 %. Vidutiniai grynujų pinigų kaštai ES šalių ekonomikoje per metus sudaro nuo 40 iki 70 milijardų eurų, tai yra 0,4 iki 0,6 % nuo ES bendrojo vidaus produkto. EPC mano, kad turėtų būti imamasi veiksmų siekiant sumažinti grynujų pinigų kainą. Sukurta savitarnos sistemų veiklos optimizavimo ir valdymo sistema ir paslaugų kokybės valdymo ir procesų tobulinimo metodikos leidžia sumažinti pinigų kainą, bankomatų tinkluose. Tai yra ypač aktualu, jeigu vertinsime tai, kad 2009 metais pasaulyje veikė 2 mln. bankomatų. ATMIA¹ atlikti tyrimai rodo, kad vieno bankomato aptarnavimas per metus kainuoja nuo 20 iki 68 tūkstančių litų. Jeigu darysime prielaidą, kad vidutiniai vieno bankomato aptarnavimo kaštai yra 40 tūkstančių litų, tai kiekvienais metais visų pasaulio bankomatų išlaikymas kainuotų 80 milijardų litų. Šioje sumoje grynujų pinigų valdymo kaštai sudaro 26%, o tai yra 20,8 milijardai litų. Lietuvos banko

¹ <http://www.atmia.com/>

duomenimis² 2009 m. pabaigoje Lietuvoje veikė 1543 bankomatai, iš jų 1483 išduoda grynuosius pinigus, 73 priima grynuosius pinigus, o 13 bankomatų atlieka abiejų rūšių operacijas. 2009 m. Lietuvoje per bankomatus išgryninta 22,8 mlrd. litų. Grynieji pinigai yra svarbi finansų rinkos dalis. Lietuvoje bankomatų tinklų grynųjų pinigų kaštai sudaro 16,05 mln. litų, naudojant pažangesnes prognozavimo ir savitarnos tinklų valdymo priemones juos galima sumažinti 29 procentais (Lietuvos mastu tai sudarytų 4,7 milijonus litų per metus), užtikrinant efektyvesnį resursų tiekimo planavimą. Atlikus nežymius patobulinimus, įvedant kredito (išdavimo) ir debito (priėmimo) grynųjų pinigų srautų valdymą, sukurti modeliai būtų tinkami ir kitų sričių grynųjų pinigų valdymui, kaip pavyzdžiui banko taupomųjų skyrių pinigų išdavimui, prekybos centrų grynųjų pinigų seifų valdymui. Kitos pritaikymo sritys gali būti parduotuvių tiekimo valdymo sistemos, integruotos paklausos ir tiekimo planavimo sistemoms (sut. IPTPS) bei korporatyvinės parduotuvių verslo įžvalgos sistemos (sut. BI) Gartner (2008).

Darbe atlikti trijų tipų eksperimentiniai tyrimai. ANN struktūros parinkimui naudoti JAV banko bankomatų duomenys (3433 ATM, trukmė įvairi nuo metų iki trijų). Didelio apkrautumo ATM tinklų pelningumo modeliavimui naudoti Indijos bankų duomenys (5500 ATM, trukmė iki 3 mėn.). Modeliavimas atliktas su 361 bankomato duomenimis. Mažo apkrautumo ATM tinklų pelningumo modeliavimui naudoti Lietuvos bankų duomenys (21 ATM, trukmė 6 mėn.).

Atlikus didelio apkrautumo ATM tinklų pelningumo modeliavimą, nustatyta, kad tiksliai prognozuojamų ATM grupėje, per dieną 5000 bankomatų tinklas gali sutaupyti 4250 eurų (arba 14650 litų), o paskolinus atlaisvintus pinigus uždirbti 2660 eurų (arba 9200 litų). Bendra taupymo ir pelno nauda per dieną siekia 6900 eurų (arba 23800 litų). Vidutinė nauda per metus sudaro 2,35 mln. eurų arba 8,1 mln. litų. Vidutiniškai grynųjų pinigų valdymo kaštai sumažinami apie 25%. Naudojant sukurtą ATM tinklų pinigų valdymo modelį, mažo apkrautumo ATM tinklų valdymui, grįžtančių pinigų

² <http://www.lb.lt/lt/mokejimai/mokejimai.htm>

apimtys sumažinamos apie 24%, lyginant su realiu scenarijumi. Panaudojus sukurtą ANN metodą ir optimizavimo procedūrą, bankomatų pinigų valdymo našumą galima vidutiniškai padidinti apie 33 procentus.

Pagrindinis sistemos pranašumas prieš tradicinius planavimo ir valdymo metodus, taikomus ATM tinklų valdymui, yra lankstumas ir realaus laiko planavimas. Sukurtas ANN metodas yra pranašesnis už klasikinius laiko eilučių prognozavimo metodus (slankiojo vidurkio, Holto, Vinterio, ARIMA/ARMA modelius). ANN metodas leidžia išlaikyti pakankamai gerus prognozavimo rezultatus, dirbant su įvairiomis bankomatų grynujų pinigų poreikio laiko eilutėmis, jis lanksčiai pritaiko prie įvairių laiko eilutės procesų. Atlikti Indijos 361 bankomato pinigų poreikio prognozavimo tyrimai rodo, kad ANN metodo vidutinė absoliutinė prognozavimo klaida MAPE% yra apie 33%.

1.6. Ginamieji teiginiai

Disertacijoje ginami teiginiai:

Aptarnavimo sistemose realaus laiko sprendimų užtikrinimui tikslinga naudoti intelektines sistemas.

Bankomatų našumo didinimo ir valdymo sistemose realaus laiko duomenų surinkimui iš savitarnos taškų ir intelektinių metodų realizavimui jose, tikslinga naudoti agentų technologijas.

Savitarnos sistemų paslaugų poreikio prognozavimui tikslingiausia naudoti neuroninių tinklų modelį.

Pasiūlyta savitarnos sistemų veiklos našumo didinimo ir valdymo sistema (adaptuota valdyti bankomatų grynujų pinigų tiekimą) leidžia sumažinti paslaugų teikimo išlaidas, neįtakojant teikiamų paslaugų kokybės.

Pasiūlyta savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodika leidžia užtikrinti nuoseklų savitarnos sistemų veiklos našumo didinimo ir valdymo sistemos diegimą.

1.7. Tyrimų metodika

Tyrimų atlikimui naudoti tokie metodai: teorinė analizė, grįsta įvairių mokslininkų darbų rezultatais ir išvadamis; sisteminė analizė; modeliavimas; įvertinimas; apibendrinimas; apklausa ir interviu, naudoti atliekant bankomatų tinklų grynujų pinigų valdymo procesų analizę. Neuroninio tinklo realizavimui naudotas „Neural Network Based System Identification“ įrankių rinkinys (Nørgaard, 2000a) (Nørgaard ir kiti, 2000b). Algoritmų modeliavimui ir testavimui naudotas MATLAB techninių skaičiavimų paketas. Multi-agentų sistema realizuota naudojant JADE (angl. Java Agent DEvelopment Framework) agentų sistemų kūrimo platformą (Bellifemine ir kiti, 2003).

Grafiniai procesų ir poreikių modeliai paruošti, pagal „Zachman Framework“ organizacijos architektūros projektavimo metodiką, darbų sekų modeliai paruošti pagal BPMN notaciją, USE CASE ir klasių diagramos pagal UML 2.0 notaciją. Modelių paruošimui naudotas Enterprise Architect modeliavimo paketas. Tyrimų rezultatams apdoroti naudota Microsoft Excel skaičiuoklė.

1.8. Praktinė vertė

Sukurta agentų sistema ir dirbtinių neuroninių tinklų metodas, įgyvendinant struktūrinių ES fondų remiamą projektą „Aptarnavimo sistemų optimizavimo ir valdymo agentas“ (BPD2004-ERPF-3.1.7-06-06/0045), realizuotas UAB „Penkių kontinentų bankinės technologijos“ (sut. BS/2) ATMiQ produkte, kaip vienas iš funkcionalumo komponentų, skirtų valdyti ATM tinklo pinigų planavimą. Projektas truko 2 metus (nuo 2007.01.01 iki 2008.08.31), jį įgyvendino 15 specialistų komanda.

2010 metais savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodika pritaikyta UAB „Strateginių Sprendimų Grupė“ sukurtame bankų konsultacijų produkte, jos pagrindu buvo atlikti Lietuvos, Austrijos, JAV, Indijos ir Kazachstano, bankų bankomatų tinklų pelningumo tyrimai.

1.9. Darbo rezultatų apibavimas

Tyrimų rezultatai publikuoti 8 mokslo leidiniuose: 1 straipsnis leidiniuose, įtrauktuose į mokslinės informacijos instituto pagrindinį (ISI Web of Science) sąrašą; 8 straipsniai leidiniuose, įtrauktuose į Mokslinės informacijos instituto konferencijos darbų (ISI Proceedings) sąrašą; 1 straipsnis užsienio konferencijų pranešimų medžiagoje. Tyrimų rezultatai buvo pristatyti ir publikuoti konferencijose:

1. “1st International and Interdisciplinary Scientific Conference on merging Physical Sciences, the Humanities and Social Sciences” (FIHUSO-2007), 18-19 May, 2007 (Information Technology and Control), Kaunas, Lithuania;
2. “Applied stochastic models and data analysis” (ASMDA-2009): the 13th international conference, June 30-July 3, 2009, Vilnius, Lithuania;
3. “Knowledge-Based Technologies and OR Methodologies for Strategic Decisions of Sustainable Development” (KORSO-2009): 5th International Vilnius Conference, EURO-Mini Conference, September 30-October 3, 2009, Lithuania.
4. “Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies”: 20th EURO Mini Conference (EurOPT-2008), May 20-23, 2008, Neringa, Lithuania.
5. “11th International Conference on Enterprise Information Systems” (ICEIS 2009): artificial intelligence and decision support systems, May 6-10, 2009, Milan, Italy.
6. “12th International Conference on Business Information Systems” (BIS 2009), 27-29 April 2009, Poznan, Poland.
7. “6th WSEAS International Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics” (CIMMACS'07), December 14-16, 2007, Tenerife, Spain.
8. „The International Computer Science and Technology Conference“ (ICSTC 2008) March 31st - April 3rd, 2008, San Diego, California, USA.

Gauti apdovanojimai

Paruoštas mokslinis straipsnis „*Intelligent Cash Management System for an ATM network*“, 2008 metais „*International Computer Science and Technology Conference*“ JAV vykusioje konferencijoje apdovanotas, kaip geriausias praktinis mokslo žinių pritaikymas.

BS/2 kompanijos sukurta ATMiQ - bankomatų tinklo optimizavimo sistema, 2008 metais apdovanota Lietuvos metų inovacijos prizų „*Inovacijų prizas 2008*“. Tais pačiais metais informacinių technologijų grupėje ATMiQ produktas apdovanotas Lietuvos metų gaminio aukso medaliu. ATMiQ produkte buvo įdiegtas disertacijoje nagrinėjamas lankstus neuroninių tinklų modelis, agentų sistema ir bankomatų grynujų pinigų optimizavimo procedūros.

1.10. Paskelbtos publikacijos

Disertacijos tyrimų rezultatai publikuoti:

Straipsniai periodiniuose ir vienkartinuose leidiniuose įtrauktuose į ISI Web of Science DB

1. R. Simutis, D. Dilijonas, L. Bastina, J. Friman, P. Drobinov. Optimization of cash management for ATM network // Information technology and control. 2007, t. 36, No. 1A, p. 117-121.

Leidiniuose, įrašytuose į ISI Proceedings sąrašą

1. D. Dilijonas, D. Krikščiūnienė, V. Sakalauskas, R. Simutis. Sustainability based service quality approach for automated teller machine network. // Knowledge-based technologies and OR methodologies for strategic decisions of sustainable development: 5th international Vilnius conference, EURO-mini conference, September 30-October 3, 2009: Selected papers/edited by M. Grasserbauer, L. Sakalauskas, E. K. Zavadskas. Vilnius, 2009. ISBN 9789955284826. p. 241-246.
2. R. Simutis, D. Dilijonas and L. Bastina, Enhanced supervision of automatic teller machines via auto associative neural networks //Applied stochastic models and data analysis (ASMDA-2009): the 13th

- international conference, June 30-July 3, 2009, Vilnius: selected papers. Vilnius: Technika, 2009. ISBN 9789955284635.
3. Dilijonas D., Sakalauskas V., Krikščiūnienė D., Simutis R. Intelligent systems for retail banking optimization: optimization and management of ATM network system. // ICEIS 2009: 11th international conference on enterprise information systems: proceedings: artificial intelligence and decision support systems, Milan, May 6-10, 2009. Milan, 2009. ISBN 9789898111852. p. 321-324.
 4. Simutis R., Dilijonas D., Bastina L. Identification of unexpected behavior of an automatic teller machine using principal component analysis models. // Business Information Systems Workshops 2009: BIS 2009 international workshops, Poznan, Poland, April 2009: revised papers. Book Series: Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 37. Berlin: Springer, 2009. ISBN 9783642011894. p. 53-61
 5. D. Dilijonas, D. Zavrid, Retail banking e-services management optimization research for real-time decision support using BDI software agents // Continuous optimization and knowledge-based technologies: 20th EURO Mini conference (EurOPT-2008), May 20-23, 2008, Neringa, Lithuania. Vilnius: Technika, 2008. ISBN 9789955282839. p. 416-421.
 6. Simutis R., Dilijonas D., Bastina L., Cash demand forecasting for ATM using neural networks and support vector regression algorithms // Continuous optimization and knowledge-based technologies : 20th EURO Mini conference (EurOPT-2008), May 20-23, 2008, Neringa, Lithuania. Vilnius: Technika, 2008. ISBN 9789955282839. p. 416-421.
 7. R. Simutis, D. Dilijonas, L. Bastina, J. Friman. A flexible neural network for ATM cash demand forecasting // 6th WSEAS International Conference on computational intelligence, man-machine systems and cybernetics, Tenerife, Spain, December 14-16, 2007. Tenerife, 2007, p. 163-166.
 8. D. Dilijonas, L. Bastina. Retail banking optimization system based on multi-agents technology // 16th WSEAS International Conference on

computational intelligence, man-machine systems and cybernetics, Tenerife, Spain, December 14-16, 2007. Tenerife, 2007, p. 204-209.

Užsienio tarptautinių konferencijų medžiagoje

1. Rimvydas Simutis, Darius Dilijonas, Lidija Bastina; Intelligent Cash Management System for an ATM network // International Computer Science and Technology Conference: ICSTC 2008 PROCEEDINGS, Edited by John Bugado, Mohammad Amin, Pradip Peter Dey, Chuck Brown, and Arun Datta, 256 - 265 p.

1.11. Disertacijos struktūra

Disertaciją sudaryta iš 8 skyrių, literatūros sąrašo ir 40 priedų. Disertacijos apimtis: 261 puslapis, 98 paveikslai ir 24 lentelės. Papildoma informacija pateikiama 24 prieduose. Pirmajame skyriuje pateiktas disertacijos įvadas.

Antrajame skyriuje pateikiama aptarnavimo sistemų apžvalga. Nagrinėjamos elektroninių ir savitarnos paslaugų sistemos, jų klasifikacijos. Aprašomas elektroninių paslaugų teikimo koncepcinis modelis ir elektroninių paslaugų veiksniai. Detalizuojami 6 paslaugų modeliai, nagrinėjantys IT poveikį kokybės valdymui. Aprašomi paslaugų produktyvumo teoriniai aspektai, detalizuojamas paslaugų produktyvumo modelis, vertinimo kriterijai. Aptariami paslaugų poreikio prognozavimo metodai.

Trečiame skyriuje aprašomi agentų sistemų teoriniai principai. Pateikiama klasikinė programinio agento architektūra. Aprašomos agentų sistemų klasifikacijos. Pateikiama detali agentų sistemų realizacijos technologijų ir standartų analizė. Aprašomos realaus laiko sprendimų priėmimo sistemos. Nagrinėjami verslo intelektikos sistemų teoriniais aspektai. Aptiriamos tradicinių ir realaus laiko verslo intelektikos sistemų savybės, jų vystymosi tendencijos pagal Gartner ir Forrester tyrimų kompanijų duomenis. Nagrinėjama realaus laiko verslo intelektikos sistemų struktūra. Aptariama verslo intelektikos sistemų plėtra aptarnavimo sektoriuje. Aprašyta sukurta savitarnos sistemų agentų platforma. Nagrinėjami bankomatų tinklų valdymo modeliai, aptiriamos galimos jų optimizavimo strategijos. Pateikiamas bankomatų grynujų pinigų valdymo sistemos modelis. Pateikiama agentų

taikymo savitarnos sistemų valdymui analizė. Apibūdinama multi-agentų platforma, detalizuojamas jos funkcionalumas, pateikiamas globalus modelis.

Ketvirtame skyriuje nagrinėjami dirbtinių neuroninių tinklų teoriniai aspektai: įėjimų, išėjimų ir paslėptų sluoksnių parinkimas, perdavimo funkcijos, tinklo modelis ir mokymas. Nagrinėjama prognozavimo neuroniniais tinklais metodologija, vertinamos neuroninių tinklų mokymo strategijos. Pateikiami tyrimai susiję su neuroninių tinklų ir tradicinių metodų prognozavimo rezultatais. Aptariamos dažniausiai taikomos neuroninio tinklo struktūros: viena-sluoksnis ir daugia-sluoksnis perceptronas. Aprašomas sukurtas lankstus neuroninio tinklo modelis. Pateikiama neuroninių tinklų taikymo finansų sektoriuje analizė.

Penktame skyriuje pateikta savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodika. Analizuojami savitarnos kokybės vertinimo kriterijai ir savitarnos paslaugų naudojimo patirtis. Pateiktas sudarytas verte pagrįstas savitarnos kokybės užtikrinimo kriterijų modelis. Detalizuojamas savitarnos sistemų našumo valdymo modelis. Aprašomas savitarnos sistemų tobulinimo modelis ir metodika. Analizuojamos verslo procesų tobulinimo metodikos (tobulinimo, perprojektavimo ir reinžinerijos) ir metodai (Six Sigma, Lean TQM ir JIT). Aprašoma Six Sigma metodo adaptacija, pritaikyta paslaugų procesų tobulinimui.

Šeštame skyriuje detalizuojama sukurta bankomatų tinklo veiklos našumo didinimo ir valdymo sistema. Aprašomas ATMiQ bankomatų tinklų pinigų valdymo sistemos funkcionalumas. Aprašoma optimizavimo sistemos struktūra.

Septintame skyrelyje aprašomi atlikti ATM tinklų našumo eksperimentiniai tyrimai. Pateikti du ATM tinklų našumo vertinimo modeliai: didelio ir mažo apkrautumo rinkų. Vertinama jų darbo kokybė lyginant su tradiciniais laiko eilučių prognozavimo modeliais (Holto, Vinterio ir ARMA). Aprašomos sukurtos našumo vertinimo procedūros ir įrankiai.

Aštuntame skyriuje pateikiamos bendros išvados.

2. ELEKTRONINIŲ PASLAUGŲ KOKYBĖS IR PRODUKTYVUMO VALDYMAS

Paslaugos dabartinėje ekonomikoje tampa svarbesnėmis už produktus. Informacinių technologijų revoliucijos pasėkoje, kiekvienas verslas turi tapti paslaugų verslu jeigu nori išlikti (Roland T. ir kiti, 2006). Informacinių technologijų plėtra leido organizacijoms sumažinti kaštus, padidinti paslaugų teikimo efektyvumą ir kokybę. Paslaugos tapo labiau suasmenintos ir plačiau pasiekiamos. Informacinės technologijos ne tik sumažina kaštus, bet ir sukuria puikias galimybes padidinti pelningumą per paslaugas. Moksliniai tyrimai rodo, kad paslaugų ekonomika pradeda dominuoti daugumoje šalių. Produktų sektorius traukiasi, lyginant su paslaugų sektoriumi. Produktai tampa kasdieninėmis prekėmis, todėl vienintelė galimybė išsiskirti yra paslaugos.

Paslaugų paplitimas sąlygoja naujų informacinių technologijų atsiradimą, skirtų palaikyti ir teikti paslaugas. Tokia tematika, kaip į paslaugas orientuota architektūra (angl. SOA), web paslaugos ir paslaugų kompiuterija (angl. service computing) įgauna vis didesnę svarbą (McAfee, 2005; Newcomber, 2002).

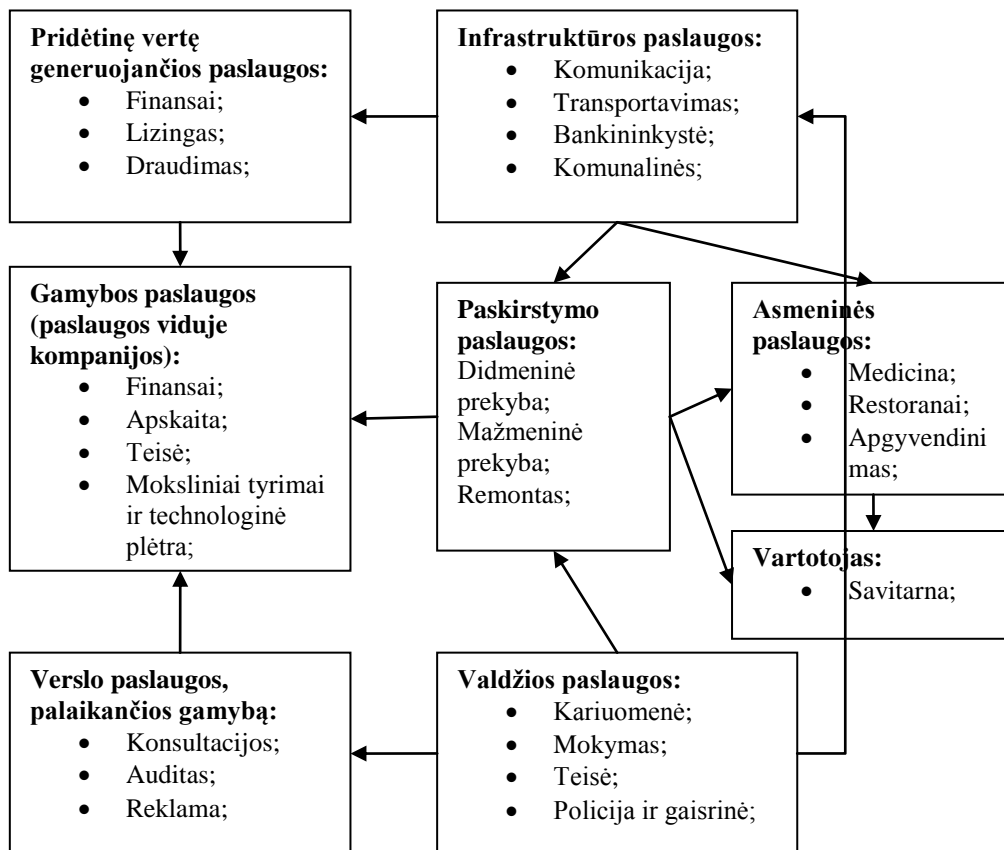
Skyrelyje aptariami paslaugų, paslaugų sistemų, elektroninių paslaugų ir savitarnos terminalų teoriniai aspektai. Aprašomi metodai ir priemonės aptarnavimo paslaugų kokybei ir pelningumui vertinti.

2.1. Aptarnavimo sistemų klasifikacija ir apibrėžimas

Literatūroje paslauga yra apibrėžiama, *kaip bendras kliento ir pardavėjo darbas, keičiant paslaugos objekto būseną ar savybes*. Berry (1980) paslaugą apibrėžia, kaip veiklą. Gronroos (1990) teigia, kad paslauga yra veikla arba veiklų grupė atliekama, siekinat išspręsti klientų problemas. Paslaugos yra visos ekonominės veiklos, kurių galutinis rezultatas nėra fizinis produktas arba jų konstrukcija, taip paslaugas aiškina Brian (1987). Paslauga yra nemateriali, kuriama ir vartojama tuo pačiu metu (Sasser ir kiti, 1978). Pagal Hill (1977) paslauga yra ekonominio vieneto sąlygų arba būsenos pasikeitimas, kurį sąlygoja kitas subjektas. Fitzsimmons (2001) pateiktame paslaugos apibrėžime

akcentuoja patirties perdavimą vartotojui, kuomet vartotojas pats dalyvauja paslaugos kūrimo procese.

Aptarnavimo sistema arba paslaugų sistema dar kitaip gali būti vadinama klientų aptarnavimo sistema (angl. customer service system), yra *technologijų rinkinys ir organizacinis tinklas, pritaikytas paslaugų teikimui*. Aptarnavimo sistemų terminas dažnai naudojamas paslaugų valdymo, paslaugų operacijų, paslaugų marketingo, paslaugų inžinerijos ir paslaugų kūrimo literatūroje. Quinn ir Paquette (1990) aptarnavimo sistemas apibrėžia, kaip *paslaugų technologines sistemas, kurios yra skirtos tam, kad nepatyrę žmonės galėtų greičiau teikti paslaugas*. 1. pav. pateikiama paslaugų sistemų klasifikacija ir jų tarpusavio ryšiai.



Šaltinis: sukurta autoriaus.

1. pav. Paslaugų sistemų klasifikacija.

Paslaugas galima suklasifikuoti į 7 grupes: pridėtinę vertę generuojančias, gamybos, verslo paslaugas, infrastruktūros paslaugas, paskirstymo, valdžios, asmenines ir vartotojo. Paveikslėlyje pateiktos schemos parodo vienu paslaugų

grupių įtaką kitoms, pavyzdžiui pridėtinę vertę generuojančios paslaugos, negali veikti be infrastruktūros paslaugų.

2.2. Elektroninės paslaugos

Atsiradus naujoms technologijoms pradėta plėtoti technologijomis pagrįstų savitarnos paslaugų teikimo sritis (angl. technology-based self-service) (Dabholkar ir kiti 2003). Savitarnos technologijų taikymas keičia kliento ir pardavėjo santykius. Mažmeninės prekybos kompanijos vis dažniau taiko savitarnos technologijas paslaugų teikimui, norėdamos sumažinti paslaugų teikimo kaštus ir didesnę dalį paslaugos teikimo proceso perkelti klientui. Elektroninių paslaugų teorija yra palyginti jauna mokslo sritis, todėl nėra nusistovėjusio elektroninių paslaugų apibrėžimo. Reynolds (2000) elektronines paslaugas (sut. e-paslaugos) apibrėžia, kaip web technologijomis pagrįstas paslaugas. Tuo tarpu Boyer (2002) teigia, kad e-paslaugos yra interaktyvios paslaugos, kurios teikiamos per internetą. Dauguma autorių elektronines paslaugas skirsto į informacijos paslaugas ir savitarnos paslaugas (angl. self-service).

Rowley (2006) pateikia e-paslaugos apibrėžimą, papildydamas gerai žinomą klasikinį paslaugos apibrėžimą, kurį pateikė Hoffman ir Bateson (1997). Paslauga tai elgesys, pastangos arba veikla. Remiantis klasikiniu paslaugos apibrėžimu, e-paslaugą galima apibrėžti, *kaip elgesį, pastangas ar veiklą, kurios teikimas vyksta informacinių technologijų pagalba*. Informacinės technologijos apima interneto sistemas, informacinius kioskus ir mobiliuosius telefonus. E-paslaugos susideda iš 3 elementų: elektroninės teikimo (angl. e-tailing), vartotojų palaikymo ir paslaugų teikimo sistemų.

Vieni tyrėjai e-paslaugas apibrėžia kaip informacines paslaugas (Rust ir Lemon, 2001), todėl kad pagrindinė vertė, kurią teikia paslauga yra informacijos apsikeitimas. Kita dalis tyrėjų elektronines paslaugas apibrėžia kaip savitarnos paslaugas. Rowley (2006) pateikia išsamų paaiškinimą, kodėl elektroninės paslaugas tikslingiau apibrėžti, kaip savitarnos paslaugas. Elektroninės paslaugos ir savitarnos paslaugos skiriasi nežymiai. Norint pasinaudoti savitarnos paslauga reikia nueiti prie savitarnos įrenginio, kaip

pavyzdžiui prie ATM³, tuo tarpu elektronines paslaugas vartotojai gali gauti per internetą. Dauguma elektroninių paslaugų vis dėlto yra savitarnos paslaugos, nes norint gauti elektroninę paslaugą reikia taip pat naudotis technologiniu įrenginiu (personaliniu kompiuteriu, mobiliuoju telefonu ar informaciniu kiosku). Bendrai paėmus savitarnos paslaugas galima apibrėžti, kaip paslaugas, kurių teikimo procese nesąveikaujama su žmogiškuoju paslaugų teikėju. Savitarnos paslaugomis galime pavadinti grynujų pinigų išėmimą iš bankomatų, kuro įsigijimą degalinėje ir kita. Savitarnos paslaugos valdymas yra perduodamas klientui. Jos dažniausiai yra 100% automatizuotos ir kaupia visą teikimo informaciją.

2.3. Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija

Meuter (2000) pateikia savitarnos paslaugų technologijų klasifikaciją. Jis savitarnos technologijas klasifikuoja 2 aspektų atžvilgiu: paslaugos suteikimo tikslo ir paslaugos suteikimo sąsajos (žiūrėti 1. lentelė).

1. lentelė Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija ir pavyzdžiai.

Sąsaja Tikslas	Telefonas arba interaktyvias balso technologijos	On-line arba internetas	Interaktyvius kioskus	Media priemonės (tokias kaip vaizdo, CD)
Vartotojų paslaugos	Telefoninė bankininkystė; Skrydžių informacija; Užsakymų būsenos sekimo sistemos;	Paslaugų sekimo sistemos; Sąskaitos informacija;	ATM; Viešbučių rezervacijos sistemos;	
Transakcijos	Telefoninė bankininkystė; Išankstinio papildymo paslaugos (pokalbių kortelės);	Apsipirkimas internetu (mažmeninė prekyba); Finansinės transakcijos;	Apmokėjimas už suteiktą paslaugų vienetą (kuras degalinėje); Viešbučių rezervacijos sistemos; Mašinų nuoma;	
Savitarnos pagalba	Informacinės telefonų linijos;	Informacijos paieška; Nuotolinis mokymasis;	Turizmo informacija;	Įvairi mokomoji programinė įranga; Mokymai per televiziją;

Šaltinis: sudaryta pagal (Meuter ir kiti, 2000).

Paslaugos tikslo suteikimo aspektas yra skirstomas į dar 3 kriterijus: vartotojų paslauga, transakcija, savitarnos pagalba. Paslaugos sąsajos aspektas

³ Automatinis savitarnos terminalas.

skirstomas į telefono arba interaktyvias balso technologijas, on-line arba interneto, interaktyvius kioskus ir media priemones (tokias kaip vaizdo, CD).

Lawrence (2009) pateikia kitą savitarnos paslaugų technologijų klasifikaciją (žiūrėti 2. lentelė). Išskiriamos šešios savitarnos paslaugų technologijų grupės. Klasifikaciją sudaro dvi kriterijų grupės. Pirmoji grupė nusako technologijų atskiriamumą nuo teikiamų paslaugų arba produktų, o antroji grupė paslaugų kompleksiskumą, tai yra galimybę konfigūruoti arba ne. Konfigūruojamoms paslaugoms suteikti gali prireikti žmogiškojo kontakto, tuo tarpu standartizuotoms jis nereikalingas.

2. lentelė Savitarnos paslaugų technologijų klasifikacija (orientuota į vartotoją).

	Konfigūruojamos	Standartizuotos
Atskiriamos nuo produktų ar paslaugų	Skrydžių rezervavimo paslaugos; Automobilių pirkimas internetu; On-line aukcionai;	
Vidutiniškai atskiriamos	Nuotolinis mokymas; Elektroninė bankininkystė;	Apmokėjimas už suteiktą paslaugų vienetą (kuras degalinėje); Mažmeninės prekybos savitarnos kasos; Įvairi mokomoji programinė įranga; ATM;
Neatskirsimos nuo produktų ar paslaugų	On-line brokeriai;	Interaktyvūs telefonai;

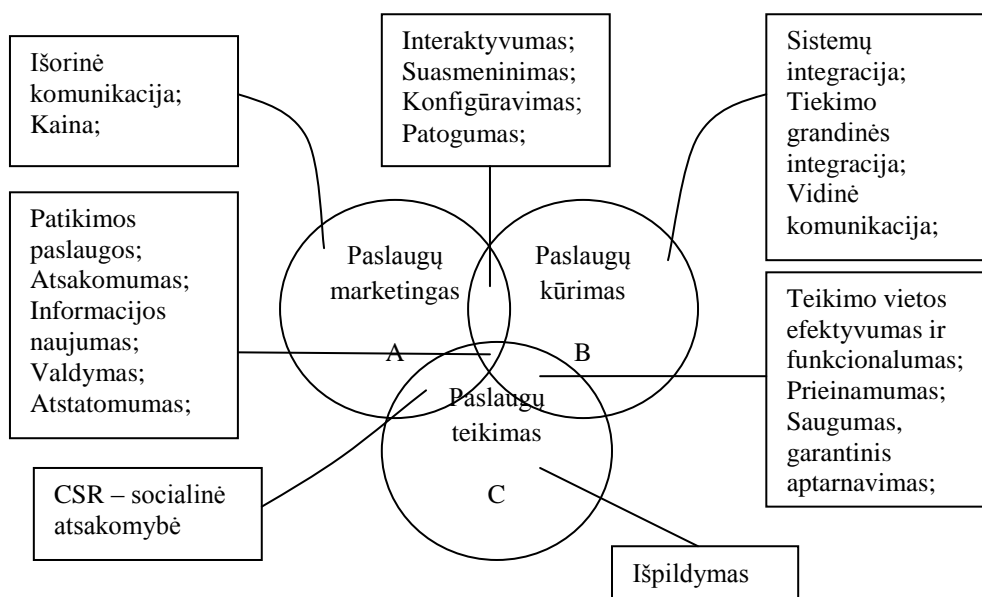
Šaltinis: (Lawrence ir kiti, 2009).

ATM sistemos priklauso vidutiniškai atskiriamų standartizuotų savitarnos paslaugų technologijų grupei. ATM paslaugų teikimas gali būti atskirtas nuo savitarnos terminalo, tai reiškia, kad vartotojui egzistuoja alternatyvos gauti paslaugą. Pavyzdžiui, jeigu banke yra bankomatas, vartotojas gali gauti grynuosius pinigus ne tik iš jo, bet ir tiesiai iš banko skriaus. Tuo pačiu ATM paslaugos yra standartizuotos. Vartotojas negali konfigūruoti terminalo savybių, o tik pasirinkti iš pateikiamo funkcionalumo, kuris dažniausiai visiems vartotojams yra vienodas.

2.4. Elektroninių paslaugų teikimo koncepcinis modelis

Surjadžaja (2003, p. 39-53) išskiria 3 elektroninių paslaugų teikimo veiksmų grupes: paslaugos marketingą, paslaugos kūrimą ir paslaugos teikimą.

Surjadjaja išskyrė 20 veiksnių, kurie apibūdina elektroninių paslaugų operacijas. Pateiktas veiksnių sąrašas yra bendrinis, todėl visų pateiktų kriterijų sekimas arba optimizavimas yra labai brangus. Dėl šios priežasties vertinat e-paslaugos savybes turėtų būti atrenkami tik tokie veiksniai, kurie turi didžiausią įtaką našumui. Kiekvienas veiksnys pasižymi skirtinga svarba, tai priklauso nuo nagrinėjamos paslaugos specifikos. Atlikti empiriniai tyrimai rodo, kad elektroninių paslaugų teikimo srityje svarbiausias yra saugumas, antroje vietoje yra paslaugos atsakomumas, trečioje valdymas (Surjadjaja ir kiti, 2003).



Šaltinis: pagal (Ghosh ir kiti, 2004)

2. pav. Elektroninių paslaugų veiksniai.

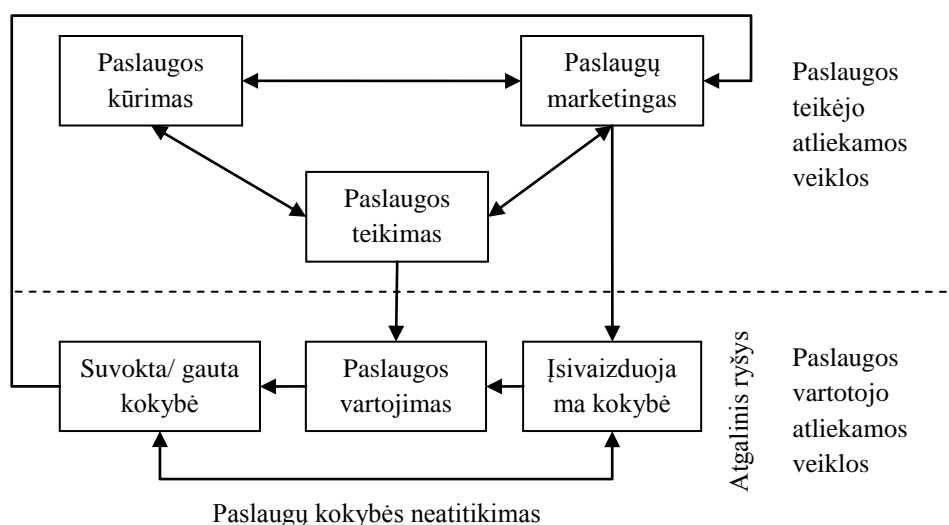
E-paslaugų teikimo veiksniai yra tiesiogiai susiję su paslaugų našumo vertinimu, nes priklausomai nuo veiksnių realizacijos, keičiasi pelningumas. Kokybiška paslauga turės didesnę paklausą ir mažesnius valdymo kaštus, todėl jos pelningumas bus didesnis. Paslaugų veiksniai yra grupuojami pagal paslaugų marketingo, tiekimo ir kūrimo aspektus. Paslaugų marketingas nagrinėja poreikius, jis apima tokius marketingo komplekso elementus, kaip kaina, prekės ženklas, paslauga ir paskirstymas. Marketingo savybės įtakoja kliento laukiamą paslaugos kokybę. Paslaugos marketingas nagrinėja kliento dalies (angl. front-end) operacijų savybes. Tuo tarpu paslaugų kūrimas

nagrinėja paslaugų palaikymo operacijas (angl. back-end). Paslaugų kūrimas yra siejamas tokiomis savybėmis, kaip įranga, serveriai, ar kita įranga naudojama kurti paslaugas. Paslaugų teikimas nagrinėja procedūras, taisykles ir politiką (Ghosh ir kiti, 2004). Paslaugų veiksmų pasiskirstymas pagal aptartus aspektus pateiktas 2 paveikslėlyje.

Ghosh (2004, p. 620) po atliktos analizės išskiria, tokius svarbiausius veiksmus, kurie atsispindi visose trijose veiksmų grupėse:

- Patikimos paslaugos;
- Atsakomumas (angl. responsiveness);
- Informacijos naujumas;
- Valdymas (angl. navigability);
- Paslaugų atstatomumas (angl. service recovery);

Visi paslaugų proceso veiksniai daro įtaką vartotojo suvokiamai paslaugos kokybei, todėl e-paslaugų teikimo koncepcinis modelis apima minėtas tris veiksmų grupes. Modelis pateiktas 3. pav.



Šaltinis: sudaryta pagal (Ghosh ir kiti, 2004)

3. pav. E-paslaugų teikimo koncepcinis modelis.

Paslaugos kokybė yra suprantama, kaip skirtumas tarp vartotojo lūkesčių ir suvokimo gavus paslaugą. Paslaugos marketingas perduoda vartotojų poreikius kūrimui ir atvirkščiai paslaugos kūrimas perduoda paslaugos savybes

marketingui. Vartotojo lūkesčiai, kuriuos suformuoja paslaugos marketingas turi būti patenkinti, tam didelę įtaką turi paslaugos teikimas.

Paslaugos kūrimas apima paslaugų teikimo planavimą. Paslaugų teikimas teikia informaciją apie paslaugos suteikimo savybes kūrimui ir marketingui, tam kad būtų galima suasmeninti paslaugą ir kaupti informaciją apie jos teikimą. Paslaugų marketingas ir teikimas kūrimui teikia vertingą informaciją, pagal kurią galima planuoti teikimą, tai yra numatyti resursus arba koreguoti paslaugos savybes. Kokybiškos paslaugos suteikimui yra reikalingi visi 3 grupių veiksniai, todėl tarp jų yra vaizduojama abipusė informacinių srautų komunikacija. Vartotojas kokybę vertina jos naudojimo metu. 20 paslaugų proceso veiksmų yra svarbūs, norint užtikrinti kokybišką teikimą, žinoma priklausomai nuo teikimo strategijos, jų rinkinys gali kisti (Ghosh ir kiti, 2004).

2.5. Paslaugų kokybės modeliai

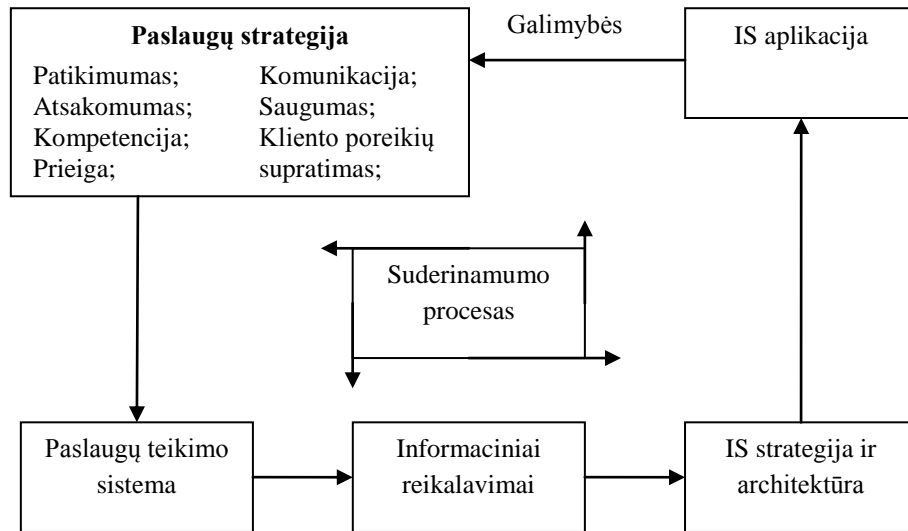
Seth (2005, p. 945) pateikė detalų paslaugų kokybės valdymo modelių tyrimą. Tyrimas apima 1984-2003 laikotarpyje pasiūlytų paslaugų kokybės modelių analizę. Aiškiai pastebima, kad paslaugų teikimo procesas keičiasi iš tradicinio į pagrįstą informacinėmis technologijomis. Tyrimas apžvelgia 19 paslaugų kokybės modelių. Vertinat visus paslaugų kokybės modelius, išskiriami 6 pagrindiniai aspektai sąlygojantys kokybę:

1. Aiški orientaciją į rinką ir vartotoją;
2. Motyvuotas personalas;
3. Aiškų paslaugų kokybės modelio ir savybių suvokimas;
4. Efektyvi vertinimo ir atgalinio ryšio sistema;
5. Efektyvi diegimo sistema;
6. Efektyvi vartotojų palaikymo sistema;

Informacinių technologijų taikymas paslaugų kokybės valdyme įgauna didesnę svarbą. Literatūroje dažniausiai nagrinėjami 6 paslaugų modeliai, kurie apibūdina informacinių technologijų poveikį kokybės valdymui.

IT suderinimo modelis (angl. IT alignment model) (Berkley ir Gupta, 1994). Modelis apjungia organizacijos paslaugų ir informacijos strategijas.

Modelis apibūdina įvairių sektorių (bankininkystės, kurjerių, transportavimo, gamybos ir paslaugų rinkos) informacinių technologijų naudojimo poveikį paslaugų kokybės pagerinimui.



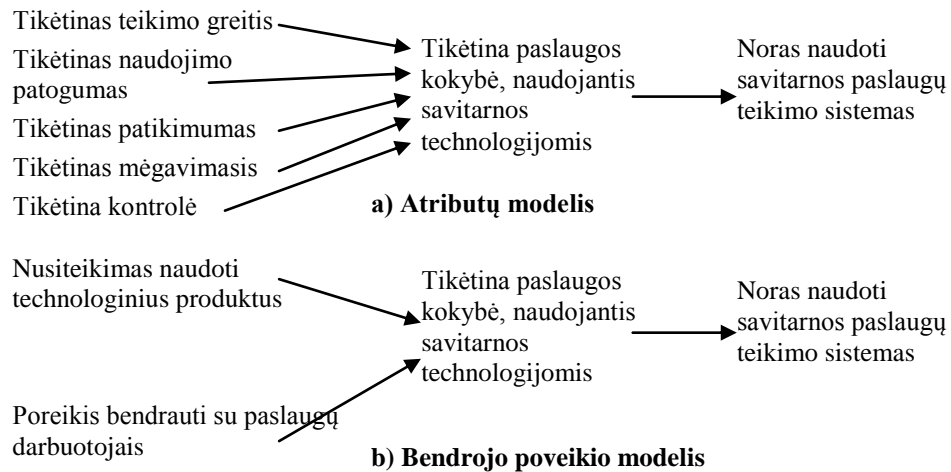
Šaltinis: (Berkley ir Gupta, 1994), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005).

4. pav. IT suderinimo modelis.

Modelis apibūdina kaip informacinės technologijos buvo naudojamos ar gali būti panaudotos pagerinti specifines paslaugų kokybės savybes: patikimumą, atsakomumą, kompetenciją, prieigą, komunikaciją, saugumą, vartotojo poreikių supratimą. Pasak modelio autoriaus paslaugų kokybės ir informacinių sistemų (sut. IS) strategijos turi būti viena su kita suderintos. Modelis pateikia paslaugų strategijos ir IS aplikacijų sąveikos procesą.

Atributų ir bendro poveikio modelis (angl. Attribute and overall affect model) (Dabholkar, 1996). Modelio autorius pateikė du savitarnos terminalų (angl. technology-based self-service) paslaugų kokybės vertinimo modelius: atributų modelį (angl. attribute model) ir bendro poveikio modelį (angl. overall affect model) (žiūrėti 5. pav.). Atributų modelis apibūdina vartotojo lūkesčius savitarnos galimybės atžvilgiu, tuo tarpu bendro poveikio modelis atskleidžia, kaip klientas jaučiasi naudodamas savitarnos technologijas. Abiejuose modeliuose tikėtina paslaugos kokybė įtakoja norą naudotis savitarnos terminalais. Akivaizdu, kad savitarnos paslaugos naudojimas priklausys nuo teikiamų paslaugų greičio, patogumo, patikimumo, mėgavimosi ir galimybės

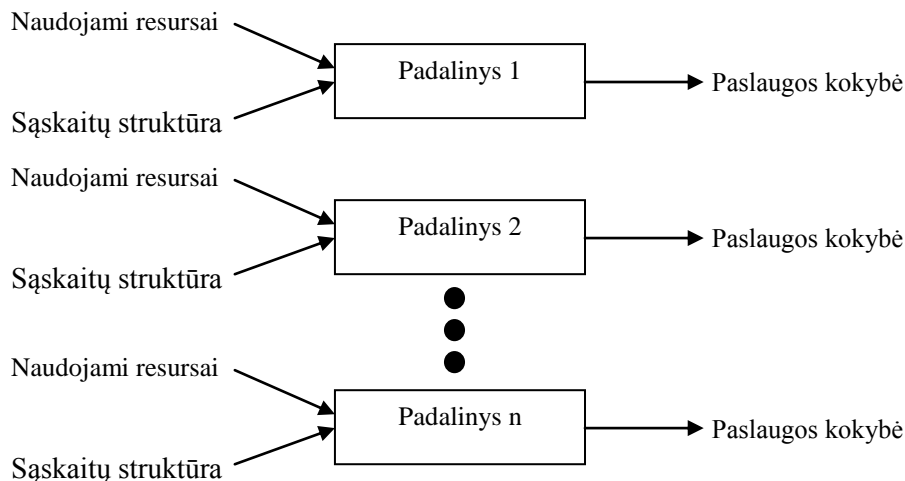
kontroliuoti paslaugą. Šie kokybės vertinimo kriterijai yra svarbūs, jeigu vartotojas teigiamai žiūri į savitarnos technologijų naudojimą ir neturi poreikio bendrauti su aptarnaujančiu personalu.



Šaltinis: (Dabholkar, 1996), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005)

5. pav. Atributų ir bendro poveikio modelis.

Vidinių paslaugų kokybės modelis, DEA analizė (angl. Internal service quality DEA model) (Soteriou ir Stavrinides, 2000). Autoriai pateikia paslaugų kokybės modelį, pritaikytą optimizuoti banko padalinių resursų naudojimą.



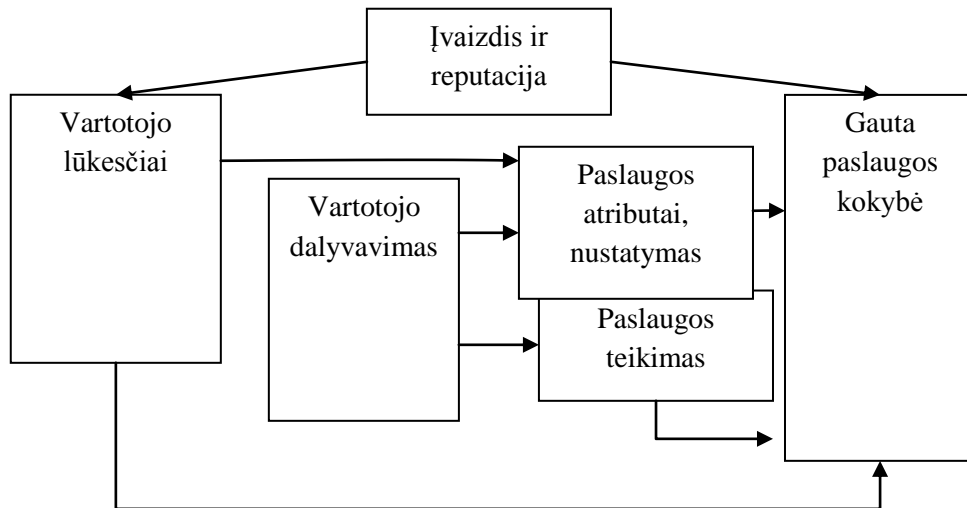
Šaltinis: (Soteriou ir Stavrinides, 2000), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005)

6. pav. Vidinių paslaugų kokybės modelis, DEA analizė.

Modelis neturi apibrėžtų kokybės vertinimo kriterijų, o tik nurodo, kaip tokie kriterijai gali būti pritaikyti paslaugų kokybės pagerinimui. Modelis padeda nustatyti neefektyviai naudojamus resursus. Modelio įėjimos informacija

apima: vartojamus resursus (personalas, vieta, laikas ir kita) ir sąskaitų kiekį (išlaidas) skirtingose kategorijose. Modelio išėiga yra konkretaus padalinio personalo suvokiamas paslaugos kokybės lygis. DEA modelis (angl. data envelope analysis) leidžia palyginti, kaip padaliniai naudoja resursus reikiamai kokybei užtikrinti. Modelis parodo kiek galima sumažinti resursus, kad išliktų toks pats kokybės lygis.

Internetinės bankininkystės modelis (angl. Internet banking model) (Broderick ir Vachirapornpuk, 2002). Autoriai pristato paslaugų kokybės vertinimo modelį skirtą elektroninei bankininkystei. Modelis sudarytas pagal atliktą Didžiosios Britanijos e-bankininkystės paslaugų vartotojų tyrimą.

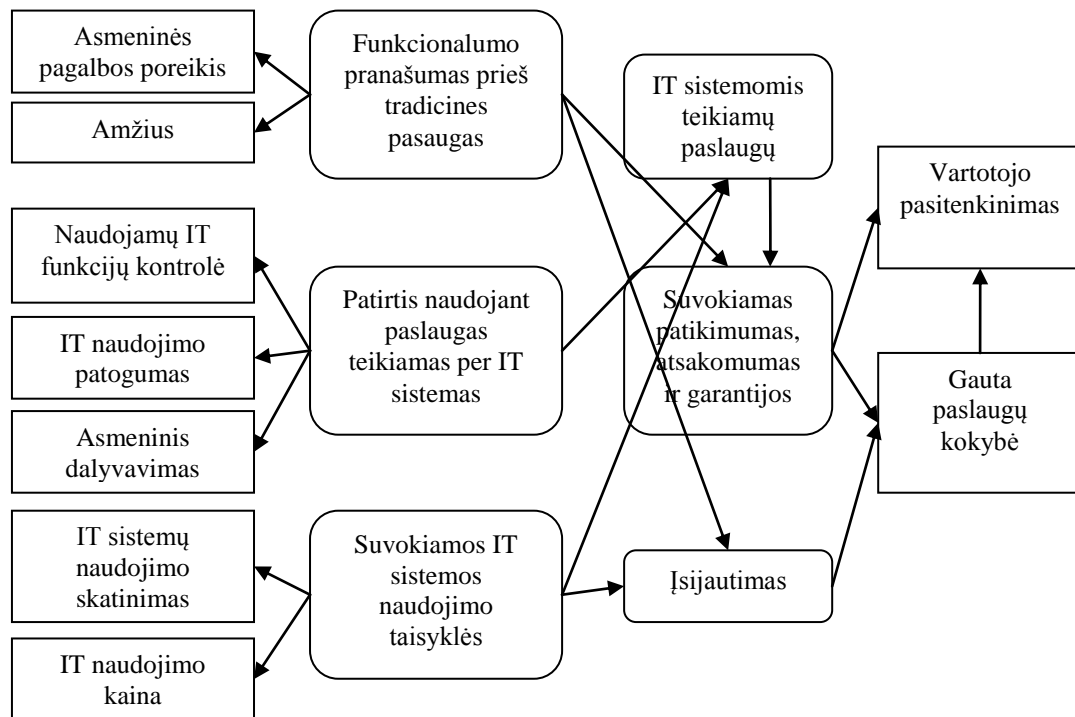


Šaltinis: (Broderick ir Vachirapornpuk, 2002), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005)

7. pav. Internetinės bankininkystės modelis (angl. Internet banking model).

Modelyje pabrėžiama įvaizdžio ir reputacijos svarba, nuo kurios priklauso vartotojo paslaugos lūkesčiai ir gautos kokybės suvokimas. Kitas svarbus kokybės elementas yra vartotojo dalyvavimas paslaugos teikimo procese, nuo kurio priklauso paslaugos teikimo procesas ir paslaugos atributų parinkimas. Pastarieji formuoja vartotojo gautą paslaugos kokybės suvokimą.

IT paremtas modelis (angl. IT-based model) (Zhu ir kiti, 2002). Modelis parodo IT svarbą teikiant paslaugas. Pasiūlytas modelis susieja tradicinių ir IT sistemų pagalba teikiamų paslaugų kokybės vertinimo kriterijus. Modelis yra SERVQUAL kokybės vertinimo modelio modifikacija, pritaikyta e-paslaugų kokybės vertinimui.



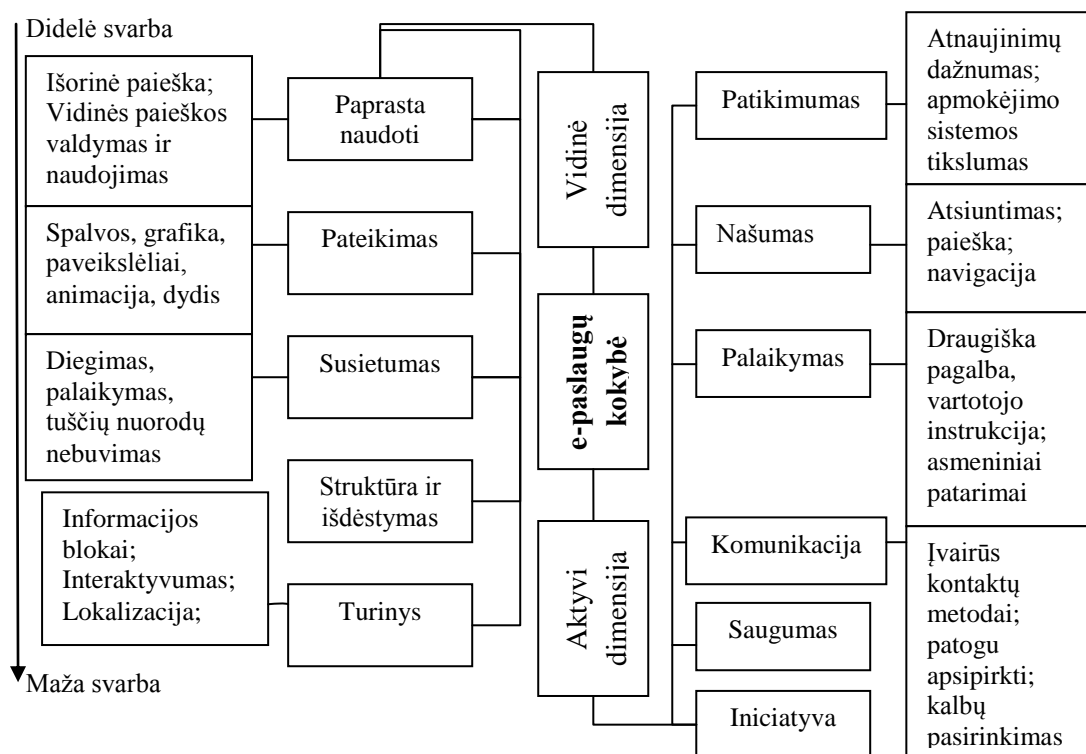
Šaltinis: (Zhu ir kiti, 2002), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005).

8. pav. IT parentas modelis (angl. IT-based model).

IT parentos paslaugos turi tiesioginę įtaką patikimumui, atsakomumui ir užtikrinimui; ir netiesioginę įtaką vartotojo pasitenkinimui ir paslaugos kokybės suvokimui. IT gali padėti padidinti vartotojų pasitenkinimo lygį paslaugomis. Vartotojas vertina IT parentas paslaugas pagal savo patirtį dirbant su IT sistemomis, tradicinės paslaugos supratimą ir nustatytą IT politiką. Internetu naudojamų paslaugų atžvilgiu yra išskiriami penki elementai, kurie daro esminę įtaką kokybei: paslaugos lūkesčiai, paslaugas teikiančios organizacijos įvaizdis, nustatymų aspektai, naudojimo patirtis ir vartotojo įtraukimas į paslaugos kūrimo procesą.

Elektroninių paslaugų kokybės modelis (angl. Model of e-service quality) (Santos, 2003). Atliktas tyrimas pasiūlė koncepcinį elektroninių paslaugų vertinimo modelį. Modelis apima dvi grupes vertinimo veiksnių: vidinius paslaugos turinio kriterijus (angl. incubative) (naudojimo paprastumas, priimtinumas, sąsajos, struktūra ir išdėstymas, turinys) ir aktyvius vertinimo kriterijus (patikimumas, efektyvumas, palaikymo savybės, komunikacija, saugumas). Modelis stipriai orientuotas į paslaugos turinį, jo

kriterijų pagrindu galima vertinti internetinių puslapių, per kuriuos teikiamos paslaugos kokybę.



Šaltinis: (Santos, 2003), pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005)

9. pav. Elektroninių paslaugų kokybės modelis (angl. Model of e-service quality).

Bendras nagrinėtų kokybės modelių palyginimas pateiktas 3 lentelėje.

3. lentelė Paslaugų kokybės modelių palyginimas.

Modelio tipas	Autorius	Esminiai pastebėjimai	Silpnosios pusės ir apribojimai
IT suderinimo modelis (angl. IT alignment model)	(Berkley and Gupta, 1994)	Modelis apibūdina informacinių technologijų panaudojimo galimybes paslaugų kokybės pagerinimui. Išskiriamos tokios paslaugų kokybės dimensijos: patikimumas, atsakomumas, kompetencija, prieiga, komunikacija, saugumas ir kliento supratimas. Modelis yra naudingas siekiant įvertinti informacinių technologijų pritaikymo galimybes, siekiant pagerinti paslaugų teikimą. Leidžia nustatyti kokias technologijas taikyti paslaugų teikimo pagerinimui.	Pabrėžia tik informacinių technologijų įtaką paslaugoms. Nepateikia priemonių kaip reikėtų vertinti kokybę. Modelis nepateikia informacijos apie tai kokio lygio informacinių technologijų sistemą reikėtų naudoti, norint realizuoti konkrečias paslaugų kokybės grupes.
Atributų ir bendro poveikio modelis (angl. Attribute and overall affect model)	(Dabholkar, 1996)	Modelis yra skirtas vertinti savitarnos terminalų paslaugų kokybę (angl. technology-based self-service).	Nėra apibrėžti skirtingu savitarnos terminalų poreikiai. Modelis nevertina demografinių savybių, kainos, fizinės aplinkos poveikio paslaugų kokybei.
Vidinių paslaugų kokybės modelis (angl. Internal service quality DEA model)	(Soteriou and Stavrinides, 2000)	Identifikuoja resursus, kurie galėtų būti panaudoti užtikrinti aukštesnį paslaugų lygį.	Nepateikia paslaugų kokybės vertinimo mechanizmo. Modelis ignoruoja kitus banko veiklos našumo vertinimo kriterijus.
Internetinės bankininkystės modelis (angl. Internet banking model)	(Broderick ir Vachirapornuk, 2002)	Kokybės valdymas internetinėje bankininkystėje siejamas su dviem sritimis: per paslaugų sąsają ir vartotojui suteikiant daugiau valdymo teisių. Vartotojo įtraukimas į paslaugos teikimo procesą turi didelę įtaką paslaugų kokybės lygiui.	Silpnas empirinis tyrimas. Modelis pagrįstas tik internetinių puslapių naudojimo patirtimi, reiktų įvertinti kitas elektroninių paslaugų teikimo sritis.
IT paremtas modelis (angl. IT-based model)	(Zhu ir kiti, 2002)	IT paremtos paslaugos turi tiesioginę įtaką patikimumui, atsakomumui ir užtikrinimui; ir netiesioginę įtaką vartotojo pasitenkinimui ir paslaugos kokybės suvokimui. IT gali padėti padidinti vartotojų pasitenkinimo lygį paslaugomis. Vartotojas vertina IT paremtas paslaugas pagal savo patirtį dirbant su IT sistemomis, tradicinės paslaugos supratimą ir nustatytą IT politiką.	Nepateikia kokybės vertinimo kriterijų. Parinkti tik keli kriterijai skirti vertinti savitarnos ir patogumo naudojant IT technologijas vertinimui.
Elektroninių paslaugų kokybės modelis (angl. Model of e-service quality)	(Santos, 2003)	Pateikia pilną supratimą apie elektroninių paslaugų kokybę, vertinant klientų lojalumo, pasitenkinimo ir pelningumo aspektus. Yra vienas iš geresnių įrankių elektroninių paslaugų vertinimui.	Modelis nepateikia specifinių vertinimo skalių. Nėra pateikta statistinė analizė.

Šaltinis: pritaikyta pagal (Seth ir kiti, 2005).

2.6. Paslaugų produktyvumas

Paslaugų sferoje produktyvumo koncepcija pradėta nagrinėti tik XX amžiaus pabaigoje. Paslaugų sektorius yra vienas iš sparčiausiai augančių ekonomikos segmentų (Sahay, 2005). Johnston ir Jones (2004) pabrėžia, kad paslaugų organizacijų produktyvumo valdymas yra labai svarbi tematika, tačiau šioje srityje yra atlikta labai mažai empirinių tyrimų.

Paslaugų sektoriaus produktyvumas priklauso nuo technologijų ir proceso automatizacijos priemonių (Gummesson, 1998). Paslaugų teikimas per savitarnos terminalus arba kompiuterines sistemas, leidžia padidinti aptarnavimo kokybę. Normann (1991) išskiria penkias pagrindines priežastis, kodėl informacinių technologijų naudojimas didina paslaugų produktyvumą:

1. Mažinami kaštai, pakeičiant aptarnaujantį asmenį savitarnos įrenginiais;
2. Standartizuojamos paslaugos;
3. Didinamas prieinamumas (paslauga prieinama 24 valandas per parą, naudojant savitarnos terminalus arba kompiuterius);
4. Vartotojas nukreipiamas į paslaugų sistemą;
5. Turi įtakos vartotojo ir aptarnaujančios personalo santykiams ir elgsenai;

Kalbėdami apie produktyvumą turime įvertinti dviejų terminų reikšmę: efektyvumo ir našumo. Efektyvumas (angl. Effectiveness) yra *organizacijos gebėjimas pasiekti užsibrėžtus tikslus, kitaip sakant, darbą atlikti tinkamai*. Našumas (angl. Efficiency) yra *organizacijos gebėjimas su įmanomu minimaliu resursų lygiu suteikti tinkamos kokybės paslaugas*. Efektyvumas ir našumas yra vienas nuo kito neatskiriami įverčiai ir vienas kitą papildo. Našumas yra efektyvumo sudėtinė dalis. Produktyvumas yra *rezultatų ir resursų santykis, orientuotas į paslaugų gamybos našumą*. Produktyvumas susideda iš kelėtos komponentų, įtakojančių visos organizacijos našumą (žiūrėti 4. lentelė). Lentelėje paiminėti tik patys svarbiausi komponentai, jie dažniausiai akcentuojami ekonominio pobūdžio literatūroje ir apima visus kitus našumo komponentus, kaip pavyzdžiui finansinį našumą. Produktyvumo

valdymas yra daugialypė problema. Kiekvienas komponentas gali būti vertinamas atskirai, nes yra tik dalinai susijęs su kitais komponentais.

4. lentelė Paslaugų produktyvumo komponentai.

Komponentas	Apibūdinimas
Kainos našumas (angl. price efficiency)	Kainos našumas tai resursų įsigijimas minimalia kaina, išlaikant užsibrėžtus kokybės reikalavimus. Paslaugas teikiančios organizacijos gali padidinti našumą, jeigu paslaugų kūrimui naudoja pigesnius žmogiškuosius ir medžiagų resursus, nemažinant paslaugų kokybės.
Išteklių paskirstymo našumas (angl. allocative efficiency)	Išteklių paskirstymo našumas yra reikiamo resursų rinkinio panaudojimas paslaugai suteikti. Susijęs su reikalingo kapitalo ir darbo jėgos optimizavimu, pavyzdžiui bankai naudoja bankomatus ir internetinę bankininkystę, taip atsisakant dalies darbo jėgos ir investuojant į kapitalą.
Technologinis našumas (angl. technical efficiency)	Technologinis efektyvumas yra galimybė pagaminti daugiau su tais pačiais resursais arba atvirkščiai pagaminti tiek pat su mažesniais resursais.
Masto efektyvumas (angl. scale efficiency)	Masto efektyvumas nagrinėja optimalų veiklų apimtį lygį. Didesnė arba mažesnė paslaugų gamybą, negu optimalus lygis, sąlygoja papildomus kaštus, dėl to kad gali būti nepakankama paklausa arba per maža pasiūla – netinkamos apimtys ir jų dydis. Dažniausiai susiję su perdėtomis valdymo, kontrolės išlaidomis, kurios yra susiję su fiksuotais kaštais.

Pagal (Sherman ir kiti, 2006)

Jeigu paslaugų organizacija yra įsidiegusi technologijas, kurios užtikrina aukštą našumą, tai nereiškia, kad našumas negali būti padidintas naudojant kainos našumo komponentą - mažinant resursų kainą. Intelektinių sistemų taikymas, siekiant padidinti aptarnavimo sistemų efektyvumą, yra sietinas su technologinio našumo komponentu, o optimizavimo priemonių taikymas su masto efektyvumo komponentu. Intelektiniai metodai gali būti pritaikyti prognozuoti paslaugos poreikį. Žinant paslaugų poreikį galima numatyti optimalų resursų kiekį jos teikimui. Našiai dirbančioms sistemoms būdingas aukštesnis pelningumas (Sherman ir kiti, 2006).

Paslaugų produktyvumo vertinimui galima taikyti įvairias valdymo priemones. Jų taikymas priklauso nuo paslaugų sektoriaus ir teikimo specifikos. Nėra universalių vertinimo priemonių. Literatūroje pažymima, kad produktyvumo vertinimui galima taikyti įvairias metodikas ir jų junginius. Vienos iš sėkmingiausiai taikomų paslaugų vertinimo ir valdymo metodikų yra: standartinių kaštų sistema; palyginamojo efektyvumo analizė; rodiklių analizė; pelningumo ir ROI vertinimas; „Zero-base“ biudžetavimas; programų

biudžetavimas; gerosios praktikos analizė; duomenimis pagrįsta analizė (sut. DEA); peržiūros; valdymo vertinimas, valdymo auditas, veiklos vertinimas, kompleksinis auditas; veikos analizė, veiklos valdymo funkcinė kaštų analizė; procesų analizė; personalo modeliai. Išvardintos tik pagrindinės paslaugų organizacijų produktyvumo valdymo metodikos. Jų palyginimas pateiktas 1 priede.

2.6.1. Tradicinis produktyvumo vertinimas ir paslaugų sistemos

Produktyvumas *literatūroje dažniausiai apibrėžiamas, kaip sėkmingas įeigos resursų pavertimas produktu/paslauga, išlaikant reikiamo lygio kokybę.* Aukšto efektyvumo sistemos yra pelningesnės, o jų kuriami produktai/paslaugos teikia vartotojams didesnę naudą. Žinoma toks apibrėžimas yra taikomas į gamybą orientuotose sistemose, tačiau paslaugų produktyvumo apibrėžimui šį terminą pritaikyti yra sudėtinga. Nachum (1999) nurodo dvi priežastis, kodėl toks terminas negali pilnai paaiškinti paslaugų produktyvumo. Visų pirma, labai sunku apibrėžti suteiktos paslaugos vienetą, dėl to paslaugų produktyvumo vertinimas dažniausiai yra tik dalinis, kuris nepaaiškina paslaugų našumo. Pavyzdžiui per dieną suteiktos aptarnaujančio personalo paslaugos, nurodo paslaugų teikimo efektyvumą. Žiūrint iš kitos pusės mažinant įeigos resursų kaštus, siekinat padidinti efektyvumą, gali mažėti klientų suvokiama paslaugų kokybė. Nors šiuo atveju resursai naudojami efektyviau, nebūtinai didėja teikiamos paslaugos vertė klientui, ji gali mažėti.

Pagrindinė produktyvumo dilema yra pajamų ir kaštų subalansavimas. Anderson ir kiti (1997) atliko klientų pasitenkinimo, produktyvumo ir pelningumo priklausomybės tyrimus gamybos ir paslaugų sektoriuose. Tyrimas parodė, kad paslaugų sektoriuje, klientų pasitenkinimas paslaugos kokybe ir teikimo našumas yra siejamas su pelningumo padidėjimu, nesiejant jo su kokybe. Gamyboje produktyvumas yra tiesiogiai siejamas su našumu. Paslaugų sektoriuje našumas ir kokybė yra neatskiriami dalykai. Paslaugų sistemos efektyvumo padidinimas arba resursų kaštų sumažinimas nebūtinai sąlygoja

gerus ekonominius rezultatus. Vidinis našumas negali būti atskirtas nuo išorinio našumo, kuris apibrėžiamas kaip kompanijos sugebėjimas klientui suteikti atitinkamo lygio paslaugų kokybę, naudojant konkrečius resursus (Gronroos, 2000). Vidinio ir išorinio efektyvumo apibrėžimus pateikė Ekholm (1984). Vidinis rodo, kaip efektyviai kompanija sugeba resursus paversti produktu, o išorinis kiek sukurtas produktas yra įdomus klientui.

Į gamybą orientuotos produktyvumo vertinimo metodikos yra pagrįstos prielaida, kad gamybos ir vartojimo procesai yra skirtingi. Tradicinės gamybos sistemos yra uždaros, nors produktai ir yra kuriami ištyrus vartotojų poreikius (Sumanth, 1997). Vartotojas nedalyvauja produkto kūrime, tuo tarpu teikiant paslaugą jis yra jos teikimo proceso dalis ir įtakoja kokybę. Paslaugų procesas yra atvira sistema, todėl tradicinių našumo vertinimo sistemų taikymas gali sąlygoti neteisingus rezultatus. *Paslaugų sistemose, kuriose suteiktą paslaugą įmanoma aiškiai apibrėžti ir išmatuoti, galima taikyti tradicines našumo vertinimo metodikas. Tokiose sistemose produktyvumas yra lygus sukurtų produktų ir panaudotų resursų santykiui, darant prielaidą, kad rezultatų kokybė nekinta* (Sink, 1985):

$$\text{Produktyvumas} = \frac{\text{sukurti produktai}}{\text{panaudoti resursai}} \mid \text{pastovi paslaugų kokybė} \quad (2.1)$$

Paslaugų sistemose našumas ir kokybė yra neskiriamos dedamosios, priklausančios nuo paklausos. Savitarnos ar e-paslaugų sistemose vartotojas dalyvauja kaip proceso dalis, jis įtakoja teikiamą paslaugą ir jos kūrimo eigą. Tokiu būdu vartotojas įtakoja tiek vidinį, tiek ir išorinį paslaugos našumą. *Maža paklausa daro neigiamą įtaką produktyvumui, paslaugų sistemos resursai yra neišnaudojami, o tai reiškia, kad vidinis našumas mažėja.* Gamyboje tokios situacijos išsprendžiamos sandėliuojant sukurtus produktus, paslaugų žinoma sandėliuoti neįmanoma. Kuomet sistemos resursai yra adekvatūs paklausai darbas yra našus. Kai paslaugų paklausa pradeda viršyti turimų resursų galimybes, išorinis našumas pradeda mažėti, tai neigiamai paveikia paslaugų kokybę. Gronroos (2004) įvertinęs minėtas priklausomybes daro išvadą, *kad paklausa yra svarbus produktyvumo vertinimo kriterijus.*

2.6.2. Paslaugų produktyvumo modeliai

Paslaugų produktyvumo vertinimas pagal Gronroos (2004). Beprasmiška paslaugų produktyvumo vertinimui naudoti vien tik vidinio našumo ir kiekio rodiklius, turi būti atsižvelgiama ir į išorinius našumo rodiklius. Chase ir Haynes (2000, p. 466–467), teigia, kad *paslaugų produktyvumas yra išorinio ir vidinio našumo balansas*. Kitas svarbus modelio elementas yra paklausos valdymas arba apimties našumas (angl. capacity efficiency) Gronroos (2004), todėl kad teikėjas negali sandėliuoti paslaugų.

Paslaugų produktyvumas pagal Gronroos (2004) apibrėžiamas, kaip:

$$\text{Paslaugų produktyvumas} = f(\text{vidinis našumas, išorinis našumas, apimties našumas}) \quad (2.2)$$

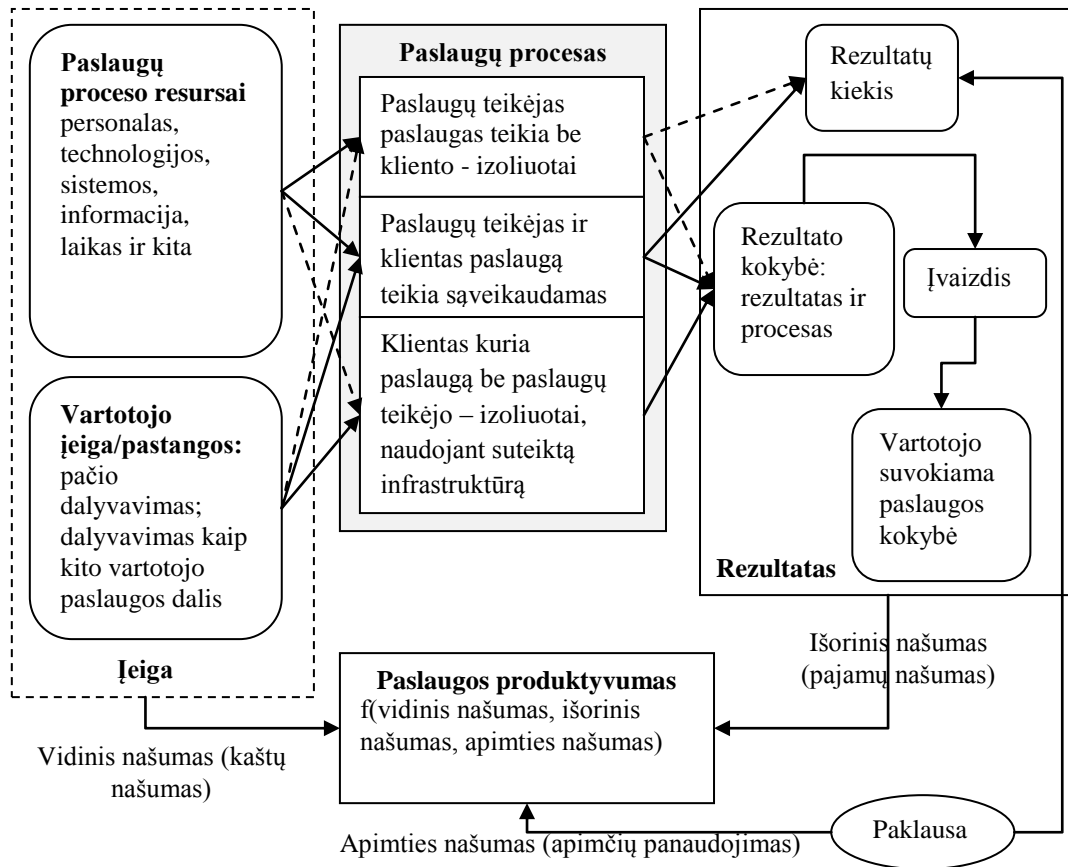
Paslaugų produktyvumo modelis yra pateikiamas 10. pav. Paslaugų produktyvumo atžvilgiu, paslaugos procesas gali būti padalintas į tris atskirus procesus:

- Paslaugų teikėjas paslaugas teikia be kliento - izoliuotai (angl. backoffice);
- Paslaugų teikėjas ir klientas paslaugą teikia sąveikaudamas (angl. service encounter);
- Klientas kuria paslaugą be paslaugų teikėjo – izoliuotai, naudojant suteiktą infrastruktūrą (angl. self-service);

Paslaugų proceso resursai (personalas, technologijos, sistemos, informacija, laikas ir kita) du pirmuosius paslaugos procesus įtakoja tiesiogiai, o trečiąjį netiesiogiai. Vartotojo įeiga/pastangos (pačio dalyvavimas, arba dalyvavimas kaip kito vartotojo paslaugos dalis) tiesiogiai veikia antrą ir trečią paslaugos procesus, o pirmąjį netiesiogiai.

Kuo efektyviau panaudojami proceso resursai ir vartotojas labiau įtraukiamas į paslaugos kūrimą, tuo vidinis paslaugos našumas yra didesnis. Paslaugų proceso išeiga yra: rezultatų kiekis (angl. volume) ir rezultatų kokybė (rezultatas ir procesas). Kokybė priklauso nuo paklausos. Jeigu paklausa atitinka pasiūlą, apimties našumas yra optimalus. Jeigu paklausa yra didesnė nei sistema gali patenkinti, paslaugos yra suteikiamos visiems vartotojams,

tačiau mažėja kokybė. Jeigu paklausa yra mažesnė už sistemos galimus pajėgumus, suteikiamos reikiamos kokybės paslaugos, tačiau apimčių našumas nėra optimalus.



Pagal Gronroos (2004) pritaikyta pagal Ojasalo (1999, p. 194)

10. pav. Paslaugų produktyvumo modelis pagal Gronroos (2004).

Dėl paslaugų specifikos, dalis paslaugos kokybės pasireiškia vidiniame teikimo procese, o kita gautame rezultate. Vartotojo suvokiama kokybė yra gautame rezultate pasireiškianti paslaugos kokybė, kuo ji didesnė, tuo yra didesnis išorinis našumas, o tai tiesiogiai didina paslaugos produktyvumą. Arba esant atvirkštinei situacijai, maža vartotojo suvokiama paslaugos kokybė mažina išorinį našumą, o tai savo ruožtu mažina paslaugos produktyvumą.

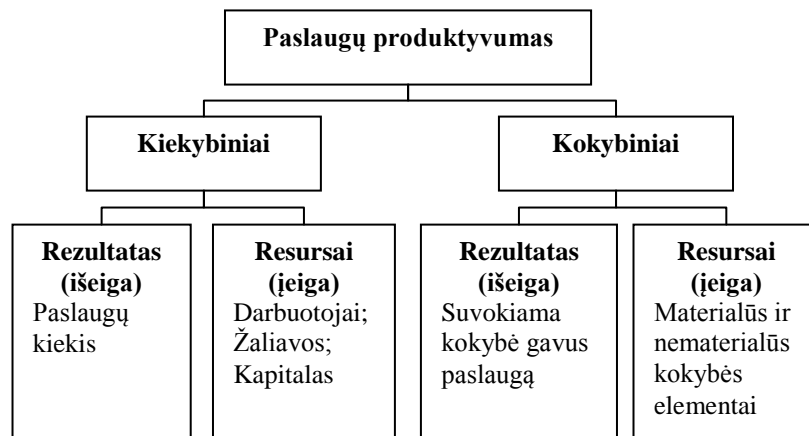
Vidinis našumas apibūdina, kaip efektyviai yra naudojami resursai. Išorinis našumas parodo, koks yra paslaugos pelningumas. Apimčių našumas parodo, kaip efektyviai sistemos vidiniai resursai tenkina paklausą.

Paslaugų produktyvumo vertinimas pagal Rutkauskas ir kiti (2005), jis pateikė apibendrintą paslaugų produktyvumo schemą. Paslaugų produktyvumo

vertinimo kriterijus suskirstė į kokybinius ir kiekybinius. Produktyvumo kriterijus rekomenduoja skaičiuoti kaip ekonominę produktyvumo išraišką, kuri apibrėžiama kaip santykis tarp išeiigos ir įeiigos (Mohanty, 1998).

$$\text{Produktyvumas} = \frac{\text{įeiga}}{\text{išeiga}} \quad (2.3)$$

Rutkauskas ir kiti (2005) teigia, kad nepaisant didelės produktyvumo vadybos svarbos paslaugos sferoje, empirinių tyrimu šiuo klausimu atlikta stebėtina mažai.



Šaltinis: sudaryta pagal Rutkauskas ir kiti (2005)

11. pav. Paslaugų produktyvumo modelis pagal Rutkauską (2005).

Paslaugas teikiančios organizacijos privalo praplėsti požiūrį į produktyvumo nagrinėjimo sferą nuo įprasto „organizacija“ į dvilypi „organizacija – vartotojas“. Dauguma mokslininkų mano, kad kokybė ir produktyvumas negali būti nagrinėjami kaip atskiros, nesusijusios sąvokos paslaugų sferoje.

Gamybinėje organizacijoje produktyvumas matuojamas fiziniiais įvesties ir išvesties vienetais, kurių kokybė tariamai vienoda. Tokie matavimai nėra tinkami produktyvumui nustatyti paslaugų sferoje. Pirmiausia – paslaugų sferoje ir įvesti, ir išvesti sudaro ne vien kiekybiniai elementai, bet ir kokybiniai. Antra – kokybė ir produktyvumas visose paslaugų sferos srityse yra glaudžiai susijusios. Kiekybinis produktyvumo vertinimas gali būti suskaičiuotas paslaugų apimtį dalinant iš darbo, žaliavų ir kapitalo vertės. Kokybinis vertinimas gali būti suskaičiuotas vartotojo suvokiamą kokybę dalinant iš materialių ir nematerialių elementų.

2.6.3. Paslaugų produktyvumo vertinimas

Produktyvumas gali būti įvertintas pilnai arba dalinai. Kai kuriose situacijose pakanka ir dalinio produktyvumo vertinimo. Literatūroje yra apibrėžiamos trys produktyvumo vertinimo alternatyvos, jos pateiktos 5. lentelėje.

5. lentelė Produktyvumo vertinimo alternatyvos.

Produktyvumo tipas	Fiziniai įverčiai	Finansiniai įverčiai	Kombinuoti įverčiai
Dalinis produktyvumas (rezultatas/ viena resursų įeiga)	aptarnauti klientai/darbuotojų valandos	pajamos/ darbo kaštai	pajamos/ darbuotojų skaičius
Pilnas produktyvumas	aptarnauti klientai/bendri resursai	pajamos/ resursų kaštai	aptarnauti klientai/ resursų kaštai

Šaltinis: sudaryta pagal Ojasalo (1999, p. 133).

Fiziniai įverčiai priskiriami prie tradicinio produktyvumo vertinimo. Dauguma paslaugų organizacijų naudoja šiuos kriterijus, nes jie yra gamybos produktyvumo vertinimo teorijos pagrindas, kuri yra suformuota, tuo tarpu paslaugų produktyvumo vertinimo teorija kol kas dar tik formuojasi Gronroos (2004). Vien tik fizinių kriterijų naudojimas neparodo realaus produktyvumo, nes nevertinami kaštų ir pajamų aspektai. Fiziniai kriterijai ignoruoja vartotojo dalyvavimo procese svarbą, neatsižvelgiama į kokybę. Panašių trūkumų turi ir kombinuoti kriterijai, vienu atveju jie nevertina kaštų aspektų kitu pajamų.

Edvardsson ir kiti (1991) pateikė finansinį paslaugų produktyvumo vertinimo kriterijų, pavadintą proceso vertės našumu (angl. process value productivity):

$$\text{proceso vertės našumas} = \frac{\text{sukuriama rinkos vertė} - \text{resursų kaštai}}{\text{darbuotojų valadų skaičius per konkretų periodą}} \quad (2.4)$$

Visiškai finansiniai vertinimo kriterijai yra naudojami labai retai, nes sunku tiksliai įvertinti sukuriamą rinkos vertę. Dėl įeigos resursų nevienalytiškumo, vartotojo dalyvavimo teikimo procese ir paslaugų kainų svyravimo. Nors šiuos kriterijus sunku suskaičiuoti, tačiau jie vieninteliai tiksliausiai vertina paslaugų sistemų produktyvumą, nes atsižvelgia į vidinius ir išorinius faktorius. Sukuriama vertė apima ir pasiūlos atitikimo paklausai įvertinimą. Pasak

Gronroos (2004) vienintelis teoriškai ir praktiškai reikšmingas būdas suskaičiuoti paslaugų produktyvumą yra finansiniai kriterijai.

$$\text{Paslaugų produktyvumas} = \frac{\text{konkrečios paslaugos pajamos}}{\text{paslaugų teikimo kaštai}} \quad (2.5)$$

Kaip bendrasis produktyvumo vertinimo kriterijus gali būti naudojamas:

$$\text{Paslaugų produktyvumas} = \frac{\text{bendros pajamos}}{\text{bendrų kaštų}} \quad (2.6)$$

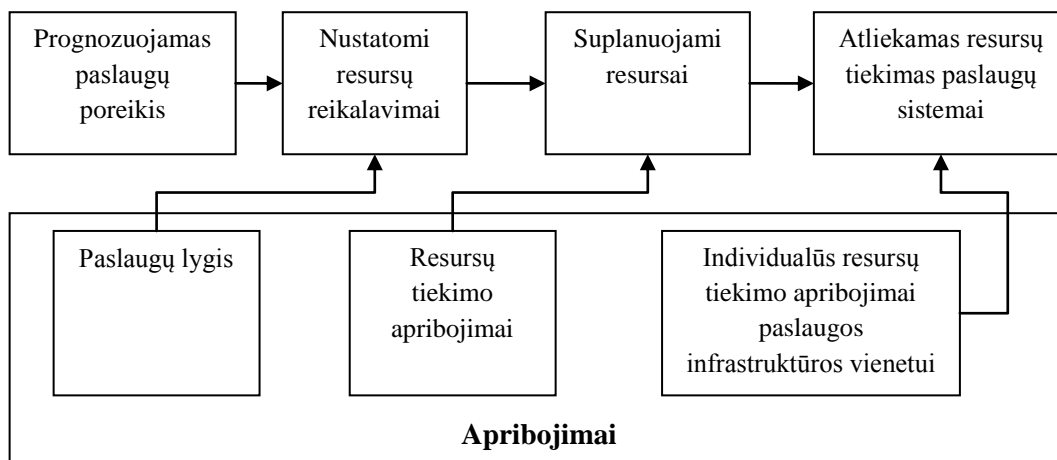
Suvokiama paslaugų kokybė priklauso nuo taikomos kaštų struktūros ir paslaugų teikimo proceso. Kuomet keičiama resursų struktūra pasikeičia kaštų struktūra, tokiu atveju keičiasi ir suvokiama kokybė bei pajamos. Kai pajamos padidėja daugiau negu kaštai, produktyvumas didėja. Jeigu kaštų sumažinimas sąlygoja pajamų mažėjimą, tačiau pajamos mažėja mažiau nei kaštai, produktyvumas yra vis tiek pagerinamas. Antroji strategija yra mažiau rekomenduotina, nes gali sąlygoti kokybės ir prestižo mažėjimą, kas ilguoju laikotarpiu gali neigiamai paveikti pajamas. Finansiniai įverčiai turi savo trūkumų. Pajamos ne visais atvejais yra geras įvertinimas, nes kaina gali neatitikti kokybės. Gali būti sunku priskirti kapitalo kaštus konkrečiai pajamų grupei. Kai kuriose paslaugų rinkose kainos gali būti reguliuojamos valstybės arba paslaugų sektorius gali būti monopolizuotas, todėl kaina negali atspindėti suteikiamos kokybės.

2.7. Paslaugų paklausos prognozavimas

Aptarnavimo paslaugų sektoriuje labai svarbu žinoti, kaip kinta paklausa. Žinant paslaugų paklausą galima valdyti apkrautumą, planuoti paslaugos resursus, tai padeda sumažinti kaštus ir padidinti pelningumą, nes atlaisvinami duotuoju momentu pajamų negeneruojantys resursai. Prognozuojant paslaugų paklausą svarbu atsižvelgti į tokius aspektus kaip: paklausos kitimas dienos ar valandų diskretiškumu; paklausos kitimas savaitės dienų atžvilgiu; paklausos kitimą mėnesio ribose; paklausos sezoniškumas; vykdomų marketingo akcijų poveikis.

Paslaugų paklausos apimtys turi būti pervedamos į resursų poreikio vienetus. Reikėtų nustatyti teikiamų paslaugų lygį, kokios paslaugos teikiamos,

jų apimtis. Nustačius paslaugų lygį ir žinant prognozuojamą paslaugos poreikį numatomi būtini resursai jos suteikimui.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

12. pav. Paslaugų apimčių valdymas.

Atsižvelgiant į resursų tiekimo apribojimus resursai yra tiekiami į paslaugų teikimo taškus. Paslauga turi būti suteikta tuo metu kai jai egzistuoja poreikis, todėl paslaugų negalima sandėliuoti. 2 priede pateikiamas detalus paslaugų prognozavimo metodų palyginimas, jie skirstomi į subjektyvius modelius: ekspertinis metodas, tarpusavio sąryšių analizė ir istorinės analogijos. Priežasčių modelius, kuriuos sudaro regresiją ir ekonometriniai modeliai. Laiko eilučių modelius, juos sudaro slenkančio vidurkio ir eksponentinio glotninimo metodai. Intelektinius modelius: neuroniniai tinklai, neryškių aibių logika, evoliuciniai modeliai, spiečiaus intelektas, hibridiniai intelektualūs metodai.

2.8. Antrojo skyriaus apibendrinimas ir išvados

Skyrelyje apžvelgti paslaugų teorijos aspektai. Pateiktas paslaugos ir e-paslaugos apibrėžimas. Aptartas elektroninių ir savitarnos paslaugų panašumas ir esminiai skirtumai. Aptarnavimo sistemų terminas dažnai naudojamas paslaugų valdymo, paslaugų operacijų, paslaugų marketingo, paslaugų inžinerijos ir paslaugų kūrimo literatūroje. Paslaugas galima suklasifikuoti į 7 grupes: pridėtinę vertę generuojančias, gamybos, verslo paslaugas, infrastruktūros paslaugas, paskirstymo, valdžios, asmenines ir vartotojo

(savitarnos). Dauguma autorių elektronines paslaugas skirsto į informacijos paslaugas ir savitarnos paslaugas (angl. self-service).

Išnagrinėtos Meuter (2000) ir Lawrence (2009) savitarnos technologijų klasifikacijos. Meuter (2000) savitarnos technologijas klasifikuoja 2 aspektų atžvilgiu: paslaugos suteikimo tikslo ir paslaugos suteikimo sąsajos. Lawrence (2009) išskyrė šešias savitarnos paslaugų technologijų grupes. Jas suskirstė pagal du aspektus: technologijų atskiriamumą nuo teikiamų paslaugų ir paslaugų kompleksiskumą.

Detalizuoti e-paslaugų kokybės vertinimo kriterijai. Surjadžaja (2003, p. 39-53) išskyrė 3 elektroninių paslaugų teikimo veiksmų grupes: paslaugos marketingą, paslaugos kūrimą ir paslaugos teikimą. Jis aprašė 20 veiksmų, apibūdinančių elektroninių paslaugų operacijas. Ghosh (2004) paslaugų veiksmus grupuoja pagal paslaugų marketingo, tiekimo ir kūrimo aspektus. Jis išskyrė 5 veiksmus, kurie atsispindi visose trijose veiksmų grupėse: patikimumas, atsakomumas, informacijos naujumas, valdymas ir atstatomumas. Ghosh (2004) pateikė e-paslaugų teikimo koncepcinį modelį.

Pateiktas šešių e-paslaugų kokybės valdymo modelių palyginimas. Dauguma iš jų yra koncepciniai ir neteikia aiškių priemonių paslaugų kokybei vertinti, tik nurodo, kokios kriterijų grupės turi būti vertinamos. Teorijoje paslaugos kokybė yra suprantama, kaip skirtumas tarp vartotojo lūkesčių ir suvokimo gavus paslaugą. Jeigu suteiktos paslaugos vertė viršija vartotojo lūkesčius, kokybė yra aukšta ir atvirksčiai. Įvertinus 19 paslaugų kokybė modelių, išskiriami 6 pagrindiniai aspektai sąlygojantys kokybę: aiški orientaciją į rinką ir vartotoją, motyvuotas personalas, aiškus paslaugų kokybė modelio ir savybių suvokimas, efektyvi vertinimo ir atgalinio ryšio sistema, efektyvi diegimo sistema, ir efektyvi vartotojų palaikymo sistema.

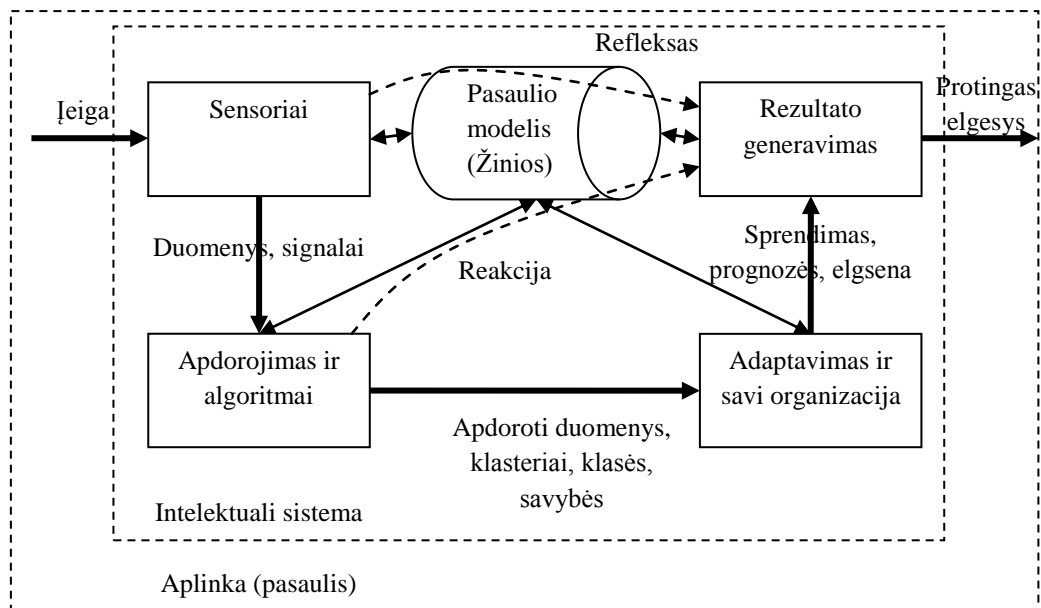
Aptarta e-paslaugų produktyvumo vertinimo sistema. Išnagrinėti esminiai paslaugų produktyvumo vertinimo kriterijai ir metodikos. Paslaugų produktyvumo valdymas yra labai svarbi tematika, tačiau šioje srityje yra atlikta labai mažai empirinių tyrimų (Johnston ir Jones, 2004). Produktyvumas susideda iš 4 komponentų: kainos, išteklių paskirstymo, technologinio ir masto

našumo. Skyrelyje aptartos pagrindinės produktyvumo vertinimo metodikos. Pagrindinė produktyvumo dilema yra pajamų ir kaštų subalansavimas. Būtina užtikrinti efektyvų resursų naudojimą, atsižvelgiant į paklausą, nes paslaugų negalima sandėliuoti. Produktyvumas skirstomas į vidinį ir išorinį. Vidinis našumas apibūdina, kaip efektyviai yra naudojami resursai. Išorinis našumas parodo, koks yra paslaugos pelningumas. Paslaugų produktyvumas yra išorinio ir vidinio našumo balansas. Kitas svarbus produktyvumo elementas yra paklausos valdymas arba apimties našumas, todėl kad teikėjas negali sandėliuoti paslaugų. Apimčių našumas parodo, kaip efektyviai sistemos vidiniai resursai tenkina paklausą. Paslaugų procesas yra atvira sistema, todėl tradicinių našumo vertinimo sistemų taikymas gali sąlygoti neteisingus rezultatus. Produktyvumas gali būti įvertintas pilnai arba dalinai. Pasak Gronroos (2004) vienintelis teoriškai ir praktiškai reikšmingas būdas suskaičiuoti paslaugų produktyvumą yra finansiniai kriterijai.

Skyrelyje išnagrinėtos 4 paslaugų prognozavimo metodų grupės: subjektyvūs, priešasčių, laiko eilučių ir intelektiniai metodai.

3. BANKOMATŲ TINKLO GRYNUJŲ PINIGŲ VALDYMO MULTI-AGENTŲ MODELIS

Mokslas per pastaruosius metus stipriai pažengė į priekį. Sukurti įvairūs metodai ir priemonės sudėtingų verslo optimizavimo ir valdymo problemų sprendimui. Šie metodai remiasi biologiniais ir natūralaus intelekto principais. Jie apima dirbtinius neuroninius tinklus, neryškių aibių sistemas, multi-agentų sistemas, evoliucinių skaičiavimų ir skaitinio intelekto sistemas. Visi kartu jie yra apibrėžiami, kaip intelektinės sistemos (Engelbrecht, 2002, Konar, 2005, Eberhart ir Shi, 2007). Kompiuterių mokslo visuomenėje iki šiol diskutuoja apie intelekto ir intelektualios sistemos sąvoką. Žodynai intelektualumą apibūdina kaip gebėjimą pasinaudoti sukauptomis žiniomis, suvokti ir suprasti. Kitais žodžiais intelektualumas apibūdinamas, kaip kūrybiškumas, žinios, sąmoningumas, emocijos ir intuicija.



Šaltinis: sudaryta pagal (Eberhart and Shi, 2007)

13. pav. Intelektualios sistemos sudėtinės dalys.

Sistema yra intelektualiai tada, kai gali išmokti ir prisitaikyti prie naujos situacijos, geba apibendrinti žinias ir jose atrasti asociacijas. Intelektualios sistemos išeiga yra prognozuojama informacija arba sprendimas. Tokios sistemos dažnai kuriamos atkartoti vieną ar daugiau žmogaus intelekto aspektų. Intelektualios sistemos sudėtinės dalys ir ryšiai tarp jų pateikti 13. pav.

Intelektinės sistemos įėjimas yra sensorių duomenys iš aplinkos, išėjimo informacija yra sistemos veiksmas arba intelektualus elgsena. Apdorojimo ir algoritmų posistemis adaptavimo posistemii pateikia apdorotus duomenis (klasterius, klases, savybes). Adaptavimo posistemis rezultatų perdavimo posistemii pateikia sprendimų, prognozės arba elgsenos informaciją.

3.1. Agentų technologijos

Agentų technologijos, kurios buvo sukurtos dirbtinio intelekto sričiai, šiuo metu atranda visiškai naują pritaikymą, kaip pavyzdžiui skaičiavimų organizavimo teorija (angl. computational organization theory) (Carley, 2004) ir agentų technologijomis paremta kompiuterijos ekonomika (angl. agent-based computational economics) (Tesfatsion, 2004). Intelektiniai agentai ir multi-agentų sistemos yra palyginti nauja mokslinių tyrimų kryptis, susijusi su sudėtingų kompleksinių programinės įrangos sistemų kūrimu, analize ir diegimu.

3.1.1. Agentų apibrėžimas

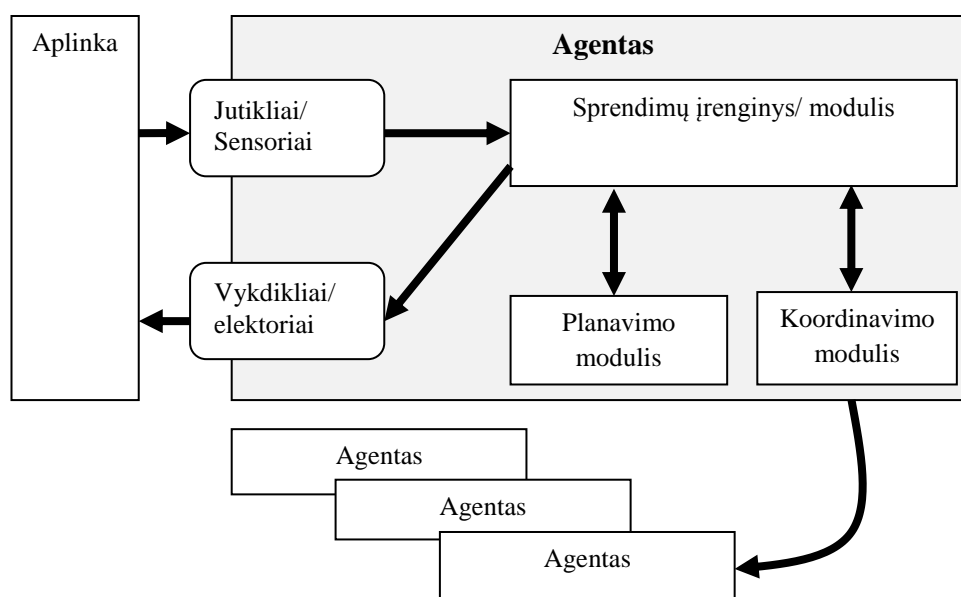
Terminas „agentas“ egzistuoja daugiau kaip 30 metų ir yra labai įvairiai interpretuojamas. Pirmiausia šis terminas buvo naudojamas mokslinėje literatūroje, apibūdinant dirbtinius, intelektualius kompiuterinius objektus. Vėliau buvo sukurta kompiuterių mokslo šaka, kuri nagrinėjo taip vadinamas agentų sistemas. Ši tyrimų šaka tyrinėja dabartinių agentinių sistemų teorinius pagrindus.

Daugelis agentų technologijas tyrinėjančių mokslininkų (Russel ir kiti, 1995; Maes ir Pattie, 1990; Wooldridge ir Jennings, 1995; Jennings, 1998) programinį agentą apibrėžia, kaip programinės įrangos objektą, kuris nepertraukiamai ir autonomiškai funkcionuoja tam tikroje aplinkoje ir gali bendrauti su kitais agentais ar procesais (Shoham, 1997). Nors vieningo agento apibrėžimo nėra dauguma mokslininkų išskiria tokias esmines agento savybes: sugebėjimas gauti iš aplinkos informaciją, apdoroti informaciją ir pagal ją veikti aplinką. AgentLink III (2004) teigia, kad *agentas yra autonominė, problemas sprendžianti kompiuterinė sistema, sugebanti vienodai efektyviai*

veikti dinamiškoje ir atviroje aplinkoje“. Agentas taip pat apibūdinamas kaip siauroje specializuotoje aplinkoje veikianti kompiuterinė programa (Maes ir Pattie, 1990), kuri naudodamasi sukauptomis žiniomis ir ateinančia iš aplinkos informacija autonomiškai ir lanksčiai formuoja agento išėjimo veiksmus, siekdama įvykdyti agentui keliamus tikslus (R. Simutis, 2002). Russel (1995) pateikė bendrą agento apibrėžimą, pagal jį agentais galime pavadinti sistema, kurios gauna informaciją ir atlieka atsakomuosius veiksmus, pagal apibrėžtą supratimo lygį. Vieną iš detalesnių apibrėžimų pateikė Wooldridge ir Jennings (1995), kurie pabrėžia agento autonomiškumo, socialumo, reaktyvumo ir proaktyvumo savybes.

3.1.2. Klasikinė programinio agento sistemos architektūra

Agentas yra vienas programinis objektas, turintis apibrėžtą tikslą. Jis siekia šio tikslo autonomiškai funkcionuodamas, sąveikaudamas su savo aplinka arba kitais agentais.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Russel ir kiti, 1995)

14. pav. Klasikinė programinio agento architektūra.

Agentas yra nepriklausomas, orientuotas į tikslą, reaktyvus, turintis apibrėžtas funkcijas, atkaklus, sugebantis komunikuoti, adaptyvus ir mobilus. Agentas gauna informaciją iš aplinkos per sensorius ir atlieka veiksmus, kurie įtakoja aplinką per efektorius. Jutikliai perduoda informaciją į sprendimo

įrenginį, kuriame yra užprogramuota veiksmų logika. Sprendimų įrenginys pagal šią logiką, naudodamas planavimo ir koordinavimo modulius, įvykdo veiksmus ir sugeneruoja sprendimus, kurie per efektorius perduodami aplinkai. Planavimo veiklos metu yra nustatoma veiksmų seka užduotam tikslui pasiekti. Koordinavimo veiklos metu, tam, kad būtų pasiekti aukštesnio lygio tikslai yra bendradarbiaujama ir su kitais agentais.

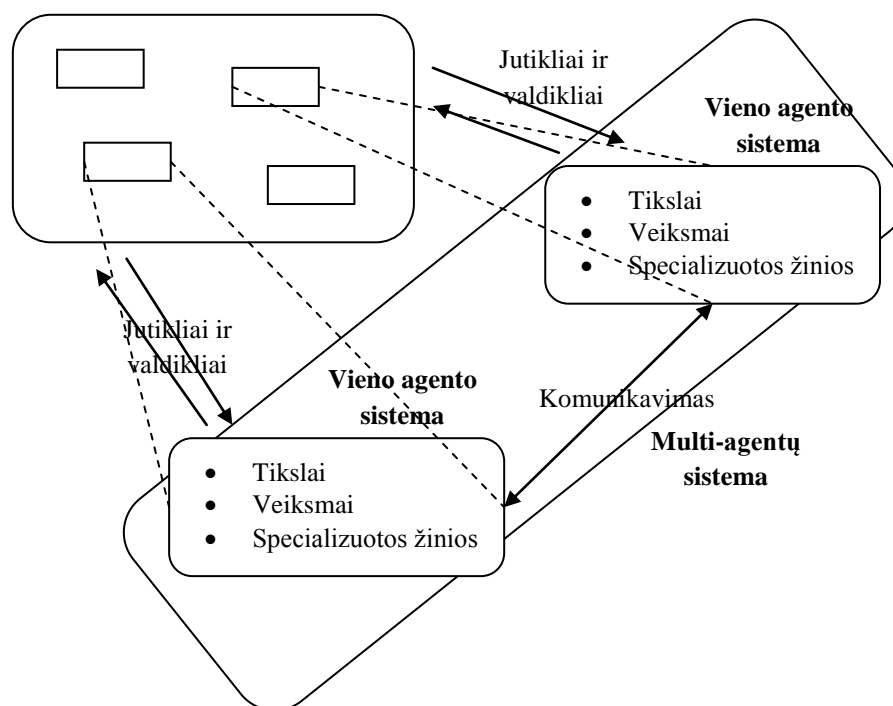
Agentas turi sugebėti mokintis iš savo aplinkos, sąveikauti su kitais agentais, keisti vietą aplinkoje ar sistemose. Taip agentų sistemos funkcionuoja tik idealiu atveju. Dauguma realizuotų agentų sistemų yra gerokai paprastesnės, įgyvendina tik aiškiai apibrėžtas funkcijas.

3.1.3. Multi-agentų sistemos

Kiekybinių požymių atžvilgiu, agentų sistemas galime suskirstyti: vieno agento sistemas, šiuo atveju agentas modeliuoja save, savo aplinką, ir sąveiką; egzistuojantys kiti agentai vertinami kaip aplinkos dalis; ir multi-agentų sistemas, šiuo atveju agentai modeliuoja vienas kito tikslus ir veiksmus, gali tiesiogiai sąveikauti. Agentai sąveikauja su aplinka ir modeliuoja konkrečią aplinkos dalį, tai matosi pateiktame 14. pav.

Agentų veikla dažniausiai nukreipta siauriems uždaviniams spręsti. Agentai turi turėti realaus laiko ryšį su aplinka per jutiklius ir vykdyklius. Šiuo atžvilgiu agentai skiriasi nuo klasikinių ekspertinių sistemų, kurios daugiausia dirba nerealaus laiko (angl. off-line) režimu. Jie sugeba komunikuoti su kitais agentais ar agentų sistemomis, naudodami agentų komunikavimo kalbas ir protokolus. Agentai priklausomai nuo situacijos iš daugelio galimybių turi rasti geriausius sprendimus tikslui pasiekti ir šiuos sprendimus realizuoti besikeičiančioje dinaminėje aplinkoje. Agentai sugeba prisitaikyti prie kintančios aplinkos ir priima sprendimus arba perduoda gautus rezultatus kitoms sistemoms. Agentai turi gebėti veikti, savo užduotų tikslų ribose, be tiesioginės žmogaus ar kito agento intervencijos, tačiau agentas, siekdamas savo lokalaus tikslo, gali gauti informaciją iš kitų agentų. Agentas, prisitaikydamas prie aplinkos, keičia savo būseną (R. Simutis, 2002).

Agentas egzistuoja dinamiškoje aplinkoje, kurioje vyksta įvairūs procesai kintantys laike. Jis sąveikauja su aplinka atlikdamas jame užprogramuotas užduotis. Agentas gali veikti įvairių tipų aplinkose (statinėje, dinamiškoje, apibrėžtoje ir neapibrėžtoje), todėl aplinka turi didelę įtaką agentų veiksmams ir įtakoja jų sudėtingumą. Agentai veikia dinamiškoje aplinkoje, sąveikauja su kitais dinamiškais agentais, kurie skirtingu laiko momentu gali pateikti visiškai kitus atsakymus arba jų iš viso gali nepateikti. Visa tai priklauso nuo aplinkos. Todėl agentai turi būti intelektualūs, kad galėtų funkcionuoti autonomiškai ir efektyviai.



Šaltinis: pagal (R. Simutis, 2002).

15. pav. Struktūrinė multi-agentų funkcionavimo schema.

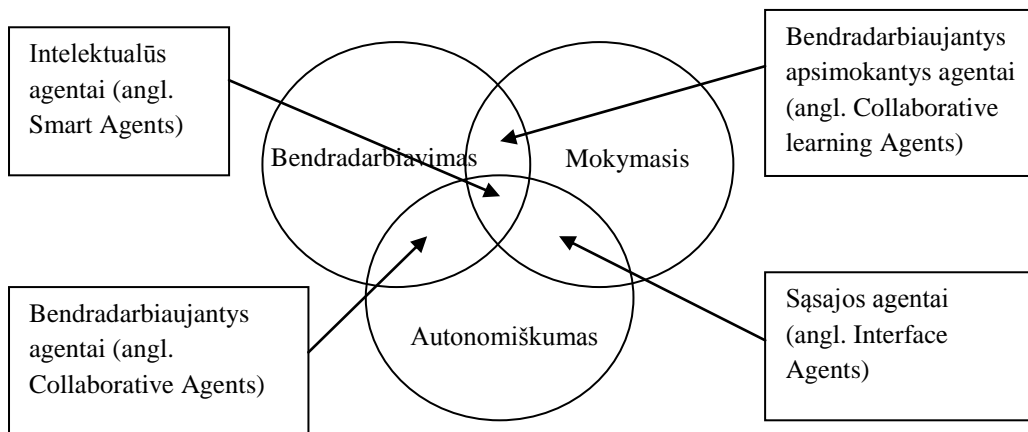
Multi-agentų sistemos susideda iš kelių arba daugiau agentų, kurie bendradarbiauja tarpusavyje, kad įvykdytų globalius uždavinius. Tokios sistemos išsiskiria didele modulių gausa ir suteikia efektyvų metodą projektuoti sistemas, kurios naudoja paskirstytus, įvairiarūšius informacijos šaltinius sprendimams priimti. Multi-agentų sistemų efektyvus uždavinių įvykdymas priklauso nuo veiksmingo agentų bendravimo ir koordinavimo.

Multi-agentų sistemų valdymas apima funkcijas: agentų koordinavimas, suderinamumas, agentų ar jų grupių aktyvavimas ir deaktyvavimas, agentų

parinkimas, naujų agentų sukūrimas, nereikalingų agentų sunaikinimas, individualių agentų ir jų grupių pritaikymas prie pakitusios aplinkos, mokymas, žinių valdymas ir išgavimas.

3.1.4. Agentų sistemų klasifikacija

Literatūroje pateikiamos 2 agentų klasifikacijos: Nwana (Hyacinth S. Nwana, 1996) ir Davis (Davis, 1997). Nwana (1996) pasiūlė agentus klasifikuoti pagal jų elgesio bruožus: bendradarbiavimą, mokymąsi ir autonomiškumą. Nwana klasifikacijos grafinė schema pavaizduota 16. pav. Klasifikacija nėra griežta, nes agento priskyrimas kažkuriai klasei, nereiškia, kad agentas negali turėti kitų elgesio savybių.



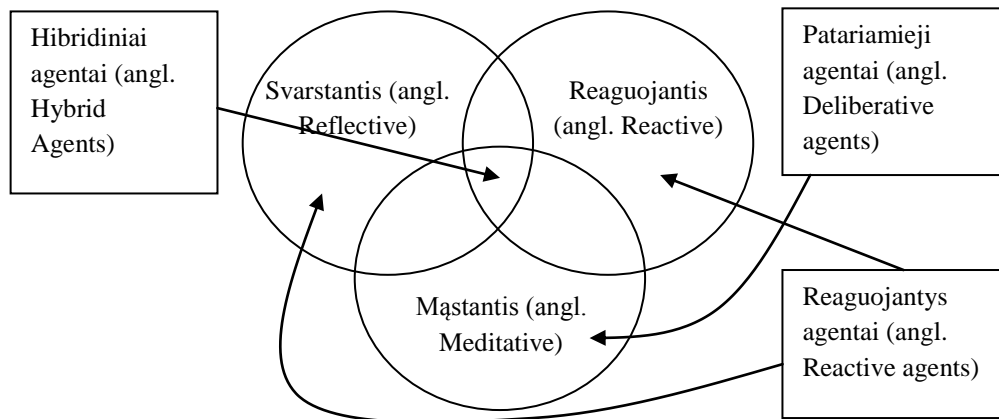
Šaltinis: sudaryta pagal (Hyacinth S. Nwana, 1996).

16. pav. Nwana agentų klasifikacija.

Bendradarbiaujančio agento pagrindinės elgesio savybės yra gebėjimas kooperuotis ir veikti autonomiškai, gebėjimas apsimokyti jam nėra svarbus. Tačiau tai nereiškia, kad šis agentas negali turėti ir šios savybės. Sąsajos agentai gali mokintis ir yra autonomiškai. Pagal Nwana klasifikaciją visas savybes turintis agentas yra vadinamas intelektiniu agentu.

Davis klasifikacija (Davis, 1997). D.N. Davis (1997) pasiūlyta klasifikacija remiasi trimis intelektinėmis agento savybėmis ir kiek stipriai jos išreikštos agente. Protingi arba intelektualūs agentai yra tie, kurie veikia autonomiškai, sugeba mokintis iš kintančios aplinkos ir bendradarbiauja su kitais agentais ar

sistemomis. Šios intelektinės savybės: gebėjimas svarstyti, gebėjimas reaguoti, gebėjimas mąstyti. Davis klasifikacijos schema pavaizduota 17. pav.



Šaltinis: sudaryta pagal (Davis, 1997).

17. pav. Davis agentų klasifikacija.

Nwana pasiūlė agentus klasifikuoti pagal jų elgesio bruožus, o Davis pateikė klasifikaciją pagal samprotavimo savybes.

6. lentelė Agentų klasifikavimo savybės.

Savybė	Apibūdinimas
Mobilumą	Gali būti statiškas arba mobilus agentas. Agentas gali atlikti jam užduotus uždavinius ir neatlikti prisitaikymo prie aplinkos, tačiau kaip minėjome agentai gali veikti dinamiškoje aplinkoje, tai yra mobilūs agentai.
Samprotavimo modelį	Gali būti svarstomasis, reaguojantis, mąstantis agentas. Pateikiama apdorota informacija naudojant įvairius modelius. Tai yra reaguojanti sistema: priklausomai nuo situacijos (aplinkos savybių) agentas gali atlikti įvairius veiksmus, kitaip sakant agentas veikia kaip intelektualinė sistema.
Idealūs atributus	Agentai klasifikuojami pagal jų autonomiškumo lygį, mokymasis ir bendradarbiavimo savybes.
Vaidmenį	Agentai klasifikuojami pagal jų atliekamą vaidmenį: informavimas, valdymas.
Hibridinius darinius.	Tai yra minėtų variantų kombinacijos.

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

3 priede pateikiamas agentų tipų savybių palyginimas, klasikiniai jų realizacijos pavyzdžiai, ir realizacijai naudotų platformų pavadinimai.

3.1.5. Agentų sistemų kūrimo technologijos

MAS iki 2000 metų labai išpopuliarėjo. Jas dažnai buvo mėginama naudoti net tada, kai kiti problemų sprendimo metodai galėtų būti veiksmingesni. Kai kurie mokslininkai iki 2000 metų manė, kad multi-agentų sistemos dažnai

naudojamos neadekvačiai problemos sudėtingumui (Wooldridge M., 1997). Tačiau pradėjus formuoti tvirtam standartizavimo pagrindui, agentų sistemos įgavo kitoki pritaikymo požiūrį. Agentų sistemos nėra kažkokia panacėja, naudojama spręsti labai sudėtingas problemas. Agentų tikslas yra spręsti labai konkrečias problemas (AgentLink III, 2004):

- Užtikrinti patikimą valdymą, bei galimybes atsistatyti, jeigu sistemoje atsiranda klaidų;
- Resursų apdorojimo kaštų mažinimas, naudojant skaičiavimo ir kompiuterines technologijas;
- Procesų, veikiančių dinamiškose aplinkose, efektyvumo gerinimas;

Tokių problemų sprendimui, jau yra sukurtos reikiamos technologijos, kurios leidžia realizuoti agentų sistemas. Tai yra aukšto ir žemo lygio aplikacijų kūrimo, protokolų, failų apsikeitimo technologijos. 7. lentelėje pateikti agentų realizacijos standartai ir technologijos pagal chronologinę atsiradimo seką.

7. lentelė Agentų sistemų realizacijos technologijos ir standartai.

Technologijų grupės	Iki 1990	Nuo 1990 iki 1995	Nuo 1995 iki 2000	Nuo 2000 iki 2005
Interneto technologijos	Email, TCP, IP, WWW	HTTP	XML, RDF	SemWeb(OWL)
RPC (angl. Remote Procedure Call)		CORBA	RMI	
Paskirstytų objektų technologijos		DCOM	EjB (J2EE), COM+	NET
P2P (angl. Peer-to-Peer)		ICQ	Napster, Gnutella	JXTA
Į paslaugas orientuotos technologijos (SOA)			Jini, Java Spaces, UPnP	
Visuotiniai skaičiavimai (angl. Pervasive computing)			Bluetooth, WiFi	
Web servaisai				UDDI, WSDL, BPEL4WS, SOAP
GRID				OGSA, WSRF

Šaltinis: sukurta pagal (AgentLink III, 2004).

7. lentelėje pateiktas technologijų palyginimas, leidžia daryti išvadą, kad šiuo metu egzistuojančios ir veikiančios standartizuotos technologijos, leidžia

realizuoti agentų sistemas, užtikrinant jų komunikaciją, duomenų mainus, infrastruktūrinį sąveikumą ir resursų panaudojimą.

Agentų technologijos dažnai pritaikomos tokiose srityse: Web paslaugos, Grid skaičiavimai, aplinkos intelektas (angl. Ambient Intelligence), autonominis skaičiavimas (angl. Autonomic Computing); semantinis Web ir sudėtingos sistemos. Agentų sistemų pritaikymo sritys yra atviros ir dinamiškos. Pateiktos sritys neapima plataus spektro, jau nustovėjusių specifinių technologijų, kaip agentais paremti skaičiavimai, žmogaus-agento vartotojo sąsajos, besimokančios sistemos, ar agentai robotai.

3.1.6. Agentų sistemų kūrimo technologijos

Pirmosios priemonės agentams kurti atsirado 1999 metais, dauguma iš jų yra atviro kodo platformos. Agentų sistemoms kuri dažniausiai naudojamos tokios technologijų grupės:

- Programavimo kalbos: Java arba C++;
- Komunikavimo kalbos (naudojamos agentų komunikacijai): KQML arba FIPA ACL;
- Žinios yra skirstomos kaip tekstinės eilutės arba XML dokumentai;
- Turinio kalbos: KIF arba SL1;

Agentų kūrimo sistemos pasižymi įvairiu funkcionalumu, tačiau dažniausiai yra pritaikomos tik konkrečių sričių problematikai spręsti ir nėra visiškai standartizuotos. Su viena sistema sukurtas agentas nesugebės „susišnekėti“ su kita sistema kurtu agentu. Nėra bendro komunikavimo protokolo tarp šių sistemų. Agentams kurti siūlomos tokios komercinės priemonės: AgentBuilder®; AgenTalk; Agent Building Environment; Agent Development Environment; Agentx; Aglets; Concordia; DirectIA SDK; Gossip; Grasshopper; Infosleuth; iGEN; Intelligent Agent Factory; Intelligent Agent Library; JACK Intelligent Agents; Jumping Beans Engineering; Kafka; LiveAgent; Microsoft Agent; Swarm; Versatile Intelligent Agents (VIA). Kita grupė priemonių skirtų kurti agentų sistemas, palaiko agentų sistemų kūrimo

standartą FIPA⁴. Šiuo metu plačiausiai yra naudojamos: Agent Development Kit; April Agent Platform; Comtec Agent Platform; FIPA-OS; Grasshopper; JACK Intelligent Agents; JADE; JAS (Java Agent Services API); LEAP; ZEUS (pinas agentų sistemų sąrašas yra pateikiamas AgentLink puslapyje⁵).

Apibendrinant atliktą agentų sistemų kūrimo priemonių analizę, galima spręsti, kad šiuo metu yra sukurta nemažai sistemų, kurios dalinai tenkina OMG ir FIPA standartų reikalavimus, tačiau šių sistemų pritaikomumas, dažniausiai yra ribotas konkrečia sritimi. Priemonės naudojamos realizuoti konkrečias su agentų technologijomis susijusias problemas: žinučių perdavimas, agentų komunikavimas ir kita. Didžiosios IT kompanijos, šiuo metu jau siūlo integruotus paketus, agentų ideologija pagrįstų sistemų kūrimui, kurios grindžiamos į paslaugas orientuotų sistemų kūrimu (sut. SOA) ir Web servisų technologijomis.

3.2. Realus laiko sprendimų priėmimo sistemos

Verslo intelektikos sistemos yra tokios sistemos, kurios verslo organizacijoms suteikia galimybes tiksliau įvertinti savo verslo aplinką ir ją analizuojant priimti sprendimus. Šio tikslo įgyvendinimui šios sistemos savyje integruoja priemones duomenų apdorojimui, išgavimui ir analizei. Verslo intelektikos sistemos dar kitaip apibūdinamos, kaip sprendimų priėmimo sistemos. Bendrai paėmus *verslo intelektikos sistemos yra duomenimis paremtos (angl. data driven) sprendimų priėmimo sistemos*. Verslo intelektikos sistemos leidžia analizuoti, pateikti istorinius, dabartinius ir prognozuojamus verslo įvykius. Verslo įvykiai yra analizuojami pasitelkiant organizacijos duomenų saugyklose sukauptus duomenis. Šios sistemos analizuoja labai platų spektrą duomenų iš įvairių verslo sričių: pardavimų, finansų valdymo, operatyvinės veiklos. BI sistemos šiuo metu yra stipriai orientuotos į informacijos tiekimą, tačiau ateityje turėtų didėti analizės teikiamų galimybių svarba (James Richardson, 2008).

⁴ www.fipa.org/

⁵ <http://eprints.agentlink.org/view/type/software.html>

Dauguma dabartinių verslo intelektikos sistemų nėra reaktyvios. Jos neanalizuoja duomenų realiu laiku, nes tam reikalingi dideli skaičiavimo resursai. Jeigu būtų išnaudojami realiai veikiančių verslo sistemų skaičiavimo resursai, sutriktų jų darbas. Todėl verslo intelektikos sistemos dažniausiai funkcionuoja greta realiai veikiančių verslo sistemų. Tokios verslo intelektikos sistemos vadinamos tradicinėmis BI sistemomis, tačiau sparti interneto technologijų plėtra, Web 2.0 fenomeno atsiradimas, paskui jį sekančios informacijos teikimo ir apdorojimo inovacijos suteikia galimybes verslo intelektikos sistemoms funkcionuoti realiu laiku. Tai naujos kartos verslo intelektikos sistemos, kurios vadinamos realaus laiko arba BI 2.0 sistemomis.

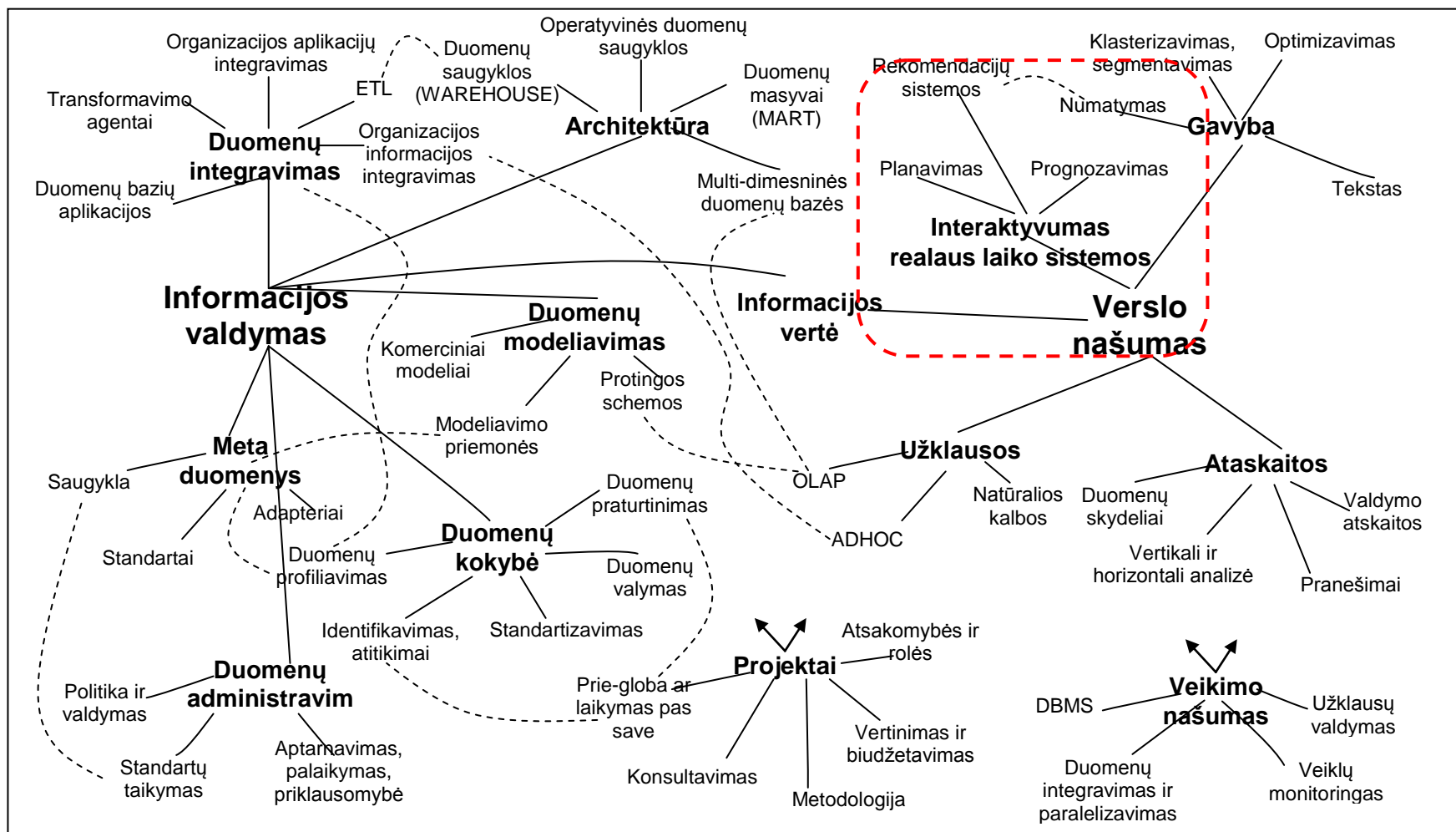
Dabartinės verslo analitikos sistemos yra sudėtingos, jas sunku integruoti ir atnaujinti, nors jos ir siūlo labai platų funkcionalumą, tačiau negali išspręsti vienos esminės problemos „*kaip jų siūlomi sprendimai bus įgyvendinami realybėje*“. Realaus laiko verslo intelektikos sistemos pasižymi tokiomis savybėmis: paprastumu, universalia prieiga, realaus laiko analizės galimybėmis, sąveikumu, veiklos intelektika (angl. operational intelligence), lengvai integruojamomis paslaugomis (angl. connected services), ir aukštesniu informacijos abstrakcijos lygiu, užtikrinančiu didesnę lankstumą ir spartesnę analitiką. Dabartinės BI sistemos užtikrina du dalykus: duomenų valdymą ir ataskaitų teikimą. Pastarąjį dešimtmetį šių sistemų plėtros iniciatyvos buvo orientuotos į duomenų apdorojimo sritį: duomenų integravimas, duomenų kokybė, duomenų valymas (angl. data cleansing), duomenų saugyklų organizavimas (angl. data warehouse), duomenų masyvai (angl. data mart), duomenų modeliavimas ir duomenų valdymas. Verslo intelektikos sistemos yra priklausomos nuo duomenų. Šių sistemų teikiama informacijos kokybė priklauso nuo turimų duomenų valdymo ir išgavimo įrankių kokybės. Sparčiai augant verslo intelektikos sistemų vartotojų skaičiui, šios sistemos tapo pasyvia ataskaitų paskirstymo priemone, o ne priemone, kurios pagalba būtų galima atlikti aktyvias analizes ir sprendimų priėmimą. Naujoji verslo intelektikos sistemų karta savyje integruoja daugiau nei duomenų apdorojimą ir ataskaitų formavimą. Verslo intelektikos sistema tampa reaktyvia, veikiančia realiu

laiku, tiesiogiai integruota į verslo sistemas per jos procesus ir gebančia funkcionuoti ne tik organizacijos viduje, bet ir jos išorėje. Naujos kartos sistemos nepriklauso nuo sudėtingų duomenų apdorojimo ir organizavimo formų, yra orientuotos į semantinius duomenis (aukštesnės abstrakcijos duomenų organizavimas, pagrįstas tokiais standartais, kaip OWL, XML ir t.t.). Nereikėtų galvoti, kad realaus laiko BI sistemos pakeičia tradicines BI sistemas, jos viena kitą išplečia.

3.2.1. Verslo intelektikos sistemų plėtra

BI yra daugiau nei ataskaitos ir analitika. Forrester kompanija (Boris Evelson, 2008) BI apibrėžia, kaip metodologijų, procesų, architektūros ir technologijų rinkinį, kuris yra naudojamas „žalius“ duomenis paversti naudinga informacija, siekiant užtikrinti efektyvesnę strateginę, taktinę ir operatyvinę išvalgumą ir sprendimų priėmimą. Nuo 2008 metų BI sistemų technologijos pasuko kita linkme, iš duomenų analizės ir vizualizavimo įrankio jos pereina prie realaus laiko verslo procesų valdymo įrankių. Naujosios BI sistemos naudoja turtingą vartotojo sąsają, yra suintegruotos su procesais ir verslo taisyklių sistemomis. Anksčiau BI sistemomis galėjo naudotis tik gerus analitinius įgūdžius ir statistines žinias turintis specialistas. Naujosios BI sistemos teikia daugybę savitarnos priemonių, mažiau įgudusiems vartotojams.

Gartner kompanija prognozuoja, kad BI sistemose be jau tradicinių priemonių, kurios yra skirtos duomenų apdorojimui, išgavimui ir organizavimui (angl. Extract, transform, and load, sut. ETL) bei duomenų vaizdavimui bus plėtojamos naujos galimybės, tokios kaip duomenų/sprendimų modeliavimas, prognozavimas, optimizavimas, eksperimentinis projektavimas. Gauti analizių rezultatai bus realiu laiku susiejami su organizacijos planavimo sistema. 2012 metais BI sistemomis naudosis apie 50% verslo žmonių, tai sąlygos sparčiai plėtojamos interaktyvaus vizualizavimo, atmintyje vykstančios analitikos (angl. in-memory analytics), programinės įrangos kaip paslaugos (sut. SaaS), bei SOA technologijos. 2012 metais turėtų būti išvystytos technologijos, leisiančios analitiką įsigyti kaip paslaugą per internetą.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Gartner (2008).

18. pav. Organizacijos analitikos sprendimų topografija.

Duomenys meta duomenų forma perduodami į analitinių paslaugų sistemas bus apdorojami ir atiduodami atgal į operatyvinės veiklos sistemas. Užklausų sistemos naudojamos tendencijų paieškai, jų pagalba vartotojas ieško priežasčių, iš kurių sekė vienas ar kitas sistemos pasiūlymas, naudojamos ad-hoc užklausos. Kita svarbi našumo sistemų dalis yra duomenų gavyba, ji apima numatymą ir tendencijų paiešką, klasterizavimą, optimizavimą, teksto analizę.

18. pav. pateikiama organizacijos verslo analitikos sistemų topografija. Punktyrinio kontūru pažymėtos sistemos, susijusios su disertacijoje pristatoma aptarnavimo paslaugų tiekimo optimizavimo ir valdymo sistema. Interaktyvumas yra siejamas su realaus laiko sistemomis, jos priklauso verslo našumo sistemų grupei. Interaktyvumas apima tokias dalis kaip prognozavimas, planavimas ir rekomendacijų sistemos. Duomenys pagal kuriuos atliekamas prognozavimas yra gaunami iš informacijos valdymo sistemų. Suformuoti verslo sprendimai pateikiami vartotojui per ataskaitų sistemas.

Gartner kompanija prognozuoja⁶, kad masinį BI sistemų pritaikymą skatins: pažangių analizės mechanizmų plėtra, analizės proceso automatizavimas, adaptyvios sistemos, ir į verslo taisykles orientuotos sistemos. BI sistemos reikalaus mažiau specifinių žinių iš vartotojų, suteikdamos jiems didesnes galimybes operuoti turimais duomenų masyvais. Gartner išskiria visą grupę BI sistemų pritaikymą skatinančių faktorių. Organizacijų vadovai nuolat spaudžiami investuoti į technologijas, kurios skatina organizacijos strateginius pokyčius ir verslo transformavimą. BI gali padėti patenkinti šį poreikį, nes leidžia pagerinti sprendimų priėmimą ir didina veiklos našumą. Informacija gaunama iš organizacijos aplikacijose kaupiamų duomenų visuomet buvo svarbus turtas. BI duomenis paverčia informacija, kurios pagalba gali būti priimami geresni sprendimai.

Pastaruoju metu BI sistemų taikymas suteikia kur kas daugiau galimybių nei duomenų analizė, OLAP, ataskaitų generavimas, vizualizavimas. Naujosios technologijos didina BI sistemų prieinamumą (įgalinančios technologijos SaaS,

⁶ "Hype Cycle for Business Intelligence and Data Warehousing, 2005" 5 July 2005.

SOA, atmintyje atliekama analitika ir t.t.). BI sistemos perorientuojamos nuo į analitikus orientuotas BI sistemas į strategiją ir procesus orientuotas sistemas. Smulkiosios ir vidutinės kompanijos tampa patrauklia BI sistemų rinka, atsiranda naujų BI paslaugų teikimo modelių kaip SaaS - teikiama kaip paslauga per Web. Vykdoma stipri BI priemonių standartizacija. Analitinės aplikacijos pradedamos plačiai taikyti ne tik finansų sistemose, tačiau ir CRM, tiekimo grandinių valdymo sistemose.

Dabartines BI sistemas galime suskirstyti į tokias kategorijas (B. Azvine, 2005):

Pateikti ataskaitas ir vizualizacijas apie **tai kas jau nutiko**. Į šią kategoriją patenka dauguma šiuo metu plačiai rinkoje taikomų BI sistemų;

Suprasti **kodėl tai nutiko?** Tai yra dabartinių BI sistemų pagrindinis funkcionalumas, tokios sistemos kaip IBM (COGNOS BI), SAP (Business objects BI) ir kitos;

Nustatyti **kas dar atsitiks** –kol kas dar nėra išvystytos visuotinai pritaikytos priemonės. SAS, SPSS, IBM kompanijos šiuo metu šias technologijas vysto. Plėtojami tokie standartai kaip prognozavimo modelių žymenų kalba (angl. Predictive Model Markup Language, sut. PMML⁷), MDM (angl. master data management), XBRL (angl. eXtensible Business Reporting Language) ir kita (Peter Chamoni, 2007).

3.2.2. Verslo intelektikos sistemos

Sahay ir Ranjan (2008) BI apibūdina, kaip programinę priemonę ir sprendimų rinkinį, skirtą surinkti, konsoliduoti, analizuoti ir užtikrinti prieigą prie duomenų tokiu būdu, kad organizacijos darbuotojai galėtų priimti geresnius sprendimus. Gangadharan ir Swamy (2004) verslo intelektiką apibūdina, kaip analizės praktiką, duomenų bazes ir aplikacijas, kurios skirtos analizuoti verslo duomenis. Gangadharan ir Swamy (2004) BI tematiką suvokia žymiai plačiau, jų teigimu BI apima žinių valdymą, organizacijos resursų planavimo sistemas, sprendimų priėmimo sistemas ir duomenų gavybą.

⁷ <http://www.dmg.org/v3-2/GeneralStructure.html>

BI apima ETL (angl. extraction, transformation and loading), duomenų saugyklų, duomenų bazių užklausų ir atskaitų, multi-dimensines/on-line analitikos apdorojimo (sut. OLAP) duomenų analizės, duomenų gavybos ir vizualizavimo sprendimus (Berson ir kiti, 2002). Azvine (2005) nurodo, kad kertinis BI sistemų funkcionalumas apima:

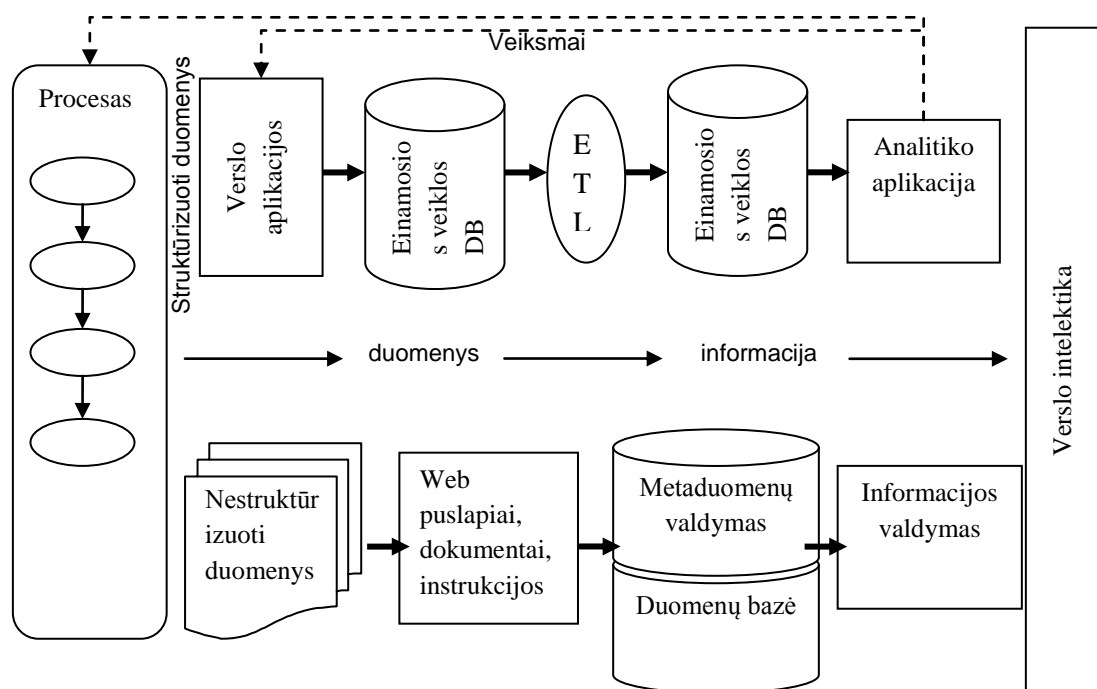
- Ataskaitų generavimo ir duomenų vizualizacijos mechanizmus;
- Tendencijų analizę (buvusių ir atsirandančių);
- Vartotojo elgsenos analizę;
- Prognozuojamąjį modeliavimą (angl. predictive modelling). Ši funkcija yra siejama su ateities galimų scenarijų vertinimu;

BI sistemų realizavimui reikia trijų tipų technologijų: duomenų saugyklų, analitinių priemonių, ir ataskaitų generavimo priemonių. Duomenų saugyklos surenka iš pavienių saugyklų (duomenų bazių, nestruktūrizuoto teksto) ir saugo duomenis vienoje vietoje. Sukaupti duomenys yra analizuojami pasitelkiant į pagalbą analitines priemones, tai pavyzdžiui gali būti duomenų gavybos priemonės. Analizės priemonės duomenyse išskiria esmines sąsajas ir ieško tendencijų. Vizualizacijos ir ataskaitų priemonės vartotojui suprantama forma pateikia analizės rezultatus. Generuojamos įvairaus detalumo ataskaitos, leidžiančios atlikti giluminę analizę (galimybė vertinti, kaip gautas vienas ar kitas įvertis) (B. Azvine, 2005).

BI sistema yra duomenų saugyklų ir sprendimų priėmimo sistemų kombinacija (Sahay ir Ranjan, 2008). Šios sistemos yra tarpinis transakcinių ir sprendimų priėmimo sistemų variantas, jų tikslas yra apdoroti, sukaupti duomenis ir juos išanalizavus pasiūlyti galimus sprendimus arba apaiškinti įvykių priežastis. BI sistemos dažniausiai turi tokias sudėtines dalis: sprendimų priėmimo, OLAP, statistinės analizė, prognozavimo ir duomenų gavybos.

Dauguma literatūros šaltinių nurodo, kad verslo intelektikos sistemos apima duomenų apdorojimo ir vizualizavimo procesus. Kiti parbrėžia, kad verslo intelektikos sistemos apima ne tik duomenų apdorojimą ir vizualizavimą, bet ir verslo našumo valdymą. Duomenų bazių tiekėjai, kalbant apie verslo intelektikos sistemas, labiau linkę akcentuoti duomenų išgavimo,

transformavimo ir integravimo savybes (angl. extract, transform, load, sut. ETL). Analitinių sistemų tiekėjai linkę pabrėžti statistinių analizių ir duomenų gavybos svarbą. BI yra aiškinama skirtingais požiūriais, tačiau bendrai paėmus BI sistemos nagrinėja duomenų išgavimo, prieigos, supratimo ir analizės priemones. Pagrindinis šių priemonių tikslas yra išgauti vertingą informaciją iš sukauptų duomenų, kurią būtų galima panaudoti verslo našumui didinti. Tipinė verslo intelektikos sistemos struktūra pavaizduota 19. pav.



Šaltinis: sudaryta pagal (B. Azvine, 2005)

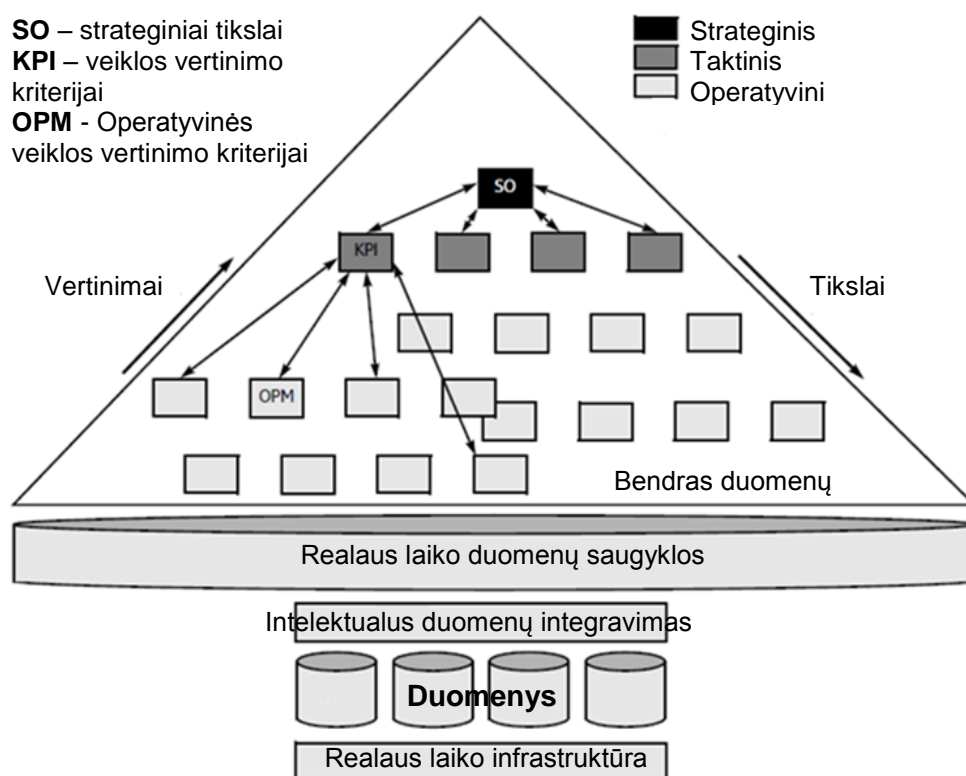
19. pav. Verslo intelektikos sistemos struktūra.

BI sistemos veikia kaip sprendimų paramos sistema, kuri duomenis gauna iš duomenų saugyklų, tuo tarpu duomenų saugyklos duomenis surenka iš įvairių verslo sistemų, juos apdoroja ir saugo. Naudojant duomenų atrankos užklausų mechanizmus, kokius kaip OLAP duomenys yra atrenkami ir perduodami BI įrankiams interpretavimui.

3.2.1. Realus laiko verslo intelektikos sistemos

BI sistemos teikia duomenis sprendimų priėmimui. Išstobulėjus analitikos sprendimams BI tapo neatskiriamu sprendimų priėmimo įrankiu, todėl atsirado poreikis gauti savalaikę informaciją sprendimų priėmimui. Dėl šios priežasties ypač pradėjo populiarėti realaus laiko sprendimų priėmimo ideologija.

Literatūroje pradėtos nagrinėti tokios koncepcijos, kaip aktyvios duomenų saugyklos, realaus laiko analitika. Tradicinės BI sistemos duomenų analizę atlieka nerealiu laiku, tai reiškia, kad gauti analizės rezultatai negali būti efektyviai pritaikomi sprendimų priėmimui. Gauta informacija gali būti panaudojama tik priežasčių analizei, tuo tarpu nėra užtikrinama prevencija, ką leidžia pasiekti realaus laiko analitikos sistemos. Realaus laiko BI sistemų pirminis tikslas yra supaprastinti analitinius įrankius, kad jais galėtų naudotis vadovaujantys asmenys. Tokios sistemos surenka duomenis iš skirtingų šaltinių, juos realiu laiku interpretuoja ir teikia rekomendacijas dėl procesų pokyčių ar veiksmų. Realaus laiko BI sistemos būdingas analizės rezultatų vėlinimas, tačiau jų tikslas kuo greičiau pateikti sprendimus vadovaujantiems asmenims.



Šaltinis: sudaryta pagal (B. Azvine, 2005)

20. pav. Modifikuota realaus laiko verslo valdymo sistema.

Azvine ir kiti (2005) aprašė tradicinių BI sistemų problemas ir pateikė detalią realaus laiko BI sistemų viziją. Jis nurodo, kad nėra nusistovėjusio apibrėžimo, apibūdinančio realaus laiko verslo intelektikos sistemas (sut.

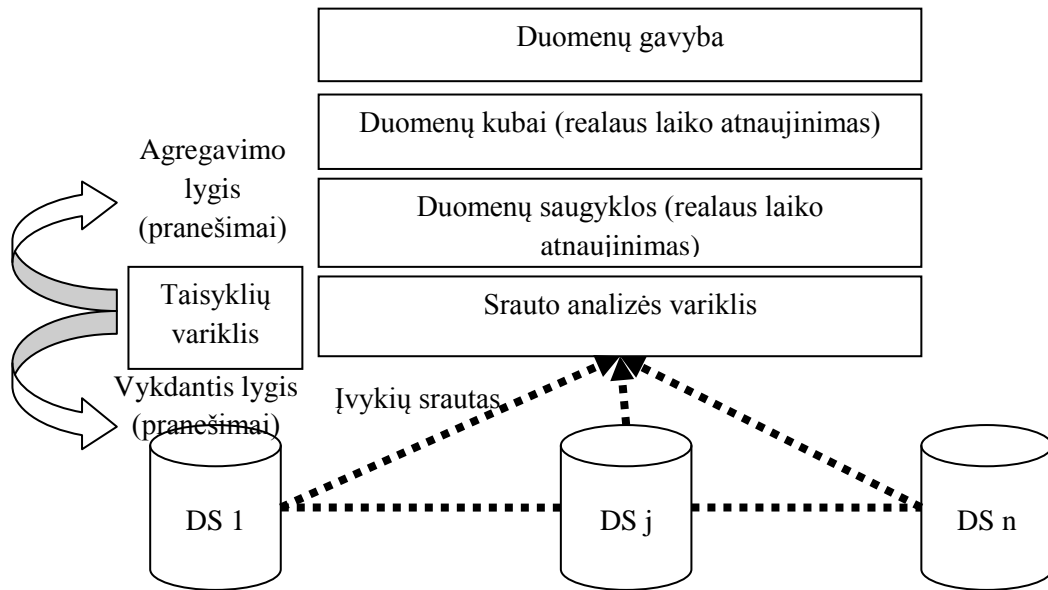
RTBI), aišku tai, kad RTBI sistemos turi tenkinti 4 savybes: reikalavimų procesuose išgavimas su nuliniu uždelsimu, galimybė procesams pasiekti informaciją bet kuriuo momentu, galimybė procesams tieki informaciją pagal vadovybės poreikavimą bet kuriuo metu, ir realios situacijos monitoringas pagal užsibrėžtus procesų kokybės kriterijus.

RTBI sistema apima tradicinių BI sistemų funkcionalumą, tačiau veikia naudodama realaus laiko verslo procesų duomenis, kurie yra gaunami iš realiu laiku funkcionuojančių sistemų su nuliniu uždelsimu, ir teikia priemones sprendimų perdavimui atgal į verslo procesus realiu laiku. Pasak Azvine (2005) RTBI sistema turėtų apimti (detaliau žiūrėti 20. pav.): realaus laiko informacijos pristatymą, realaus laiko duomenų modeliavimą, realaus laiko duomenų analizę, realaus laiko sprendimų priėmimą pagal atliktas analizes. Pagrindinė RTBI sistemos idėja yra greitas sprendimų perdavimas į realiu laiku funkcionuojančią sistemą (B. Azvine, 2005).

Nguyen Manh ir kiti (2005) pasiūlė įvykiais paremtą BI sistemos aplikacijų modelį, kuris realiu laiku atlieka verslo procesų analizę, automatiškai teikia pranešimus dėl pokyčių ir išskviečia ar keičia reikiamus verslo procesus, kad sprendimų priėmimas būtų savalaikis. Seufert ir Schiefer (2005) pasiūlė išplėstą BI sistemų architektūros modelį, kurio tikslas yra sumažinti sprendimų priėmimo laiką bei sprendimus automatiškai susieti su verslo procesais. Sahay ir Ranjan (2008) pateikė realaus laiko BI sistemos modelį, pritaikytą tiekimo grandinės analitikai. Pateiktas modelis yra koncepcinio pobūdžio, sudarytas iš standartinių BI sistemos modulių, papildomai išplėstas meta duomenų sluoksniu.

Agrawal (2009) teigia, kad tarp duomenų bazių specialistų vyksta daug debatų dėl realaus laiko BI sistemų poreikio. Žinoma reikalingos sistemos, kurios teiktų analitines žinias realiu laiku, tačiau ne visose problematikos srityse. Schneider (2007) nurodo, kad tokio pobūdžio sistemos yra vertingos elektroninės komercijos sektoriuje. Savitarnos sistemos taip pat yra elektroninė komercijos dalis, todėl realaus laiko BI sistemos gali suteikti įrankius didinti šių sistemų našumą. Agrawal (2009) pateikė technologiškai pagrįstą realaus

laiko BI sistemos architektūrą (detaliau žiūrėti 21. pav.). Ją sudaro duomenų šaltiniai, teikiantys realaus laiko įvykių srautą. Šį srautą realiu laiku interpretuoja srauto analizės variklis, kuris vėliau perduoda duomenis į duomenų saugyklas, kubus ir duomenų gavybos posistemes. Gautas įvykių srautas yra interpretuojamas taisyklių variklio, kuris teikia operatyvinio lygio pranešimus arba pagal užduotas taisykles atnaujina duomenis saugyklose.



Šaltinis: sudaryta pagal Agrawal (2009).

21. pav. Realaus laiko verslo intelektikos sistemos architektūra.

Muhlen ir Shapiro (2010) pateikė išsamų verslo procesų analitikos sistemų tyrimą ir suformavo naują šių sistemų skirstymo požiūrį. Jie verslo procesų analitiką suskirstė į tris etapus: procesų valdymą (angl. process controlling), verslo procesų monitoringą (angl. business activity monitoring, sut. BAM) ir procesų intelektiką (angl. process intelligence). Procesų valdymas yra ne kas kita, o tradicinės BI sistemos, kurios tik analizuoja įvykių priežastis. Verslo procesų monitoringas yra realaus laiko verslo analitikos sistemų atmaina. Procesų intelektika apima modeliavimą, duomenų gavybą ir optimizavimą. Procesų intelektika dar kitaip vadinama prognozavimo analitika (angl. Predictive Analysis), kuri reiškia, kad sistema funkcionuoja pagal gautus prognozių duomenis.

Nguyen Manh ir kiti (2005) pasiūlyta realaus laiko BI sistemos architektūra paremta SOA (angl. service-oriented architecture) ideologija. Pasak jų norint įsidiesti realaus laiko verslo analitikos sistemą būtina tvari infrastruktūra, užtikrinanti patikimumą, lankstumą ir gerą našumą. Azvine ir kiti (2005) pasiūlyta architektūra yra transformacinio pobūdžio ir gerokai konceptualesnė. Agrawal (2009) pateikė technologiškai pagrįstą realaus laiko BI sistemos architektūrą.

Dabartinės BI priemonės yra pasyvios, vertinant iš vartotojo, pusės, atlieka tik duomenų pateikimo/analizės ir verslo procesų monitoringo funkcijas. RTBI sistemos, lyginant su BI, pasižymės verslo procesų valdymo galimybėmis realiu laiku: verslo procesų parametrų keitimas realiu laiku, naujų perspektyvių verslo modelių paieška ir įgyvendinimas. Tokių sistemų realizavimui reikalingos aukšto lygio intelektinės sistemos, kurios savarankiškai geba priimti sprendimus pagal iš anksto apibrėžtus verslo tikslus (B. Azvine, 2005).

3.2.2. Verslo analitikos sprendimų plėtra aptarnavimo sektoriuje

Gartner⁸ pastebi, kad parduotuvių tiekimo valdymo sistemos ir korporatyvinės parduotuvių verslo išvalgos sistemos (BI), turėtų pasiekti masinį pritaikymą 2010-2012 metais, prognozuojama, kad šias technologijas įsidięs 20% aptarnavimo sektoriaus kompanijų. Disertacijos tematika yra susijusi su integruotomis paklausos ir tiekimo planavimo sistemomis (sut. IPTPS), šios sistemos masinį pritaikymą turėtų pasiekti 2013-2017 metais. IPTPS yra naujos kartos planavimo ir tiekimo valdymo sistemos, integruojančios aptarnavimo taškus (prekybos vietas, parduotuves), tiekimo centrus ir sandėlių planavimą į vieną bendrą tiekimo valdymo sistemą. Sistema pašalina integravimo problemą. IPTPS sistemos leidžia efektyviai planuoti sandėlių ir prekybos vietų užimtumą, „neperkraudant“ bereikalingomis prekėmis⁹ sandėlių ir prekybos vietų. Integruotas tiekimo planavimas pagal vartotojų paklausą leidžia realizuoti tokias funkcijas ir taikyti technologijas, kaip RFDI (angl. radio frequency identification) technologijas, naujos kartos

⁸ Hype Cycle for Retail Technologies, 2007

⁹ Prekės, kurios neturi paklausos.

prekių pardavimo būdus, reklamos ir akcijų planavimą, tiekimo automatizavimą ir planavimą. Esminis tokių sistemų komponentas yra paslaugų ar prekių vartojimo prognozavimas, be šio komponento kitos funkcijos netenka savo vertės. Žinant prekių ar paslaugų suvartojimą galima atlikti efektyvų planavimą ir paslaugų ar prekių tiekimo/pardavimo proceso optimizavimą. Optimizavimo metu yra mažinami prekių, paslaugų saugojimo kaštai, paslaugų aptarnavimo sistemos kaštai, didinamas paslaugos ar prekių prieinamumas.

Dabartinės tiekimo planavimo sistemos grindžiamos matematinio programavimo principais, tai yra tiekimo teorijos modeliais, kaip pavyzdžiui prekių užsakymo taškų skaičiavimas (angl. reorder point). Sistemos sudėtinės dalys nėra kokybiškai integruotos, dėl to tiekimo procesas nėra pilnavertiškai automatizuojamas.

3.3. Bankomatų tinklų valdymas

2009 metais pasaulyje veikė 2 mln. bankomatų. ATMIA¹⁰ atlikti tyrimai rodo, kad vieno bankomato aptarnavimas per metus kainuoja nuo 20 iki 68 tūkstančių litų. Jeigu darysime prielaidą, kad vidutiniai vieno bankomato aptarnavimo kaštai yra 40 tūkstančių litų, tai kiekvienais metais visų pasaulio bankomatų išlaikymas kainuotų 80 milijardų litų. Retail Banking Research¹¹ prognozuoja, kad 2013 metais pasaulyje bus įdiegta 2,5 mln. bankomatų. Europos sąjungos šalyse grynujų pinigų apimtys rinkoje per metus išauga nuo 7-10 %. Vidutiniai grynujų pinigų kaštai ES šalių ekonomikoje per metus sudaro nuo 40 iki 70 milijardų eurų, tai yra 0,4 iki 0,6 % nuo ES bendrojo vidaus produkto. Europos mokėjimų taryba (sut. EPC) mano, kad turėtų būti imamasi veiksmų siekiant sumažinti grynujų pinigų kainą.

Centrinės ir rytų Europos regione (sut. CEE) yra apie 7 % visų pasaulio bankomatų. Didžiausias ATM skaičius yra Azijos ir Okeanijos regione 32 %, vakarų Europoje 20 %, šiaurės Amerikoje 26 %, o Lotynų Amerikoje 11%.

¹⁰ <http://www.atmia.com/>

¹¹ Global ATM Market and Forecasts to 2013 (Retail Banking Research)

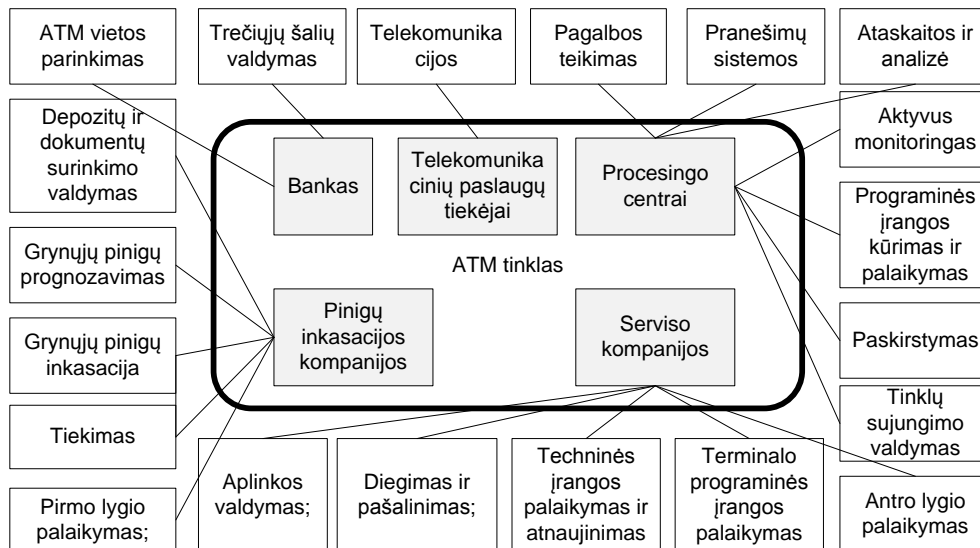
Prognozuojama, kad 2013 metais CEE regionas taps ketvirta pagal dydį bankomatų rinka pasaulyje.

Lietuvos banko duomenimis¹² 2009 m. pabaigoje Lietuvoje veikė 1543 bankomatai, iš jų 1483 išduoda grynuosius pinigus, 73 priima grynuosius pinigus, o 13 bankomatų atlieka abiejų rūšių operacijas. 2009 m. Lietuvoje per bankomatus išgryninta 22,8 mlrd. Litų.

2000 m. bankai per ATM teikė 19% visų savo paslaugų, 70% per taupomuosius skyrius, 4% per internetą, ir 2% telefonu. Atlikti tyrimai rodo, kad ATM ir ateityje išliks svarbiu bankų paslaugų ir produktų paskirstymo kanalu. 2010 m. per ATM planuojama teikti 28% visų savo paslaugų, taip pat didesnę svarbą įgaus internetu teikiamos paslaugos, jos sudarys 28%. Bankas elektroniniai kanalais teiks 56% savo paslaugų.

3.3.1. Bankomatų tinklo valdymo modeliai

Bankomatų tinklo valdyme dalyvauja 5 tipų operatoriai: serviso kompanijos, telekomunikacinių paslaugų tiekėjai, procesingo centrai (sut. TPP), pinigų inkasacijos kompanijos (sut. CiT) ir bankai.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal ATMIA.

22. pav. Idealus ATM tinklo valdymo modelis.

Kiekvienas iš operatorių valdo konkrečias ATM tinklo funkcijas. 22. pav. yra pateiktas idealus bankomatų tinklo funkcijų valdymo modelis. Bankas

¹² <http://www.lb.lt/lt/mokejimai/mokejimai.htm>

valdo tik dvi funkcijas – parenka bankomatui vietą ir rūpinasi kitų operatorių valdymu, šiuo atveju didžioji dalis funkcijų yra perduotos trečiosioms šalims. Žinoma, pasitaiko įvairių ATM tinklų valdymo modelių, juose funkcijų ir operatorių pasiskirstymas gali būti įvairus. Bankas gali pats prognozuoti grynuosius pinigus ir vykdyti jų inkasaciją. Idealiame ATM tinklo valdymo modelyje, beveik visos funkcijos yra perduotos trečiosioms šalims, taip bankas gali koncentruoti savo veiklą į paslaugų teikimą, o ne į infrastruktūros palaikymą ir priežiūrą. ATM tinklo valdymo modelius galime suskirstyti į tris tipus: (1) visiškas funkcijų perdavimas, (2) dalinis funkcijų perdavimas ir (3) funkcijų išlaikymas.

Kiekvienas iš modelių turi savo privalumų ir trūkumų, jo pasirinkimas priklauso nuo banko paslaugų teikimo strategijos. Pirmasis modelis kaštų atžvilgiu yra efektyviausias, tačiau bankas praranda kontrolę – paslaugų teikimas priklauso ne tik nuo jo, bet ir kitų kompanijų. Tokiame modelyje lemiamą reikšmę turi vadybinių metodų taikymas, jis būdingas išsivysčiusioms bankų rinkoms. Funkcijų išlaikymo modelis kaštų atžvilgiu yra neefektyviausias, tačiau suteikia pilną kontrolę. Toks modelis būdingas besivystantiems bankams, kurie dar tik kaupia paslaugų teikimo patirtį. Dalinis funkcijų perdavimas turi pirmojo ir trečiojo modelio savybes.

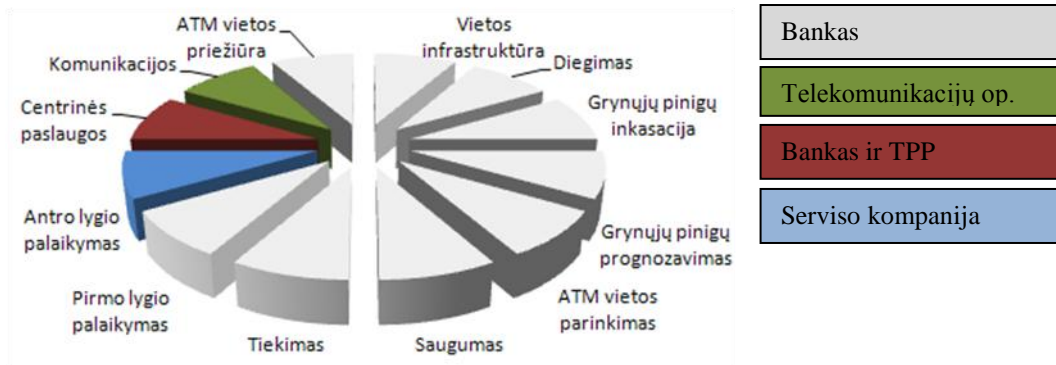
ATM tinkle skirtingoms bankomatų grupėms gali būti taikomi skirtingi modeliai, tam įtaką turi bankomatų diegimo vieta. ATM yra diegiami uždaroje patalpose arba atvirose erdvėse.

Uždarų erdvių ATM dažniausiai diegiami bankų padaliniuose arba netoli jų: banko prieigose, banko padaliniuose, specialiai įrengtose patalpose, arba per sienas prie bankų. Atvirų erdvių bankomatai diegiami toliau nuo bankų padalinių: įvairiose viešosiose vietose arba lengvai privažiuojamose vietose. Uždarų erdvių bankomatams dažniausiai taikomas antras valdymo modelis.

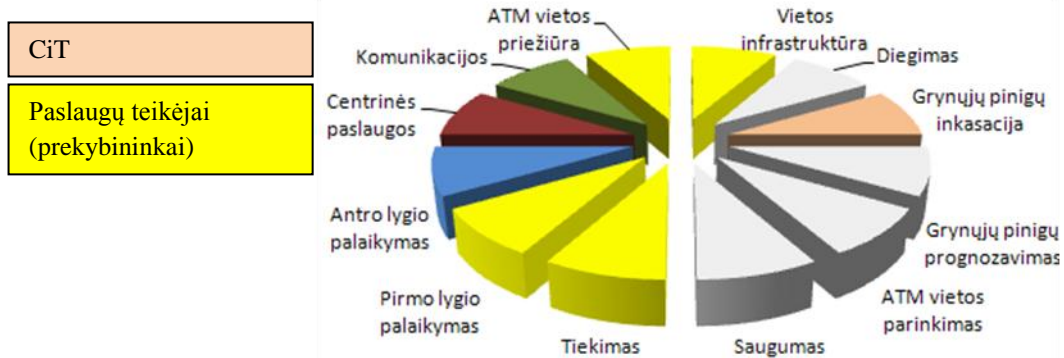
Atvirose erdvėse įdiegtų ATM tinklų operacijų valdymas yra pasiskirstęs tarp 5 operatorių: bankas, CiT, serviso kompanijos, telekomunikacijų kompanijos, TPP ir paslaugų teikėjų. Bankai patys aptarnauja bankomatus,

kurie yra įdiegti jų patalpose, tai leidžia jiems paskirstyti pastovius patalpų nuomos ir darbo kaštus, taip užtikrinamas didesnis našumas.

Uždaroje erdvėje įdiegtų bankomatų tinklų operacijų savininkų pasiskirstymas



Atviroje erdvėje įdiegtų bankomatų tinklų operacijų savininkų pasiskirstymas



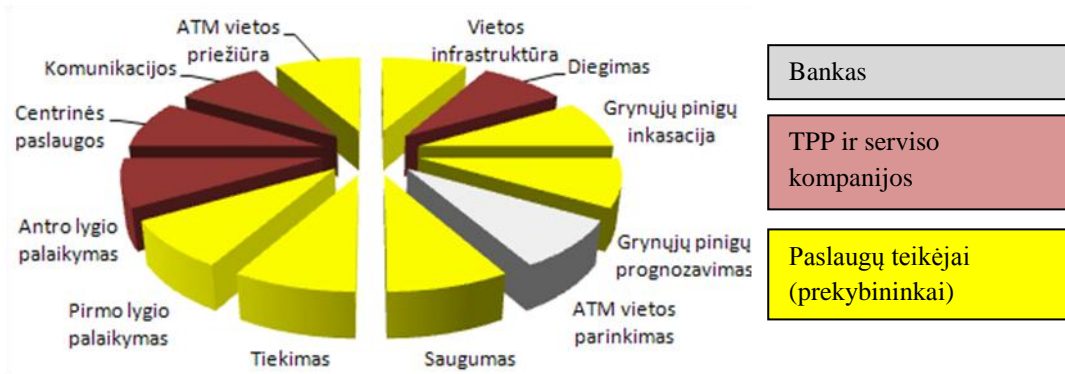
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal ATMIA.

23. pav. ATM tinklų operacijų savininkų pasiskirstymas, pagal ATM tipą.

ATM tinklų kaštus būtų galima optimizuoti paslaugų teikėjams (prekybininkams, kurių patalpose stovi ATM) sudarant galimybes į bankomatus pakrauti grynuosius pinigus, taip mažėtų tiek pinigų inkasavimo kaštai, be to prekybininkams nereikėtų inkasuoti pinigų bankuose. Tokio modelio realizavimui reikalingi bankomatai, kurie gali priimti ir išduoti pinigus. Kitas optimizavimo būdas yra ATM tinklo operacijų savininkų tarpusavio darbo sinchronizavimas (žiūrėti 24. pav.). Šiai užduočiai galima pasitelkti tiekimo grandinės valdymo sprendimus, kurie užtikrina efektyvų valdymą, optimalų darbų ir resursų planavimą.

Tokiame modelyje bankas sprendžia kur turi būti pastatytas bankomatas, o visas kitas operacijas atlieka trečiosios šalys. TPP ir serviso kompanijos valdo viso tinklo darbą, teikia antro lygio palaikymą, komunikacijas ir atlieka ATM

diegimą. Paslaugų teikėjai (prekybininkai), dar kitaip vadinami nepriklausomais paslaugų teikėjais (sut. ISO), rūpinasi ATM vietos priežiūra, infrastruktūra, teikia pirmojo lygio palaikymo paslaugas. Jie taip pat patys organizuoja grynujų pinigų prognozavimą ir inkasaciją.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal ATMIA.

24. pav. Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis.

Žinoma, gali inkasaciją perduoti ir kitoms kompanijoms. Rūpinasi saugumu ir susinaudojančių žaliavų tiekimu (čekių popierius, spausdintuvo rašalas ir kita). Toks modelis ypač populiarus Amerikoje, dažniausiai ATM priklauso ISO kompanijai.

3.3.2. Bankomatų tinklo optimizavimo modeliai

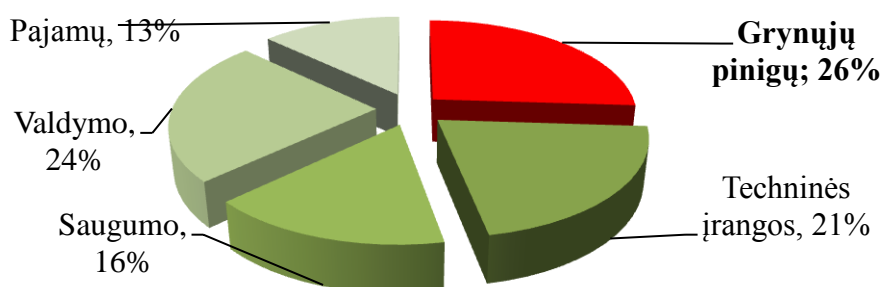
ATM aptarnavimo išlaidos yra skirstomos į 12 kategorijų: centrinės paslaugos (15%), vietos nuoma (13%), nusidėvėjimas (11%), pirmo lygio palaikymas (10%), grynujų pinigų palūkanos (9%), grynujų pinigų kaina (9%), antro lygio palaikymas (9%), komunikacinės paslaugos (9%), pinigų inkasacija (8%), draudimas (3%), žaliavos (2%), ir saugumas (2%). Su grynaisiais pinigais susiję kaštai sudaro 26% visų išlaidų. Grynujų pinigų valdymo funkcijų optimizavimas gali reikšmingai sumažinti ATM palaikymo kaštus.

Įvertinus ATM aptarnavimo kaštų struktūrą ir ATM valdymo modelių specifiką, galima išskirti 5 optimizavimo modelius:

1. Grynujų pinigų (26% kaštų dalies): grynujų pinigų palūkanos (9%), grynujų pinigų kaina (9%) ir pinigų inkasacija (8%);
2. Techninės įrangos (21% kaštų dalies): pirmo lygio palaikymas (10%), antro lygio palaikymas (9%) ir žaliavos (2%);

3. Saugumo (16% kaštų dalies): saugumas (2%), nusidėvėjimas (11%) ir draudimas (3%);
4. Valdymo (24% kaštų dalies): centrinės paslaugos (15%) ir komunikacinės paslaugos (9%);
5. Pajamų (13% kaštų dalies ir gaunamos pajamos): vietos nuoma (13%), paslaugų struktūros, ir vartotojų aptarnavimas;

ATM tinklų operacijų efektyvumą galima padidinti diegiant pažangesnius techninius sprendimus (2 modelis). Pavyzdžiui bankomatus, kurie gali priimti ir išduoti pinigus, taip gerokai sutrumpėtų grynujų pinigų tiekimo kelias.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal ATMIA.

25. pav. Optimalus ATM tinklų operacijų valdymo modelis.

Antrasis būdas yra operatorių tarpusavio darbų sinchronizavimas (4 modelis), jam užtikrinti reikalinga specializuota tiekimo grandinės valdymo programinė įranga.

Trečiasis būdas yra pažangių optimizavimo technologijų taikymas (1 modelis), tai gali būti intelektinių metodų taikymas grynujų pinigų poreikio, gedimų, ir žaliavų prognozei. Tam reikia sukurti intelektualius algoritmus ir juos įdiegti į verslo intelektikos sistemas.

Ketvirtas būdas yra pažangių paslaugų ir produktų valdymo sistemų ATM tinkluose diegimas (5 modelis). Su jomis kuriamos naujos ATM paslaugos: kryžminis pardavimas, smulkių paskolų išdavimas ir išankstiniai apmokėjimai. Tam reikia sukurti unifikuotą paslaugų paskirstymo platformą susietą su verslo intelektikos sprendimais ir kertinėmis bankų valdymo sistemomis. Realizaciją gali riboti pasenusi bankų programinės įrangos infrastruktūra.

Paskutinysis būdas yra saugumo užtikrinimas (3 modelis). ATM pinigų vagysčių ir vandalizmo atvejų prevencija. Tam reikia realizuoti intelektinius apsaugos sprendimus, kurie gali aptikti potencialius pažeidėjus, identifikuoti jų elgseną.

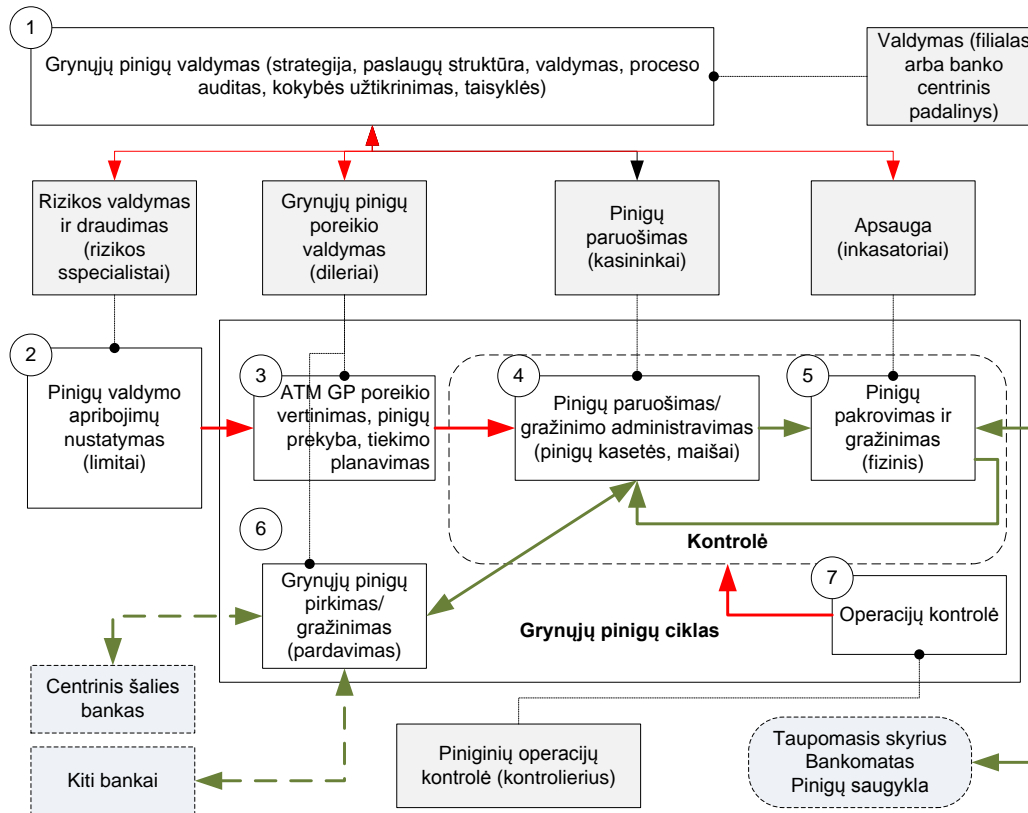
Kiekybiškai lengviausiai galime realizuoti trečią optimizavimo būdą, be to šioje srityje optimizacija gali duoti didelę naudą, jeigu gryniesiems pinigais ar kitos aptarnavimo funkcijos nėra efektyviai planuojamos.

3.3.3. Bankomatų grynųjų pinigų valdymo procesas

Grynųjų pinigų optimizavimas gali ženkliai sumažinti bankomatų ir banko padalinių valdymo kaštus. Naudojant intelektualius prognozavimo įrankius, galima tiksliau nuspėti pinigų poreikį, o gautą informaciją panaudoti grynųjų pinigų inkasacijai planuoti. Prognozuojamasis arba nuspėjamas grynųjų pinigų valdymas yra aplikacija, leidžianti atlikti pinigų srautų modeliavimą ir pagal prognozuojamus rodiklius planuoti jų tiekimą. Dažniausiai modeliuojamos trys grynųjų pinigų sritys: centrinių saugyklų, banko padalinių (taupomųjų skyrių) ir bankomatų. Bankai, siekdami išlaikyti aukštą paslaugų prieinamumo lygį, taip nediskredituodami savo įvaizdžio, naudoja konservatyvią pinigų valdymo strategiją, kuomet yra naudojamas didelis laisvų pinigų buferis paslaugų teikimui. Žinoma, tai bankai daro todėl kad amortizuotų netikėtumus ir išlaikytų reikiamą paslaugų kokybę. Bankai neturi tikslią prognozę teikiančių įrankių. Viso to pasekmės yra kaštai, kurie patiriami dėl paklausos neturinčių pinigų. Gryniesiems pinigais nuvežami ir parvežami iš paslaugų taškų. Jų išaldymas paslaugų infrastruktūroje sąlygoja kaštus, susijusius su palūkanų norma ir tiekimu (inkasavimu ir paruošimu).

Grynųjų pinigų tiekimo procesą sudaro 7 funkcijų sritys, jų tarpusavio sąveika pavaizduota 26. pav. Modelyje žalios spalvos rodyklėmis žymima grynųjų pinigų cirkuliacija, raudonos spalvos kontrolė ir valdymas. Grynųjų pinigų valdymo procesas kontroliuoja riziką, pinigų poreikio valdymą, pinigų paruošimą ir apsaugą. Jis nekontroliuoja operacijų kontrolės, kuri veikia kaip išorės auditorius. Jo funkcija yra stebėti ar pinigų operacijos yra vykdomos sąžiningai pagal nustatytas taisykles. Procese rolės pažymėtos pilku

stačiakampiu (pavadinimas nurodytas skliausteliuose), kiekviena iš jų įgyvendina atitinkamą funkcijų sritį.



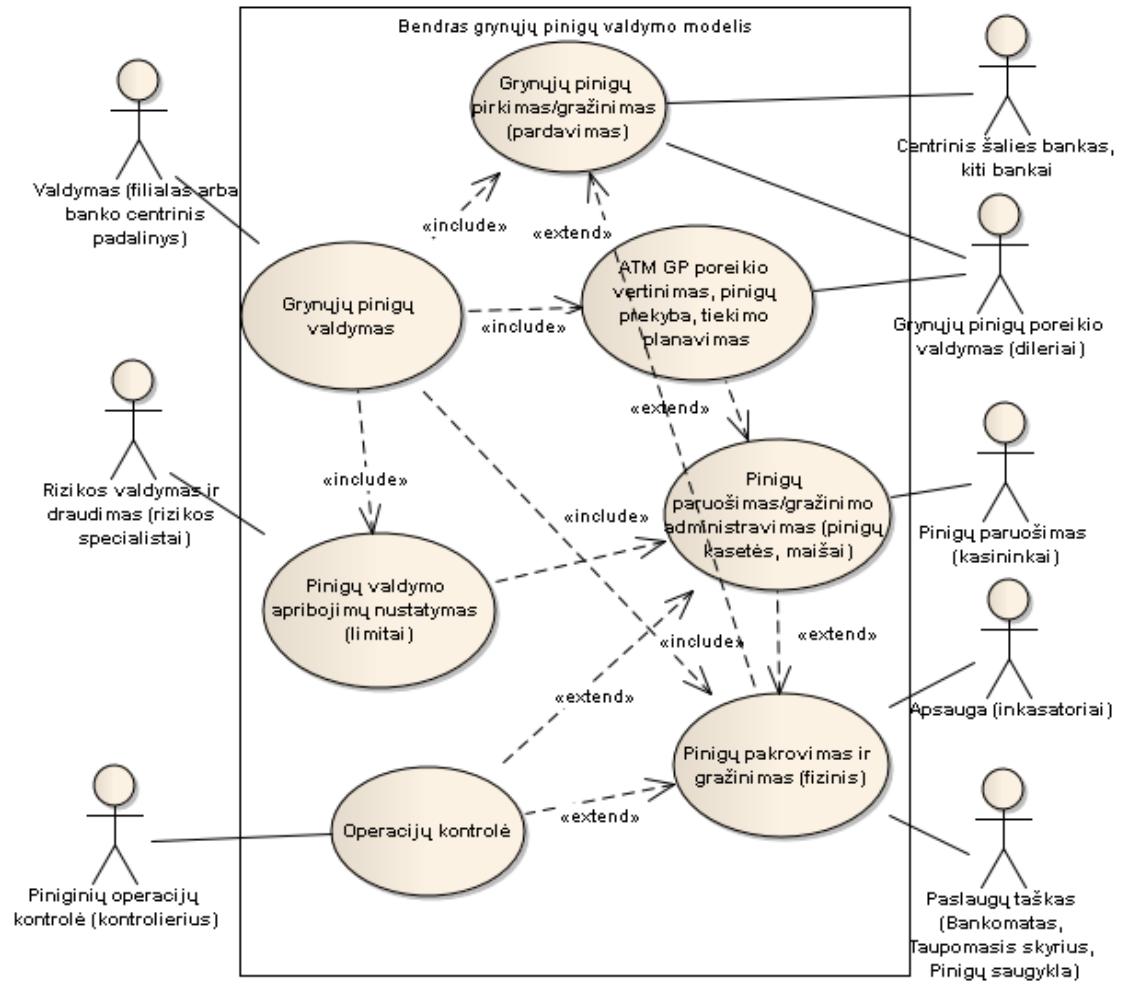
Šaltinis: sudaryta autoriaus.

26. pav. Bendras grynųjų pinigų valdymo modelis.

Dileriai atlieka pinigų poreikio vertinimą (prognozė, monitoringas), užsiima pinigų prekyba tarp bankų. Jie valdo pinigų įsigijimą ir gražinimą į centrinį banką. Rizikos specialistai, įvertinę paslaugų teikimo faktorius, nustato pinigų planavimo apribojimus. Kasos darbuotojai pagal dilerio sudarytus planus paruošia grynuosius pinigus inkasacijai. Paruošti pinigai fiziškai pakraunami/nuvežami į paslaugų taškus – taupomuosius skyrius, bankomatus ar saugyklas. Pinigai, kurie neturi poreikio yra gražinami tokia pačia tvarka į kasą, iš kur gali būti perskirstomi į kitus banko paslaugų taškus, parduodami kitiems bankams arba gražinami į centrinį banką. Bendro grynųjų pinigų valdymo modelio USE CASE diagrama pateikta 27. pav.

Optimaliam grynųjų pinigų valdymui reikalingas įrankis, kuris leistų visiems proceso dalyviams operatyviai keistis informacija, planuoti darbą,

skirstyti užduotis, atlikti paslaugų infrastruktūros monitoringą ir poreikio prognozę.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

27. pav. USE CASE bendras grynujų pinigų valdymo atvejis.

Optimizuoti ATM tinklų darbą reikia ir dėl rinkoje vykstančių pokyčių, tai ypač aktualu pažangioms rinkoms kur yra didelis konkurencijos lygis, valstybė stipriai reguliuoja paslaugų teikimą (Kitten, 2007). Dėl didelės konkurencijos mažėja ATM transakcijų apimtys, todėl reikia didinti jų našumą, norint išlaikyti jų pelningumą. Bankomatų tinklai vidutinės brandos bankų rinkoje arba mažose šalyse yra nepelningi, nes bankai šį pardavimų kanalą, naudoja kaip priemonę kitų paslaugų pardavimui. Siekia išlaikyti lojalius klientus, taip jiems suteikia patogią ATM paslaugų infrastruktūrą. Tokiose rinkose ypač svarbu sumažinti paslaugų teikimo kaštus. Priklausomai nuo šalies ir banko su grynaisiais pinigais susiję kaštai gali sudaryti nuo 26 iki 60%. Visų pirma

bankai patiria dideles išlaidas dėl „užšaldytų pinigų“, kai kuriuose tinkluose grįžtančių pinigų kiekis vidutiniškai siekia net 40%, taigi vien iš to galime spręsti, kad tokių sistemų našumas yra tik ~60-70%.

3.4. Agentų platformos modeliavimas ir projektavimas

3.4.1. Agentų technologijų pritaikymas realių problemų sprendimui

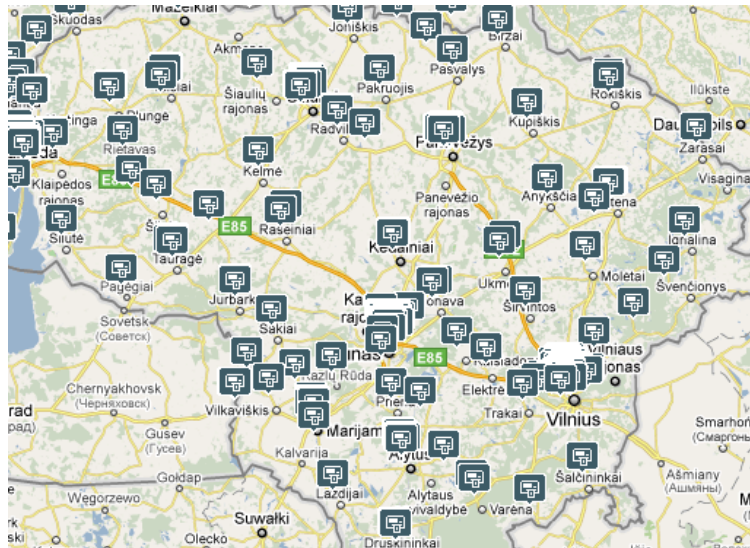
Agentų technologijų taikymas yra tik ankstyvoje stadijoje. Daug tyrėjų pristato įvairias taikymo vizijas, tačiau realių diegimų yra labai mažai (Luck ir kiti, 2005; Wagner, 2005). Agentų technologijos yra įdiegtos, kai kuriuose pramonės sektoriuose spręsti labai siauros paskirties problemas. Realaus laiko vertybinių popierių prekybos sistemos, jų užduotis stebėti akcijų biržą ir aptikus galimą situaciją pirkti arba parduoti. Gynybos organizacijos agentų sistemas pritaikė mokymo ir modeliavimo sistemose. Agentai naudojami valdyti komunalinių paslaugų tinklus. Telekomunikaciniuose tinkluose agentai naudojami valdyti apkrovoms, atstatinėti tinklo komponentus. Gamybinėse įmonėse agentai valdo įrengimus. Tiekimo grandinėse valdymo agentai, renka informaciją apie dalyvius ir siūlo optimalius maršrutų planus. Transporto srityje agentų sistemos taikomos valdyti srautus (Munroe ir kiti, 2006). Agentų sistemos geriausiai tinkamos tokiose srityse, kur sąveikauja daugiau nei viena organizacija (Munroe ir kiti, 2006). Bankomatų grynųjų pinigų valdymo procesas apima nevieną operatorių: banką, serviso ir inkasacijos kompanijas, todėl galima sukurti agentų sistemą, kuri optimizuotų pinigų tiekimo (resursų) procesą.

3.4.2. Agentų technologijų taikymas bankomatų sistemų valdymui

Gerą modelį galima sukurti tik surinkus nagrinėjamos srities veiklos procesų informaciją, tokia informacija yra saugoma organizacijos duomenų bazėse. Kitas surinkimo būdas yra srities ekspertų apklausa (Munroe ir kiti, 2006). 3.3. skyrelyje pateikta informacija buvo gauta apklausiant bankomatų tinklų valdymo specialistus: Amerikos, Baltijos šalių ir Indijos.

Bankomatų tinklai yra geografiškai paskirstytos sistemos (žiūrėti 28. pav.). Jų aptarnavimas ir valdymas reikalauja tikslaus planavimo, nes netinkamai

priimti sprendimai sąlygoja didelius kaštus. Pavyzdžiui, pakrovus per didelę pinigų sumą į bankomatą, patiriami kaštai dėl užšaldytų pinigų, juos po to vėl reikia gražinti į saugyklas.

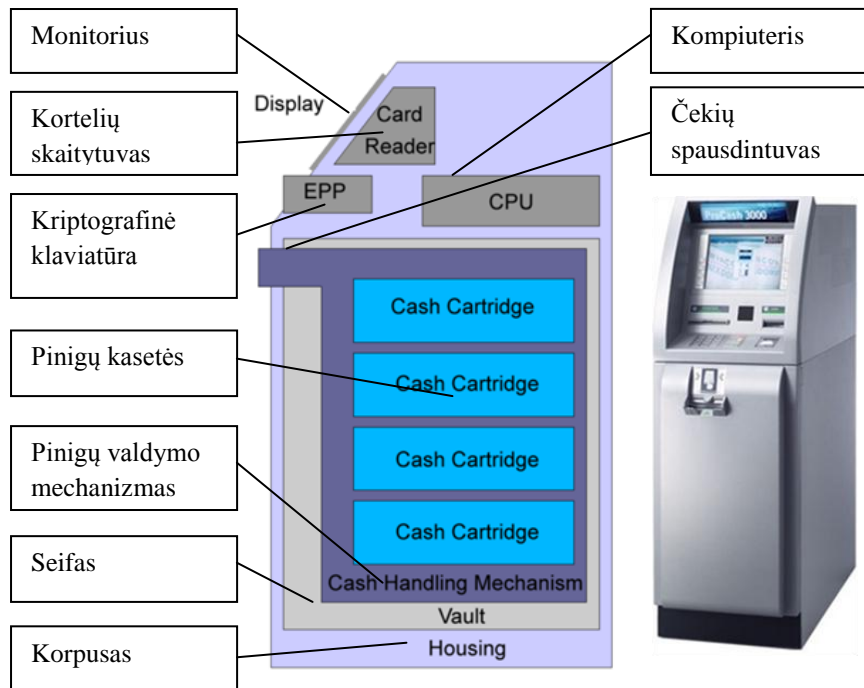


Šaltinis: sudaryta autoriaus.

28. pav. Bankomatų išsidėstymas pavyzdys.

Neišvengiama ir transportavimo kaštų. Šiuo atveju optimalus sprendimas yra inkasuoti tiek pinigų, kad transportavimo ir palūkanų kaštai būtų optimalūs. Realus laiko ATM monitoringas yra būtinas, norint užtikrinti planinį sistemos darbą. Realus laiko informacijos surinkimui dažniausiai taikomi agentai. Kiekvienas ATM turi savo duomenų agentą, kuris renka informaciją iš kitų bankomato agentų (sensorių). 29. pav. pavaizduota bankomato elementų schema. ATM yra sudarytas iš 9 pagrindinių elementų. Pagrindinė jo funkcija yra išduoti pinigus. Jame yra pinigų seifas, kuriame talpinamos pinigų kasetės. Seifą saugo specialus korpusas. ATM darbą valdo kompiuteris. Pinigų išdavimą atlieka pinigų valdymo mechanizmas. Vartotojas su savitarnos terminalu bendrauja naudodamas kriptografinę klaviatūrą ir monitorių. Skirtingi bankomatų tipai gali turėti lietimams jautrius monitorius.

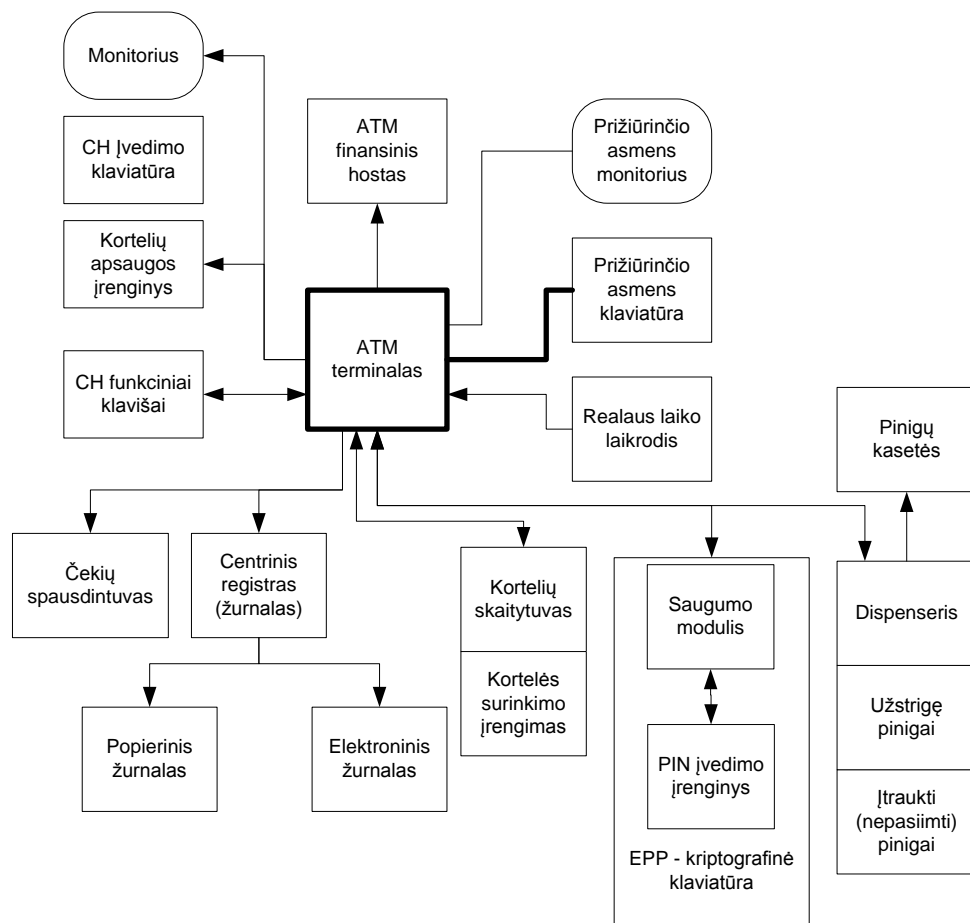
30. pav. pateiktas ATM fizinių dalių struktūros modelis. Kiekvienas modulis turi sensorius, jis renka informaciją apie ATM vykstančius procesus. ATM turi centrinį žurnalą, kuriame yra registruojami vykstantys įvykiai. Monitoringo sistemos dažniausiai naudoja šio žurnalo duomenis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

29. pav. ATM elementų struktūra.

ATM terminalas yra multi-agentų sistema. Grynųjų pinigų prognozavimui reikalinga, pinigų inkasacijos ir išėmimų informacija, mes ją galime gauti iš pagrindinio ATM finansų kompiuterio. Vienas iš būdų surinkti informaciją iš ATM yra paleisti agentą bankomato kompiuteryje, kurio pagrindinis tikslas būtų rinkti ir siųsti informaciją į sukurta agentų sistemą apie pinigų inkasaciją ir išėmimus. Šiuo atveju duomenų agentas informaciją rinktų iš centrinio žurnalo. Kitas būdas yra duomenų agentą paleisti pagrindiniame finansų kompiuteryje, taip duomenys apie visus bankomatus būtų surenkami iš vienos vietos. Žinoma toks būdas yra racionalesnis, nes vienas pagrindinis kompiuteris (angl. host) surenka visų terminalų finansinę informaciją, tokiu būdu nebūtų dubliuojamas informacijos siuntimas, nedidėtų tinklo apkrautumas. Kiekvienas bankomatas turėtų po vieną virtualų duomenų agentą. Duomenų agento pasirinkimo strategija priklausys nuo taikomų saugumo reikalavimų, kartais dėl saugumo reikalavimų prie pagrindinio finansų kompiuterio jungtis negalima, tokiu atveju turėtų būti taikomas pirmasis variantas.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

30. pav. ATM sistema.

Kadangi bankomatų tinklas yra paskirstyta sistema, agentų technologijų taikymas grynujų pinigų planavimo valdymui gali būti naudingas. Sukūrus protingus agentus, bankomatų tinklą būtų galima valdyti ne kaip centralizuotą, o decentralizuotą sistemą, kur kiekvienas terminalas galėtų priimti sprendimus dėl paslaugų teikimo, atsižvelgdamas į kintančią aplinką ir kitų šalia esančių bankomatų būseną. Pavyzdžiui, sutrimus vieno bankomato darbui, jis galėtų informuoti multi-agentų sistemą apie galimą apkrovimo padidėjimą greta esančiuose bankomatuose. Logiška būtų manyti, kad jeigu sistema suprognozavo, kad iš bankomato bus paimta 40000 litų, o jis neveikia dėl techninių kliūčių ar aplinkoje vykstančių pokyčių (gaisras, vagystė ar pan.), vartotojai kelias pasiimti pinigų iš kitų šalia esančių bankomatų. Laiku informavus apie tokius pakitimus multi-agentų sistema galėtų perskaičiuoti inkasacijos planus automatiškai. Žinoma iš tokių sistemų visiškai eliminuoti

žmogaus negalima, nes egzistuoja daug nepamatuojamų aplinkos faktorių, o be to paslaugų teikimas yra ekonominė ir socialinė sistema, todėl šias sistemas yra sudėtinga modeliuoti. Kitas dalykas yra atsakomybės klausimas, nes bankomatai vykdo finansines operacijas. Protingo agento negalima apkaltinti, kad jis dirbo netinkamai, o žmogų galima.

3.4.3. Protingų agentų panaudojimas bankomatų tinklo našumo optimizavimui

Intelektualus agentas gali optimizuoti tokius bankomatų tinklo dalykus, susijusius su našesniu resursų panaudojimu:

Resursų kiekio optimizavimas savitarnos infrastruktūroje. Pinigų inkasacija vyksta pagal prognozės duomenis, tai yra į bankomatus užkraunamos toks pinigų kiekis ir tokiam laikotarpiui, kad jų transportavimo ir palūkanų kaštai būtų minimalūs. Prognozė atliekama su neuroniniais tinklais. Gendančių dalių analitika, naudojant klasterizavimo ir prognozės algoritmus galima analizuoti kokios dalys yra gendančios, pagal tai prognozuoti jų tarnavimo laiką ir vykdyti profilaktikos darbus.

Bankomato vietos optimizavimas. Bankomatus pagal jų savybes galime suskirstyti į klases, išskiriant kuriose klasėse esantys ATM yra našiausi, po to galima įvertinti jų aplinkos našumo faktorius. Žinant šiuos faktorius naujus bankomatus statyti panašių savybių aplinkoje. Neefektyvius bankomatus išinstaliuoti. Klasterizavimą galima atlikti su autoasociatyviniais neuroniniais tinklais.

Netikėtų situacijų identifikavimas. Naudojant principinių komponentų metodą (sut. SVM) galima aptikti netipinius signalų nukrypimus. Pavyzdžiui, išimta tokia pinigų suma kuri nebūdinga klasei priskirtiems bankomatams. Tokios sistemos leistų iš anksto informuoti dilerį apie netipinę transakciją, tokiu būdu jis galėtų įvertinti jos poveikį pinigų planavimui. Gali būti pritaikoma saugumo srityje.

Bankomatas gali turėti vieną ar daugiau intelektualių agentų, kurie atliktų prieš tai įvardintus savybių - klasterizavimo arba prognozavimo veiksmus.

Bankai šiuo metu taiko programinę įrangą grynujų pinigų valdymui. Jose yra įgyvendinti matematiniai mechanizmai pinigų poreikio prognozavimui. Pagrindinės programinės įrangos funkcija yra grynujų pinigų tiekimo valdymas. Grynujų pinigų optimizavimo veiklos dalyviai yra bankas, IT paslaugų kompanijos, CiT, ATM techninės įrangos gamintojai ir programinės įrangos specialistai.

8. lentelė ATM grynujų pinigų valdymo sprendimų palyginimas

Funkcionalumas	PCA	OptiCash	iCom	ECM™
Grynujų pinigų monitoringas	+	+	+	+
Vieno paslaugų taškų prognozavimas	+	+	+	+
Kelių paslaugų taškų prognozavimas	+	+	+	+
Prognozavimas visam potinkliui	+	+	+	+
CiT maršrutų planavimas	+	- (n.a.)	+	+
Naudoja tradicinius matematinius metodus (regresinė analizė, laiko eilutės)	+	+	+	+
Naudoja intelektinius metodus	-	+/-	-	+/-
Situacijų modeliavimas (what-if)	-	+	-	+
Ataskaitų sistema	+	+	+	+
Sezoniškumo efekto vertinimas	+	+	+	+
Švenčių efekto lokalių ir bendrų vertinimas	+	+	+	+
Integracija su verslo intelektikos sistemomis	-/+	-	-	+

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

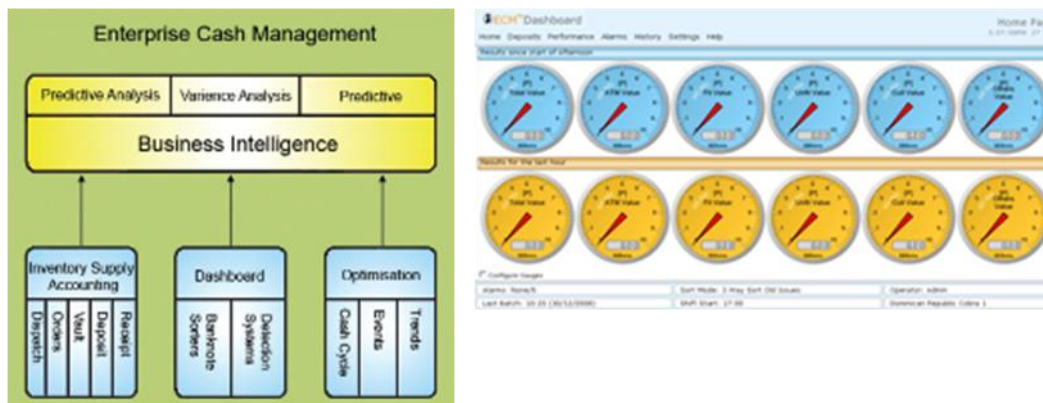
*Wincor Nixdorf (PCA); Transsoft Inc. (OptiCash); Fiserv (iCom); De La Rue [Enterprise Cash Management (ECM™)]; n.a. – nepateikta duomenų.

Grynujų pinigų valdymo paslaugų tiekėjus galima suskirstyti į tris grupes:

- Sandėlių valdymo programinė įranga;
- Specializuotos ATM grynujų pinigų valdymo sistemos;
- Grynujų pinigų valdymas, kaip pridėtinė paslauga kitų paslaugų grandinėje: pinigų inkasacija, antro lygio aptarnavimas, transakcijų valdymas.

8. lentelėje pateikiamas rinkoje siūlomų grynujų pinigų valdymo sprendimų palyginimas. Pagrindinės visų sprendimų savybės yra poreikio prognozavimas ir pinigų tiekimo maršrutų planavimas (sut. CiT).

Visos palygintos sistemos turi prognozavimo įrankius ir CiT maršrutų planavimo funkcionalumą.



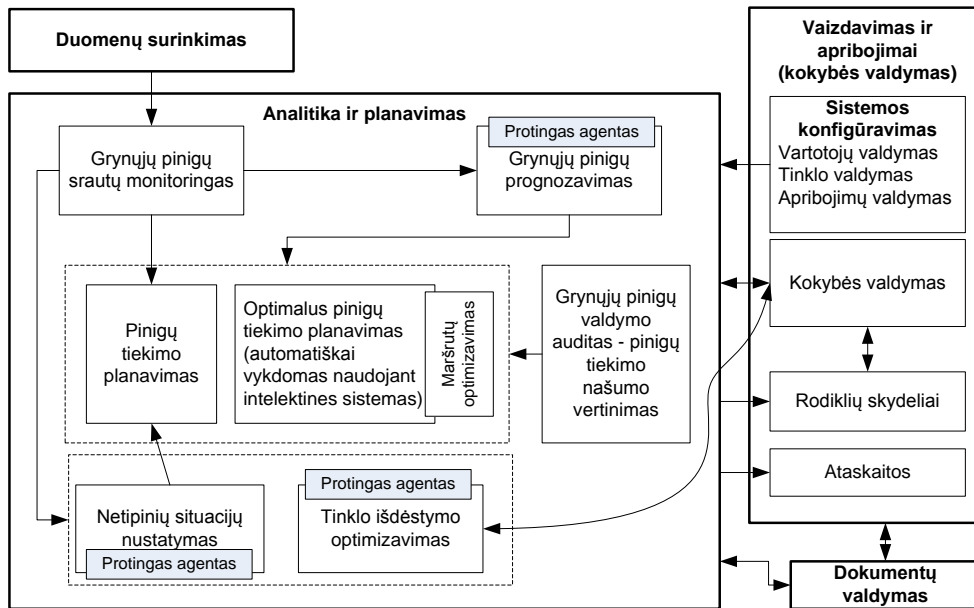
Šaltinis: sudaryta autoriaus.

31. pav. De La Rue ECM™ bankomatų valdymo sistemos pavyzdys.

Tradicinius metodus prognozavimui naudoja visi sprendimai. Pažangus algoritmai prognozavimui naudojami OptiCash ir ECM™ sprendimuose, tačiau nenurodomi kokie. Prognozė sprendimuose atliekama atsižvelgiant į sezoniškumo ir šventinių dienų faktorius. Su verslo intelektikos sistemomis lengvai integruojamas ECM™ sprendimas ir dalinai lengvai PCA. De La Rue ECM™ yra vienas geriausių grynųjų pinigų valdymo sprendimų (jo struktūra pateikta 31. pav.).

32. pav. pateiktame valdymo sprendime išskiriamos 9 funkcijų sritys. Grynųjų pinigų srautų monitoringas, gauna informaciją iš duomenų agento ir pateikia faktinius pinigų sunaudojimo ir likučių rodiklius. Surinkti agentų duomenys naudojami grynųjų pinigų prognozei atlikti. Pagal gautus prognozės rodiklius atliekamas pinigų tiekimo planavimas, sistema automatiškai paskaičiuoja optimalius planus ir pinigų inkasacijos maršrutus.

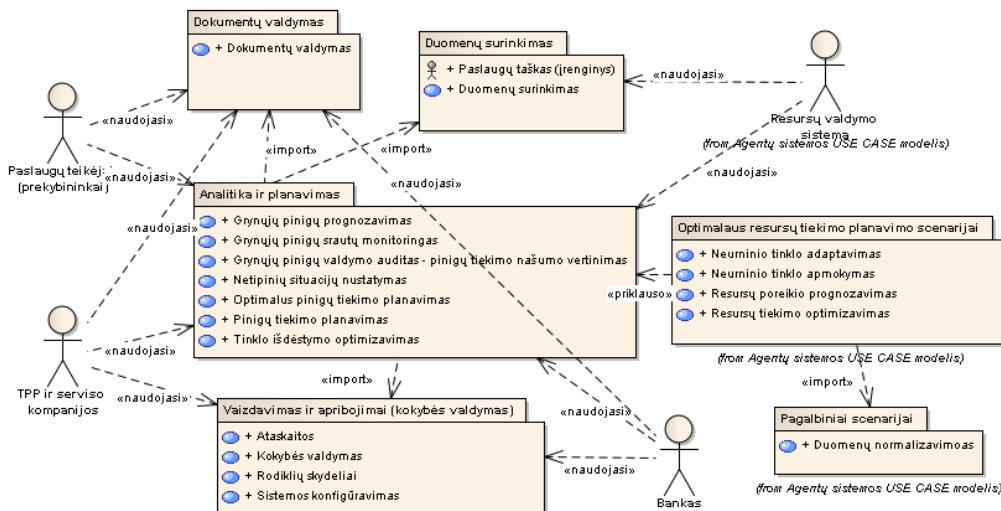
Nustačius netipines situacijas (išgryninta didelė pinigų suma, nebūdinga konkrečiam bankomatui), planai yra pakeičiami per pinigų tiekimo planavimo modulį, kuris teikia informaciją apie dabartinių inkasacijos planų būklę. Pinigų tiekimo našumą galima įvertinti naudojant grynųjų pinigų valdymo audito modulį. Analitikos ir planavimo funkcijų informacija vaizduojama per ataskaitų ir rodiklių valdymo funkcionalumą.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

32. pav. ATM grynųjų pinigų valdymo sprendimo funkcionalumas (konceptinis modelis).

Planavimo procese sukurti dokumentai saugomi dokumentų valdymo sistemoje. Tinklui konfigūruojama kokybės valdymo sistema, ji naudojama vertinti sistemos darbo našumą, pagal gautus rodiklius yra optimizuojama tinklo išdėstymo struktūra.



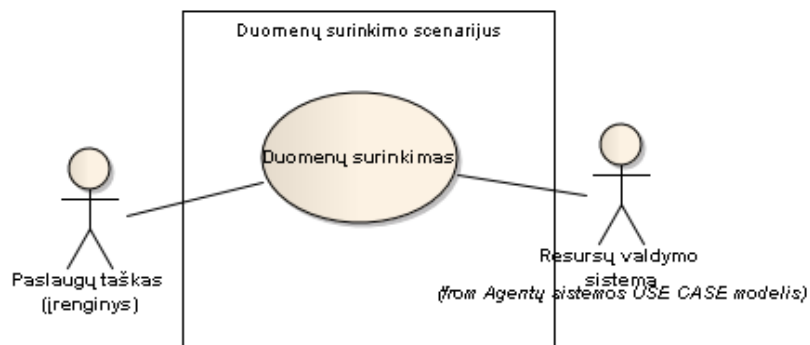
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

33. pav. ATM grynųjų pinigų valdymo sprendimo funkcionalumas (USE CASE modelis).

33. pav. pateiktas USE CASE modelis apibūdina optimalų ATM tinklų operacijų valdymo modelį, tai yra 32. pav. pateikto koncepcinio modelio

detalizavimas. ATM grynujų pinigų valdymo scenarijuje dalyvauja trys organizacijos: bankas, TPP ir serviso kompanijos, bei paslaugų teikėjai (prekybininkai). Resursų valdymo sistema realizuoja agentų sistemos funkcionalumą.

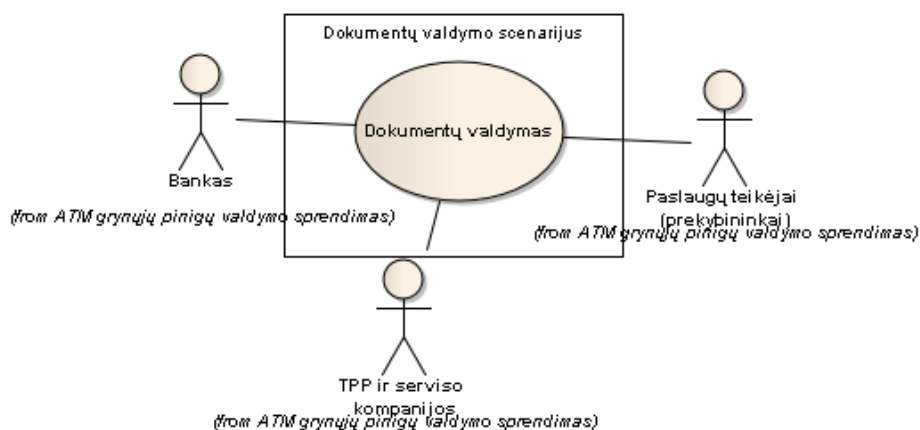
Modelyje vaizduojamas agentų sistemos optimalus resursų tiekimo planavimo scenarijus (detaliau žiūrėti 3.3.1. skyrelyje), jam priklauso agentų sistemos pagalbiniai scenarijai.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

34. pav. Duomenų surinkimo scenarijus.

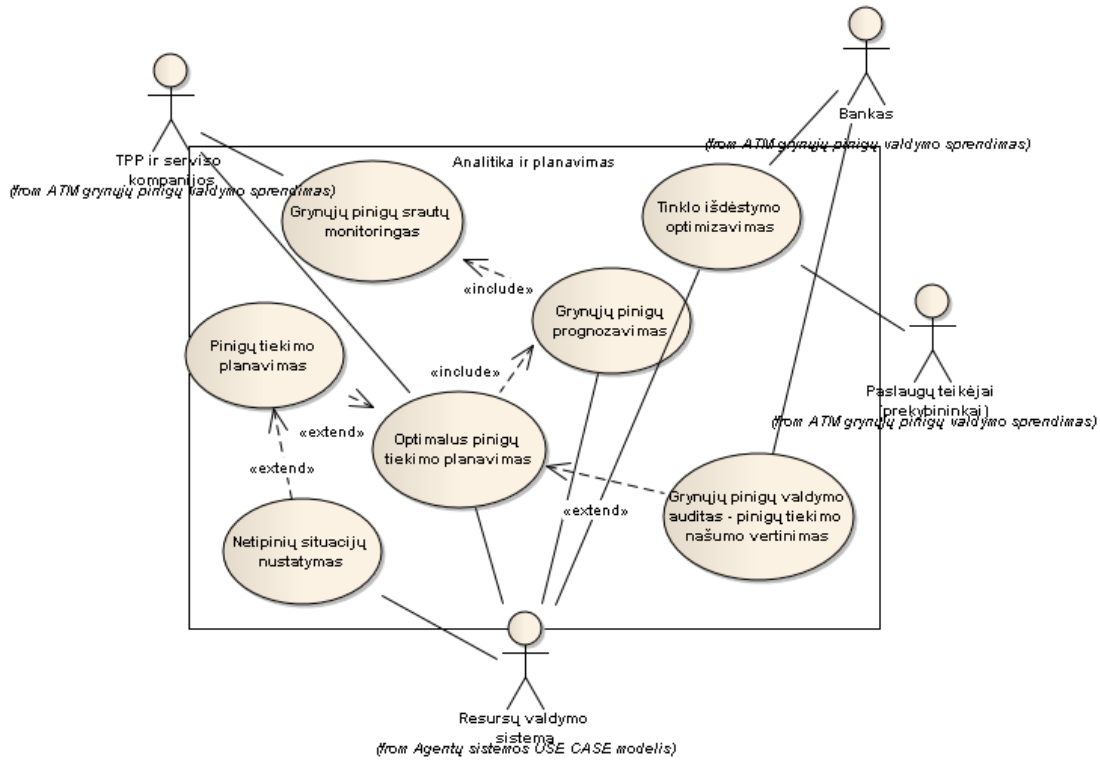
Sistemą sudaro 4 posistemiai, jie USE CASE modelyje vaizduojami, kaip paketai. Duomenys surenkami iš paslaugų taškų (žiūrėti 34. pav.), tai gali būti bet kokio tipo savitarnos terminalas arba bankomatas, duomenų surinkimą automatiškai atlieka resursų valdymo sistema (iš agentų sistemos).



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

35. pav. Dokumentų valdymo scenarijus.

Sukurti dokumentai yra saugomi ir apdorojami dokumentų valdymo sistemoje (žiūrėti 35. pav.), ją naudoja visos ATM tinklo operacijų valdymo kompanijos.

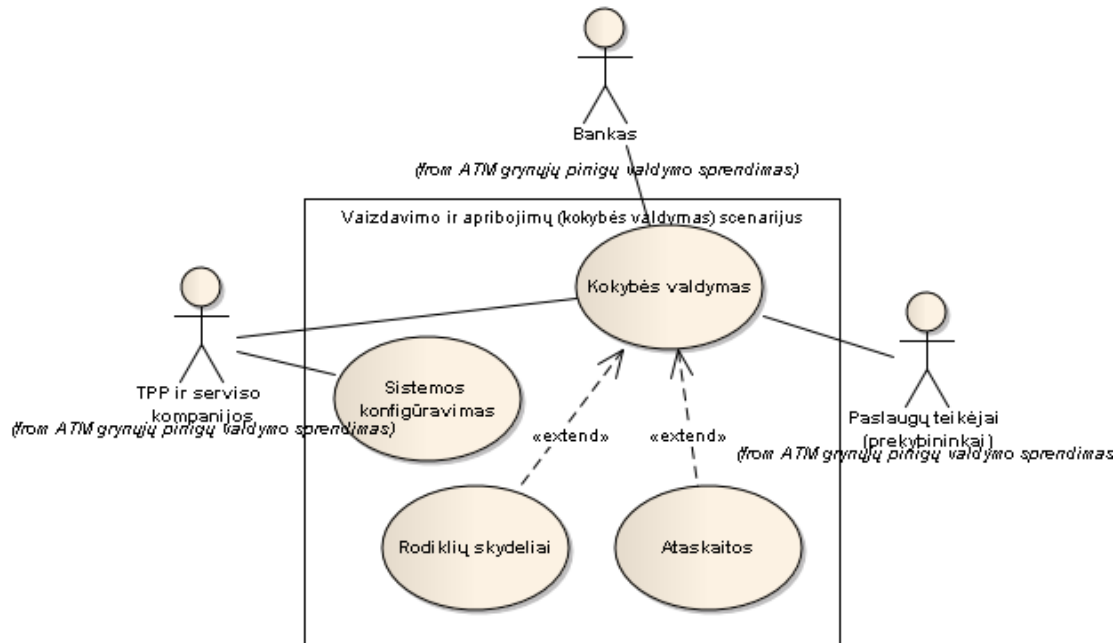


Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

36. pav. Analitikos ir planavimo scenarijus.

Tinklo išdėstymo optimizavimo funkcionalumu naudojasi bankas ir paslaugų teikėjai (žiūrėti 36. pav.). Grynųjų pinigų valdymo auditą atlieka bankas. Resursų valdymo sistema (agentas) atlieka netipinių situacijų nustatymą, planuoja optimalų pinigų tiekimą, prognozuoja grynųjų pinigų poreikį. Grynųjų pinigų srautų monitoringas įeina į grynųjų pinigų prognozavimo scenarijų, o pastarasis yra optimalaus pinigų tiekimo dalis. Monitoringas surenka duomenis perduoda į prognozavimą, o prognozavimo duomenys perduodami optimizavimui. Netipinių situacijų valdymas išplečia pinigų tiekimo planavimą, o pastarasis išplečia optimalų pinigų tiekimą. Nustačius netipines situacijas, sudaryti optimalūs planai turi būti keičiami per pinigų tiekimo planavimo funkcionalumą. Grynųjų pinigų valdymo auditas išplečia optimalų pinigų tiekimo valdymą, vertinama ar sudaryti resursų

tiekimu planai yra efektyvūs. TPP ir serviso kompanijos dirba su grynujų pinigų sрутų monitoringo ir optimalaus pinigų tiekimo funkcionalumu.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

37. pav. Vaizdavimo ir apribojimų (kokybės valdymas) scenarijus.

Kokybę valdo bankas. Kokybės valdymas yra išplečiamas rodiklių skydelių ir ataskaitų funkcionalumu. Sistemos konfigūravimą atlieka TPP ir serviso kompanijos.

3.4.4. Multi-agentų sistemos platformos kūrimo įrankių parinkimas

Vertinant agentų sistemų realizacijos technologijas ir standartus, galimi 3 technologijų variantai (žiūrėti 9. lentelė): CORBA, EJB (J2EE) ir Microsoft .NET. Šios technologijos turi pakankamus komunikacijos, duomenų valdymo ir programavimo įrankius.

9. lentelė Agentų sistemų realizacijos technologijos ir standartai (platformos pasirinkimas).

Technologijų grupės	Iki 1990	Nuo 1990 iki 1995	Nuo 1995 iki 2000	Nuo 2000 iki 2005
RPC (angl. Remote Procedure Call)		CORBA	RMI	
Paskirstytų objektų technologijos		DCOM	EJB (J2EE), COM+	.NET

Šaltinis: sukurta pagal (AgentLink III, 2004).

Multi-agentų sistemos kūrimo platforma turi būti standartizuota, turėti platų įrankių pasirinkimą ir naudoti stabilias technologijas (ištestuotas ir plačiai taikomas).

10. lentelė Platformų palyginimas.

Tech.	Charakteristikos	Privalumai	Trūkumai
CORBA	Paskirstytas objektų valdymo modelis (angl. Distributed object computing model); IDL objektų sąsajų aprašymas; Servisų palaikymas: atsistatymui (angl. discovery), nuolatinis veikimas (angl. persistence), saugumo, įvykiai ir kita; Palaiko daug kalbų; Dirba įvairiose OS platformose; Teikia infrastruktūros įrankius sąsajai su J2EE.	Palaiko daug kalbų; Dirba įvairiose OS platformose; Santykinai nesudėtinga (angl. Relatively lightweight); Geras našumas;	Reikalinga integracija; Ne pirmas programavimo modelis rinkoje; Technologija yra neperspektyvi;
J2EE	Komponentinis kliento dalis modelis (JavaBeans), Web (Servlet/JSP), aplikacijų komponentai (Enterprise JavaBeans); Sinchroninis ir asinchroninis komunikavimo modelis; Tik JAVA kalba; Pagrindiniame kompiuteryje vykdomi komponentai (angl. Container hosts executing components) Teikia gyvavimo ciklo, nuolatinio veikimo, saugumo servisu; Suderinamas su CORBA; Dažnai naudojamas Web servisų diegimui;	Šiuo metu plačiausiai taikoma; BEA, IBM, Oracle, Borland, Sun, ir kiti; Integruotas sprendimas; Veikia daugumoje OS platformų; Daugybė įrankių; Aiškus programavimo modelis; Universali prieiga prie duomenų per jungtis (angl. connectors); Orientuota į interneto sprendimus; Veikia klasteriuose;	Nelankstus programavimo modelis; Sunki infrastruktūra (angl. Heavyweight infrastructure); Palaiko tik JAVA technologijas; Gali būti brangi;
Microsoft .NET	Aukšto lygio programavimo modelis; Turi didelį įrankių pasirinkimą; Palaiko daug kalbų; Sinchroninis ir asinchroninis komunikavimo modelis; Daugialypis duomenų prieigos modelis;	Paprastas programavimo modelis; Palaiko daug kalbų; Plati web servisų integracija; Veikia klasteriuose;	Vieno tiekėjo sprendimas; Sąlyginai nauja, nebrandi (nors kai kuriais atvejais lenkia JAVA); Orientuota į Microsoft OS platformas; Mokama licencija;

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

CORBA technologijai būdingas paskirstytas objektų valdymo modelis. Pagrindinis jos privalumas yra našumas ir nesudėtingas programavimo modelis. CORBA yra sena technologija, žinoma ją galima taikyti agentų

platformos realizacijai, tačiau savo įrankių gausa gerokai nusileidžia J2EE ir Microsoft .NET platformoms. CORBA technologija yra neperspektyvi.

J2EE technologijai būdingas komponentinis kliento dalies modelis (JavaBeans), Web (Servlet/ JSP), aplikacijų komponentai (Enterprise JavaBeans). Leidžia realizuoti plono kliento ideologiją. Palaiko pilną servisų rinkinį: gyvavimo ciklo valdymas, nuolatinis veikimas, saugumas. J2EE šiuo metu yra plačiausiai taikoma technologija, turi atvirą platformą, ją naudoja IBM, Oracle, Borland, Sun kompanijos. Turi aiškų programavimo modelį. Galimybė prisijungti prie bet kokių duomenų. J2EE trūkumai yra nelankstus programavimo modelis, sunki infrastruktūra – reikalingi galingi serveriai, todėl gali būti brangi.

Microsoft .NET būdingas aukšto lygio ir prastas programavimo modelis, turi didelį įrankių pasirinkimą, palaiko daugialypį duomenų prieigos modelį. Microsoft .NET yra vieno tiekėjo sprendimas, nors Microsoft jau standartizavo .NET platformą. Kol kas dar per daug nauja technologija, yra orientuota į Microsoft OS platformas. Kūrimo įrankiai brangiai kainuoja.

Microsoft pasiūlyta .NET Framework 4 versija savo galimybėmis lenkia J2EE platformą, tačiau jos pritaikymas kol kas nėra labai platus. Technologiškai yra pažangiausia Microsoft .NET, tačiau jos pritaikymas lyginant su J2EE yra mažas, todėl agentų platformos kūrimui geriau naudoti J2EE. Kita J2EE pasirinkimo priežastis yra servisai, jų valdymo principai atitinka agentus.

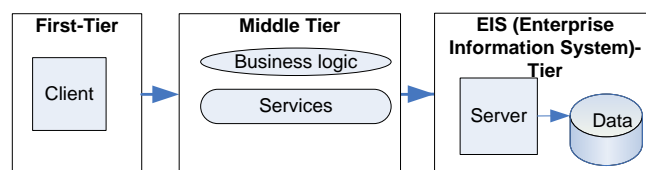
3.4.5. Multi-agentų sistemos platformos apibūdinimas

Objektiškai orientuotos sistemos yra siauras užduotis atliekančių modulių rinkinys, tuo tarpu į agentų technologijas orientuotas požiūris sistemas modeliuoja pagal mentalinę būklę, kurią sudaro įsitikinimai, gebėjimai ir sprendimai (Shoham ir Thomas, 1993). Objektai atlieka užduotis, kurios jiems yra priskirtos. Agentų sistemose, vienas agentas gali kitam suteikti funkcionalumą, kurio jis neturėjo. Tokie yra SOA pagrįstų sistemų principai, kuomet per ESB vieni servisai gali naudoti kitų servisų funkcionalumą užduočių atlikimui. Agentai turi ne tik objektų savybes, bet taip pat socialines,

veiklumo ir žinių mainų savybes (Wooldridge, 2001). Agentų technologijos yra pranašesnės už objektiškai orientuotas, kai sistema veikia paskirstytoje aplinkoje, sprendžia sudėtingas užduotis ir apima daugybę vartotojų.

Multi-agentų sistemos kūrimui pasirinkta JADE (angl. Java Agent DEvelopment Framework) platforma. Ji palaiko agentų sistemų kūrimo standartą FIPA¹³. JADE agentų sistemos gali būti paskirstytos po įvairius serverius, jos gali save klonuoti, nepriklausomai nuo operacinės sistemos. Agentų gyvavimo ciklas kontroliuojamas nuotoliniu būdu. JADE platforma yra gerai dokumentuota, sukurta JAVA programavimo kalba, todėl lengvai suderinama su J2EE technologijomis. JADE teikia paskirstytą P2P (angl. peer-to-peer) aplikacijų, veikiančių stacionariose ir mobiliose aplinkose, realizacijos įrankius (Bellifemine ir kiti, 2003). JADE sistemos agentai dinamiškai suranda kitus agentus ir su jais komunikuoja. Kiekvienas agentas turi unikalų vardą ir teikia konkretų rinkinį paslaugų. Jis gali užsiregistruoti ir keisti savo paslaugas arba atlikti kitų agentų teikiamų paslaugų paiešką.

Agentas gali kontroliuoti savo gyvavimo ciklą, save sukurti, sunaikinti, klonuoti ir laikinai sustabdyti. Agentai tarpusavyje komunikuoja. JADE yra universali platforma, yra pritaikoma veikti ne tik ribotų išteklių aplinkose, bet gali būti integruojama į sudėtingų .NET arba J2EE sistemų architektūrą (Bellifemine ir kiti, 2003).

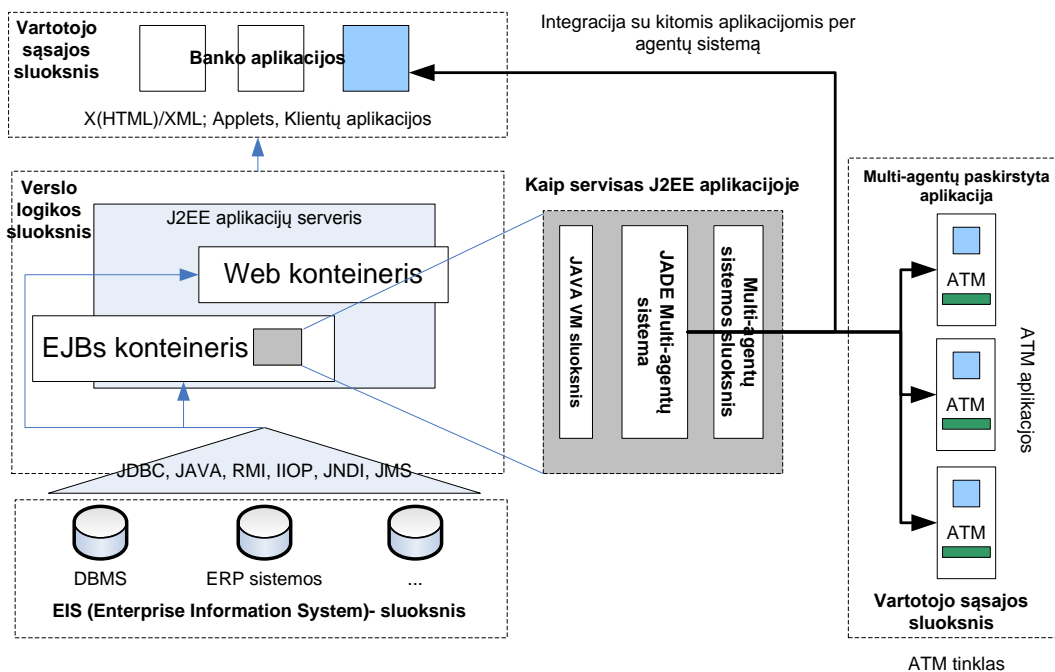


Šaltinis: sudaryta autoriaus (J2EE, 1999).

38. pav. Daugiasluoksnių aplikacijos architektūra.

J2EE aplikacijų modelis realizuoja servisus, kaip daugiasluoksnių architektūras, užtikrinant išplėčiamumą, prieinamumą ir valdymą (žiūrėti 38. pav.). J2EE aplikacijų modelis teikia „Write Once, Run Anywhere™“ galimybę. Platforma teikia daugybę jau sukurtų komunikacijos ir valdymo įrankių, tai pagreitina ir palengvina aplikacijų kūrimą (J2EE, 1999).

¹³ www.fipa.org/



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

39. pav. Multi-agentų sistemos platformos architektūra.

Architektūros modelyje multi-agentų sistema vaizduojama, kaip J2EE servisas (žiūrėti 39. pav.). Šis servisas realizuojama per EJB (angl. Enterprise JavaBean™) komponentus. Pasak D. Cowan, organizacijos aplikacijų kūrėjui agentų platformos funkcijos turi būti matomos kaip paprasčiausi servisai (Cowan ir Griss, 2002). Pagrindinis J2EE sistemų pranašumas yra viduriniajame sluoksnyje, kur verslo funkcionalumas yra realizuojamas EJB komponentais. EJB komponentai leidžia kūrėjui koncentruotis į verslo logikos realizavimą, nesigilinant į servisų komunikaciją ir valdymą (J2EE, 1999).

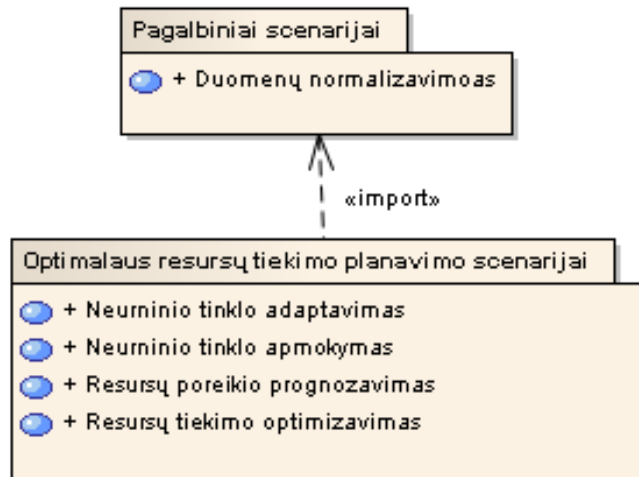
ATM architektūroje vaizduojami, kaip paskirstyto multi-agentų tinklo galiniai įrenginiai. Sistema duomenis rinks tiesiai iš ATM arba iš pagrindinio kompiuterio (angl. host). Duomenų mainai tarp dalyvių, jeigu jie naudoja skirtingas sistemas gali vykti duomenų lygyje, suintegruojant sistemas.

3.4.6. Multi-agentų sistemos funkcionalumo apibūdinimas

Sistemos funkciniai reikalavimai modeliuojami naudojant UML¹⁴ panaudojimo atvejų (sut. USE CASE) diagramą. Resursų valdymo sistema yra išorinis vartotojas, kuri kiekvienam bankomatui iškviečia neuroninių tinklų

¹⁴ <http://www.uml.org/>

apmokymo, resursų poreikio prognozavimo ir resursų tiekimo optimizavimo panaudojimo atvejus. Duomenų normalizavimo panaudojimo atvejis, naudojamas normalizuoti resursų paklausos istorinius duomenis, yra vaizduojama pagalbinių scenarijų pakete.



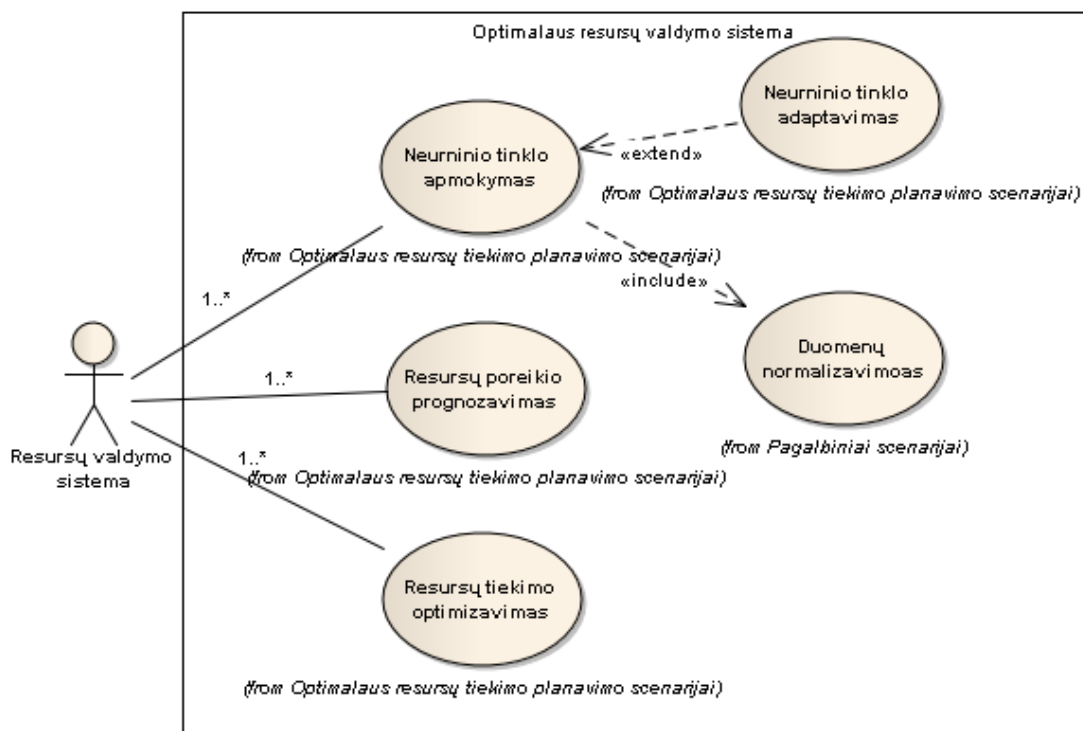
Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

40. pav. Optimalios resursų valdymo sistemos USE CASE paketų struktūra.

Panaudojimo atvejai apjungiami į vieną optimalaus resursų tiekimo planavimo paketą (žiūrėti 40. pav.), kuris apima 4 panaudojimo atvejus (žiūrėti 41. pav.):

- Neurninio tinklo apmokymas. Apmoko ATM neuroninį tinklą, naudodamas istorinius resursų poreikio duomenis.
- Neurninio tinklo adaptavimas. Atnaujina ATM neuroninio tinklo duomenis, pagal gautus tinklo apmokymo duomenis.
- Resursų poreikio prognozavimas. Prognozuoja ATM konkretaus laikotarpio resursų poreikį, naudodamas apmokytą neuroninį tinklą.
- Resursų tiekimo optimizavimas. Atlieka resursų tiekimo optimizavimą vienam ATM, pagal gautus prognozavimo duomenis ir nustatytus sistemos apribojimus.

Viena resursų valdymo sistema gali iškviešti daug resursų poreikio prognozavimo, tiekimo optimizavimo ir neurninio tinklo apmokymo panaudojimo atvejų. Duomenų normalizavimo panaudojimo atvejis yra neuroninio tinklo apmokymo panaudojimo atvejo dalis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML USE CASE modelio notaciją.

41. pav. Optimalios resursų valdymo sistemos USE CASE diagrama.

Neurinio tinklo adaptavimo scenarijus išplečia neuroninio tinklo apmokymo panaudojimo atvejį.

3.4.7. Globalus multi-agentų sistemos modelis

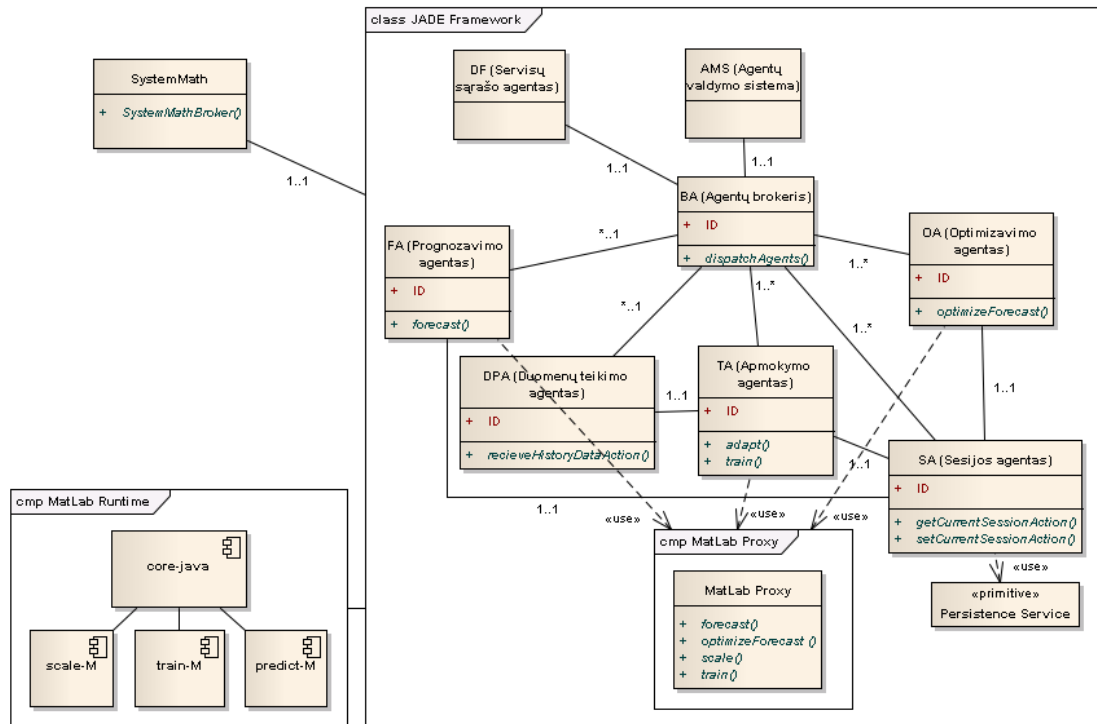
Pateikiama globali agentų modelio specifikacija, jos aprašymui naudojama UML klasių diagrama. Sistema realizuota su JADE platforma¹⁵ (Bellifemine, 2005). Agentai yra atsakingi už neuroninio tinklo modeliavimą. Neuroninio tinklo modeliavimo bibliotekos paleidžiamos per MatLab kodo paleidimo mechanizmą (angl. RunTime Environment).

Optimalaus resursų tiekimo planavimo funkcionalumas realizuojamas per Web Servisus (žiūrėti 43. pav.). Servisų teikimui naudojamas SystemMath brokeris, kuris komunikuoja su JADE platforma. SystemMath paslaugų teikėjas gauna HTTP užklausą, ją išanalizuoja. JADE Web paslaugų integravimo sietuvas¹⁶ (angl. Web Service Integration Gateway) WSIG gautą užklausą iš XML perveda į agentų komunikavimo kalbos (sut. ACL) žinutės

¹⁵ <http://jade.tilab.com/doc/>

¹⁶ http://jade.tilab.com/doc/tutorials/WSIG_Guide.pdf

formatą. WSIG paleidžia vidinį sietuvo agentą (angl. Gateway Agent) ir nusiunčia ACL žinutę agentams.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML klasių modelio notaciją.

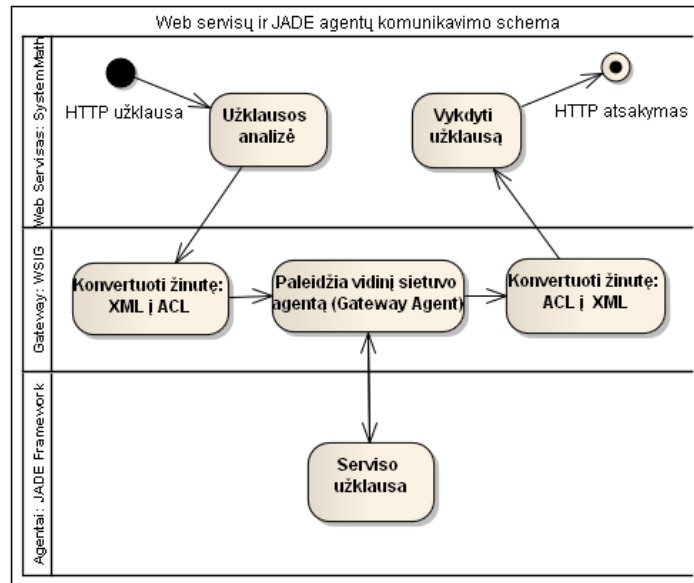
42. pav. Globalus multi-agentų sistemos modelis.

WSIG laukia agentų atsakymo, gavęs atsakymą ACL žinutę konvertuoja į XML žinutę. SystemMath paslaugų teikėjas paruošia HTTP atsakymą ir jį vykdo. JADE Framework paketas realizuoja resursų valdymo funkcionalumo panaudojimo atvejus. JADE Framework veikia JADE agentų sistemos pagrindu.

Agentų servisų sąrašo (angl. Directory Facilitator, sut. DF) **agentas** (yra FIPA specifikacijos dalis). DF yra agentų sistemos „geltonieji puslapiai“, juose agentai skelbia savo teikiamus servisus.

Agentų valdymo sistema (angl. Agent Management System, sut. AMS) (yra FIPA specifikacijos dalis) kontroliuoja ir valdo agentų platformos servisų naudojimą. Agentų platforma gali turėti tik vieną AMS. AMS teikia „baltųjų puslapių“ paslaugas agentų sistemai, valdo agentų gyvavimo ciklą, saugo ir valdo agentų identifikatorių registrą (angl. agent identifiers, sut. AID),

kontroliuoja agentų būseną. Kiekvienas agentas turi užsiregistruoti AMS, kad gautų galiojantį AID numerį.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML veiklos modelio notaciją.

43. pav. Web servisu ir JADE agentu komunikavimo schema.

Agentų brokeris (angl. Broker agent, sut. BA) (yra FIPA specifikacijos dalis) yra atsakingas už agentų gyvavimo ciklo valdymą – sukurti ir nužudyti, bei sustabdyti ir paleisti. Atsako už pateiktų agentų užklausų skirstymą. Agentų platforma gali turėti tik vieną BA.

Atliekamos operacijos:

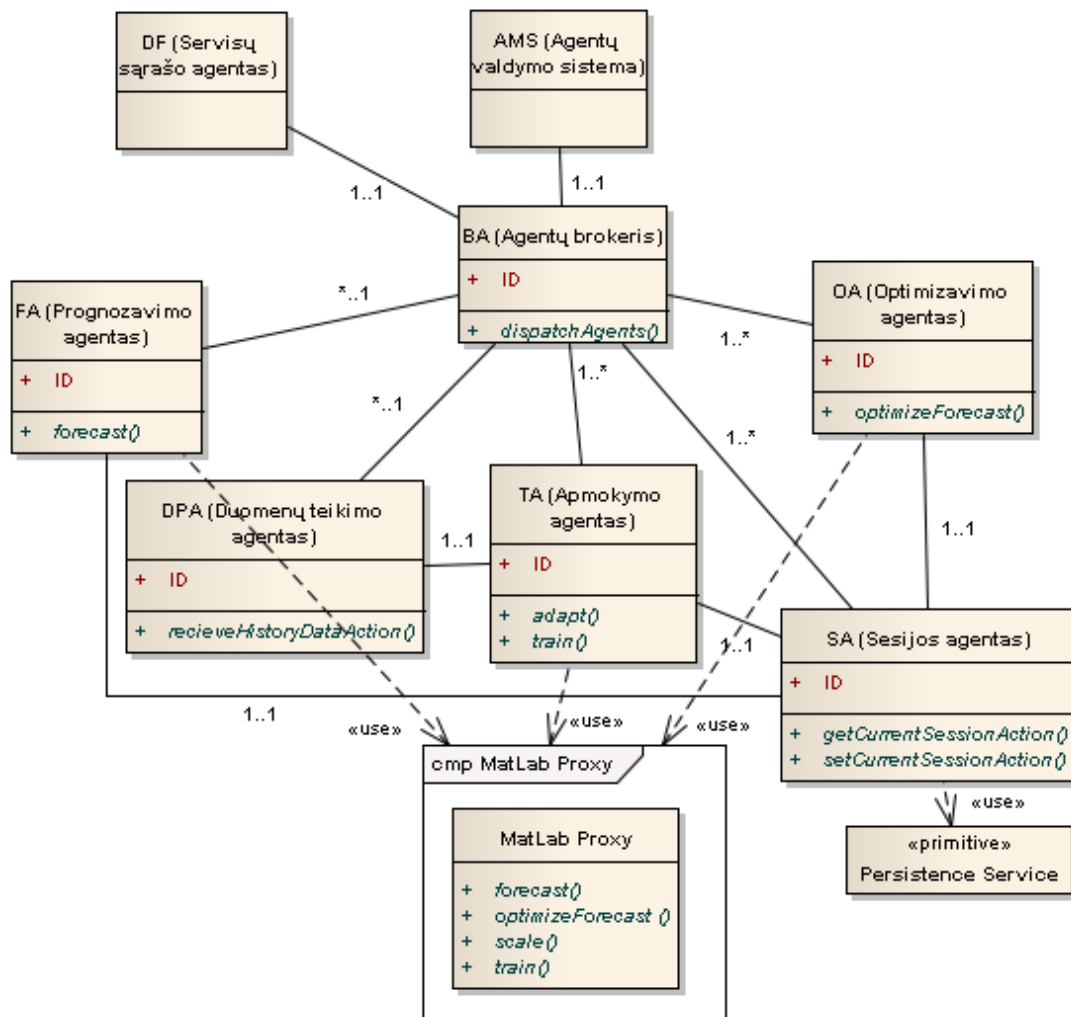
dispatchAgents() – perima konkretaus agento kontrolę (jį paleidžia arba sukuria) perduoda paslaugų užklausą agentui.

Apmokymo agentas (angl. Train Agent, sut. TA) yra neurninio tinklo apmokymo ir neurninio tinklo adaptavimo panaudojimo atvejų realizacija. Agentas pagal gautus sesijos duomenis ir resursų poreikio istorinius duomenis priima sprendimą dėl neuroninio tinklo apmokymo ir adaptavimo. Kiekvienas ATM turi savo unikalų TA, kuris identifikuojamas unikaliumi įrenginio numeriu ID.

Atliekamos operacijos:

train() – atlieka neuroninio tinklo apmokymą.

adapt() - atnaujinama neuroninio tinklo duomenis, pagal gautus resursų poreikio istorinius duomenis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML klasių modelio notaciją.

44. pav. Agentų sistemos JADE Framework klasių diagrama.

Prognozavimo agentas (angl. Forecast Agent, sut. FA) yra resursų poreikio prognozavimo panaudojimo atvejo realizacija. Servisas prognozuoja ATM konkretaus laikotarpio resursų poreikį, naudodamas apmokytą neuroninį tinklą. Kiekvienas ATM turi savo unikalų FA, kuris identifikuojamas unikaliu įrenginio numeriu ID.

Atliekamos operacijos:

forecast() – prognozuoja resursų poreikį.

Optimizavimo agentas (angl. Optimize Agent, sut. OA) yra resursų tiekimo optimizavimo panaudojimo atvejo realizacija. Servisas atlieka resursų tiekimo optimizavimą vienam ATM, pagal gautus prognozavimo duomenis ir

nustatytus sistemos apribojimus. Kiekvienas ATM turi savo unikalią OA, kuris identifikuojamas unikaliu įrenginio numeriu ID.

Atliekamos operacijos:

optimizeForecast () – teikia optimalias resursų tiekimo rekomendacijas.

Sesijos agentas (angl. Session Agent, sut. SA) yra atsakingas už kiekvieno ATM neuroninio tinklo parametrų saugojimą. Kiekvienas ATM turi savo unikalią SA, kuris identifikuojamas unikaliu įrenginio numeriu ID. SA teikia patikimą būdą saugoti neuroninių tinklų sesijos parametrų duomenis, ir gali teikti sesijos paslaugas kitiems agentams. Sesijos agentas naudojamas tam, kad nereikėtų apmokyti neuroninio tinklo dar kartą su tais pačiais istoriniais duomenimis. Neuroninis tinklas apmokomas vieną kartą, išsaugomi jo parametrai, o gavus naujus duomenis jis yra tik adaptuojamas. Teikia veikimo paslaugas (angl. persistence service) – agento būsenos duomenys ir vidiniai duomenys yra replikuojami į duomenų bazę.

Atliekamos operacijos:

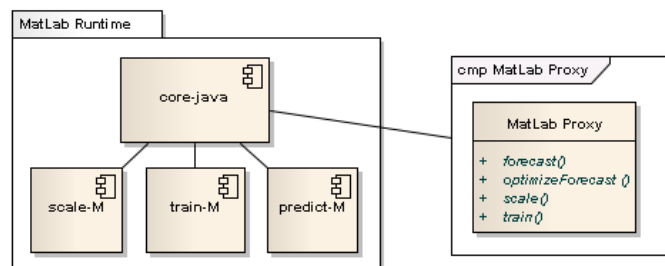
getCurrentSessionAction() – gauna esamos sesijos duomenis;

setCurrentSessionAction () – nustato esamos sesijos duomenis;

Duomenų teikimo agentas (angl. Data Provider Agent, sut. DPA) atsakingas už istorinių resursų poreikio duomenų surinkimą iš nutolusių įrenginių informacijos šaltinių: duomenų bazių ar failų sistemų. Teikia istorinių duomenų paslaugas kitiems agentams. Kiekvienas ATM turi savo unikalią DPA, kuris identifikuojamas unikaliu įrenginio numeriu ID.

Atliekamos operacijos:

recieveHistoryDataAction() – teikia resursų poreikio istorinius duomenis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal UML komponentų modelio notaciją.

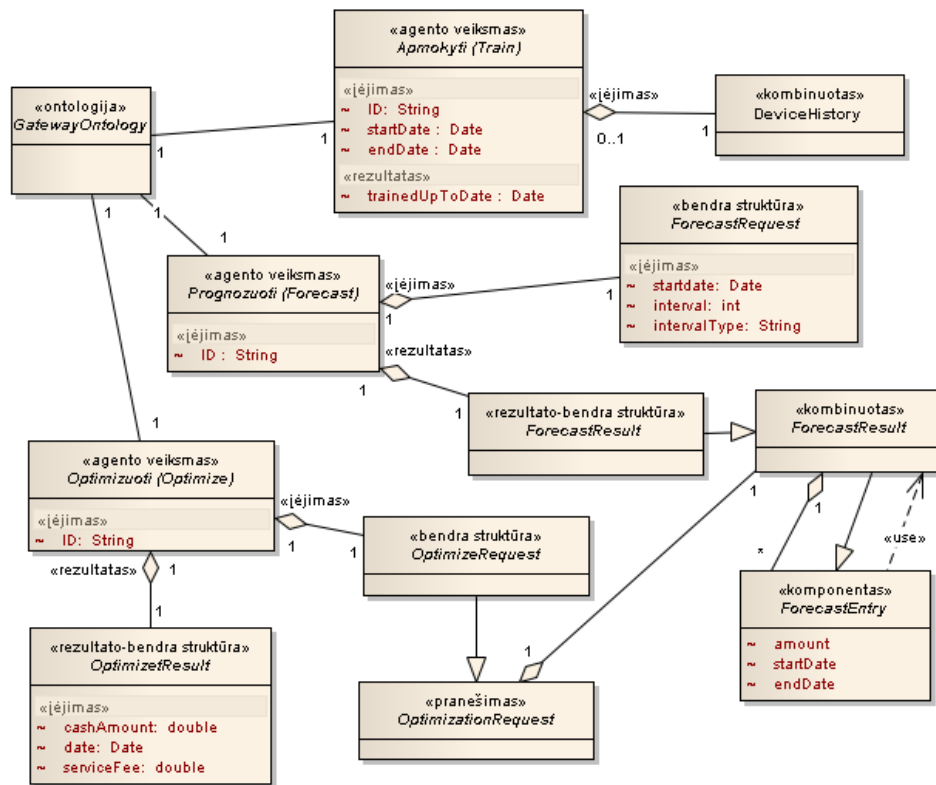
45. pav. MatLab Runtime komponentai.

MatLab Proxy realizuoja komunikaciją su MatLab Runtime aplinka, naudojamas realizuoti SystemMath funkcionalumą.

MatLab Runtime šis paketas apima Matlab paprogrames (M-failus), kurie įterpiami į JAVA kodą, naudojant MatLab Java Builder kompiliatoriaus¹⁷ 1.1. versiją, tokiu būdu sistema tampa nepriklausoma nuo Matlab paketo.

3.4.8. Agentų duomenų ontologijos

Agentų sistema naudoja 3 tipų ontologijas: duomenų teikimo agento, sietuvo ir duomenų sesijos ontologijas. Ontologijos parodo kokios struktūros duomenimis operuoja sukurti agentai, bei kaip manipuluojama ANN parametrais.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

46. pav. WSIG sietuvo duomenų ontologijos klasių diagrama.

WSIG sietuvo duomenų ontologijos struktūra (46. pav.). WSIG sietuvo (angl. Gateway) ontologiją naudoja brokerio, apmokymo, prognozavimo ir optimizavimo agentai.

¹⁷ <http://www.mathworks.com/products/javabuilder/>

Apmokyti (Train) yra <<agento veiksmas>> – konkretaus ATM apmokymo užklausa. Veiksmo duomenys:

- ID (String) – unikalus ATM numeris, kurį naudoja agentų brokeris iškviešti kitiems agentams.
- startDate (Date) – istorinių duomenų pradžios data;
- endDate (Date) – istorinių duomenų pabaigos data;
- DeviceHistory (Optional) – saugo istorinius duomenis;

Rezultatai: trainedUpToDate (Date) – diena iki kurios ATM buvo apmokytas.

Prognozuoti (Forecast) <<agento veiksmas>> – konkretaus ATM pinigų poreikio prognozavimas pagal apmokymo duomenis. Veiksmo duomenys:

- ID (String) – unikalus ATM numeris, kurį naudoja agentų brokeris iškviešti kitiems agentams;
- ForecastRequest <<bendra struktūra>> turinti tokius duomenis: startdate – nuo kur prognozuojama, interval – prognozavimo intervalas (1, 2, ...) ir intervalType – intervalo tipas (DAY, WEEK, CUSTOM);

Rezultatai: ForecastResult << rezultato-bendra struktūra >> saugo prognozės duomenų vektorių nurodytam prognozavimo intervalui;

Optimizuoti (Optimize) <<agento veiksmas>> – konkretaus ATM pinigų poreikio optimizavimas pagal prognozavimo duomenis. Veiksmo duomenys:

- OptimizeRequest <<bendra struktūra>> aprašoma OptimizationRequest <<pranešimas>> pranešime.

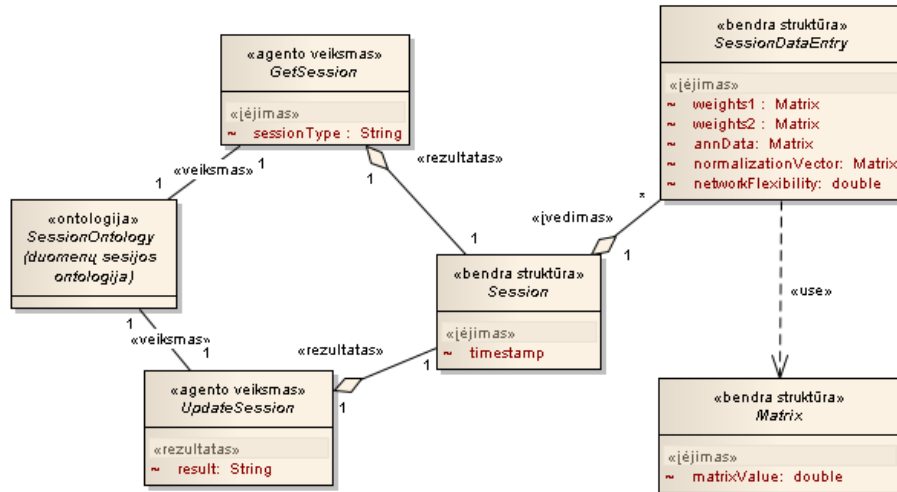
Rezultatai: OptimizedResult << rezultato-bendra struktūra >> apima cashAmount (double) – pinigų kiekis, date (Date) – data, serviceFee (double) inkasavimo kaina.

Duomenų sesijos ontologijos struktūra (47. pav.). Sesijos ontologiją naudoja sesijos agentas, pagal jos struktūrą yra saugomi ir atnaujinami sesijos duomenys. Sesijos ontologija apibūdina dviejų agentų veiksmus:

GetSession <<agento veiksmas>> naudojama gauti vėliausios sesijos duomenis iš sesijos agento. Veiksmo duomenys:

- sessionType (String) - norimos sesijos tipas. Galimos reikšmės: ALL – gauna visus sesijos duomenis, DAY – neuroninio tinklo parametrai vienos dienos prognozei, WEEK – neuroninio tinklo parametrai savaitės prognozei.

Rezultatai: Session << bendra struktūra>>.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

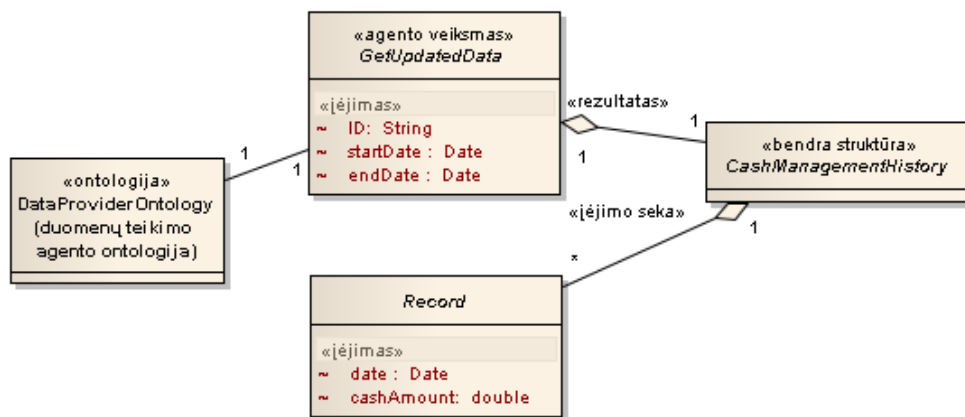
47. pav. Sesijos ontologijos klasių diagrama.

UpdateSession <<agento veiksmas>>: atnaujina esamos sesijos reikšmės.

Veiksmo duomenys:

- Session << bendra struktūra>>– saugo naujos sesijos duomenis;

Rezultatai: duomenų atnaujinimas.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

48. pav. Duomenų teikimo ontologijos klasių diagrama.

Session << bendra struktūra>> saugo kiekvieno neuroninio tinklo sesijos duomenis SessionDataEntry << bendra struktūra >>: diena, savaitė, kiti duomenys, neuroninio tinklo laiko žymą - timestamp.

SessionDataEntry << bendra struktūra >> saugo duomenis:

- weights1 (Matrix) – saugo neuroninio tinklo parametrus – svorių matricą (dienos prognozei);
- weights2 (Matrix) – saugo neuroninio tinklo parametrus – svorių matricą (savaitės prognozei);
- annData (Matrix) – istorinių duomenų matrica;
- normalizationVector (Matrix) – istorinių duomenų normalizuotų parametrų matrica;
- networkFlexibility (double) – neuroninio tinklo lankstumo parametrai;
- networkStructure (String) – neuroninio tinklo struktūra (paslėpti sluoksniai);

Duomenų teikimo agento ontologijos struktūra (48. pav.). Duomenų teikimo agento ontologiją naudoja DPA agentas, kuris teikia informaciją kitiems agentams.

Ontologija apima GetUpdatedData << *agento veiksmas* >> veiksmą, jo uždavinys yra gauti grynujų pinigų valdymo duomenis iš duomenų šaltinio (lokaliai iš ATM registro arba pagrindinio kompiuterio).

- ID (String) – unikalus ATM numeris
- startDate (Date) – istorinių duomenų pradžios data;
- endDate (Date) – istorinių duomenų pabaigos data;

CashManagementHistory <<*bendra struktūra*>> saugo pinigų išėmimo įrašus: date (Date) – data ir cashAmount (double) – išimtas pinigų kiekis.

3.5. Trečio skyriaus apibendrinimas ir išvados

Pateikiami agentų apibrėžimai, aprašoma jų taikymo specifika, detalizuojamos agentų klasifikacijos ir kūrimo priemonės. Nors vieningo agento apibrėžimo nėra dauguma mokslininkų išskiria tokias esmines agento

savybes: sugebėjimas gauti iš aplinkos informaciją, apdoroti informaciją ir pagal ją veikti aplinką. Agentas turi sugebėti mokintis iš savo aplinkos, sąveikauti su kitais agentais, keisti vietą aplinkoje ar sistemose. Minėtų savybių agentų sistemos funkcionuoja tik idealiu atveju, tačiau dauguma realizuotų agentų sistemų yra gerokai paprastesnės, įgyvendina tik aiškiai apibrėžtas funkcijas.

Literatūroje pateikiamos dvi agentų sistemų klasifikacijos. Nwana (1996) pasiūlė agentus klasifikuoti pagal jų elgesio bruožus, o Davis (1997) pateikė klasifikaciją pagal samprotavimo savybes. Nwana klasifikacija agentus klasifikuoja pagal jų elgesio bruožus: bendradarbiavimą, mokymąsi ir autonomiškumą. Visas savybes turintis agentas yra vadinamas intelektiniu agentu. Davis klasifikacija remiasi trimis intelektinėmis agento savybėmis: gebėjimas svarstyti, gebėjimas reaguoti ir gebėjimas mąstyti.

Agentų sistemų realizavimui yra sukurtos reikiamos technologijos, kurios leidžia užtikrinant jų komunikaciją, duomenų mainus, infrastruktūrinį sąveikumą ir resursų panaudojimą. Agentų sistemoms kurti naudojamos 4 technologijų grupės: Java arba C++ programavimo kalbos, KQML arba FIPA ACL agentų komunikacijos kalbos, XML žinių aprašymui, ir KIF arba SL1 turinio kalbos. Agentų sistemos turi oficialų standartą FIPA. Agentus galima kurti naudojant objektinio programavimo, Web paslaugų kūrimo ir kitas technologijas (AgentLink III, 2004).

Agentų sistemas racionalu taikyti tuomet, kai automatizuojamos sistemos vienetai yra pasiskirstę geografiškai, jų vienetų sąveika gali duoti didesnę naudą nei pavienės jos dalys. MAS suteikia didžiulių galimybių spręsti sudėtingas praktines problemas, kurios egzistuoja dinamiškose aplinkose. Multi-agentų sistemų taikymas ypač tinka tais atvejais, kuomet reikalinga kelių susijusių užduočių, esančių paskirstytuose informacijos šaltinių tinkluose, koordinacija. Multi-agentų sistemos veikia decentralizuotai, tai padeda išvengti informacijos kamščių. Praradus vieną agentą sistemas gali sėkmingai funkcionuoti ir jos darbas visiškai nesutriks, tik gali pakisti priimamų

sprendimų kokybė. Tuo tarpu centralizuotose sistemose sugedus nors vienam komponentui stringa visos sistemos darbas.

Išnagrinėta verslo intelektikos sistemų plėtra, aptartos jų savybės. Pateikta organizacijos analitikos sprendimų topografija. Detalizuota realaus laiko verslo intelektikos sistemų struktūrą ir savybės.

Verslo intelektika yra verslo našumo užtikrinimo priemonė ir informacija paremtas sprendimų priėmimas. BI sistemos nagrinėja duomenų išgavimą, saugojimą ir analizę. Pagrindinis šių priemonių tikslas yra išgauti vertingą informaciją iš sukauptų duomenų, ir ją panaudoti verslo našumui didinti. Dabartinės BI sistemos geba tik diagnozuoti esamą organizacijos būklę, jos yra labiau orientuotos į organizacijos veiklos vertinimą. Ateinantys trys metais siejami su BI sistemų transformacija, kuomet BI sistemos ne tik teiks informaciją apie esamą verslo būklę, bet taps pagrindine organizacijos sprendimų priėmimo priemone. Naujosios BI sistemos naudos turtingą vartotojo sąsają, bus suintegruotos su procesais ir verslo taisyklių sistemomis.

Realaus laiko verslo intelektikos sistemos (sut. RTBI) apima tradicinių BI sistemų funkcionalumą, tačiau veikia naudodama realaus laiko verslo procesų duomenis, kurie yra gaunami iš realiu laiku funkcionuojančių sistemų su nuliniu uždelsimu. Pagrindinė RTBI sistemos idėja yra greitas sprendimų perdavimas į realiu laiku funkcionuojančią sistemą. Azvine ir kiti (2005) aprašė tradicinių BI sistemų problemas ir pateikė detalią realaus laiko BI sistemų viziją. Pasak Azvine (2005) RTBI sistema turėtų apimti: realaus laiko informacijos pristatymą, realaus laiko duomenų modeliavimą, realaus laiko duomenų analizę, realaus laiko sprendimų priėmimą pagal atliktas analizes. Azvine ir kiti (2005) pasiūlyta architektūra yra transformacinio pobūdžio ir gerokai konceptualesnė. Nguyen Manh ir kiti (2005) pasiūlė įvykiais paremtą BI sistemos aplikacijų modelį. Jo pasiūlyta realaus laiko BI sistemos architektūra paremta SOA (angl. service-oriented architecture) ideologija. Seufert ir Schiefer (2005) pasiūlė išplėstą BI sistemų architektūros modelį, kurio tikslas yra sumažinti sprendimų priėmimo laiką bei sprendimus automatiškai susieti su verslo procesais. Sahay ir Ranjan (2008) pateikė realaus

laiko BI sistemos modelį, pritaikytą tiekimo grandinės analitikai. Agrawal (2009) pateikė technologiškai pagrįstą realaus laiko BI sistemos architektūrą. Muhlen ir Shapiro (2010) verslo procesų analitiką suskirstė į tris etapus: procesų valdymą (angl. process controlling), verslo procesų monitoringą (angl. business activity monitoring, sut. BAM) ir procesų intelektiką (angl. process intelligence).

Dabartinės BI priemonės yra pasyvios, vertinant iš vartotojo pusės, atlieka tik duomenų pateikimo/analizės ir verslo procesų monitoringo funkcijas. RTBI sistemos, lyginant su BI, pasižymi verslo procesų valdymo galimybėmis realiu laiku: verslo procesų parametrų keitimas realiu laiku, naujų perspektyvių verslo modelių paieška ir įgyvendinimas. Tokių sistemų realizavimui reikalingos aukšto lygio intelektinės sistemos, kurios savarankiškai geba priimti sprendimus pagal iš anksto apibrėžtus verslo tikslus.

Atlikus bankomatų tinklų valdymo apklausą Amerikos, Baltijos šalių ir Indijos rinkose, 3.3. skyrelyje suformuoti ATM tinklų valdymo modeliai. ATM tinklo valdymo modelius galime suskirstyti į tris tipus: (1) visiškas funkcijų perdavimas, (2) dalinis funkcijų perdavimas ir (3) funkcijų išlaikymas.

Išnagrinėjus ATM tinklų veiklos funkcija ir kaštų sistemą, pateikti 5 bankomatų tinklo optimizavimo modeliai. Vienas modelių yra pažangių optimizavimo technologijų taikymas, tai gali būti intelektinių metodų taikymas grynujų pinigų poreikio, gedimų, ir žaliavų prognozei. Tam reikia sukurti intelektualius algoritmus ir juos įdiegti verslo intelektikos sistemas.

Atlikus analizę nustatyta, kad su grynaisiais pinigais susiję kaštai sudaro 26% visų išlaidų, todėl grynujų pinigų valdymo funkcijų optimizavimas gali reikšmingai sumažinti ATM palaikymo kaštus.

Atlikta bankomatų grynujų pinigų valdymo proceso analizė, suformuota grynujų pinigų valdymo sistemos struktūra, detalizuotas jos funkcionalumas. Optimaliam grynujų pinigų valdymui reikalingas įrankis, kuris leistų visiems proceso dalyviams operatyviai keistis informacija, planuoti darbą, skirstyti užduotis, atlikti paslaugų infrastruktūros monitoringą ir poreikio prognozę.

Atlikta agentų technologijų taikymo bankomatų tinklo valdymui analizė. Kadangi bankomatų tinklas yra paskirstyta sistema, agentų technologijų taikymas grynųjų pinigų planavimo valdymui yra naudingas. Sukūrus protingus agentus, bankomatų tinklą galima valdyti ne kaip centralizuotą, o decentralizuotą sistemą, kur kiekvienas terminalas gali priimti sprendimus dėl paslaugų teikimo, atsižvelgdamas į kintančią aplinką ir kitų šalia esančių bankomatų būseną. Įvertintos protingų agentų panaudojimo bankomatų tinklo našumo optimizavimui galimybės. Intelektualūs agentai gali optimizuoti tris veiklos sritis: resursų tiekimą ir apimtį, bankomato vietos parinkimą, netikėtų situacijų identifikavimą.

Atlikta multi-agentų sistemos platformos kūrimo įrankių analizė. Multi-agentų sistemos kūrimo platforma turi būti standartizuota, turėti platų įrankių pasirinkimą ir naudoti stabilias technologijas. Agentų platformos kūrimui geriausiai tinka J2EE platforma. Multi-agentų sistemos kūrimui pasirinkta JADE (angl. Java Agent DEvelopment Framework) platforma. Ji palaiko agentų sistemų kūrimo standartą FIPA, yra sukurta JAVA kalba.

Atsižvelgiant į pasirinktas technologijas, suformuota multi-agentų sistemos platformos architektūra. Architektūros modelyje multi-agentų sistema realizuojama kaip J2EE servisas per EJB (angl. Enterprise JavaBean™) komponentus. Sukurta multi-agentų sistema apima 5 funkcijų sritis: neuroninio tinklo apmokymą, adaptavimą, resursų poreikio prognozavimą, optimizavimą ir duomenų normalizavimą. Detalizuotas globalus multi-agentų sistemos modelis, kurį sudaro tokie agentai/komponentai, kaip agentų servisų sąrašas, agentų valdymo sistema, agentų brokeris, apmokymo agentas, prognozavimo agentas, optimizavimo agentas, sesijos agentas ir duomenų teikimo agentas. Agentai yra atsakingi už neuroninio tinklo modeliavimą. Neuroninio tinklo modeliavimo bibliotekos paleidžiamos per MatLab kodo paleidimo mechanizmą (angl. RunTime Environment). Optimalaus resursų tiekimo planavimo funkcionalumas realizuojamas per Web Servisus. Servisų teikimui naudojamas sukurtas SystemMath brokeris, kuris komunikuoja su JADE platforma per JADE Web paslaugų integravimo sietuvą.

4. NEURONINIŲ TINKLŲ MODELIS

Skaitinis intelektas yra intelektualių skaičiavimo metodologijų rinkinys, tokių kaip neryškių aibių logika, neuroniniai tinklai, evoliuciniai skaičiavimai. Pagrindinis šių metodologijų uždavinys padėti spręsti sudėtingas technologijų ir mokslo problemas, kurios yra neišsprendžiamos arba išsprendžiamos labai sunkiai, naudojant paprastus matematinius metodus (Ajoy K. ir kiti, 2005). Dauguma skaitinio intelekto algoritmų kuriami tam kad spręstų sudėtingas problemas. Didelis postūmis šioje srityje buvo padarytas modeliuojant biologines ir natūralaus protavimo sistemas. Skaitinio intelekto sistemos yra vadinamos intelektualiomis sistemomis arba intelektualiais algoritmais. Skaitinis intelektas nagrinėja 4 intelektinių algoritmų tipus: dirbtinius neuroninius tinklus, neryškių aibių logikos, evoliucinių skaičiavimų, spiečiaus intelekto. Minėtos sistemos kartu su logikos, dedukcinio samprotavimo (angl. deductive reasoning), ekspertinėmis sistemomis, situacijomis paremtu samprotavimu (angl. case-based reasoning), simbolinėmis kompiuterių mokymo sistemomis (angl. symbolic machine learning systems) yra sudėtinė dirbtinio intelekto dalis. Dirbtinis intelektas yra kompiuterių, psichologijos, filosofijos, sociologijos ir biologijos mokslo sričių kombinacija (Andries P. Engelbrecht, 2002).

Bezdek (1992a) pirmasis pateikė skaitinio intelekto terminą. Jis teigė, kad skaitinis intelektas yra skaičiavimai atliekami su sensorių pateikiamais duomenimis. Skaitinis intelektas pasak Bezdek nenagrinėja žinių valdymą, o neskaitines žinias nagrinėja dirbtinio intelekto mokslo šaka. Eberhard ir kiti (1995) pateikė kitą skaitinio intelekto apibrėžimą: tai yra metodologija, susidedanti iš praktiškai pritaikomų koncepcijų, paradigmu ir algoritmų, galinčių mokintis. Jų diegimas palengvina užduočių atlikimą sudėtingose ir kintančiose sistemose.

Skaitinio intelekto metodai yra naudojami įvairaus pobūdžio aplikacijose, inžinerijoje ir pramonėje.

Šie metodai inžinerijoje, sprendžia didžiąją dalį su duomenų apdorojimu susijusių uždavinių (Ajoy K., 2005):

- Intelektualus signalų apdorojimas, apima laiko eilučių analizę ir prognozavimą;
- Duomenų gavyba;
- Grupės sensorių duomenų apdorojimas (angl. multisensor data fusion), apima atpažinimo sistemas, našumo monitoringo ir klaidų diagnostiką;
- Sistemų inžinerija, jai priklauso identifikavimo, sistemų modeliavimo ir pažangus sistemų valdymas;
- Planavimo sistemos, tokios kaip optimalaus kelio parinkimas;

Inžinerijos, komercijos ir valdymo sistemose plačiai taikomos laiko eilučių prognozavimo technologijos (Kim and Kim, 1997).

4.1. Dirbtiniai neuroniniai tinklai

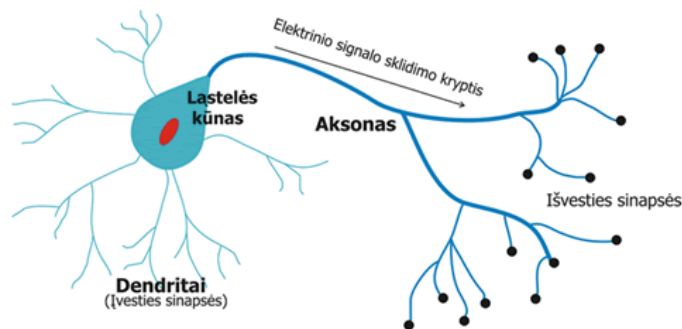
Dirbtiniai neuroniniai tinklai pradėti nagrinėti šeštajame dešimtmetyje, tačiau iki devintojo dešimtmečio vidurio jie nebuvo plačiai naudojami. Tik išradus greitus ir galingus apmokymo mechanizmus, dirbtiniai neuroniniai tinklai galėjo spręsti realius uždavinius.

Neuroninių tinklų teorijos pagrindus parengė neurologai McCulloch ir Pitts (1943), kurie naudodami formalią logiką, neuroninių tinklų neuronus modeliavo kaip pastovių ribų dvejetainius vienetus, sujungtus sinapsėmis. Mokslininkų prisidėjusių prie neuroninių tinklų teorijos vystymosi sąrašas yra ilgas. Vienas iš svarbesnių atradimų buvo padarytas Rosenblatt (1958). Jis skaitinio neurono idėją išplėtojo iki perceptrono. Perceptronas yra save organizuojančio tinklo elementas, galintis mokintis ir adaptuotis prie struktūros. Widrow ir Hoff (1960) sukūrė ADALINE (angl. Adaptive Linear Element) ir MADALINE (angl. Multiple ADALINE) tinklų struktūras. Minsky ir Papert (1969) savo darbuose nagrinėjo daugiasluoksnio perceptrono mokymosi galimybes. Vėliau po trumpos pertraukos pasirodė nauji darbai, kurie nagrinėjo alternatyvias neuroninių tinklų struktūras: saviorganizuojantys

tinklai (angl. self-organizing networks) (Amari and Maginu, 1988), adaptyvaus rezonanso tinklai (angl. resonating neural networks) (Grossberg, 1988), tiesioginio sklaidimo (angl. feedforward networks) (Werbos, 1974), autoasociatyviniai neuroniniai tinklai (angl. associative memory networks) (Kohonen, 1989), rekurentiniai tinklai (angl. recurrent networks) (Elman, 1990), radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai (angl. radial basis function networks) (Broomhead ir Lowe, 1988), tikimybiniai tinklai (angl. probabilistic networks) (Specht, 1988).

Šiuo metu plačiausiai naudojami du neuroninių tinklų tipai daugiasluoksnio perceptrono tinklas (angl. multilayer perceptron networks, sut. MLPN) ir radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai (sut. RBFN). Neuroniniai tinklai naudojami signalų apdorojimui, triukšmo eliminavimui, duomenų klasifikavimui, sistemų modeliavimui, identifikavimui, prognozei ir kontrolei. Neuroniniai tinklai naudojami daugelyje komercinių produktų, tokių kaip modemai, vaizdų apdorojimo ir atpažinimo sistemos, kalbos atpažinimas, signaliniai procesoriai ir biomedicininė įranga (Verikas, 2003).

Dirbtiniai neuroniniai tinklai (DNT) (angl. artificial neural networks) (Haykin, 1994), (Verikas, 2003) pradėti tyrinėti, kaip biologinių neuroninių sistemų modelis.



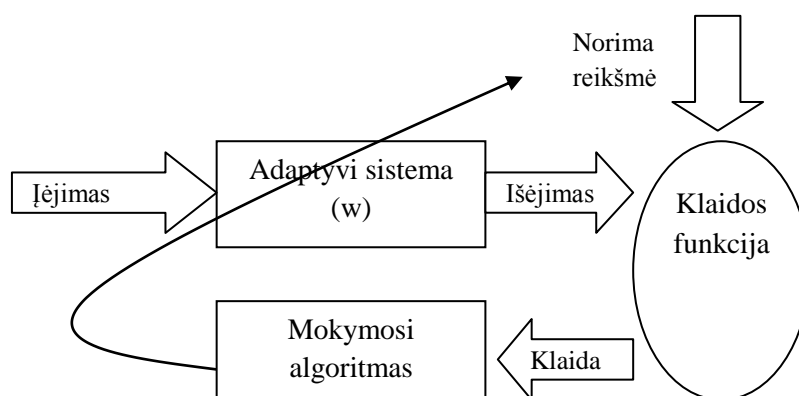
Šaltinis: sudaryta autoriaus.

49. pav. Biologinis neuronas.

Dirbtiniai neuroniniai tinklai sudaryti iš daugelio skaičiuojančių elementų, kurie tarpusavyje glaudžiai susiję. Šie skaičiuojantys elementai yra panašūs į biologinius neuronus ir vieni su kitais sujungiami įvairaus stiprumo jungtimis, kurios yra analogiškos biologinių neuronų sinapsėms. Neuronas turi

išsišakojusią įėjimo struktūrą (dendritai), ląstelės kūną (soma) ir besišakojančią išėjimo struktūrą (aksonas). Vienos ląstelės aksonas su kitos ląstelės dendritais jungiasi per sinapses. Sinapsėmis vadinamos aksono jungtys su kitų neuronų dendritais. Šios jungtys, perduodančios elektrocheminį signalą, yra įvairaus stiprumo. Kai sužadinama pakankamas kiekis neuronų, prijungtų prie neurono dendritų, neuronas sužadinamas, ir išilgai aksono jis išduoda elektrocheminį impulsą.

Signalas per sinapses perduodamas kitiems neuronams, kurie taip pat gali būti sužadinami. Neuronas sužadinamas tik tuo atveju, kai bendras dendritais gautas signalas viršija tam tikrą lygį (sužadinimo slenkstį) (Verikas, 2003).



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Verikas, 2003)

50. pav. Adaptyvios sistemos kūrimas.

Neuroninių tinklų adaptyvumas yra geriausia jų savybė. Neuroninės sistemos nėra sudaromos naudojant išankstines žinias pagal specifikaciją, formules ar aprašymą. Vietoje to, sistema naudoja išorinius duomenis savo parametrų nustatymui. Neuroniniai tinklai apmokomi žinant įėjimo ir atitinkamas išėjimo reikšmes (jos dar vadinamos užduoties reikšmėmis), gražinamas per ryšį, kuriame naudojama klaidos funkcija. Klaidos funkcija labai dažnai yra skirtumo funkcija tarp neuroninio tinklo išėjimo ir užduoties reikšmės. Neuroninio tinklo atsako tikslumas tiesiogiai naudojamas parametrų (tinklo svorių) keitimui. Mokymo metu svoriai keičiami taip, kad sistemos išėjimo reikšmės artėtų prie norimų reikšmių (mažėtų klaida) (Verikas, 2003).

4.2. Prognozavimas neuroniniais tinklais

Hu (1964) pirmasis praktiškai pritaikė neuroninius tinklus oro prognozavimui. Vėliau eksperimentinius tyrimus atliko Werbos (1974), jis laiko eilučių prognozavimui pritaikė neuroninius tinklus. Pirmieji bandymai taikyti neuroninius tinklus prognozavimui nedavė gerų rezultatų, todėl tyrimai šioje srityje trumpam sustojo. Stagnacija buvo nutraukta kuomet Rumelhart ir kiti (1986) pasiūlė atvirkštinio sklidimo (angl. backpropagation) apmokymo algoritmą. Werbos (1989, 1990) atlikęs eksperimentus su atvirkštinio sklidimo apmokymo algoritmu, padarė išvadas, kad neuroniniai tinklai gali pateikti tikslesnes prognozes lyginant su statistikos metodais: regresine analize ir Box-Jenkins prognozavimo metodu. Lapedes ir Farber (1988), taip pat sėkmingai neuroninius tinklus pritaikė netiesinių laiko eilučių prognozavimui.

4.2.1. Prognozavimo neuroniniais tinklais metodologija

Prognozavimo metodologija šiuo atveju suprantama, kaip požiūrių, metodų ir priemonių rinkinys, skirtas prognozuoti laiko eilutes. Laiko eilučių prognozavimas yra grindžiamas istoriniais duomenimis. Prognozavimo metodika apima žingsnius (Ajoy K. ir kiti, 2005):

1. Duomenų paruošimas prognozavimui, apima duomenų surinkimą, apdorojimą, normalizavimą, duomenų struktūrizavimą, apmokymo ir testavimo imčių nustatymą.
2. Tinklo architektūros parinkimas. Parenkama neuroninio tinklo struktūra, atliekamas neuroninio tinklo įėjimo ir išėjimo kintamųjų skaičiaus ir struktūros, tinklo sluoksnių ir juose esančių neuronų skaičiaus, neuronų tarpusavio sujungimo, neurono aktyvavimo/perdavimo ir išėjimo funkcijų parinkimas.
3. Tinklo apmokymo strategijos paruošimas, apima apmokymo algoritmo parinkimą ir tinklo efektyvumo testavimą;
4. Bendras sukurto tinklo vertinimas, naudojant naujus testavimo duomenis.

Duomenų normalizavimas (Ajoy K. ir kiti, 2005) yra neuroninio tinklo duomenų paruošimo testavimui procesas. Jis apima apdorotų duomenų

normalizavimą, pakeičiant jų skaitines vertes iš natūralių ribų į neuroninio tinklo skaitines ribas. Duomenys yra normalizuojami, kad atitiktų neuroninio tinklo įėjimo sluoksnio ribas, tenkintų neuronų netiesiškumo reikalavimus ir neviršytų nustatytų išėjimų ribų. Praktikoje dažniausiai naudojamas paprastas normalizavimo būdas:

$$x_{ni} = \frac{x_i}{x_{max}} \quad (4.1)$$

arba tiesinis normalizavimas:

$$x_{ni} = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (4.2)$$

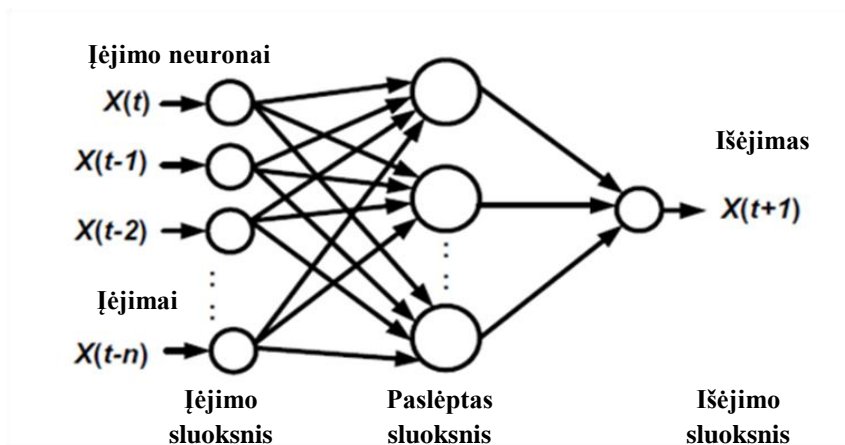
Neuroninio tinklo architektūros parinkimas (Ajoy K. ir kiti, 2005). Parenkama tokia tinklo struktūra, kuri tiksliausiai aproksimuoja nagrinėjamą laiko eilutę. Neuroninio tinklo architektūros ir struktūros parinkimas yra sunkus uždavinys. Jį atliekantis specialistas turi turėti nemažą bagažą žinių ir patirties neuroninių tinklų taikymuose. Dažniausiai egzistuoja daug galimų sprendimų, iš jų reikia išsirinkti tinkamiausią, tačiau ir pasirinkus tinkamiausią, naudojant skirtingus duomenų rinkinius, gali pasirodyti kad jo kokybiniai parametrai yra prastesnis už kitus galimus sprendimo variantus. Tinklo architektūros parinkimas susideda iš uždavinių:

1. Detalizuojamas įėjimo sluoksnis;
2. Detalizuojamas išėjimo sluoksnis;
3. Parenkamas paslėptų sluoksnių skaičius;
4. Parenkamos paslėpto sluoksnio neuronų funkcijos;
5. Nustatomos neuronų sujungimo savybės;
6. Parenkama neurono perdavimo funkcija;

Įėjimo sluoksnio neuronų skaičiaus parinkimo (Ajoy K. ir kiti, 2005) užduotį atlikti labai parasta, nes neuronų skaičius priklauso nuo stebimos duomenų imties laisvųjų narių skaičiaus. Kaip taisyklė, kiekvienam laisvam nariui turi būti skiriamas atskiras įėjimo neuronas.

$$x(t + 1) = f[x(t), x(t - 1), x(t - 2), \dots, x(t - n)] \quad (4.3)$$

4.3 funkcijos neuroninio tinklo įėjimų struktūrą pavaizduota 51. pav.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

51. pav. Neuroninio tinklo struktūra vieno laiko intervalo prognozavimui.

Įeinančių neuronų skaičius turi būti kiek įmanoma mažesnis, neprarandant gerų aproksimavimo savybių. Parinkta įeinančių neuronų kombinacija turi leisti modeliuoti kiek įmanoma daugiau laiko eilutės savybių. Savaiame suprantama, kad įėjimų duomenys turėtų koreliuoti su tinklo išėjimu. Optimalų įėjimo neuronų skaičių galima parinkti tik atlikus eksperimentinius tyrimus.

Išėjimo neuronų skaičiaus parinkimas (Ajoy K. ir kiti, 2005) taip pat yra parastas uždavinys. Neuroninio tinklo išėjimas modeliuoja priklausomus laiko eilutės kintamuosius. Dažniausiai jis būna vienas (vienos dienos prognozė) arba jeigu reikia atlikti kelių laiko intervalų prognozę, gali būti du ar daugiau (dienos prognozė ir savaitės prognozė). Jeigu reikia atlikti kelių laiko intervalų prognozę, vietoje neuroninio tinklo su keliais ar daugiau išėjimų yra naudojamas neuroninis tinklas su vienu išėjimu, tiek kartų kiek laiko intervalų reikia prognozuoti į priekį. Tokiu atveju prieš tai buvusios prognozės rezultatai naudojami kaip faktiniai laiko eilutės duomenys.

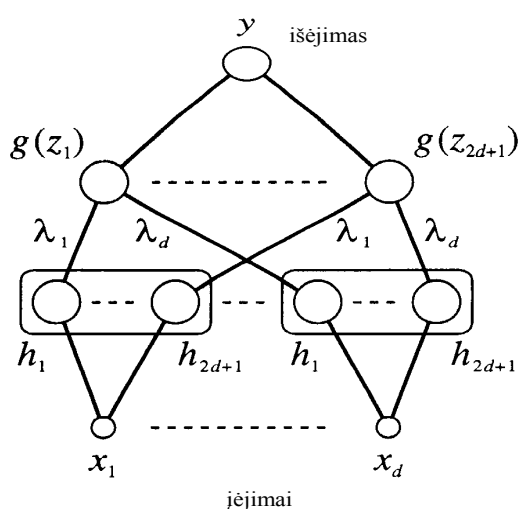
Daugumoje prognozavimo aplikacijų yra naudojamas vieno paslėpto sluoksnio neuroninis tinklas. Kolmogorovo teorema įrodo vieno sluoksnio pakankamumą. Ji teigia, kad:

„Bet kokia tolydinė funkcija $f(x)$, kuri gali būti n -dimensijos funkcija $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$, aprašoma, kaip n -dimensijos kubas (tarkime $[0,1]^n$), gali būti pervesta į matematinę išraišką

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^{2n+1} \psi_i(\sum_{j=1}^n \varphi_{ji}(x_j)) \quad (4.4)$$

kur ψ_i ir φ_{ji} tolydinės vienos reikšmės funkcijos. Funkcija ψ_i yra priklausoma nuo aproksimuojamos funkcijos f , ir funkcija φ_{ji} yra monotoniškai auganti duotajam n .

Teorema nenurodo aproksimavimo funkcijos. Hecht-Nielsen (1987) pateikia papildytą Kolmogorovo teoremą, kuri sako, kad bet kokia tolydinė funkcija transformuojanti d įėjimo kintamųjų į vieną išėjimo kintamąjį gali būti tiksliai realizuota trijų sluoksnių neuroniniu tinklu, turinčiu $d(2d+1)$ elementų pirmajame paslėptame sluoksnyje ir $(2d+1)$ elementų antrajame paslėptame sluoksnyje.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

52. pav. Trijų sluoksnių neuroninis tinklas.

Vieno išėjimo ir d įėjimo kintamųjų atveju neuroninio tinklo topologija pavaizduota 52. pav. Čia kiekvienas (j -tasis) pirmo paslėpto sluoksnio elementas skaičiuoja vieno įėjimo kintamojo x_i funkcijas $h_j(x_i)$, kur $j=1, \dots, 2d+1$. Funkcija h_j griežtai monotoniška. Antrojo paslėpto sluoksnio j -tajame neurone skaičiuojama suma:

$$z_j = \sum_{i=1}^d \lambda_i h_j(x_i) \quad (4.5)$$

kur λ_i – konstanta $0 < \lambda_i < 1$. Neuroninio tinklo išėjimas

$$y = \sum_{j=1}^{2d+1} g(z_j) \quad (4.6)$$

Kolmogorovo teorema garantuoja tinkamo tinklo egzistavimą. Deja, nenurodomi nei funkcijų h_j ir g pavyzdžiai nei būdai joms rasti.

Cybenko (1989) savo atliktuose tyrimuose nurodo, kad pakanka dviejų paslėptų sluoksnių neuroninio tinklo, norint išspręsti pačias sudėtingiausias problemas. Atlikti tyrimai rodo, kad neuroniniai tinklai su dviem paslėptais sluoksniais yra atsparesni lokalaus minimumo problemai. DeVilliers and Barnard savo tyrimuose nurodo, kad neuroniniai tinklai su vienu ir dviem paslėptais sluoksniais pasiekia panašius rezultatus.

Literatūra nepateikia vienareikšmiškos metodologijos, kaip reikėtų nustatyti neuronų skaičiui paslėptuose sluoksniuose, nors kai kurie pasiūlymai kiek jų turėtų būti yra pateikiami. Neuroninį tinklą su vienu paslėptu sluoksniu turėtų sudaryti 75 procentai įeinančio sluoksnio neuronų. Geometrinės piramidės taisyklė rekomenduoja paslėptame sluoksnyje naudoti N_h neuronų:

$$N_h = \alpha \sqrt{N_i \times N_0} \quad (4.7)$$

jeigu nagrinėjame vieno paslėpto sluoksnio neuroninius tinklus, N_i - tinklo įėjimų skaičius, N_0 - išėjimų skaičius, o α – sprendžiamos problemos sudėtingumas, α ribos - $0,5 < \alpha < 2$.

Baum ir Haussler (1989) pasiūlė kitą metodą, kurį galima panaudoti neuronų kiekiui paslėptame sluoksnyje nustatyti.

$$N_h \leq \frac{N_{tr} \times E_{tol}}{N_{dp} + N_0} \quad (4.8)$$

kur N_{tr} yra apmokymo duomenų imties dydis, E_{tol} atsparumas klaidoms, N_{dp} yra reikšmių skaičius apmokymo duomenų imtyje (pavyzdžiui, jeigu turime apmokymo imtį n nuo m , tuomet tai yra m), N_0 išėjimų skaičius. Paslėpto sluoksnio neuronų skaičius yra nustatomas eksperimentinių tyrimų metu. Atlikus testavimus yra vertinamas tinklo darbo tikslumas ir pagal tai sprendžiama mažinti ar didinti neuronų skaičių paslėptame sluoksnyje.

Khorasani ir Weng (1994) pateikė metodą, kurį galima taikyti tiesioginio sklidimo neuroninio tinklo struktūrai pagerinti. Apmokymo metu yra vertinama tinklo išėjimų dispersija ir atvirkštinio sklidimo apmokymo klaida (angl. backpropagation error). Atsižvelgiant į gautus vertinimo rezultatus, paslėptame sluoksnyje pridedami arba iš jo pašalinami neuronai. Murata ir kiti (1994) pasiūlė generalizavimo kriterijų, kuris yra naudojamas paslėpto

sluoksniu neuronų skaičiui nustatyti. Murata ir kiti (1994) tyrime akcentuojama neuroninio tinklo persimokymo problema, kai su naujais duomenimis testuojamas tinklas pasiekia gerokai prastesnius rezultatus, lyginant su apsimokymo duomenų rezultatais.

Neuroniniai tinklai, kurie prognozuoja laiko eilutes, daugumoje atvejų naudoja sigmoidės perdavimo funkciją:

$$y = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4.9)$$

Hiperbolinio tangento funkcija taikoma, kai yra modeliuojamos nukrypimo nuo elgesio vidurkio situacijos (Klimasauskas, 1991):

$$y = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (4.10)$$

Šių funkcijų privalumas yra tai, jog jos yra diferencijuojamos, tokiu būdu galima ženkliai palengvinti ir paspartinti tinklo apmokymo algoritmus.

4.2.2. Neuroninių tinklų mokymo strategijos

Neuroninio tinklo apmokymo tikslas nėra tik tai atstovauti mokymo duomenų imtį. Mokant siekiama įvertinti ir sudaryti statistinį proceso modelį, pagal kurį, labiausiai tikėtina, buvo gauti mokymo duomenys. Siekiama sudaryti proceso modelį, pagal kurį generuoti duomenys savo savybėmis būtų kiek įmanoma labiau panašūs į mokymo duomenis. Neuroninis tinklas pagal mokymo imties duomenis turi "išmokti" ir padaryti išvadas apie visus galimus ir nematytus duomenis. Sugebėjimas padaryti išvadas ir tinkamai įvertinti naujus duomenis vadinama apibendrinimo arba generalizavimo savybėmis. Neuroninio tinklo apibendrinimo savybės labai priklauso nuo modelio sudėtingumo ir duomenų kiekio mokymo imtyje. Modelis turintis mažai parametrų gali būti per mažai lankstus, tuo tarpu modelis su pernelyg dideliu parametrų kiekiu gali labai prisitaikyti prie duomenų imties ir joje esančių triukšmų. Todėl siekiama parinkti reikiamą neuroninio tinklo sudėtingumą. Daugiasluoksniu neuroninio tinklo sudėtingumą lemia paslėptų neuronų skaičius (Verikas, 2003).

Apibendrinimo klaidą patogiu išskaidyti į dvi sudėtinės dalis: bazinę klaidą ir išsibarstymą. Per daug paprastas modelis turi didelę bazinę klaidą, duotajai mokymo imčiai per didelio lankstumo modelis turi didelę išsibarstymo klaidą. Geriausia apibendrinimo klaida gaunama tada, kai randamas kompromisas tarp vienas kitam prieštaraujančių reikalavimų, kad būtų maža bazinė ir maža išsibarstymo klaidos. Norint pasiekti balansą tarp išsibarstymo ir bazinių klaidų, reikalinga kontroliuoti efektyvų modelio sudėtingumą. Neuroninio tinklo sudėtingumas keičiamas keičiant paslėptų neuronų, tuo pačiu ir svorių, skaičių. Keletas metodų naudojamų parenkant tinkamą neuroninio tinklo sudėtingumą (Haykin S., 1999) (Verikas, 2003):

1. Lyginami neuroniniai tinklai su skirtingais paslėptų neuronų skaičiais ir išrenkamas tinkamiausias.
2. Kuriamas ir apmokomas palyginti didelis neuroninis tinklas ir vėliau atsisakoma mažiausiai reikšmingų jungčių ir neuronų (kpojimas).
3. Pradedama nuo mažo tinklo ir mokymo metu pridedami papildomi neuronai iki pasiekiami optimali neuroninio tinklo struktūra (auginimas).
4. Apjungiami keletu neuroninių tinklų išėjimai ir formuojamas komitetas.

Kitas principinis metodas sudėtingumui kontroliuoti yra klaidos funkcijoje naudoti narį, baudžiantį sudėtingumą. Sudėtingumo nario įtaka bendrai klaidos funkcijai ir modelio sudėtingumui keičiama įvedant sudėtingumo nario daugiklį. Turint tam tikro dydžio duomenų imtį ir siekiant kontroliuoti modelio sudėtingumą dažnai be mokymo imties sudaroma testinė imtis. Testinės imties pagalba gali būti nustatomas ir kontroliuojamas modelio prisitaikymas prie mokymo imties duomenų.

Mokymo metu tinklas gali būti papildomai įvertinamas naudojant testinę imtį, kurios tinklas "nematė" mokymo metu. Tinklas mokomas minimizuojant klaidos funkciją mokymo imties atžvilgiu, po to patikrinamas skaičiuojant klaidą testinei imčiai. Išrenkamas tinklas su mažiausia testinės imties klaida.

Tai veda į tam tikrą pritaikymą prie testinės imties, todėl tinklas gali būti papildomai tikrinamas naudojant trečią nepriklausomą imtį.

4.2.3. Neuroniniai tinklai ir tradiciniai prognozavimo metodai

Neuroninių tinklų ir tradicinių statistikos metodų prognozavimo tikslumo tyrimai, pateikia keletą svarbių teiginių: prognozuojant tiesines priklausomybes turinčius duomenis, geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su statistiniais metodais; tuo tarpu prognozuojant netiesines priklausomybes turinčius duomenis, geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su neuroniniais tinklais. Iš to seka išvada, kad prognozuojant tiesines ir netiesines priklausomybes turinčius duomenis, reikėtų naudoti statistinių ir neuroninių tinklų kombinaciją.

Lapedes ir Farber (1988) pirmieji pateikė pagrindimą, kad paprastas neuroninis tinklas gali aplenkti tradicinius prognozavimo metodus. Vėliau sekė Sharda ir Patil (1990) tyrimai, kurių metu buvo lyginama Box-Jenkins ir neuroninių tinklų prognozavimo kokybė, naudojant 75 skirtingas laiko eilutes. Sharda ir Patil, Tang ir kiti (1991), atlikę palyginimo tyrimus suformavo 3 teiginius:

1. Abiejų metodų prognozavimo kokybė yra labai panaši, kai prognozavimui naudojamos didelės apimties laiko eilutes;
2. Neuroninių tinklų kokybė yra ženkliai didesnė, kai prognozavimui naudojamos mažos apimties laiko eilutės. Kai kuriais atvejais yra didesnė net 100%, lyginant su tradiciniu Box-Jenkins metodu;
3. Optimaliai parinktas neuroninis tinklas yra efektyvesnis už atitinkamus tradicinius algoritmus, kai yra prognozuojamos įvairaus sudėtingumo laiko eilutės;

Tyrimuose buvo naudojamas tipinis ARMA modelis (Box-Jenkins metodui detalizuoti):

$$\phi_p(B)\phi_p(B^L)(1 - B^L)^D(1 - B)^d y_t = \theta_q(B)\theta_q(B^L)a_t + \delta \quad (4.11)$$

Kur ϕ autoregresijos operatorius, slenkančio vidurkio operatorius θ , ir B atgalinės kreipties operatorius (angl. back shift operator). Modelyje y_t - laiko

eilutės duomenys, a_t - baltais triukšmas ir δ – pastovus narys. Tyrime naudoti du neuroninių tinklų tipai – vieno paslėpto sluoksnio, ir kitas be paslėptų sluoksnių.

Hill ir kiti (1996) atliko 6 skirtingų tradicinių prognozavimo metodų ir neuroninių tinklų prognozavimo palyginimą. Tyrimui panaudojo 111 skirtingų laiko eilučių. Rezultatas - neuroniniai tinklai prognozuoja geriau už tradicinius metodus. Foster ir kiti (1992) atlikęs palyginimus pateikė priešingas išvadas, jo teigimu lyginimui panaudoti tiesinės regresijos ir eksponentinio glotninimo metodai yra geresni už neuroninius tinklus. Denton (1995) dar kartą parodė, kad esant panašioms statistinėms sąlygoms, regresinių ir neuroninių tinklų prognozavimo kokybė skiriasi nežymiai.

4.2.4. Neuroninių tinklų ir tradicinių metodų kombinavimas

Atlikti tyrimai parodė, kad naudojant hibridinius neuroninių tinklų ir tradicinių prognozavimo metodų modelius, galima pasiekti dar geresnius rezultatus, nei juos naudojant pavieniui. Voort ir kiti (1996) panaudojo ARIMA ir Kohonen saviorganizuojančių tinklų kombinaciją, trumpalaikiam eismo srautų prognozavimui. Sue ir kiti (1997) ARIMA ir neuroninių tinklų kombinaciją panaudojo patikimumo laiko eilučių prognozavimui. Tseng ir kiti (2002) atliko SARIMA ir atvirkštinio sklidimo neuroninių tinklų kombinacijos tyrimus, suformavo taip vadinamą SARIMABP metodą. Metodų kombinacija aplenkė tiek SARIMA, tiek ir atvirkštinio sklidimo modelius (lyginimui naudoti duomenys be sezoniškumo komponentės). Wedding ir Chios (1996) atliko Box-Jenkins ir RBF tinklų kombinacijos tyrimus. Visi autoriai nurodė, kad kombinacija leido pasiekti geresnius prognozavimo rezultatus.

4.3. Neuroninių tinklų taikymas finansų sektoriuje

Dirbtiniai neuroniniai tinklai (sut. ANN) yra sėkmingai taikomi finansų sektoriuje (Refenes AN, Zapranis AD, 1993). Tiesioginio sklidimo ANN modeliai dažniausiai naudojami prognozavimui arba klasifikavimui. Saviorganizuojantys ANN (sut. SOM) naudojami duomenų klasterizavimui. Šie du ANN tipai sudaro didžiąją dalį visų taikymų (žiūrėti taikymų

palyginimą 11. lentelė). ANN pagalba galima pasiekti geresnius rezultatus nei taikant tradicinius statistikos metodus, jų unikalios mokymosi galimybės leidžia spręsti sudėtingas finansų valdymo problemas, užtikrinant didesnę našumą ir efektyvumą. Jų savybės modeliuoti netisinius finansų rinkos procesus, suteikia pranašumą prieš tiesinius regresinės analizės ir ekonometrikos modelius (P.R. Burrell ir B.O. Folarin, 1997).

11. lentelė ANN taikymai pagal sritis.

Sritis	Prognozavimas su ANN	Klasifikavimas su ANN	Klasterizavimas su SOM
Rizikos analizė ir apskaita	Finansų stabilumo prognozavimas (St. John, 2000); Kreditų vertinimas (Jensen, 1992); Nemokumo prognozavimas (Brockett, 1997); Verslo nesėkmės prognozė (Odom ir Sharda, 1990) Obligacijų vertinimas (Dutta ir Shekhar, 1988)	Bankrotų klasifikacija (Wilson, 1997); Kreditų vertinimas (West, 2000, Long, 2000); Sukčiavimų aptikimas (Holder, 1995);	Rizikos analizė (Garavaglia, 1996)
Finansai	Apribotos rizikos fondų prognozavimas (Hutchinson, 1994); Išperkamųjų vertybinių popierių prognozavimas (Grudnitski, 1993); FOREX prognozavimas (Leung, 2000);	Akcijų tendencijų klasifikavimas (Saad, 1998); Obligacijų reitingavimas (Dutta, 1993)	Ekonominis reitingavimas (Kaski, 1996); Investavimo struktūros analizė (Cottrell, 1997) Ilgalaikio investavimo fondų parinkimas (Deboeck, 1998)

Šaltinis: sudaryta pagal (Smith, 2002)

Odom ir Sharda (1990) ANN prognozavimo galimybes palygino su MDA (angl. multivariate discriminant analysis) metodu. Metodai buvo naudojami prognozuoti galimą verslo nesėkmę. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad ANN prognozavimo paklaida buvo apie 22,22%, tuo tarpu MDA 40,74%.

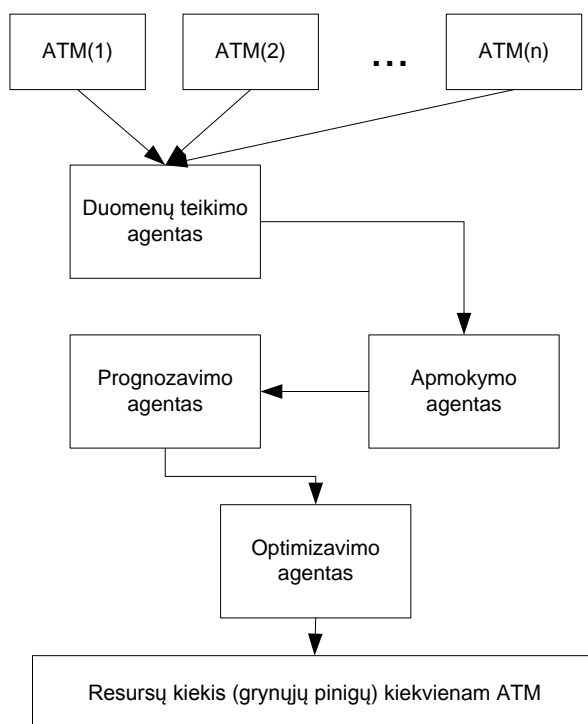
Dutta ir Shekhar (1988) daugiasluoksnius neuroninius tinklus panaudojo obligacijų vertinimui, tyrimo metu buvo lyginami MLPN ir regresiniai modeliai. Jie nustatė, kad MLPN ženkliai pralenkė regresinius modelius, jų paklaida buvo apie 11,7%, tuo tarpu regresinių modelių buvo didesnė 35,3%.

P. Ravi Kumar ir V. Ravi, (2007) išanalizavo nuo 1968-2005 metų paskelbtus bankroto prognozės tyrimus, taikant intelektinius ir statistinius

metodus. Tyrimas parodė, kad šiuo metu vien tik statistiniai metodai, be intelektinių, taikomi labai retai. Bankroto prognozei dažniausiai yra taikomi ANN, kai kuriuose tyrimuose nurodoma, kad BPNN (angl. backpropagation neural networks) prognozavimo paklaida siekė tik 17,6%.

4.4. Bankomatų grynujų pinigų tiekimo našumo didinimo modelis

Agentų sistemos modelis pateiktas 3.4.7. skyrelyje. ATM grynujų pinigų tiekimo optimizavimo schema pateikta 53. pav. Dar kartą aptarsime, pagrindines sistemos dalis, tik šį kartą akcentuosime optimizavimo aspektus.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

53. pav. Bendra ATM grynujų pinigų tiekimo optimizavimo schema.

Duomenų teikimo agentas atlieka duomenų surinkimo ir apdorojimo užduotis. Surinkti duomenys apima: pinigų apyvartą (inkasacijų sumos, išėmimų sumos), kupiūrų skaičių ir jų vertę, klaidų informaciją ir jų pobūdį, įvykio laikas ir t.t. Apmokymo agentas, naudodamas istorinius duomenis paruošia neuroninio tinklo modelį prognozavimui. Prognozavimo agentas atlieka pinigų poreikio prognozę nurodytam laikotarpiui į priekį. Prognozės rezultatas yra pinigų kiekis. Optimizavimo agentas, atsižvelgdamas į gautus pinigų poreikio prognozės rezultatus, ATM buvimo vietą (nuotolį nuo

centrinės arba regioninės pinigų saugyklos), pinigų inkasavimo kainą, pinigų palūkanų kainą, parenka optimalų pinigų inkasacijos laikotarpį ir sumą. Neuroninių tinklų prognozavimo modelis sudaromas, taip kad galėti prognozuoti pinigų poreikį užduotu diskretiškumu.

Modeliavimo diskretiškumas galima įvesti dviem būdais:

1. Neuroninio tinklo apmokymas vykdomas su tam tikru įėjimo duomenų diskretiškumu.
2. Neuronis tinklas apmokomas, naudojant vienos dienos diskretiškumo duomenis, prognozuojant pinigų poreikį naudojama kelių dienų prognozės suma.

Neuroninio tinklo matematinis modelis turi įėjimo kintamuosius, ir pagal nustatytą tinklo priklausomybių modelį apskaičiuoja išėjimo kintamuosius.

Prognozavimo agentas naudoja pateiktą įėjimo kintamųjų sąrašą:

1. Paskutinių 7 dienų pinigų poreikio vidurkis;
2. Savaitės diena (1...7);
3. Metų mėnuo (1...12);
4. Mėnesio diena (1...31);
5. Dienos likusios iki švenčių (5,4,3,2,1,0 , jei likę >5 dienos, kintamasis=-1);
6. Laiko eilutės įrašo numeris (>1);
7. Prognozavimo algoritmo adaptavimo slenkantis langas (tipiniu atveju = 365 dienos, turint mažiaus duomenų gali būti trumpesnis, >3);
8. Grynujų pinigų valdymo operatoriaus nurodymas, kelioms dienoms užkrauti ATM (tipiškai=4 d.)

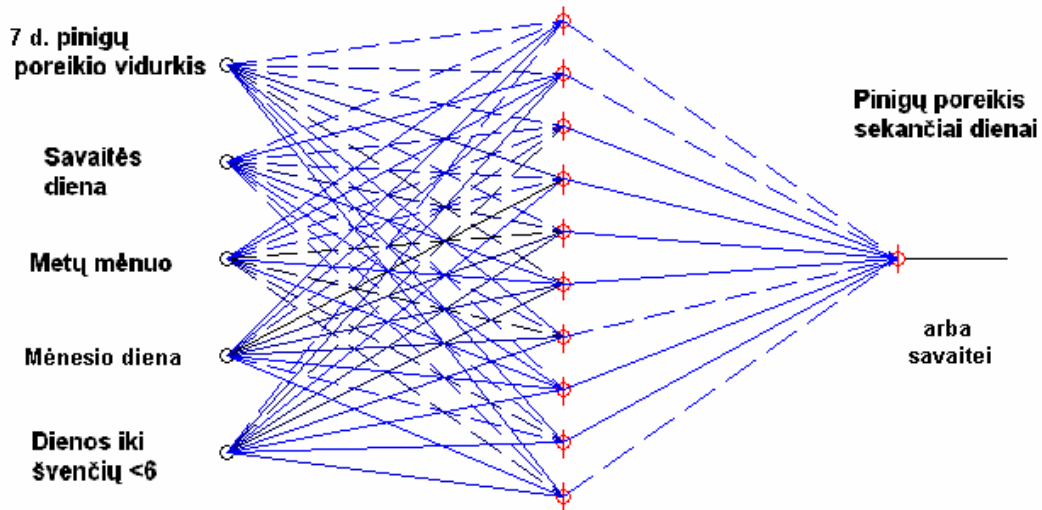
Išėjimo kintamieji arba išėjimo informacija, kurią prognozavimo agentas atiduoda optimizavimo agentui yra:

- ATM pinigų poreikio prognozė sekančiais dienai;
- ATM pinigų poreikio prognozė, tam tikram dienų skaičiui (pagal diskretiškumą);

Išėjimai naudojami bankomato inkasacijos optimizavimui.

4.5. Neuroninio tinklo struktūra

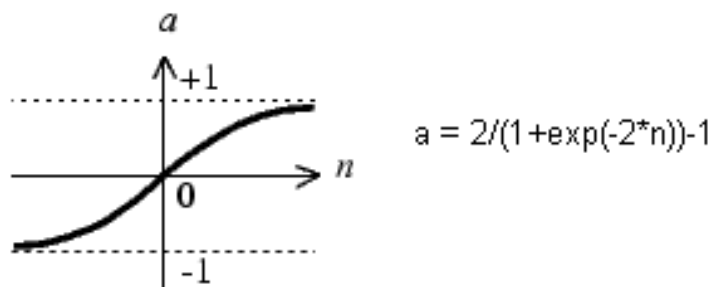
Vienos dienos diskretiškumo kintamieji naudojami prognozuoti pinigų poreikį. Išėjimo duomenys yra normalizuojami, jų eiliškumas prognozavimo agento darbui įtakos neturi, tačiau tokia pati seka turi būti išlaikoma apmokymo, testavimo ir prognozavimo metu.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

54. pav. Lankstaus neuroninio tinklo (prognozavimo agento) struktūra.

Išėjimo kintamasis yra vienas pinigų poreikis sekančiai dienai arba savaitei. Konkretaus ATM prognozavimo agentui parenkamas tam tikros struktūros daugiasluoksnis perceptronas su vienu paslėptu sluoksniu. Paslėpto sluoksnio neuronai naudoja hiperbolinio tangento perdavimo funkciją (žiūrėti 55. pav.), išėjimo neuronai naudoja tiesinę perdavimo funkcija.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Haykin S., 1999).

55. pav. Hiperbolinio tangento perdavimo funkcija.

Neuroninio tinklo struktūrą arba sudėtingumą galima nustatyti dviem būdais:

(1) Eksperimentiškai. Parenkama vis kitokia struktūra su skirtingu neuronu skaičiumi, skirtingomis neuronų perdavimo funkcijomis, skirtingu sluoksnių skaičiumi ir atlikus tinklo apmokymą paskaičiuojant modelio daromą klaidą istoriniams duomenims.

(2) Parenkama tinklo struktūra su fiksuotais parametrais (struktūra sudėtingesnė nei būtina turimiems duomenims), po to atliekamas treniravimas įvedus tinklo svorių apribojimą. Į tinklo prognozavimo paklaidos skaičiavimo išraišką įvedamas papildomas narys D (4.12.), baudžiantis tinklą už dideles tinklo svorių reikšmes. Tokio nario įvedimas leidžia išvengti tinklo persimokymo, ir pagerina jo darbo savybės su naujais duomenimis.

$$E = \frac{1}{2N} * (y_d - y)^2 + \frac{1}{2N} * w^T * D * w; \quad (4.12)$$

, kur $D = \alpha * I$; I – vienetinė matrica, α – bauda už per didelius svorius, N – duomenų kiekis tinklo apmokymui.

Lankstaus neuroninio tinklo apmokymas ir adaptacija. Algoritmo pagrindas yra dirbtinis neuroninis tinklas (daugiasluoksnis perceptronas). Iš pradžių tinklas yra apmokomas naudojant fiksuotą duomenų aibę (rekomenduojama dviejų metų trukmės), o po to kasdien adaptuojamas pasitelkiant fiksuoto dydžio slenkančio lango duomenis.

4.5.1. Daugiasluoksniai neuroniniai tinklai

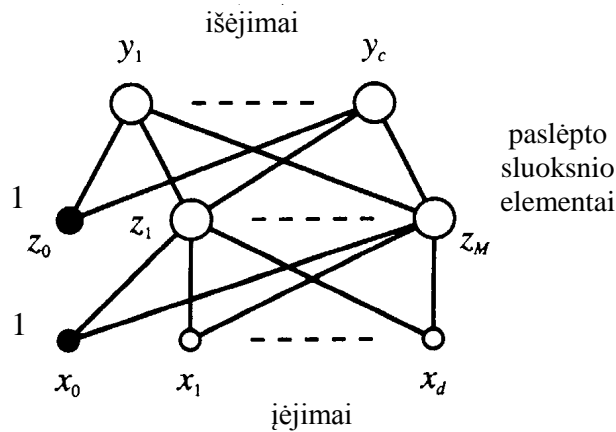
Viensluoksniai dirbtinių neuronų tinklai netinka sudėtingiems uždaviniams spręsti. Tam naudojami tinklai, turintys keletą svorių sluoksnių. Dažnai sunku nustatyti reikalingą sluoksnių skaičių ir elementų skaičių juose.

Tokio tinklo išėjimo funkcija užrašoma sekančiai. j -tojo paslėpto neuroso išėjimas gaunamas formuojant svorinę tiesinę išėjimo kintamųjų kombinaciją ir pridėdant laisvąjį narį:

$$a_j = \sum_{i=1}^d w_{ji}^{(1)} x_i + w_{j0}^{(1)} \quad (4.13)$$

kur $w_{ji}^{(1)}$ reiškia pirmojo sluoksnio svorį iš i -tojo paslėpto neurono į j -tąjį sekančio sluoksnio neuroną, $w_{j0}^{(1)}$ žymi j -tojo paslėpto elemento laisvojo nario svorį. Paslėpto neurono išėjimo reikšmė gaunama transformuojant tiesinę sumą (4.13) perdavimo funkcijos $g()$ pagalba. Neuronų išėjimo reikšmė:

$$z_j = g(a_j) \quad (4.14)$$



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Verikas, 2003).

56. pav. Tiesioginio sklidimo daugiasluoksnis neuroninis tinklas.

Kiekvienam neuroninio tinklo išėjimui skaičiuojamos tiesinės paslėpto sluoksnio neuronų išėjimų kombinacijos:

$$a_k = \sum_{j=1}^M w_{kj}^{(2)} z_j + w_{k0}^{(2)} \quad (4.15)$$

Neuroninio tinklo išėjimas

$$y_k = \tilde{g}(a_k) \quad (4.16)$$

Apjungus (4.13)- (4.16) lygtis, bei laisvus svorius į bendrą svorių vektorių gautume:

$$y_k = \tilde{g} \left(\sum_{j=0}^M w_{kj}^{(2)} g \left(\sum_{i=0}^d w_{ji}^{(1)} x_i \right) \right) \quad (4.16)$$

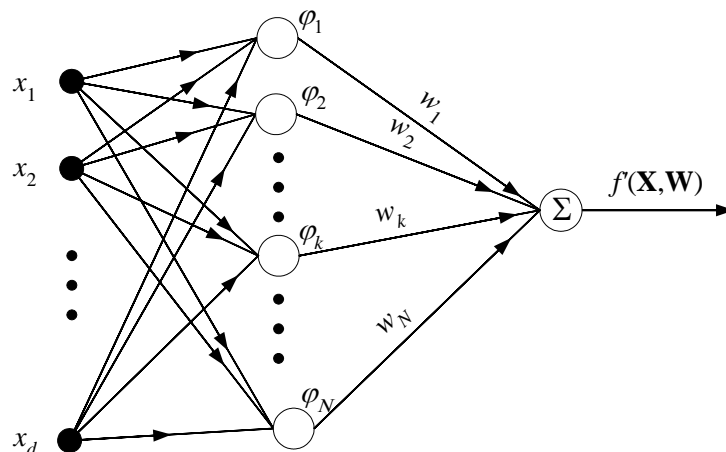
Didinant sluoksnių skaičių ir neuronų skaičių juose, tinklas darosi sudėtingesnis su toliau sekančiomis apmokymo problemomis. Reikalingas neuronų skaičius priklauso ne nuo įėjimo erdvės matavimų skaičiaus, o nuo uždavinio sudėtingumo. Daugiasluoksniai neuroniniai tinklai paprastai turi kur kas daugiau adaptuojamų svorių nei viensluoksniai. Kai svorių daug, labai svarbu turėti greitai veikiantį tinklo mokymo algoritmą. Vieni efektyviausių yra gradientiniai mokymo algoritmai. Jie naudojami tik tuomet, kai tinklo

neuronų perdavimo funkcijas galima diferencijuoti (Haykin S., 1999) (Verikas, 2003).

Neuroninio tinklo dydis ir struktūra gali būti įvairi, tai priklauso nuo sprendžiamo uždavinio savybių – priklausomų ir nepriklausomų narių, esančių duomenų imtyje, paslėptų sluoksnių kiekio ir dydžio. Išėjimas dažniausiai yra tiesinė įėjimo kintamųjų kombinacija, kurią transformuoja perdavimo funkcija. Tipinė daugiasluoksnio tinklo struktūra – vienas po kito einantys neuronų sluoksniai, kurių kiekvienas neuronas sujungtas su visais kito sluoksnio neuronais, ir neturinti jokių kitų jungčių (žiūrėti 56. pav.).

4.5.2. Funkcijos aproksimavimas

Neuroninio tinklo apmokymo tikslas – tinklo išėjime gauti reikiamas vertes kiekvienam įėjimo duomenų vektoriui. Mokymo sistema, turėdama įėjimo vektorių \mathbf{x} ir užduoties d verčių rinkinį, turi surasti optimalų parametrų rinkinį, kuris minimizuotų skirtumą tarp užduoties verčių d ir neuroninio tinklo atsako y . Jeigu tariama, kad norimos vertės d yra gaunamos pagal nežinomą, bet fiksuotą įėjimo funkciją $d = f(\mathbf{x})$, kaip parodyta 57. pav. , tuomet neuroninio tinklo apmokymas tampa funkcijos aproksimavimo uždaviniu. Šiuo atveju neuroninis tinklas „išmoksta“ imituoti nežinomą funkciją f .



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Verikas, 2003).

57. pav. Funkcijos aproksimavimas: struktūrinė diagrama.

Mokymo sistemos tikslas – atrasti funkciją $f()$, turint baigtinį skaičių, tikėtina mažą, įėjimo ir išėjimo (\mathbf{x}, d) verčių porų. Mokymo sistemos išėjimas

$y = f'(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ priklauso nuo sistemos parametrų rinkinio \mathbf{w} . Parametrų rinkinys modifikuojamas taip, kad sistemos išėjimo vertės y ir norimo atsako d skirtumas ar neatitikimas būtų minimalus. Jeigu neuroninio tinklo išėjimo vertės y tinkamai aproksimuoja d vertes, galima tikėtis, kad funkcija $f'(\mathbf{x}, \mathbf{w})$ gali pakeisti nežinomą funkciją $f(\mathbf{x})$.

Aproksimuojant funkciją, keletu paprastų funkcijų bandoma nusakyti norimą funkciją. Funkcijoms aproksimuoti gali būti naudojami polinomiali, trigonometriniai polinomiali ir kitos funkcijos, vadinamos elementariosiomis funkcijomis.

Tarkim, $f(\mathbf{x})$ yra realių verčių vektoriaus $\mathbf{x}=[x_1 \ x_2 \dots x_d]$ funkcija. Funkcijos aproksimavimo uždavinys – aprašyti sudėtingą funkciją $f(\mathbf{x})$ kompaktinėje įėjimo erdvės srityje kaip paprastų funkcijų $\varphi(\mathbf{x})$ kombinaciją

$$f'(\mathbf{x}, \mathbf{w}) = \sum_{i=1}^N w_i \varphi_i(\mathbf{x}), \quad (4.17)$$

kur w_i yra koeficientų vektoriaus \mathbf{w} komponentės. Siekiama, kad aproksimacija tenkintų sąlygą:

$$|f(\mathbf{x}) - f'(\mathbf{x}, \mathbf{w})| < \varepsilon, \quad (4.18)$$

kur klaida ε gali būti pasirenkama kiek norima maža. Aproksimavimo sistemos, sudarytos naudojant elementariąsias funkcijas φ , struktūrinė diagrama parodyta 57. pav.

Jeigu tenkinama (4.18) sąlyga, tuomet funkcijos vertė norimu tikslumu gali būti gaunama tiesiškai kombinuojant elementariąsias funkcijas. Elementariųjų funkcijų rinkinys $\varphi(\mathbf{x})$ yra universalus, jeigu galima rasti koeficientus w_i , kuriems esant klaida ε tampa pakankamai maža apibrėžtoje srityje esant bet kokiai funkcijai $f()$. Aproksimuojant funkciją, susiduriama su keletu uždavinių:

- elementariųjų funkcijų rinkinio $\varphi(\mathbf{x})$ parinkimas;
- svorių w_i apskaičiavimas;
- elementariųjų funkcijų skaičiaus parinkimas.

Aproksimavimui gali būti naudojamos labai įvairios elementariosios funkcijos. Elementariąsias funkcijas gali pakeisti daugiasluoksnio perceptrono paslėptojo sluoksnio neuronai.

Antrasis uždavinys, koeficientų w_i skaičiavimas, priklauso nuo to, kaip matuojamas skirtumas ar neatitikimas tarp $f(\mathbf{x})$ ir $f'(\mathbf{x}, \mathbf{w})$. Mūsų atveju neuroninio tinklo apmokymui bus naudojamas *Levenberg-Marquardt* algoritmas (Marquardt, 1963), naudojantis pirmos eilės išvestines.

4.5.3. Modelio apmokymas ir adaptacija

Mokant adaptyviąją sistemą, sistemos daroma klaida naudojama jos parametrus keisti. Apskaičiuota klaida $\varepsilon_i = d_i - y_i = d_i - (wx_i + b)$ gražinama sistemai, kad būtų galima įvertinti, kaip reikia keisti adaptuojamus parametrus, kad klaida mažėtų. Pradžioje parametrai būna netinkami, ir sistema daro dideles klaidas. Mokymo metu parametrai derinami taip, kad klaida mažėtų. Sistema, „supažindama“ su duomenimis, suranda geriausią parametų rinkinį. Adaptyviosios sistemos gana sudėtingos. Jos turi vykdyti reikalingas funkcijas, be to, jos papildomai naudojamos posistemio parametrus keisti. Reikia pasakyti, jog, pasikeitus duomenims, ši metodika leidžia modifikuoti sistemos parametrus geriausiam uždavinio sprendiniui rasti.

Bendroju atveju neuroniniai tinklai naudojami, kai nėra žinoma priklausomybė tarp įėjimo ir išėjimo duomenų. Jei ši priklausomybė žinoma, duomenys gali būti modeliuojami tiesiogiai. Neuroninis tinklas gali išmokti įėjimo ir išėjimo duomenų tarpusavio priklausomybę apmokymo metu, ir tai yra pagrindinė neuroninių tinklų savybė.

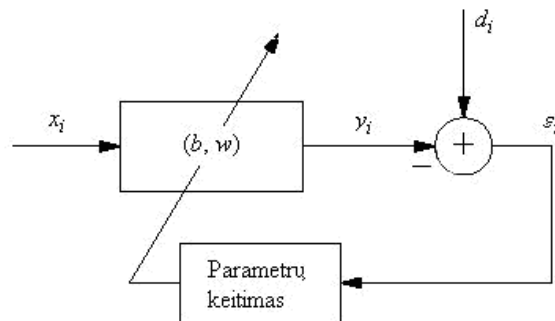
Įvairūs neuroninių tinklų tipai naudoja skirtingus mokymo metodus. Yra du pagrindiniai neuroninių tinklų apmokymo tipai: mokymas su mokytoju ir mokymas be mokytojo. 57. pav. pateiktai sistemai derinti naudojamos užduoties vertės, todėl tai mokymo su mokytoju pavyzdys.

Neuroninis tinklas apmokomas naudojant mokymo imtį. Mokymo su mokytoju imtis sudaroma iš įėjimo verčių kartu su atitinkamomis išėjimo

(užduoties) vertėmis. Neuroninis tinklas mokosi nežinomos priklausomybės tarp įėjimo ir išėjimo duomenų.

4.5.4. Apmokymo metodai

Mokymo proceso metu dažniausiai skaičiuojamas neuroninio tinklo darbą įvertinantis kriterijus. Tai gali būti neuroninio tinklo daroma vidutinė kvadratinė klaida visiems duomenims (skirtumo tarp tinklo išėjimo vertės ir norimos vertės kvadrato vidurkis) arba kitoks neuroninio tinklo darbą įvertinantis kriterijus. Toliau pagal mokymo taisyklę koreguojami tinklo svoriai ir slenksčių vertės taip, kad gerėtų tinklo darbą vertinantis kriterijus.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

58. pav. Tiesinės sistemos parametru adaptavimas.

Mokant neuroninius tinklus, be svorių keitimo algoritmo, reikalingos dar trys papildomos procedūros (Haykin S., 1999) (Verikas, 2003):

1. pradinių svorių parinkimas,
2. mokymo stabdymo kriterijai,
3. neuroninio tinklo mokymo įvertinimas.

Pradiniai svoriai dažniausiai parenkami atsitiktinai iš tam tikro duoto intervalo pagal nustatytą dėsnį. Algoritmai, nuolat ir tolygiai mažinantys klaidos funkciją, gali įklimpti į lokaliųjį minimumą. Tokiais atvejais didelę reikšmę turi pradinis svorių parinkimas. Be to, gerai parinkus svorius dažnai gali žymiai sumažėti mokymo trukmė. Net ir algoritmai, galintys išvengti ir iškopti iš lokaliųjų minimumų, dažnai būna jautrūs pradinių svorių parinkimui.

Pradiniai svoriai dažniausiai parenkami atsitiktiniai ir maži. Atsitiktiniai parenkami tam, kad būtų galima išvengti simetriškumo neuroniniame tinkle

problemų, kai keli tinklo neuronai dubliuoja vienas kitą. Maži svoriai parenkami siekiant, kad sigmoidinės paslėptųjų neuronų perdavimo funkcijos nebūtų įsisotinusios, ir išvestinės $g'(a)$ nebūtų labai mažos. Svorinės įėjimo signalų sumos, perduodamos į sigmoidines funkcijas, turėtų būti vienetų eilės. Dažnai mokoma daug kartų, pradedant skirtingais svoriais.

Keletas mokymo sustabdymo kriterijų (Haykin S., 1999) (Verikas, 2003):

- Nutraukti mokymą po tam tikro, fiksuoto, iteracijų skaičiaus. Reikalingas iteracijų skaičius gali būti spėjamas iš ankstesnių mokymo rezultatų. Reikalingas iteracijų skaičius priklauso nuo tinklo dydžio, uždavinio sudėtingumo, duomenų kiekio.
- Nutraukti mokymą po tam tikro laiko.
- Klaidai sumažėjus iki tam tikros vertės.
- Kai klaida kinta mažiau nei tam tikras dydis.
- Kai testinės imties klaida ima didėti.
- Dažnai taikomos įvairios šių sąlygų kombinacijos.

Tinklo apmokymui taikomas Levenberg-Marquardt (Marquardt, 1963) optimizavimo algoritmas. Šis algoritmas matricų algebros veiksmais įvertina Hessiano matricą iš Jacobianų matricos, kuri yra tinklo svorių pirmos eilės išvestinės įėjimų į tinklą atžvilgiu.

Tinklo apmokymui iš turimų pradinį duomenų suformuojama įėjimo kintamųjų duomenų matrica. Pageidautina apmokymui turėti bent dviejų metų laikotarpio duomenis. Vėliau ši matrica papildoma duomenimis, kurie kaupiami ATM darbo metu. ATM darbo metu turi būti kaupiama informacija apie kiekvieną dieną atliekamą ATM pinigų poreikio prognozę ir prognozavimo paklaidas. Dirbtinis neuroninis tinklas adaptuojamas kasdien, pasitelkiant naujus (papildytus) duomenis su fiksuotu langų (dviejų metų laikotarpis).

Algoritmo programinę įrangą sudaro keletas MATLAB kalba parašytų paprogramių, kurios skirtos duomenų normalizavimui, dirbtinio neuroninio tinklo struktūros parinkimui, pradiniam apmokymui ir adaptavimui.

Neuroninio tinklo realizavimui naudotas „Neural Network Based System Identification“ įrankių rinkinys (Nørgaard, 2000a) (Nørgaard ir kiti, 2000b). Agentų sistemoje (žiūrėti 3.1.4. skyrelį) minėtas funkcijas realizuoja MatLab Runtime komponentas, iškviečiamas per MatLab Proxy komponentą. MatLab Proxy realizuoja komunikaciją su MatLab Runtime aplinka.

Gradientinis algoritmas (Haykin S., 1999). Tai vienas paprasčiausių neuroninių tinklų mokymo algoritmų, jau minėtas ankstesniuose skyriuose. Svorijų vektorius keičiamas didžiausio klaidos mažėjimo kryptimi – neigiamo klaidos gradiento pagal svorius kryptimi. Svorijų pokytis gali būti apskaičiuojamas iš visos duomenų imties:

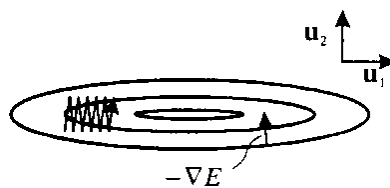
$$\Delta \mathbf{w}^{(\tau)} = -\eta \nabla E |_{\mathbf{w}^{(\tau)}} \quad (4.19)$$

arba „parodžius“ vieną (n -ąjį) duomenų vektorių:

$$\Delta \mathbf{w}^{(\tau)} = -\eta \nabla E^n |_{\mathbf{w}^{(\tau)}} . \quad (4.20)$$

Duomenų vektoriai gali būti rodomi tam tikra seka arba atsitiktinai. Galimi ir tarpiniai variantai, kai svoriai keičiami pagal tam tikrą mokymo imties dalį.

Labai svarbu parinkti tinkamą mokymo greičio parametą η . Jei mokymo greitis per mažas, mokymas vyks lėtai. Parinkus per didelį mokymo greičio koeficientą, gali atsirasti svyravimų. Tinkamas arba *efektyvus mokymo greitis* dažniausiai keičiasi mokymo proceso metu.



59. pav. Gradientinis nusileidimas fiksuoto mokymo žingsniu.

59. pav. grafiškai parodytas gradientinis nusileidimas fiksuotu žingsniu. Klaidos funkcijos išlinkimai išilgai kiekvienos ašies yra skirtingi. Elipsėmis pavaizduoti pastovaus klaidos dydžio kontūrai. Klaidos paviršius turi ištęstos įdubos formą. Daugumai taškų svorių erdvėje lokalusis neigiamas gradiento vektorius $-\nabla E$ nėra nukreiptas link klaidos funkcijos minimumo. Sėkmingi

gradientinio nusileidimo žingsniai gali svyruoti skersai įdubos ir tik labai iš lėto artėti išilgai įdubos minimumo link.

Levenberg-Marquardt apmokymo algoritmas (Marquardt, 1963) (R. Fletcher, 1987). Tinklo apmokymui taikomas Levenberg-Marquardt optimizavimo algoritmas. Šis algoritmas matricų algebros veiksmis įvertina Hessiano matricą iš Jacobianų matricos, kuri yra tinklo svorių pirmos eilės išvestinės įėjimų į tinklą atžvilgiu.

Niutono kvazigradiento apmokymo algoritmas (Haykin S., 1999). Gradientinis ir Niutono nusileidimo metodai yra vieni iš dažniausiai naudojamų funkcijos minimizavimo metodų. Tačiau jų panaudojimas dažnai yra ribojamas dėl konvergavimo greičio arba realizavimo sudėtingumo. Niutono kvazigradiento metodas padeda išvengti šių apribojimų. Pažymėsime šį metodą trumpiniu QN.

QN metodas yra tarsi tarpinė grandis tarp gradientinio-žingsninio nusileidimo ir Niutono metodų. Pagrindinis skirtumas yra tame, kad QN metodas naudoja invertuotos Hessiano matricos įvertinimą vietoj tiesioginio antros eilės išvestinių skaičiavimo ir hesiano matricos inversijos, kaip to reikalauja Niutono metodas.

Galima užrašyti, kad įėjimų vektorius In^* , kuris atitinka tikslo funkcijos minimumą yra lygus:

$$In^* = In - H^{-1}g; \quad (4.21)$$

$-H^{-1}g$ lygties dėmuo žinomas kaip Niutono kryptis arba Niutono žingsnis. Iš lygties (4.21) matome, kad įėjimų vektoriai laiko momentais τ ir $\tau+1$ yra susiję su gradiento vektoriais lygtimi :

$$In^{\tau+1} - In^{\tau} = -H \left(g^{\tau+1} - g^{\tau} \right); \quad (4.22)$$

Ši lygtis dar žinoma kaip Niutono kvazigradiento sąlyga. Taigi matrica $G = -H^{-1}$ yra formuojama taip, kad išpildytų šią sąlygą.

Dvi dažniausiai naudojamos Hesiano matricos inversijos įvertinimo formules yra *Davidson-Fletcher-Powell* (DFP) ir *Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno* (BFGS).

Šiuo atveju buvo pasirinkta BFGS formulė (4.23) pateikiama žemiau:

$$G^{\tau+1} = G^{\tau} + \frac{pp^T}{p^T v} - \frac{(G^{\tau} v)v^T G^{\tau}}{v^T G^{\tau} v} + (v^T G^{\tau} v)uu^T; \quad (4.23)$$

$$p = In^{\tau+1} - In^{\tau}; \quad (4.24)$$

$$v = g^{\tau+1} - g^{\tau}; \quad (4.25)$$

$$u = \frac{p}{p^T v} - \frac{G^{\tau} v}{v^T G^{\tau} v}; \quad (4.26)$$

kur In – minimizuojamų kintamųjų vektorius, g – minimizuojamų kintamųjų I eilės išvestinių vektorius.

Kad būtų žengiama teisinga kryptimi, matrica G turi būti teigiamai-apibrėžta. Teigiamai-apibrėžta tai tokia matrica, kurios tikrinių verčių vektorius visos dedamosios yra teigiamos. Tai būtina ir pakankama sąlyga. Todėl pradedant paiešką pirmoje iteracijoje kaip matrica G yra naudojama diagonalinė matrica E kuri visada yra teigiamai apibrėžta.

$$E = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (4.27)$$

Pirmojoje iteracijoje yra žengiama neigiamo gradiento kryptimi. Sekančiose iteracijose funkcijos minimizavimo kryptis yra išlaikoma, kadangi matrica G yra teigiamai-apibrėžta. Žengiant pilna Niutono žingsnį, kaip nurodyta (4.20) išraiškoje galime išeiti už kintamųjų kitimo ribų. Vienas iš problemos sprendimo būdų būtų panaudoti paieškos tiesėje algoritmą, kad rasti koeficiento α vertę, kuri leistų žengti link minimumo neperžengiant jo. Taigi įėjimo kintamųjų vektorius su kiekviena iteracija būtų keičiamas taip :

$$In^{\tau+1} = In^{\tau} + \alpha^{\tau} G^{\tau} g^{\tau}; \quad (4.28)$$

Šiuo konkrečiu atveju paieškos tiesėje algoritmo pritaikyti negalima, nes labai aktualus yra paieškos laikas. Taikant paieškos tiesėje algoritmą tenka du arba tris kartus suskaičiuoti kriterijaus vertę ir tai kritiškai padidina paieškos laiką. Be to kriterijaus arba klaidos paviršius nėra antros eilės paviršius panašus į parabolę. Tai paviršius turintis begalę lokalių minimumų, staigių kilimų arba kritimų, tad taikant paieškos tiesėje algoritmą nėra jokių garantijų, kad neperžengsime minimumo, kuris buvo kažkuriame siaurame įėjimų kitimo intervale.

4.5.5. Parinkta neuroninio tinklo struktūra

ANN tinklo struktūros parinkimui panaudoti JAV bankų duomenys (3433 ATM, trukmė įvairi nuo metų iki trijų). Po atliktų tyrimų nustatyta, kad geriausius rezultatus pasiekia ANN (žiūrėti 60. pav.) su 6 įėjimais: praėjusios savaitės pinigų poreikis (vidurkis), metų mėnuo, savaitės diena, mėnesio diena, dienos iki švenčių ir įrašo numeris, ir vienu paslėptu 15 neuronų sluoksniu. Išėjimo kintamasis vienas - pinigų poreikis sekančiais dienai arba savaitei. Konkretaus ATM prognozavimo agentui parenkamas tam tikros struktūros daugiasluoksnis perceptronas su vienu paslėptu sluoksniu. Paslėpto sluoksnio neuronai naudoja hiperbolinio tangento perdavimo funkciją.

Tokia neuroninio tinklo struktūra yra pakankamai lanksti ir gali modeliuoti sudėtingas netiesines priklausomybes tarp kintamųjų. Neuroninio tinklo lankstumas, kad išvengtume tinklo pertreniravimo, reguliuojamas apribojant neuroninių tinklų svorį. Tam į tinklo prognozavimo paklaidos skaičiavimo išraišką įvedamas papildomas narys \mathbf{D} , baudžiantis tinklą už dideles tinklo svorių reikšmes (t.y. už per didelį lankstumą).

$$E = \frac{1}{2N} \cdot (\mathbf{y}_d - \mathbf{y})^2 + \frac{1}{2N} \mathbf{w}^T \cdot \mathbf{D} \cdot \mathbf{w} \quad , \mathbf{D} = \alpha \mathbf{I}, \quad (4.29a)$$

kur \mathbf{I} – vienetinė matrica, α - bauda už didelius svorius, N – duomenų kiekis.

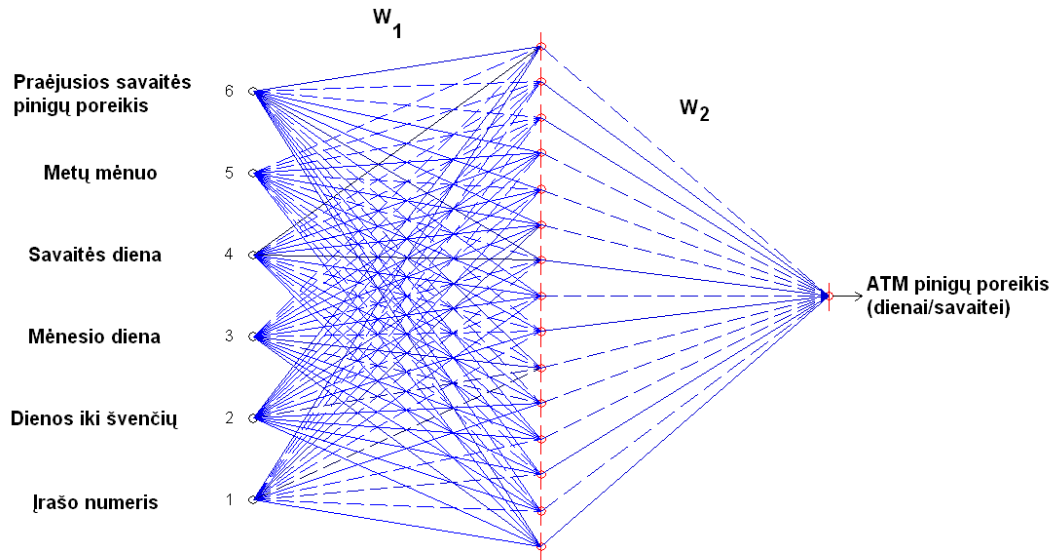
Naudojamo dirbtinio neuroninio **tinklo originalumas**:

Neuroninio tinklo lankstumas \mathbf{D} nustatomas adaptyviai realiu laiku, priklausomai nuo proceso sudėtingumo. Modelio lankstumas (koeficientas

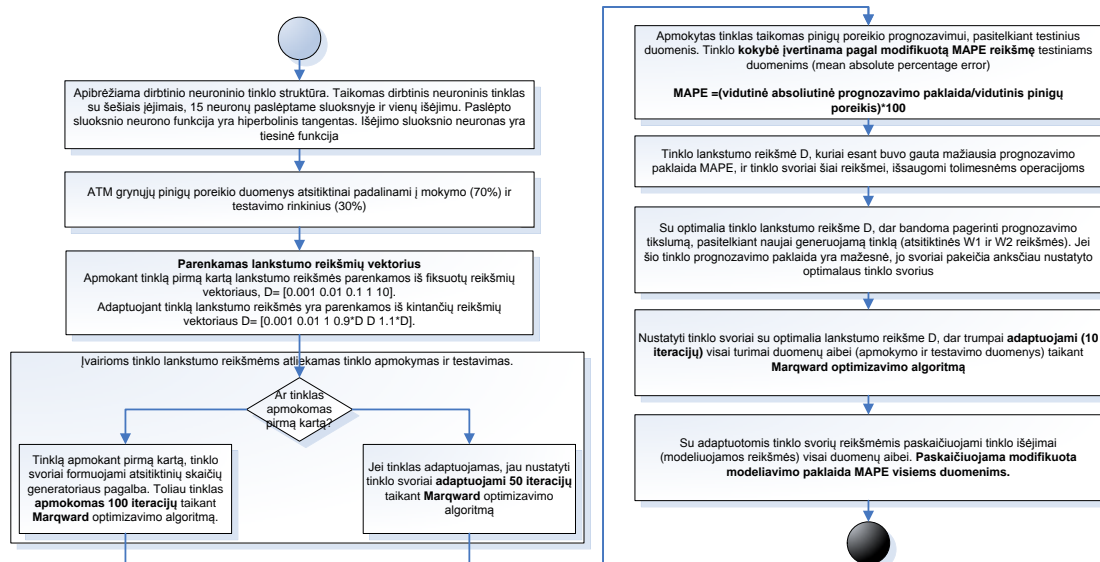
alfa) – gali būti derinamas atskirai kiekvienam ATM. Svoriai optimizuojami taikant gradientinius metodus ir Levenberg-Marquard optimizavimo metodą.

$$\mathbf{w}(p+1) = \mathbf{w}(p) - \alpha \cdot \frac{\partial E}{\partial \mathbf{w}(p)} = \mathbf{w}(p) + \alpha \cdot (y_d - y) \cdot \frac{\partial E(\mathbf{x}, \mathbf{w}(p))}{\partial \mathbf{w}(p)} \quad (4.29b)$$

Neuroninio tinklo struktūra



Apmokymo algoritmas



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

60. pav. Naudojama neuroninio tinklo struktūra ir apmokymo algoritmas.

Tinklo struktūra gali būti paprastai keičiama, įtraukiant į tinklo struktūrą naujus kintamuosius, kurie gali būti informatyvūs ir daryti įtaką pinigų poreikiui analizuojamam ATM.

Dirbtinio neuroninio tinklo apmokymo algoritmas:

1. Apibrėžiama dirbtinio neuroninio tinklo struktūra, kintamasis NetDef. Taikomas dirbtinis neuroninis tinklas su šešiais įėjimais, 15 neuronų paslėptame sluoksnyje ir vienu išėjimu. Paslėpto sluoksnio neurono funkcija yra hiperbolinis tangentas. Išėjimo sluoksnio neuronas yra tiesinė funkcija:

NetDef=[‘HHHHHHHHHHHHHHHH’;’L-----’]

Įėjimo sluoksnyje ir paslėptame sluoksnyje taip pat įvesti pastovūs vienetiniai įėjimai;

2. Pradiniai duomenys suskaidomi į apmokymo ir testavimo failus;
3. Įvairioms tinklo lankstumo reikšmėms atliekamas tinklo apmokymas ir testavimas. Apmokant tinklą pirmą kartą lankstumo reikšmės parenkamos iš fiksuotų reikšmių vektoriaus, $D=[0.001\ 0.01\ 0.1\ 1\ 10]$. Adaptuojant tinklą lankstumo reikšmės yra parenkamos iš kintančių reikšmių vektoriaus $D=[0.001\ 0.01\ 1\ 0.9*D\ D\ 1.1*D]$.
4. Tinklą apmokant pirmą kartą ($i_st=1$), tinklo svoriai formuojami atsitiktinių skaičių generatoriaus pagalba. Toliau tinklas apmokomas 100 iteracijų taikant Marqward optimizavimo algoritimą. Jei tinklas adaptuojamas ($i_st=0$), jau nustatyti tinklo svoriai adaptuojami 50 iteracijų taikant Marqward optimizavimo algoritimą;
5. Apmokytas tinklas taikomas pinigų poreikio prognozavimui, pasitelkiant testinius duomenis. Tinklo kokybė įvertinama pagal modifikuotą **MAPE** reikšmę testiniams duomenims (angl. mean absolute percentage error), kuri apskaičiuojama iš išraiškos (4.29c).

$$MAPE = \frac{\text{Vidutinė absoliutinė prognozavimo paklaida}}{\text{Vidutinis pinigų poreikis}} \cdot 100 \quad (4.29c)$$

6. Tinklo lankstumo reikšmė **D**, kuriai esant buvo gauta mažiausia prognozavimo paklaida **MAPE**, ir tinklo svoriai šiai reikšmei, išsaugomi tolimesnėms operacijoms;
7. Su optimalia tinklo lankstumo reikšme **D**, dar bandoma pagerinti prognozavimo tikslumą, pasitelkiant naujai generuojamą tinklą (atsitiktinės **W1** ir **W2** reikšmės). Jei šio tinklo prognozavimo paklaida yra mažesnė, jo svoriai pakeičia anksčiau nustatyto optimalaus tinklo svorius;
8. Nustatyti tinklo svoriai su optimalia lankstumo reikšme **D**, dar trumpai adaptuojami (10 iteracijų) visai turimai duomenų aibei (apmokymo ir testavimo duomenys) taikant Marquard optimizavimo algoritmą;
9. Su adaptuotomis tinklo svorių reikšmėmis paskaičiuojami tinklo išėjimai (modeliuojamos reikšmės) visai duomenų aibei. Paskaičiuojama modifikuota modeliavimo paklaida **MAPE** visiems duomenims. Modeliavimo rezultatai užrašomi matricoje **ANN_training_results**;

Algoritmo programinis kodas pateiktas 9 priede. Neuroninio tinklo apmokymo algoritmo blokinė schema pateikta 6 priede.

4.6. Ketvirto skyriaus apibendrinimas ir išvados

Skyrelyje aptartos skaitinio intelekto sąvokos. Išnagrinėti pagrindiniai dirbtinių neuroninių tinklų sudarymo aspektai ir jų taikymas laiko eilučių prognozavimui.

Neuroniniai tinklai labai dažnai naudojami laiko eilučių prognozavimui. Neuroniniai tinklai naudojami, kai nėra žinoma priklausomybė tarp įėjimo ir išėjimo duomenų. Jei ši priklausomybė žinoma, duomenys gali būti modeliuojami tiesiogiai. Neuroninis tinklas gali išmokti įėjimo-išėjimo duomenų priklausomybę apmokymo metu ir tai yra pagrindinė neuroninių tinklų savybė. ANN prognozavimo metodika apima 4 žingsnius: duomenų paruošimą, tinklo architektūros parinkimą, tinklo apmokymo strategijos paruošimą ir sukurto tinklo vertinimą. Daugumoje prognozavimo aplikacijų yra naudojamas vieno paslėpto sluoksnio neuroninis tinklas.

Neuroninių tinklų ir tradicinių statistikos metodų prognozavimo tikslumo tyrimai, pateikia keletą svarbių teiginių: prognozuojant tiesines priklausomybes

turinčius duomenis, geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su statistiniais metodais; tuo tarpu prognozuojant netiesines priklausomybes turinčius duomenis, geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su neuroniniais tinklais. Neuroninių tinklų kokybė yra ženkliai didesnė, kai prognozavimui naudojamos mažos apimties laiko eilutės. Kai prognozuojamos didelės apimties laiko eilutės tradicinių ir ANN metodų rezultatai yra labai panašūs. Tinkamai parinktas neuroninis tinklas yra efektyvesnis už atitinkamus tradicinius algoritmus, kai yra prognozuojamos įvairaus sudėtingumo laiko eilutės.

Atlikta neuroninių tinklų taikymo finansų sektoriuje analizė rodo, kad ANN pagalba galima pasiekti geresnius rezultatus nei taikant tradicinius statistikos metodus. Jų unikali mokymosi galimybė leidžia spręsti sudėtingas finansų valdymo problemas, užtikrina didesnę našumą ir efektyvumą.

Atlikus eksperimentinius tyrimus, ATM grynujų pinigų prognozavimui pasirinktas tiesioginio sklidimo daugiasluoksnis neuroninis tinklas su vienu paslėptu sluoksniu, su penkiolika neuronų paslėptame sluoksnyje (perdavimo funkcija - hiperbolinis tangentas) ir vienu išėjimu (tiesinis neuronas). Neuroninis tinklas turi 6 įėjimus: paskutinių 7 dienų pinigų poreikio vidurkį, savaitės dieną, metų mėnesį, mėnesio dieną, dienos likusias iki švenčių, ir laiko eilutės įrašo numerį. Išėjimas yra ATM pinigų poreikio prognozė sekančiais dienai arba savaitei, jeigu perduodami savaitės diskretiškumo duomenys. Neuroninio tinklo lankstumas reguliuojamas apribojant neuroninių tinklų svorį. Tam į tinklo prognozavimo paklaidos skaičiavimo išraišką įvedamas papildomas narys D , baudžiantis tinklą už dideles tinklo svorių reikšmes (t.y. už per didelį lankstumą). Pagrindinis naudojamo dirbtinio neuroninio **tinklo originalumas**, yra tai kad neuroninio tinklo lankstumas D nustatomas adaptyviai realiu laiku, priklausomai nuo proceso sudėtingumo, todėl toks tinklas gali geriau dirbti su nematytais duomenimis. Neuroninio tinklo apmokymui taikomas *Levenberg-Marquardt* algoritmas, naudojantis pirmos eilės išvestines. Algoritmas realizuotas MATLAB kalba.

5. SAVITARNOS SISTEMŲ NAŠUMO VERTINIMO IR PROCESŲ TOBULINIMO METODIKA

Bankų kontekste automatizuotų paslaugų teikimo sistemų kokybės klausimai tampa aktualiu diskusijų objektu (Moutinho and Smith, 2000; Santos, 2003). Automatizuotų sistemų kokybės aktualumą sąlygoja, tai kad daugiau nei 50% paslaugų bankas teikia naudodamas elektroninius kanalus (bankomatai, internetinė bankininkystė).

Šiuo metu verslas naudoja įvairias procesų tobulinimo metodikas ir metodus. Pagrindiniai iš jų yra Six Sigma, Lean, bei BPI, ir procesų reinžinerijos metodologijos. Six Sigma, Lean teikia aiškiai apibrėžtus įrankius, kaip galima atlikti patobulinimus, tačiau stokoja sisteminių principų, skirtų įgyvendinti organizacinius pokyčius ir nustatytus patobulinimus (Brache ir Rummler, 1997; Hammer, 2002), apimant ir pasirengimo pokyčiam įvertinimą (Jones ir kiti, 2005). Joms trūksta aiškiai apibrėžto realizacijos proceso. Akivaizdu, kad patobulinimų duodama nauda priklauso nuo sistemingo jų įdiegimo (Chong ir kiti, 2001).

Rucker (2000) nurodo, kad „Citibank Group” privatus bankas, naudodamas procesų tobulinimo metodikas, 50% sumažino kreditų išdavimo laiką, 80% pagerino išorinę komunikaciją su klientais, o vidinė komunikacija pagerėjo 85%. „Global equipment finance” kompanija kredito išdavimo procesą nuo 3 dienų sutrumpino iki vienos dienos. Pasak J. Antony (2006), šias metodikas bankai gali taikyti optimizuoti paslaugų teikimo procesą, sumažinti teikimo klaidų, klientų skundų ir ATM gedimų skaičių. Pritaikius metodikas grynųjų pinigų valdymui, galima sumažinti bereikalingą resursų naudojimą, pagerinti vidinę tiekimo dalyvių komunikaciją ir teikiamų paslaugų kokybę.

5.1. Savitarnos sistemų kokybės vertinimo kriterijai

E-paslaugų taikymas vartotojams teikia aukštesnio lygio patirtį, susijusią su interaktyviais informacijos srautas (Santos, 2003). Elektroninių paslaugų tiekėjai gali lengvai rinkti informaciją apie paslaugas, ją vertinti ir pagal tai keisti jos nustatymus, kad kuo tiksliau tenkintų vartotojų poreikius. Paslaugų kokybės valdymas yra tiesiogiai susijęs su veiklos našumo didinimu,

aukštesniu klientų lojalumo užtikrinimu (Cronin, 2003; Rust ir kiti, 1995; Zeithaml, 2000). Aukštesnės kokybės paslaugos didina klientų pasitenkinimą, kas reiškia didesnę pelningumą bankui (Al-Hawari ir Ward, 2006).

Sureshchandar ir kiti (2001) nustatė penkis vartotojo požiūriu svarbius paslaugų kokybės kriterijus: (1) paslaugos struktūra, (2) žmogiškasis faktorius, (3) automatizacija, (4) apčiuopiamumas, ir (5) socialinė atsakomybė (paslaugų teikėjo įvaizdis). Jeigu vertinsime ATM teikiamas paslaugas, iš šių vertinimo kriterijų svarbus yra pirmasis, trečiasis ir penktasis. Svarbi paslaugų struktūra, jos teikimo aplinka ir teikiančios institucijos įvaizdis. Šie kriterijai, kaip rodo e-paslaugų kokybės modeliai dažniausiai formuoja kliento suvokiamą paslaugos vertę. Paslaugos turi būti teikiamos automatizuotai, kad būtų galima pašalinti bereikalingą biurokratiją. Paslaugos suteikimo laikas turi būti kiek įmanoma trumpesnis. Paslaugos struktūra turi būti lengvai suprantama ir išmokstama, netgi mažai įgudusiems vartotojams. Automatizuotai infrastruktūrai palaikyti reikalingas adekvatus kiekis kvalifikuoto personalo, priešingu atveju jos darbas gali sutrikti arba veikti ne 100% pajėgumu. Pati paslauga turi būti teikiama tinkamose patalpose.

Banko įvaizdį formuoja racionali paslaugos kaina, atitinkanti vartotojo lūkesčius. Paslaugos turi būti teikiama patogiose klientui vietose, tai yra ATM turi stovėti viešosiose erdvėse, prie prekybos vietų, kur gali prireikti grynųjų pinigų. Paslaugų infrastruktūros darbo stabilumas, kuris apibūdina tokius dalykus, kaip aptarnaujančio personalo nusistatymas prieš paslaugų teikėją, streikų nebuvimas, kurie gali sutrikdyti paslaugų teikimą. Svarbus yra aptarnaujančio personalo požiūris į atliekama darbą. Etiškas paslaugų teikėjo elgesys, taip pat yra neatskiriama paslaugos įvaizdžio dalis.

Paslaugų struktūros kokybę lemia siūlomų paslaugų asortimento plotis (paslaugų įvairovė), teikiamos vertės ir funkcionalumo gilumas (galimybė jas suasmeninti), inovatyvumas, paslaugų prieinamumas. Paslaugos turi būti klientui prieinamos tokiu metu kuomet jam jas yra patogu gauti. Paslaugos struktūra yra kitas svarbus e-paslaugos kriterijus, nes nuo jos priklauso, suasmeninimo ir konfigūravimo galimybės. Vartotojai linkę naudoti tokias e-

paslaugas, kurios jiems suteikia laisvę rinktis. E-paslaugų kokybės modeliai nurodo, kad vartotojas turi tapti neatskiriama e-paslaugos dalimi.

Aldlaigan ir Buttle (2002), Bahia ir Nantel (2000), Jabnoun ir Al-Tamimi (2003) bei Joseph ir Stone (2003), atliktuose tyrimuose išskiria 5 kriterijus, kurie sudaro ATM paslaugų kokybės pamatus: *pakankamas ATM tinklo dydis, saugi aplinka, draugiška vartotojo sąsaja, patogi alokacija, ir ATM teikiamas funkcionalumas*. ATM turi būti tiek, kad klientas galėtų juos lengvai surasti, jų vieta turi būti patogi klientui. Aplinkos saugumas yra susijęs su teikiamų paslaugų pobūdžiu – grynaisiais pinigais, nesaugi aplinka sąlygoja ATM nepopuliarumą.

5.2. Savitarnos paslaugos naudojimo patirtis

Dauguma autorių e-paslaugų naudojimosi patirtį apibūdina, kaip savitarnos patirtį (Dabholkar, 2000; Sara, 2000; Meuter ir kiti, 2000; Zhu ir kiti 2002) nes vienu ir kitu atveju paslaugų teikime nedalyvauja patarnaujantis personalas, jį pakeičia įrenginys. Savitarnos paslaugose kontrolė yra perduodama klientui, o tai stipriai įtakoja jo pasitenkinimo lygį (Hui ir Bateson, 1991). Kokybiška savitarnos paslauga yra tokia, kuri tenkina kliento poreikius, yra greitesnė už egzistuojančias alternatyvas, teikia tokį funkcionalumą, kurio klientas tikėjosi, leidžia ją suasmeninti (Meuter et al., 2000). Voss (2003) atlikti tyrimai rodo, kad mažmeninėje bankininkystėje paslaugų kokybės lūkesčiai tik beveik atitinka gaunamą paslaugą. Problemos atsirandančios paslaugų sistemose gali sutrikdyti teikimo procesą (Zhang ir Prybutok, 2005), daugumoje atvejų neprieinamos paslaugos stipriai mažina paslaugos lojalumą (Watcher, 2002). Cox ir Dale (2001) nurodo, kad geras e-paslaugų teikimas, turi būti integruojamas su aptarnavimo sistema, paslaugų tinklu, pirkimų ir pristatymo valdymu. Jis turi būti suprantamas, kaip vieninga sistema. Semeijn ir kiti (2005) parodė, kad paslaugų aptarnavimo sistemos darbas yra ne ką mažiau svarbesnis už pačią e-paslaugų sistemą. Pačių geriausių ir funkcionaliausių ATM diegimas, be tinkamai funkcionuojančios aptarnavimo sistemos, negali garantuoti aukšto savitarnos paslaugų lygio, kitaip sakant vidiniai ir išoriniai kokybės kriterijai turi būti suderinti tarpusavyje. Jennifer Rowley (2006)

atsižvelgdamas į aptarnavimo sistemos svarbą, vartotojo patirtį, naudojantis savitarnos paslaugomis, siūlo vertinti tokiais kriterijais, kaip *aplinkos savybės, saugumas, komunikacijos greitis, patikimumas, vartotojų pagalba, atsakomumas, informacijos pilnumas, prieinamumas, teikimas ir suasmeninimas*. Visus išvardintus kriterijus nagrinėja 2.5 skyrelyje pateikti e-paslaugų kokybės modeliai.

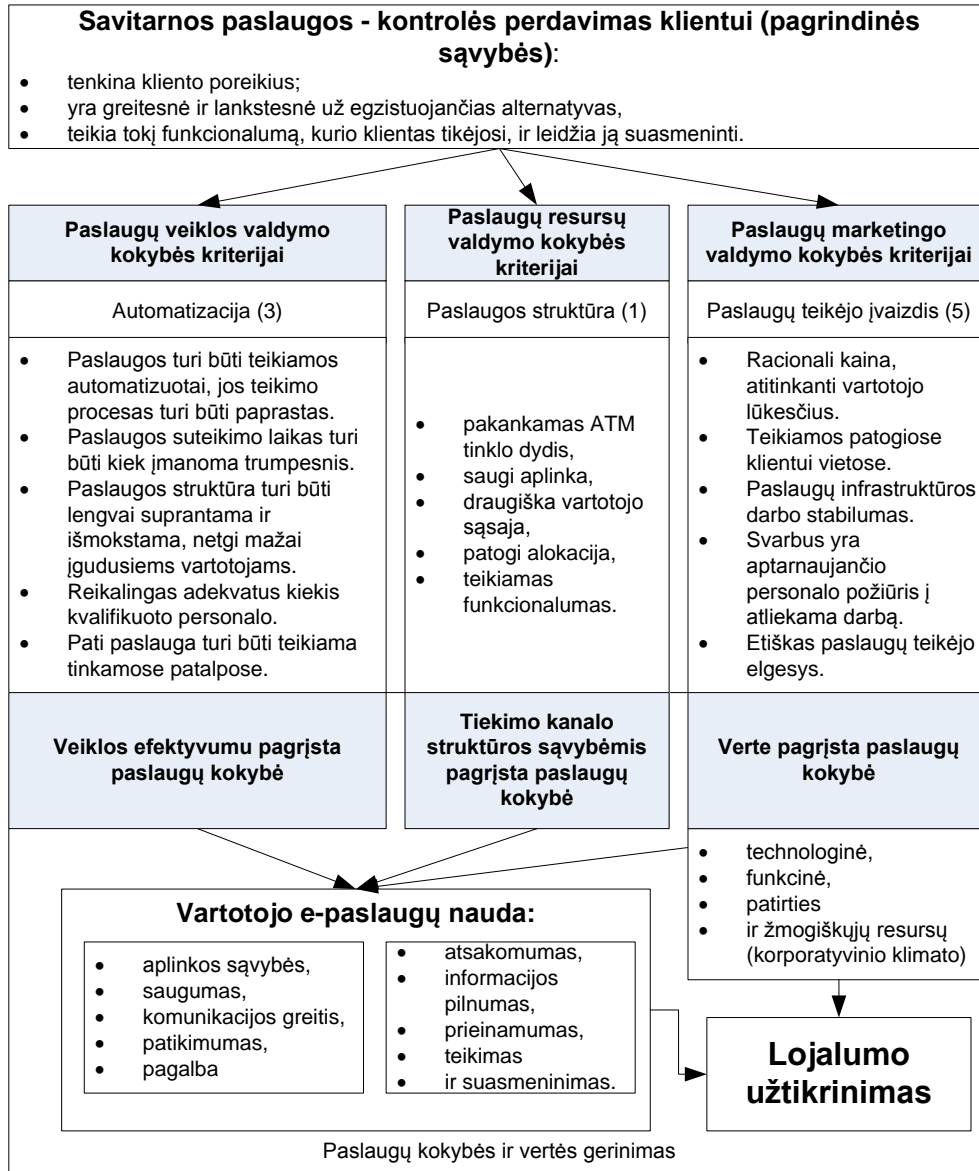
5.3. Verte pagrįstas savitarnos kokybės kriterijų modelis

Vargo ir Lusch (2004) nagrinėja verte pagrįstą paslaugų kokybę, kuri apima ekonominius ir socialinius paslaugos teikimo aspektus. Tai yra paslaugos kokybė turi apimti keletą ar daugiau komponentų. Pasak jų paslauga turi būti vertinama, ne kaip pelno šaltinis, o kaip klientui suteikiama vertė. Jeigu suteikiama vertė bus didelė, pelnas bus garantuotas. Paslaugos vertę formuoja teikėjo įvaizdis, jo socialinė atsakomybė ir vertybės. Šie faktoriai parodo tai kodėl vienos paslaugų kompanijos yra pranašesnės už kitas, nors paslaugų teikimui naudoja tas pačias technines priemones Johnston ir Clark (2001). Aptarnaujančios kompanijos vertybės formuoja paslaugų vertę Edvardsson ir kiti (2006). Svarbus vertės komponentas yra noras užtikrinti kokybiškas paslaugas (Edvardsson ir Enquist, 2002).

Lovelock (2000) dar prieš Vargo ir Lusch (2004) atliktus paslaugų vertės tyrimus, paslaugų kokybės vertinimui pritaikė daugiafunkcinį požiūrį, kuris apima tris paslaugų kokybės vertinimo dedamąsias – marketingą, veiklos ir žmogiškųjų resursų. Panašų skirstymą pateikė ir Edvardsson ir kiti (2006), jis išskyrė 4 verte pagrįstos paslaugų kokybės dimensijas: technologinę, funkcinę, patirties ir žmogiškųjų resursų (korporatyvinio klimato).

Remiantis atliktais savitarnos kokybės vertinimo tyrimais Sureshchandar ir kiti (2001), Aldlaigan ir Buttle (2002), Bahia ir Nantel (2000), Jabnoun ir Al-Tamimi (2003), Joseph ir Stone (2003), Jennifer Rowley (2006), Lovelock (2000), Edvardsson ir kiti (2006), suformavome verte pagrįstą savitarnos paslaugų kokybės vertinimo kriterijų modelį (pateiktas 61. pav.). Savitarnos paslaugos yra kontrolės perdavimas klientui. Savitarnos paslaugų kokybę reikia vertinti pagal tris dedamąsias: veiklos, resursų ir marketingo. Kiekviena

iš dedamųjų atitinka konkrečią kriterijų grupę, veiklos – automatizacijos, resursų – paslaugų struktūros, marketingo – paslaugų teikėjo įvaizdžio kriterijus. Šie kriterijai turi būti įgyvendinami savitarnos paslaugų sistemoje.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

61. pav. Verte pagrįstas savitarnos paslaugų kokybės vertinimo kriterijų modelis.

Paslaugos teikimo vertinimas turi būti atliekamas pagal e-paslaugų naudos/vertės kriterijus: aplinkos savybės, saugumas, komunikacijos greitis, patikimumas, vartotojų pagalba, atsakomumas, informacijos pilnumas, prieinamumas, teikimas ir suasmeninimas.

5.4. Savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis

Produktyvumas yra vidinio, išorinio ir apimties našumo balansas Chase ir Haynes (2000, p. 466–467), Gronroos (2004). Vidinis našumas apibūdina, kaip efektyviai yra naudojami resursai. Išorinis našumas parodo, koks yra paslaugos pelningumas. Apimčių našumas parodo, kaip efektyviai sistemos vidiniai resursai tenkina paklausą. Našumo vertinimo kriterijus galime skirstyti į 3 grupes: vidinis, išorinis ir apimties.

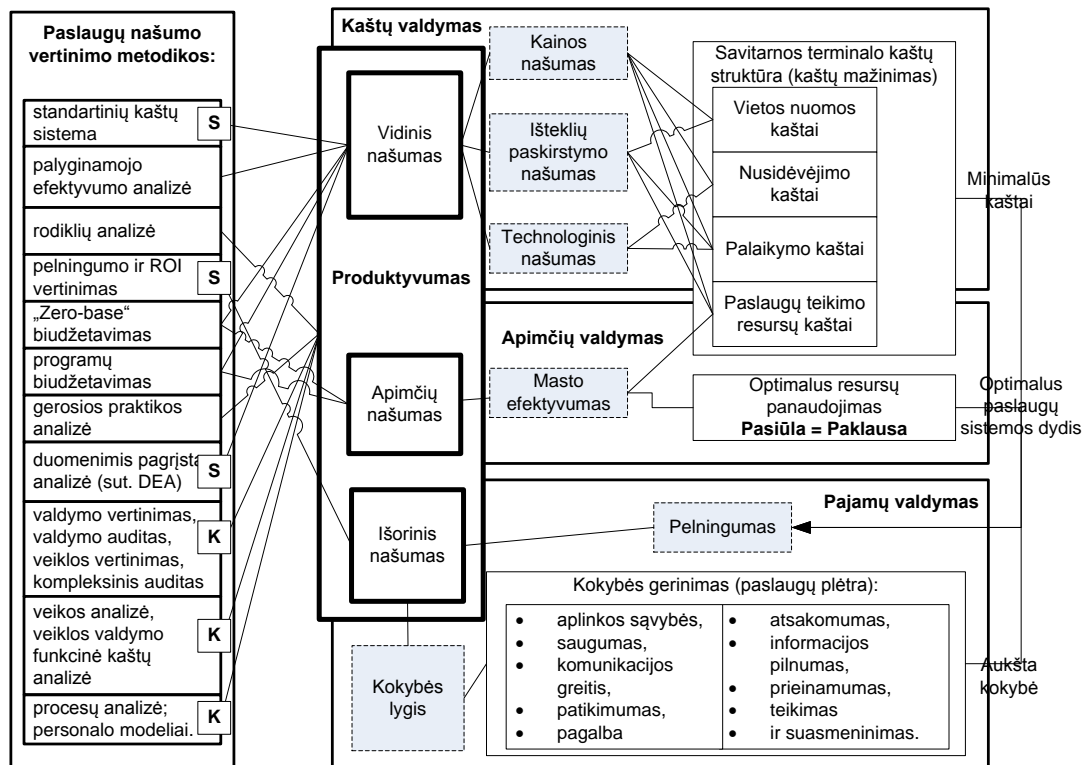
Pagal Sherman ir kiti (2006) produktyvumas susideda iš 4 komponentų, įtakančių visos organizacijos našumą: kainos, išteklių paskirstymo, technologinio ir masto efektyvumo. Kainos našumas tai resursų įsigijimas minimalia kaina, išlaikant tinkamus kokybės reikalavimus. Išteklių paskirstymo našumas yra reikiamo resursų rinkinio panaudojimas paslaugai suteikti, jis apibūdina paslaugos struktūrą. Technologinis efektyvumas yra galimybė pagaminti daugiau su tais pačiais resursais arba atvirkščiai pagaminti tiek pat su mažesniais resursais, naudojant pažangesnes gamybos priemones. Masto efektyvumas nagrinėja optimalų veiklų apimties lygį. Didesnė arba mažesnė paslaugų gamybą, negu optimalus lygis, sąlygoja papildomus kaštus. Galime lengvai pastebėti, kad kainos, išteklių paskirstymo ir technologinis našumas yra vidinio našumo sudedamosios dalys, tuo tarpu masto efektyvumas yra apimties našumo grupės kriterijus. Jeigu paklausa atitinka pasiūlą, apimties našumas yra optimalus. Išorinis našumas apibūdina suteiktos paslaugos kokybę ir vartotojo norą mokėti už paslaugą daugiau.

Savitarnos sistemose klientas kuria paslaugą be paslaugų teikėjo – izoliuotai, naudojant suteiktą infrastruktūrą, todėl vidinis našumas yra stipriau įtakojamas vartotojo noro dalyvauti tokios paslaugos teikime. Galime sakyti, kad paslauga yra 100% automatizuota ir jos palaikymo kaštai yra maži. Žmogiškųjų resursų kaštai paversti kapitalo kaštais. Žinoma naudojant terminalus paslaugų teikimas yra pigesnis, nei naudojant aptarnaujantį personalą, tačiau jų išlaikymui patiriami kaštai nors ir mažesni, skiriasi tik jų struktūra. Savitarnos terminalo funkcionavimui yra būtina vieta (vietos nuomos kaina), pats įrenginys (nusidėvėjimo kaštai), jo palaikymo kaštai (elektra,

komunikacijos, atsarginės dalys, palaikančio personalo darbo kaina), paslaugos resursai (gali būti maisto produktai – kavos terminalas, pinigai - bankomatas). Vietos nuomos, įrenginio nusidėvėjimo, palaikymo kaštai yra pastovūs, jie tiesiogiai nepriklauso nuo paslaugų paklausos, tuo tarpu paslaugos resursai priklauso. Vadinasi paslaugos teikimo resursų kiekio valdymas gali būti apibūdinamas naudojant apimties našumo kriterijus. Savitarnos terminalų vidinį našumą galime padidinti naudojant pigesnius palaikymo resursus, jeigu tai neigiamai neįtakoja kokybės. Diegiant pažangesnius technologinius sprendimus, jeigu tai neigiamai neįtakoja kokybės. Optimaliai paskirstant išteklius, pavyzdžiui per savitarnos terminalą pradėti teikti panašias paslaugas, kurios buvo teikiamos tradiciniu būdu.

Paslaugos resursus mes galime optimizuoti taip, kad jų kiekis savitarnos infrastruktūroje visuomet tenkintų paklausą, tam reikia žinoti kokia bus paklausa. Vadinasi ją reikia prognozuoti. Žinant paklausą galima numatyti reikiamą resursų kiekį, tai ypač svarbu tokiose paslaugų sistemose, kurios resursai yra trumpo galiojimo arba yra likvidūs ir gali būti panaudoti uždirbti pajamas kitokiu būdu. Pavyzdžiui, bankomatas yra savitarnos terminalas, jo teikiama paslauga yra gryniesi pinigai, tai yra likvidus resursas, jo vertė skaičiuojama palūkanų norma. Pinigai esantys bankomate kiekviena dieną generuoja netiesioginius kaštus bankui, jų dydis yra lygus palūkanų normai (už laikotarpį, kurie jie buvo bankomate). Žinoma jeigu pinigus iš bankomato vartotojai išsiima ir jie ten ilgai nestovi, tokie kaštai būna maži, priešingu atveju labai dideli. „Užšaldyti pinigai“ kainuoja ir neleidžia bankui uždirbti pajamų, jeigu jis juos būtų paskolinęs. Kaštai šiuo atveju yra lygūs palūkanų normai, plius negautos pajamos juos skolinant. Tarkime bankomatų tinkle yra 1 mln. užšaldytų pinigų, tokiu atveju per savaitę jie kainuotų bankui 1342 litų (7% palūkanų norma) palūkanos, negautos pajamos 2685 litų nepaskolintus pinigų (14% palūkanų norma), viso 4027 litų per savaitę, dar prie to turėtume pridėti pinigų draudimo išlaidas. Panašiai gali atsitikti ir su trumpo galiojimo resursus naudojančiomis savitarnos sistemomis, tik šiuo atveju kaštai yra tolygūs jo vertei ir jų atnaujinimo kainai. Nepanaudoti resursai išmetami.

Aptarnavimo sistemoje turi būti toks kiekis resursų, reikalingų paslaugai suteikti, kokia yra paklausa, kad praradimai būtų kuo mažesni.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

62. pav. Savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis.

Našumui vertinti gali būti naudojamos metodikos (K – kokybinės, S – kiekybinės, be žymėjimo – kokybinės ir kiekybinės): standartinių kaštų sistema; palyginamojo efektyvumo analizė; rodiklių analizė; pelningumo ir ROI vertinimas; „Zero-base“ biudžetavimas; programų biudžetavimas; gerosios praktikos analizė; duomenimis pagrįsta analizė (sut. DEA); peržiūros; valdymo vertinimas, valdymo auditas, veiklos vertinimas, kompleksinis auditas; veikos analizė, veiklos valdymo funkcinė kaštų analizė; procesų analizė; personalo modeliai. Modelyje linija jungianti metodiką ir produktyvumo dedamąją, rodo kokia metodika yra taikytina dedamosios našumui vertinti. Išorinis našumas yra sudarytas iš pelningumo kriterijų ir kokybės kriterijų.

5.5. Savitarnos sistemų našumo vertinimo modelis

Produktyvumas gali būti įvertintas pilnai arba dalinai. Kai kuriose situacijose pakanka ir dalinio produktyvumo vertinimo.

12. lentelė Savitarnos sistemų produktyvumo vertinimo kriterijai.

Vertinimo kriterijus	Savybės ¹⁸	Komponentas ¹⁹	Tipas ²⁰
Maksimalus apkrautumas = darbo laikas/vienos transakcijos vidutinė trukmė;	FIZ	MEF	DP
Apkrautumas = atliktas transakcijų skaičius/darbo laiko ribojimas pagal maksimalų apkrautumą	FIZ	MEF	DP
Užstrigę resursai = grįžę arba prarasti resursai/visų resursų kiekio vertinimas vienam terminalui	FIZ	MEF	DP
Prieinamumas =nedirbta laiko/visas dirbtas laikas vertinimas vienam terminalui	FIZ	TNAS	DP
Patikimumas = nepavykusios transakcijos/visų transakcijų vertinimas vienam terminalui	FIZ	TNAS	DP
Bendras maksimalus apkrautumas = (darbo laikas/vienos transakcijos vidutinė trukmė)*terminalų skaičius ribojimas pagal bendrą maksimalų apkrautumą;	FIZ	MEF	PP
Bendras apkrautumas = atliktas transakcijų skaičius/visas resursų kiekis ;	FIZ	MEF	PP
Visi užstrigę resursai =grįžę arba prarasti resursai/visų resursų kiekio vertinimas visiems terminalams;	FIZ	MEF	PP
Bendras prieinamumas =nedirbta laiko/visas dirbtas laikas vertinimas visiems terminalams;	FIZ	TNAS	PP
Bendras patikimumas = nepavykusios transakcijos/visų transakcijų vertinimas visiems terminalams;	FIZ	TNAS	PP
Palaikymo efektyvumas = [gautos pajamos už paslaugas =(transakcijos kaina + parduotas produktas)]/darbo kaštai vertinami visi terminalai;	FIN	KNAS	DP
Paslaugų teikimo efektyvumas = [gautos pajamos už paslaugas =(transakcijos kaina + parduotas produktas)]/visi kaštai vertinami visi terminalai	FIN	KNAS	PP
Terminalų pajamų našumas = gautos pajamos už paslaugas =(transakcijos kaina + parduotas produktas)/terminalų skaičius	KOM	PEL	DP
Terminalų kaštų našumas = atliktas transakcijų skaičius /resursų kaštų	KOM	IPNAS	PP
(veiklos nuomos arba nusidėvėjimo arba palaikymo arba paslaugų teikimo kaštų) našumas = transakcijų skaičius arba parduoti produkto vienetai/ (veiklos nuomos arba nusidėvėjimo arba palaikymo arba paslaugų teikimo kaštų)	KOM	KNAS	DP

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

Pagal Ojasalo (1999, p. 133) produktyvumas gali būti vertinamas fiziniiais, finansiniais ir kombinuotais vertinimo kriterijais, jie gali pilnai vertinti produktyvumą arba tik dalinai. Iš šių kriterijų galima išvesti visus kitus

¹⁸ Savybės: FIZ - Fiziniai įverčiai, FIN - Finansiniai įverčiai, KOM - Kombinuoti įverčiai;

¹⁹ Komponentas: MEF - Masto efektyvumas, KNAS - Kainos našumas, PEL – Pelningumas, TNAS - Technologinis našumas, IPNAS - Išteklių paskirstymo našumas;

²⁰ Tipas: PP - Pilnas produktyvumas; DP - Dalinis produktyvumas (rezultatas/ viena resursų įeiga);

produktyvumo vertinimo kriterijus, vadovaujantis savitarnos sistemų našumo kriterijų modeliu. 12. lentelėje pateiktus kriterijus matematiškai galime užrašyti:

$$\text{Maksimalus apkrautumas } (i, l) = \frac{l_i}{TT_{i,l}} \quad (5.1)$$

$$\text{Apkrautumas } (i, l) = \frac{ATS_{i,l}}{dl_{i,l}} \leq \frac{l_i}{TT_{i,l}} \quad (5.2)$$

$$\text{Užstrigę resursai } (i, l) = \frac{GPR_{i,l}}{R_{i,l}} \quad (5.3)$$

$$\text{Prienamumas } (i, l) = \frac{GPR_{i,l}}{l_i} \quad (5.4)$$

$$\text{Patikimumas } (i, l) = \frac{NTS_{i,l}}{(ATS_{i,l} + NTS_{i,l})} \quad (5.5)$$

Bendras skaičiuojamas visiems ATM, todėl 5.1 – 5.5 formulėse nenaudojamas i-tasis ATM.

$$\text{Palaikymo efektyvumas } (l) = \frac{PAJ_l}{DK_l} \quad (5.6)$$

$$\text{Paslaugų teikimo efektyvumas } (l) = \frac{PAJ_l}{VK_l} \quad (5.7)$$

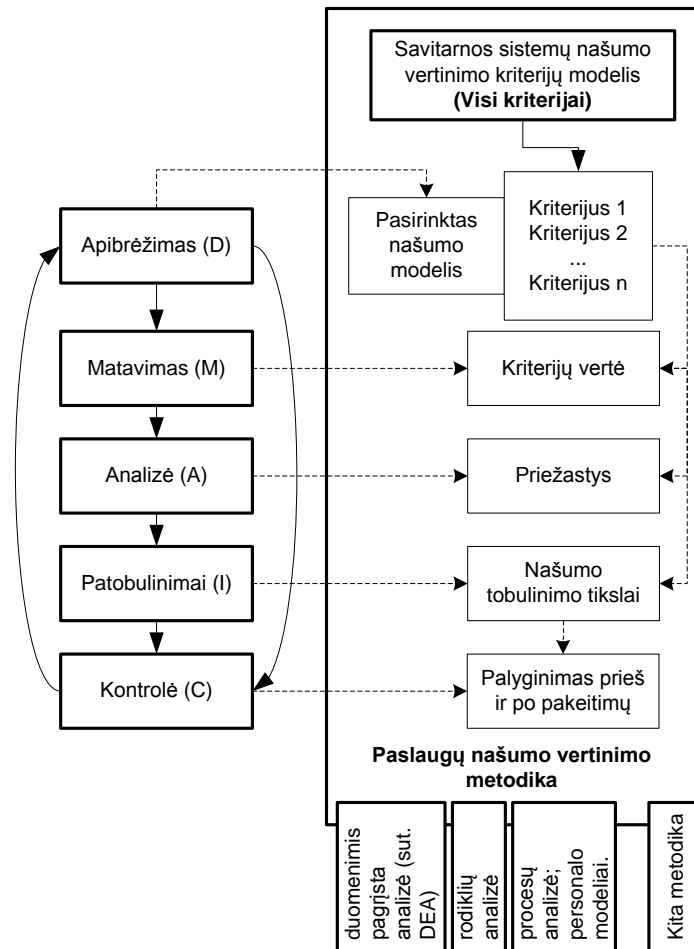
$$\text{Terminalų pajmų našumas } (l) = \frac{PAJ_l}{m_l} \quad (5.8)$$

$$\text{Terminalų kaštų našumas } (l) = \frac{ATS_l}{RK_l} \quad (5.9)$$

kur i-tasis ATM; m – viso ATM; j – diena; l – bendras darbo laikas (konkrečiam periodui); dl – dirbta laiko; nl - nedirbta laiko; ATS – atliktų transakcijų skaičius; TT – transakcijos trukmė; NTS – neatliktų transakcijų skaičius; R – resursų kiekis; GPR – grįžę arba prarasti resursai; RK – resursų kaštai; PAJ – gautos pajamos už paslaugas; DK – darbo kaštai; VK – visi kaštai;

Savitarnos paslaugų sistemų funkcionalumui vertinti (išorinis našumas) gali būti pritaikomas elektroninių paslaugų kokybės modelis (Santos, 2003). Šis modelis tekia pilną rinkinį kriterijų paslaugos turiniui ir funkcionalumui vertinti. IT paremtas modelis (Zhu ir kiti, 2002), vertinantis IT svarbą paslaugų teikimui gali būti pritaikytas vertinti socialinius aspektus: amžius, nusiteikimas naudoti e-paslaugas.

Savitarnos paslaugų sistemos našumo vertinimo modelis sudaromas pagal suformuotą našumo kriterijų vertinimo modelį (12. lentelė), atliekant kriterijų modeliavimą. Visų pirma paruošiami skaičiavimams duomenys, po to parenkami tinkamiausi vertinimo kriterijai. Suformuojamas našumo modelis ir atliekamas modeliavimas su realiais duomenimis: įeiga ir išeiga.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

63. pav. Savitarnos sistemos našumo vertinimo modelis.

Gauti rezultatai įvertinami (palyginami ATM tarpusavio rodiklių rezultatai), pagal gautus rezultatus identifikuojamos mažo našumo priežastys. Planuojamos priemonės priežasčių pašalinimui, nustatant našumo tobulinimo tikslus. Kontroliuojama ar įgyvendinti pakeitimai padidino našumą. Savitarnos paslaugų sistemos našumo vertinimo modelis, leidžia tik įvertinti našumą, pakeitimų įgyvendinimui turi būti naudojamos procesų tobulinimo metodikos.

5.6. Procesų tobulinimo metodikos

Verslo procesų tobulinimo metodika (sut. BPI) neturi universalaus apibrėžimo. Pasak Harrington (1997) BPI yra nuosekli metodologija apibūdinanti, kaip atlikti administracinių ir palaikančių procesų patobulinimus, naudojanti procesų lyginamosios analizės (angl. process benchmarking), procesų perprojektavimo (angl. process redesign) ir procesų reinžinerijos (angl. process re-engineering) požiūrius. Barry Povey (1998) BPI apibrėžia, kaip svarbių organizacijos sėkmei verslo procesų tobulinimo, vertinimo ir analizės procesą. Verslo procesų tobulinimas sut. BPI (angl. business process improvement) yra platus terminas. Jis naudojamas apibrėžti tris procesų tobulinimo požiūrius: procesų tobulinimą, procesų perprojektavimą ir verslo procesų reinžineriją (sut. BPR). Procesų tobulinimas nagrinėja nuolatinio procesų tobulinimo (angl. continuous improvement, sut. CI) teorijos principus, kuri teigia, kad pokyčiai procesuose turi būti vykdomi nuosekliai ir mažomis apimtimis. Nuolatinių procesų tobulinimo teorijai priskiriamos Six Sigma ir Lean metodikos, jos detaliau nagrinėjamos 5.6.1. skyrelyje. BPR (angl. business process re-engineering) priskiriama prie radikalių verslo procesų tobulinimo metodikų. Ši teorija priešingai nei CI, teigia, kad pokyčiai turi būti radikalūs. Pagrindinis BPI metodikos tikslas yra identifikuoti ir įdiegti verslo procesų patobulinimus.

Literatūroje yra pateikiama daugybė metodikų, naudojančių BPI apibrėžimą. Macdonald (1995) nustatė, kad terminas apima tris skirtingus pokyčių įgyvendinimo požiūrius:

- Procesų tobulinimą (angl. process improvement). Šis požiūris teigia, kad procesai turi būti keičiami nuosekliai mažomis apimtimis, yra koncentruoti į konkrečią funkcinę sritį.
- Procesų perprojektavimas (angl. process redesign). Šis požiūris koncentruojasi ties pagrindinių verslo procesų pokyčiais, dažniausiai apima keletą funkcijų sričių. Procesų perprojektavimas yra natūrali bendrosios kokybės valdymo (sut. TQM) metodikos evoliucija.

- Verslo procesų reinžinerija (angl. business process re-engineering). Ši požiūrį apibrėžė Hammer (1990), jis teigia, kad esminius patobulinimus galima įgyvendinti tik tuomet kai iš pagrindų pergalvojami ir perprojektuojami verslo procesai.

Deming (1982) teigia, kad

„bet kokia proceso schema suskirsto darbus į etapus. Visi etapai, kaip visuma, formuoja procesą. Etapai nėra atskiri padaliniai, kiekvienas veikia maksimalaus pelningumo režimu ... , darbai gali būti perduodami į bet kurį etapą, jie keičia etapus. Kiekvienas etapas turi savo vartotoją, kitą etapą. Paskutinis etapas perduos produktą ar paslaugą galutiniam vartotojui. Kiekviena veikla, darbas yra neatskiriama proceso dalis“.

Pasak Harrington (1991) procesas yra įeigos resursų pavertimas išeiga – rezultatais. Įeiga gali būti resursai ar reikalavimai, o išeiga produktas arba rezultatas. Rezultatai gali teikti vertę arba ne, arba gali būti kito proceso įeiga (Harrington, 1991). Kuomet nagrinėjamos komercinės organizacijos, naudojamas verslo procesų (angl. business process) terminas. Tinnila (1995) verslo procesą apibrėžia, kaip logiškai susijusių užduočių seką, kurios naudoja organizacijos resursus iš anksto nustatytų rezultatų pasiekimui. Gauti rezultatai yra naudojami organizacijos tikslams pasiekti.

5.6.1. Verslo procesų tobulinimo metodikos

Barry Povey (1998) išnagrinėjo 10 BPI metodikų ir pateikė naują 14 etapų BPI modelį. Šis modelis buvo sudarytas pagal plačiausiai pritaikytą praktiką (Webster, 1973) (Checkland, 1981) (Elzinga ir kiti, 1995) (Zairi ir Leonard, 1994) (Abbott, 1991) (Davenport ir Short, 1990) (Kaplan ir Murdock, 1991) IBM (1992) (Hardaker ir Ward 1987) TQMI (1994). Adesola (2005) pateikė 7 etapų BPI metodiką. Jis įvertino 17 BPI metodikų, iš jų atrinko 4 (Kettinger ir kiti, 1997; Harrington, 1991; Smart ir kiti, 1998; Klein, 1994), kaip labiausiai struktūrizuotas, paprasčiausias, lanksčiausias, pagrįstas modeliais ir praktiškai pritaikytas versle. Tyrimas identifikavo 5 bendrus proceso tobulinimo etapus: inicijavimą, diagnozę, projektavimą, diegimą ir proceso valdymą. 13. lentelėje yra pateikiami Barry Povey (1998) ir Adesola (2005) metodikų apibendrinimai.

Barry Povey (1998) pateikė detalesnę metodiką lyginant su Adesola (2005), jo metodika nuosekliai detalizuoja kokie veiksmai turi būti atlikti norint sėkmingai įdiegti procesų patobulinimus ir pateikia vadybinius įrankius, kurie turi būti naudojami norint užtikrinti pokyčių sėkmę.

13. lentelė BPI metodikų apibendrinimas

Barry Povey (1998) lyginamoji analizė, 14 etapų BPI metodika	Adesola (2005) 7 etapų BPI metodika
<p>Suinteresuoti vykdantįjį direktorių, kad jis asmeniškai imtų vadovauti verslo procesų patobulinimui;</p> <p>Išanalizuoti organizacijos aukščiausio lygio procesus ir nustatyti veiksmų prioritetus;</p> <p>Pravesti procesų valdymo ir tobulinimo mokymus darbuotojams, po to sukurti tobulinimo komandą. Sukurti projekto planą kitam etapui;</p> <p>Aprašyti kertinį procesą;</p> <p>Paruošti esamų procesų AS-IS žemėlapi ir atlikti jų analizę;</p> <p>Sukurti patobulintų procesų TO-BE modelį;</p> <p>Palyginti AS-IS ir TO-BE procesus, nustatyti būtinus atlikti pokyčius;</p> <p>Atlikti patikrinimą ar planuojami pokyčiai yra suderinami su organizacijos kultūra ir suvokiamas jų poreikis organizacijoje (nėra ženklus pasipriešinimo). Supažindinti pokyčių įtakojamus darbuotojus su pakeitimais, paleisti simuliacijas ir atlikti pilotinį procesų testavimą.</p> <p>Paruošti veiksmų planą;</p> <p>Apmokyti darbuotojus dirbti su nauju procesu;</p> <p>Paleiskite naują procesą, įsitikinant kad jis atitinka visu reikalavimus ir yra stabilus;</p> <p>Įdiekite nuolatinio tobulinimo valdymą, naujai įdiegtiems procesams;</p> <p>Reguliariai vertinkite procesus;</p> <p>Perprojektuokite procesus, jeigu jie netenkina reikalavimų;</p>	<p>įvertinti pasirengimą;</p> <p>identifikuoti kertinį procesą;</p> <p>išsamesnių duomenų surinkimas;</p> <p>dabartinių procesų modelio suformavimas;</p> <p>įvertinti ir pertvarkyti procesą;</p> <p>įgyvendinti/įdiegti procesą; ir peržiūrėti procesą;</p>

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Barry Povey (1998) ir Adesola (2005).

Adesola metodika pagrinde nagrinėja tik struktūrinius BPI metodikos aspektus. Abi metodikos apima tuos pačius žingsnius: pasirengimas, kertinio proceso nustatymas, AS-IS proceso detalizavimas, TO-BE proceso detalizavimas, pakeitimų įdiegimas ir procesų peržiūra.

5.6.2. Procesų tobulinimo metodai

Nuolatinį procesų tobulinimo teorijai priskiriamos Six Sigma ir Lean metodikos. Šios metodikos priešingai procesų reinžinerijos metodikoms yra orientuotos į nuoseklius mažos apimties pokyčius. Paslaugų sistemų procesų

pokyčiams įgyvendinti tikslingiau naudoti procesų tobulinimo metodikas, nes šiose sistemose radikalūs pakeitimai gali sąlygoti ne ženklų našumo padidėjimą, o jo kritimą, kaip teigia paslaugų našumo teorija (Nachum, 1999). Six Sigma ir Lean metodikos išsivystė iš TQM (angl. Total Quality Management) ir JIT (angl. Just-in-time) kokybės valdymo metodikų. Kai kurie autoriai teigia, kad Six Sigma ir Lean yra TQM ir JIT metodikų patobulinimai, nes jų taikomi principai sutampa. Jeigu TQM metodika naudotų statistinius skaičiavimus ją būtų sunku atskirti nuo Six Sigma metodikos (Dag Naslund, 2008). Dag Naslund (2008) teigia, kad Lean yra JIT metodikos atnaujinta versija. Abi metodikos taiko tokį patį pokyčių įgyvendinimo požiūrį. Metodikos yra orientuotos į procesą – pridėtinės vertės didinimas ir neefektyvių proceso dalių šalinimas (Bicheno, 2004; Achanga, 2006). Kuomet JIT metodika buvo plačiai taikoma, Lean buvo viena iš jos sudėtinių dalių (Suzuki, 2004). Dauguma autorių Lean metodiką įvardija, kaip naują organizacijos pokyčių ir tobulinimo metodą, kaštų mažinimo mechanizmą (Bicheno, 2004; Achanga, 2006). Panašiai kiti autoriai teigia ir apie Six Sigma metodiką (Hoerl et al., 2004; Arnheiter and Maleyeff, 2005). Spector (2006, p. 42) rašo, kad Lean ir Six Sigma šiuo metu yra vienos iš geriausių verslo tobulinimo metodikų. Šių metodikų siūlomų principų palyginimas pateiktas 14. lentelėje.

Six Sigma yra metodika, kuri didina proceso pajėgumus ir gerina našumą (Nave, 2002). Tai metodika mažinanti praradimus, didinanti vartotojų pasitenkinimą ir gerinanti finansinius rodiklius (Revere et al., 2003). Metodika naudoja statistinius metodus verslo procesų svyravimams nustatyti. Surasti procesų nukrypimai nuo normos leidžia nustatyti problemų priežastis, kurias pašalinus ir sukūrus defektų kontrolės mechanizmą, galima užtikrinti kad jos nepasikartos (Pojasek, 2003). Klaidų aptikimo ir kontrolės mechanizmas užtikrina kompanijoms ilgalaikę naudą (Bisgaard and Freiesleben, 2004). Six Sigma apima verslo procesų projektavimą, tobulinimą ir monitoringą (Revere et al., 2003). Kai kurie skeptikai argumentuoja, kad Six Sigma yra tik

“susižavėjimas” (Caudron, 2002), o projektai yra tiesiog siaurai apibrėžtos nuolatinių procesų tobulinimo pastangos (Hammer, 2002).

Lean yra apibrėžiama, kaip sistemingas organizacijos proceso dalyvių nenašių proceso dalių šalinimas iš vertės grandinės, visose organizacijos veiklos srityse (Womack and Jones, 1994). Lean yra dažnai įvardijamas, kaip kaštų mažinimo mechanizmas (Bicheno, 2004; Achanga, 2006).

14. lentelė Six Sigma ir Lean procesų tobulinimo metodikų palyginimas

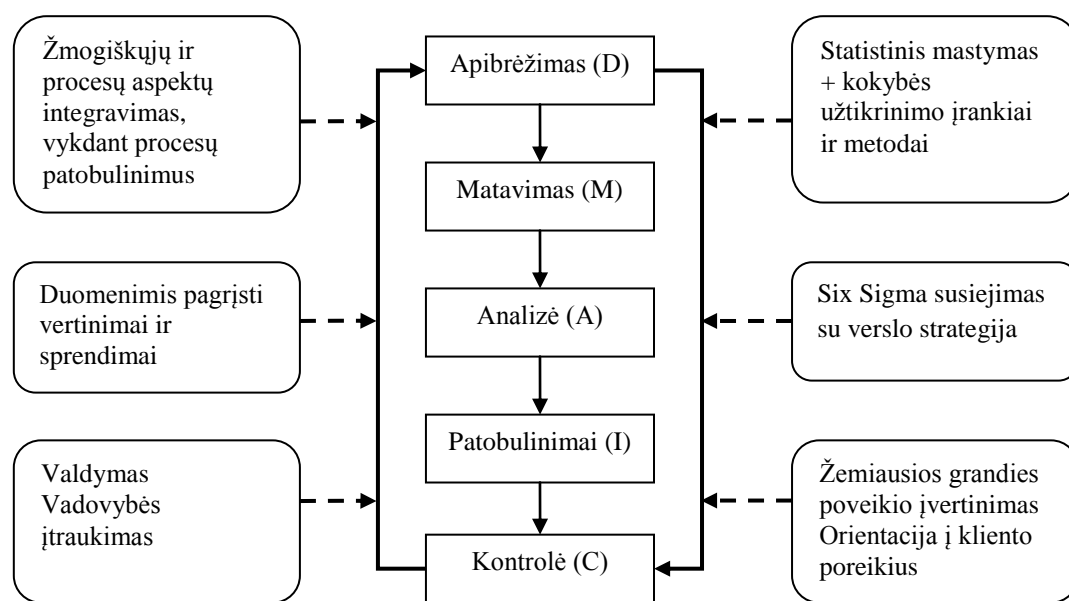
Six Sigma	Lean
<p>Užtikrina vykdančiosios grandies rezultatų teikimą, juos aiškiai apibrėžia;</p> <p>Vidurinės grandies vadovų lyderystė;</p> <p>Disciplinuotas požiūris (pagal modelį DMAIC)</p> <p>Greita (3-6 mėn.) projektų pabaiga;</p> <p>Aiškiai apibrėžti sėkmingo projekto vertinimo kriterijai;</p> <p>Aiškiai apibrėžtos metodikos taikytojų ir lyderių rolės;</p> <p>Orientacija į vartotoją ir procesą;</p> <p>Statistinis patobulinimų požiūris;</p>	<p>Aprašoma proceso vertė ir visos vertės savybės;</p> <p>Identifikuojamos vertės srautas (angl. “value stream”), nuosekli veiklų seka, kuri kuria pridėtinę vertę;</p> <p>Skatina veiklas vykti be pertraukimo. Bet kokios vertės negeneruojančios veiklos turi būti pašalinamos arba minimizuojamos, (jeigu jos būtinos vertę generuojančioms veikloms atlikti, jų poveikis turi būti minimizuojamas);</p> <p>Vartotojas yra pagrindinė produkto ar paslaugos ašis, gamybos procese diktuojanti reikalavimus;</p> <p>Nuolatinis tobulumo siekimas, procesų peržiūros, norint nustatyti galimas patobulinimo sritis – procesas turi būti tobulinamas tol kol jį dar galima tobulinti.</p>
<p>Svarbūs diegimo faktoriai:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verslo planas ir vizija; • Aukščiausios vadovybės palaikymas (finansavimas); • Projektų valdymas (projekto čempionai, komanda); • Pokyčių valdymas, organizacinė kultūra; • Efektyvi komunikacija, mokymai ir žinių perdavimas, žinių valdymas (apima įgūdžius ir ekspertines žinias); • Organizacinė struktūra; • Vertinimas ir monitoringas: rezultatų vertinimas; 	

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Dag Naslund, 2008).

Lean metodika skirta padidinti organizacijos konkurencingumą rinkoje, didinant jos efektyvumą; mažinant kaštus, šalinant vertę negeneruojančias veiklas, ir neefektyviai veikiančias procesų dalis (Motwani, 2003); mažinant procesų trukmę (Sohal and Egglestone, 1994) ir didinant organizacijos pelningumą (Claycomb et al., 1999).

5.6.3. Six sigma paslaugų procesų tobulinimui

Jiju Antony (2006) pateikė Six sigma metodikos adaptaciją paslaugų procesų tobulinimui. Metodika sudaryta iš pagrindinių Six sigma metodikos etapų: problemos apibrėžimas (D); problemos matavimas (defektų kurie sąlygoja problemą) (M); duomenų analizė (A), problemos priežasčių suradimui (defektų analizė); procesų patobulinimai (I), šalinant defektų priežastis; (C) kontrolė ir monitoringas, užtikrinti problemų pasikartojimo prevenciją. Metodikos modelis pavaizduotas 64. pav.



Šaltinis: (Jiju Antony, 2006)

64. pav. Six Sigma paslaugų procesų tobulinimo metodika.

Paslaugų procesų našumo patobulinimui gali būti naudojamos priemonės: procesų žemėlapiai, priežasčių ir pasekmių analizė, „affinity“ diagramos ir kita. SPC (angl. Statistical process control) yra metodika, kuri naudoja daugybę priemonių (kontrolinės diagramos, histogramos, pagrindinių priežasčių analizė ir kita) (Jiju Antony, 2006). Detalus priemonių ir metodų palyginimas pateikiamas 15. lentelėje.

Sėkmingas Six sigma metodikos diegimas priklauso nuo atitinkamų priemonių ir metodų taikymo reikiamuose diegimo etapuose. Dauguma pateiktų priemonių ir metodų nėra nauji (Pareto analizė, pagrindinių priežasčių analizė, priežasčių ir pasekmių analizė, procesų žemėlapiai, procesų sekos ir

t.t.), tačiau jų taikymas duoda ženklia naudą paslaugų organizacijoms (Jiju Antony, 2006).

15. lentelė Six sigma priemonės ir metodai paslaugų procesų tobulinimui.

Priemonės/ metodai	Nustatyti D - Define	Įvertinti M - Measure	Išanalizuoti A - Analyse	Pagerinti I - Improve	Kontroliuoti C - Control
Procesų žemėlėliai (2)	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
Smegenų šturmas (2)	Taip	Ne	Taip	Taip	Ne
Pagrindinių priežasčių analizė (angl. Root casue) (2)	Ne	Ne	Taip	Taip	Ne
Kokybės kaštų vertinimas (angl. Quality costing) (1)	Taip	Taip	Ne	Taip	Ne
Hipotezių testavimas (2)	Ne	Ne	Taip	Ne	Ne
SPC (1)	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip
SIPOC (2)	Taip	Ne	Taip	Ne	Ne
SERVQUAL (2)	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
GANTT grafikai (2)	Taip	Taip	Taip	Taip	Taip
Proceso apimčių (angl. capability) analizė (1)	Ne	Taip	Ne	Taip	Ne
Regresinė ir koreliacinė analizė (2)	Ne	Ne	Taip	Ne	Ne
Gerosios praktikos palyginimas (angl. Benchmarking) (1)	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne
Control charts (2)	Ne	Ne	Ne	Ne	Taip
Pareto analizė (2)	Ne	Ne	Taip	Ne	Ne
Kaštų ir naudos (angl. Cost-benefit) analizė (2)	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
Histogramos (2)	Ne	Taip	Taip	Ne	Ne
Paslaugų FMECA (1)	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne
QFD (1)	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
Affinity diagramos (2)	Ne	Ne	Taip	Ne	Ne
Projektų komandos nuostatai (2)	Taip	Ne	Ne	Ne	Ne
KANO modelis (2)	Ne	Taip	Ne	Ne	Ne

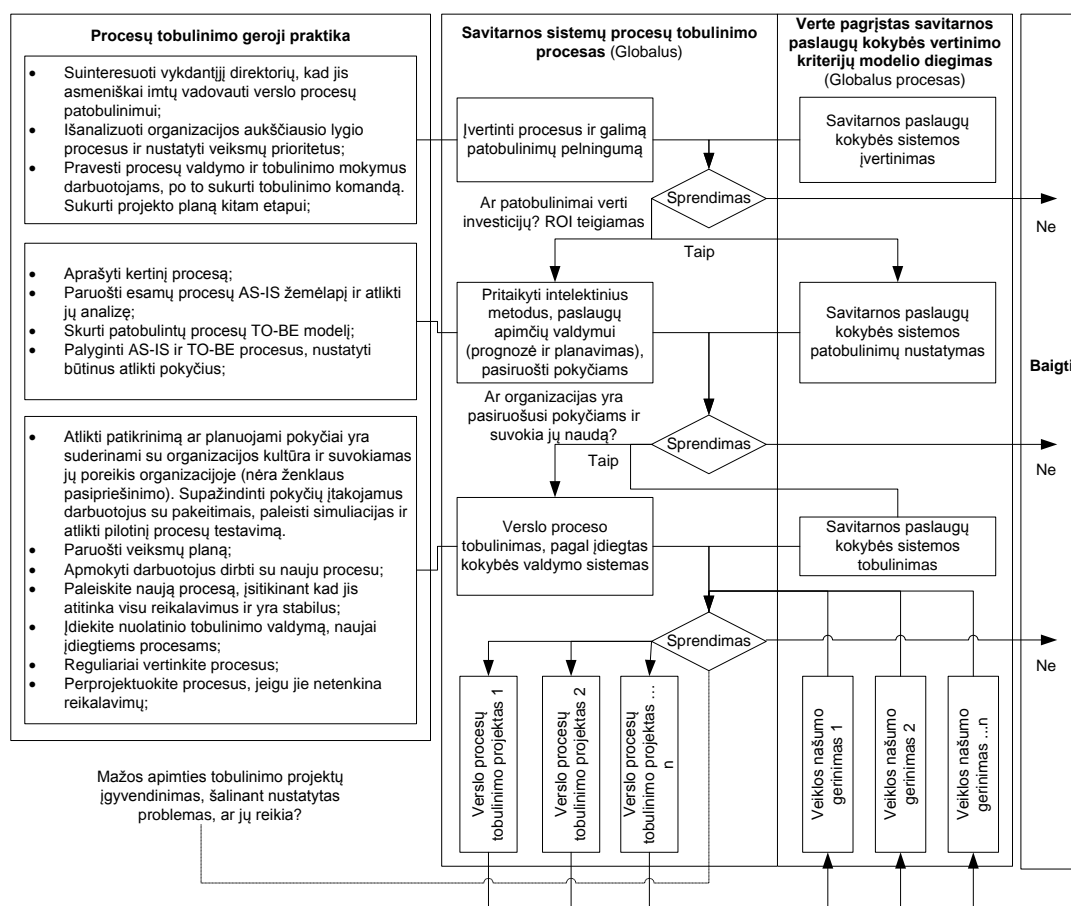
* Taip - taikomas ir Ne - netaikoma; (1) – technika/metodas ir (2) – įrankis.

Šaltinis: (Jiju Antony, 2006)

Toliau pateikiami kai kurie dažniausiai naudojami Six sigma veiklos vertinimo rodikliai (sut. KPI), taikomi paslaugų sektoriuje (Jiju Antony, 2006): prastos kokybės kaštai (angl. cost of poor quality) (sut. COPQ); DPMO (angl. defective parts per million opportunities); proceso apimtys (angl. process capability); laikas per kurį išsprendžiami vartotojų skundai; apdorojimo laikas; suteikimo trukmė, greitis; laikas laukiant eilėje gauti paslaugą; paslaugų patikimumas; klientui teikiamos informacijos tikslumas.

5.7. Savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis

ATM grynujų pinigų procesui analizuoti rekomenduojama taikyti sistemingą metodiką (jos modelis pateiktas 65. pav.), kuri suformuota remiantis Jiju Antony (2006) pasiūlyta Six sigma metodikos adaptacija paslaugų procesų tobulinimui, Barry Povey (1998) 14 etapų BPI metodika, ir Adesola (2005) 7 etapų BPI metodika.



Šaltinis sudaryta autoriaus.

65. pav. Savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis.

Apibrėžto realizacijos proceso detalizavimui pritaikyta BPMM (angl. Business Process Maturity Model) metodika²¹ (BPMM, 2008). Jiju Antony (2006) pasiūlyta metodika (detalesnė žiūrėti 5.6.3. skyrelyje) sudaryta iš pagrindinių Six sigma metodikos etapų: problemos apibrėžimas (D); problemos matavimas (defektų kurie sąlygoja problemą) (M); duomenų analizė (A), problemos priežasčių suradimui (defektų analizė); procesų patobulinimai

²¹ <http://www.omg.org/spec/BPMM/>

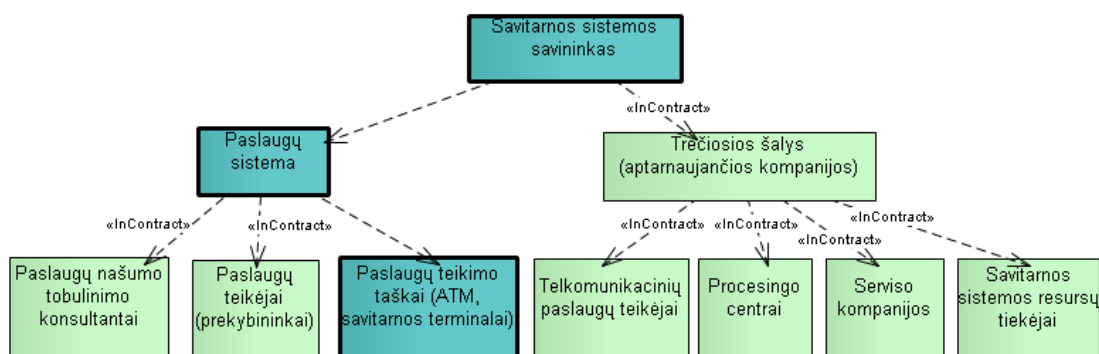
(I), šalinant defektų priežastis; (C) kontrolė ir monitoringas, užtikrinti problemų pasikartojimo prevenciją. Adesola (2005) ir Barry Povey (1998) BPI metodikos (detaliau žiūrėti 5.6.1. skyrelyje) apima tuos pačius žingsnius: pasirengimas, kartinio proceso nustatymas, AS-IS proceso detalizavimas, TO-BE proceso detalizavimas, pakeitimų įdiegimas ir procesų peržiūra.

Savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelyje vaizduojama trejopa informacija: procesų tobulinimo geroji praktika, globalus tobulinimo procesas ir kokybės valdymo sistemos diegimo modelis. Modelis sudarytas iš 4 etapų: (1) patobulinimų pelningumo vertinimas, (2) pasiruošti pokyčiams (pritaikyti intelektinius metodus paslaugų apimčių valdymui), (3) atlikti verslo procesų tobulinimą (pagal suformuotą kokybės valdymo metodiką) ir (4) vykdyti mažos apimties tobulinimo projektus. Lygiagrečiai šiems etapams turi vykti kokybės sistemos pertvarkymas arba suformavimas. Kokybės sistemos pertvarkymams taikomas savitarnos sistemų našumo vertinimo modelis aptartas 5.5 skyrelyje. Geroji praktika yra taikoma konkrečiame proceso etape. Po kiekvieno etapo turi būti priimamas sprendimas ar verta toliau vykdyti patobulinimus, jeigu ne tobulinimai baigiami. Po pirmojo etapo vertinama ar numatomi pakeitimai atsiperka. Kita svarbus sprendimo turi būti priimamas po antrojo etapo, kuomet vertinamas organizacijos pasirengimas pokyčiams. Šis vertinimas yra susijęs su organizacijos kultūra ir vertybėmis, jų įtakojimas yra lėtas ir sunkus procesas. Trečiajame etape sprendžiama ar vykdyti mažos apimties tobulinimo projektus, taip žingsnis po žingsnio gerinant sistemos našumą.

Procesų tobulinimo literatūroje yra pabrėžiama, kad nuoseklus tobulinimas duoda geresnius rezultatus, lyginant su drastiškais didelės apimties pakeitimais, kuriuos siūlo procesų pertvarkos metodikos. 65. pav. pateiktas koncepcinis modelis, toliau pateikiame jo detalizavimą. Modelio detalizavimui naudojama „Zachman Framework“²² organizacijos architektūros projektavimo metodika, pasirinkti trys modeliai - organizacijos hierarchija, verslo procesų hierarchija ir

²² <http://www.zifa.com/framework.html>

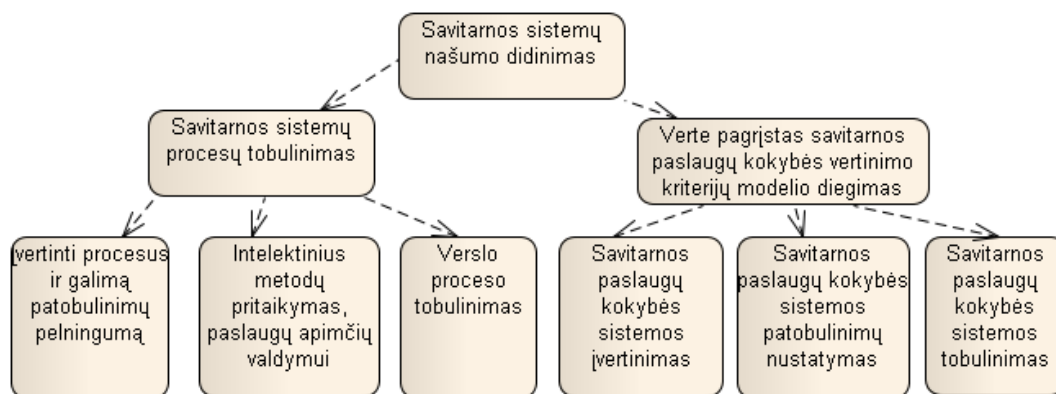
darbų sekų modeliai (naudojama notacija: BPMN²³). Organizacijos hierarchijoje vaizduojami abstraktūs (nemodeliuojama konkreti dalykinė savitarnos paslaugų sritis) proceso tobulinimo dalyviai (modelis pateikti 66. pav.). Jie suskirstyti į dvi grupes priklausantys paslaugų sistemai ir trečiosios šalys. Storesniu kontūru apibrėžtuose stačiakampiuose vaizduojami savitarnos sistemos savininkui priklausantys dalyviai: paslaugų sistema ir terminalai. Tai yra optimalus savitarnos sistemos valdymo modelis, kai yra taikomas visiškas funkcijų perdavimas.



Šaltinis sudaryta autoriaus.

66. pav. Savitarnos sistemų našumo didinimo dalyvių hierarchija.

Galimi ir kiti priklausomybės variantai (žiūrėti skyrelyje 3.3.1.).



Šaltinis sudaryta autoriaus.

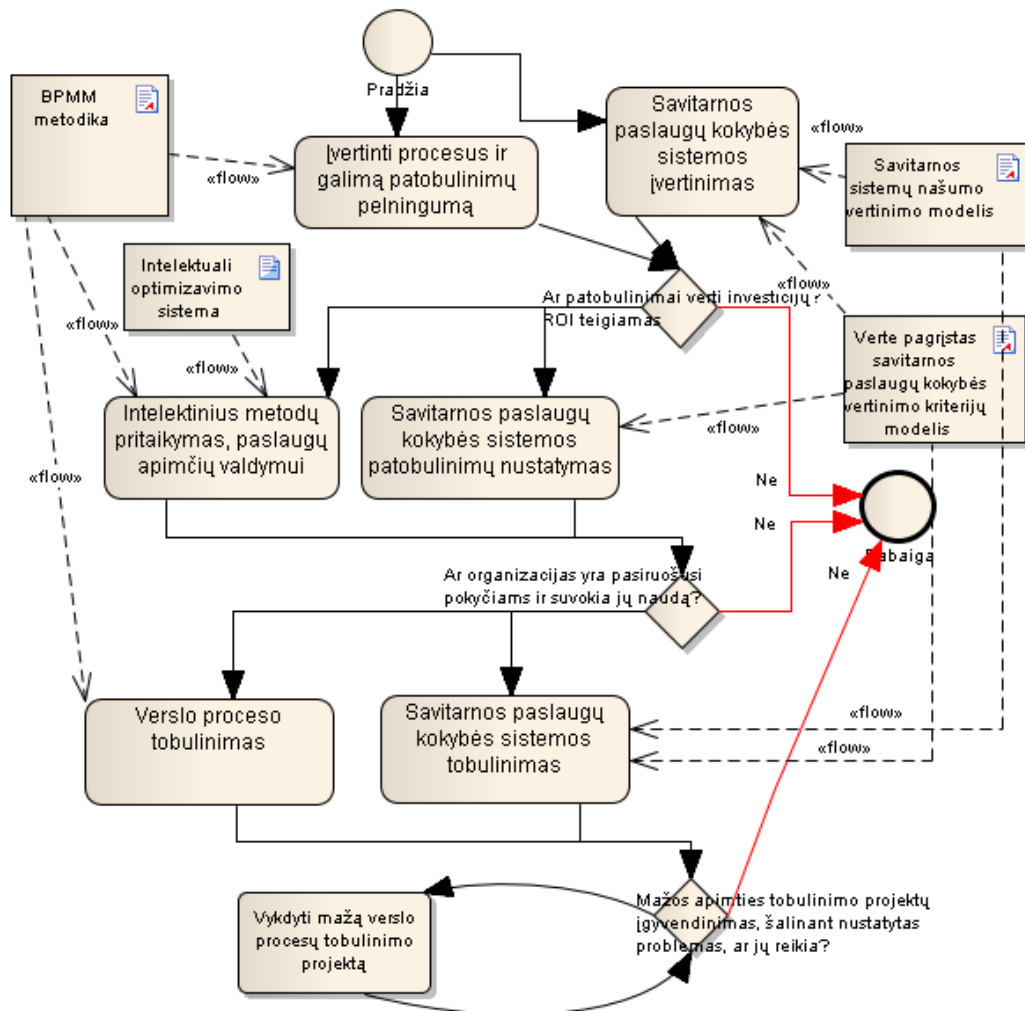
67. pav. Savitarnos sistemų našumo didinimo metodikos procesų hierarchija.

²³ <http://www.bpmn.org/>

Sistemos savininkas samdo kitus dalyvius, kad šie atliktų būtinus terminalų tinklo aptarnavimo arba palaikymo darbus (detalesnį žiūrėti 3.3.1. skyrelyje, 22. pav.).

Verslo procesų hierarchiją sudaro 8 procesai, ji vaizduoja tobulinimo modelio pagrindinius procesus (žiūrėti 67. pav.). Procesai suskirstyti į dvi grupes: savitarnos sistemos tobulinimo ir kokybės modelio diegimo. Kokybės modelio diegimui būdingi 5 etapai (žiūrėti 63. pav.): apibrėžimas, matavimas, analizė, patobulinimai ir kontrolė. Procesų struktūra priklauso nuo pasirinktos našumo vertinimo metodikos.

Darbų sekų modeliuose pateikiama detali procesų eiga, jų sukuriami arba naudojami dokumentai (artefaktai), nurodomas proceso savininkas.

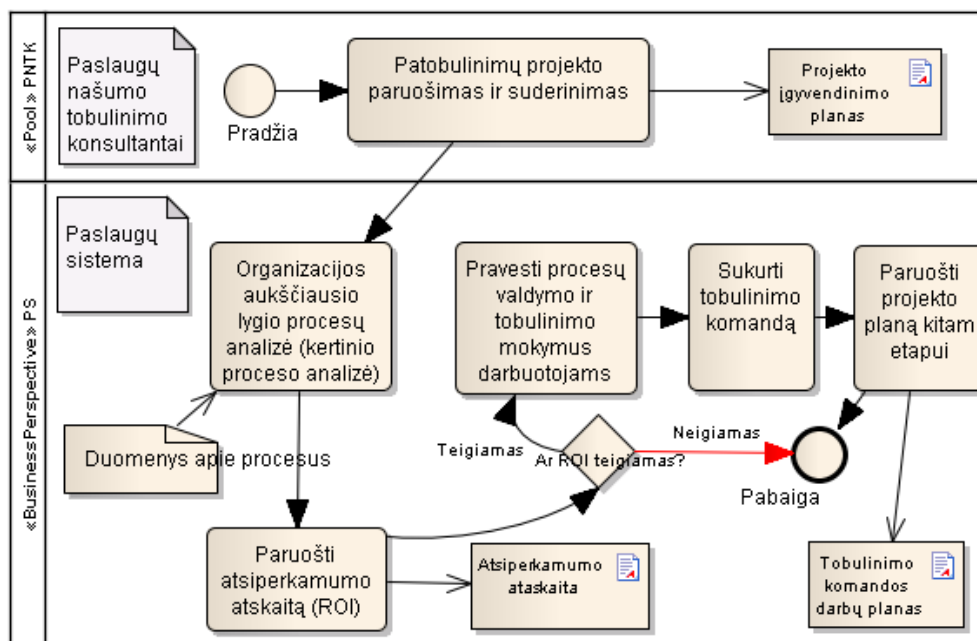


Šaltinis sudaryta autoriaus.

68. pav. Savitarnos sistemų našumo didinimo modelis, darbų sekų modelis.

68. pav. pateikiamas savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis, atitinkantis BPMN notaciją. Procesų tobulinimui yra taikoma verslo procesų brandos modelio (sut. BPMM) metodika (BPMM, 2008). Kokybės sistemos tobulinimui naudojamas kokybės vertinimo kriterijų modelis ir našumo vertinimo modelis. Sukurta intelektualiai optimizavimo sistema (modelyje vaizduojama, kaip artefaktas) naudojama (2) etape - pasiruošti pokyčiams (pritaikyti intelektinius metodus paslaugų apimčių valdymui).

(1) etapas - patobulinimų pelningumo vertinimas, detalizuojamas į 6 procesus (žiūrėti 69. pav.).

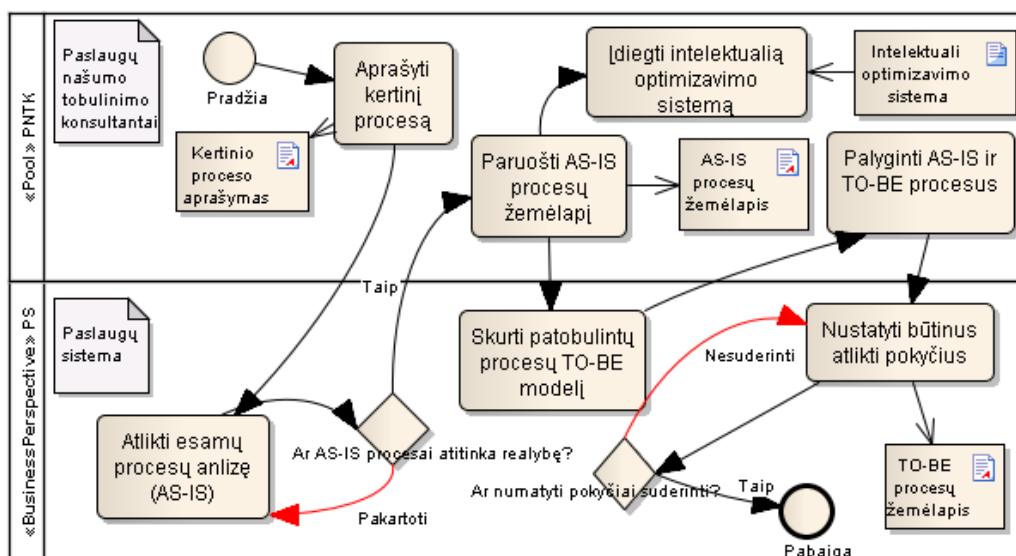


Šaltinis sudaryta autoriaus.

69. pav. Įvertinti procesus ir galimų patobulinimų pelningumą, darbų sekų modelis.

Visų pirma paruošiamas tobulinimų projekto planas, po to atliekama bendrinė tobulinamos procesų srities analizė. Pagal gautus analizės rezultatus ir naudojamą našumo vertinimo metodiką apskaičiuojamas tobulinimo projekto atsiperkamumas. Jeigu atsiperkamumas yra pakankamas kertiniai proceso darbuotojai yra supažindinai su tobulinimo metodikų taikymo principais. Pravedus mokymus suformuojama tobulinimo komanda, į ją turi įeiti proceso savininkai, vadovai ir pakeitimų rėmėjai (valdybos ar direktorių tarybos nariai). Nuo sudarytos komandos struktūros priklauso projekto sėkmė, į ją būtina turi įeiti sprendimo teisę turinys asmenys ir su tobulinamais procesais

dirbantys asmenys, priešingu atveju komanda bus neveiksni arba negalės pateikti detalios informacijos apie procesą. Jeigu į komandą neįtraukiami proceso savininkai, bus susiduriama su dideliu pasipriešinimu pokyčiams. Suformuota komanda paruošia darbų planą. Jis vėliau naudojamas (2) etapo - pasiruošti pokyčiams (pritaikyti intelektinius metodus paslaugų apimčių valdymui) įgyvendinimui (žiūrėti 70. pav.). Etapą įgyvendina išorės ekspertai arba paslaugų sistemos savininko įsteigtas procesų tobulinimo padalinys. Jo įgyvendinime taip pat dalyvauja (1) etape suformuota komanda, modelyje vaizduojama, kaip paslaugų sistema. Visų pirma aprašomas kertinis procesas, pagal jį detalizuojami esami procesai (AS-IS). Kalbant apie procesus mes turime omenyje tobulinamus procesus.

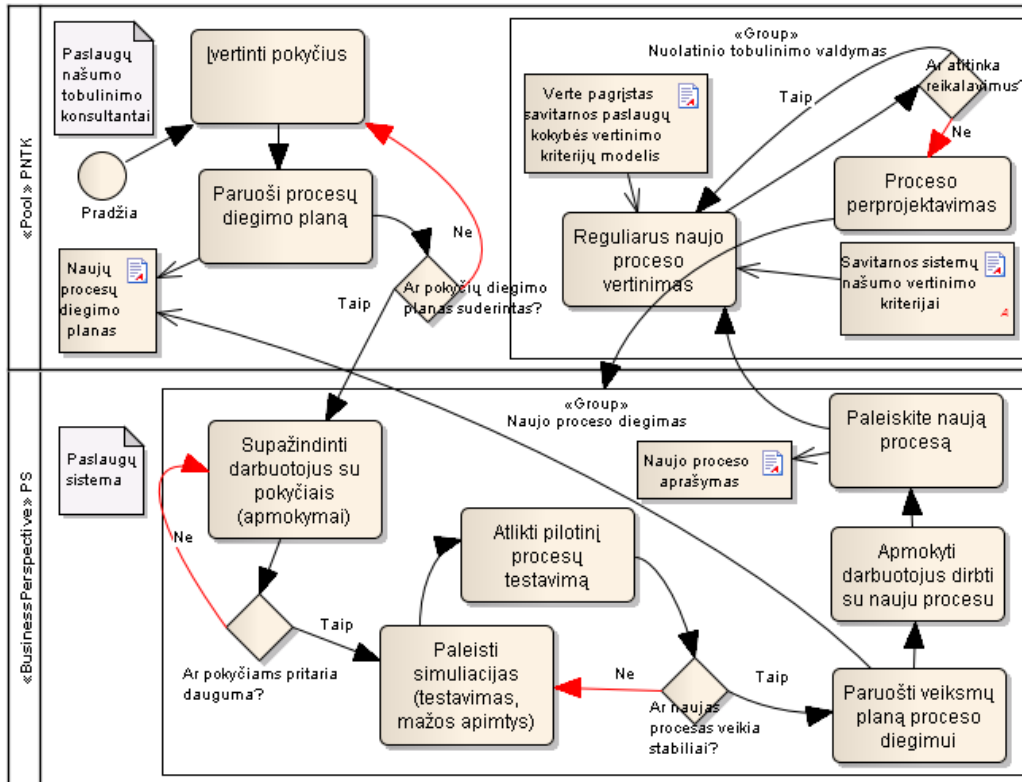


Šaltinis sudaryta autoriaus.

70. pav. Intelektinius metodų pritaikymas, paslaugų apimčių valdymui, darbų sekų modelis.

Atlikus analizę patikrinama, ar gautas rezultatas yra teisingas. Komandos nariai turi patvirtinti analizės rezultatus. Netinkamai nustatčius esamus procesus, formuojami patobulinimai bus klaidingi. Jeigu sukurti modeliai atitinka realybę tokiu atveju paruošiamas AS-IS procesų žemėlapis, tam galima naudoti įvairias procesų modeliavimo metodikas. Žinoma, grafinės modeliavimo metodikos pasiteisina tuomet, kai analizuojamas procesas yra sudėtingas. Paprastiems procesams detalizuoti gali pakakti organizacijos hierarchijos ir darbų sekmų modelių arba tik organizacijos hierarchijos ir

paprasciausio procesų prašymo. Jeigu sukurti modeliai neatitinka realybės, esami procesai analizuojami dar kartą. Sudarius AS-IS procesų žemėlapi diegiama intelektuali optimizavimo sistema. Jos konfigūracija pritaikoma esamiems procesams neįvedinėjant jokių patobulinimų.



Šaltinis sudaryta autoriaus.

71. pav. Verslo proceso tobulinimas, darbų sekų modelis.

Lygiagrečiai kuriamas būsimų TO-BE (patobulintų) procesų modelis, jis po to palyginamas su AS-IS modeliu. Atliktas palyginimas naudojamas nustatyti būtinus pokyčius. Pokyčių sritims identifikuoti naudojamos našumo vertinimo metodikos, jos parodo ne tik neefektyviai veikiančius paslaugų vienetus, bet jų priežastis. Bet kokie pokyčiai turi būti suderinti, jiems turėtų pritarti visi komandos nariai, jeigu yra prieštaravimų būtina atlikti pakartotinį pokyčių vertinimą. TO-BE procesų žemėlapiui sukurti, kaip ir AS-IS, turi būti naudojamos adekvačios procesų sudėtingumui priemonės. Šio etapo metu, taip pat turėtų būti įvertinta esama kokybės sistema ir sudarytas jos patobulintas variantas.

(3) etape - atlikti verslo procesų tobulinimą (pagal suformuotą kokybės valdymo metodiką) įgyvendinami nuoseklūs mažos apimties procesų pakeitimai (žiūrėti 71. pav.).

Nustačius pokyčių prioritetus paruošiamas procesų diegimo planas. Visų pirma turėtų būti tobulinami tie procesai, kurie labiausiai įtakoja nenašų sistemos darbą. Pokyčių diegimo planas suderinamas su visais komandos nariais, jeigu yra nepritariančių, reikia dar kartą įvertinti pokyčių prioritetus. Sudarius planą, pradedamas naujų procesų diegimas arba esamų pakeitimas. Mes esamą proceso tobulinimą traktuojame, kaip naują procesą. Darbuotojai apmokomi dirbti su nauju procesu, reikėtų vertinti ar dauguma iš jų pokyčiams pritaria, jeigu ne reikėtų prarasti dar mokymų arba asmeniškai kalbėtis su kiekvienu iš proceso dalyvių.

Organizacijoje pokyčių įgyvendinimas yra sudėtingas procesas, todėl jų diegimo sėkmė priklausys nuo to koks yra proceso dalyvių nusistatymas prieš pakeitimus. Visada būna tokių kurie priešinasi, bet svarbiausia įtikinti daugumą, kad pokyčiai yra reikalingi. Savitarnos sistemose paslaugų teikime aptarnaujantis personalas nedalyvauja, tačiau yra sistemos palaikymo personalas, nuo kurio priklauso kokybiškas sistemos darbas, todėl nereikėtų manyti, kad savitarnos sistemos yra tik įrenginiai. Esant kritiniam pritarimui, pasirenkamas vienas arba keletas paslaugų teikimo vienetų (terminalas, padalinys) ir su jais atliekamas testavimas. Niekada testavimo nereikia pradėti visoje sistemoje, kad susidūrus su problemomis nesutriktų jų darbas. Įsitikinus kad nauji pakeitimai veikia reikėtų pradėti didesnės apimties pilotinį projektą (10-30% esamos paslaugų sistemos dydžio, atsižvelgiant į pakeitimų mastus). Jeigu pilotinio projekto rezultatai teigiami – procesai funkcionuoja stabiliai, našumo vertinimas rodo pagerėjimą, pradedamas diegimas visoje sistemoje. Paruošiamas diegimo planas, apmokomi visi darbuotojai ir galiausiai paleidžiamas naujas procesas.

Su naujais procesais įdiegiama ir nauja kokybės valdymo sistema, pagal kurią atliekamas sistemos našumo vertinimas. Sukuriama nuolatinio

tobulinimo sistema, jos tikslas periodiškai stebėti sistemos darbą ir įgyvendinti būtinus pakeitimus.

5.8. Penkto skyriaus apibendrinimas ir išvados

Verslo procesų tobulinimas (sut. BPI) yra platus terminas. Jis nagrinėja tris požiūrius: procesų tobulinimą, procesų perprojektavimą ir verslo procesų reinžinerija (pertvarką). Pagrindinis BPI metodikos tikslas yra identifikuoti ir įdiegti verslo procesų patobulinimus. Skyrelyje išnagrinėtos dvi BPI metodikos: Barry Povey (1998) 14 etapų ir Adesola (2005) 7 etapų. Barry Povey pateikė detalesnę metodiką lyginant su Adesola, jo metodika nuosekliai detalizuoja kokie veiksmai turi būti atlikti norint sėkmingai įdiegti procesų patobulinimus. Jis taip pat apibūdino pokyčių valdymo įrankius. Metodikos apima 6 tuos pačius etapus: pasirengimą, kertinio proceso nustatymą, AS-IS proceso detalizavimą, TO-BE proceso detalizavimą, pakeitimų įdiegimą ir procesų peržiūrą.

Paslaugų sistemų procesų pokyčiams įgyvendinti tikslingiau naudoti nuoseklias BPI metodikas, nes šiose sistemose radikalūs pakeitimai gali sąlygoti ne ženklų našumo padidėjimą, o jo kritimą. Tinkamiausios metodikos yra Six sigma ir Lean, tačiau jos turi būti adaptuojamos paslaugų sektoriui, nes šiuo metu yra dažniausiai taikomos gamybos sektoriuje. Six Sigma metodika tinka įvertinti paslaugos proceso darbo našumą ir suformuoti kontrolės mechanizmą jo nuosekliai tobulinimui. Šios metodikos arsenale yra labai daug įvairių statistinės analizės metodų. Lean metodika geriausiai tinka identifikuoti vertę negeneruojančius procesus ir juos pašalinti iš vertės grandinės. Žinoma, prieš pašalinant vertę negeneruojančius procesus reikia gerai įvertinti ar jie nėra klientų suvokiamos paslaugos kokybės dalis, nors tiesiogiai ir nekuria jokios pridėtinės vertės. Jiju Antony (2006) pateikė Six sigma metodikos adaptaciją paslaugų procesų tobulinimui. Paslaugų sistemos yra sudėtingesnės už gamybos sistemas, nes jos yra mažiau apibrėžtos ir įtakojamos žmogiškojo faktoriaus. Jų našumą lemia daug subjektyvių veiksnių, todėl procesų tobulinimas turi būti orientuotas vidinį paslaugų sistemos našumo gerinimą, tobulinant tris našumo komponentes: kaštų, išteklių

paskirstymo ir masto našumo. Technologinė našumo komponentė apibūdina išorinio našumo savybes: funkcionalumą, paslaugų teikimo greitį ir kitą.

Atlikta verslo tobulinimo metodų analizė parodė, kad yra išvystytos įvairios procesų tobulinimo metodikos ir metodai, tačiau jie stokoja sisteminių principų, skirtų įgyvendinti organizacinius pokyčius ir nustatytus patobulinimus. Joms trūksta aiškiai apibrėžto realizacijos proceso. Metodikos yra labiau vadybinio pobūdžio, nei orientuotos į procesus. Patobulinimų duodama nauda priklauso nuo sistemingo jų įdiegimo, todėl sukurtas savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis, sudarytas iš procesų tobulinimo gerosios praktikos, tobulinimo proceso ir kokybės valdymo sistemos diegimo eigos. Modelis detalizuotas naudojant „Zachman Framework“ organizacijos architektūros projektavimo metodiką (naudoti modeliai: organizacijos hierarchija, verslo procesų hierarchija ir darbų sekų modeliai – BPMN notacija). Darbų sekų modeliuose pateikta detali procesų eiga, jų sukuriami arba naudojami dokumentai (artefaktai), nurodyti proceso savininkai. Suformuotas savitarnos sistemų procesų tobulinimo modelis pagrįstas verslo procesų brandos modelio metodika. Jos taikymas užtikrina geresnį procesų tobulinimo suvokimą, nes priklausomai nuo organizacijos veiklos procesų brandos lygio pasireiškia jam būdingos problemos. Kiekvienas lygis turi jam būdingų patobulinimų rinkinius, juos naudojant galima patobulinti procesus iki sekančio lygio.

Išanalizuoti pagrindiniai savitarnos sistemų kokybės vertinimo kriterijai. Išskiriami 5 kriterijai, kurie sudaro ATM paslaugų kokybės pamatus: pakankamas ATM tinklo dydis, saugi aplinka, draugiška vartotojo sąsaja, patogi alokacija, ir ATM teikiamas funkcionalumas.

Išanalizuota savitarnos paslaugos naudojimo patirtis. Nustatyta kad kokybiška savitarnos paslauga yra tokia, kuri tenkina kliento poreikius, yra greitesnė už egzistuojančias alternatyvas, teikia tokį funkcionalumą, kurio klientas tikėjosi, leidžia ją suasmeninti. Geras e-paslaugų teikimas, turi būti integruojamas su aptarnavimo sistema, paslaugų tinklu, pirkimų ir pristatymo valdymu.

Suformuotas verte pagrįstas savitarnos paslaugų kokybės vertinimo kriterijų modelis. Jis apima tris paslaugų kokybės vertinimo dedamąsias – veiklos, resursų ir marketingo valdymo. Nustatyta, kad paslaugos teikimo vertinimas turi būti atliekamas pagal e-paslaugų naudos/ vertės kriterijus: aplinkos savybės, saugumas, komunikacijos greitis, patikimumas, vartotojų pagalba, atsakomumas, informacijos pilnumas, prieinamumas, teikimas ir suasmeninimas.

Suformuotas savitarnos sistemų našumo kriterijų modelis, detalizuojantis našumo dedamąsias ir metodikų rinkinius, kurie gali būti taikomi vidiniam, išoriniam ir apimčių našumui užtikrinti. Nustatyta, kad savitarnos terminalų vidinį našumą galime padidinti naudojant pigesnius palaikymo resursus, jeigu tai neigiamai neįtakoja kokybės. Diegiant pažangesnius technologinius sprendimus, jeigu tai neigiamai neįtakoja kokybės. Optimaliai paskirstant išteklius. Paslaugos resursus galima optimizuoti taip, kad jų kiekis savitarnos infrastruktūroje visuomet tenkintų paklausą, tam reikia žinoti kokia bus paklausa, jos nustatymui turi būti taikomi prognozavimo įrankiai. Žinant paklausą galima numatyti reikiamą resursų kiekį, tai ypač svarbu tokiose paslaugų sistemose, kurios resursai yra trumpo galiojimo arba yra likvidūs ir gali būti panaudoti uždirbti pajamas kitokiu būdu.

Suformuotas savitarnos sistemų našumo modelis ir detalizuoti našumo vertinimo kriterijai bei jų savybės. Produktyvumas gali būti vertinamas fiziniiais, finansiniais ir kombinuotais vertinimo kriterijais, jie gali pilnai vertinti produktyvumą arba tik dalinai. Iš šių kriterijų galima išvesti visus kitus produktyvumo vertinimo kriterijus. Savitarnos paslaugų sistemų vidiniam našumui vertinti labiausiai tinka DEA analizė. Savitarnos paslaugų sistemų išoriniam našumui vertinti (funkcionalumas) taikytinas elektroninių paslaugų kokybės modelis (Santos, 2003). Šis modelis teikia pilną rinkinį kriterijų paslaugos turiniui ir funkcionalumui vertinti. IT paremtas modelis (Zhu ir kiti, 2002), vertinantis IT svarbą paslaugų teikimui taikytinas vertinti socialinius aspektus: amžius, nusiteikimas naudoti e-paslaugas.

6. BANKOMATŲ TINKLO VEIKLOS NAŠUMO DIDINIMO IR VALDYMO SISTEMA

6.1. Bankomatų tinklų optimizavimo problematika

Mokslinėje literatūroje nagrinėjamos trys ATM tinklų optimizavimo tematikos: optimalus ATM tinklo dydžio parinkimas, grynųjų pinigų paklausos specifika (cirkuliuojančių rinkoje grynųjų pinigų dydis) ir grynųjų pinigų poreikio ATM tinkluose prognozavimas.

Heli Snellman ir Matti Viren (2006) įvertino, kaip bankų rinkos struktūra įtakoja mokėjimų tipo pasirinkimą. Viena iš jų atlikto tyrimo išvadų nurodo, kad ATM tinklo dydis tiesiogiai priklauso nuo žmonių skaičiaus, tai yra kuo didesnis gyventojų tankumas tuo didesnis ATM tinklas yra gyvenamoje teritorijoje ir atvirkščiai. Jie taip pat nustatė, kad ATM tinkluose cirkuliuojančių grynųjų pinigų poreikis priklauso nuo ATM tinklo dydžio ir ATM, kaip mokėjimų paslaugos populiarumo. McAndrews ir Rob (1996) nagrinėjo ATM tinklų dydžio įtaką gaunam pelningumui.

Kita grupė tyrimų atlikta, vertinant ATM tinklų įtaką grynųjų pinigų paklausos struktūrai (Boeschoten 1992, 1998), (Viren 1992), (Snellman ir kiti, 2000), (Drehmann ir Goodhart, 2000), (Drehmann ir kiti, 2002) ir (Stix, 2003). Tyrimų rezultatai labai įvairūs. Vieni mokslininkai teigia, kad ATM tinklo padidėjimas mažina grynųjų pinigų apimtis apyvartoje, kiti nurodo priešingai, kad grynųjų pinigų apyvartoje padaugėja. Tyrimai dažniausiai grindžiami statistinių duomenų analize, juose yra vertinamos priklausomybės tarp ATM tinklo dydžio ir pinigų apimties rinkoje. Vien tik ATM kiekiu negalima paaiškinti grynųjų pinigų paklausos struktūrą, tai yra kur kas platesnio pobūdžio ekonominė problema (Heli Snellman ir Matti Viren, 2006).

Adam R ir kiti (2008) atliko tyrimus, kuriuose įvertino kokio dydžio pinigų sumas vartotojai dažniausiai išsiima iš bankomatų. Kaip jis pats, nurodo, gauti tyrimo rezultatai gali būti pritaikyti, formuojant klientų valdymo, grynųjų pinigų inkasacijos ir rizikos valdymo strategijas. Nuo išimamų grynųjų pinigų dydžio, priklauso tokie ATM inkasavimo aspektai, kaip grynųjų pinigų

kupiūros nominalas, pinigų išdavimo algoritmas (kokiomis kupiūromis išduoti pinigus, smulkesnėmis ar stambesnėmis).

Tyrimuose pristatomi ekonominiai modeliai, pinigų rinkos struktūrą įtakojantys faktoriais. Nėra pateikiama realių matematinių sprendimų, kaip būtų galima optimizuoti ATM grynujų pinigų valdymą.

6.2. Bankomatų tinklo grynujų pinigų valdymo kaštų minimizavimo metodas

Pinigų užkrovimo į ATM optimizavimo uždaviniui spręsti pirmiausia reikalingas jau aptartas pinigų poreikio prognozavimo modelis. Turint šį modelį atliekamas pinigų užkrovimo į ATM optimizavimas, parenkant tokius pinigų užkrovimo kiekius, kurie minimizuoja ATM funkcionavimo išlaidas.

Optimizavimo agento įėjimo informacija:

- Pinigų likutis ATM (kintamasis reikalingas ir prognozavimo moduliui);
- Palūkanų norma (tipinė, 2.2 %);
- Pinigų draudimo išlaidos (tipiškai, 0.1%);
- Maksimalus pinigų kiekis, kurį galima užkrauti į ATM (tip. 500 000 Lt.);
- Minimalus pinigų kiekis, kurį galima užkrauti į ATM (tip. 20 000 Lt.);
- Planinio pinigų užkrovimo į ATM paslaugos kaina (tip. 200 Lt);
- Neplaninio pinigų užkrovimo į ATM paslaugos kaina (tip. =700 Lt);
- Galimas ATM nedarbingumo laikas ATM (< 2%);

Optimizavimo agento išėjimo informacija:

- Pinigų užkrovimo į ATM data;
- Optimalus pinigų kiekis, kurį reikia užkrauti į ATM, kad minimizuoti ATM funkcionavimo išlaidas;

6.2.1. Tikslų funkcija ir jos optimizavimas

Optimizavimo algoritmai ieško tikslo funkcijos minimumo arba maksimumo, t.y. parenka tokius tikslo funkcijos parametrus, kad kiekvienos iteracijos metu funkcijos vertė judėtų minimumo ar maksimumo link. Dažnai yra gana sudėtinga aprašyti tikslo funkciją t.y. nustatyti kintamuosius, kurie ją sudaro, jų tarpusavio priklausomybes ir t.t.. ATM įkrovos optimizavimo uždaviniui spręsti viena iš galimų tikslo funkcijos išraiškų pateikta žemiau (6.1).

$$ATM\ VK = P * pal + P * drk + PL + NPL + BauNed \rightarrow min. \quad (6.1)$$

kur, $ATM\ VK$ – bendra ATM aptarnavimo ir grynųjų pinigų esančių jame kaina kiekvienai dienai, P – ATM pinigų kiekis, pal – tarpbankinė palūkanų norma, drk – pinigų draudimo kaina, PL – planinio užkrovimo kaina, NPL – neplaninio užkrovimo kaina, $BauNed$ – bauda už ATM nedarbingumą, jei neaptarnaujami daugiau kaip 2% klientų.

Tikslo funkcijos optimizavimui naudojami du algoritmai:

Pirmo algoritmo esmė yra detalus galimų sprendinių perrinkimas. Iš galimų ATM pinigų užkrovimo kiekių, atrenkamas toks užkraunamų pinigų kiekis, kuris palaiko nuolatinį ATM darbingumą ir užtikrina mažiausias ATM aptarnavimo sąnaudas (negautos pajamos dėl pinigų įšaldymo bankomate ir pinigų užkrovimo į ATM išlaidos). Šį algoritmą patogu taikyti tada, kai ATM tinklas neviršija 1000 bankomatų.

Algoritmo programinis kodas pateiktas 10 priede, blokinė schema 8 priede.

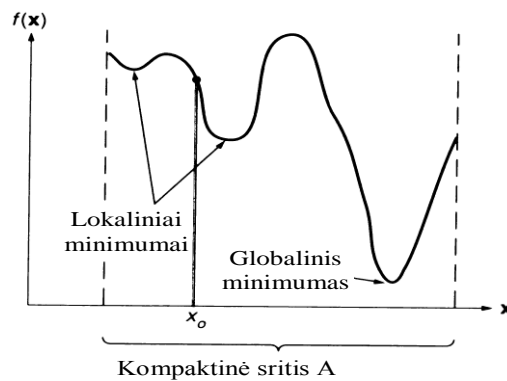
Antrojo algoritmo esmė yra stochastinis modeliuojamo atkaitinimo (simulated annealing) optimizavimo metodas (Haykin S., 1999) (Verikas, 2003), kuris optimalių sprendinių ieško siauresnėje sprendimų priėmimo erdvėje, taikant atsitiktines sprendinio mutacijas. Algoritmą tikslinga taikyti dideliame ATM tinklui (>1000 ATM).

6.2.2. Stochastinis modeliuojamo atkaitinimo algoritmas

Turint tikslo funkciją, naudojantis stochastiniais paieškos algoritmais galima rasti globalųjį šios funkcijos minimumą ar maksimumą. Tai klasikinė

matematinio optimizavimo problema. Sakykim, reikia rasti funkcijos $f(x)$ minimumą kompaktiškoje srityje A , kaip parodyta 72. pav. Ieškant funkcijos minimumo gradientiniais metodais, nėra garantijos, kad bus surastas globalusis funkcijos minimumas. Yra daug globaliojo minimumo paieškos metodų. Pavyzdžiui, visa paieškos erdvė „perrenkama“ norimu tikslumu (kas atliekama pirmuoju algoritmu).

Vieno matavimo atveju, kaip parodyta 72. pav., reikėtų tikrinti funkcijos vertes ir išrinkti mažiausią, norimu tikslumu keičiant x nuo vienos srities ribos iki kitos. Galima ir visiškai atsitiktinė funkcijos minimumo paieška. Funkcijos vertė būtų tikrinama atsitiktinai išrinktuose x taškuose visoje paieškos srityje. Jeigu bandymų skaičius pakankamai didelis, galima tikėtis, kad bus surandamas globalusis funkcijos minimumas. Yra nemažai paieškos algoritmų, kuriuos naudojant kombinuojama atsitiktinė paieška ir gradientinis nusileidimas.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal (Verikas, 2003).

72. pav. Globaliojo funkcijos minimumo radimas kompaktinėje srityje.

Viena iš plačiai žinomų ir naudojamų optimizavimo procedūrų, paremta atsitiktine paieška, yra modeliujamo atkaitinimo (anlg. *Simulated annealing*) algoritmas.

Simulated annealing (SA) procedūra yra atsitiktiniu ieškojimu grindžiamas procesas, efektyvus ieškant globaliojo funkcijos minimumo ar maksimumo. Minimumas ar maksimumas lengvai pakeičiami vienas kitu, laikant, pavyzdžiui, kad $f=-f$.

Paieškos idėja primena metalurginio šaldymo ar skysčių užšalimo ir kristalizavimosi procesą. Atomai skysčiuose juda labai greitai, esant aukštomis temperatūroms, ir lėčiau, temperatūrai krintant. Lėtai aušinant išnyksta gardelių dislokacijos ir įtampiai. Globalioji sistemos energija tokiu atveju pasiekia absoliutųjį minimumą. Greitai aušinant atomams nelieka laiko išsirikiuoti, ir sistema išlieka aukštos energetinės būsenos. Per greitai žeminant temperatūrą, metalo ir užšalancio ar besikristalizuojancio skysčio įtampiai „iššala“. Aprašysime sistemos (neuroninio tinklo) būseną atspindinčios energijos funkcijos minimizavimo idėją.

Laikinais pakeičiama atsitiktinė sistemos dalis. Jei dėl šio pakeitimo energija sumažėja, pakeitimas priimamas ir paliekamas. Jei šis pakeitimas padidina sistemos energiją, pakeitimas priimamas su tam tikra, laikui bėgant vis mažėjančia, tikimybe

$$p = \exp\left(\frac{-\Delta E}{T}\right); \quad (6.2)$$

čia $\Delta E = E^{(\tau+1)} - E^{(\tau)}$ yra energijos pokytis, o T – sistemos „temperatūra“.

SA algoritmo žingsniai:

1. Atsitiktinai parenkamas pradinis pinigų įkrovų vektorius w . Parenkama aukšta pradinė temperatūra T , tokia, kad $\exp(-\Delta/T) \geq 0.999$ visiems galimiems energijos pokyčiams Δ .
2. Atsitiktinai išrenkama i -oji pinigų įkrovų komponentė w_i .
3. Ši komponentė pakeičiama atsitiktinai iš duoto intervalo parinktu skaičiumi. Naujasis parametras w' ir senasis w skiriasi tik i -ąja komponente. Skaičiuojamas energijos pokytis $\Delta = E(w') - E(w)$.
4. Jei $\Delta < 0$, pakeitimas priimamas, nustatoma $w = w'$ ir einama į 6 žingsnį.
5. Jei $\Delta \geq 0$, pakeitimas $w = w'$ priimamas su tikimybe $\exp(-\Delta/T)$.
6. Jeigu buvo M sėkmingų w keitimų (kuriems Δ buvo neigiamas, E sumažėjo) arba N keitimų iš viso nuo paskutinio temperatūros mažinimo, tai temperatūros T vertė keičiama į αT . M paprastai

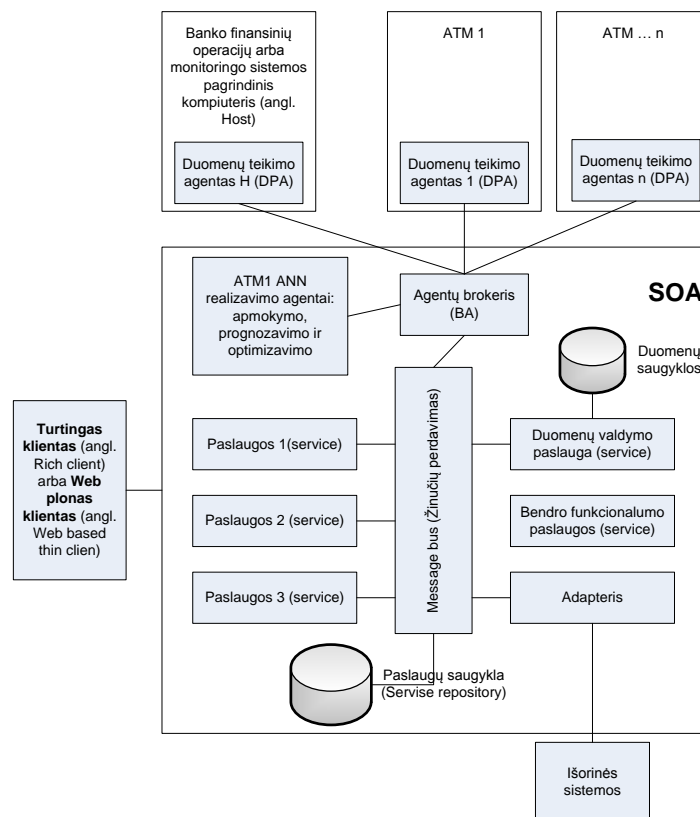
būna eile mažesnis už N , α vertė dažniausiai parenkama iš intervalo $[0.8; 0.9999]$.

7. Jei minimali funkcijos E vertė nesumažėjo daugiau nei ε (maža konstanta) per L paskutinių (konstanta gerokai didesnė už N) iteracijų, algoritmas baigiamas, kitaip einama į antrą žingsnį.

Matematiniai įrodymai, jog algoritmas randa globalųjį funkcijos minimumą, remiasi tuo, kad patikrinama be galo daug w pakeitimų. Jei po tam tikro laiko nebus priimami blogi sprendimai, atsitiktinai ieškant, bus surastas geriausias parametų rinkinys. Tačiau praktiniai rezultatai rodo, kad jau per baigtinį iteracijų skaičių pasiekiami neblogų rezultatų. Labai dažnai globalinis minimumas pasiekiamas nepaprastai greitai.

6.3. Bankomatų tinklų grynujų pinigų valdymo sistema

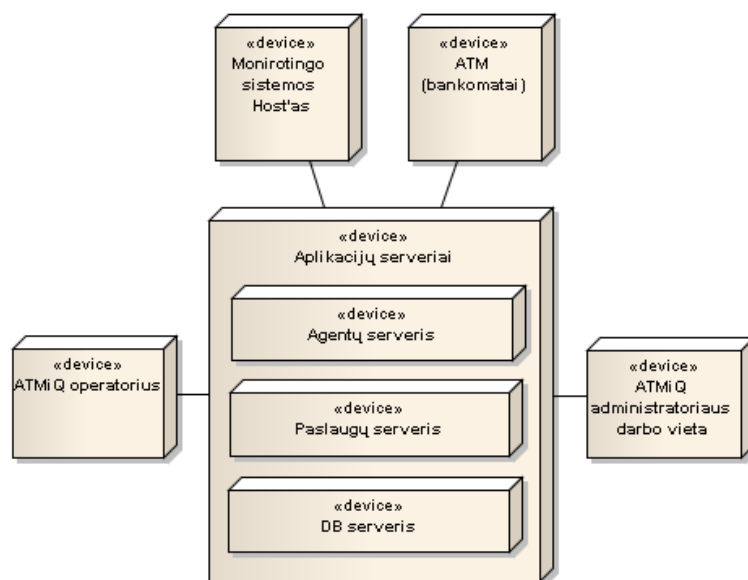
ATMiQ sistemos platforma sukurta SOA ideologijos pagrindu, naudojant J2EE technologiją. 73. pav. pateikta diagrama vaizduoja pagrindinius sistemos architektūros komponentus.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

73. pav. ATMiQ sistemos architektūros komponentai.

ATMiQ sistemos serveris sukurtas naudojant ESB (angl. Enterprise Message Bus) technologiją (realizuojama su aplikacijų serveriu JBossESB 4.4 GA), kuri yra sudėtinė SOA ideologijos dalis. ESB pagrindinis principas yra apjungti skirtingas paslaugas ir jas unifikuotai teikti sistemos komponentams. Šiuo atveju sistemos komponentai nedubliuoja tų pačių funkcijų, kiekvienai funkcijai atlikti yra paleidžiamas servisas. Kiti servिसai per ESB gali paprašyti atlikti konkrečias užduotis, kaip pavyzdžiui apdoroti duomenis. ESB veikia panašiai kaip agentų sistema, turi bendrą komunikacijos protokolą, registuoja paslaugas, jų funkcionalumu dalinasi su kitais sistemos komponentais. Per specialų adapterį sistema gali būti suderinama su išorinėmis sistemomis. Duomenų sukirkimui naudojamas duomenų tiekimo agentas, jis paleidžiamas kiekviename bankomate, o esant galimybei keletas virtualių agentų pagrindiniame banko monitoringo sistemo kompiuteryje (angl. host). ANN realizavimo agentai veikia pagrindiniame sistemos serveryje. Kiekvienas ATM turi savo ANN agentų rinkinį, juos valdo brokerio agentas. Tokia sistemos architektūra yra labai lengvai plečiama ir suderinama su kitomis sistemomis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

74. pav. Sistemos techninės įrangos konfigūracija.

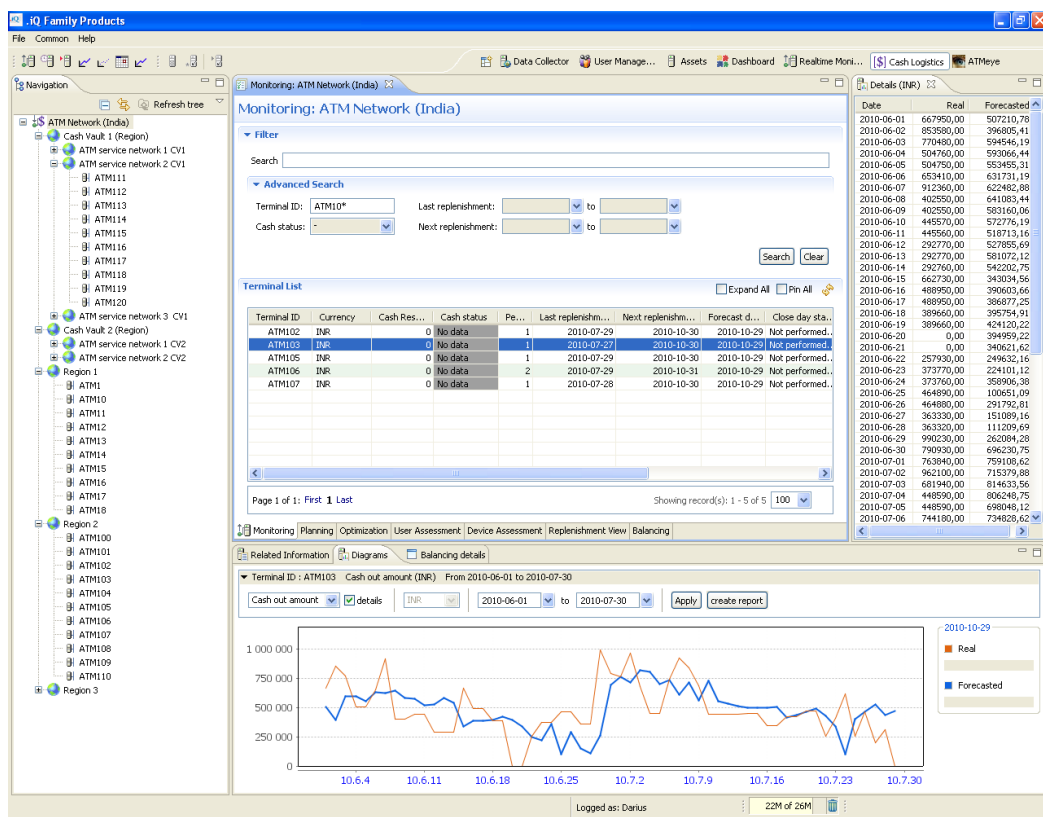
Sistema turi du klientų tipus – turtingą klientą, kuris realizuotas su Eclipse RC (angl. Rich Client) platforma ir web ploną klientą su apribotu funkcionalumu. Sistemos aplikacijų serveris sudarytas iš 3 serverių: agentų,

paslaugų ir DB serverių. Agentų serveris skirtas agentų sistemos funkcionalumo realizacijai, valdo agentų gyvavimo ciklą, duomenų surinkimą iš ATM, neuroninių tinklų darbą. Paslaugų serveris teikia funkcionalumą sistemos vartotojams (klientams). DB serveryje saugomi sistemos duomenys.

Stabiliam aplikacijų serverio darbui užtikrinti naudojamas serveris su „Intel® Core 2 Quad“ procesoriumi, 16 GB operatyvinės atminties, ir 1500 GB kietojo disko talpa. Serveryje diegiamos JAVA bibliotekos JDK 1.6.x +, aplikacijų serveris JBossESB 4.4 GA, duomenų bazių valdymo sistema PostgreSQL 8.3 arba Oracle 9.0. Agentų aplinkos valdymui naudojamas MATLAB Compiler Runtime ir JADE 3.5 Runtime.

6.3.1. Sistemos funkcionalumo aprašymas

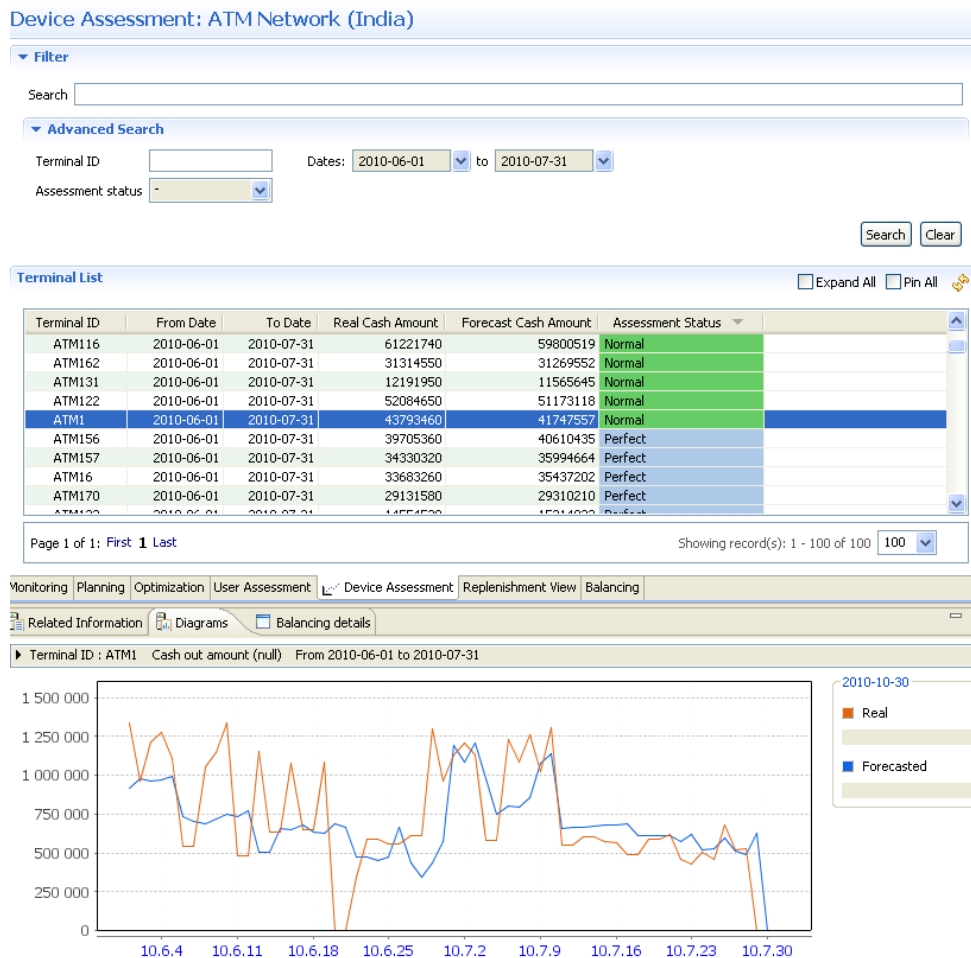
ATMiQ sistemos grynųjų pinigų valdymo modulis realizuoja 5 pagrindines funkcijas: pinigų monitoringą, planavimą, optimizavimą, vartotojo auditą, savitarnos įrenginių auditą, inkasacijos planų peržiūrą ir pinigų valdymo balansavimą (langų pavyzdžiai pateikti 11 priede).



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

75. pav. ATMiQ sistemos pinigų valdymo modulio langas.

Sistemoje galima konfigūruoti įvairių struktūrų tinklus, išskiriant potinklius pagal įvairias savybes. ATM poreikio duomenys gali būti analizuojami diagramų pateikimo lange. Pinigų monitoringo funkcija teikia realaus laiko duomenis apie bankomatų pinigų srautus, bei informuoja operatorių apie pinigų likučio sumažėjimą ir praneša, kad reikia pradėti inkasacijas. Planavimo aplinkoje yra suskaičiuojami pinigų inkasavimo planai, pagal ANN pateiktus prognozės duomenis.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

76. pav. ATMiQ sistemos vartotojo ir sistemos darbo našumo vertinimas

Operatorius juos gali optimizuoti, naudodamas optimizavimo funkcionalumą. Sistema automatiškai suskaičiuoja optimalius pinigų užkrovimo planus, atsižvelgiant į nustatytus apribojimus (pinigų inkasacijos kaina konkrečiam ATM; palūkanų norma; draudimas ir kiti kaštai) ir prognozavimo rezultatus. ATMiQ sistema veikia kaip patariamasis pinigų

valdymo operatorius įrankis (ekspertinė sistema), galutinį sprendimą priima operatorius atsižvelgdamas į sistemos teikiamus pasiūlymus.

Sistemoje realizuotos dvi audito funkcijos, jos leidžia įvertinti ANN prognozavimo (lango pavyzdys pateiktas 76. pav.) ir vartotojų priimamų sprendimų tikslumą, kiek vartotojo priimti sprendimai buvo geresni ar blogesni už ANN siūlytus sprendimus. Sistema taip pat leidžia peržiūrėti sudarytus ir įvykdytus inkasacijos planus, atlikti grįžusių pinigų balansavimą.

6.4. Šešto skyriaus apibendrinimas ir išvados

ATM tinklų optimizavimo tematika apima tris sritis: optimalus ATM tinklo dydžio parinkimas, grynujų pinigų paklausos specifiška (cirkuliuojančių rinkoje grynujų pinigų dydis) ir grynujų pinigų poreikio ATM tinkluose prognozavimas. Atlikta taikomų metodų analizė parodė, kad dažniausiai nagrinėjami ekonominiai modeliai (tiriamos priklausomybės), pinigų rinkos struktūrą įtakojantys faktoriais. Nėra pateikiami realūs sprendimai ar įtrankai, kurių pagalba būtų galima optimizuoti ATM grynujų pinigų valdymą.

ATM optimizavimo funkcija parenka tokius pinigų užkrovimo kiekius, kurie minimizuoja ATM funkcionavimo išlaidas. Optimizavimas atliekamas pagal pinigų kainą (angl. interest rate), pinigų užkrovimo kainą (angl. upload costs), prognozės rekomendacijas ir pinigų valdymo apribojimus: pinigų likutis, pinigų draudimo išlaidos, maksimalus pinigų kiekis, minimalus pinigų kiekis, galimas ATM nedarbingumo laikas. Optimizavimo agento išėjimas yra pinigų užkrovimo į ATM data ir optimalus pinigų kiekis, kurį reikia užkrauti į ATM, kad minimizuoti ATM funkcionavimo išlaidas.

Tikslo funkcijos optimizavimui naudojami du algoritmai. Pirmo algoritmo esmė yra detalus galimų sprendinių perrinkimas. Antrojo algoritmo esmė yra stochastinis modeliujamo atkaitinimo (angl. simulated annealing) optimizavimo metodas, kuris optimalių sprendinių ieško siauresnėje sprendimų priėmimo erdvėje, taikant atsitiktines sprendinio mutacijas.

Sukurta agentų sistema ir ANN metodas realizuotas UAB „Penkių kontinentų bankinės technologijos“ (sut. BS/2) ATMiQ produkte, kaip vienas iš modulių, skirtų valdyti ATM tinklo pinigų planavimą. ATMiQ sistemos

platforma sukurta SOA ideologijos pagrindu, naudojant J2EE technologiją. Sistemos serveris sukurtas naudojant ESB technologiją (realizuota su aplikacijų serveriu JBossESB 4.4 GA). Sistemos aplikacijų serveris sudarytas iš 3 serverių: agentų, paslaugų ir DB. Agentų serveris realizuoja agentų funkcionalumą - valdo agentų gyvavimo ciklą, duomenų surinkimą iš ATM, ir neuroninių tinklų darbą. Kiekvienas ATM turi savo ANN agentų rinkinį. Paslaugų serveris teikia funkcionalumą sistemos vartotojams. DB serveryje saugomi sistemos duomenys.

ATMiQ sistemos grynųjų pinigų valdymo modulis realizuoja 5 pagrindines funkcijas: pinigų monitoringą, planavimą, optimizavimą, vartotojo auditą, savitarnos įrenginių auditą, inkasacijos planų peržiūrą ir pinigų valdymo balansavimą.

7. ATM TINKLŲ NAŠUMO MODELIAVIMAS

Eksperimentiniams tyrimams naudojami JAV, Indijos ir Lietuvos bankų duomenys. Indijos ir Lietuvos bankomatų valdymo modeliai tyrimui parinkti, todėl kad jie veikia skirtingose pinigų vartojimo rinkose. Indijoje bankomatas per dieną inkasuojamas bent vieną kartą ar net daugiau, tokiuose bankomatų tinkluose grynujų pinigų cirkuliacija yra sparti. Lietuvoje bankomatas gali būti inkasuojamas vienos dienos ar net savaitės laikotarpiui, tokiuose bankomatų tinkluose reikalingas optimalus pinigų inkasavimo planavimas: užkrauti reikiamą pinigų sumą, tokiam laikotarpiui, kad kaštai būtų minimalūs. Indijoje pinigai į bankomatus inkasuojami, papildant kasetes, tai yra pinigai pakraunami į pinigų kasetes ant viršaus, neišinkasuojant pinigų. Lietuvoje ir daugumoje Europos šalių taikomas priešingas pinigų inkasavimo modelis. Bankomate pinigai yra išinkasuojami ir tuo pačiu metu inkasuojami naujomis kasetėmis, o išinkasuoti pinigai vežami atgal į banką. Tiek pirmuoju tiek ir antruoju atveju netinkamai planuojant pinigų užkrovimus yra „užšaldomi pinigai“. Indijoje inkasuojant pinigus, visuomet būna dar likę pinigų, o Lietuvoje išinkasuoti pinigai grįžta į banką nepanaudoti. Bankas patiria išlaidas, kurios yra susijusios su pinigų kaina, pinigų paruošimu ir pinigų inkasavimu. Indijos atveju, pinigų paruošimo kaštai yra mažesni nei Lietuvoje, nes jie lieka ATM, o Lietuvoje grįžta atgal į banką ir vėl iš naujo apskaitomi. Tiriamas modelis nevertina pinigų paruošimo kainos, nes ji per visą ATM tinklą būna nedidelė. ATM tinklo efektyvumo modeliuose vertinami užšaldytų pinigų kaštai, inkasacijų kaina ir skaičius, bei galimas pelnas už perskolinamus pinigus.

Tiriami dviejų tipų ATM tinklų modeliai: aukštos cirkuliacijos (Indija) ir žemos cirkuliacijos (Lietuva). Pinigų cirkuliacijos apimtis lemia šalies ekonominis stabilumas – valiuta ir jos vertė (nominalas), grynujų pinigų vartojimo įpročiai. Našumo kriterijai parinkti pagal suformuotą savitarnos sistemos našumo vertinimo modelį. Pagrindė analizuojamas vidinis ir apimčių našumas. Konkrečiau masto efektyvumo, kainos, ir išteklių paskirstymo našumo komponentės.

Skaičiavimams atlikti naudojamas MatLab 7 paketas. Sukurtos MatLab funkcijos, kurios leidžia įvertinti ATM tinklo našumą ir numatyti metodus jo tobulinimui, lyginant tradicinius laiko eilučių (Holto, Winter ir ARMA) (Boguslauskas, 1997) ir neuroninių tinklų prognozavimo metodus.

Prognozavimo modelių tikslumo vertinimui tyrimuose naudojame MAPE kriterijų, ji nusako santykinę prognozavimo tikslumą ir geriausiai tinka įvertinti skirtingų rodiklių prognozes (Boguslauskas, 1997).

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|e_t|}{y_t} \cdot 100\% \quad (7.1)$$

Jeigu MAPE yra mažesnė už 10, tuomet prognozavimo tikslumas yra labai aukštas. Jeigu patenka į [10, 20] intervalą aukštas, [20-50] pakankamas ir >50 yra nepakankamas (Boguslauskas, 1997).

7.1. Klasikiniai laiko eilučių prognozavimo modeliai

Tyrimuose mes naudosime **Holto modelį** (Boguslauskas, 1997), jis remiasi eksponentinio išlyginimo metodo idėja, o proceso kitimo greitį λ_t nusako beta koeficientas. Naudojant šį metodą, pagal tam tikras išraiškas apskaičiuojamas kintamojo ir jo kitimo vidurkis priimant, kad vidurkis kinta pagal tiesinį dėsnį.

Vidurkių skaičiavimui naudojamos išraiškos:

$$\begin{aligned} m_t &= Ay_t + (1-A)(m_{t-1} + b_{t-1}) \\ b_t &= B(m_t - m_{t-1}) + (1-B)b_{t-1} \end{aligned} \quad (7.2), \text{ kur}$$

A-alfa, *B-beta* pastovūs koeficientai, dažniausia naudojami *alfa=0.1-0.9*, ir *beta=0.01-0.8* koeficientai. Prognozuojama reikšmė sekančiam analizės periodui f_{t+1} apskaičiuojama iš išraiškos:

$$f_{t+1} = m_t + b_t \quad (7.3)$$

Sezoninio trendo modeliams dažniausiai naudojamas **Holto-Vinterio (angl. Winter) metodas** (Boguslauskas, 1997), šiuo atveju atskirai nustatomas stacionarusis, trendo tiesinis kintamasis ir sezoniškumo koeficientai. Stacionarumo vidurkis nustatomas, taip kaip ir Holto modelyje:

$$m_t = A \frac{y_t}{k_{t-L}} + (1-A)(m_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7.4), \text{ einamoji rodiklio reikšmė yra padalinta}$$

iš sezoniškumo koeficiento, pastumto laiko ašimi L periodų atgal (dažniausia L=12, sudaro metus). Trendo tiesinis kintamasis nustatomas taip:

$$b_t = B(m_t - m_{t-1}) + (1-B)b_{t-1} \quad (7.5), \text{ ir sezoniškumo koeficientas:}$$

$$k_t = C \frac{y_t}{m_t} + (1-C)k_{t-L} \quad (7.6)$$

Prognozuojama rodiklio reikšmė τ intervalų į priekį apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$f_{t+\tau} = (m_t + b_t \cdot \tau) \cdot k_{t-L+\tau} \quad (7.7)$$

A- alfa, B-beta, C-gama koeficientai dažniausiai būna 0,2, 0,2, ir 0,6.

Tyrimuose naudosime Vinterio eksponentinio glodinimo modelį ir modifikuota Vinterio silpstančio trendo eksponentinio glodinimo modelį.

Tokias modelių kombinacijas pasirinkome tam, kad galėtume įvertinti sukurto ANN prognozavimo metodo kokybę ir parodyti jo pranašumą prieš klasikinius metodus. Kadangi tiriamų laiko eilučių yra daug, sukurtos procedūros perrenkančios visus galimus modelių koeficientus. Holto modelis taikomas kai laiko eilutėje yra tiesinis trendas, bet nėra sezoniškumo komponentės. Vinterio modelis taikomas kai laiko eilutėje yra tiesinis trendas ir sezoniškumo komponentė. Galima sudaryti įvairias Holto ir Vinterio modelių modifikacijas: tiesinis, eksponentinis, gęstantis arba silpstantis (angl. Damped) ir sezoniškumo komponentės (be jos, su adaptyvia arba augančia komponente).

Gęstančio sezoniškumo modeliuose naudojamas φ -phi koeficientas, kuris mažina trendo reikšmę atitinkamai nuo [0, 1] stiprumu. Phi naudojamas tik su eksponentinio išlyginimo metodais. Pavyzdžiui, Holto modelio silpstančio trendo modifikacija: $f_{t+1} = m_t + b_t \cdot \varphi$, kur φ koeficientas parodo trendo silpimą, jeigu jis yra lygus 1, tuomet modelis identiškas Holto eksponentinio išlyginimo, jeigu 0, tuomet eliminuojamas trendo komponentas. Panašiai modifikuojamas ir Holto-Vinterio modelis.

ARIMA (Boguslauskas, 1997) (angl. Auto Regressive Integrated Moving Average) — autoregresinis integruotas slenkamųjų vidurių metodas plačiai naudojamas laiko eilučių analizei. Jis sujungia autoregresijos, diferencijavimo ir slenkamųjų vidurkių metodo galimybes. ARIMA modelio struktūra: autoregresinis (AR) procesas, integravimo I procesas ir slenkamųjų vidurkių (MA) procesas.

$$y_t = \alpha + \underbrace{\varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p}}_{\text{AR procesas}} + \underbrace{\theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}}_{\text{MA procesas}} + \varepsilon_t$$

$$Y_t = \sum_{i=1}^p \varphi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad (7.8)$$

Gali būti tokios modifikacijos:

$$y_t = \alpha + \beta \cdot t + \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t; \quad (7.9)$$

$$y_t = \varphi_1 y_{t-1} + \dots + \varphi_p y_{t-p} + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t; \quad (7.10)$$

Autoregresinis procesas aiškina laiko eilutės stebėjimus ankstesniaisiais stebėjimais, kur y_t – laiko eilutės stebėjimai, $\varphi_1 \dots \varphi_p$ – autoregresinio proceso parametrai, ε_t – atsitiktinės paklaidos, p – autoregresinio proceso eilė.

Autoregresinis procesas bendrai aprašomas, kaip $Y_t(1 - \varphi_1 L - \varphi_2 L^2 - \dots - \varphi_p L^p) = \varepsilon_t$ (7.11), kur L – uždelsimo operatorius, o uždelsimo operatoriaus savybė: $L^i Y_t = Y_{t-i}$ (7.12)

Slenkamųjų vidurkių procesas (MA) aiškina laiko eilutės stebėjimus Y_t modelio paklaidomis $Y_t = \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \theta_2 \varepsilon_{t-2} + \dots + \theta_q \varepsilon_{t-q}$, bendrai galime užrašyti:

$$Y_t = \varepsilon_t + \sum_{j=1}^q \theta_j \varepsilon_{t-j} \quad \text{arba} \quad Y_t = (1 + \theta_1 L + \theta_2 L^2 + \dots + \theta_q L^q) \varepsilon_t \quad (7.13)$$

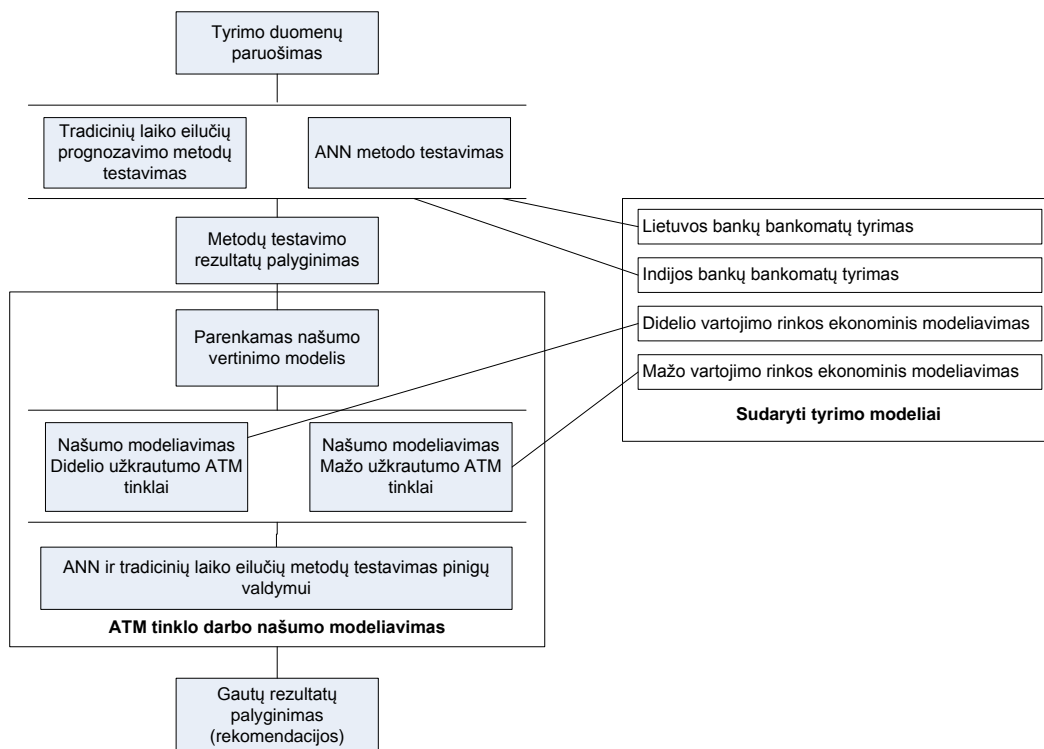
ARMA/ARIMA modelį galima sudaryti tik stacionarioms laiko eilutėms. Visos trys dalys yra paremtos atsitiktinio triukšmo (nepaaiškinamo išsibarstymo), iškreipiančio laiko eilutės sisteminę komponentę, koncepcija ir

turi savo būdingą reakcijos į šį atsitiktinį triukšmą aprašymo būdą. Bendriausias ARIMA modelis apima visas tris paminėtas dalis ir yra užrašomas kaip $ARIMA(p, d, q)$, čia: p — autoregresijos eilė, d — diferencijavimo eilė, q — slenkamųjų vidurkių narių skaičius. Tyrime naudojamas pirmo lygio diferencijavimo modelis ir įvairios p [0, 2], q [0, 2] kombinacijos.

Modelių koeficientų parinkimas atliekamas eksperimentinių tyrimų metu. Tiksliai nežinant modelių dažniausiai parenkami 0,2 dydžio koeficientai, toks būdas yra spėjimas. Kitas būdas yra grafinė laiko eilutės analizė, tačiau šiuo atveju analizuojantis asmuo turi išmanyti laiko eilučių kitimo savybes, kartais tendencijas būna pamatyti sunku. Tiksliausias būdas yra visų galimų modelių testavimas, perrenkant koeficientų reikšmės nuo 0,1 iki 1, parenkant tokį modelį, kuris turi mažiausią prognozavimo paklaidą. Tokį metodą mes naudosime savo tyrimuose, nes grafinę analizę atlikti šimtam laiko eilučių būtų imlu laikui. Gautas koeficientų reikšmės galime interpretuoti, taip jeigu parametrų reikšmės yra apie 0,1 – modelis yra neadaptyvus, mažas triukšmo lygis, būdingas ilgalaikio pobūdžio prognozėms. Modeliai su 0,5 dydžio koeficientais yra vidutinės trukmės. Modeliai su 0,9 dydžio koeficientais yra trumpos atminties, adaptyvūs, laiko eilutei būdingas aukštas triukšmo lygis.

7.1. Eksperimentinių tyrimų eiga

Modeliavimui atlikti naudojamos MatLab aplinkoje sukurtos laiko eilučių prognozavimo funkcijos (Holto, Winter ir ARMA modeliai), optimalių laiko eilučių modelių parinkimo funkcijos, ATM tinklo našumo vertinimo funkcijos (pagal du modelius: didelio apkrautumo ir mažo apkrautumo). Optimalaus scenarijaus tyrimams naudojamas sukurtas ANN modelis. Prieš pradėdant eksperimentinius tyrimus atliekamas duomenų paruošimas. ATM pinigų poreikio duomenys išsaugomi į tekstinius (arba duomenų) failus. Failai pavadinami pagal ATM numerius. Paruošus tyrimo duomenis atliekamas tradicinių laiko eilučių prognozavimo modelių (Holto, Vinterio ir ARMA modeliai) ir ANN modelio testavimas.



Šaltinis: sudaryta autoriaus.

77. pav. Eksperimentini tyrimų eiga, modeliuojant ATM tinklo našumą.

Kiekvienam tiriamam ATM yra parenkamas optimalus tradicinis laiko eilučių prognozavimo modelis. Geriausių modelių paieška atliekama perrenkant visas galimas alfa, beta ir phi reikšmės, intervale nuo $[0; 1]$, žingsniu 0,1. Pagal gautus modelių duomenis atliekamas palyginimas, skaičiuojamas vidutinis MAPE tikslumas tiriamai bankomatų grupei. Vertinimo metu nustatoma ar ANN metodas yra geresnis už tradicinius laiko eilučių prognozavimo metodus ir kokiais atvejais. Iš gautų palyginimo rezultatų formuluojamos išvados.

Nustačius kokius metodus reikėtų taikyti laiko eilučių prognozavimui, parenkamas našumo vertinimo modelis. Šio etapo metu išskiriami vertinimo kriterijai. Kriterijai parenkami vadovaujantis suformuota savitarnos sistemų našumo vertinimo ir procesų tobulinimo metodiką (žiūrėti 5 skyrelyje).

Parinkus našumo vertinimo modelį atliekamas modeliavimas. Galimi du modeliavimo tipai, kuomet ATM apkrautumas yra didelis ir mažas. Didelis reiškia, kad pinigus inkasuoti reikia vieną ar kelis kartus per dieną, o mažas gali būti inkasuojami vienos ar daugiau dienų laikotarpiui. Modeliuojant mažo

apkrautumo ATM tinklus, naudojami ATM pinigų poreikio ir pinigų inkasacijos, palūkanų normų ir ATM sąrašų duomenys. 23-24 prieduose pateikiami didelio ir mažo užkrovimo ATM tinklo darbo našumo modeliavimo algoritmai

ATM tinklo našumo modeliavimas taip pat apima ir ANN modelio naudos palyginimą su kitais laiko eilučių prognozavimo metodais. Palyginimo ATM tinklo pinigų valdymas modeliuojamas su ANN ir tradiciniu laiko eilučių modeliu.

7.2. Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai

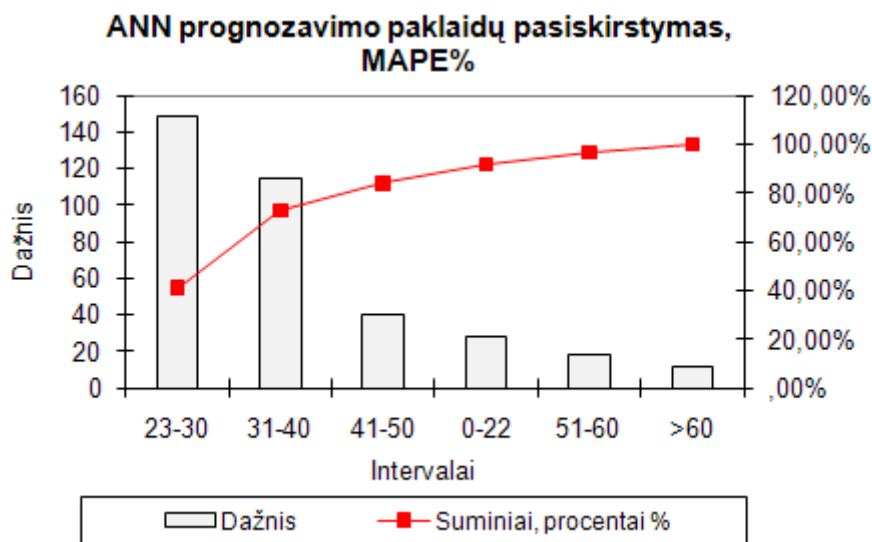
Šiuo atveju lyginamas tipinis ir optimalus ATM tinklų valdymo modelis. Tipinio pinigų poreikio prognozavimui taikomas pinigų apyvartos vidurkis, nenaudojami sudėtingesni laiko eilučių prognozavimo metodai, pinigai inkasuojami kiekvieną dieną, tiesiog papildant kasetes. Kad amortizuoti pinigų vartojimo šuolius dažniausiai prie vidurkio yra pridedamas vienas pinigų apyvartos standartinis nuokrypis ir tiekimui užtikrinti pinigų likutis. Optimaliu atveju naudojamas sukurtas ANN modelis, inkasuojama suprognozuota pinigų suma, plius pridedamas pinigų likučio limitas. Pelningumo vertinimo kriterijai yra „užšaldytų pinigų“ sumažinimas ir jų perskolinimo pelnas. Tyrimui naudojami 5000 ATM duomenys (maksimali trukmė 90 dienų). Tyrimui atlikti panaudoti tik 361 bankomato duomenys (apsimokymui naudoti 20 dienų, o testavimui 70 dienų duomenys), kurių trukmė yra 90 dienų (trys mėnesiai). Duomenys gauti iš Indijos banko, valdančio 5500 ATM tinklą.

16. lentelė ANN prognozavimo tikslumo vertimo rezultatai (didelio apkrautumo tinklai)

Intervalas, MAPE %	Pasiskirstymas		Pareto analizė		
	Dažnis	Suminiai, procentai %	Intervalas, MAPE %	Dažnis	Suminiai, procentai %
0-22	28	7,76%	23-30	148	41,00%
23-30	148	48,75%	31-40	115	72,85%
31-40	115	80,61%	41-50	40	83,93%
41-50	40	91,69%	0-22	28	91,69%
51-60	18	96,68%	51-60	18	96,68%
>60	12	100,00%	>60	12	100,00%

Naudojant ANN algoritmą, atlikta 361 bankomato prognozavimo tikslumo analizė, apmokymui naudoti 20 dienų duomenys, o testavimui 70 dienų. ANN algoritmas buvo mokomas ir testavimo metu. 16. lentelėje pateikta gautų rezultatų suvestinė.

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad 28 bankomatų pinigų poreikio prognozavimo tikslumas yra aukštas (MAPE% nesiekia 23%), 148 yra vidutiniškai tikslus, 115 yra vidutinis, 40 pakankamas ir 30 nepakankamas.



78. pav. ANN prognozavimo MAPE pasiskirstymas (didelio apkrautumo tinklai).

Tokie analizės rezultatai leidžia daryti išvadą, kad sukurtas ANN prognozavimo metodas gali pakankamai tiksliai prognozuoti pinigų poreikį.

7.2.1. Klasikinių ir ANN prognozavimo metodų palyginimas

Tiriamus bankomatus suskirstėme į tris grupes ir atlikome jų testavimą, naudojant klasikinius Holto, Vinterio ir ARMA laiko eilučių prognozavimo modelius, jų rezultatus palyginome su ANN modeliu. Išskyrėme tris grupes: *tikslūs* (vertinami 20 ATM), šių ATM prognozavimo MAPE yra intervale [0; 22]; *vidutiniai* MAPE [31; 40]; ir *netikslūs* [51; 60]. Kiekvienam tiriamam ATM parinktas optimalus tradicinis laiko eilučių prognozavimo modelis ir įvertintas jo prognozavimo tikslumas. Apibendrinti rezultatai pateikti 12 priede. Vertinat vidutines bankomatų grupės MAPE reikšmes, matome, kad tikslių bankomatų grupėje geriausią rezultatą pasiekia ANN metodas, jo vidutinė grupės MAPE yra 19,6%. Tiksliausiai iš klasikinių metodų

prognozuoja Vinterio modeliai 22,2% MAPE. Holto modelių tikslumas taip pat geras, MAPE siekia apie ~25%. Bankomatai, kurių prognozavimo MAPE, naudojant ANN metodus yra intervale [0; 22] gali būti sėkmingai prognozuojami ir klasikiniiais laiko eilučių modeliais. Rekomenduojama naudoti Vinterio modelius, kurių tipinė alfa [0,1; 0,4], beta [0,1], gama [0,1; 0,3], phi didelės reikšmės neturi, sezoniškumo tipas adityvus, sezoniškumo komponentės ilgis 7. Iš gautų koeficientų galima spręsti, kad tikslios ATM grupės laiko eilutėse yra aiškūs sezoniškumai, jose mažai triukšmo. Šioje grupėje geriausias rezultatas pasiektas su Holto modeliu MAPE 16,1%. ARMA modelių MAPE yra nepakankama 51,5%.

Vidutinio tikslumo bankomatų grupėje tiksliausiai prognozavimo ANN metodas, jo vidutinė MAPE yra 40%, tuo tarpu klasikinių metodų MAPE prognozavimo paklaidos yra ženklai didesnės Holto modelių ~69%, Vinterio modelių ~53%, o ARMA labai netikslūs ~144%. Tiksliausiai iš klasikinių prognozavo Vinterio modeliai, jų tipiniai alfa [0,1; 0,9], beta [0,1; 0,3], o gama [0,2; 0,3]. Galime pastebėti, kad klasikiniai metodai taiko didesnes koeficientų vertes, reiškia laiko eilutėse daugiau triukšmo, todėl dominuoja adaptyvesni modeliai.

Netikslių bankomatų grupėje ANN metodas atskleidė neabejotiną pranašumą, jo vidutinė MAPE siekė apie 53,2%, tuo tarpu klasikinių metodų prognozavimo paklaidos yra labai didelės, Holto modelių ~290%, Vinterio modelių ~163%. ARMA modeliai nevertinti, nes pastarosiose grupėse prognozavo labai netiksliai.

Apibendrinant rezultatus, galime pasakyti, kad ANN metodas yra pranašesnis už klasikinius laiko eilučių prognozavimo metodus, jeigu vertinsime ATM pinigų poreikio prognozavimą. ANN metodas leidžia išlaikyti pakankamai gerus prognozavimo rezultatus, dirbant su įvairiomis pinigų poreikio eilutėmis, jis lanksčiai pritaiko prie įvairių procesų. Žinoma ANN pasiektų dar geresnius rezultatus, jeigu duomenų kiekis būtų didesnis, bei būtų detalizuoti lokalūs įvykiai, sąlygojantys didesnę arba mažesnę pinigų vartojimą.

7.2.2. ATM tinklo našumo modeliavimo rezultatai

Atlikto ATM tinklo našumo modeliavimo išskirtoms bankomatų grupėms rezultatai pateikti 13 priede. Našumo vertinimui buvo naudoti Indijos banko pateikti tinklo valdymo apribojimai. Palūkanų norma metams 6,75% (paimta iš Indijos centrinio banko, galiojo modeliujamo laikotarpio metu). Paskolų išdavimo palūkanų norma metams 11,5% (pateikė bankas). Pinigų inkasacijos kaina 317 Indijos rupijų (sut. INR) (arba 5,145 euro), viena 1 Indijos rupija lygi ~0,0162 euro. Tipinio scenarijaus likučio dydis imamas 25% nuo pinigų apyvartos vidurkio (banko pateiktas rodiklis). Optimalaus scenarijaus likučio dydis skaičiuojamas, kaip 35% nuo prognozuojamo pinigų poreikio. Modeliuojant tipinio scenarijaus pinigų pakrovimą, kraunama suma skaičiuota, kaip apyvartos vidurkis plus viena standartinė nuokrypa ir likutis. Tipinio scenarijaus atveju pinigų poreikiui prognozuoti naudotas slankusis vidurkis (slankusis langas 85 dienos).

Modelio našumo koeficientas apskaičiuojamas iš tipinio modelio visos kainos atėmus optimalaus modelio visą kainą, padalinant iš tipinio modelio visos kainos ir padauginant iš 100%.

*Modelio našumas = ((tipinio modelio pinigų kaina - optimalaus modelio pinigų kaina) / tipinio modelio pinigų kaina) * 100%. (7.14)*

ANN modelio vidutinis našumas tikslų bankomatų grupei yra 17,73% (vertinant galimus praradimus 11,16%), optimalus modelis, lyginant su tipiniu yra 18% našesnis. Šis kriterijus charakterizuoja masto našumo komponentę ir parodo kiek našiau galima naudoti turimus resursus. Jis priskirtinas prie finansinių našumo kriterijų, našumą vertina tik dalinai. Grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 90%. Šis kriterijus parodo resursų paskirstymo našumą.

ANN modelio vidutinis našumas vidutinių bankomatų grupei yra 26,27% (vertinant galimus praradimus 12,18%), grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 248%. Netikslų bankomatų grupės našumas siekia 32,2% (vertinant galimus praradimus 11,16%), o grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 653%. Galime pastebėti, kad našumas vertinant galimus praradimus yra pastovus visuose modeliuose, siekia apie 10-12%. Nauda su

praradimais įvertina ekonominius nuostolius, kuomet ANN modelis suprognozuoja nepakankamą pinigų sumą, o bankomato papildymui nėra vykdomos ekstra inkasacijos. Tokiu atveju nauda mažinama kaštų dalimi (pinigų kaina) nuo nenumatytos pinigų sumos. Jeigu būtų vykdomos ekstra inkasacijos našumą parodytų pirmasis naudos kriterijus. Nauda be praradimų netikslių bankomatų grupėje yra didžiausia, jos didėjimą lemia akivaizdūs faktai, tai yra sunkiai prognozuojamuose bankomatuose kraunamos didesnė pinigų sumos, nes standartinis nuokrypis yra gerokai didesnis nei tikslių ar vidutinių grupių modelių atveju. Modelių grafinė interpretacija pateikta 15 priede.

Toliau atliksime palyginimą klasikinių modelių ir ANN duodamos naudos palyginimą konkrečioms bankomatams. Šis vertinimas leis nustatyti, kiek našesni ekonomine prasme yra ANN prognozavimo modeliai. Šiam tyrimui atlikti specialiai atrinkome 8 ATM, iš skirtingų tikslumo grupių, kurie pasiekė geriausius tikslumo rezultatus skirtingų modelių grupėse. Rezultatų lentelėse prie bankomato yra nurodomas modelio tipas, kuris pasiekia geriausius prognozavimo rezultatus (ANN, V-Vidurkio, H-Holto, W-Vinterio). Naudotos sezoniškumo komponentės ilgis 7, o sezoniškumo tipas adityvus.

17. lentelė Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (tikslių ATM grupė)

Kriterijus	ATM nr.: 422 (tikslus)-ANN			ATM nr.: 373 (tikslus)-H		
	V	H	W	V	H	W
Pinigų kaina (tip.)	23212	21059	21227	18726	17431	17380
Pinigų kaina (opt. ANN)	20931	21032	21202	17074	17462	17056
Nauda %	9,83%	0,12%	0,12%	8,82%	-0,18%	1,87%
Nauda per dieną	48,54	0,56	0,53	35,16	-0,66	6,90
Nauda (praradimai) %	9,83%	0,12%	0,12%	8,82%	-0,18%	1,87%
Nauda per dieną (praradimai)	48,54	0,56	0,53	35,16	-0,66	6,90
Kriterijus	ATM nr.: 373 (tikslus)-H			ATM nr.: 402 (tikslus)-W		
	V	H	W	V	H	W
Pinigų kaina (tip.)	18726	17431	17380	23607	18906	19127
Pinigų kaina (opt. ANN)	17074	17462	17056	19473	19475	19161
Nauda %	8,82%	-0,18%	1,87%	17,51%	-3,01%	-0,18%
Nauda per dieną	35,16	-0,66	6,90	87,95	-12,09	-0,74
Nauda (praradimai) %	8,82%	-0,18%	1,87%	17,51%	-3,01%	-0,18%
Nauda per dieną (praradimai)	35,16	-0,66	6,90	87,95	-12,09	-0,74

Tikslių bankomatų grupėje ANN našumas prieš Holto ir Vinterio modelius yra nežymus, tik 0,12%, vertinant ATM 422. Vertinant ATM 373 didesnę ekonominę naudą duoda Holto modelis, jis 0,18% yra našesnis už ANN. Vidutinių bankomatų grupėje ANN buvo našesnis už Holto ir Vinterio modelius, atitinkamai 280 ATM už Holto 1,99%, Vinterio 3,36%. 131 ATM atveju už Holto 0,91%, Vinterio 1,71%.

18. lentelė Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (vidutinių ATM grupė)

Kriterijus	ATM nr.: 280 (vidutinis)-ANN			ATM nr.: 131 (vidutinis)-H,W		
	V	H	W	V	H	W
Pinigų kaina (tip.)	23004	17446	17518	16351	15462	15537
Pinigų kaina (opt. ANN)	17189	17099	16930	15234	15321	15271
Nauda %	25,28%	1,99%	3,36%	6,83%	0,91%	1,71%
Nauda per dieną	123,72	7,39	12,51	23,77	2,99	5,65
Nauda (praradimai)	25,28%	1,99%	3,36%	6,83%	0,91%	1,71%
Nauda per dieną (praradimai)	123,72	7,39	12,51	23,77	2,99	5,65

Netikslių bankomatų grupėje ANN buvo našesnis už Holto ir Vinterio modelius, atitinkamai 111 ATM už Holto 9,41%, Vinterio 13,54%. 526 ATM atveju už Holto 0,41%, Vinterio -0,14%. 526 ATM Holto ir Vinterio MAPE yra mažiausia 63%-73%, tai galėjo lemti jo nežymų pranašumą prieš ANN modelį, nors ANN modelio MAPE šiam ATM yra 48%.

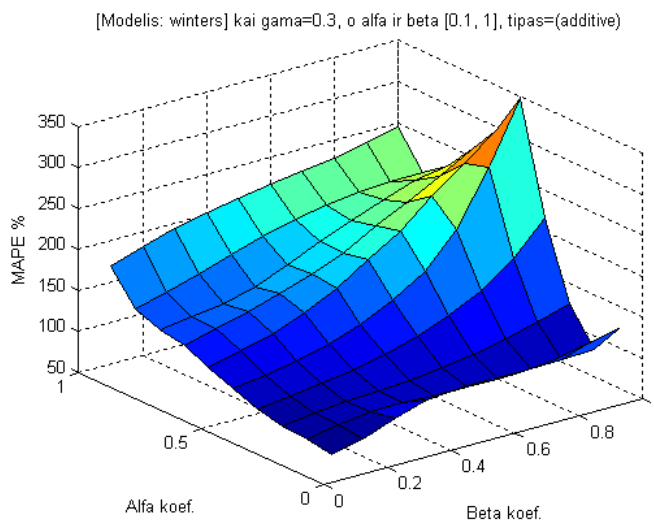
19. lentelė Klasikinių ir ANN metodų ekonominio našumo palyginimas (netikslių ATM grupė)

Kriterijus	ATM nr.: 111 (netikslus)-ANN			ATM nr.: 526 (netikslus)-H,W		
	V	H	W	V	H	W
Pinigų kaina (tip.)	20506	18308	19124	17115	15849	15785
Pinigų kaina (opt. ANN)	16966	16585	16535	15758	15784	15807
Nauda %	17,26%	9,41%	13,54%	7,93%	0,41%	-0,14%
Nauda per dieną	75,32	36,66	55,08	28,86	1,39	-0,47
Nauda (praradimai)	17,26%	9,41%	13,32%	7,93%	0,41%	-0,14%
Nauda per dieną (praradimai)	75,32	36,66	55,08	28,86	1,39	-0,47

Tikslių bankomatų grupėje ANN ekonominė nauda, modeliuojant pinigų užkrovimą, skiriasi nežymiai. ANN metodai leidžia pasiekti didesnę našumą, netgi vertinant tokius ATM, kurių prognozavimo MAPE Holto ir Vinterio modeliams yra mažesnė. Vidutinių bankomatų grupėje pranašesnis ANN

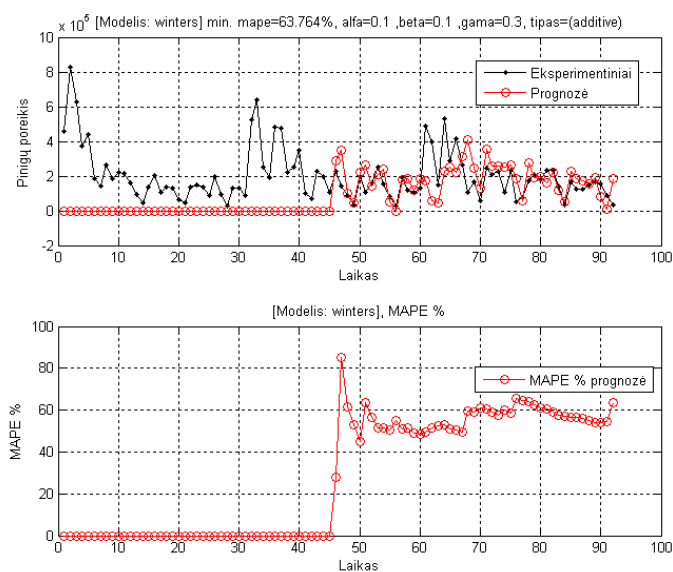
metodas, tačiau nežymiai, vertinant tokius ATM, kurių prognozavimo MAPE Holto ir Vinterio modeliams yra mažesnė. Tuo tarpu netikslių bankomatų grupėje skirtumą tarp ANN ir klasikinių metodų, našumo atžvilgiu yra didelis, lyginant su dviejų pirmųjų grupių rezultatais.

Toliau pateksime ATM nr.: 526 grafinę modeliavimo interpretaciją.



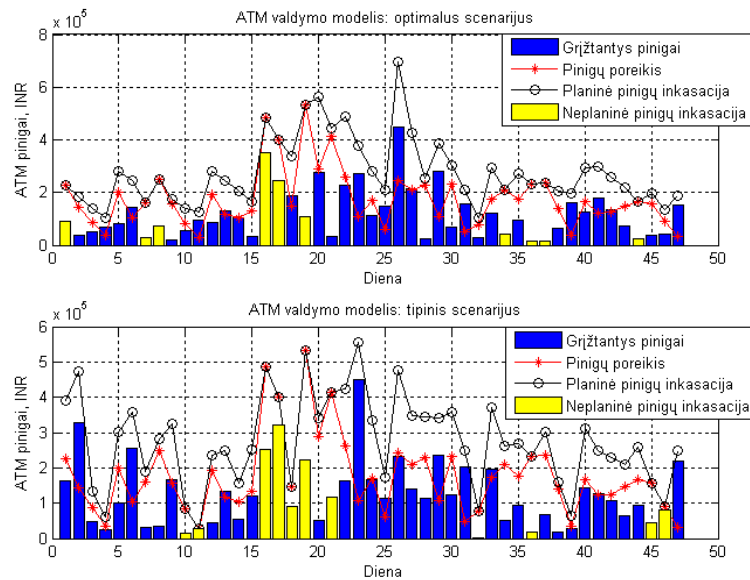
79. pav. ATM nr.: 526 W modelio alfa ir beta koeficientų įtaka MAPE.

Iš pateikto grafiko matyti, kad geriausi rezultatai pasiekiami su mažomis alfa ir beta reikšmėmis. 79. pav. matyti, kaip ATM nr.: 526 W modelis prognozuoja. Modelis tiksliau pradeda prognozuoti nuo 75 dienos.

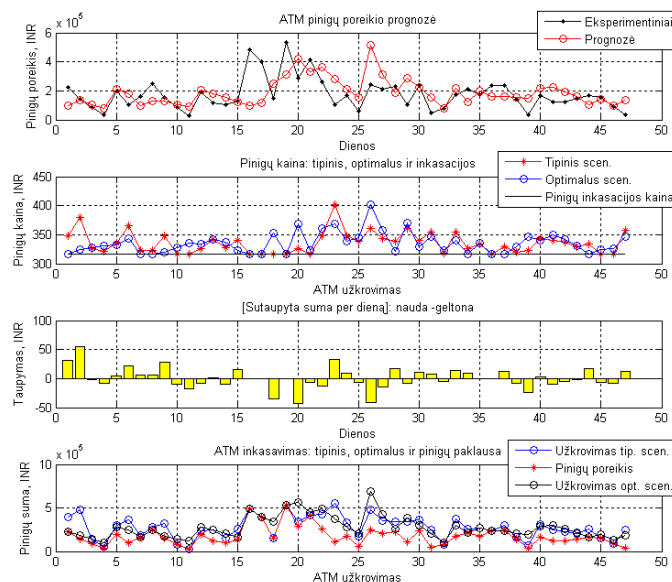


80. pav. ATM nr.: 526 (netikslus) W-modelio prognozavimas.

80. pav. matyti W modelio atveju neplaninių inkasacijų vertės buvo didesnės, tai ir lėmė modelio pranašumą prieš ANN. Neplaninės inkasacijos išlygina pinigų trūkumą iki realaus poreikio.

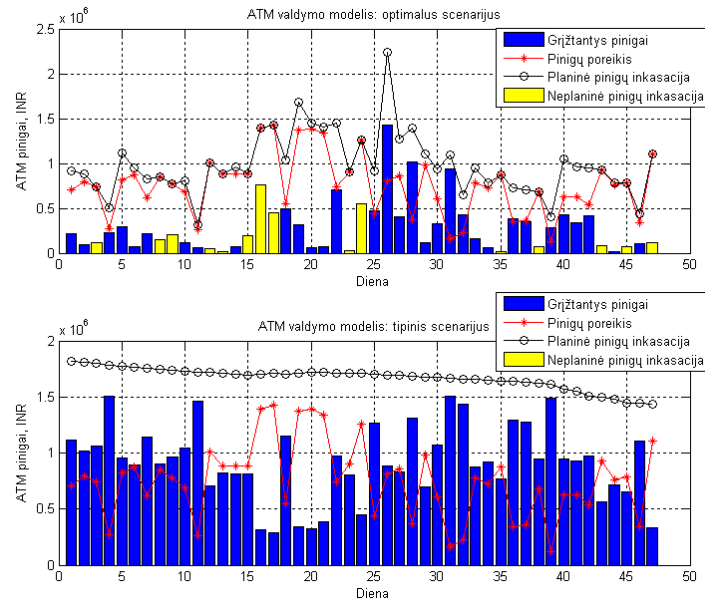


81. pav. ATM nr.: 526 (netikslus) ANN pinigų planavimo palyginimas su W-modeliu. 81. pav. pateiktas ANN modelio palyginimas su W modeliu. Aiškiai matyti, kad gauta nauda yra panaši patiriams nuostoliams (kai geresnius rezultatus rodo W modelis). Pinigų užkrovimo scenarijus yra labai panašus.



82. pav. ATM nr.: 526 (netikslus) ANN palyginimas su W-modeliu.

ATM nr.: 280 (vidutinis) V-modelio ir ANN našumas buvo 25,28% didesnis.



83. pav. ATM nr.: 280 (vidutinis) ANN pinigų planavimo palyginimas su V-modeliu. ANN atveju pinigai planuojami gerokai efektyviau, grįžtančių pinigų apimtys yra mažos.

Apibendrinti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai, skirtingoms bankomatų tikslumo grupėms, pateikti 16 priede. 20. lentelėje pateikiami naudos įverčiai, vertinant viso tinklo atžvilgiu.

20. lentelė Apibendrinti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (visas tinklas)

Taupymo rodiklis	M.V.	Tikslus	Vidutinis	Netikslus
ATM tinklas	vnt.	5000	5000	5000
Nauda taupymas (diena)	EUR	4.246,79	3.448,14	4.199,91
Nauda pelnas (diena)	EUR	2.659,23	2.159,14	2.629,88
Bendra nauda: taupymas +pelnas (diena)	EUR	6.906,02	5.607,28	6.829,79
Nauda taupymas (metai)	EUR	1.550.076,84	1.258.570,32	1.532.966,64
Nauda pelnas (metai)	EUR	970.619,76	788.085,59	959.905,78
Bendra nauda: taupymas +pelnas (metai)	EUR	2.520.696,61	2.046.655,91	2.492.872,42

Jeigu vertinsime tikslų ATM grupės atžvilgiu, per dieną 5000 bankomatų tinklas gali sutaupyti 4250 eurų, o paskolinus atlaisvintus pinigus uždirbti 2660

eurų. Bendra taupymo ir pelno nauda per dieną siektų 6900 eurų, tai per metus leistų gauti 2,52 milijonų eurų naudą. Visų modelių grupių pasiekiamas naudos vidurkis per metus yra 2,35 milijonai eurų.

7.3. Mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai

Atliekant šį tyrimą yra lyginamas banko taikomas (realus) ir optimalus ATM tinklų valdymo modelis. Tyrimui naudojami penkių bankomatų pinigų poreikio ir inkasacijos duomenys (trukmė nuo 333 iki 428 dienų). Optimaliu atveju naudojamas sukurtas ANN modelis ir pinigų tiekimo optimizavimo procedūra. Tipinis pinigų valdymo atvejis nėra modeliuojamas, naudojami realūs banko inkasacijų duomenys. Pelningumo vertinimo kriterijai yra „užšaldytų pinigų“ sumažinimas, inkasacijų skaičiaus subalansavimas.

ATM inkasavimas gali būti planinis arba neplaninis, dar kitaip vadinamas ekstra. Planinis inkasavimas vykdomas pagal iš anksto numatytą pinigų užkrovimo planą pagal sudarytus inkasavimo maršrutus, tokio pobūdžio inkasavimas yra pigesnis. Neplaninis inkasavimas vykdomas tuomet, kai yra pažeidžiamas nustatytas bankomato pinigų likutis. Likutis dažniausiai yra parenkamas tokio dydžio, kad inkasavimo kompanija suspėtų užkrauti pinigų jiems nepasibaigus. Tiekimo teorijoje toks likutis vadinamas saugiu žaliavų lygiu (angl. safety stock). Jis apskaičiuojamas, kaip 10-35% nuo vidutinio pinigų poreikio. Bankomatai taip pat turi viršutinius pinigų limitus, jie nustatomi atsižvelgiant į rizikos faktorius (saugumas, vagystės rizika), bankomato vietą, atstumą nuo pinigų saugyklų. Skaičiuojant viršutinį limitą vertinamas pinigų paklausos vidurkis, kiek dienų trunka inkasavimas ir standartinis nuokrypis. Nustačius tinkamą viršutinę ribą bankas gali būti garantuotas, kad bankomate nebus per daug grynųjų pinigų. Vieno ATM inkasavimas kainuoja nuo 25 iki 150 lt., tai priklauso nuo valdymo modelio. Jeigu inkasavimo paslaugos perkamos išorėje, tuomet jos gali kainuoti iki 150 litų. Bankomatas yra inkasuojamas, kai bankomate lieka mažiau pinigų negu reikalauja nustatyti limitai.

Tiriamas Lietuvos banko 5 bankomatų pinigų valdymas. Tyrimo imtis detalizuota 21. lentelėje.

21. lentelė ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo imtis, Lietuvos bankuose.

ATM ID	ATM likučio limitas ekvivalentu litais	Vienos inkasacijos kaina	Laikotarpis	Duomenų imtis
1004	11109	25	2008.12.12 – 2009.11.30	353
1045	11109	25	2009.01.13 – 2010.03.17	428
2001	7303	25	2009.01.27 - 2010.03.17	414
5011	9703	25	2009.03.19 - 2010.02.15	333
7012	10117	25	2009.02.27 – 2010.02.15	353

Šaltinis: sukurta autoriaus.

Tyrimui naudojami realūs banko ATM likučių duomenys. Palūkanų normų duomenys paimti iš Lietuvos banko duomenų bazės²⁴. Tyrimo metu darome prielaidą, kad vieno bankomato inkasavimas kainuoja 25 litus. Tyrimo duomenys apima 2008.12.12 – 2009.11.30 laikotarpį. ANN apmokomas naudojant 150 dienų duomenis, vis likę laiko eilučių duomenys naudojami eksperimentiniams tyrimams. Prieš pradėdant vertinti tinklo valdymo našumą, kiekvienam tiriamam ATM parinktas optimalus tradicinis laiko eilučių prognozavimo modelis ir įvertintas jo prognozavimo tikslumas. Vertinimui naudoti dienos ir savaitės pinigų poreikio duomenys. Savaitės duomenys sugeneruojami pagal dienos poreikio duomenis. Sumuojamas 7 praėjusių dienų pinigų poreikis konkrečiai dienai.

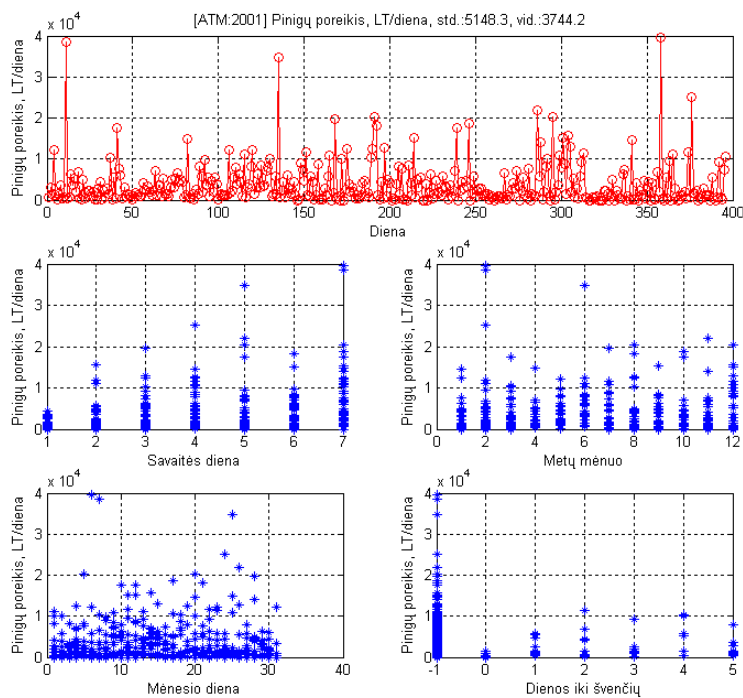
Visų ATM pinigų poreikio laiko eilučių standartinis nuokrypis yra didelis.

ATM numeris	ATM 1004	ATM 1045	ATM 2001	ATM 5011	ATM 7012
Standartinis nuokrypis	6254,8	2297,8	5148,3	12344	3192,8
Vidurkis	8969,2	2597,1	3744,2	16384	3827,7

2001 ATM pinigų poreikio standartinis nuokrypis yra didesnis už vidurkį.

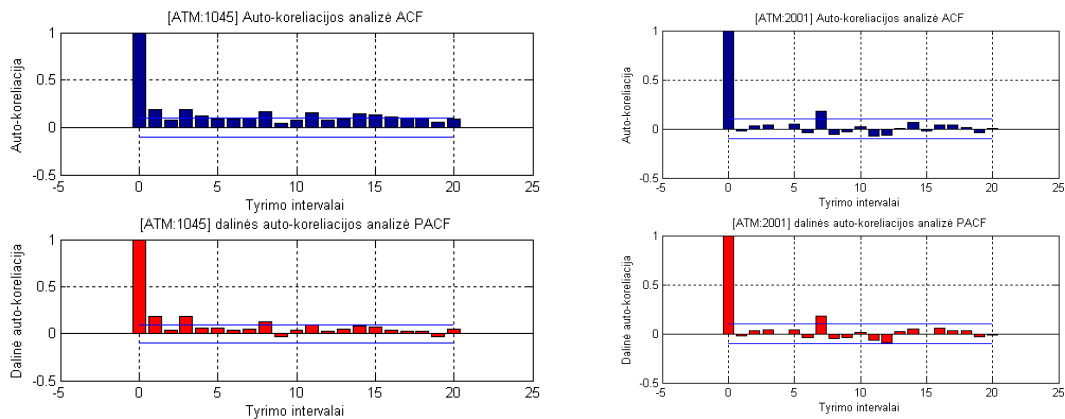
84. pav. 2001 ATM pateikta pinigų poreikio savybių analizė. Iš pateiktų grafikų matyti, kad pinigų vartojimas yra įtakojamas sezoniškumo faktorių. Didesnis pinigų vartojimas palaipsniui didėja nuo pirmadienio iki ketvirtadienio, po to nežymiai sumažėja ir savaitgalį vėl padidėja. Aiškiai matosi, kad didesnės pinigų sumos yra išgryninamos mėnesio pabaigoje, tą įtakoja atlyginimų mokėjimas. Didesnis grynųjų pinigų poreikis pastebimas gruodžio mėnesį.

²⁴ Priimti nefinansinių korporacijų ir namų ūkių nauji indėliai ir jų palūkanų normos, 2008 01 - 2010 03, http://www.lb.lt/stat_pub/statbrowser.aspx?group=7280&lang=lt



84. pav. ATM 2001 pinigų poreikio savybės (savaitės diena, metų mėnuo, mėnesio diena, dienos iki švenčių).

Iš auto-koreliacinės analizės matome (85. pav.), kad 2001 ir 1045 ATM pinigų poreikio laiko eilutės yra stacionarios, išskyrus 1045 ATM, kur iš ACF analizės rezultatų matome, kad procesas yra nestacionarus.

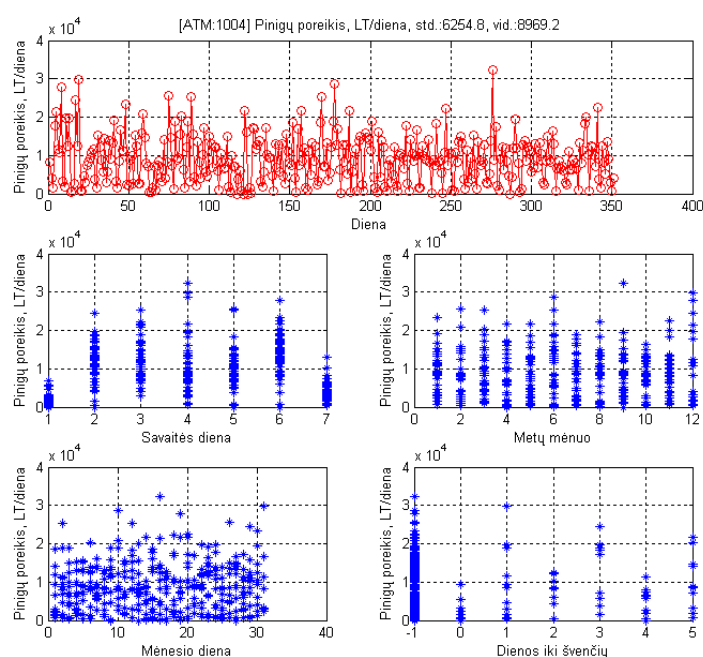


85. pav. ATM 2001 ir 1045 pinigų poreikio laiko eilutės auto-koreliacijos analizė 1004 ATM matomos dar aiškesnės tendencijos, ypač vertinant savaitės dienos duomenis. Pinigų vartojimas palaipsniui auga iki ketvirtadienio nuo pirmadienio po to iki sekmadienio sumažėja.

7.3.1. Klasikinių ir ANN prognozavimo metodų palyginimas

Apibendrinti klasikinių metodų vertinimo rezultatai pateikti 14 priede. Prognozuojant dienos pinigų poreikį, tiksliausius rezultatus pasiekė ANN, šio

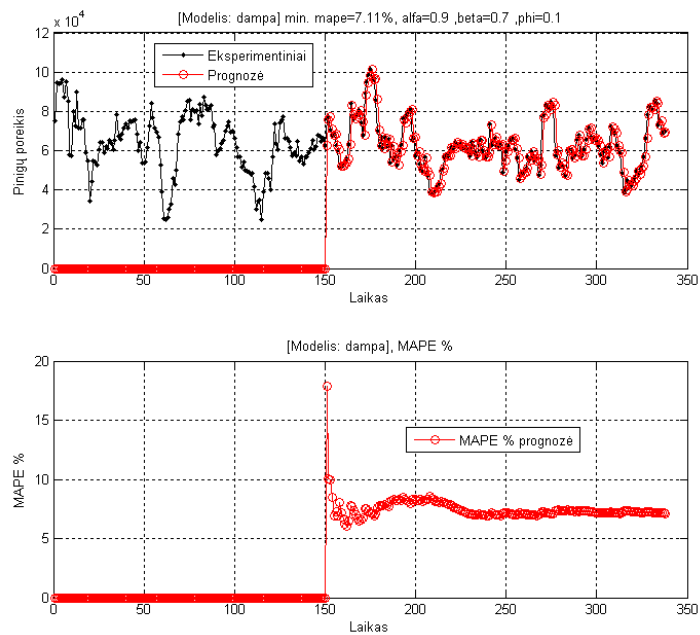
metodo vidutinė MAPE visiems ATM siekė 62,9%. Toks rezultatas rodo, kad prognozė yra nepatikima, tačiau nepatikimus rezultatus lėmė dideli pinigų vartojimo svyravimai. Duomenyse akivaizdžiai matomi dideli pinigų vartojimo pikai. Žinoma pikus, viršijančius 2-3 standartinius nuokrypius, galima pašalinti, tai leistų pagerinti prognozavimo rezultatus. Kitas būdas yra atlikti prognozę su savaitės duomenimis. Holto, Vinerio ir ARMA metodai buvo labai netikslūs, jų MAPE atitinkamai yra ~270%, ~218% ir 550%.



86. pav. ATM 1004 pinigų poreikio savybės (savaitės diena, metų mėnuo, mėnesio diena, dienos iki švenčių).

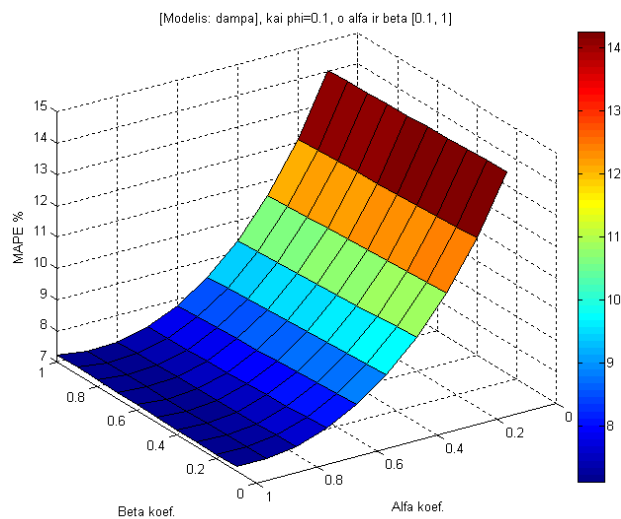
Gauti savaitės prognozės rezultatai yra priešingai labai geri. ANN prognozavimo klaida MAPE 22,4%, Holto modelių ~12%, Vinerio 13,7%. Holto ir Vinerio modelių alfa koeficientai yra dideli [0,9; 1], beta atvirkščiai labai maži daugumos 0,1. Šiuo atveju klasikiniai metodai buvo geresni už ANN, tačiau tai yra dėsninga kuomet laiko eilutė yra tiksliai prognozuojama su ANN, klasikiniai metodai pasiekia gerus rezultatus. ANN prognozei esant mažiau tikslesnei jų rezultatai blogėja.

87. pav. pateikta Holto dampa (alfa-0,9; beta-0,7; phi-0,1) modelio prognozavimo rezultatų iliustracija. Pirmasis grafikas rodo modelio eksperimentinius ir prognozavimo duomenis, o antrasis MAPE kitimą.



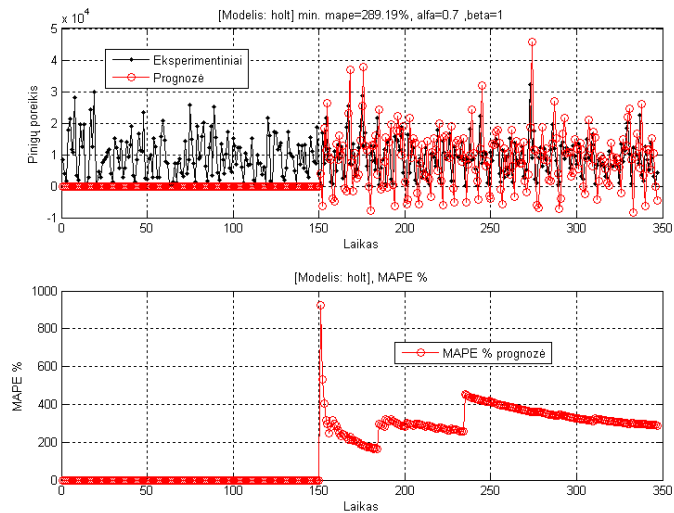
87. pav. Holto dampa (alfa-0,9; beta-0,7; phi-0,1) modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami savaitės duomenys.

Sekančiame paveikslėlyje pavaizduota ATM 1004 Holto dampa (phi-0,1) modelio MAPE priklausomybė nuo beta ir alfa koeficientų. Šiuo atveju prognozavimo kokybę lemia alfa koeficiento vertė, kuo ji didesnė tuo prognozavimo paklaida mažesnė. Beta koeficientas didelės įtakos neturi.



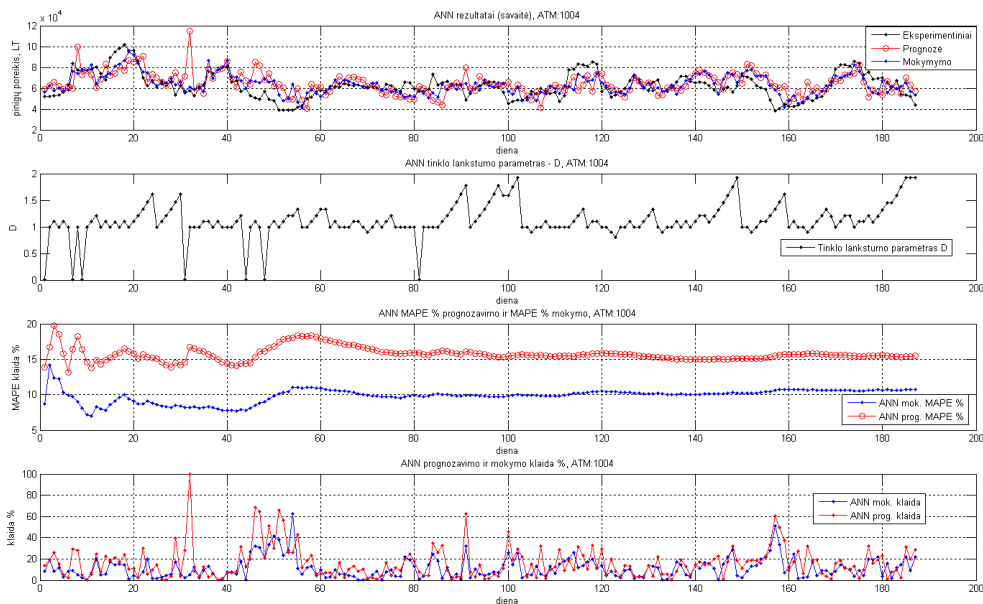
88. pav. ATM 1004 Holto dampa (phi-0,1) modelio MAPE priklausomybė nuo beta ir alfa koeficientų.

Prognozuojant dienos pinigų poreikį su Holto modeliais, rezultatai yra gerokai prastesni (žiūrėti 89. pav.)



89. pav. Holto dampa (alfa-0,7; beta-1) modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami dienos duomenys.

Modelis adaptyvus ir trumpalaikis, dėl dažnų pinigų poreikio svyravimų, sąlygoja didelius nukrypimus, pradeda prognozuoti neigiamas pinigų vartojimo vertes. 90. pav. pateikti 1004 ATM ANN modelio savaitės prognozės rezultatai.



90. pav. ANN modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami savaitės duomenys.

Apmokymui naudota 160 dienų. Prognozuojant dienos pinigų poreikį, ANN modelio MAPE mokymuisi yra 40,66% ir prognozavimui 48,93% (žiūrėti 31 priedą). ANN tinklo lankstumo parametras D tyrimo laikotarpyje svyravo nuo

1 iki 4, naudotas lankstus neuroninis tinklas. Pinigų poreikio duomenyse galime matyti pikų, kurie yra atsitiktiniai.

Savaitės prognozė davė gerus rezultatus, MAPE mokymui 10,75%, o prognozavimui 15,48%. Tinklo lankstumo parametras D tyrimo laikotarpyje svyravo nuo 1 iki 2.

7.3.2. ATM tinklo našumo modeliavimo rezultatai

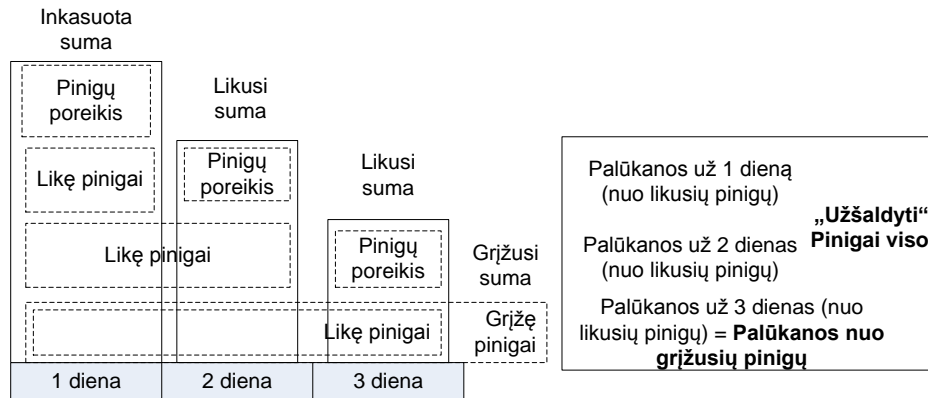
Našumui įvertinti pasirinkti 2 kriterijai: grįžtančių pinigų kiekis ir „užšaldytų“ pinigų kaina. ATM pagrindinis paslaugų teikimo resursas yra pinigai, neoptimalus resursų tiekimo planavimas sąlygoja didelį grįžtančių pinigų kiekį. Bankomatai inkasuojami didesne suma nei to reikalauja pinigų paklausa. Kiekvienas bankomatas turi būti per-inkasuojamas po tam tikro laiko, paslaugų teikėjas negali laukti kol išimami visi pinigai. „Užšaldytų“ pinigų kaina skaičiuojama, kaip palūkanos, nuo nepanaudotų pinigų dydžio kiekvieną dieną. Esminis skirtumas tarp grįžtančių pinigų yra tas, kad grįžtančių pinigų atveju palūkanos skaičiuojamos tik nuo grįžusių pinigų per visą laikotarpį, kuomet jie buvo bankomate.

22. lentelė ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo rezultatai, Lietuvos bankuose (optimalus modelis).

Optimalus modelis					
ATM nr.	ATM5011	ATM1004	ATM1045	ATM2001	ATM7012
Nuo	2009-5	2009-2	2009-3	2009-5	2009-5
Iki	2010-2	2009-11	2010-2	2010-2	2010-2
Vid. krovimas	73928	58752	35732	36574	39695
Vid. CB	4225	5462	8277	3687	6938
CB%	5,71%	9,30%	23,17%	10,08%	17,48%
Inkasacijų skaičius	50	46	36	35	31
Pinigų kaina (palūkanos nuo grįžusių pinigų)	244	400	723	281	460
Inkasacijų kaina	1225	1125	875	850	750
Viso kaina (CB)	1469	1525	1598	1131	1210
Užšaldyti pinigai (palūkanos)	1469	2188	1709	1457	1264
Bendra kaina (UŽ)	3409	3313	2584	2307	2014
Efektyvumas (CB)	47,11%	59,77%	-2,51%	68,88%	28,80%
Efektyvumas (UŽ)	44,75%	28,20%	28,36%	45,90%	15,18%

22. lentelėje pateikti suvestiniai modeliavimo duomenys. Tipinis atvejis modeliuoja realias banko inkasacijas, o optimalus sukurto modelio. Optimaliu

atveju vidutinė vienos inkasacijos vertė yra 48936 litų, grįžtančių pinigų suma 5718 litų, tai vidutiniškai sudaro 13,15% nuo visų inkasuojamų pinigų. Tipiniu atveju vidutinė vienos inkasacijos vertė yra 76511 litų, grįžtančių pinigų suma 26047 litų, tai vidutiniškai sudaro 37,23% nuo visų inkasuojamų pinigų. Grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 24,08%. Kuo mažiau grįžta resursų tuo paslaugų sistema veikia efektyviau.



91. pav. Užšaldytų pinigų kainos modelis.

Viso kaina (CB) parodo kokie yra resursų tiekimo kaštai, jie apima inkasacijos kainą ir palūkanas už grįžusius pinigus. Šis kriterijus neparodo visų resursų tiekimo kaštų, kurie dar be minėtų apima pinigų įsigijimo, paruošimo ir administravimo kaštus. Bendra kaina (UŽ) parodo kokie yra resursų tiekimo kaštai, vertinant ne tik grįžusius pinigus ir inkasacijos kainą, tačiau palūkanos skaičiuojamos nuo konkrečią dieną nepanaudotos pinigų sumos, visam inkasacijos laikotarpiui (91. pav.).

Efektyvumas apskaičiuojamas, kaip:

$$\text{Efektyvumas (CB)} = (\text{Viso kaina (CB) tipinis} - \text{Viso kaina (CB) optimalus}) / \text{Viso kaina (CB) tipinis}; \quad (7.15)$$

$$\text{Efektyvumas (UŽ)} = (\text{Bendra kaina (UŽ) tipinis} - \text{Bendra kaina (UŽ) optimalus}) / \text{Bendra kaina (UŽ) tipinis}; \quad (7.16)$$

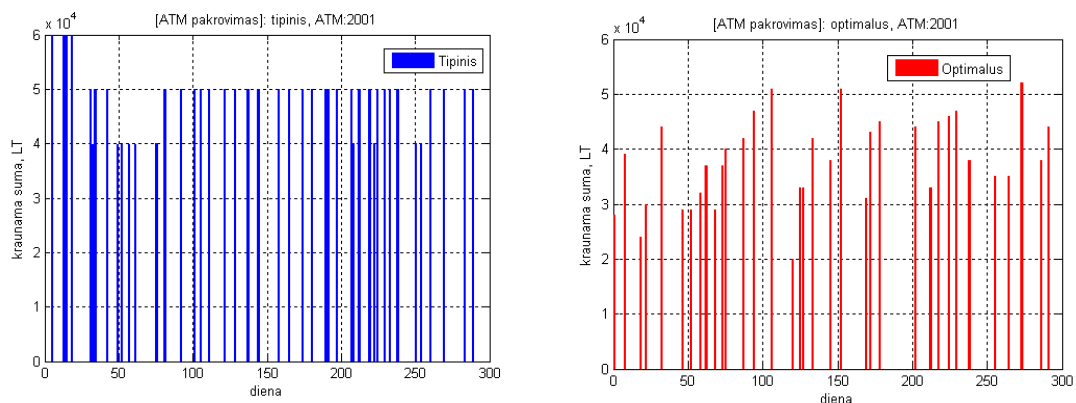
Palyginus optimalų ir tipinį pinigų valdymo modelius, matome, kad grįžtančių pinigų apimtys sumažėja, kai kuriais atvejais net 70% (ATM2001) arba 60% (ATM1004). Efektyvumas (UŽ) (7.16) yra pilnas našumo įvertinimas, lyginant su Efektyvumas (CB) įvertinimu (7.15). Šis kriterijus

vertina ne tik resursų tiekimo našumą, bet ir optimalų jų subalansavimą atsižvelgiant į paklausą, pinigų ir inkasacijos kainą.

23. lentelė ATM tinklo valdymo efektyvumo tyrimo rezultatai, Lietuvos bankuose (tipinis modelis).

Tipinis modelis					
ATM nr.	ATM5011	ATM1004	ATM1045	ATM2001	ATM7012
Nuo	2009-5	2009-2	2009-3	2009-5	2009-5
Iki	2010-2	2009-11	2010-3	2010-2	2010-2
Vid. krovimas	147616	88533	58685	46321	41401
Vid. CB	27505	49540	14313	26190	12686
CB%	18,63%	55,96%	24,39%	56,54%	30,64%
Inkasacijų skaičius	38	49	23	59	34
Pinigų kaina (palūkanos nuo grįžusių pinigų)	1827	2566	984	2158	850
Inkasacijų kaina	950	1225	575	1475	850
Viso kaina (CB)	2777	3791	1559	3633	1700
Užšaldyti pinigai (palūkanos)	5220	3390	3031	2789	1525
Bendra kaina (UŽ)	6170	4615	3606	4264	2375

Modelio efektyvumas (UŽ) rodo, kad panaudojus sukurtą ANN metodą ir optimizavimo procedūrą, konkrečių bankomatų pinigų tiekimo našumą galima padidinti 44,75% (ATM5001), 45,90% (ATM2001).

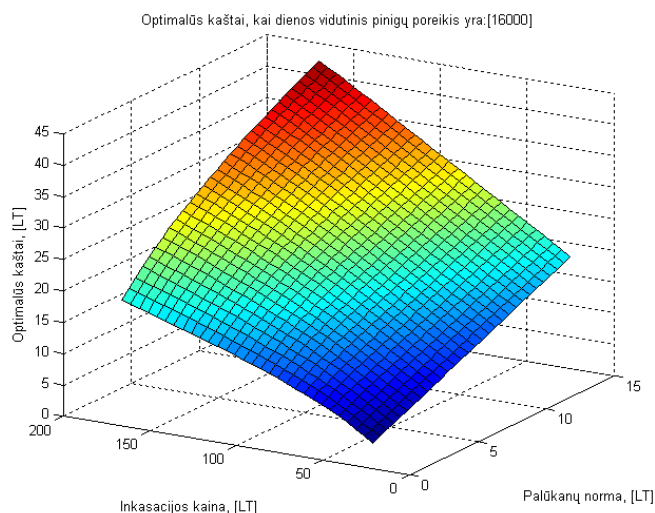


92. pav. Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM2001 (pinigų užkrovimo grafikas).

Pavyzdžiui optimaliu atveju ATM 2001 inkasacijų skaičius sumažinamas nuo 59 iki 35, kadangi inkasacija kainuoja 25 litus, sutaupomi 600 litų. Akivaizdu, kad optimalus modelis parenka racionalias inkasacijos sumas, kurios atitinka poreikius.

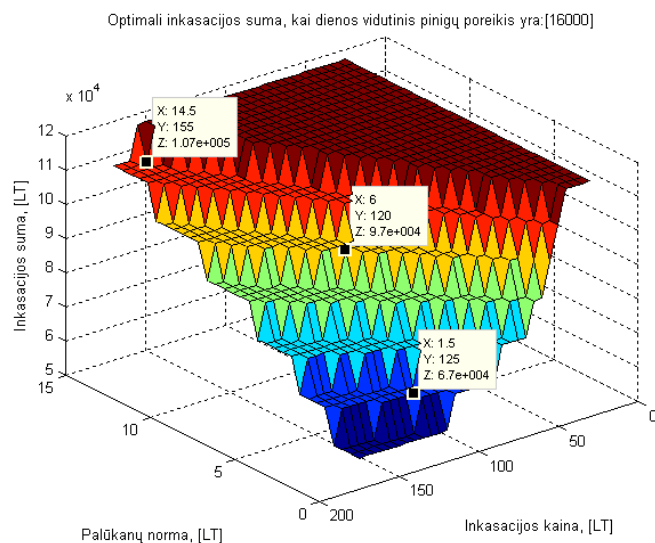
Atliktų modeliavimų rezultatai pateikti 18-22 prieduose.

Optimizavimo procedūra atsižvelgiant į pinigų kainą, inkasacijos kainą ir būsimą poreikį, minimizuoja resursų kaštus. 93. pav. iliustruojama pateikta inkasacijos kaštų priklausomybė nuo inkasacijos kainos ir palūkanų normos. Ši diagrama iliustruoja optimizavimo procedūros funkcionalumą ir parodo kaštų priklausomybes. Jeigu vidutinis dienos pinigų poreikis yra 16000 litų (modeliuojamas 10 dienų laikotarpis), o palūkanų norma 6,5% ir inkasacijos kaina 150 litų, galimi optimalūs kaštai yra 28,88 litai.



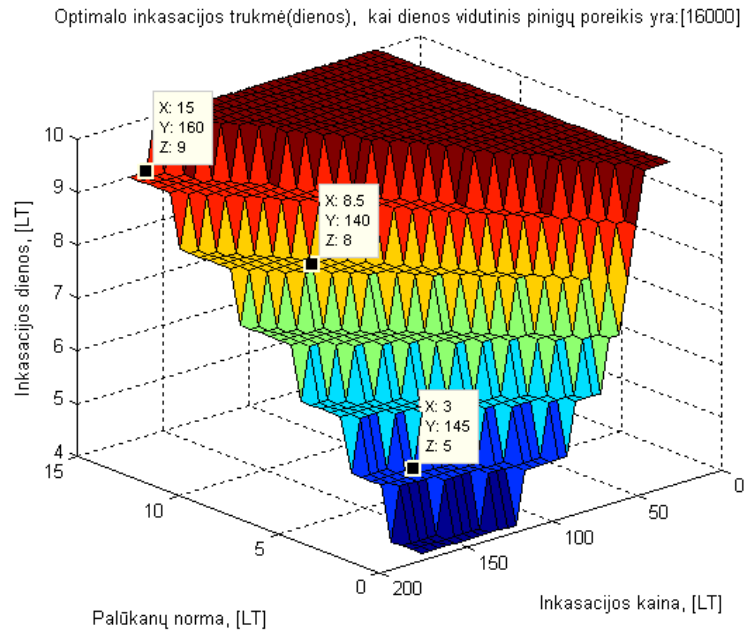
93. pav. Optimalių kaštų priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.

Optimalūs kaštai didėja didėjant inkasacijos kainai ir palūkanų normai. 94. pav. pateikta optimalios inkasacijos sumos priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.



94. pav. Optimalios inkasacijos sumos priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.

Jeigu vidutinis dienos pinigų poreikis yra 16000 litų (modeliuojamas 10 dienų laikotarpis), o palūkanų norma 1,5% ir inkasacijos kaina 125 litų, optimali inkasacijos suma yra 67000 litų.



95. pav. Optimalios inkasacijos trukmės priklausomybė nuo palūkanų normos ir inkasacijos kainos.

Tarp optimalios inkasacijos sumos ir laikotarpio yra tiesioginė priklausomybė. Šiuo atveju galimas minimalus optimalių kaštų periodas yra 4 dienos.

7.4. Metodikos pritaikymas banko ATM tinklo paslaugų teikimo tyrimui

Tyrimui naudoti 21 bankomato duomenys, kurie yra įdiegti skirtinguose Lietuvos miestuose. Bankomatai yra daugia-valiutiniai, tai yra teikia keletą valiutų: litus, ir eurus arba dolerius. Analizės laikotarpis nuo 2008.12.12 iki 2009.05.12 (6 mėn.). Duomenys buvo sugrupuoti į 47 duomenų grupes: pagal ATM kasetes (nominalą) ir valiutą (LT, USD, EUR).

Banko ATM tinkle per dieną be paklausos cirkuliuoja apie 3 mln. litų. Dėl didelio sugrįžtančių pinigų lygio, kuris siekia 35,98%, bankas patiria ženkliai išlaidas, kurios yra susijusios su grynujų pinigų kaina, grynujų pinigų inkasacija, grynujų pinigų paruošimu inkasacijai ir apskaita. Bankas įsidiegęs sprendimą per 3 metus galėtų ATM grynujų pinigų valdymo efektyvumą

padidinti 70% (grįžtančių pinigų lygis siektų ne daugiau kaip 20%, tiksliai prognozuojamiems mažesnis nei 10%). Sprendimas yra susijęs ne tik su kaštu mažinimu, bet dėl padidėjusios ATM grynujų pinigų valdymo kokybės turėtų didėti ir pardavimų pajamos (būtų išnaudojamos dar šiuo metu neišnaudotos galimybės su esamomis ATM paslaugomis).

ATM pasiekiamumo vidutinis lygis yra apie 98,27%. Šis rodiklis rodo, kad ATM yra techniškai aptarnaujami labai gerai, tai yra dėl techninių nesklandumų bankomatų prieinamumas nėra ženkliai įtakojamas (mažėja). Neprieinamumas dėl techninių gedimų siekia 1,73%. Šie duomenys neapima bankomatų prieinamumo vertinimo, atsižvelgiant į tai, kad ATM stovėjo be pinigų. Geras prieinamumo lygis yra tarp 98 – 99,9% (vertinant visus galimus faktorius, kurie gali įtakoti ATM paslaugų teikimą). ATM laikomas prieinamu, tuomet kai banko klientas gali gauti paslaugas (pav.: išsigryninti grynuosius pinigus).

Nagrinėjamų rodiklių tarpusavio koreliacijos lygiai²⁵:

24. lentelė ATM tinklo veiklos rodiklių tarpusavio koreliacija

	Nominalas	Valiuta	CB%	Off-time	Vieta	Inkasacijų skaičius	Inkasacijų klaidos	C-IN	C-BC
Nominalas	1,00	0,14	-0,12	-0,11	-0,01	0,23	-0,09	0,43	0,42
Valiuta	0,14	1,00	0,26	-0,16	0,00	0,11	0,02	0,15	0,27
CB%	-0,12	0,26	1,00	-0,21	-0,05	-0,09	0,06	0,04	-0,35
Off-time	-0,11	-0,16	-0,21	1,00	0,23	-0,21	-0,07	-0,22	-0,11
Vieta	-0,01	0,00	-0,05	0,23	1,00	-0,01	0,20	-0,38	-0,21
Inkasacijų skaičius	0,23	0,11	-0,09	-0,21	-0,01	1,00	0,38	0,57	0,58
Inkasacijų klaidos	-0,09	0,02	0,06	-0,07	0,20	0,38	1,00	-0,04	-0,05
C-IN dydis	0,43	0,15	0,04	-0,22	-0,38	0,57	-0,04	1,00	0,78
C-BC dydis	0,42	0,27	-0,35	-0,11	-0,21	0,58	-0,05	0,78	1,00

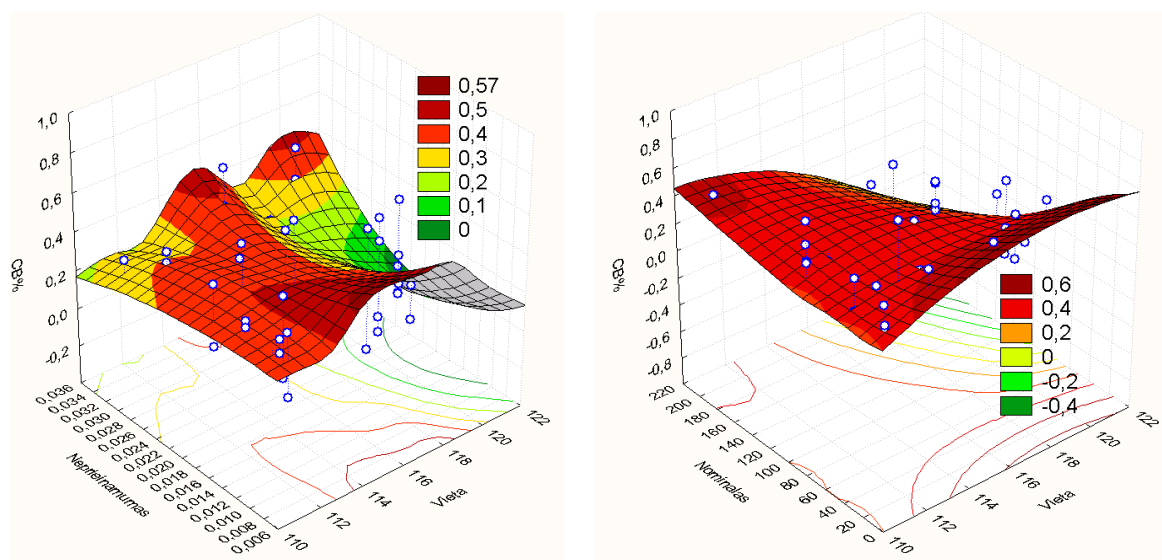
Vidutinis grįžtančių pinigų lygis (angl. cash-back) yra 35,98%. ATM tinkluose, kuriuose grynujų pinigų valdymas yra efektyvus, grįžtančių pinigų lygis svyruoja tarp 10-15%, labai efektyviai valdomuose tinkluose šis rodiklis yra mažesnis už 10%. Tinklų grynujų pinigų valdymo efektyvumą lemia du faktoriai. Vienas iš jų yra aiškiai apibrėžtas ir valdomas ATM grynujų pinigų

²⁵ Pažymėtos koreliacijos yra reikšmingos, kaip $p < 0,05$

procesas (aprašytos procedūros, tvarka, vertinimo kriterijai; yra taikomos valdymo, kontrolės, konfigūracijos, veiklos kokybės vertinimo sistemos ir t.t.). Antras faktorius yra naudojamos automatizuotos sistemos, kurios leidžia įvertinti paslaugų teikimo poreikius, jų apimtis bei efektyviai planuoti ir valdyti paslaugų teikimą ir aptarnavimą. Be tokio pobūdžio sistemų efektyviam tinklo aptarnavimui reikalingas didelis žmogiškųjų resursų kiekis, sunku optimaliai planuoti darbą.

24. lentelėje pateikta ATM tinklo veiklos kriterijų koreliacinė analizė. Paryškintos statistiškai reikšmingos rodiklių koreliacijos. Visos priklausomybės yra tendencingos. Pavyzdžiui, esant didesnio nominalo kupiūroms, grįžtančių pinigų skaičius taip pat didėja. Inkasacijų klaidų lygis priklauso nuo inkasacijų skaičiaus, didėjant inkasacijų skaičiui didėja ir klaidos. Inkasacijų skaičius yra tiesiogiai proporcingas grįžtančių pinigų lygiui. Yra stipri tiesioginė priklausomybė tarp inkasuojamų pinigų ir grįžtančių pinigų.

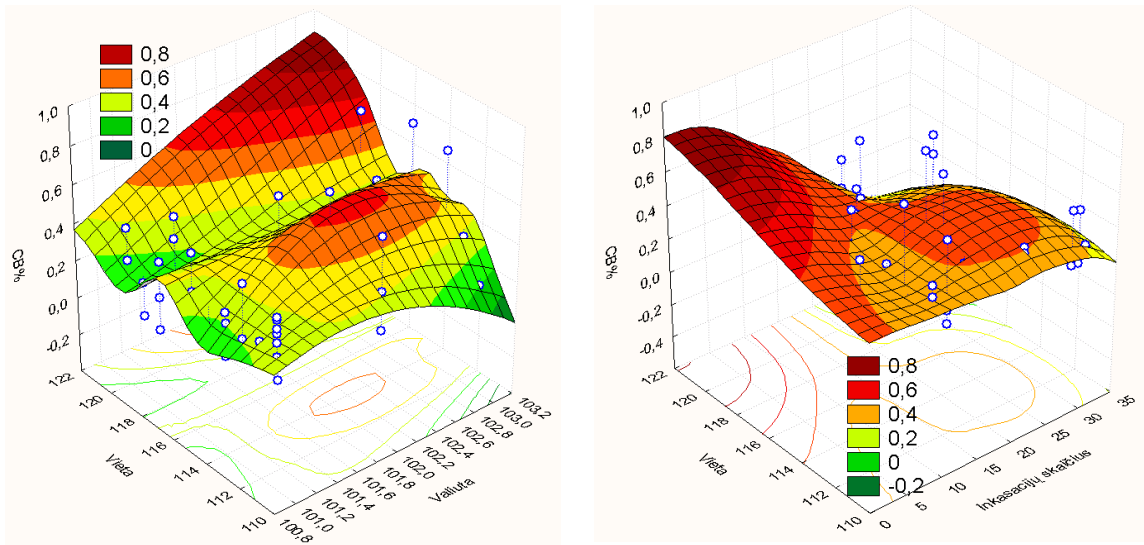
Prieinamumo dėl techninių problemų įtaka nėra tendencinga. Skirtinguose vietovėse ji grįžtančių pinigų lygį įtakoja skirtingai. Pastebima, kad didesnis neprieinamumas, taip pat didina ir grįžtančių pinigų lygį.



96. pav. Grįžtančių pinigų lygio priklausomybės analizė (neprieinamumas, viena, nominalas).

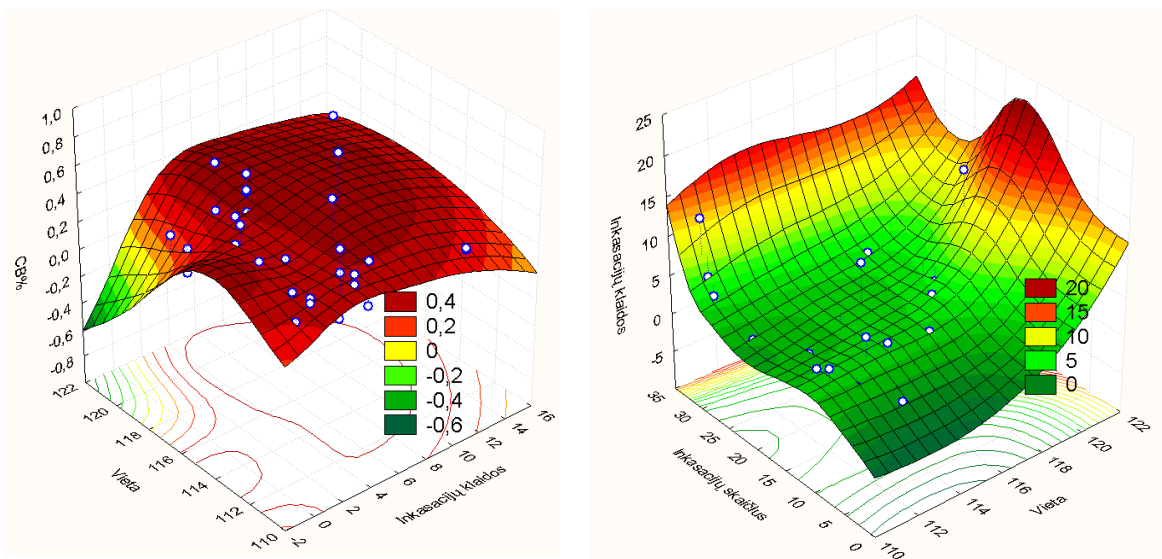
Grįžtančių pinigų lygis ženkliai įtakojamas nominalo, esant mažesniai nominalui grįžtančių pinigų lygis nežymiai didėja. Tokias tendencijas galima

paaiškinti tuo, kad žmonės pinigus išgrynina didelėmis sumomis, todėl lieka nominalų kupiūrų.



97. pav. Grįžtančių pinigų lygio priklausomybės analizė (vieta, valiuta)

Didžiuosiuose miestuose valiuta neturi didelės įtakos grįžtančių pinigų lygiui. Daugiausiai sugrįžta eurų, litų mažiausiai, dolerių vidutiniškai.



98. pav. Grįžtančių pinigų lygio priklausomybės analizė

Pastebima akivaizdi tendencija, kad didėjant inkasacijų skaičiui, kurios tenka vienam inkasacijų klaidų lygis didėja ir atvirkščiai. Aiškiai matyti, kad didesnis inkasacijų klaidų skaičius įtakoja didesnę grįžtančių pinigų lygį.

7.5. Septinto skyriaus apibendrinimas ir išvados

Sukurti dviejų tipų ATM tinklų našumo vertinimo modeliai: aukštos ir žemos cirkuliacijos. Modelių našumo kriterijai parinkti pagal suformuotą savitarnos sistemos našumo vertinimo modelį, analizuojamas vidinis ir apimčių našumas (masto, kainos, ir išteklių paskirstymo našumo komponentės).

Skaičiavimai atlikti su MatLab paketu. Sukurtos MatLab funkcijos, kurios leidžia įvertinti ATM tinklo našumą ir numatyti metodus jo tobulinimui, lyginant tradicinius laiko eilučių (Holto, Vinterio ir ARMA) ir neuroninių tinklų prognozavimo metodus. Vertinama sukurto ANN prognozavimo metodo kokybę ir jo pranašumas prieš klasikinius metodus.

Detalizuoti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai. Modeliavimas atliktas su 361 bankomato duomenimis, kurie gauti iš Indijos banko, valdančio 5500 ATM tinklą. Atlikta ANN metodo prognozavimo tikslumo analizė. Nustatyta, kad 28 bankomatų pinigų poreikio prognozavimo tikslumas yra aukštas (MAPE% nesiekia 23%), 148 yra vidutiniškai tikslus, 115 yra vidutinis, 40 pakankamas ir 30 nepakankamas. Sukurtas ANN prognozavimo metodas gali pakankamai tiksliai prognozuoti pinigų poreikį.

ATM buvo suskirstyti į 3 grupes: *tikslūs*, šių ATM prognozavimo MAPE yra intervale [0; 22], *vidutiniai* MAPE [31; 40], ir *netikslūs* [51, 60]. Kiekvienam tiriamam ATM parinktas optimalus tradicinis laiko eilučių prognozavimo modelis ir įvertintas jo prognozavimo tikslumas. Gauti modeliavimo rezultatai rodo, kad bankomatai, kurių prognozavimo MAPE, naudojant ANN metodus yra intervale [0; 22] gali būti sėkmingai prognozuojami ir klasikiniiais laiko eilučių modeliais. Rekomenduojama naudoti Vinterio modelius, kurių tipinė alfa [0,1; 0,4], beta [0,1], gama [0,1; 0,3], phi didelės reikšmės neturi. ARMA modelių MAPE yra nepakankamas 51,5%. Vidutinio tikslumo bankomatų grupėje tiksliausiai prognozavimo ANN metodas, jo vidutinė MAPE yra 40%, klasikinių metodų MAPE prognozavimo paklaidos yra ženklai didesnės Holto modelių ~69%, Vinterio modelių ~53%, o ARMA labai netikslūs ~144%. Netikslių bankomatų grupėje ANN metodas atskleidė neabejotiną pranašumą, jo vidutinė MAPE siekė apie 53,2%, tuo

tarpu klasikinių metodų prognozavimo paklaidos yra labai didelės, Holto modelių ~290%, Vinterio modelių ~163%. ANN metodas yra pranašesnis už klasikinius laiko eilučių prognozavimo metodus, jeigu vertinsime ATM pinigų poreikio prognozavimą. ANN metodas leidžia išlaikyti pakankamai gerus prognozavimo rezultatus, dirbant su įvairiomis pinigų poreikio eilutėmis, jis lanksčiai pritaiko prie įvairių laiko eilutės procesų.

Atliktas didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimas, įvertintas optimalus (kai naudojamas ANN metodas) ir tipiniai modeliai. ANN modelio vidutinis našumas tikslių bankomatų grupei yra 17,73% (vertinant praradimus 11,16%). Optimalus modelis, lyginant su tipiniu yra 18% našesnis. Šis kriterijus charakterizuoja masto našumo komponentę ir parodo kiek našiau galima naudoti turimus resursus. Jis priskirtinas prie finansinių našumo kriterijų, našumą vertina tik dalinai. Grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 90%. Šis kriterijus parodo resursų paskirstymo našumą. ANN modelio vidutinis našumas vidutinių ATM grupei yra 26,27% (vertinant praradimus 12,18%), grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 248%. Netikslių bankomatų grupės našumas siekia 32,2% (vertinant praradimus 11,16%), o grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 653%. Nauda be praradimų netikslių ATM grupėje yra didžiausia, jos didėjimą lemia akivaizdūs faktai, tai yra sunkiai prognozuojamuose ATM kraunamos didesnė pinigų sumos, nes standartinis nuokrypis yra gerokai didesnis nei tikslių ar vidutinių grupių modelių atveju.

Atlikus klasikinių modelių ir ANN duodamos naudos palyginimą konkreitiems bankomatams, nustatyta, kad tikslių bankomatų grupėje ANN ekonominė nauda, modeliuojant pinigų užkrovimą, skiriasi nežymiai. ANN metodai leidžia pasiekti didesnę našumą, netgi vertinant tokius ATM, kurių prognozavimo MAPE Holto ir Vinterio modeliams yra mažesnė. Vidutinių bankomatų grupėje pranašesnis ANN metodas, tačiau nežymiai, vertinant tokius ATM, kurių prognozavimo MAPE Holto ir Vinterio modeliams yra mažesnė. Tuo tarpu netikslių bankomatų grupėje skirtumą tarp ANN ir klasikinių metodų, našumo atžvilgiu yra didelis, lyginant su dviejų pirmųjų grupių rezultatais.

Atliktas didelio apkrautumo ATM tinklų pelningumo modeliavimas. Tikslių ATM grupės atžvilgiu, per dieną 5000 bankomatų tinklas gali sutaupyti 4250 eurų, o paskolinus atlaisvintus pinigus uždirbti 2660 eurų. Bendra taupymo ir pelno nauda per dieną siektų 6900 eurų, tai per metus leistų gauti 2,52 milijonų eurų naudą. Visų modelių grupių pasiekiamas naudos vidurkis per metus yra 2,35 milijonų eurų.

Aprašyti mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai. Modeliavimas atliktas su 5 ATM duomenimis, kurie gauti iš vieno Lietuvos banko. Atlikta ANN metodo ir tradicinių laiko eilučių prognozavimo tikslumo analizė, naudojant dienos ir savaitės duomenis. Prognozuojant dienos pinigų poreikį, tiksliausius rezultatus pasiekė ANN, šio metodo vidutinė MAPE visiems ATM siekė 62,9%. Toks rezultatas rodo, kad prognozė yra nepatikima, tačiau nepatikimus rezultatus lėmė dideli pinigų vartojimo svyravimai. Duomenyse akivaizdžiai matomi dideli pinigų vartojimo pikai. Holto, Vinterio ir ARMA metodai buvo labai netikslūs, jų MAPE atitinkamai yra ~270%, ~218% ir 550%. Gauti savaitės prognozės rezultatai yra geresni. ANN prognozavimo klaida MAPE 22,4%, Holto modelių ~12%, Vinerio 13,7%. Šiuo atveju klasikiniai metodai buvo geresni už ANN, tačiau tai yra dėsninga kuomet laiko eilutė yra tiksliai prognozuojama su ANN, klasikiniai metodai pasiekia gerus rezultatus. ANN prognozei esant mažiau tikslesnei jų rezultatai blogėja.

Atliktas mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimas, įvertintas optimalus (kai naudojamas ANN metodas) ir tipiniai modelis (realus banko procesas). Optimaliu atveju vidutiniškai grįžtančių pinigų apimtys sudarė 13,15%. Tipiniu atveju 37,23%. Naudojant sukurtą ATM tinklų pinigų valdymo modelį, grįžtančių pinigų apimtys sumažinamos 24,08%, lyginant su realiu scenarijumi. Modelio efektyvumas (UŽ) rodo, kad panaudojus sukurtą ANN metodą ir optimizavimo procedūrą, konkrečių bankomatų pinigų tiekimo našumą galima padidinti 44,75% (ATM5001), 45,90% (ATM2001).

8. BENDROS IŠVADOS

1. Atlikus elektroninių ir savitarnos paslaugų sistemų kokybės ir produktyvumo valdymo metodų analizę, nustatyta kad
 - a) paslaugų produktyvumo valdymo srityje yra atlikta labai mažai empirinių tyrimų;
 - b) dažniausiai taikomi 6 e-paslaugų kokybės valdymo modeliai: IT suderinimo modelis; Atributų ir bendro poveikio modelis; Vidinių paslaugų kokybės modelis, DEA analizė; Internetinės bankininkystės modelis; IT paremtas modelis ir Elektroninių paslaugų kokybės modelis.
 - c) produktyvumas susideda iš 4 komponentų: kainos, išteklių paskirstymo, technologinio ir masto našumo;
 - d) pagrindinė produktyvumo dilema yra pajamų ir kaštų subalansavimas, nes paslaugų negalima sandėliuoti;
 - e) vienintelis teoriškai ir praktiškai reikšmingas būdas suskaičiuoti paslaugų produktyvumą yra finansiniai kriterijai.
2. Atlikus bankomatų tinklų valdymo ir agentų sistemų pritaikymo bankomatų tinklų valdymui analizę nustatyta, kad:
 - a) yra 3 bankomatų tinklų valdymo modeliai: (1) visiškas funkcijų perdavimas, (2) dalinis funkcijų perdavimas ir (3) funkcijų išlaikymas;
 - b) ATM tinklų operacijų efektyvumą galima padidinti diegiant pažangesnius techninius sprendimus, sinchronizuojant operatorių tarpusavio darbą, sukuriant ir diegiant pažangias našumo valdymo sistemas, panaudojant tinklą naujų paslaugų teikimui, ir didinat saugumą.
 - c) su grynaisiais pinigais susiję kaštai sudaro 26% visų bankomatų tinklo aptarnavimo išlaidų, todėl grynujų pinigų valdymo funkcijų našumo didinimas gali reikšmingai sumažinti bankomatų palaikymo kaštus, jeigu gryniesiems pinigams ar kitoms aptarnavimo funkcijoms nėra efektyviai planuojamos.

- d) protingi agentai bankomatų tinkluose gali būti panaudojami didinti: resursų tiekimo ir apimčių, bankomato vietos parinkimo, bei netikėtų situacijų identifikavimo našumą.
3. Atlikus technologijų analizę, nustatyta kad bankomatų tinklų grynujų pinigų valdymo platformos kūrimui tinkamiausia yra J2EE platforma, o multi-agentų sistemos kūrimui JADE platforma.
 4. Sukurtas bankomatų grynujų pinigų valdymo multi-agentų modelis leidžia sprendimus priimti realiu laiku:
 - a) modelį sudaro agentų servisų sąrašas, agentų valdymo sistema, agentų brokeris, apmokymo agentas, prognozavimo agentas, optimizavimo agentas, sesijos agentas ir duomenų teikimo agentas.
 - b) agentai yra atsakingi už lankstaus neuroninio tinklo realizavimą: duomenų paruošimą (normalizavimą), neuroninio tinklo apmokymą, adaptavimą, resursų poreikio prognozavimą; ir optimizavimo procedūros realizavimą.
 - c) kiekvienam bankomatui realiu laiku yra sukuriamas ir valdomas vienas lankstų neuroninį tinklą ir optimizavimo procedūrą realizuojančių agentų rinkinys.
 5. Atlikus dirbtinių neuroninių tinklų taikymo laiko eilučių prognozavimui analizę, nustatyta, kad:
 - a) neuroninių tinklų kokybė yra ženkliai didesnė, kai prognozavimui naudojamos mažos apimties laiko eilutės;
 - b) prognozuojant didelės apimties laiko eilutes, tradicinių ir ANN metodų rezultatai yra labai panašūs;
 - c) tinkamai parinktas neuroninis tinklas yra efektyvesnis už atitinkamus tradicinius algoritmus, kai yra prognozuojamos įvairaus sudėtingumo laiko eilutės.
 - d) prognozuojant tiesines priklausomybes turinčius duomenis, geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su statistiniais metodais; tuo tarpu prognozuojant netiesines priklausomybes turinčius duomenis,

geresnis prognozavimo tikslumas yra pasiekiamas su neuroniniais tinklais.

6. Atlikta neuroninių tinklų taikymo finansų sektoriuje analizė rodo, kad ANN pagalba galima pasiekti geresnius rezultatus nei taikant tradicinius statistikos metodus. Jų unikalios mokymosi galimybės leidžia spręsti sudėtingas finansų valdymo problemas, užtikrina didesnę našumą ir efektyvumą.
7. Bankomatų grynujų pinigų poreikį tiksliai galima prognozuoti naudojant:
 - a) tiesioginio sklidimo daugiasluoksnį neuroninį tinklą su vienu paslėptu sluoksniu, penkiolika neuronų paslėptame sluoksnyje (perdavimo funkcija - hiperbolinis tangentas) ir vienu išėjimu (tiesinis neuronas);
 - b) šešiais įėjimais: paskutinių 7 dienų pinigų poreikio vidurkį, savaitės dieną, metų mėnesį, mėnesio dieną, dienos likusias iki švenčių, ir laiko eilutės įrašo numerį.
 - c) vienu išėjimu: pinigų poreikio prognozė sekančiais dienai arba nustatytam diskretiškumui.
 - d) neuroninio tinklo lankstumas reguliuojamas apribojant neuroninių tinklų svorius. Lankstumas nustatomas adaptyviai realiu laiku, priklausomai nuo proceso sudėtingumo, todėl toks tinklas gali geriau dirbti su nematytais duomenimis;
 - e) neuroninio tinklo apmokymui taikomas *Levenberg-Marquardt* algoritmas, naudojantis pirmos eilės išvestines.
8. Atlikus procesų tobulinimo metodikų ir metodologijų analizę pastebėta:
 - a) paslaugų sistemų procesų pokyčiams įgyvendinti tikslingiau naudoti nuoseklias verslo procesų tobulinimo metodikas;
 - b) tinkamiausios metodikos yra Six sigma ir Lean. Six Sigma metodika tinka įvertinti paslaugos proceso darbo našumą ir suformuoti kontrolės mechanizmą jo nuosekliam tobulinimui. Lean metodika geriausiai tinka identifikuoti vertę negeneruojančius procesus ir juos pašalinti iš vertės grandinės;

- c) paslaugų sistemų procesų tobulinimas turi būti orientuotas į vidinį paslaugų sistemos našumo gerinimą, tobulinant tris našumo komponentes: kaštų, išteklių paskirstymo ir masto našumą;
 - d) metodikos ir metodai nepateikia aiškiai apibrėžto tobulinimų realizacijos proceso;
 - e) patobulinimų duodama nauda priklauso nuo sistemingo jų įdiegimo;
9. Sukurta savitarnos sistemų vertinimo ir procesų tobulinimo metodiką, leidžia įvertinti ir sistemingai įdiegti numatytus paslaugų sistemos patobulinius ir našumo valdymo įrankius:
- a) paslaugos teikimo vertinimas turi būti atliekamas pagal e-paslaugų naudos/ vertės kriterijus: aplinkos savybės, saugumas, komunikacijos greitis, patikimumas, vartotojų pagalba, atsakomumas, informacijos pilnumas, prieinamumas, teikimas ir suasmeninimas.
 - b) savitarnos terminalų vidinį našumą galima padidinti naudojant pigesnius palaikymo resursus, diegiant pažangesnius technologinius sprendimus, jeigu tai neigiamai neįtakoja kokybės; arba našiau paskirstant išteklius.
 - c) našesnę išteklių paskirstymą galima atlikti, turint tikslias paslaugų poreikio prognozavimo priemones;
10. Sukurta bankomatų grynujų pinigų valdymo sistema, leidžia sumažinti paslaugų teikimo išlaidas, neįtakojant teikiamų paslaugų kokybės:
- a) bankomatų paslaugų teikimo išlaidos mažinamos optimizuojant resursų tiekimo kaštus: pinigų palūkanų, pinigų draudimo, ir inkasacijos.
 - b) paslaugų kokybės užtikrinti tikslo funkcijoje naudojamas baudos narys didinantis aptarnavimo kaštus, jeigu neaptarnaujami daugiau kaip 2% klientų;
 - c) sukurta bankomatų grynujų pinigų valdymo optimizavimo funkcija parenka tokį pinigų užkrovimo kiekį, kuris minimizuoja bankomato funkcionavimo išlaidas;

- d) jeigu bankomatų tinklas yra mažesnis už 1000, tikslo funkcijos optimizavimui turi būti naudojamas detalus galimų sprendimų perrinkimas užduotu pinigų poreikio žingsniu;
- e) jeigu bankomatų tinklas yra didesnis už 1000, tikslo funkcijos optimizavimui turi būti naudojamas stochastinis modeliuojamo atkaitinimo/ ataušinimo metodas;

11. Atlikus didelio ir mažo apkrautumo bankomatų tinklų pelningumo tyrimus nustatyta, kad:

- a) sukurtas lankstus neuroninių tinklų prognozavimo metodas yra pranašesnis už klasikinius laiko eilučių prognozavimo metodus (slankiųjų vidurkių, Holto, Vinterio, ARMA), ir gali pakankamai (vidutinė absoliutinė prognozavimo klaida yra 33%, vertinant įvairaus sudėtingumo laiko eilutes) tiksliai prognozuoti įvairias bankomatų grynujų pinigų poreikio laiko eilutes;
- b) bankomatų grynujų pinigų poreikio laiko eilutės, turinčios aiškias sezoniškumo priklausomybes (savaitės diena, mėnesio diena, metų mėnuo ir dienos iki švenčių) yra tiksliai prognozuojamos tiek taikant lankstų neuroninių tinklų modelį, tiek ir klasikinius laiko eilučių prognozavimo metodus (slankiųjų vidurkių, Holto, Vinterio, ARMA).
- c) didelio ir mažo apkrautumo bankomatų tinkluose, naudojamas lankstus neuroninių tinklų metodas ir sukurta optimizavimo procedūra, leidžia sumažinti grįžtančių pinigų apimtį 24 procentais ir padidinti grynujų pinigų valdymo našumą 33 procentais;

12. Sukurta multi-agentų sistema ir lankstus neuroninių tinklų metodas realizuotas UAB „Penkių kontinentų bankinės technologijos“ bankomatų tinklų valdymo produkte, kaip vienas iš modulių, skirtų valdyti bankomatų tinklo pinigų planavimą.

LITERATŪRA

1. Abbott, R. (1991), "The process of process improvement: your total quality management tool bag", IBM Technical Report, April.
2. Achanga, P. (2006), "Critical success factors for lean implementation within SMEs", Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17 No. 4, pp. 460-71;
3. Adam R. Brentnall, ir kiti, (2008) Adam R. Brentnall, Martin J. Crowder, David J. Hand, 2008. Predicting the amount individuals withdraw at cash machines, 23rd International Workshop on Statistical Modelling.
4. AgentLink III, (2004) Agent Technology Roadmap: Overview and Consultation Report, (interaktyvus): AgentLink III, December 2004; (žiūrėta 2005 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: <<http://www.agentlink.org/>>
5. AgentLink, (2004) AgentLink „Agent technology roadmap: overview and consultation report, AgentLink III, 2004;
6. Agrawal (2009) Divyakant Agrawal, The Reality of Real-Time Business Intelligence//Business Intelligence for the Real-Time Enterprise; Lecture Notes in Business Information Processing, 2009, Volume 27, p. 75-88
7. Ajoy K., (2005), Ajoy K. Palit and Dobrivoje Popovic, Computational intelligence in time series forecasting: theory and engineering applications. – (Advances in industrial control), Time-series analysis – Data processing, Computational intelligence, ISBN-10: 1-85233-948-9, Springer-Verlag London Limited 2005;
8. Aldlaigan, A. and Buttle, A. (2002), "SYSTRA-SQ: a new measure of banks service quality", International Journal of Service Industry Management, Vol. 13 No. 4, pp. 362-81;
9. Al-Hawari, M. and Ward, T. (2006), "The effect of automated service quality on Australian banks' financial performance and the mediating role of customer satisfaction", Marketing Intelligence & Planning, Vol. 24 No. 2, pp. 127-47;
10. Amari S and Maginu K (1988) Statistical neurodynamics of associative memory, Neural Networks 1: 63–73.
11. Anderson ir kiti, (1997), Anderson EW, Fornell C, Rust RT. Customer satisfaction, productivity, and profitability: differences between goods and services. Mark Sci 1997; 16(2):129–45.
12. Andreas Bitterer (2008), Who's Who in Open-Source Business Intelligence, Publication Date: 16 April 2008 ID Number: G00156326; (žiūrėta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.gartner.com/DisplayDocument?id=648707>
13. Andries P. Engelbrecht (2002), Computational intelligence an introduction, University of Pretoria South Africa, ISBN 0-470-84870-7, 288 pages, John Wiley & Sons, Ltd;
14. Arnheiter, E. and Maleyeff, J. (2005), "The integration of lean management and six sigma", The TQM Magazine, Vol. 17 No. 1, pp. 5-18;
15. B. Azvine, (2005) B. Azvine, Z. Cui and D. D. Nauck, Towards real-time business intelligence, Journal BT Technology Journal, Publisher Springer Netherlands, ISSN 1358-3948 (Print) 1573-1995 (Online), Issue Volume 23, Number 3 / July, 2005, Pages 214-225, SpringerLink Date Thursday, September 08, 2005: <http://www.springerlink.com/content/g7747882254678h9/>
16. Bahia, K. and Nantel, J. (2000), "A reliable and valid measurement scale for the perceived service quality of banks", The International Journal of Bank Marketing, Vol. 18 No. 2, pp. 84-91;
17. Barry Povey (1998) The development of a best practice business process improvement methodology, Benchmarking for Quality, Management & Technology, Vol. 5 No. 1, 1998, pp. 27-44;
18. Baum EB and Haussler D (1989) What Size Net Gives Valid Generalisation? Neural Computation 1:151–160.
19. Bellifemine ir kiti, (2003), F. Bellifemine, G. Caire, A. Poggi, G. Rimassa, JADE - A White Pape. Sept. 2003, <http://jade.tilab.com/>
20. Berkley ir Gupta, (1994), Berkley, B.J., Gupta, A. (1994), "Improving service quality with information technology", International Journal of Information Management, Vol. 14 pp.109-21.
21. Berry, (1980), Berry, L. L. 1980; Services marketing is different. Business (May-June), 24-29;
22. Bezdek JC (1992a), On the relationship between neural networks, pattern recognition and intelligence. Int. J. Approximated Reasoning, 6: 85-102;
23. Berson, A., Smith, S., Thearling, K. (2002), *Building Data Mining Applications for CRM*, Tata McGraw-Hill, Delhi, .
24. Bicheno, J. (2004). The New Lean Toolbox towards Fast and Flexible Flow, PICSIE Books, Buckingham;
25. Bisgaard, S. and Freiesleben, J. (2004), "Six sigma and the bottom line", Quality Pro-gress, Vol. 3 No. 9, p. 57;
26. Bishop C. M. (1996) Neural Networks for Pattern Recognition. – Oxford: Clarendon Press, 1996. - 482 p.
27. Bo Enquist et al. (2007), Bo Edvardsson and Samuel Petros Sebhatu, Values-based service quality for sustainable business, Managing Service Quality, Vol. 17 No. 4, 2007, pp. 385-403, Emerald Group Publishing Limited;
28. Boeschoten, W. (1992) Currency use and payment patterns. Financial and Monetary Policy Studies, 23. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
29. Boeschoten, W. (1998) Cash management, payment patterns and the demand for money. De Economist 146, No. 1, 117–142.

30. Boyer ir kiti., (2002). Boyer, K.K., Hallowell, R., Roth, A.V. (2002), "E-services: operations strategy – a case study and a method for analyzing operational benefits", *Journal of Operations Management*, Vol. 20 No.2, pp.175-88.
31. Boris Evelson (2008), *The Forrester Wave™: Enterprise Business Intelligence Platforms*, Q3 2008; July 31, 2008, (žiūrėta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.forrester.com/Research/Document/Excerpt/0,7211,44724,00.html>
32. Brache, A. and Rummel, G. (1997), "Managing an organization as a system", *Training*, Vol. 34 No. 2, pp. 68-74;
33. Bratman, (1987) M. Bratman. *Intention, Plans, and Practical Reason*. Harvard University Press. Cambridge, MA, USA. 1987.
34. Brian ir kiti, (1987) Chase, R. B. 1978. *Where Does the Customer Fit in a Service Operation?*, *Harvard Business Review*, 56 (6), 137-142;
35. Brockett, P. L., Cooper, W. W., Golden, L. L. and Xia, X. (1997). *A case study in applying neural networks to predicting insolvency for property and Smith, Kate(Editor). Neural Networks in Business: Techniques and Applications*. Hershey, PA, USA: Idea Group Publishing, 2002.
36. Broderick ir Vachirapornpuk, (2002) Broderick, A.J., Vachirapornpuk, S. (2002), "Service quality in internet banking: the importance of customer role", *Marketing Intelligence & Planning*, Vol. 20 No.6, pp.327-35.
37. Broomhead DS and Lowe D (1988) *Multivariable functional interpolation and adaptive networks*. *Complex Systems* 2: 321–355.
38. *Business Process Maturity Model (BPMM, 2008)*, Version 1.0, OMG Document Number: formal/2008-06-01, Standard document URL: <http://www.omg.org/spec/BPMM/1.0/PDF>;
39. Boguslauskas V. (1997) *Ekonometrija : mokomoji knyga / V. Boguslauskas. - K. : Technologija, 1997. - 140 p. : iliustr. - Bibliogr.: p.140.*
40. Carley, (2004) Carley, K. M. 2004. *Smart agents and organizations of the future*. URL: <http://sds.hss.cmu.edu/faculty/carley/carley.htm>
41. Caudron, S. (2002), "Just say NO to training fads", *Training & Development*, Vol. 56 No. 6, pp. 39-43;
42. Chase ir Haynes, (2000) Chase RB, Haynes RM. *Service operations management. A field guide*. In: Swartz TA, Iacobucci D, editors. *Handbook of services marketing and management*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2000. pp. 455– 72.
43. Checkland, P. (1981), *Systems Thinking, Systems Practice*, John Wiley, Chichester.
44. Chong, H., White, R. and Prybutok, V. (2001), "Relationship among organizational support, JIT implementation, and performance", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 101 No. 6, pp. 273-80;
45. Cybenko G (1989) *Approximation by superpositions of a sigmoidal function*. *Mathematical Control Signals Systems* 2:303–314.
46. Claycomb, C., Germain, R. and Droge, C. (1999), "Total systems JIT outcomes: in-ventory, organization and financial effects", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 29 No. 10, p. 612;
47. Cottrell, M., De Bodt, E., Henrion, E. F. and Gregoire, P. (1997). *Simulating interest rate structure evolution on a long term horizon: A Kohonen map application*. *Decision Technologies for Financial Engineering. Proceedings of the Fourth International Conference on Neural Networks in the Capital Markets*, Singapore: World Scientific, 162-174.
48. Cowan ir Griss, (2002) Cowan, D. and M. Griss, *Making Software Agent Technology Available to Enterprise Applications*. HP Labs Technical Reports, 2002
49. Cox, J. and Dale, B.G. (2001), "Service quality and e-commerce: an exploratory analysis", *Managing Service Quality*, Vol. 11 No. 2, pp. 121-31;
50. Cronin, J.J. (2003), "Looking back to see forward in services marketing: some ideas to consider", *Managing Service Quality*, Vol. 13 No. 5, pp. 332-7;
51. D'Ambrosio, (2006), D'Ambrosio, C.; Fox, M & Hayes: *2006 ATM Deployer Study*, Boston;
52. Dabholkar ir kiti (2003) Dabholkar, P.A., Bobbitt, L.M., Lee, E-J, "Understanding consumer motivation and behaviour related to self-scanning in retailing: implications for strategy and research on technology-based self-service", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 14 No.1, pp.59-95.
53. Dabholkar, (1996) Dabholkar, P.A., "Consumer evaluations of new technology-based self-service operations: an investigation of alternative models", *International Journal of Research in Marketing*, Vol. 13 No.1, pp.29-51.
54. Dag Naslund (2008), *Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods?* *Business Process Management Journal*, Vol. 14 No. 3, 2008, pp. 269-287, Emerald Group Publishing Limited;
55. Dan Sommer, Colleen Graham, Bhavish Sood, James Richardson (2007) *Market Share: Business Intelligence Platform Software, Worldwide, 2007*, 16 June 2008: <http://www.gartner.com/>
56. Darius Dilijonas (2009), Virgilijus Sakalauskas, Dalia Kriksciuniene, Rimvydas Simutis, *Intelligent system for retail banking optimization*, ICEIS 2009, Pro-ceedings of the 11th International Conference on Enterprise Information Systems, Volume AIDSS, Milan, Italy, May 6 - 10, 2009, 321-324, Printed in Portugal, ISBN: 978-989-8111-85-2;
57. *Datamonitor (2007a) Decision Matrix: Selecting a Business Intelligence Vendor (Competitor Focus) DMTC2105 / Published 04/2007*, *Datamonitor*, (žiūrėta 2008 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.datamonitor.com/industries/research/?pid=DMTC2105>
58. *Datamonitor (2007b), Business Intelligence in Retail Banking (Review Report), Business Intelligence across the enterprise, DMTC2167/ Published December 2007*, (žiūrėta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą:

- <http://www.datamonitor.com/industries/research/?pid=DMTC2167&type=Report> ATMs and Cash Dispensers Central and Eastern Europe 2007, Retail Banking Research Ltd. June 2007
59. Davenport, T.H. and Short, J.E. (1990), "The new industrial engineering: information technology and business process redesign", *Sloan Management Review*, Vol. 31 No. 4, Summer, pp. 11-27.
 60. David Hatch (2008), Predictive Analytics: Peer into the BI Crystal Ball, *Birželio 16*, 2008, (žiūrėta 2009 m. balandžio 10 d.). Prieiga per internetą: http://www.intelligententerprise.com/channels/business_intelligence/predictive_modeling/showArticle.jhtml?articleID=208404105
 61. David Stodder (2008), Special Report: BI Megatrends 2008, *Sausio 11*, 2008, (žiūrėta 2008 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: http://www.intelligententerprise.com/channels/business_intelligence/showArticle.jhtml?articleID=205602945&pgno=5
 62. Davis, D.N. (1997), Reactive and motivational agents: Towards a collective minder, Lecture notes in Artificial Intelligence 1193, Springer.
 63. Deboeck, G. and Kohonen, T. (1998). *Visual Explorations in Finance with Self-Organizing Maps*. London: Springer-Verlag.
 64. Deming, W.E. (1982, 1986), *Out of the Crisis*, Cambridge University Press, Cambridge;
 65. Denton JW (1995) How good are neural networks for causal forecasting? *J. of Business Forecasting* 14(2):17–20.
 66. Dilijonas, (2007), Darius Dilijonas, Lidija Bastina, Retail Banking Optimization System based on Multi-Agents Technology, 6th WSEAS Int. Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics, Tenerife, Spain, December 14-16, 2007 203 - 208
 67. Doug Henschen (2008), Are You Ready for Advanced Analytics? 2008 *Birželio 16*, (žiūrėta 2008 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: http://www.intelligententerprise.com/channels/business_intelligence/predictive_modeling/showArticle.jhtml?articleID=208404181
 68. Doug Henschen (2008), Special Report: Business Intelligence Gets Smart, 2008 *Rugsėjo 5*, (žiūrėta 2008 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: http://www.intelligententerprise.com/channels/business_intelligence/showArticle.jhtml?articleID=210500374
 69. Drehmann, M. and Goodhart, C. (2000) Is cash becoming technologically outmoded? Or does it remain necessary to facilitate "bad behaviour"? An empirical investigation into the determinants of cash holdings. Discussion Paper 358, LSE Financial Markets Group, Discussion Paper Series.
 70. Drehmann, M., Goodhart, C. and Krueger, M. (2002) The challenges facing currency usage: will the traditional transaction medium be able to resist competition from the new technologies? *Economic Policy*, Vol. 17, No. 34, 195–227.
 71. Dutta S., Shekhar S., (1988), Bond rating: A non-conservative application of neural networks. *Proc IEEE International Conference on Neural Networks*, 2: II443-II450.
 72. Dutta, S. and Shenkar, S. (1993). Bond rating: a non-conservative application of neural networks. In Trippi, R. and Turban, E. (Eds.), *Neural Networks in Finance and Investing*. Chicago: Probus Publishing Company.
 73. Eberhard R, Simpson P, and Dobbins R., (1995) *Computational intelligence PC tools*, Academic Press, Boston, USA;
 74. Eberhart, R., Shi, Y. (2007) *Computational intelligence*, Morgan Kaufman Publishers.
 75. Edvardsson ir kiti, (1991) Edvardsson B, Thomasson B, Øvretveit J. *Quality of service*. Cambridge, UK: McGraw-Hill, 1991.
 76. Edvardsson, B. (2005), "Service quality: beyond cognitive assessment", *Managing Service Quality*, Vol. 15 No. 2, pp. 127-31;
 77. Edvardsson, B. and Enquist, B. (2002), "The IKEA SAGA – how service culture drives service strategy", *The Service Industries Journal*, Vol. 22 No. 4, pp. 153-86;
 78. Edvardsson, B., Enquist, B. and Hay, M. (2006), "Values based service brands: narratives from IKEA", *Managing Service Quality*, Vol. 16 No. 3, pp. 230-46;
 79. Edvardsson, B., Gustafsson, A. and Roos, I. (2005a), "Service portraits in service research – a critical review", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 16 No. 1, pp. 107-21;
 80. Ekholm, (1984), *The business idea and its life path*. Research report. Fourth Annual Strategic Management Conference. (October, Philadelphia)
 81. Elman JL (1990) Finding structure in time. *Cognitive Science* 14: 179–211.
 82. Elzinga, D., Horak, T., Lee, C-Y. and Bruner, C. (1995), "Business process management: survey and methodology", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 96-70417, V 42 N2, May, pp. 119-28.
 83. Enquist, B. and Edvardsson, B. (2006), "Corporate service responsibility as a driving force for service brand cultivation", working paper, Karlstad University, Karlstad;
 84. Engelbrecht, A. (2002), *Computational intelligence*, John Wiley & Sons, Ltd.
 85. Etzioni, O., and Weld, D. S. (1995) Intelligent Agents on the Internet: Fact, Fiction, and Forecast. *IEEE Expert* 10(4): 44–49.
 86. F. Zambonelli, (2003) F. Zambonelli and H. V. Parunak, "Signs of a revolution in computer science and software engineering," *Engineering Societies for the Agents World (ESAW 2002)*. Lecture Notes in Artificial Intelligence 2577, 13–28, Springer, Berlin, 2003.

87. FIPA (2006) FIPA. Foundation for Intelligent Physical Agents, (žiūrėta 2006 m. sausio 21 d.). Prieiga per internetą: <<http://www.fipa.org>>.
88. Fitzsimmons, (2001) Fitzsimmons, J. A., M. J. Fitzsimmons. Service management: Operations, strategy, and information technology. Third edition. McGraw-Hill: New York, NY.
89. Forster WR, Collopy F, Ungar LH (1992) Neural network forecasting of short, noisy time series. Computers and Chemical Engineering 16(2): 293–297.
90. Franklin, S., and Graesser, A. (1996) Is It an Agent or Just a Program? A Taxonomy for Autonomous Agents. In Proceedings of the Third International Workshop on Agent Theories, Architectures, and Languages. New York: Springer-Verlag.
91. Fletcher, (1987) R. Fletcher: "Practical Methods of Optimization," Wiley, 1987.
92. Garavaglia, S. (1996). Determination of systematic risk in U. S. businesses using Sammon's mapping and self-organizing maps. World Congress on Neural Networks. International Neural Network Society 1996 Annual Meeting, 83-140.
93. Gartner, (2008, ET) Gartner: Emerging Technologies Will Help Drive Mainstream BI Adoption, 2008: <http://www.gartner.com/>;
94. Gartner, (2008, FOT) Front-Office Technologies (Banking and Investment Services);
95. Gartner, BI (2008), Hype Cycle for Business Intelligence and Performance Management, 2008;
96. Gangadharan, G.R., Swamy, N.S. (2004), "Business intelligence systems: design and implementation strategies", *Proceedings of 26th International Conference on Information Technology Interfaces, Cavtat, Croatia*.
97. Ghosh ir kiti, (2004) Sid Ghosh, Heston Surjadjaja, Jiju Antony. Optimisation of the determinants of e-service operations, *Journal:Business Process Management Journal*, 2004, Volume:10, Issue:6, p. 616 - 635, Emerald Group Publishing Limited
98. Gronroos, (1990), Service management and marketing. Lexington Books. Lexington, MA;
99. Gronroos, (2000), Service management and marketing. A customer relationshipmanagement approach. Chichester: Wiley, 2000
100. Gronroosa ir kiti, (2004) Christian Gronroosa, Katri Ojasalob, Service productivity Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in services, *Journal of Business Research* 57 (2004), Elsevier Inc. p 414– 423
101. Grossberg S (1988) Competitive Learning: From interactive activation to adaptive resonance, *Neural Networks and Neural Intelligence*, Grossberg S. (Eds.), MIT Press, Cambridge, MA.
102. Grudnitski, G. and Osburn, L. (1993). Forecasting S& P and gold futures prices: an application of neural networks. *Journal of Futures Markets*, 13, 631-643.
103. Gummesson, (1998), E. Productivity, quality and relationship marketing in service operations // *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 1998, 10/1, p.4-15.
104. Haykin S., (1994) *Neural Networks: a comprehensive foundation*. McMillan, USA
105. Haykin S., (1999). *Neural networks: a comprehensive foundation*. Prentice-Hall, Inc.;
106. Hammer, M. (1990), "Reengineering work; don't automate, obliterate", *Harvard Business Review*, July-August, pp. 104-10.
107. Hammer, M. (2002), "Process management and the future of six sigma", *Sloan Management Review*, Vol. 43 No. 2, pp. 26-32;
108. Hardaker. M. and Ward, B. (1987), "How to make teams work", *Harvard Business Review*, November-December
109. Harrington, H.J. (1991), *Business Process Improvement: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness*, McGraw-Hill, New York, NY.
110. Harrington, H.J., Esseling, E.C. and Van Nimwegen, H. (1997), *Business Process Improvement – Documentation, Analysis, Design and Management of Business Process Improvement*, McGraw-Hill, New York, NY.
111. Hecht-Nielsen R (1987) Kolmogorov's Mapping Neural Network Existence Theorem, *IEEE Conf. On Neural Networks*; San Diego, CA. III: 11–14.
112. Heli Snellman and Matti Viren, (2006), ATM Networks and Cash Usage, Fore presentation at the FMG/Cass Business School Workshop on "Financial Regulation and Payment Systems" at the Cass Business School on September 28, 2006
113. Hill T, O'Connor M, Remus W. (1996) Neural network models for time series Models forecasts. *Management Sciences* 42(7): 1082–1092.
114. Hill, (1977), On goods and services. *The Eeviw of Income and Wealth*, 23 (4), 315-338;
115. Hyacinth S. Nwana, (1996), Software Agents: An Overvie, *Knowledge Engineering Review*, Vol. 11, No 3, pp. 205-244, October/November 1996. (žiūrėta 2005 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: <<http://www.agent.ai/doc/upload/200302/nwan96.pdf>>;
116. Hoerl, R., Snee, R., Czarniak, S. and Parr, W. (2004), "The future of six sigma", *ASQ Six Sigma Forum Magazine.*, Vol. 3 No. 4, pp. 38-43;
117. Hoffman ir kiti, (1997) Hoffman, K.D., Bateson, J.E.G., *Essentials of service marketing*, The Dryden Press, Fort Worth, TX, .
118. Holder, V. (1995). War on suspicious payments. *Financial Times*, February.
119. Hu MJC (1964) Application of the ADALINE system to weather forecasting. Master Thesis, Technical Report 6775–1, Stanford El. Lab., Stanford, CA.

120. Hutchinson, J. M., Lo, A. W. and Poggio, T. (1994). A non-parametric approach to pricing and hedging derivative securities via learning networks. *Journal of Finance*, 49, 851889.
121. I. Foster, (2004) I. Foster and C. Kesselman (eds.), *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan Kaufmann, 2004;
122. I. Foster, N. R. Jennings, (2004) I. Foster, N. R. Jennings and C. Kesselman, "Brain meets brawn: Why Grid and agents need each other" *Proceedings of the Third International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, New York, USA, 8–15, 2004;
123. IBM (1992), "IBM 10-step methodology", 1992 May.
124. IDC (2008a) Dan Vesset, Brian McDonough, *Worldwide Business Intelligence Tools 2007 Vendor Shares: Query, Reporting, and Analysis, and Advanced Analytics Markets Stable in the Face of Economic Turmoil*, Jun 2008, Doc #212921, Competitive Analysis, 20 pages, (žiūrēta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=212921>
125. IDC (2008b) Dan Vesset, Brian McDonough, *Worldwide Business Analytics Software 2008–2012 Forecast and 2007 Vendor Shares*, Nov 2008 - Doc # 214904, Market Analysis, (žiūrēta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=214904>
126. IDC Report, (2008) By Doug Henschen, *IDC Report Shows Steady Growth for BI, Pent-Up Demand for Analytics*, 2008 Liepos 3, (žiūrēta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: http://www.intelligententerprise.com/channels/business_intelligence/showArticle.jhtml?articleID=208802671&pgno=1
127. Ittner, C. and Larcker, D. (1998), "Innovation in performance measurement: trends and research implication", *Journal of Management Accounting Research*, Vol. 10, pp. 205-38;
128. Yang, Z. (2001), "Consumer perceptions of service quality in Internet-based electronic commerce", *Proceedings of the EMAC Conference*, 8-11 May 2001, Bergen;
129. J2EE, (1999) *Simplified Guide to J2EE, The Java 2 platform, Enterprise Edition*, 1999, Sun Microsystems;
130. Jabnoun, N. and Al-Tamimi, H.A. (2003), "Measuring perceived service quality at UAE commercial banks", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 20 No. 4, pp. 458-72;
131. James Richardson, (2008) James Richardson, Kurt Schlegel, Bill Hostmann, Neil McMurchy, *Magic Quadrant for Business Intelligence Platforms*, 2008; Publication Date: 1 February 2008 ID Number: G00154227, (žiūrēta 2009 m. kovo 10 d.). Prieiga per internetą: <http://mediaproducts.gartner.com/reprints/microsoft/vol7/article3/article3.html>
132. Jennifer Rowley (2006), *An analysis of the e-service literature: towards a research agenda*, *Internet Research*, Vol. 16 No. 3, 2006, pp. 339-359, Emerald Group Publishing Limited;
133. Jennings (1998) Jennings N., Sycara K., Wooldridge M. *A Roadmap of agent research and development // Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 1. Boston: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 275-306.
134. Jensen, H. L. (1992). Using neural networks for credit scoring. *Managerial Finance*, 18, 15-26.
135. Jie Lu ir Zhang, (2003) Jie Lu, Guangquan Zhang, *Cost benefit factor analysis in e-services*; *Journal: International Journal of Service Industry Management*, 2003; Volume:14, Issue:5, p: 570 - 595, Publisher: MCB UP Ltd
136. Jiju Antony, (2006), *Six sigma for service processes*, *Business Process Management Journal*, Vol. 12 No. 2, 2006, pp. 234-248, Emerald Group Publishing Limited
137. Johnston ir Jones, (2004) Johnston, R. *Service productivity: Towards understanding the relationship between operational and customer productivity / R. Johnston, P. Jones // International Journal of Productivity and Performance Management*, 2004, Vol.53, No 3, p.201-213.
138. Johnston, R. and Clark, G. (2001), *Service Operations Management*, Prentice Hall, London;
139. Jones, R., Jimmieson, N. and Griffiths, A. (2005), "The impact of organizational culture and reshaping capabilities on change implementation success: the mediating role of readiness for change", *Journal of Management Studies*, Vol. 42 No. 2, pp. 361-80;
140. Joseph, M. and Stone, G. (2003), "An empirical evaluation of US bank customer perceptions of the impact of technology in service delivery in the banking sector", *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 31 No. 4, pp. 190-202;
141. Kaplan, R.B. and Murdock, L. (1991), "Core process redesign", *The McKinsey Quarterly*, No. 2, pp. 27-43.
142. Kartalopoulos S. V. (1996) *Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic*. – IEEE PRESS, 1996. – 205 p.
143. Kaski, S. and Kohonen, T. (1996). *Exploratory data analysis by the selforganizing map: Structures of welfare and poverty in the world*. *Neural Networks in Financial Engineering*. *Proceedings of the Third International Conference on Neural Networks in the Capital Markets*, 498-507. Singapore: World Scientific.
144. Kemp, P. (2005), *Varldsmedborgaren (The Global Citizen)*, Daidalos, Goteborg;
145. Kettinger, W., Teng, J. and Guha, S. (1997), "Business process change: a study of methodologies, techniques, and tools", *MIS Quarterly*, Vol. 21, March, pp. 55-80.
146. Khorasani K and Weng W (1994) *Structure Adaptation in Feedforward Neural Networks*. *Proc. IEEE Internat. Conf. on Neural Networks*, III: 1403–1408.
147. Kirkpatrick S., Gelatt C.D, Vecchi M.P. (1983) *Optimization by simulated annealing*. *Science* 220, 1983. – p. 671-680.
148. Kitten, (2007) Tracy Kitten., *Controlling the Cash: A guide to effective ATM cash management*, ATM Marketplace. Published by NetWorld Alliance. 2007, 41 p.
149. Klein, M.M. (1994), "Reengineering methodologies and tools", *Information Systems Management*, Vol. 11 No. 2, pp. 30-5.

150. Klimasauskas CC (1991) Applying Neural Networks. Part 3: Training a Neural Network. PC-AI, May/June: 20–24. B,
151. Kohonen T (1989) Self-Organisation and Associative Memory. 3rd Edition, Springer, Berlin, NY.
152. Konar, A. (2005). Computational intelligence. Springer, Berlin.
153. Lapedes A and Farber R (1988) Nonlinear signal processing using neural networks: Prediction and system modelling. Technical Report LA-UR-87-2662, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM.
154. Lawrence ir kiti, (2009) Lawrence F. Cunningham, Clifford E. Young, James Gerlach; A comparison of consumer views of traditional services and self-service technologies; Journal:Journal of Services Marketing; 2009, Volume:23, p. 11-23, Publisher: Emerald Group Publishing Limited
155. Leung, M. T., Chen, A. S. and Daouk, H. (2000). Forecasting exchange rates using general regression neural networks. Computers and Operations Research, 27(11), 1093-1110.
156. Liu K., (2000) Liu K., Luo Y., Davis D. A multi-agent system for stock trading // Proceedings of Conference on Intelligent Information Processing, 16th World Computer Congress. Beijing, China, 2000;
157. Long, J. A. and Raudys, A. (2000). Modelling company credit ratings using a number of classification techniques. Proceedings of the Fifteenth European Meeting on Cybernetics and Systems Research, 2, 718-723.
158. Lovelock, C.H. (2000), “Functional integration in service: understanding the links between marketing, operations, and human resources”, in Swartz, T.A. and Iacobucci, D. (Eds), Handbook of Marketing and Management, Sage, Thousand Oaks, CA;
159. Luck ir kiti, (2005) Luck, M., McBurney, P., Shehory, O., Willmott, S., 2005. Agent Technology: Computing as Interaction. A Roadmap for Agent Based Computing. University of Southampton on behalf of AgentLink III.
160. Macdonald, J. (1995), “Together TQM and BPR are winners”, TQM Magazine, Vol. 7 No. 3, pp. 21-5.
161. (Marquardt, 1963) D. Marquardt (1963): “An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters,” SIAM J. Appl. Math. 11, pp. 164-168.
162. Maes ir Pattie (1990) Maes, Pattie Designing Autonomous Agents, Cambridge, MA: MIT Press.
163. McAfee, (2005) McAfee, A. 2005. Will web services really transform collaboration? MIT Sloan Management Review, 6 (2).
164. McAndrews ir kiti, (1996) McAndrews, J. and Rob, R. Shared ownership and pricing in a network switch. International Journal of Industrial Organization, 14, 727–745.
165. McCulloch WS, Pitts W, (1943) A logical Calculus of the ideas Immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics 5:115–133.
166. Meuter ir kiti, (2000) Meuter, M.L., Ostrom, A.L., Rountree, R.I., Bitner, M.J. (2000), "Self-service technologies: understanding customer satisfaction with technology-based service encounters", Journal of Marketing, Vol. 64 pp.50-64.
167. Minsky ML and Papert S, (1969) Perceptrons. MIT Press, Cambridge MA.
168. Misevičius A. (2003), A modified Simulated Annealing Algorithm for the Quadratic Assignment Problem. // Informatica, 2003. - Vol. 14, No. 4, 497-514 p.
169. Mohanty, (1998) Mohanty, R.P. Understanding the integrated linkage: Quality and productivity // Total quality management, 1998, Vol. 9, No 8, p.753-765.
170. Moré, J.J. (1977) The Levenberg-Marquardt Algorithm: Implementation and Theory, Numerical Analysis, Lecture Notes in Mathematics 630, Springer Verlag, 1977, p. 105-116.
171. Motwani, J. (2003), “A business process change framework for examining lean manu-facturing: a case study”, Industrial Management þ Data Systems, Vol. 103 Nos 5/6, pp. 339-47;
172. Moutinho, L. and Smith, A. (2000), “Modelling bank customer satisfaction through mediation of attitudes toward human and automated banking”, The International Journal of Bank Marketing, Vol. 18 No. 3, p. 124;
173. Munroe ir kiti, (2006) S. Munroe, T. Miller, R. Belecheanu, M. Pechoucek, P. McBurney, and M. Luck. Crossing the agent technology chasm: Lessons, experiences and challenges in commercial applications of agents. Knowledge Engineering Review, 21(4):345– 392, 2006.
174. Murata N, Yoshizawa S, and Amari S (1994) Network Information criterion – Determining the number of Hidden Units for an Artificial Neural model. IEEE Trans. On Neural Networks 6: 865–871.
175. Muhlen ir Shapiro (2010) Michael zur Muhlen and Robert Shapiro, Business Process Analytics//Handbook on Business Process Management 2, International Handbooks on Information Systems, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010, p 137-157
176. Nachum, (1999) Nachum L. The productivity of intangible factors of production: some measurement issues applied to Swedish consulting firms. J Serv Res 1999; 2(2):123 – 37.
177. Nave, D. (2002), “How to compare six sigma, lean and the theory of constraints”, Quality Progress, Vol. 35 No. 3, p. 73;
178. Negnevitsky M. (2002) Artificial intelligence: a guide to intelligent systems. – Pearson Education Limited, 2002, - 394 p.
179. Neil Raden (2009), Business Intelligence 2.0: Simpler, More Accessible, Inevitable, (žiūrėta 2009 m. balandžio 10 d.). Prieiga per internetą: <http://www.intelligententerprise.com/showArticle.jhtml;jsessionid=44FNPVUXIXX1EQSNDLRKHSJCJUNN2JVN?articleID=197002610&pigno=3>
180. Newcomber, (2002) Newcomber, E. 2002. Understanding Web Services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI. Addison-Wesley Professional. New York.
181. Newell, A. (1982) The Knowledge Level. Artificial Intelligence 18:87–127.

182. Nigel Rayner, Neil Chandler (2008), XBRL Will Enhance Corporate Disclosure and Corporate Performance Management; Publication Date: 23 April 2008 ID Number: G00156910;
183. Nguyen Manh, T., Schiefer, J., Tjoa, A.M. (2005), "Data warehouse design 2: sense & response service architecture (SARESA): an approach towards a real-time business intelligence solution and its use for a fraud detection application", *Proceedings of the 8th ACM International Workshop on Data Warehousing and OLAP, DOLAP '05*, ACM Press, New York, NY, .
184. Normann, (1991) Normann, R. Service Management / Chichester, 1991
185. Nørgaard, (2000a) Magnus Nørgaard, Neural Network Based System Identification, TOOLBOX Version 2, For Use with MATLAB; Technical Report 00-E-891, Department of Automation, Technical University of Denmark
186. Nørgaard ir kiti, (2000b) M. Nørgaard, O. Ravn, N. K. Poulsen, L. K. Hansen (2000): "Neural networks for Modelling and Control of Dynamic Systems," Springer-Verlag, London, UK, 2000.
187. Nwana, H. S. (1996), Software Agents: An Overview. Knowledge Engineering Review, 11(3): 1-40, Cambridge University Press.
188. Odom MD, Sharda R., (1990) A neural networks model for bankruptcy prediction. Proc International Joint Conference on Neural Networks, 2: p. 163-168.
189. Ojasalo, (1999) Ojasalo, K. Conceptualizing productivity in services. Hanken Swedish School of Economics Finland/CERS Center for Relationship Marketing and Service Management. Helsinki/Helsingfors, 1999
190. P. Ravi Kumar, V. Ravi, (2007) Bankruptcy prediction in banks and firms via statistical and intelligent techniques – A review, European Journal of Operational Research 180, p. 1–28.
191. P.R. Burrell and B.O. Folarin, (1997) The Impact of Neural Networks in Finance, Neural Computing & Applications, Springer-Verlag London Limited, p. 193-200.
192. Peter Chamoni, (2007) XBRL and Business Intelligence - From Business Reporting to Advanced Analysis, Book New Dimensions of Business Reporting and XBRL, 2007, ISBN 978-3-8350-0835-9 (Print) 978-3-8350-9633-2 (Online), Part 4, Pages 177-189, <http://www.springerlink.com/content/nu210mw56t313k7w/>;
193. Pojasek, R. (2003), "Lean, six sigma, and the systems approach: management initiatives for process improvement", Environmental Quality Management, Vol. 13 No. 2, p. 85;
194. Quinn ir Paquette, (1990), Quinn and Paquette (1990) Technology in Services: Creating Organizational Revolutions. MIT Sloan Management Review. 31(2);
195. R. Simutis, (2002) Multi-agentų technologijos vertybinių popierių rinkoje, Rimvydas Simutis ir Saulius Masteika, (interaktyvus): Vilniaus universitetas, (žiūrėta 2005 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: <<http://www.leidykla.vu.lt/inetleid/inf-mok/23/str10.html>>;
196. R. Simutis, (2004) Finansinių rinkų prognozavimo priemonių kūrimo ypatumai (Peculiarities of Developing Financial Markets Predicting Measures) // Informacinės technologijos verslui - 2004: konferencijos pranešimų medžiaga. Kaunas: Technologija, 2004, p. 194-200.
197. R. Simutis, (2007) R. Simutis, D. Dilijonas, L. Bastina, J. Friman, P. Drobinov. Optimization of Cash Management for ATM Network. Information Technology And Control, Kaunas, Technologija, 2007, Vol. 36, No. 1A, 117 - 121.
198. Refenes AN, Zapranis AD, (1993) Neural Networks in Tactical Asset Location: A Comparative Study with Regression Models. London Business School, Department of Decision Science, London.
199. Reynolds, (2000) Reynolds, J., The Complete E-Commerce Book: Design, Build and Maintain a Successful Web-Based Business, CMP Books, New York, NY, .
200. Revere, L., Black, K. and Huq, A. (2004), "Integrating six sigma and CQI for improv-ing patient care", The TQM Magazine, Vol. 16 No. 2, p. 105;
201. Roland T. ir kiti, (2006) Roland T. Rust, Carol Miu; What academic research tells us about service; Services science; Communications of the ACM; Volume 49, Issue 7 (July 2006), Year of Publication: 2006; ISSN: 0001-0782; ACM New York, NY, USA;
202. Rosenblatt F, (1958) The Perceptron: A probabilistic model for information storage and organisation of the brain. Psych. Review 65: 386–408.
203. Rowley, (2006) Jennifer Rowley, An analysis of the e-service literature: towards a research agenda, Journal: Internet Research, 2006 Volume: 16 Issue: 3 Page: 339 - 359, Publisher: Emerald Group Publishing Limited;
204. Rucker, R. (2000), "Citibank increased customer loyalty with defect-free processes", Journal of Quality and Participation, pp. 32-6;
205. Russel ir kiti, (1995) Russel, Stuart J., Peter Norving (1995), Artificial Intelligence: A Modern Approach, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
206. Rust ir Lemon, (2001), Rust, R., Lemon, K.N. , "E-service and the consumer", International Journal of Electronic Commerce, Vol. 5 No.3, pp.83-99.
207. Rust, R.T., Zahorik, A.J. and Keiningham, T.L. (1995), "Return on quality (ROQ): making service quality financially accountable", Journal of Marketing, Vol. 59 No. 2, pp. 58-70;
208. Rutkauskas ir kiti, (2005) Jonas Rutkauskas, Eimenė Paulavičienė, Concept of Productivity in Service Sector, ISSN 1392-2785 ENGINEERING ECONOMICS. 2005. No 3 (43), INFLUENCE OF QUALITY MANAGEMENT OF THE COUNTRY'S ECONOMY, p. 29-34;
209. S. Bullock, (2004) S. Bullock and D. Cliff, Complexity and Emergent Behaviour in ICT Systems, Foresight Report, DTI, UK, 2004;

210. Saad, E. W., Prokhorov, D. V. and Wunsch, D. C. II. (1998). Comparative study of stock trend prediction using time delay, recurrent and probabilistic neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 9(6), 145-670.
211. Sahay, (2005) Sahay, B.S. Multi-factor productivity measurement model for service organization // *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2005, Vol.2, No 1, p.7-22.
212. Santos, (2003) Santos, J., "E-service quality: a model of virtual service quality dimensions", *Managing Service Quality*, Vol. 13 No.3, pp.233-46.
213. Santos, J. (2003), "E-service quality – a model of virtual service dimensions", *Managing Service Quality*, Vol. 13 No. 3, pp. 233-47;
214. Sasser ir kiti, (1978) Sasser, E., R. P. Olsen, Wyckoff, D. 1978. *Management of service operations*, Allyn and Bacon, Boston;
215. Semeijn, J., Van Riel, A.C.R., Birgelen, M.J.H. and Streukens, S. (2005), "E-services and offline fulfillment: how e-loyalty is created", *Managing Service Quality*, Vol. 15 No. 2, pp. 182-94;
216. Service system, (interaktyvus): Wikipedia, (žiūrėta 2008 m. spalio 10 d.). Prieiga per internetą: http://en.wikipedia.org/wiki/Service_system;
217. Services science, (2006), *Communications of the ACM*; Volume 49, Issue 7 (July 2006), Year of Publication: 2006; ISSN: 0001-0782; ACM New York, NY, USA;
218. Seth ir kiti, (2005) Seth, N., Deshmukh, S.G., Vrat, P. , "Service quality models: a review", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 22 No.9, pp.913-949.
219. Sharda R and Patil RB (1990) Neural Networks as Forecasting Experts: An Empirical Test, Proc. of the IJCNN Meeting, Washington: 491–494.
220. Sherman ir kiti, (2006), H. David Sherman and Joe Zhu, *Service Productivity Management, Improving Service Performance using Data Envelopment Analysis (DEA)*, Springer, 2006, 2-5 psl.
221. Shoham ir Thomas, (1993) Y. Shoham and B. Thomas, *Agent Oriented Programming*, in *The Encyclopedia of Computer Science and Technology*, A. Kent and J.G. Williams (eds.), Marcel Dekkar, Inc. 1993.
222. Shoham, Y. (1997) *An Overview of Agent-oriented Programming*. In *Software Agents*, ed J. M. Bradshaw. Menlo Park, Calif.: AAAI Press
223. Simutis ir kiti, (2007a), R. Simutis, D. Dilijonas, L. Bastina, J. Friman, P. Drobinov. Optimization of Cash Management for ATM Network. *Information Technology And Control*, Kaunas, Technologija, 2007, Vol. 36, No. 1A, 117 - 121.
224. Simutis ir kiti, (2007c), Rimvydas Simutis, Darius Dilijonas, Lidija Bastina; *Intelligent Cash Management System for an ATM network*. *International Computer Science and Technology Conference*, March 31st - April 3rd, 2008, <http://www.icstc.org/>
225. Simutis, (2007b), Rimvydas Simutis, Darius Dilijonas, Lidija Bastina, Josif Friman, *A Flexible Neural Network for ATM Cash Demand Forecasting*, 6th WSEAS Int. Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics, Tenerife, Spain, December 14-16, 2007 162-165;
226. Sink, (1985) Sink DS. *Productivity management: planning, measurement and evaluation, control and improvement*. New York: Wiley, 1985.
227. Sycara, K., (1996), Sycara, K., Decker, K., Pannu, A., Williamson, M., Zeng, D., 1996, "Distributed Intelligent Agents", *IEEE Expert*, December, 1996'
228. Smart, P.A., Childe, S.J. and Maull, R.S. (1998), "Supporting business process reengineering in industry: towards a methodology", in Gulladge, R. and Elzinga, J. (Eds), *Process Engineering: Advancing the State-of-the-Art*, Kluwer Academic, Boston, MA, pp. 283-317.
229. Snellman, J., Vesala, J. and Humphrey, D. (2000) Substitution of noncash payment instruments for cash in Europe. *Bank of Finland Discussion Papers 1/2000*.
230. Sohal, S. and Egglestone, A. (1994), "Lean production: experience among Australian organizations", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 14 No. 11, pp. 35-51;
231. Sola Adesola and Tim Baines (2005), *Developing and evaluating a methodology for business process improvement, Business Process Management*, *Journal* Vol. 11 No. 1, 2005, pp. 37-46
232. Soteriou ir Stavrinides, (2000) Soteriou, A.C., Stavrinides, Y. , "An internal customer service quality data envelope analysis model for bank branches", *International Journal of Bank Marketing*, Vol. 18 No.5, pp.246-52.
233. Specht DF (1988) Probabilistic neural networks for classification, or associative memory, Proc. of IEEE Intern. Conf. on Neural Networks, San Diego, 1: 525–532.
234. Spector, R. (2006), "How constraints management enhances lean and six sigma", *Supply Chain Management Review*, Vol. 10 No. 1, pp. 42-7;
235. St. John, C. H., Balakrishnan, N. and Fiet, J. O. (2000). Modeling the relationship between corporate strategy and wealth creation using neural networks. *Computers and Operations Research*, 27(11), 1077-1092.
236. Stix, H. (2003) How do debit cards affect cash demand? Working Paper 82, Oesterreichische Nationalbank.
237. Sue CT, Tong LI, and Leou CM (1997) Combination of time series and neural network for reliability forecasting modelling. *J. Chin. Inst. Ind. Eng.* 14(4): 419–429.
238. Sumanth, (1997) Sumanth DJ. *Total productivity management: a systematic and quantitative approach to compete in quality, price, and time*. Boca Raton, FL: St. Lucie Press, 1997.
239. Sureshchandar et al. (2002) G.S. Sureshchandar, Chandrasekharan Rajendran, R.N. Anantharaman, *The relationship between service quality and customer satisfaction – a factor specific approach*, *Journal: Journal of Services Marketing*, Volume: 16, Number: 4, Year: 2002, pp: 363-379;

240. Surjadjaja ir kiti, (2003) Surjadjaja, H., Ghosh, S., Antony, J., "Determining and assessing the determinants of e-service operations", *Managing Service Quality: An International Journal*, Vol. 13 No.1, pp.39-53.
241. Suzuki, Y. (2004), "Structure of Japanese production system: elusiveness and reality", *Asian Business and Management*, Vol. 3 No. 2, pp. 201-19;
242. Sahay ir Ranjan (2008) B.S. Sahay and Jayanthi Ranjan, Real time business intelligence in supply chain analytics//*Information Management & Computer Security*, Vol. 16 No. 1, Emerald Group Publishing Limited, 2008, pp. 28-48
243. Seufert, A., Schiefer, J. (2005), "Enhanced business intelligence- supporting business processes with real-time business analytics", *Proceedings of the 16th International Workshop on Database and Expert System Applications-DEXA'05*
244. Schneider (2007) Donovan A. Schneider, Practical Considerations for Real-Time Business Intelligence//*Business Intelligence for the Real-Time Enterprises*, Lecture Notes in Computer Science, 2007, Volume 4365/2007
245. Tang Z, Almeida de Ch, and Fishwick, PA (1991) Time series forecasting using neural networks vs. Box-Jenkins methodology. *Simulation* 57(5): 303–310.
246. Tesfatsion, (2004) Tesfatsion, L. Agent-based computational economics: Growing economies from the bottom up. URL: <http://www.econ.iastate.edu/tesfatsi/ace.htm>
247. Tinnila, M. (1995), "Strategic perspectives to business process redesign", *Business Process Reengineering & Management Journal*, Vol. 1 No. 1, pp. 44-50.
248. TQM International (1994), *Business Process Improvement*, TQM International, London.
249. Tseng F-M, Yu H-Ch, and Tzeng G-H (2002) Combining neural network model with seasonal time series ARIMA model. *Technological Forecasting*.
250. Verikas A. Gelžinis A. (1997) Stochastic learning algorithm for neural networks // *Information Technology and Control*, 1997, Nr. 2(5), p. 7-16.
251. Verikas A., Gelžinis A. (1997) Malmqvist K. A random search technique for training neural networks // *Proceedings of the Fourth International Conference on Neural Information Processing*, 1997, Vol. 1, p. 322-325.
252. Verikas A., Gelžinis A. (2003) *Neuroniniai tinklai ir neuroniniai skaičiavimai*. – Kaunas: Technologija, 2003. 174 p. ISBN 9955-09-433-8;
253. Viren, M. (1992) Financial innovations and currency demand, some new evidence, *Empirical Economics*, 1992, 451-461.
254. Voort VD, Dougherty M, and Watson M. (1996) Combining Kohonen Maps with ARIMA time series models to forecast traffic flow. *Transp. Res. Circ. (Emerg. Technol.)* 4C(5): 307–318.
255. Voss, C.A. (2003), "Rethinking paradigms of service – service in a virtual environ-ment", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 23 No. 1, pp. 88-105;
256. Wagner, (2005) Wagner, T., Gasser, L., Luck, M., Impact for agents. In: Pechoucek, M., Steiner, D., Thompson, S. (Eds.), *Proceedings of the Fourth International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems: Industry Track*. ACM Press, pp. 93–99.
257. Warren, (2001) (interaktyvus). The Intelligent Software Agents Lab – The Robotics Institute – Carnegie Mellon University, 2001 (žiūrėta 2005 m. birželio 4 d.). Prieiga per internetą: <<http://www-2.cs.cmu.edu/~softagents/warren.html>>;
258. Watcher, K. (2002), "Longitudinal assessment of web retailers: issues form a consumer point of view", *Journal of Fashion Marketing and Management*, Vol. 18 No. 1, pp. 53-69;
259. Webster, W.A.R. (1973), *Handbook of O&M Analysis*, Business Books, London.
260. Wedding II DK and Cios KJ (1996) Time series forecasting by combining RBF networks certainty factors, and the Box-Jenkins model. *Neurocomputing* 10: 149–168.
261. Werbos P (1990) Backpropagation through time what it does and how to do it, *Proc. of IEEE*, 78(10):1550–1560.
262. Werbos PJ (1974) Beyond Regression: New Tool for Prediction and analysis in the Behavioural sciences. Ph.D. Thesis, Harvard University, Cambridge, MA.
263. Werbos PJ (1989) Backpropagation and neural control: A review and prospectus. *Internat. Joint Conf. of Neural Networks*, Washington, 1: 209–216.
264. West, D. (2000). Neural network credit scoring models. *Computers and Operations Research*, 27(11), 1131-1152.
265. Widrow B and Hoff ME (1960) Adaptive Switching Circuits. In: Anderson J and Rosenfeld E. (eds.) *Neurocomputing*. MIT Press, Cambridge, MA, 126–134.
266. Wilson, R. and Sharda, R. (1997). Business failure prediction using neural networks. *Encyclopedia of Computer Science and Technology*, 37(22), 193-204. New York: Marcel Dekker, Inc.
267. Womack, J. and Jones, D. (1994), "From lean production to the lean enterprise", *Harvard Business Review*, Vol. 72 No. 2, pp. 93-103;
268. Wooldridge ir kiti, (1995) Wooldridge, Michael and Nicholas R. Jennings (1995), "Agent Theories, Architectures, and Languages: a Survey," in Wooldridge and Jennings Eds., *Intelligent Agents*, Berlin: Springer-Verlag, 1-22.
269. Wooldridge (2002) Michael Wooldridge, „An Introduction to Multi Agent Systems“, John Wiley and Sons, Chichester, England, February 2002;
270. Wooldridge M., (1997) Wooldridge M. Agent-based software engineering // *IEE Transactions on Software Engineering*. 1997, vol. 1144(1), p. 26-37;

271. Wooldridge, (2001) Wooldridge, M., An Introduction to Multi-agent Systems, JOHN Wiley & Sons Ltd, 2001
272. XML (2006) XML v. 1.0, (2006), eXtensible Markup Language (XML) 1.0, XML v. 1.0 Model and Syntax, W3C Recommendation, February 10, 2006, REC-xml- 2006.03.15, (žiūrėta 2006 m. balandžio 21 d.).
Prieiga per internetą: <<http://www.w3.org/TR/REC-xml>>
273. Zairi, M. and Leonard, P. (1994), Practical Benchmarking: The Complete Guide, Chapman and Hall, London.
274. Zeithaml, V.A. (2000), "Service quality, profitability and the economic worth of customers: what we know and what we need to learn", Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 28 No. 1, pp. 67-85;
275. Zhang, X. and Prybutok, V.R. (2005), "A consumer perspective of e-service quality", IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 52 No. 4, pp. 461-77;
276. Zhu ir kiti, (2002) Zhu, F.X., Wymer, W.J., Chen, I., "IT-based services and service quality in consumer banking", International Journal of Service Industry Management, Vol. 13 No.1, pp.69-90.

PRIEDAI

1. Priedas	Paslaugų produktyvumo valdymo įrankiai.....	230
2. Priedas	Paslaugų prognozavimo metodai.....	232
3. Priedas	Agentų tipų savybės ir klasikiniai pavyzdžiai.....	233
4. Priedas	Duomenų gavimas ir normalizavimas (dienos prognozei).....	235
5. Priedas	Duomenų gavimas ir normalizavimas (savaitės prognozei).....	236
6. Priedas	Dirbtinio neuroninio tinklo apmokymas.....	237
7. Priedas	Pinigų poreikio ATM prognozavimas.....	238
8. Priedas	ATM funkcionavimo kaštų optimizavimas.....	239
9. Priedas	“ Paprogramė ANN_train ” (MATLAB aplinkoje).....	240
10. Priedas	“ Paprogramė ATM_optimization ” (MATLAB aplinkoje).....	241
11. Priedas	ATMiQ sistemos langų pavyzdžiai.....	242
12. Priedas	Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (klasikinių ir ANN metodo prognozavimo tikslumo įvertinimas).....	244
13. Priedas	Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (našumo palyginimas su tipiniu ATM pinigų valdymo modeliu).....	247
14. Priedas	Mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (klasikinių ir ANN metodo prognozavimo tikslumo įvertinimas).....	249
15. Priedas	Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (modeliuojamų ATM grupių našumo rodiklių grafinė interpretacija).....	250
16. Priedas	Apibendrinti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai	253
17. Priedas	ANN modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami dienos duomenys.	254
18. Priedas	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM1045.....	255
19. Priedas	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM2001.....	256
20. Priedas	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM1004.....	257
21. Priedas	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM5011.....	258
22. Priedas	Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM7012.....	259
23. Priedas	ATM tinklo darbo našumo modeliavimo algoritmas (tinklo užkrovimas didelis)	260
24. Priedas	ATM tinklo darbo našumo modeliavimo algoritmas (tinklo užkrovimas mažas)	261

1. Priedas Paslaugų produktyvumo valdymo įrankiai.

Valdymo įrankis	Savybės	Apribojimai
Standartinių kaštų sistema (angl. Standard Cost Systems)	Taikoma tuomet, kai paslaugų teikimo kaštus galima įvertinti tiksliai. Egzistuoja standartiniai kaštų įverčiai, pagal kuriuos galima nustatyti paslaugų teikimo nukrypimus nuo normos. Dažniausiai atliekama istoriniais duomenimis pagrįsta kaštų lyginamoji analizė. Nustatinėjama ar paslaugų teikimo kaštai skiriasi lyginant su istoriniais duomenimis.	Nežinant ar nustatytos kaštų normos yra optimalios, vertinimas neleidžia tiksliai nustatyti ar paslaugų valdymas yra produktyvus.
Palyginamojo efektyvumo analizė (angl. Comparative Efficiency Analysis)	Taikoma tuomet kai nėra žinomi standartiniai veiklos įverčiai. Atliekama lyginamoji analizė: istorinių duomenų, konkurentų ir pan. Siekiam pasigrįsti, kad esami kaštai atitinka siūlomą paslaugos kainą, lyginant su kitais rinkos dalyviais;	Neparodo ar organizacija veikia našiai, ypač tais atvejais jeigu analizės imtis yra parinkta netinkamai.
Rodiklių analizė (angl. Ratio Analysis)	Našumas vertinamas išvestinių veiklos rodiklių pagrindu, kurie skaičiuojami per laiko intervalą konkrečiam vienetui. Rodikliai gali būti santykiniai (nuo 1 iki 100%), kiekybiniai ar kokybiniai. Pavyzdžiui kiekvieno darbuotojo suteiktų paslaugų skaičius per dieną ir pan.	Sudėtinga įvertinti galimą rodiklių rinkinį, tinkamai apibūdinantį organizacijos našumą. Rodiklių apatinės ir viršutinės ribos nustatymo problema.
Pelningumo ir ROI vertinimas (angl. Profit and Return on Investment Measures)	Pelningumas yra pelnas padalintas ir pajamų. Investicijų grąža yra pelnas padalintas iš investuoto kapitalo. Pelningumas ir ROI rodikliai yra vieni iš plačiausiai naudojamų pelningumo vertinimo rodiklių.	ROI rodiklis vertina ilgalaikę našumo perspektyvą, todėl trumpalaikiu laikotarpiu gali būti neadekvatus. Šis rodiklis nevertina investuojamo kapitalo dydžio, o tik investicijų atsiperkamumą.
„Zero-base“ biudžetavimas (angl. Zero-base Budgeting)	Būdingas nepelno siekiančioms ir valstybinėms organizacijoms, arba organizaciniams vienetams, kurie atlieka palaikymo funkcijas (žmogiškieji resursai, informacinės technologijos). Sudaromas biudžetas, kuris būtinas įgyvendinti užsibrėžtus tikslus. Nukrypimai nuo biudžeto yra vertinimo kriterijai, kurie parodo našumą.	Biudžetas sudaromas vadovybės, todėl gali būti subjektyvus. Sudarytas biudžetas nebūtinai gali būti toks kuris yra reikalingas našiam paslaugų teikimui užtikrinti.
Programų biudžetavimas (angl. Program Budgeting)	Vertinamos būtinos resursų apimtys paslaugų suteikimui. Pakeitimai, papildymai vykdomi atsižvelgiant į programos kaštus ir pasiektus rezultatus. Tikslas yra palyginti sudarytas programas naudojamų resursų ir uždirbto pelno ar suteiktų paslaugų atžvilgiu. Tiksliau nustatomi kaštų centrai ir jų teikiama nauda, leidžia pašalinti ne pelningus kaštų centrus.	Orientuotas į kaštus ir pelningumą, neatspindi veiklos našumo rodiklių.

Valdymo įrankis	Savybės	Apribojimai
Gerosios praktikos analizė (angl. Best Practice Analysis or Reviews)	Gerosios praktikos analizė yra naudinga kuomet nėra efektyvių vertinimo standartų, o istoriniai duomenys nepatikimi. Analizės tikslas yra nustatyti geriausių paslaugų teikimo modelį. Lyginama panašių organizacijų grupė, siekiant nustatyti jų panašumus ir skirtumus, bei faktorius kurie sąlygoja gerus ar blogus rezultatus.	Pakankamai brangi, nes reikia atlikti detalius veiklos tyrimus. Dažniausiai nustato kokio yra vyraujanti praktika, tačiau neparodo ar ji yra naši.
Duomenimis pagrįsta analizė (angl. Data Envelopment Analysis)	Tai yra kiekybinės analizės metodas, naudojamas nustatyti gerai veikiančių vienetų savybes ir pagal tai po to vertina ar vienetai funkcionuoja gerai ar blogai. Nurodo, ką reikia pagerinti, kad būtų pasiektas norimas našumo lygis. Orientuotas į technologiškas ir masto našumą.	Taikymui yra būtini teisingi ir išsamūs duomenys apie veiklą, ne visos paslaugų organizacijos duomenis kaupia arba jie kaupiami tik dalinai.
Peržiūros (angl. Peer Review)	Samdomi išorės ekspertai. Jie vertina kaip teikiamos paslaugos ir teikia rekomendacijas kaip jas pagerinti. Rekomendacijos dažniausiai būna strateginio pobūdžio. Ekspertai dalinasi patirtimi.	Nebūtinai didina našumą, išsakytos rekomendacijos gali būti neįgyvendinamos organizacijoje dėl įvairių priežasčių.
Valdymo vertinimas, valdymo auditas, veiklos vertinimas, kompleksinis auditas (angl. Management Review, Audit, Operational Reviews, Comprehensive Audit)	Naudojant įvairius statistinės analizės, tyrimų metodus, ekspertų grupė atlieka detalų veiklos proceso vertinimą pagal iš anksto apibrėžtas metodikas. Jos parodo, kaip organizacija veikia ir ar nėra nukrypimų nuo standartų.	Užtrunka labai ilgai, reikalauja nemažų investicijų. Vertinimas priklauso nuo naudojamų metodikų/standartų.
Veikos analizė, veiklos valdymo funkcinė kaštų analizė (angl. Activity Analysis, Activity Based Management Functional Cost Analysis)	Tai yra metodika, parodanti kaip yra naudojami resursai ir darbuotojų laikas konkrečiuose vienetuose, taip nustatomi normaliai, našiai ir našiausiai veikiančios vienetai. Analizuojant veiklos kaštus siekiama nustatyti alternatyvius paslaugų teikimo variantus, naudojant kitus resursus ar jų junginius.	
Procesų analizė (angl. Process Analysis)	Atliekama paslaugų teikimo veiklos analizė: procesų seka, taisyklės, apribojimai. Vertinamas esamas procesas ir pagal jį atliekami pakeitimai didinantys našumą.	Labiau kokybinis, nei kiekybinis, priklauso nuo organizacijos procesų bandos lygio.
Personalo modeliai (angl. Staffing Models)	Modeliai leidžia nustatyti žmoniškųjų resursų kiekį būtiną teikti reikiamo lygio ir apimčių paslaugas. Apibūdina žmoniškųjų resursų reikalavimus paslaugų teikimui. Glaudžiai susiję su eilių valdymo teorija.	Vertina tik žmoniškuosius resursus.

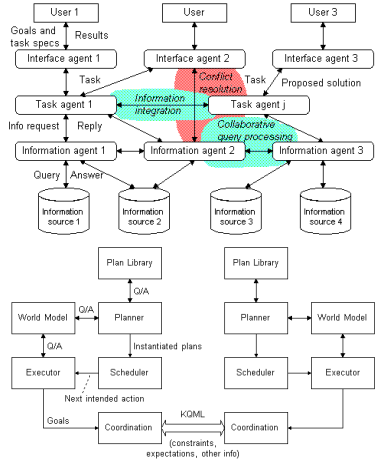
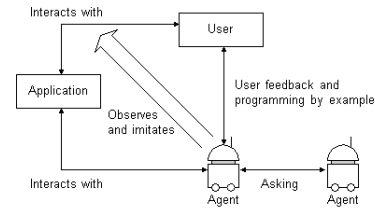
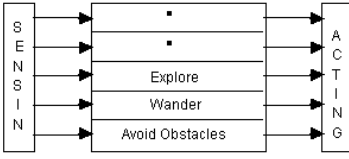
Pagal (Sherman ir kiti, 2006)

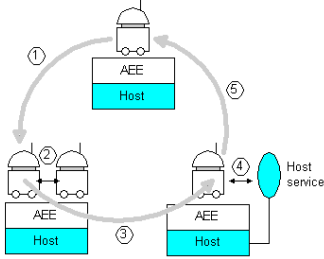
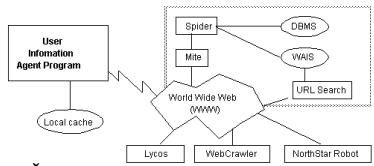
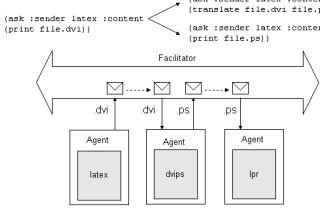
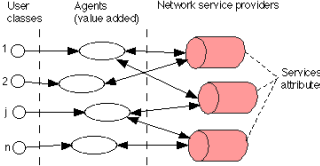
2. Priedas Paslaugų prognozavimo metodai.

Metodas	Duomenų reikalavimai	Sąlyginiai kaštai	Prognozavimo perspektyva	Priemonės
Subjektyvūs modeliai				
Ekspertinis metodas (angl. Delphi)	Apklaustos rezultatai	Aukštas	Ilgalaikė	Techninė prognozė
Tarpusavio sąryšių analizė	Koreliacija tarp įvykių	Aukštas	Ilgalaikė	Techninė prognozė
Istorinės analogijos	Keltos mėnesių duomenys (panašiai situacijai)	Aukštas	Nuo vidutinės iki ilgalaikės	Gyvavimo ciklo paklaustos projekcijos
Priežasčių modeliai (angl. causal)				
Regresija	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems	Vidutiniai	Vidutinė	Paklaustos prognozė
Ekonometrika	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems	Vidutiniai/ aukšti	Nuo vidutinės iki ilgalaikės	Ekonominės sąlygos
Laiko eilučių modeliai				
Slankusis vidurkis	Dažniausiai stebimi kintamieji	Labai maži	Trumpalaikė	Paklaustos prognozė
Eksponentinio glodinimo metodai	Suglotninti dažniausiai stebimi kintamieji	Labai maži	Trumpalaikė	Paklaustos prognozė
Intelektiniai modeliai				
Neuroniniai tinklai	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems;	Vidutiniai	Trumpalaikė/ Ilgalaikė (mažėja tikslumas)	Paklaustos prognozė, elgsenos modeliavimas
Neryškių aibių logika	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems; Apklaustos rezultatai; Ekspertų žinios;	Vidutiniai	Trumpalaikė/ Ilgalaikė (mažėja tikslumas)	Paklaustos prognozė, elgsenos modeliavimas
Evoliuciniai modeliai	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems; Apklaustos rezultatai; Ekspertų žinios;	Aukštas	Trumpalaikė/ Ilgalaikė (mažėja tikslumas)	Paklaustos prognozė, elgsenos modeliavimas
Spiečiaus intelektas	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems;	Aukštas	Trumpalaikė/ Ilgalaikė (mažėja tikslumas)	Paklaustos prognozė, elgsenos modeliavimas
Hibridiniai intelektualūs metodai	Visi istoriniai duomenys visiems kintamiesiems; Apklaustos rezultatai; Ekspertų žinios;	Vidutiniai	Trumpalaikė/ Ilgalaikė (mažėja tikslumas)	Paklaustos prognozė, elgsenos modeliavimas

Šaltinis: sudaryta autoriaus.

3. Priedas Agentų tipų savybės ir klasikiniai pavyzdžiai.

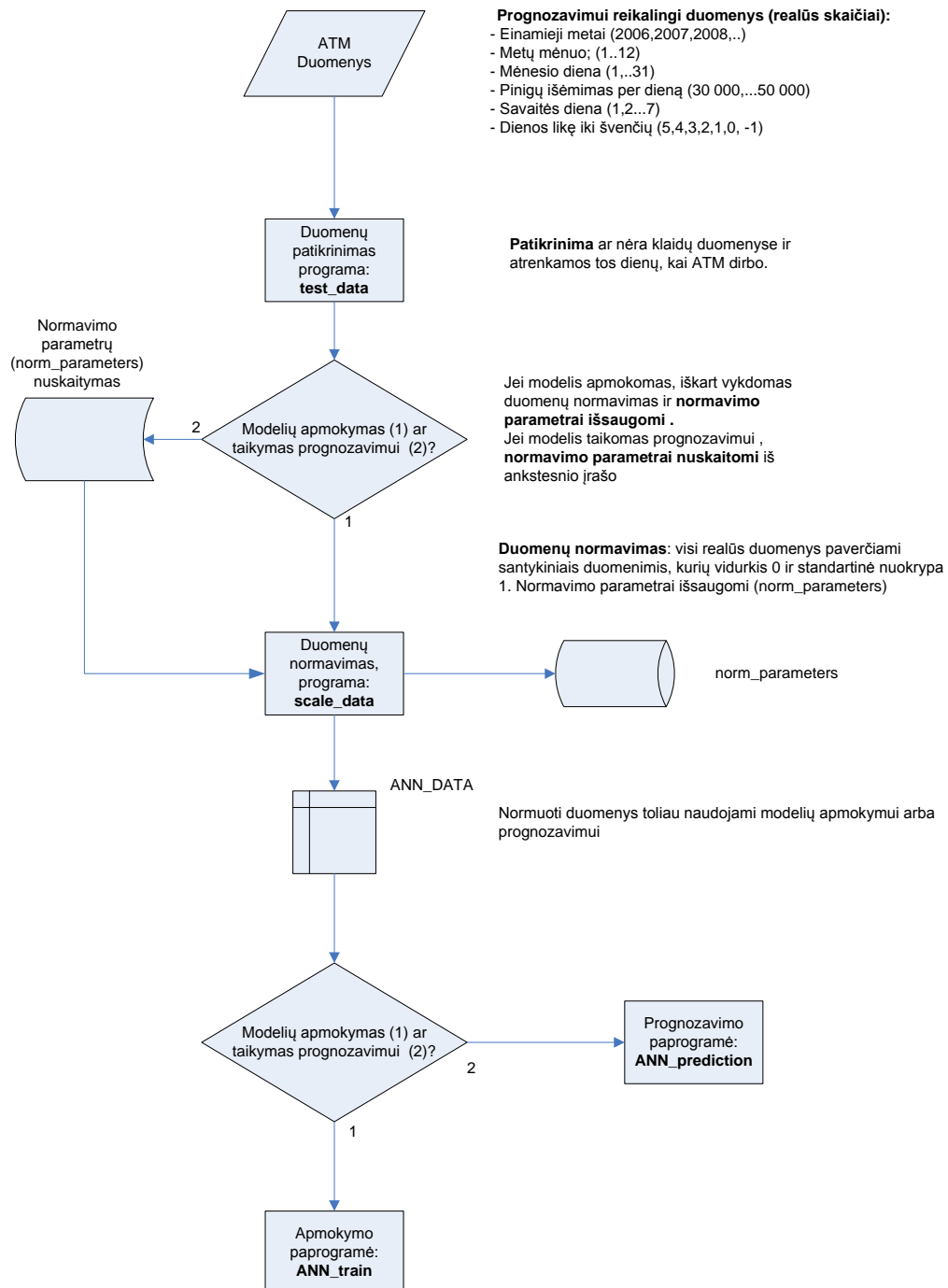
Agentų tipas	Agentų technologijas užtikrinančios platformos	Agentų savybės	Agento klasikiniai pavyzdys
Bendradarbiavimo agentai	Java Agent Framework (JAT); Java Agent Framework for Multi-Agent; Systems (JAFMAS); Agent Building Environment (ABE); KaOS; LALO; Spheres of Commitment (SoCom); DASoc; DESIRE; Retsina;	Turi labai daug modulių; Agentai bendradarbiauja, siekdami išspręsti problemas ar konfliktus; Agentai komunikuoja, siekdami sujungti informaciją; Galima pritaikyti iš prigimties paskirstytoms problemoms spręsti (skrydžių kontrolė, telekomunikacinių tinklų valdymas); Labai struktūrizuoti; Komunikacijai naudojami protokolai;	 <p>Šaltinis: (K. Sycara, Distributed Intelligent Agents, IEEE Expert 1996)</p>
Vartotojo sąsajos agentai	Firefly; Open Sesame; SodaBot;	Teikia pagalbos funkcijas; Bendradarbiauja su vartotoju, siekdamas realizuoti tam tikrus tikslus; Vartotojo sąsajos agentai mokosi: stebėdami ir atkartodami vartotojo veiksmus, gaudami atgalinį ryšį iš vartotojo, gaudami aiškiai ir struktūrizuotai apibrėžtus nurodymus, klausdami atsakymų pas kitus agentus; Pritaikomi įvairiose srityse, siekiant palengvinti žmonių kasdieninį darbą su kompiuteriu: elektroninio pašto filtravimo programos ir t.t.	 <p>Šaltinis: (Hyacinth S. Nwana, 1996)</p>
Intelektualūs agentai	Subsumption architecture; Reactive Action Package (RAP); Krest;	Intelektualūs agentai neturi vidinių simbolinių modelių; Jų veikimas yra pagrįstas aplinkos būsenų kaita; Kiekvienas atskiras intelektualus agentas yra paprastas ir sąveikauja su kitais agentais; Sudėtingos intelektualių agentų struktūros atsiranda, apjungiant intelektualius agentus į bendras sistemas; Šie agentai sugeba pateikti greitus ir patikimus sprendimus; Labai sunku apibrėžti veikimo apimtį, kaip tarkime neuroninių tinklo neuronų skaičius ir panašiai.	 <p>Šaltinis: (Hyacinth S. Nwana, 1996)</p>

Agentų tipas	Agentų technologijas užtikrinančios platformos	Agentų savybės	Agento klasikinis pavyzdys
Mobilūs agentai	Voyager; Aglets; Odyssey; Mole;	Tai yra programos, kurios gali migruoti nuo vienu sistemų prie kitų; Agentai veikia autonomiškai, nepriklausomai nuo sprendžiamos problemos sistemos platformos; Reikalauja agentų vykdymo aplinkos (standartų, kalbos, principų ir t.t.); Pasižymi asinchronine komunikacija; Gali būti į vieną būseną (per vieną žingsnį) migruojantys agentai arba keisti būseną skirtinguose tinklo vietose; Naudojami paskirstytos informacijos išgavimui, telekomunikacinių tinklų maršrutizavimui ir t.t.	 <p>AEE: Agent Execution Environment Šaltinis: (Hyacinth S. Nwana, 1996)</p>
Informacijos agentai		Naudojami valdyti informacijai; Manipuliuoja ir surenka informaciją iš įvairių pasiskirsčiusių šaltinių; Informacijos agentai gali būti mobilūs arba statiniai, tai yra gali rinkti tik konkrečią informaciją pagal iš anksto numatytas struktūras arba prisitaikyti prie kintančių struktūrų; Naudojamos internetinių puslapių anotacijos;	 <p>Šaltinis: (Hyacinth S. Nwana, 1996)</p>
Heterogeniniai (įvairialypiai) agentai arba multi-agentai	PACT; Infosleuth; ADEPT;	Mažiausiai du skirtingi agentai; Sąveikauja tarpusavyje ir su kitomis sistemomis; Naudojama apibrėžta kalba agentų komunikacijoje (ACL – agent communication language), naudojamas protokolas (KQML - The Knowledge Query and Manipulation Language) žinių užklausų ir manipuliavimo kalba;	 <p>Šaltinis: (Hyacinth S. Nwana, 1996)</p>
Ekonominiai agentai	Swarm; Echo; Tierra; AuctionBot;	Ekonominiai agentai naudojami spręsti, tokias problemas: socialinių mokslų, dirbtinio pasaulio, sudėtingos adaptyvios sistemos, į rinką orientuotas programavimas, paslaugų rinkodara; Socialinių normų vertinimas; Sugeba reguliuoti savo veiksmus; Prisitaiko prie kintančios aplinkos; Yra efektyvūs ir kuria pridėdamąją vertę;	 <p>Šaltinis: Source: J. Sairamesh, Economic Paradigms for Information Systems and Networks</p>

Šaltinis: Sudaryta autoriaus.

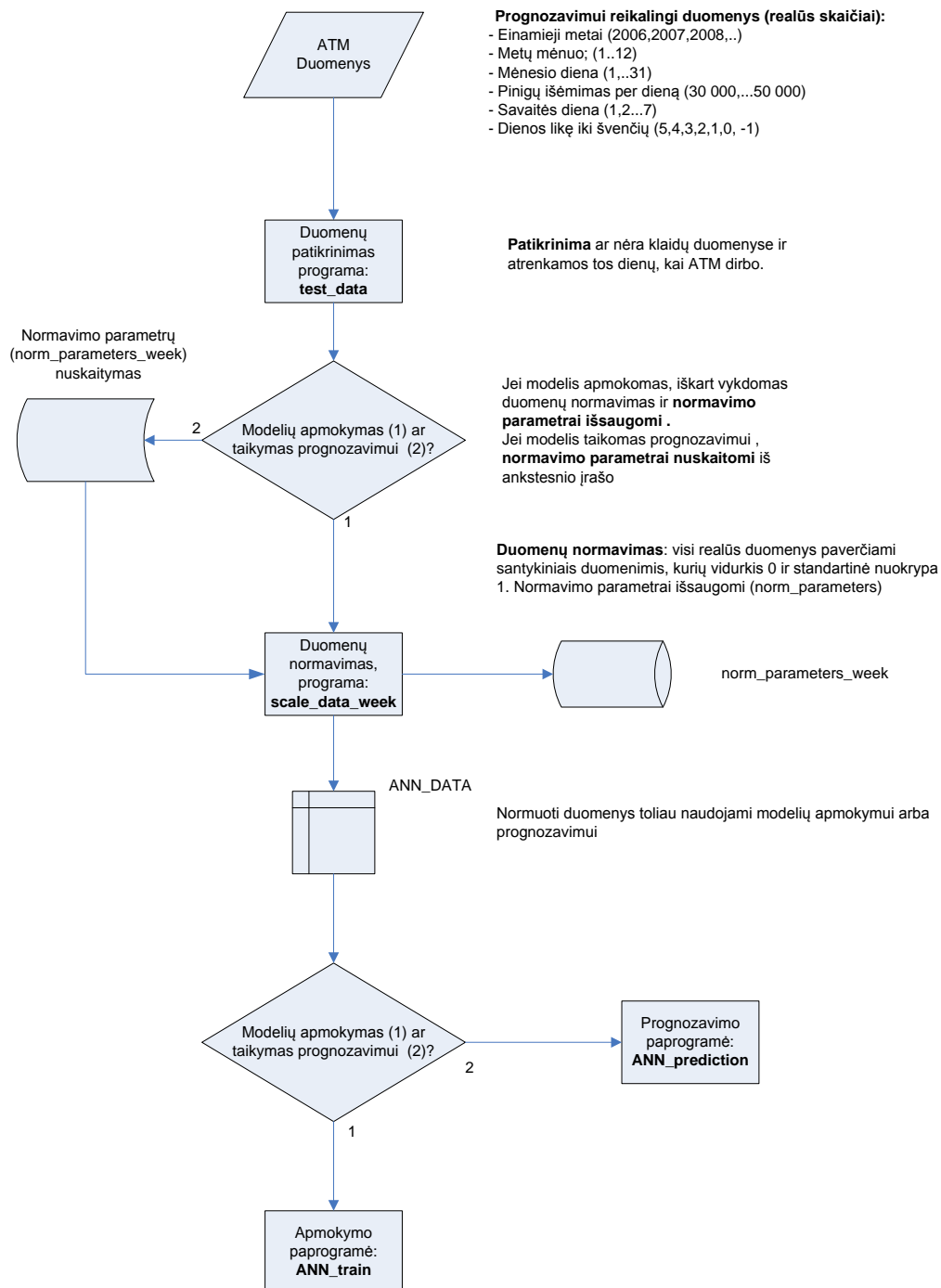
4. Priedas Duomenų gavimas ir normalizavimas (dienos prognozei).

1. Duomenų gavimas ir normalizavimas (dienos prognozei)



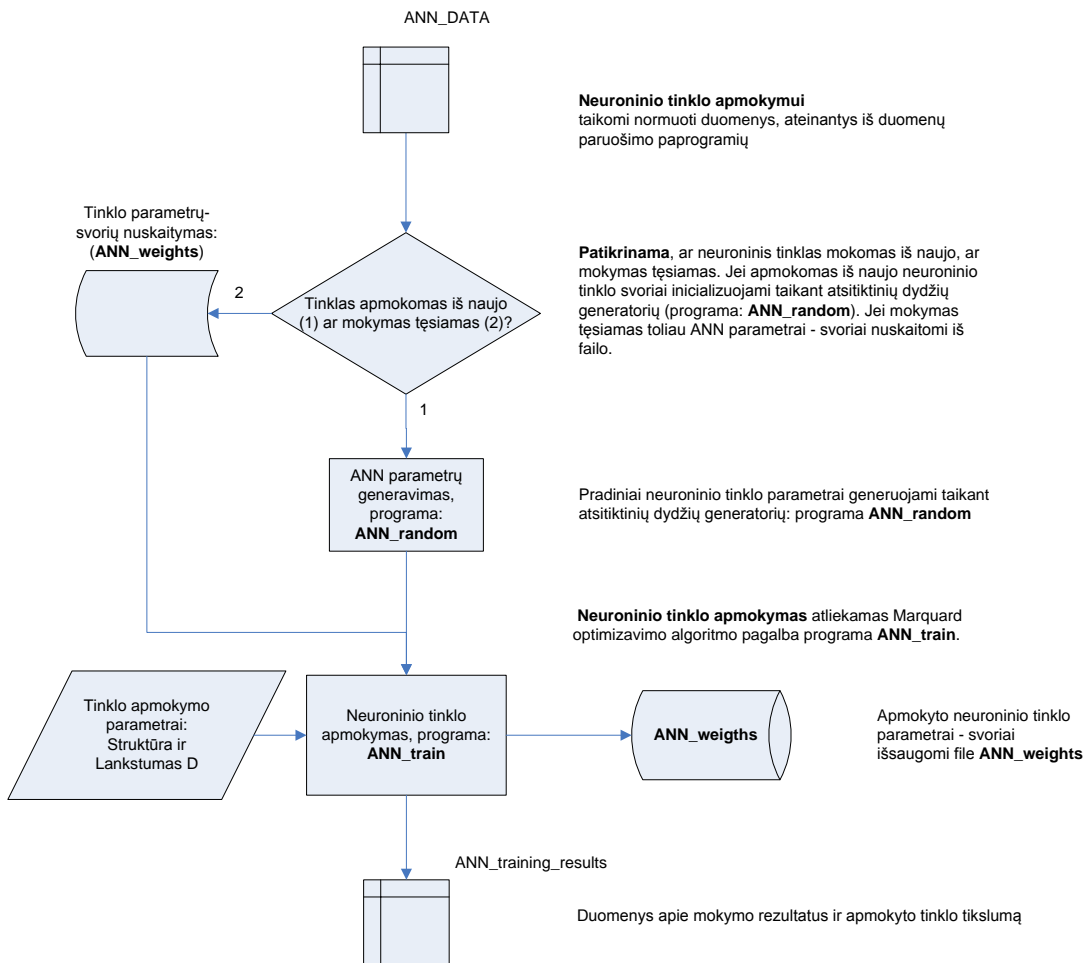
5. Priedas Duomenų gavimas ir normalizavimas (savaitės prognozei).

2. Duomenų gavimas ir normalizavimas (savaitinei prognozei)



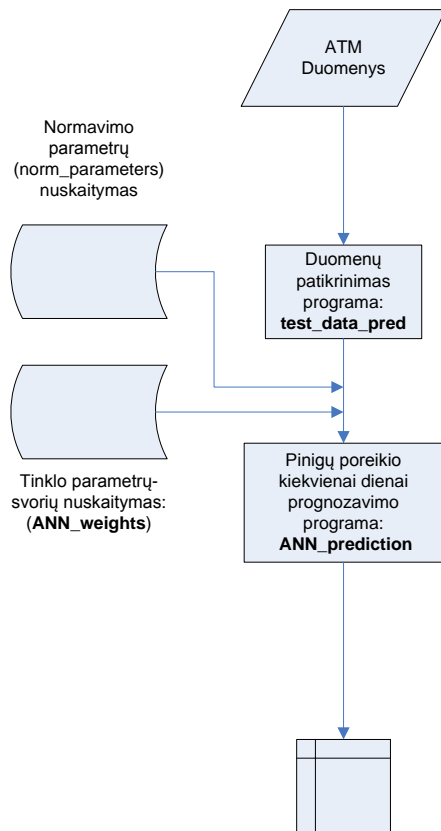
6. Priedas Dirbtinio neuroninio tinklo apmokymas.

3. Dirbtinio neuroninio tinklo apmokymas



7. Priedas Pinigų poreikio ATM prognozavimas.

4. Pinigų poreikio ATM prognozavimas



Prognozavimui reikalingi duomenys (realūs skaičiai):

- Paskutinių 7 dienų pinigų poreikis
- Prognozavimo dienų skaičius ir atitinkamai mėnuo, mėnesio diena, savaitės diena ir dienos iki švenčių

Patikrinama ar nėra klaidų duomenyse.

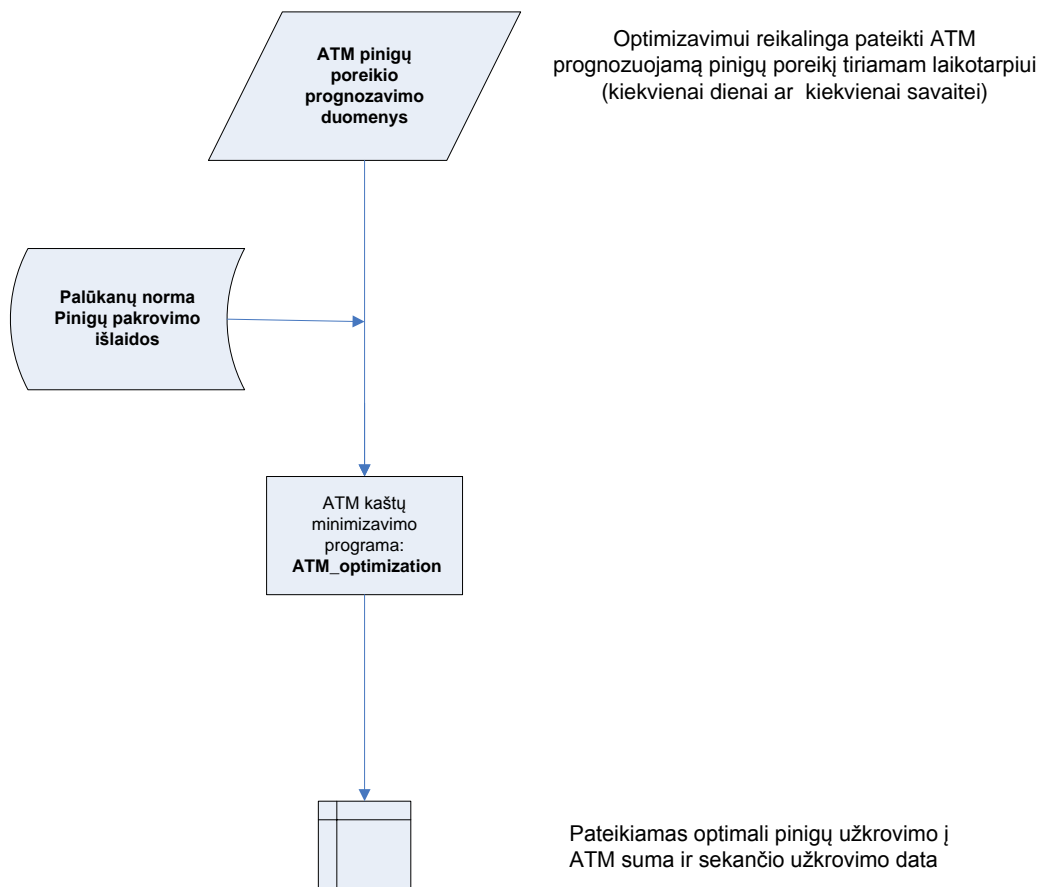
Apmokytas neuroninis tinklas taikomas ATM pinigų poreikio prognozei

Pateikiami ATM pinigų poreikio prognozavimo rezultatai vartotojo pasirinktam intervalui

8. Priedas ATM funkcionavimo kaštų optimizavimas.

5. ATM funkcionavimo kaštų optimizavimas

Panaudojant ATM pinigų poreikio prognozę, optimizavimo procedūra, atsižvelgiant į palūkanų normas ir pinigų užkrovimo kaštus parenka ATM pinigų užkrovimo sumą ir datas taip, kad būtų, minimizuojamos ATM funkcionavimo sąnaudos.



9. Priedas “Paprogramė ANN_train” (MATLAB aplinkoje)

```

function [W1,W2,MAPE,ANN_training_results,D]=
...ANN_train(i_st,ANN_DATA,W1,W2,norm_parameters,D)
%-----
% Definition of the structure of the neural network
NetDef=['HHHHHHHHHHHHHHHH';'L-----'];
% Training (i_st=1) or adapting (i_st=0) of the neural network
% ---- Size of the DATA
[ntr,nvar]=size(ANN_DATA);
Xn=ANN_DATA';
% Data are randomly divided in training (70%)and testing sets (30%)
i_lear=0;
i_test=0;
for isk=1:ntr
    decision=rand;
    if decision>=0.7
        i_lear=i_lear+1;
        % Training Data
        TI(1:6,i_lear)=Xn(1:6,isk);
        Y(1,i_lear)=Xn(7,isk);
    else
        i_test=i_test+1;
        % Testing data
        TI_test(1:6,i_test)=Xn(1:6,isk);
        Y_test(1,i_test)=Xn(7,isk);
    end
end
%-----
% Determination of the basic flexibility (parameter D)for the neural network
MAPE_best=1e6;D_best=D;
% Start-flexibility D=[0.001 0.01 0.1 1 10]
if i_st==1
    flexib=[0.001 0.01 0.1 1 10];
else
    % then flexibility is adapted on-line
    flexib=[0.001 0.01 1 0.9*D D 1.1*D];
end
% Now training/testing of ANN for different D - values
for Dvar=flexib
% Parameters (weights) of the ANN: random or from file
if i_st==1
SW1=(rand(15,7)-0.5)*0.5;
SW2=(rand(1,16)-0.5)*0.5;
iter=100;
else
    iter=50;
    SW1=W1;
    SW2=W2;
end
%----- ANN training procedure
trparms.D=Dvar;trparms.maxiter = iter;
% Using Marqard optimization algorithm
[W1,W2,critvec,iter]=marq(NetDef,SW1,SW2,TI,Y,trparms);
% Evaluation of ANN for testing data
[Y_mod,E_mod,NSSE_mod] = nneval_ng(NetDef,W1,W2,TI_test,Y_test);
% Scale from normalized to the real data
Y_mod_r=Y_mod.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
Y_test_r=Y_test.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
% Definition of error
MAPE_new=mean(abs(Y_mod_r-Y_test_r))/mean(Y_test_r)*100;
%--- Choise the optimal D, based on minimal MAPE error
if MAPE_new<=MAPE_best
    MAPE_best=MAPE_new;
    BW1=W1;BW2=W2;
    D_best=Dvar;
end
end
W1=BW1;W2=BW2;D=D_best;
if D<0.0001; D=0.0001;end
if D>30; D=30;end
%----- new ANN for possible improvemenet
% In every iteration also a new-generated ANN is tested for modeling task
NW1=(rand(15,7)-0.5)*0.5;
NW2=(rand(1,16)-0.5)*0.5;

```



```

trparms.maxiter=100;trparms.D=D_best;
% Using Marquard optimization algorithm
[NW1,NW2,critvec,iter]=marq(NetDef,NW1,NW2,TI,Y,trparms);
% Evaluation of ANN for testing data
[Y_mod,E_mod,NSSE_mod] = nneval_ng(NetDef,NW1,NW2,TI_test,Y_test);
% Scale from normalized to the real data
Y_mod_r=Y_mod.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
Y_test_r=Y_test.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
% Definition of error
MAPE_new=mean(abs(Y_mod_r-Y_test_r))/mean(Y_test_r)*100;
if MAPE_new<=MAPE_best
    W1=NW1;W2=NW2;
end
%-----
%- Then Short training with optimal D using all data
TI_all(1:6,:)=Xn(1:6,:);
Y_all(1,:)=Xn(7,:);
trparms.maxiter=10;
trparms.D=D;
[W1,W2,critvec,iter]=marq(NetDef,W1,W2,TI_all,Y_all,trparms);
[Y_mod,E_mod,NSSE_mod] = nneval_ng(NetDef,W1,W2,TI_all,Y_all);
%-----
% Training Results
Y_mod_r=Y_mod.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
Y_all_r=Y_all.*norm_parameters(7,2)+norm_parameters(7,1);
MAPE=mean(abs(Y_mod_r-Y_all_r))/mean(Y_all_r)*100;
Xn(8,:)=Y_mod;
Xn(9,:)=Y_mod_r;
ANN_training_results=Xn';
%-----

```

10. Priedas “Paprogramė ATM_optimization” (MATLAB aplinkoje)

```

function [Optimal_Costs,Optimal_Load,Load_Data]=...
ATM_optimization(ATM_constr,ATM_demand,L_Costs,Rate,Indic,Reserve)
%---Estimation of optimal money Load-volume and Load Data for ATM
% for weekly interval Rate =7*Rate
if Indic==2, Rate=Rate*7;end
% Estimation of optimal money Load for variuos amount of money-Load
i_choose=0;
for d_load=ATM_constr(1):-ATM_constr(3):ATM_constr(2)
    Money_costs=[];
    i_choose=i_choose+1;
    Load(i_choose)=d_load;
    ATM_money=d_load;
    jd=0;iest=0;
    [int_i,int_j]=size(ATM_demand);
    if (jd+1)<=int_j
        % money change in ATM during given interval
        while ATM_money>(Reserve+ATM_demand(jd+1))
            jd=jd+1;
            iest=1;
            Money_costs(jd)=(ATM_money-ATM_demand(jd))*0.01*Rate/365;
            ATM_money=ATM_money-ATM_demand(jd);
        end
    end
    % Estimation of total and average costs
    if iest==1
        Total_Money_costs=cumsum(Money_costs);
        Average_costs(i_choose)=(Total_Money_costs(end)+L_Costs(jd))/jd;
    else
        Average_costs(i_choose)=1e6;
    end
    Day(i_choose)=jd;
end
% Choose of Load-Volume with minimal ATM average costs
[Best,ia]=min(Average_costs);
Optimal_Costs=Best;
Optimal_Load=Load(ia);
Load_Data=Day(ia);

```

11. Priedas ATMiQ sistemos langų pavyzdžiai.

ATMiQ sistemos pinigų planavimo langas

Planning: ATM Network (India)

Filter

Search

Advanced Search

Search Clear

Terminal List Check All Pin All

Terminal ID	Next Replishm...	Period	Cassett...	Cassett...	Cassett...	Cassett...	Cassett...	Cassett...	Plan Status	Plan Expense
ATM1	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	774 x 500 IN			Forecasted	7796,3
ATM102	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	880 x 500 IN			Forecasted	8272,1
ATM103	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	1031 x 500			Forecasted	8944,5
ATM105	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	1843 x 500			Forecasted	11960,4
ATM106	2010-10-30	2	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	1623 x 500			Forecasted	7613,6
ATM107	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	1574 x 500			Forecasted	12361,8
ATM11	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	1373 x 500			Forecasted	9940,9
ATM111	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	1699 x 100	409 x 500 IN			Forecasted	4477,5
ATM112	2010-10-30	2	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	3980 x 500			Forecasted	14790,0
ATM113	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	3650 x 100	601 x 500 IN			Forecasted	6741,1
ATM115	2010-10-31	2	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	3451 x 100	581 x 500 IN			Forecasted	4489,0
ATM116	2010-10-30	1	4100 x 10 IN	4100 x 50 IN	4100 x 100	2024 x 500			Forecasted	12471,4

Page 1 of 1: First 1 Last

Showing record(s): 1 - 46 of 46 100

Calculate Accept Send to execute Modify Extra Replenishment

Monitoring Planning Optimization User Assessment Device Assessment Replenishment View Balancing

Related Information Diagrams Balancing details

Terminal ID : ATM103 Cassettes load amount (-)

Denomination	Load Amount
10 INR	4100
50 INR	4100
100 INR	4100
500 INR	1031

ATMiQ sistemos inkasacijų plano keitimo langas

Modify Cassettes: ATM105 Cassettes update completed successfully

Modify Cassettes Details

Other information

Dates

Interval 2010-10-30 to 2010-10-31

Cassettes

Cassette 1	4100	10	INR
Cassette 2	4100	50	INR
Cassette 3	4100	100	INR
Cassette 4	1500	500	INR
Cassette 5			
Cassette 6			

Apply Cancel Close

Expenses

Category	Initial	Modified
Plan Expenses	11960	9680

Total Cash Amounts

Currency	Forecast	Modified	<>
INR	1577500	1406000	-171500

ATMiQ sistemos ekstra inkasacijų paruošimo langas

① Extra Replenishment: ATM105 [Plan calculated](#)

Extra Replenishment Details

Dates

Interval: to

Cassettes

Cassette 1	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 2	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 3	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 4	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cassette 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Other information

Expenses

Plan Expenses

Total Cash Amounts

Currency	Forecast	Modified	<>
INR	1577500	2706000	1128500

ATMiQ sistemos inkasacijos plano optimizavimo langas

Modify replenishment plan: ATM103

Replenishment Details

Dates

Interval: to

Period: days

Week days: Mon Tue Wed Thu Fri Sat Sun

Cassettes

Cassette 1	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="10"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 2	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 3	<input type="text" value="4100"/>	<input type="text" value="100"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 4	<input type="text" value="690"/>	<input type="text" value="500"/>	<input type="text" value="INR"/>
Cassette 5	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Cassette 6	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Options

Cash out algorithm:

Other information

Expenses

Total Cash Amounts

Currency	Forecast	Modified	<>
INR	1001000	1001000	0

12. Priedas Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (klasikinių ir ANN metodo prognozavimo tikslumo įvertinimas).

Modelio grupė: tikslus

Modelio grupė: tikslus, 20 ATM [sezoniškumo komponentės ilgis 7; sezoniškumo tipas adityvinis]																					
ATM nr.	ANN		Holto			Holto (dampa)				Winter'io				Winter'io (dampa)					ARMA		
	MAPE mok.	MAPE prog.	MAPE	alfa	beta	MAPE	alfa	beta	phi	MAPE	alfa	beta	gama	MAPE	alfa	beta	gama	phi	MAPE	p	q
27	13,2	16,8	18,9	0,5	0,1	18,9	0,4	0,1	0,9	19,96	0,4	0,1	0,2	19,96	0,4	0,1	0,2	0,7	38,02	2	1
43	15,6	18,6	40,3	0,1	0,1	39,8	0,1	0,5	0,9	22,28	0,1	0,1	0,4	22,28	0,1	0,1	0,4	0,1	53,45	1	0
89	15,3	18,7	24,0	0,1	0,7	23,7	0,1	0,8	0,9	24,14	0,3	0,1	0,2	24,14	0,3	0,1	0,2	0,9	38,45	1	2
147	14,4	18,3	18,4	0,4	0,1	18,0	0,3	0,3	0,9	19,83	0,4	0,1	0,2	19,83	0,4	0,1	0,2	0,1	59,79	2	1
178	14,6	21,8	26,1	0,5	0,1	25,9	0,4	0,2	0,9	27,22	0,4	0,1	0,4	27,22	0,4	0,1	0,4	0,9	43,96	0	1
242	17,2	20,8	24,9	0,2	0,5	23,6	0,1	0,8	0,8	20,84	0,3	0,2	0,2	20,84	0,3	0,2	0,2	0,9	60,90	0	1
325	12,1	20,1	29,2	0,4	0,1	27,6	0,5	0,3	0,1	20,96	0,4	0,1	0,3	20,96	0,4	0,1	0,3	0,4	40,23	1	1
326	16,5	22,2	26,5	0,3	0,2	25,2	0,1	1	0,8	26,56	0,2	0,5	0,7	26,56	0,2	0,5	0,7	0,9	83,76	0	0
354	15,8	21,5	24,8	0,2	0,7	24,4	0,2	1	0,8	21,96	0,3	0,1	0,2	21,96	0,3	0,1	0,2	0,7	36,09	2	2
373	11,2	16,6	16,1	0,5	0,2	15,9	0,4	0,2	0,9	19,29	0,4	0,1	0,3	19,29	0,4	0,1	0,3	0,8	49,31	0	0
395	14,7	19,2	22,2	0,3	0,1	21,6	0,2	0,5	0,7	20,69	0,4	0,1	0,3	20,69	0,4	0,1	0,3	0,7	58,43	0	1
402	13,3	18,4	23,8	0,3	0,3	23,4	0,2	0,6	0,9	16,80	0,3	0,1	0,3	16,80	0,3	0,1	0,3	0,1	100,65	2	2
410	11,5	20,3	20,3	0,2	0,1	18,8	0,1	1	0,3	21,63	0,2	0,1	0,2	21,63	0,2	0,1	0,2	0,1	23,11	0	1
422	11,9	15,4	18,5	0,3	0,1	17,8	0,2	0,1	0,1	18,68	0,2	0,1	0,1	18,68	0,2	0,1	0,1	0,1	25,78	1	1
475	14,0	19,0	24,1	0,2	0,1	23,8	0,1	0,6	0,8	20,54	0,1	0,1	0,3	20,54	0,1	0,1	0,3	0,1	30,11	0	1
502	18,0	23,2	30,8	0,1	0,1	30,8	0,1	0,1	1	30,85	0,2	0,1	0,1	30,85	0,2	0,1	0,1	1	60,75	0	2
608	14,6	22,3	25,5	0,3	0,6	24,5	0,2	1	0,9	20,92	0,2	1	0,1	20,92	0,2	1	0,1	1	31,79	2	1
656	13,2	16,9	32,9	0,1	0,1	31,4	0,1	0,1	0,1	21,50	0,5	0,1	0,5	21,50	0,5	0,1	0,5	0,1	41,81	0	1
668	16,2	20,7	31,0	0,2	0,1	30,0	0,1	0,2	0,9	25,37	0,1	0,1	0,1	25,37	0,1	0,1	0,1	0,1	96,92	0	1
676	14,2	20,4	21,7	0,2	0,1	20,5	0,1	0,7	0,6	23,83	0,2	0,1	0,2	23,83	0,2	0,1	0,2	0,9	55,68	2	1
Vid.	14,4	19,6	25,0			24,3				22,2				22,2					51,5		
Min.		15,4	16,1			15,9				16,8				16,8					23,1		

Modelio grupė: vidutiniai

Modelio grupė: vidutiniai, 10 ATM [sezoniškumo komponentės ilgis 7, sezoniškumo tipas adityvinis]																					
ATM nr.	ANN		Holto			Holto (dampa)				Winter'io				Winter'io (dampa)					ARMA		
	MAPE mok.	MAPE prog.	MAPE	alfa	beta	MAPE	alfa	beta	phi	MAPE	alfa	beta	gama	MAPE	alfa	beta	gama	phi	MAPE	p	q
516	25,7	40,7	70,4	0,1	0,7	70,4	0,1	0,7	1	63,6	0,2	0,1	0,1	63,6	0,2	0,1	0,1	0,1	105,01	0	2
131	28,1	42,0	37,7	0,6	0,1	36,6	0,5	0,7	0,5	46,9	0,8	0,1	0,7	46,9	0,8	0,1	0,7	0,1	63,59	2	2
621	28,3	39,5	72,1	0,6	0,8	71,9	0,7	1	0,5	63,2	0,8	0,1	0,2	63,2	0,8	0,1	0,2	0,7	83,44	0	0
535	26,5	48,3	177,3	1	0,1	168,8	1	0,5	0,2	69,2	0,1	0,1	1	69,2	0,1	0,1	1	0,1	405,80	0	1
68	29,9	40,5	65,8	0,3	0,1	64,9	0,3	1	0,1	54,0	0,2	0,1	0,3	54,0	0,2	0,1	0,3	1	91,02	2	1
316	32,6	40,2	42,7	0,4	0,2	42,7	0,4	0,2	1	42,2	0,3	0,2	0,3	42,2	0,3	0,2	0,3	0,9	92,48	1	0
348	32,7	40,5	67,8	0,1	0,1	67,8	0,1	0,1	1	67,4	0,9	0,1	0,2	67,4	0,9	0,1	0,2	0,3	160,07	0	0
280	24,7	35,0	52,5	0,2	0,4	52,5	0,2	0,4	1	36,7	0,3	0,3	0,4	36,7	0,3	0,3	0,4	0,8	239,60	2	1
279	23,2	37,0	66,3	0,1	0,1	66,3	0,1	0,1	1	44,0	0,1	0,1	0,3	44,0	0,1	0,1	0,3	0,9	69,50	0	2
703	24,3	35,9	43,1	0,1	0,8	43,1	0,1	0,8	1	46,8	0,3	0,2	0,2	46,8	0,3	0,2	0,2	1	130,03	2	1
Vid.	27,6	40,0	69,6			68,5				53,4				53,4					144,1		
Min.		35,0	37,7			36,6				36,7				36,7					63,6		

Modelio grupė: netikslus

Modelio grupė: netikslus, 10 ATM [sezoniškumo komponentės ilgis 7, sezoniškumo tipas adityvinis]																		
ATM nr.	ANN		Holto			Holto (dampa)				Winter'io				Winter'io (dampa)				
	MAPE mok.	MAPE prog.	MAPE	alfa	beta	MAPE	alfa	beta	phi	MAPE	alfa	beta	gama	MAPE	alfa	beta	gama	phi
44	33,8	52,0	192,5	0,1	0,3	189,3	0,1	0,1	0,1	116,2	0,1	0,1	0,4	116,2	0,1	0,1	0,4	0,1
232	35,2	52,4	263,5	0,9	0,1	250,9	0,6	1	0,8	111,9	0,9	0,1	0,7	111,9	0,9	0,1	0,7	0,4
526	31,5	48,0	73,0	0,6	1	72,4	0,6	1	0,9	63,8	0,1	0,1	0,3	63,8	0,1	0,1	0,3	0,1
111	36,0	44,1	169,0	0,8	0,5	154,5	1	0,2	0,1	216,8	0,6	0,8	0,5	216,8	0,6	0,8	0,5	1
416	34,1	64,8	1366,9	0,9	1	1366,9	0,9	1	1	617,9	0,7	0,5	0,9	617,9	0,7	0,5	0,9	1
660	39,0	46,4	203,7	1	0,1	200,3	1	1	0,1	119,6	0,1	0,1	1	119,6	0,1	0,1	1	0,1
362	33,5	65,2	106,6	1	0,4	101,1	1	0,8	0,4	97,6	0,1	0,1	1	97,6	0,1	0,1	1	0,1
253	31,2	50,4	239,3	0,1	1	239,3	0,1	1	1	85,9	0,3	0,2	0,1	85,9	0,3	0,2	0,1	0,9
384	27,9	52,0	189,2	0,1	0,7	189,2	0,1	0,7	1	93,6	0,1	0,1	0,9	93,6	0,1	0,1	0,9	0,1
482	41,5	56,4	129,1	0,9	0,3	129,1	0,9	0,3	1	111,6	0,1	0,1	1	111,6	0,1	0,1	1	0,9
Vid.	34,4	53,2	293,3			289,3				163,5				163,5				
Min.		44,1	73,0			72,4				63,8				63,8				

13. Priedas Didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (našumo palyginimas su tipiniu ATM pinigų valdymo modeliu).

Modelio grupė: tikslus

ATM nr.	Nauda %	Nauda 1 ATM/dieną	Nauda % (praradimai)	Nauda 1 ATM/dieną (praradimai)	MAPE ANN mok.	MAPE ANN prog.	CB-T	CB-O	(CBT-CBO)/CBO
Tikslus									
27	17,24%	67,1	9,05%	35,8	12,3	17,8	19657698	10718120	83,41%
43	12,95%	51,9	8,16%	32,7	13,8	20,3	20923970	12766473	63,90%
89	17,80%	79,8	12,11%	54,3	14,5	19,1	32720707	19180549	70,59%
147	17,19%	67,5	10,54%	42,7	14,0	19,5	22096259	11434440	93,24%
178	18,38%	80,7	15,44%	68,8	15,4	20,0	32109548	14940690	114,91%
242	8,00%	30,8	4,71%	18,7	17,0	21,0	19931353	15269917	30,53%
325	13,95%	57,3	11,76%	49,7	13,7	19,8	26302035	13902822	89,18%
326	19,60%	80,4	11,90%	49,6	19,3	20,8	24932111	12553819	98,60%
354	18,38%	74,2	10,40%	42,6	17,4	19,9	23230668	12590093	84,52%
373	10,50%	40,4	9,24%	36,7	12,4	19,4	19935079	10780303	84,92%
395	15,91%	61,2	10,13%	40,2	14,6	18,7	19783306	9761608	102,66%
402	27,49%	138,1	19,04%	95,6	12,1	18,9	46232340	22372752	106,65%
410	13,36%	48,6	4,35%	16,3	11,3	22,3	14523706	10453852	38,93%
422	12,17%	58,4	9,37%	46,2	12,9	15,4	43901231	32375984	35,60%
475	12,69%	49,1	9,42%	37,6	14,8	18,1	20542554	11154742	84,16%
502	35,12%	186,0	26,76%	141,7	17,6	24,2	53052201	17689901	199,90%
608	16,67%	62,2	6,26%	23,4	16,7	21,7	13997448	8169474	71,34%
656	12,51%	47,9	7,13%	27,7	13,2	16,9	17906147	10992864	62,89%
668	23,50%	97,3	15,19%	64,8	17,3	20,2	27303808	11139541	145,11%
676	31,26%	120,8	12,34%	49,1	13,3	21,6	20133983	7888070	155,25%
Vid.	17,73%	75,0	11,16%	48,7	14,7	19,8	25960808	13806801	90,81%

Modelio grupė: vidutinis ir netikslus

ATM nr.	Nauda %	Nauda 1 ATM/dieną	Nauda % (praradimai)	Nauda 1 ATM/dieną (praradimai)	MAPE ANN mok.	MAPE ANN prog.	CB-T	CB-O	(CBT-CBO)/CBO
Vidutinis									
516	33,06%	106,6	6,91%	24,1	27,7	42,3	7833408	1829208	328,24%
131	38,36%	123,1	7,80%	27,1	27,3	43,8	7623619	860784	785,66%
621	15,44%	51,0	6,02%	21,8	28,9	39,7	11357681	5914001	92,05%
535	26,38%	97,4	12,43%	48,1	29,3	42,1	17568838	5554473	216,30%
68	15,27%	52,5	6,11%	22,0	30,4	40,0	10948367	5448586	100,94%
316	9,12%	29,0	2,82%	9,5	30,5	39,1	5314247	2937724	80,90%
348	31,83%	122,8	14,83%	59,9	31,1	36,8	21718396	6762771	221,15%
280	52,03%	254,6	29,30%	143,4	22,6	32,2	43029455	7240092	494,32%
279	19,47%	67,0	6,36%	23,2	27,2	38,3	11721384	5940978	97,30%
703	21,70%	74,6	4,56%	16,3	25,1	34,3	9785593	5729056	70,81%
Vid.	26,27%	97,9	9,71%	39,5	28,0	38,9	14690099	4821767	248,77%
Netikslus									
44	23,38%	65,1	8,49%	29,7	31,2	49,2	8087995	685713	1079,50%
232	35,68%	110,9	3,30%	10,9	33,1	48,2	3385400	662287	411,17%
526	25,71%	90,2	9,09%	33,0	32,7	47,0	11613726	3367143	244,91%
111	43,22%	179,8	23,62%	102,4	39,8	50,3	29124068	3565793	716,76%
416	29,83%	100,8	6,92%	24,3	34,6	65,6	8587188	2521381	240,57%
660	23,92%	86,5	7,87%	29,0	36,6	52,7	12760145	5531685	130,67%
362	22,98%	85,8	11,54%	43,7	34,4	49,6	15352049	4451928	244,84%
253	43,34%	185,6	22,02%	98,0	29,4	56,1	31991979	7529772	324,87%
384	47,52%	172,8	13,87%	51,3	35,4	63,6	13265190	458320	2794,31%
482	24,51%	93,0	15,07%	59,3	42,1	55,7	19109521	4304765	343,92%
Vid.	32,01%	117,1	12,18%	48,2	34,9	53,8	15327726	3307879	653,15%

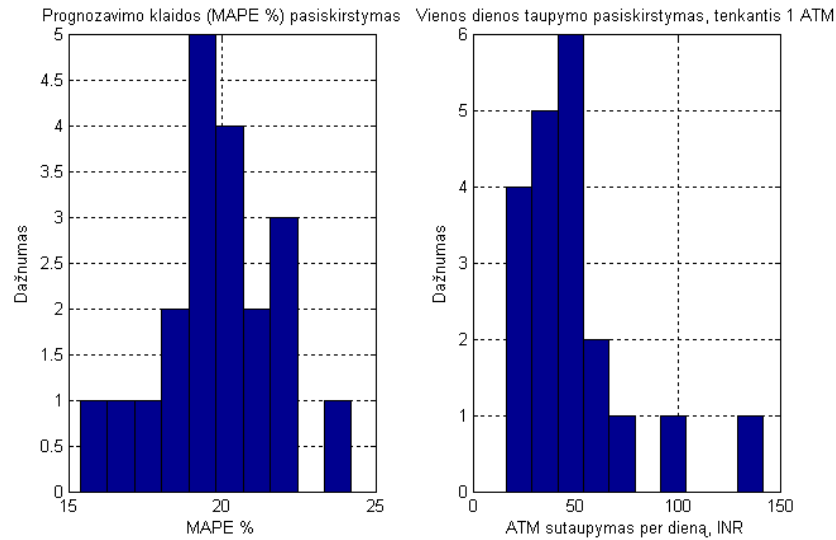
14. Priedas Mažo apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (klasikinių ir ANN metodo prognozavimo tikslumo įvertinimas).

Modelio grupė: dienos, 5 ATM [sezoniškumo komponentės ilgis 7; sezoniškumo tipas adityvus]																					
ATM nr.	ANN		Holto			Holto (dampa)				Winter'io				Winter'io (dampa)				ARMA			
	MAPE mok.	MAPE prog.	MAPE	alfa	beta	MAPE	alfa	beta	phi	MAPE	alfa	beta	gama	MAPE	alfa	beta	gama	phi	MAPE	p	q
1004	42,9	49,2	289,2	0,7	1	287,0	1	1	0,4	181,7	0,4	1	0,3	181,7	0,4	1	0,3	1	460,4	0	0
1045	59,2	62,7	193,5	0,1	0,1	193,5	0,1	0,1	1	190,6	0,1	0,1	0,3	190,6	0,1	0,1	0,3	1	431,9	2	0
2001	79,7	87,3	458,8	0,1	0,1	458,8	0,1	0,1	1	420,7	0,1	0,1	0,4	420,7	0,1	0,1	0,4	1	924,8	1	2
5011	40,3	53,7	267,4	1	0,2	236,5	1	1	0,2	135,8	0,1	0,1	0,9	135,8	0,1	0,1	0,9	0,1	517,5	0	0
7012	57,8	61,7	171,3	1	0,1	165,6	1	1	0,2	164,9	0,8	0,1	0,5	164,9	0,8	0,1	0,5	0,4	411,6	0	0
Vid.	56,0	62,9	276,0			268,3				218,7				218,7					549,2		
Min.		49,2	171,3			165,6				135,8				135,8					411,6		

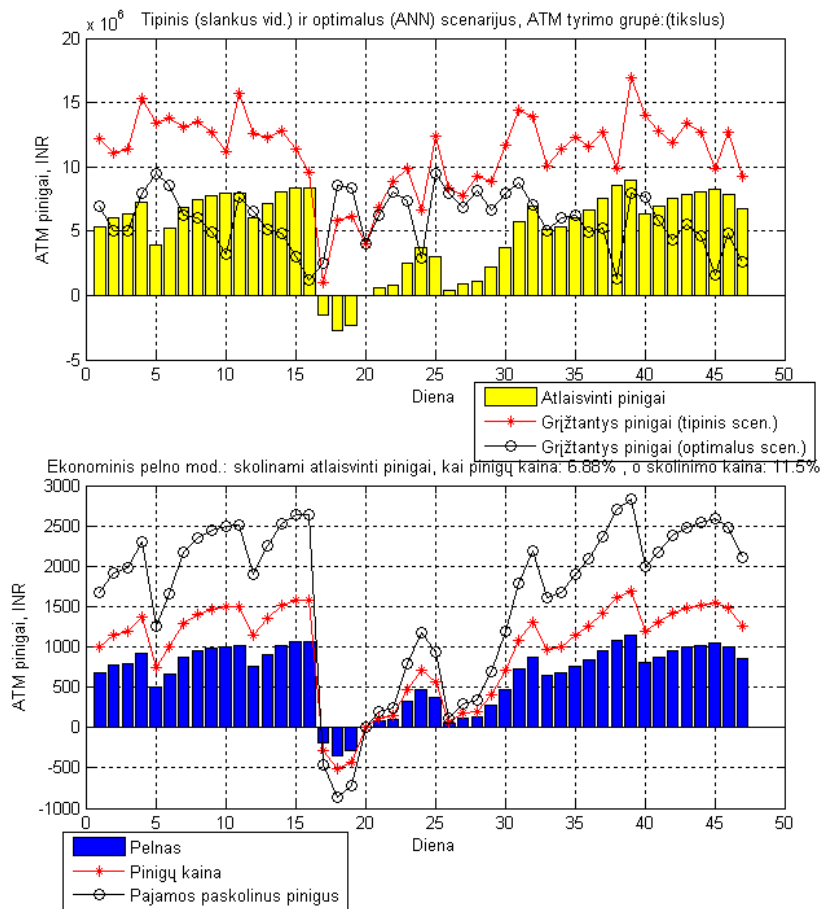
Modelio grupė: savaitė, 5 ATM [sezoniškumo komponentės ilgis 7, sezoniškumo tipas adityvus]																			
ATM nr.	ANN		Holto			Holto (dampa)				Winter'io				Winter'io (dampa)					
	MAPE mok.	MAPE prog.	MAPE	alfa	beta	MAPE	alfa	beta	phi	MAPE	alfa	beta	gama	MAPE	alfa	beta	gama	phi	
1004	10,8	15,6	7,6	0,9	0,1	7,1	0,9	0,7	0,1	8,1	0,9	0,1	1	8,1	0,9	0,1	1	0,1	
1045	16,9	24,0	13,6	1	0,1	12,8	0,8	0,7	0,4	14,2	0,9	0,1	0,5	14,2	0,9	0,1	0,5	0,5	
2001	23,0	34,9	21,1	1	0,1	18,5	0,9	0,7	0,2	25,1	0,8	0,1	1	25,1	0,8	0,1	1	0,5	
5011	10,4	14,8	8,5	1	0,1	7,8	1	0,2	0,7	9,2	0,9	0,1	1	9,2	0,9	0,1	1	0,7	
7012	16,4	22,7	11,0	1	0,1	10,3	1	0,5	0,1	11,6	0,9	0,1	0,7	11,6	0,9	0,1	0,7	0,7	
Vid.	15,5	22,4	12,3			11,3				13,7				13,7					
Min.		14,8	7,6			7,1				8,1				8,1					

15. Priedas Didelio apkrauto ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai (modeliuojamų ATM grupių našumo rodiklių grafinė interpretacija).

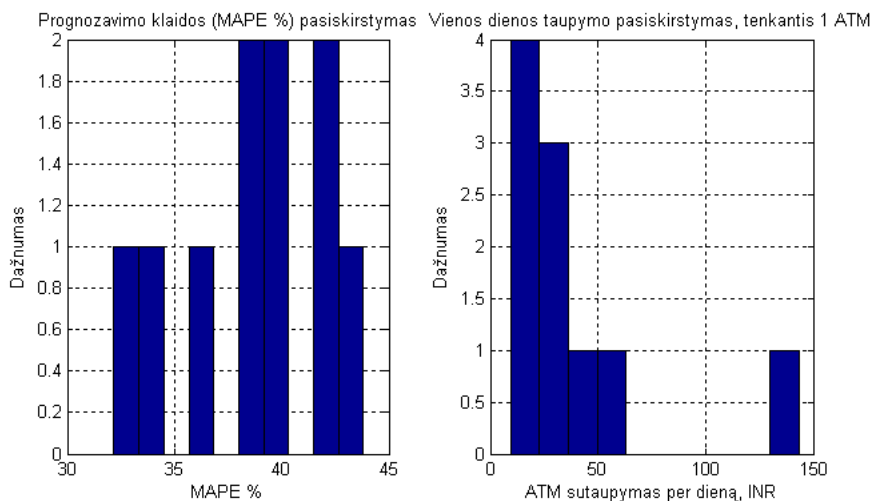
Tikslūs: prognozavimo klaidos ir vienos dienos taupymo pasiskirstymas, tenkantis 1 ATM.



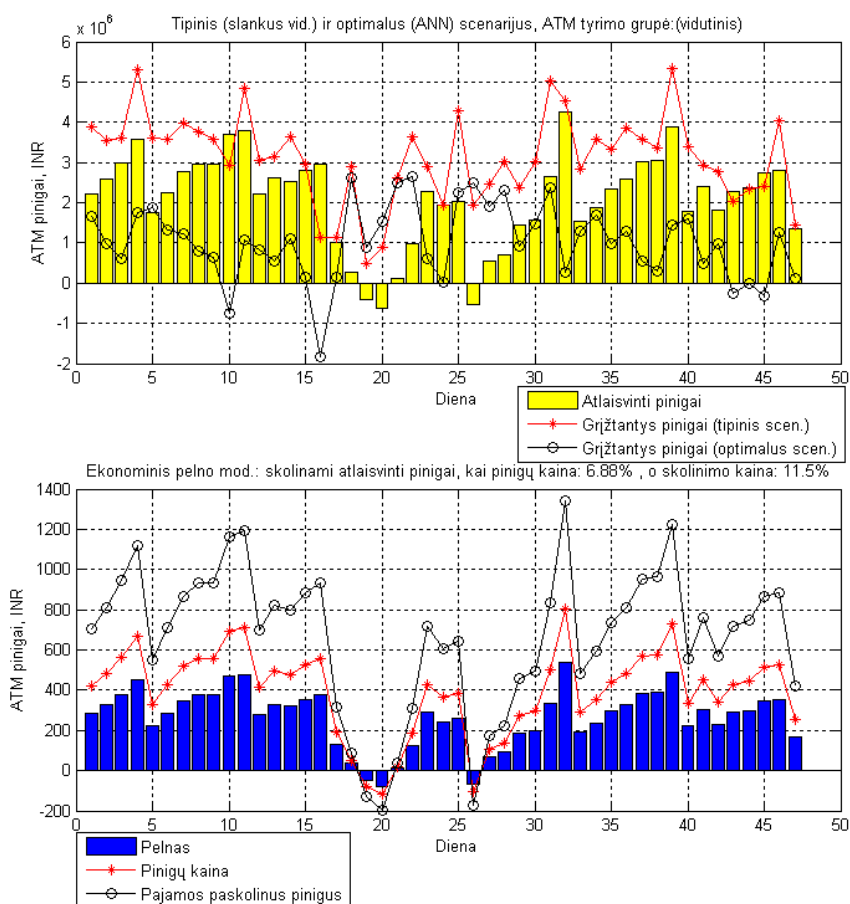
Tikslūs: atlaisvintų pinigų srauto analizė.



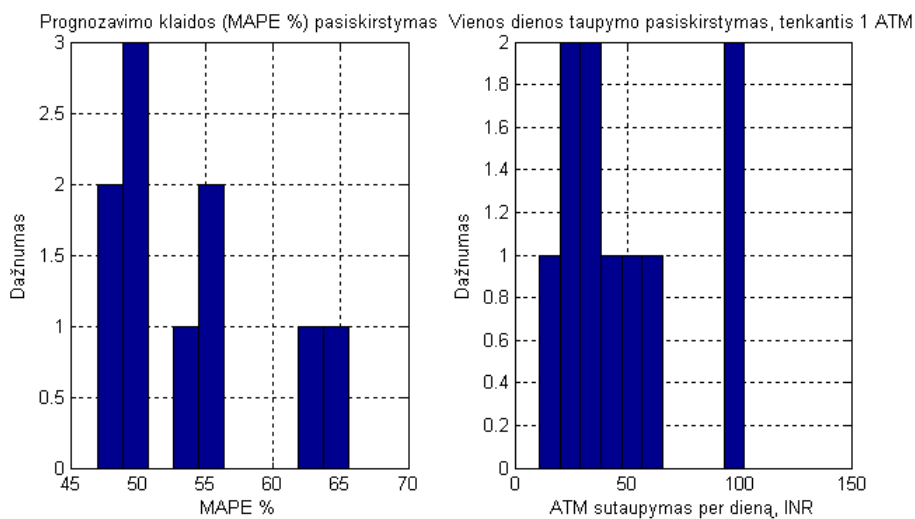
Netikslūs: prognozavimo klaidos ir vienos dienos taupymo pasiskirstymas, tenkantis 1 ATM.



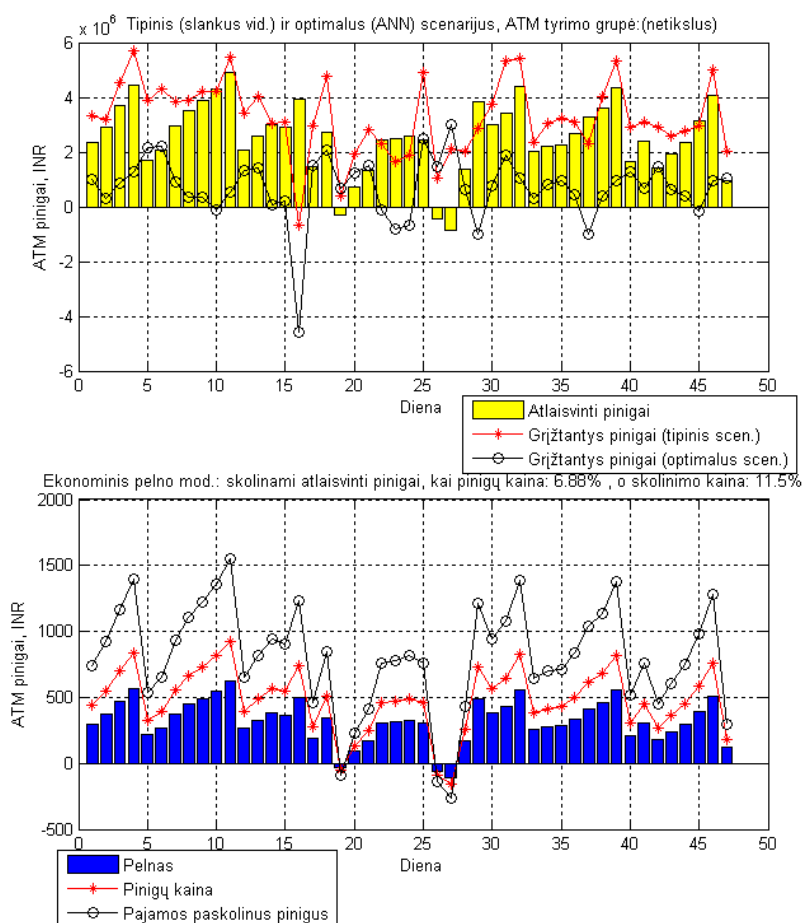
Ne tikslūs: atlaisvintų pinigų srauto analizė.



Netikslūs: prognozavimo klaidos ir vienos dienos taupymo pasiskirstymas, tenkantis 1 ATM.



Netikslūs: atlaisvintų pinigų srauto analizė.



16. Priedas Apibendrinti didelio apkrautumo ATM tinklų našumo modeliavimo rezultatai

Skaičiavimai Indijos rupijų valiuta.

Taupymo rodiklis	M.V.	Tikslus	Vidutinis	Netikslus
ATM sk.	vnt.	20	10	10
Modelio dienų skaičius	vnt.	45	45	45
Atlaisvintų pinigų suma (V)	INR	243.080.136,45	98.683.315,46	120.198.473,21
Atlaisvintų pinigų sumos vidurkis (V)	INR	5.171.917,80	2.099.645,01	2.557.414,32
Vieno ATM atlaisvintų pinigų suma (1)	INR	258.595,89	209.964,50	255.741,43
Atlaisvintų pinigų kaina (V)	INR	45.785,64	18.587,61	22.640,12
Atlaisvintų pinigų pardavimo kaina (V)	INR	76.586,89	31.092,00	37.870,75
Atlaisvintų pinigų galimas pelnas (V)	INR	30.801,25	12.504,39	15.230,63
Atlaisvintų pinigų pelno vidurkis per dieną (V)	INR	655,35	266,05	324,06
Vieno ATM atlaisvintų pinigų pelnas (1)	INR	32,77	26,61	32,41
Bendra nauda: taupymas +pelnas (1)	INR	85,10	69,09	84,16

ATM tinklas	vnt.	5000	5000	5000
-------------	------	------	------	------

Nauda taupymas (diena)	INR	261.646,30	212.441,25	258.758,17
Nauda pelnas (diena)	INR	163.836,44	133.025,45	162.027,96
Bendra nauda: taupymas +pelnas (diena)	INR	425.482,74	345.466,71	420.786,13

Nauda taupymas (metai)	INR	95.500.898,76	77.541.056,68	94.446.731,75
Nauda pelnas (metai)	INR	59.800.299,52	48.554.290,85	59.140.206,23
Bendra nauda: taupymas +pelnas (metai)	INR	155.301.198,29	126.095.347,53	153.586.937,99

Skaičiavimai eurų valiuta.

Taupymo rodiklis	M.V.	Tikslus	Vidutinis	Netikslus
ATM sk.	vnt.	20	10	10
Modelio dienų skaičius	vnt.	45	45	45
Atlaisvintų pinigų suma (V)	EUR	3.945.438,17	1.601.730,71	1.950.943,63
Atlaisvintų pinigų sumos vidurkis (V)	EUR	83.945,49	34.079,38	41.509,44
Vieno ATM atlaisvintų pinigų suma (1)	EUR	4.197,27	3.407,94	4.150,94
Atlaisvintų pinigų kaina (V)	EUR	743,15	301,70	367,47
Atlaisvintų pinigų pardavimo kaina (V)	EUR	1.243,08	504,65	614,68
Atlaisvintų pinigų galimas pelnas (V)	EUR	499,94	202,96	247,21

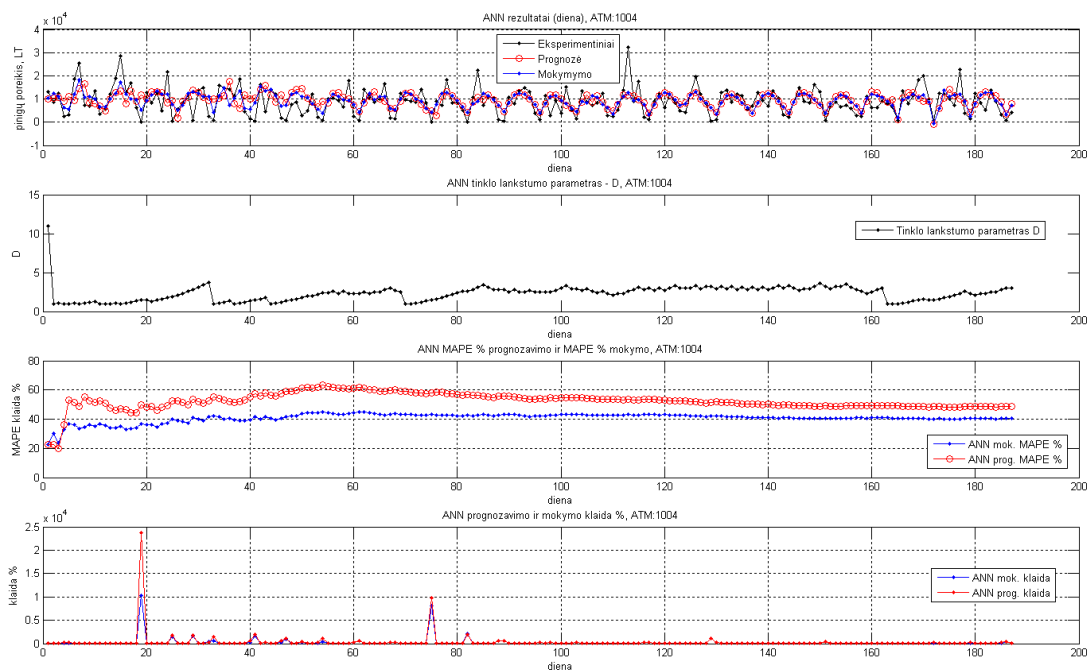
Taupymo rodiklis	M.V.	Tikslus	Vidutinis	Netikslus
Atlaisvintų pinigų pelno vidurkis per dieną (V)	EUR	10,64	4,32	5,26
Vieno ATM atlaisvintų pinigų pelnas (1)	EUR	0,53	0,43	0,53
Bendra nauda: taupymas +pelnas (1)	EUR	1,38	1,12	1,37

ATM tinklas	vnt.	5000	5000	5000
-------------	------	------	------	------

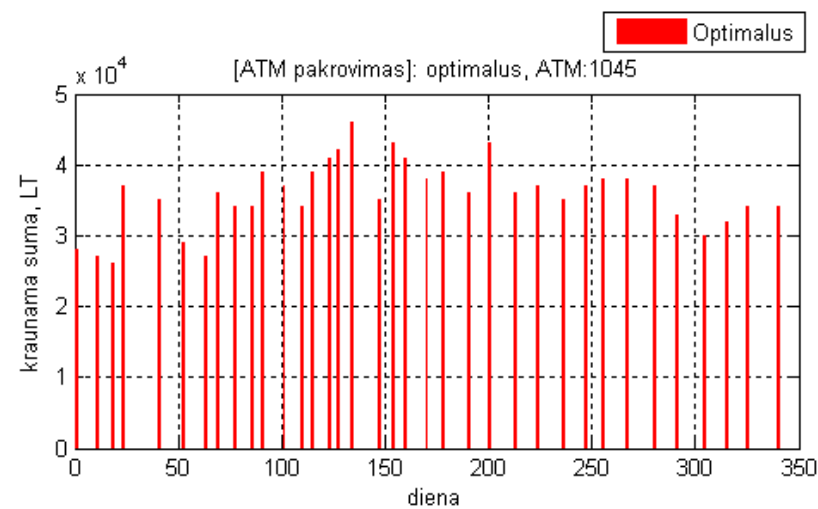
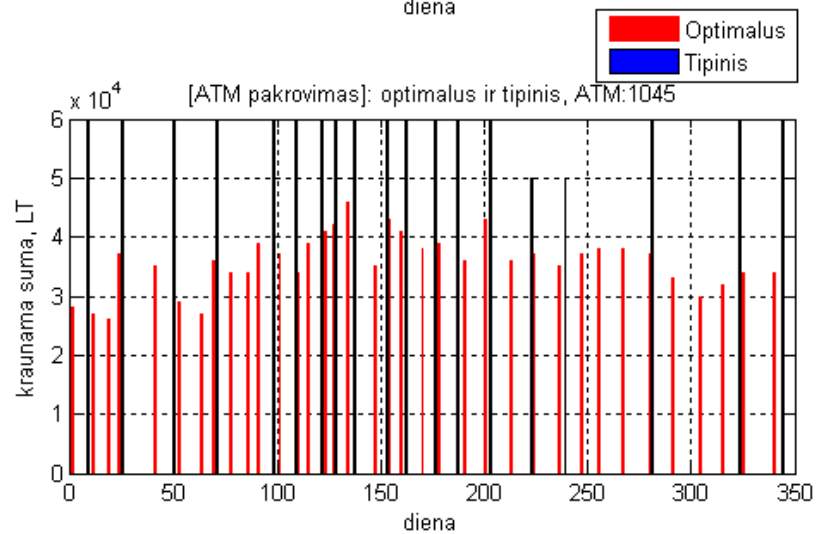
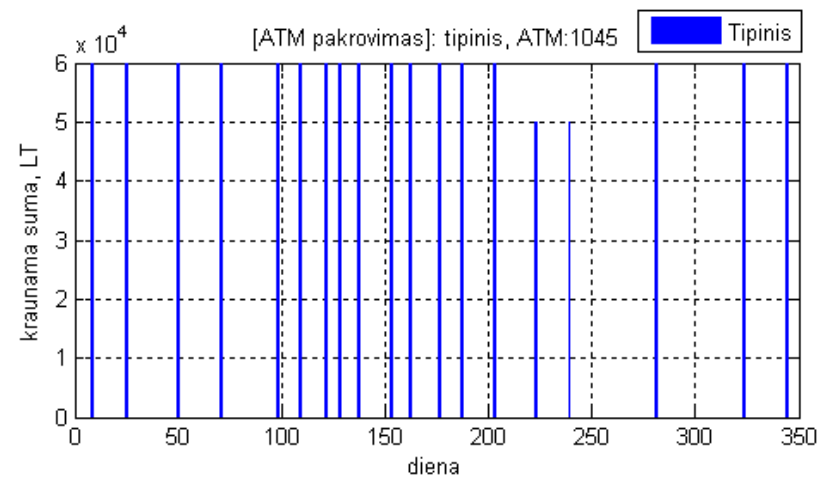
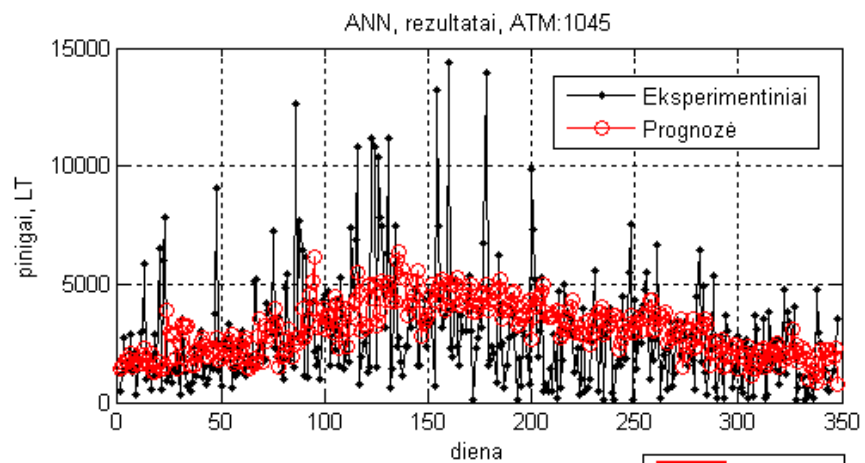
Nauda taupymas (diena)	EUR	4.246,79	3.448,14	4.199,91
Nauda pelnas (diena)	EUR	2.659,23	2.159,14	2.629,88
Bendra nauda: taupymas +pelnas (diena)	EUR	6.906,02	5.607,28	6.829,79

Nauda taupymas (metai)	EUR	1.550.076,84	1.258.570,32	1.532.966,64
Nauda pelnas (metai)	EUR	970.619,76	788.085,59	959.905,78
Bendra nauda: taupymas +pelnas (metai)	EUR	2.520.696,61	2.046.655,91	2.492.872,42

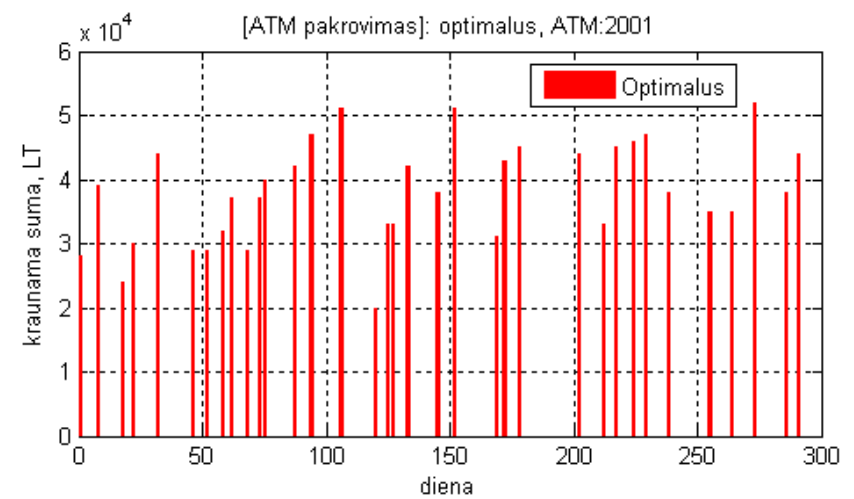
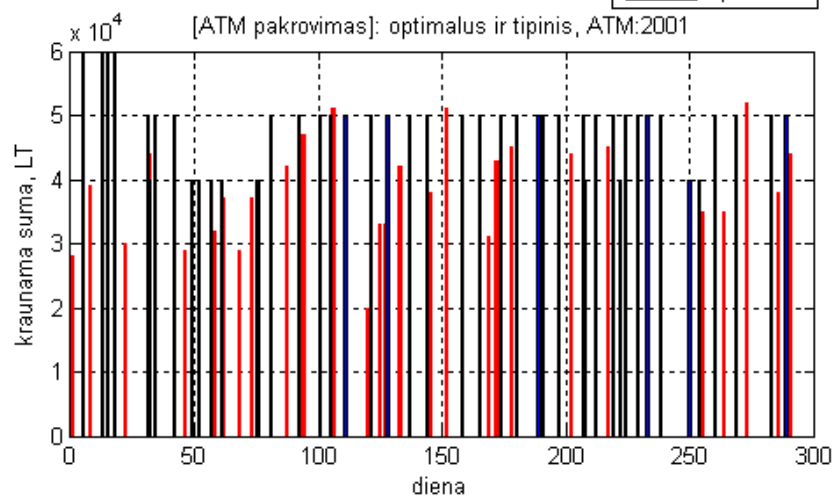
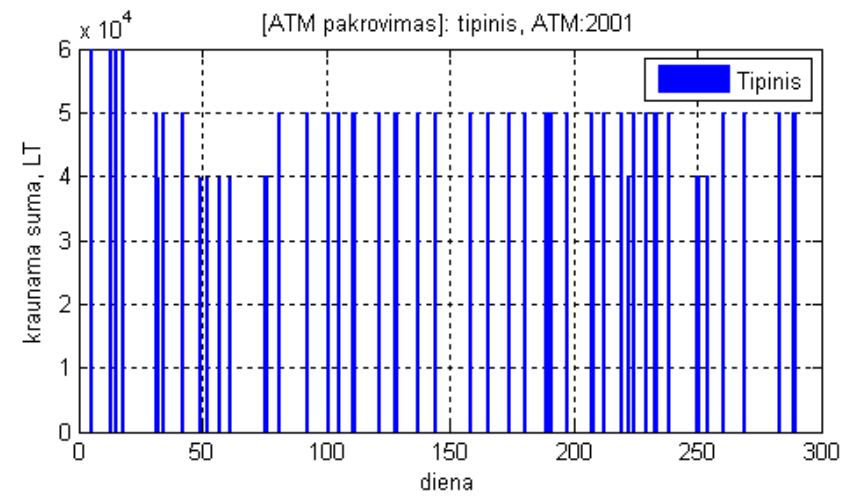
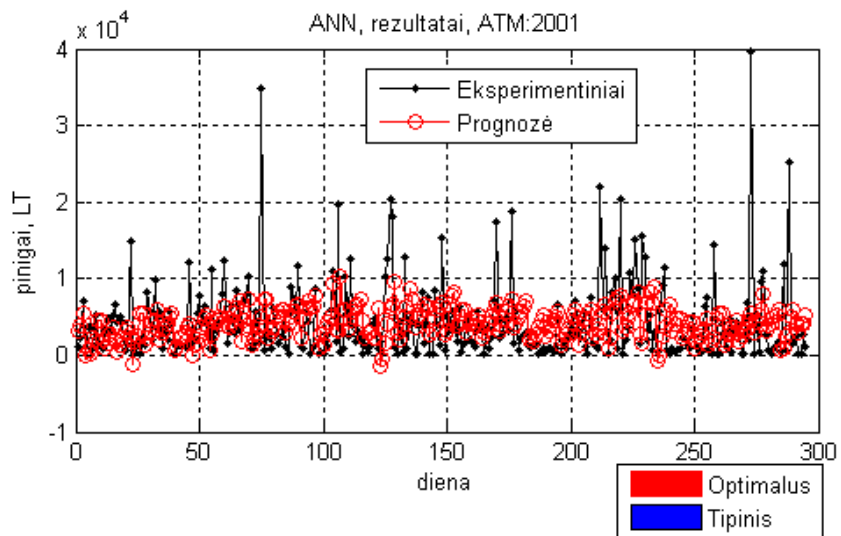
17. Priedas ANN modelio rezultatai [ATM 1004], prognozei naudojami dienos duomenys.



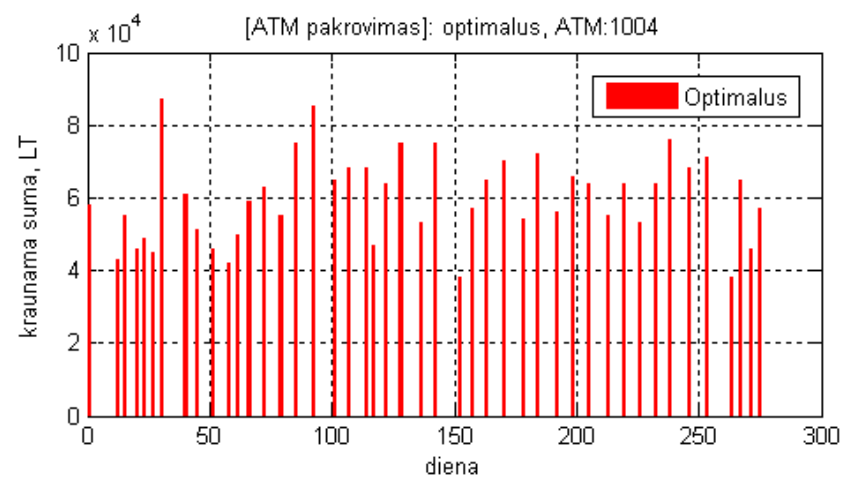
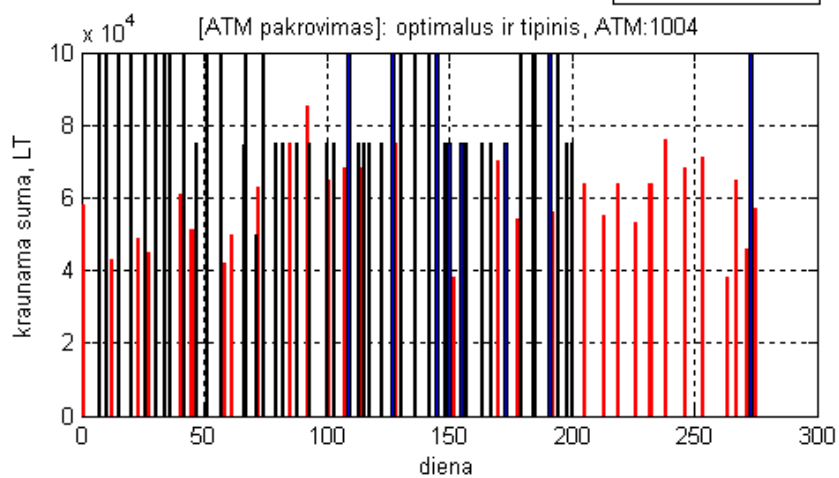
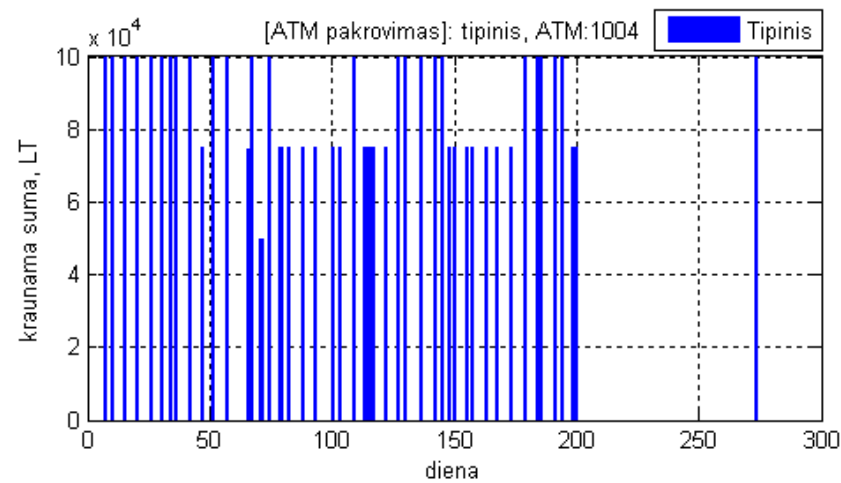
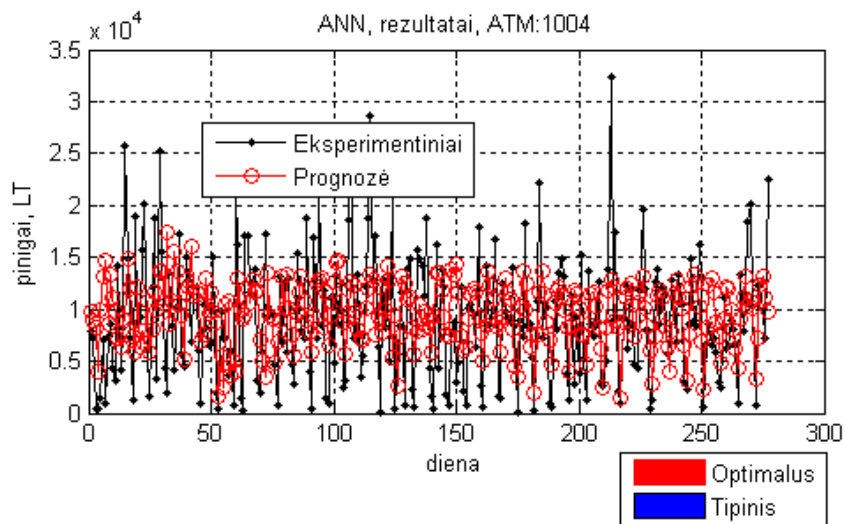
18. Priedas Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM1045



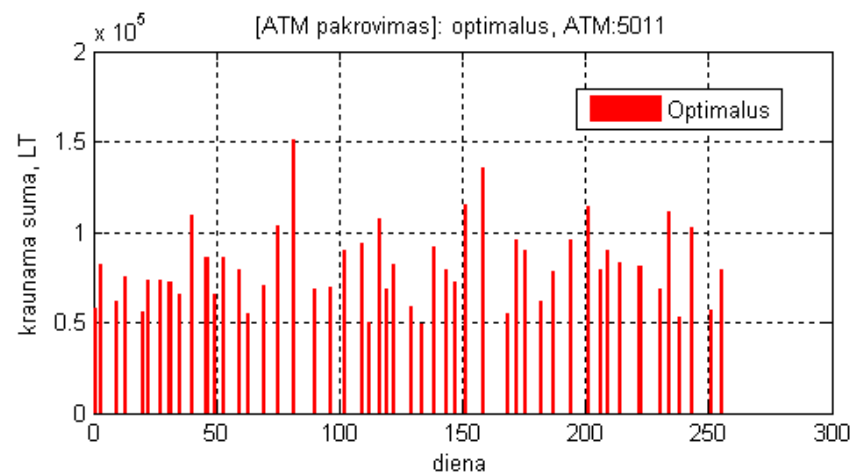
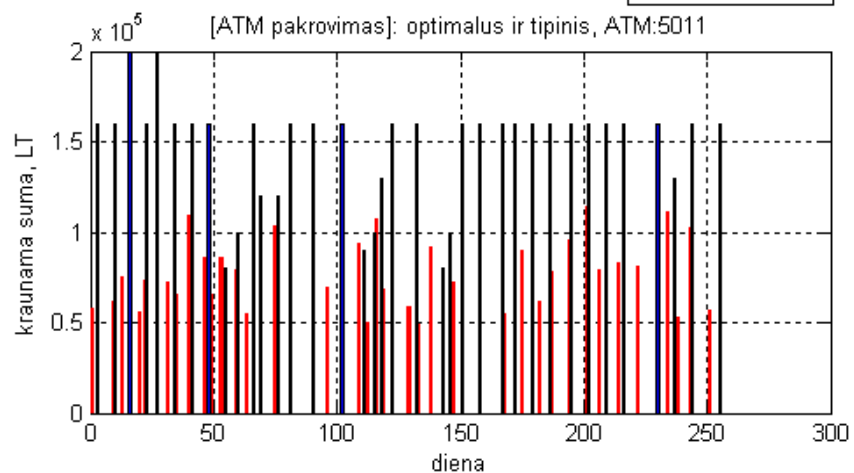
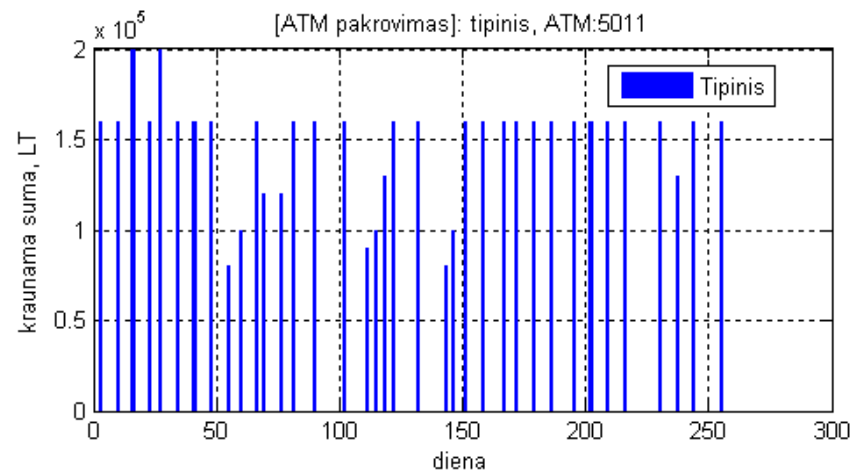
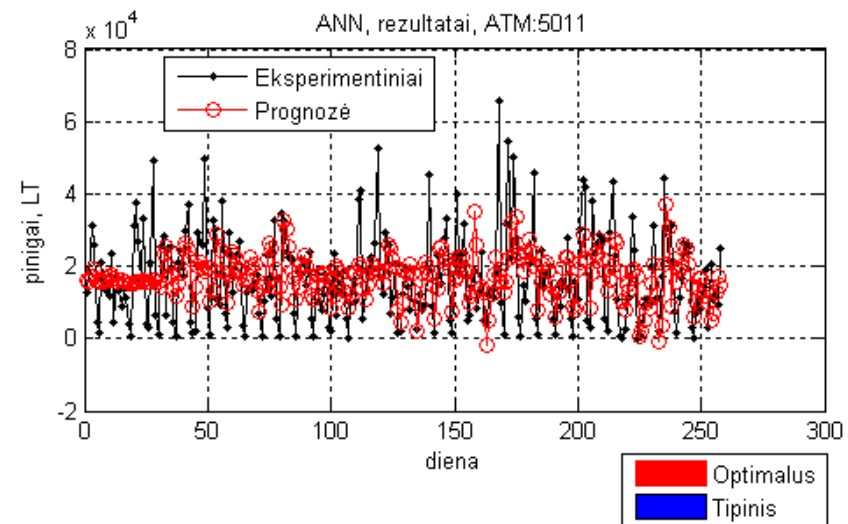
19. Priedas Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM2001



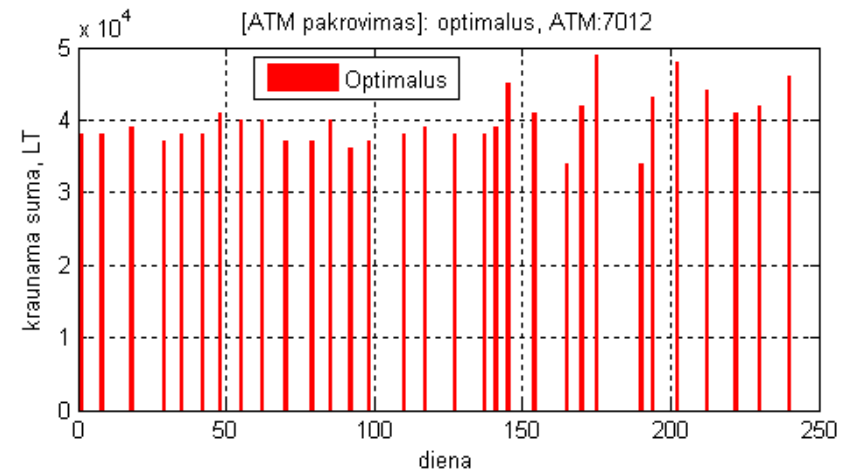
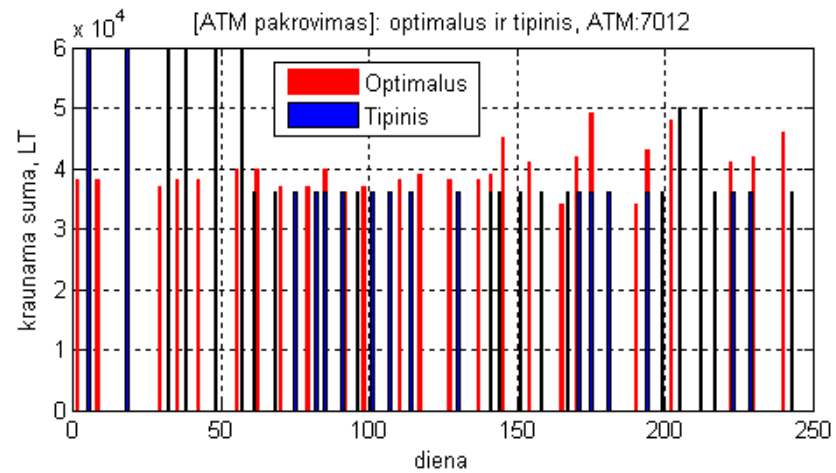
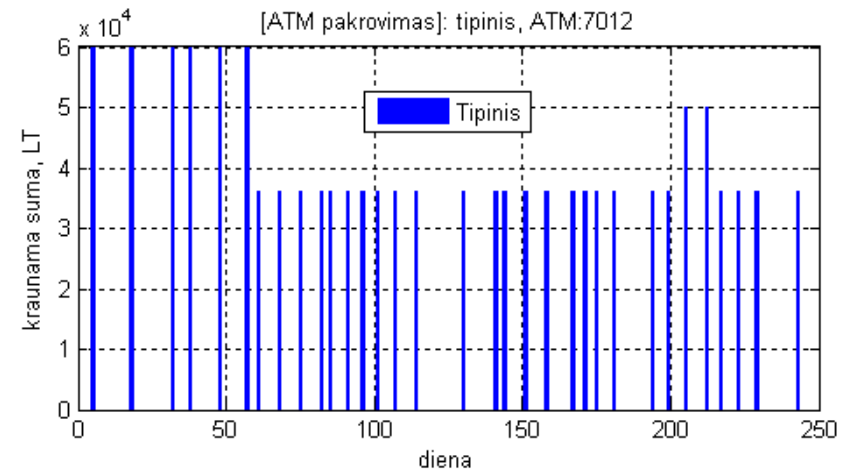
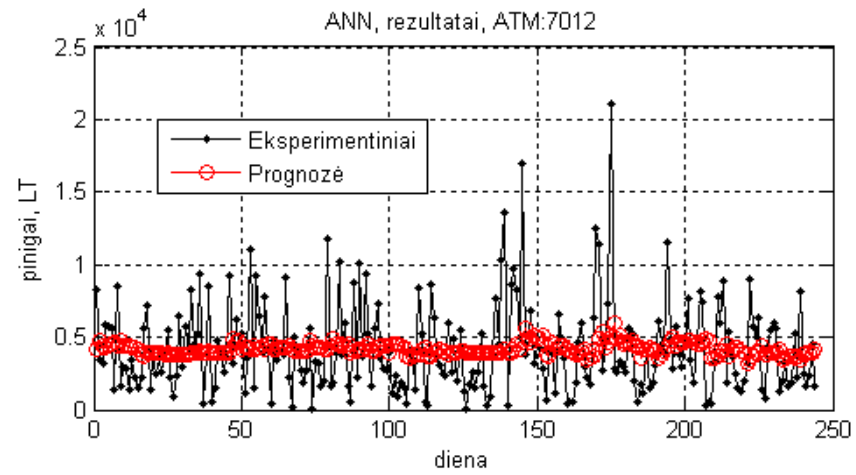
20. Priedas Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM1004



21. Priedas Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM5011

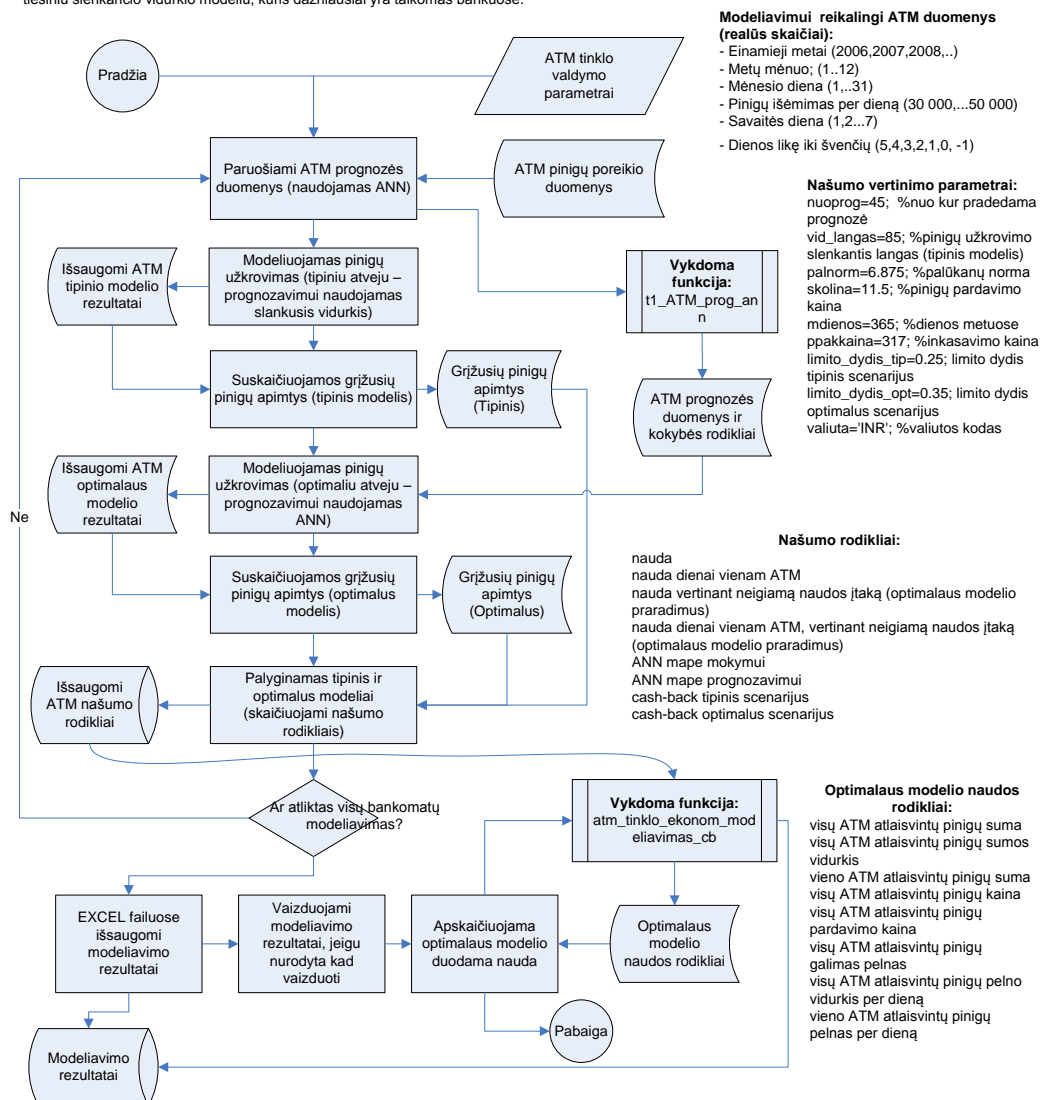


22. Priedas Pinigų užkrovimo modeliavimas: ATM7012



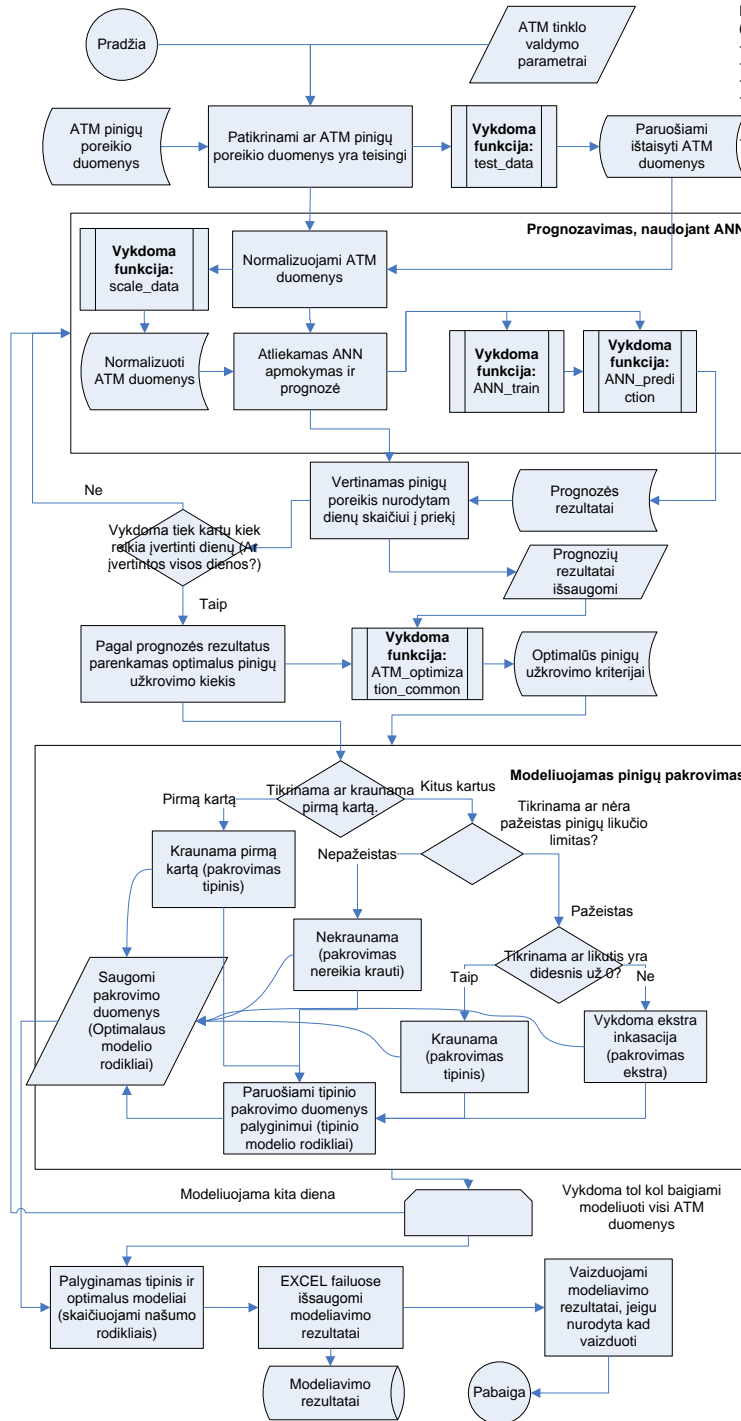
23. Priedas ATM tinklo darbo našumo modeliavimo algoritmas (tinklo užkrovimas didelis)

Funkcija modeliuoja ATM tinklo darbą, kai tinklo užkrovimas yra didelis. Šiuo atveju pinigai turi būti kraunami bent vieną kartą per dieną arba daugiau kartų. Apskaičiuojama galima ekonominė nauda, taikant ANN prognozavimo priemones, lyginama su tiesiniu slenkančio vidurkio modeliu, kuris dažniausiai yra taikomas bankuose.



24. Priedas ATM tinklo darbo našumo modeliavimo algoritmas (tinklo užkrovimas mažas)

Funkcija modeliuoja ATM tinklo darbą, kai tinklo užkrovimas yra mažas. Šiuo atveju pinigai inkasuojami ilgesniam periodui nei viena diena. Apskaičiuojama galima ekonominė nauda, taikant ANN prognozavimo priemones, lyginama su realiu banke taikomu pinigų valdymo modeliu.



Modeliavimui reikalingi ATM duomenys (realūs skaičiai):

- Einamieji metai (2006,2007,2008,...)
- Metų mėnuo; (1...12)
- Mėnesio diena (1...31)
- Pinigų išėmimas per dieną (30 000...50 000)
- Savaitės diena (1,2...7)
- Dienos likę iki švenčių (5,4,3,2,1,0,-1)

Našumo vertinimo parametrai:

safe_level - saugus pinigų lygis, pažeidus šį lygį turi būti vykdoma pinigų inkasacija
 palnorma - palūkanų normų masyvus
 Duom - ATM pinigų poreikio duomenys
 duomenys - ATM pinigų inkasavimo duomenys
 nuoprog=45; nuo kur pradeda prognozė
 pn=10; kiek dienu prognozuojame
 ATM_constr=[300000.0 200000.0 1000.0] - ATM inkasavimo apribojimai: [maksimalus, minimalus pinigų kiekis ir pinigų kiekio diskretiškumas]
 L_Costs= [25 25 25 25 25 25 25 25 25]; vienos inkasacijos kaina, masyve nurodyti pn skaičių (kiekvienai prognozuojamai vertei)
 Interval=1; prognozavimo intervalas (pav. 1, 2, ... 7)
 inkasacija=25; inkasacijos kaina;
 valiuta="LT"; valiutos kodas

Optimalaus modelio rodikliai:

- (1) Metai
- (2) Mėn.
- (3) Diena
- (4) Optimalus pakrovimas
- (5) Pinigų užkrovimo trukmė (d.)
- (6) Likutis atėjus poreiui
- (7) Likę pinigų
- (8) Pakrovimo tipas
- (9) Pinigų poreikis
- (10) Poreikis prognozė
- (11) Palūkanos už užstrigusius pinigus
- (12) Palūkanų norma
- (13) Inkasacijos kaina
- (14) Tipinis pakrovimas
- (15) Užšaldyti pinigai (palūkanos)

Tipinio modelio rodikliai:

- (1) Metai
- (2) Mėn.
- (3) Diena
- (4) Pakrauta
- (5) Liko
- (6-7) Užstrigę pinigai
- (8) ATM ID
- (9) Valiuta
- (10) Palūkanos už užstrigusius pinigus
- (11) Palūkanų norma
- (12) Inkasacijos kaina
- (13) Bendra kaina (CB)
- (14) Užšaldyti pinigai (palūkanos)

Modeliavimo rezultatai

prognozės duomenys
 mokymo duomenys
 eksperimentiniai duomenys
 ANN mokymo klaida
 ANN prognozavimo klaida
 ANN mokymo mape
 ANN prognozavimo mape
 Optimalaus modelio rodikliai - Optimalus (EXCEL faile), įrašomi optimalūs duomenys
 Tipinio modelio rodikliai - Tipinis (EXCEL faile), įrašomi realūs duomenys
 kaina_op - Rezultatai (EXCEL faile), įrašoma optimali kaina
 kaina_tip - Rezultatai (EXCEL faile), įrašoma tipinė kaina
 proc - Rezultatai (EXCEL faile), našumas