

MYKOLO ROMERIO UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR FINANSŲ VALDYMO FAKULTETAS
BANKININKYSTĖS IR INVESTICIJŲ KATEDRA

TOMAS PEČIULIS

**NEURONINIŲ TINKLŲ TAIKYMAS INVESTUOJANT
Į VALIUTŲ RINKĄ**
Magistro baigiamasis darbas

Vadovas:
prof. dr. A.V. Rutkauskas

VILNIUS, 2013

**MYKOLO ROMERIO UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR FINANSŲ VALDYMO FAKULTETAS
BANKININKYSTĖS IR INVESTICIJŲ KATEDRA**

**NEURONINIŲ TINKLŲ TAIKYMAS INVESTUOJANT
Į VALIUTŲ RINKĄ**

**Finansų valdymo magistro baigiamasis darbas
Studijų programa 33EFV-93**

Konsultantas:
(parašas) asistentė N. Maknickienė
2013 04

Vadovas:
(parašas) prof. dr. A.V. Rutkauskas
2013 04

Recenzentas:
(parašas)

Atliko:
(parašas) stud. T. Pečiulis
2013 04 09

VILNIUS, 2013

TURINYS

ĮVADAS.....	10
1. VALIUTŲ RINKOS TEORIJOS ANALIZĖ	13
1.1. Tarptautinės valiutų rinkos koncepcija	13
1.1.1. Tarptautinės valiutų rinkos dalyviai	16
1.1.2. Tarptautinės valiutų rinkos formuotojai	17
1.1.3. Kiti tarptautinės valiutos rinkos dalyviai	17
1.1.4. Tarptautinės valiutų rinkos objektas	18
1.1.5. FOREX finansiniai instrumentai	19
1.1.6. Veiksniai įtakojantys valiutos kursą	21
1.2. Tarptautinės valiutų rinkos analizė ir prognozavimas	22
1.2.1. Fundamentalioji analizė	22
1.6.2. Kitų rinkų įtaka valiutų rinkai	26
1.6.2. Techninė analizė	28
1.6.3. Techninės analizė indikatoriai	30
2. NEURONINIAI TINKLAI.....	35
2.1. Neuroninių tinklų koncepcija	35
2.3. Neuroninių tinklų klasifikacija	38
2.3.1. Vienasluoksnis perseptronas	42
2.3.2. Daugiasluoksnis perseptronas	43
2.3.4. Radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai.....	48
2.3.5. GRNN neuroniniai tinklai.....	51
2.3.5. Grįžtamojo ryšio (rekurentiniai) neuroniniai tinklai	53
3. NEURONINIŲ TINKLŲ TAIKYMAS PROGNOZUOJANT VALIUTŲ KURSUS.....	56
3.1. Šalzy ir Šalzy tyrimas	56
3.1.1. Šalzy ir Šalzy tyrimo metodika	56
3.1.2. Šalzy ir Šalzy tyrimo rezultatai ir analizė	59
3.2. Maknickienės tyrimas.....	67
3.2.1. Maknickienės tyrimo metodika	68
4.2.2. Tyrimo rezultatai ir analizė	70
IŠVADOS IR SIŪLYMAI	78
LITERATŪRA	80

ANOTACIJA LIETUVIŲ IR ANGLŲ KALBOMIS.....	85
SANTRAUKA.....	87
SUMNARY.....	88
PRIEDAI	89

LENTELĖS

1 lentelė: Pagrindiniai valiutų rinkos dalyviai.....	16
2 lentelė: Pagrindinės valiutos.....	19
3 lentelė: Ekonominių veiksnių įtaka valiutų kursui	24
4 lentelė: Finansinių rinkų tarpusavio ryšys.....	26
5 lentelė: Populiariausi techninės analizės indikatoriai.....	32
6 lentelė: Daugiasluoksnio perseptrono svoriai.....	59
7 lentelė: statistinės analizės rodikliai Nr. 1	61
8 lentelė: statistinės analizės rodikliai Nr. 2.....	71

PAVEIKSLAI

1 pav. FOREX dienos apyvarta mlrd. JAV	13
2 pav. FOREX prekybos centrų prekybos dalis proc.	15
3 pav. FOREX rinkos aktyvumas	16
4 pav. Naftos ir JAV dolerio indekso ryšys.....	27
5 pav. Aukso ir JAV dolerio indekso ryšys.....	28
6 pav. Neuronų veikimo principas	35
7 pav. Neuroninio tinklo aktyvacijos funkcija	38
8 pav. Neuroninio tinklo apmokymas su mokytoju	39
9 pav. Neuroninio tinklo apmokymas be mokytojo	41
10 pav. Neuroninių tinklų klasifikacija	42
11 pav. Vienasluoksnis neuroninis tinklas	42
12 pav. Daugiasluoksnis perseptronas.....	44
13 pav. RBF neuroninio tinklo struktūra.....	49
14 pav. RBF neuroninio tinklo veikimo principas	51
15 pav. GRNN neuroninio tinklo struktūra	52
16 pav. Rekurentinio neuroninio tinklo struktūrinė schema	54
17 pav. GBP prognozuotas ir realus valiutų kursai	62
18 pav. GBP standartinis nuokrypis	62
19 pav. DEM prognozuotas ir realus valiutų kursai	63
20 pav. DEM standartinis nuokrypis	63
21 pav. JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai	64
22 pav. JPY standartinis nuokrypis	65
23 pav. CHF prognozuotas ir realus valiutų kursai	65
24 pav. CHF standartinis nuokrypis	66
25 pav. EVOLINO tinklo veikimo principas	69
26 pav. EUR/USD prognozuotas ir realus valiutų kursai.....	72
27 pav. EUR/USD standartinis nuokrypis.....	72
28 pav. EUR/CHF prognozuotas ir realus valiutų kursai	73
29 pav. EUR/CHF standartinis nuokrypis	73
30 pav. EUR/JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai	74
31 pav. EUR/JPY standartinis nuokrypis	75
32 pav. USD/JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai	75

33 pav. USD/JPY standartinis nuokrypis	76
--	----

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

TAB -Tarptautinių atsiskaitymų bankas (angl. *BankforInternationalSettlements*)

FOREX(angl. *foreignexchange*)– tarptautinė valiutų rinka

ECB – Europos Centrinis Bankas (angl. *Europe Central Bank*)

VIX – Čikagos pasirinkimų sandorių biržos sudarytas nepastovumo indeksas (angl. *CBOE volatility index*)

CBOE - Čikagos pasirinkimų sandorių birža (angl. *Chicago Board Options Exchange*)

USD_X –JAV dolerio indeksas (angl. *US dollar index*)

WTI –naftos tipas, kurios kaina dažniausiai imama kaip šablonas.

NN – neuroniniai tinklai (angl. *Neural networks*)

ANN – dirbtiniai neuroniniai tinklai (angl. *Artificial neural networks*)

DNT – dirbtinis neuroninis tinklas

DI – dirbtinis intelektas

DSP – daugiasluoksnis perseptronas

RBF – radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai

GRNN – apibendrintas regresinis tinklas (angl. *General Regression Neural Networks*)

GA – genetiniai algoritmai (angl. *Genetic algorithms*)

NNR – neuroninių tinklų regresija (angl. *Neural networks regression*)

CGV – apibendrinta sąlyginė dispersija (angl. *conditional generalized variance*)

EBPO – ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros agentūra (angl. *Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD*)

MAPE – paklaidų vidurkio procentinė išraiška (angl. *Mean absolute percentage error*)

MSE – paklaidų kvadratų vidurkis(angl. *Mean squared error*)

MAE –paklaidų absoliučių dydžių vidurkis (angl. *Mean absolute error*)

MLP – daugiasluoksnis perseptronas (angl. *Multi layer perceptron*)

XAU – aukso kaina

XAG – sidabro kaina

QM – naftos kaina

QG – dujų kaina

EUR – euras

USD – JAV doleris

CHF – Šveicarijos frankas

JPY – Japonijos jena

MLP – daugiasluoksnis perseptronas

STDEV – standartinis nuokrypis (angl. *Standard deviation*)

IVADAS

Tyrimo aktualumas. Tarptautinė valiutų rinka yra didžiausia ir likvidžiausia vertybinių popierių rinka pasaulyje, tad valiutų kursų prognozavimo metodikų kūrimo problema yra aktuali tiek moksliniu – akademiniu, tiek praktiniu- investiciniu lygmeniu (Raihane ir Nacer, 2012). Dieninė apyvarta FOREX rinkoje 2012 metais siekė 4,9 trilijono JAV dolerių, iš kurių prekyba klasikiniais instrumentais sudarė 4,6 trilijono JAV dolerių, tuo tarpu netradiciniais instrumentais 0,3 trilijono JAV dolerių¹. Ši rinka yra gana jauna, atsiradusi 1971 – 1973 po Bretton Woods sistemos su fiksuotos perkamosios galios paritetu žlugimo. Nepaisant to, jos augimo tempai nepaprastai intensyvūs – 1977 metais dienos apyvarta sudarė 5 mlrd. JAV dolerių, o 2012 metų pabaigoje net 4900 mlrd. JAV dolerių. Taigi, nuo atsiradimo tarptautinė valiutų rinka išaugo beveik 100 tūkst. procentų (Ovsianikas, 2011; Tarptautinis atsiskaitymų bankas, 2013). Tarptautinė valiutų rinka yra ne tik pati didžiausia ir greičiausiai auganti, tačiau ir viena rizikingiausia bei nestabiliausia. Tradiciškai jai analizuoti naudojama fundamentalioji ir techninė analizė. Visgi tradiciniai valiutų kursų prognozės metodai nėra visiškai tikslūs ir efektyvūs.

Pastaraisiais dešimtmečiais, sprendžiant prognozavimo problemas plačiai paplito įvairūs Neuroninių tinklų metodai. NN pagalba galima gauti sąlyginai tikslesnius prognozavimo rezultatus negu naudojant įprastus prognozavimo modelius. Šis metodas padeda apibūdinti tiriamojo požymio priklausomybę nuo pasirinktų faktorių netiesiniu bei neparimetriniu būdu. Ši savybė nulemia neuroninių tinklų naudojimo universalumą bei leidžia juos taikyti įvairiose srityse, taip pat ir valiutų kursų prognozavime.

Šiame darbe išsamiau analizuojami šie neuroniniai tinklai: Vienasluoksnis perseptronas (angl. *Single layer perceptron*), daugiasluoksnis perseptronas (angl. *Multilayer perceptron*), Apibendrinta neuroninių tinklų regresija (angl. *General regression neural networks*), Radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai (angl. *Radial Basis Function neural networks*), rekurentinis neuroninis tinklas (angl. *Recurrent neural network*).

Šie tinklai nagrinėjami, tiriant mokslininkų C.L.Dunis, X. Huang, A. K. Dhamija, V.K.Bhalla, M. Raihane, T. Nacer, L. Yu, Sh. Wang, W. Huang ir k.t. pateiktus duomenis apie analizuojamų metodų trūkumus ir privalumus. Taigi, šio tyrimo metu bus įvertintas neuroninių tinklų statistinis prognozavimo tikslumas bei jo priklausomybė nuo investavimo rizikos. Tyrimas buvo atliekamas analizuojant MLP ir GAbi EVOLINO hibridinių neuroninių tinklų prognozavimo rezultatus.

¹Tarptautinės valiutų rinkos apyvarta. Prieiga per internetą: <http://www.euromoney.com/Article/3083011/Global-FX-turnover-at-49-trillion-a-day-Londons-dominance-continues.html> [žiūrėta 2013-01-18]

Tyrimo problema. Ar valiutų kursų prognozavimo tikslumas, taikant neuroninius tinklus, priklauso nuo investavimo rizikos lygio?

Tyrimo objektas. Valiutų kursų prognozavimo tikslumo, taikant neuroninius tinklus, priklausomybė nuo investavimo rizikos.

Tyrimo tikslas. Ištirti ar valiutų kursų prognozavimo tikslumas, taikant neuroninius tinklus, priklauso nuo investavimo rizikos lygio.

Tyrimo uždaviniai.

1. Ištirti valiutų rinką, siekiant nustatyti kokiais būdais galima ją prognozuoti;
2. išanalizuoti neuroninius tinklus;
3. statistiškai išanalizuoti pasirinktų neuroninių tinklų valiutų kursų prognozavimo rezultatus;
4. nustatyti valiutų kursų prognozės, taikant neuroninius tinklus, priklausomybę nuo investavimo rizikos lygio.

Tyrimo metodai.

- Teoriškai ištirti problemą, naudojamas mokslinės literatūros analizės metodas;
- Nustatant kursų prognozavimo tikslumo, taikant neuroninius tinklus, priklausomybę nuo investavimo rizikos, naudojamas dedukcinis metodas;
- Pasirinktos metodikos tikrinamos empiriškai, analizuojant eksperimentinių tyrimų duomenis;
- Darbo išvados bei kiekvieno skyrelio apibendrinimai buvo atlikti vadovaujantis abstrakcijos metodu.

Darbo struktūra. Darbas susideda iš trijų skyrių, įvado bei išvadų ir pasiūlymų. Pirmame skyriuje nagrinėjama tarptautinės valiutų rinkos teorija, didesnę dėmesį atkreipiant į pačią FOREX koncepciją, rinkos dalyvius bei jų elgesį ir finansinius instrumentus, naudojamus šioje rinkoje. Tiriama pagrindiniai valiutų kursų prognozės bei analizės būdai, skirstant juos fundamentalią ir techninę analizę. Analizė atliekama, tiriant Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbus valiutų rinkos prognozavimo srityje.

Antrame skyriuje analizuojami neuroniniai tinklai. Aprašoma neuroninių tinklų koncepcija bei taikymo sritys. Naudojant literatūros analizės metodą, tiriami Lietuvos ir užsienio autorių moksliniai darbai, kuriuose aprašomi neuroninių tinklų tyrimai valiutų rinkos prognozavimo srityje. Pateikiama aktualiausių straipsnių metaanalizė.

Trečiame skyriuje atliekamas tyrimas su pasirinktų tyrimų duomenimis. Aprašomi šių pasirinkimo motyvai. Skyriaus galia pateikti statistiniai analizės rezultatai: MAE (angl. *Mean absolute*

error), MAPE (angl. *Mean absolute percentage error*)krypties keitimo funkcija (angl. *function(sign)*) bei STDEV.

Skyriuje „išvados ir siūlymai“ pateikiami svarbiausi pastebėjimai, išsakoma nuomonė dėl neuroninių tinklų naudojimo perspektyvų valiutų kursų prognozavime. Pateikiami pasiūlymai tolimesniems tyrimams.

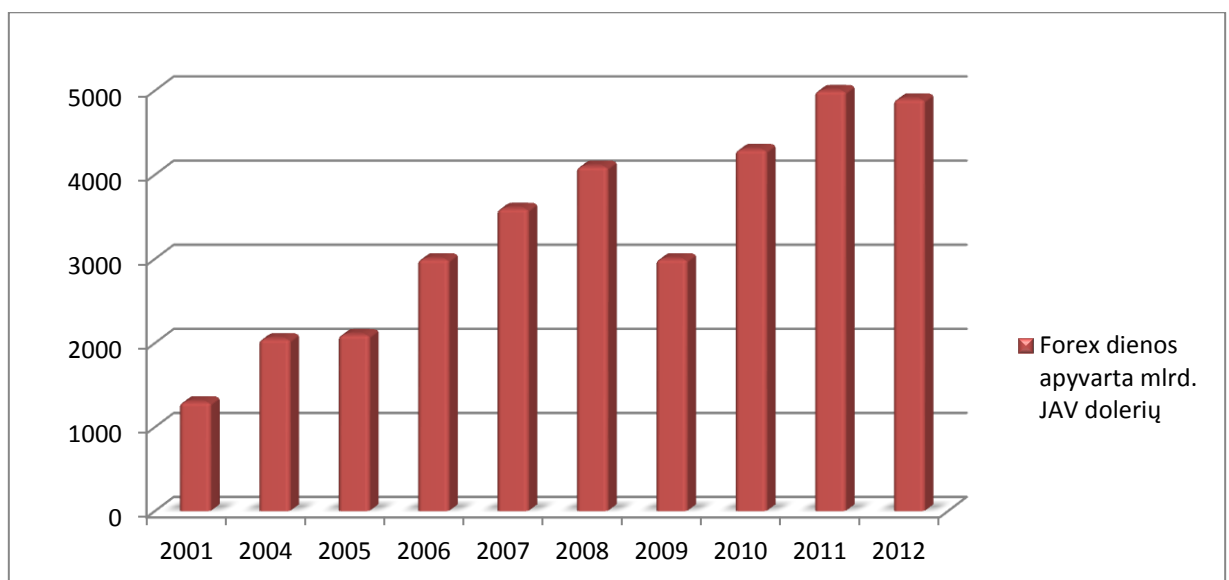
Darbo pabaigoje pateikiama darbo metu naudota literatūra beipriedai, kuriuose galima rasti medžiagą bei informaciją, reikalinga baigiamajam darbui.

1. VALIUTŲ RINKOS TEORIJOS ANALIZĖ

Šiame skyriuje nagrinėjama valiutų rinkos teorija, didesnę dėmesį atkreipiant į pačią FOREX koncepciją, rinkos dalyvius bei jų elgesį ir finansinius instrumentus, naudojamus šioje rinkoje. Tiriami pagrindiniai valiutų kursų prognozės bei analizės būdai, skirstant juos fundamentalią ir techninę analizę. Analizė atliekama, tiriant Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbus valiutų rinkos prognozavimo srityje.

1.1. Tarptautinės valiutų rinkos koncepcija

Užsienio valiutų rinka (angl. *Foreign Exchange, FOREX*) – tai tarpbankinė sistema, kurioje valiutos pirkėjas yra suvedamas su valiutos pardavėju ir taip įvykdomas sandoris. Jau iš pačios rinkos apibūdinimo galima suprasti, jog sandoris šioje rinkoje reiškia vienos valiutos pardavimą, tuo pačiu metu perkant kitą valiutą. 95 % visų valiutos rinkos dalyvių yra smulkūs arba stambūs investuotojai, kurių vienintelis tikslas, prekiaujant valiutų rinkoje – gauti pelną iš spekuliacijų arba apdrausti turimas investicijas. Likusieji 5% - tai tarptautinių įmonių ir valstybių tarptautinei mokėjimui už pirktas prekes ar paslaugas, siekiant repatriuoti pelną gautą užsienio valiuta (David ir Leustean, 2009).



Šaltinis: sudaryta pagal TAB duomenis, 2013

1 pav. FOREX dienos apyvarta mlrd. JAV

Užsienio valiutų rinka dabar yra didžiausia rinka pasaulyje, teikianti įvairias investavimo galimybes (Goodhart ir Figliuli. 1991). Vidutinė dienos prekybos apimtis 2012 metų pabaigoje (gruodžio mėnesį) sudarė 4,9 trilijonai JAV dolerių. Tokiu būdu rinka garantuoja jos dalyviams

aukščiausią likvidumą ištisą parą, penkias dienas per savaitę. Apimties augimas per pastaruosius du dešimtmečius buvo itin spartus. Šis reiškinys yra pavaizduotas 1 paveiksle. Per pastaruosius 22 metus dienos apyvarta valiutų rinkoje išaugo nuo 1100 mlrd. iki 4000 mlrd. JAV dolerių. Per pastaruosius trejus metus buvo pastebėtas daugiau nei 100 % augimas FOREX rinkoje netradiciniais finansiniais instrumentais, palyginti su po kriziniais 2009 metais (TAB, 2009 - 2012).

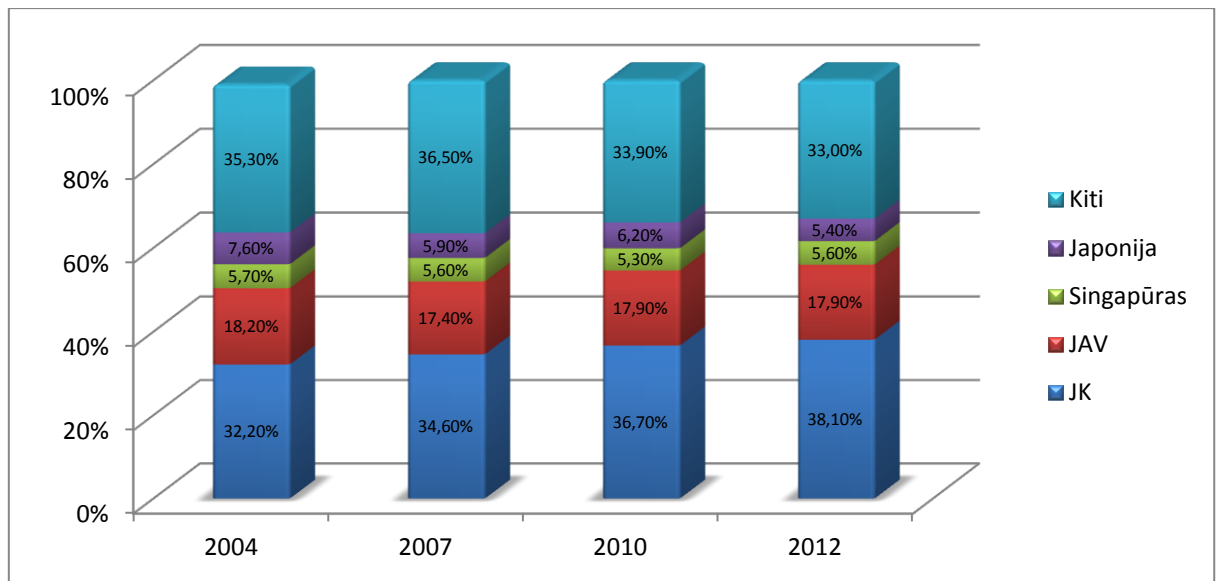
Spartus dieninės apyvartos valiutų rinkoje augimas byloja net tik apie didėjančias investicijas bei intensyvėjanti spekuliaciją, bet ir apie pagyvėjusią ekonomiką. Ypatingai šis atsigavimas pastebimas 2010 metais, po 2009 metų ekonominio ir finansinio nuosmukio bei pinigų rinkos susitraukimo (žr. 1 pav.). Pakilimo priežastis intensyvėjanti tarptautinė prekyba, kuri vis labiau didina tarptautinių atsiskaitymų apimtį.

Kuo FOREX rinka tokia patraukli investuotojams ir kas lemia tokį spartų jos augimą? Atsakymą ir priežastį galima rasti pačiame klausime - didelis rinkos aktyvumas ir likvidumas suteikia rinkos dalyviams reikšmingą potencialą pelni uždirbti (Goodhart ir Figliuli, 1991; Levich ir Thomas, 1993; Lionas, 1998; Yao ir Tan, 2000). Visgi, priežastys lemiančios tarptautinės valiutų rinkos patrauklumą, taip pat suponuoja ir didesnę riziką, dėl intensyvaus nepastovumo bei itin plataus veiksnių sąrašo, įtakojančių valiutų poros kursą. Valiutų kursų prognozavimui naudojama fundamentalioji analizė, kurią sudaro fundamentalių veiksnių – makroekonominės padėties, valstybės politikos, geopolitinės situacijos ir pan. – analizė bei techninė analizė, kuri naudojama, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsnis, remiantis prielaida jog žmonės, turintys vienodas savybes, pasikartojančiose situacijose yra linkę kartoti savo veiksmus (Rosenstreich, 2005).

Tarptautinė valiutų rinka neturivieno centralizuoto ir unifikuoto prekybos centro, kaip daugelis kitų vertybių popierių. Tarkim akcijos ir obligacijos turi aiškius centrus, biržas, depozitoriumus ir t.t. Maža to, tarpvalstybinis reguliavimas, FOREX rinkoje, taip pat pagrįstas tik pagrindiniais prekybos principais, o ne išsamia įstatymine baze. Taip yra dėl pinigų kaip mainų tarpininko prigimties, tad prekyba jais vyksta ne per biržą, o tiesiogiai – pirkėjas perka iš pardavėjo (angl. *over-the-counter, OTC*). Dėl tos pačios priežasties pinigams nėra jokių muitų (Be kelių išimčių, kurios šiame tyrime nenagrinėjamos). Tokia prekybos sistema FOREX rinkoje suponuoja arbitražo problemą. Akivaizdu, jog, neegzistuojant vieningai biržai, nėra ir vieno konkrečios valiutų poros kurso. Visgi, praktikoje labai retai pasitaikoreikšmingų valiutų poros kursų skirtumų, skirtingose rinkos segmentuose, leidžiančių arbitražo būdu gauti pelno. Arbitražo problemai išspręsti buvo įkurta „FXMarketSpace“², kuri įgyvendina bendrą kliringo sistemą tarptautinėje valiutų rinkoje.

²FXMarketSpace – tai jungtinio kapitalo, kurią 2007 metais įkūrė „Mercantile exchange“ ir Reuters. Šio projekto tikslas – centralizuoti valiutų rinkų clearingo, t.y. realizavimo sistemą

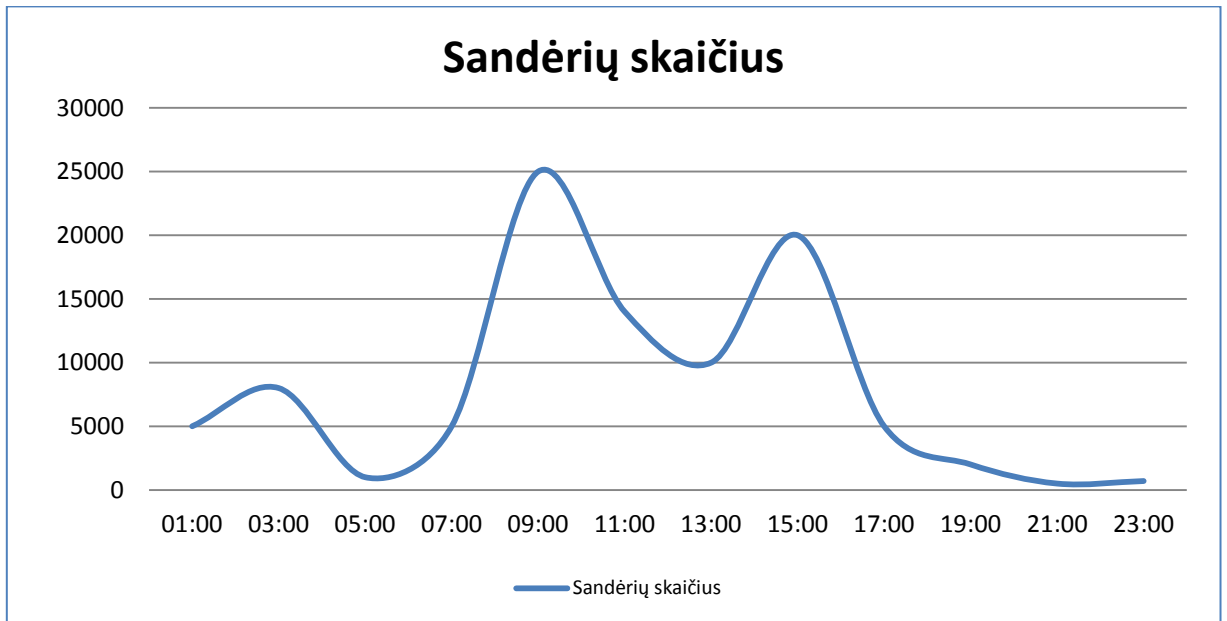
Nors nėra vienos centralizuotos tarptautinės valiutų rinkos biržos, tačiau egzistuoja prekybos valiuta centrai. Tarp populiariausių yra trys pagrindiniai, kurie įvykdo didžiąją dalį visų valiutos sandorių. Šie centrai yra Didžiojoje Britanijoje, Japonijoje ir Jungtinėse Amerikos Valstijose (žr. 2 pav.). Taip pat prekyba vykdoma Šveicarijoje, Vokietijoje, Prancūzijoje, Italijoje, Hong-Konge, Singapūre ir Australijoje. Kadangi aktyvi prekyba vyksta 24 valandas per parą, 5 dienas per savaitę, skirtingu paros metu investuotojus aptarnauja skirtingi prekybos valiuta centrai, taip sukurdami prielaidas nepertraukiamam funkcionavimui.



Šaltinis: sudaryta pagal TAB duomenimis, 2013

2 pav. FOREX prekybos centrų prekybos dalis proc.

Didžiausią ir vis didėjančią dalį tarptautinių valiutų rinkoje užima Londono finansinis centras, kuris 2012 metais aptarnavo 38,1 % visų per parą įvykdytų sandorių. Taip yra todėl, kad prekyba valiutomis yra aktyviausia Europos prekybos metu (žr. 3 pav.) (9:00 Londono laiku). Aktyvumas mažėja iki JAV prekybos pradžios (16:00 Londono laiku), o po to vėl staigiai šokteli, jai prasidėjus. Atsidarius Japonijos finansinėms rinkoms (03:00 Londono laiku), prekybos suintensyvėjimas nebūna toks pastebimas, kaip Europos ar JAV sesijų metu.



Šaltinis: sudaryta pagal REUTERS duomenimis, 2013

3pav. FOREX rinkos aktyvumas

1.1.1. Tarptautinės valiutų rinkos dalyviai

Pagrindiniai valiutų rinkos dalyviai – komerciniai ir investiciniai bankai, kurių atliekamos operacijos ir sudaro prielaidas valiutų rinkos egzistavimui (žr. 1 lent.). Kiti FOREX rinkos dalyviai – smulkieji investuotojai, apribotos rizikos fondai (angl. *Hedge funds*), tarptautinės įmonės, valstybės ir pan. (Dicks, 2004).

1lentelė: Pagrindiniai valiutų rinkos dalyviai

Pavadinimas	Rinkos dalis
 DeutscheBank	14.57%
 Citi	12.26%
 BarclaysInvestmentBank	10.95%
 UBS AG	10.48%
 HSBC	6.72%
 JPMorgan	6.6%
 Royal BankofScotland	5.86%
 CreditSuisse	4.68%
 Morgan Stanley	3.52%
 GoldmanSachs	3.12%

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Euromoney FX survey 2012 duomenis

Visus FOREX rinkos dalyvius galima suskirstyti į dvi kategorijas. Pirmajai kategorijai priklausytų subjektai, kurių prekybos apimtys būna itin didelės, t.y. bankai, kurie atlieka tarpbankinius pervedimus (žr. 1 lent.). Šiai kategorijai, dėl ypatingai didelių apimčių, būdingi ypač žemi valiutų keitimo įkainiai (angl. *spread*). Šie rinkos dalyviai taip pat vadinami rinkos formuotojais. Antrajai kategorijai galima priskirti bankus, įmones ar privačius asmenis, kurie nori įsigyti arba parduoti turimą valiutą, ir šių rinkos dalyvių prekybos apimtys yra gerokai mažesnės. Dėl mažesnių prekybos apimčių šios kategorijos rinkos dalyviams būdingi didesni valiutų keitimo įkainiai (Kevin, 2009).

1.1.2. Tarptautinės valiutų rinkos formuotojai

Kaip minėta anksčiau rinkos formuotojai yra bankai, kurie atlieka tarpbankinius pervedimus ir kurių prekybos apimtys yra itin didelės (žr. 1 lent.). Mažiausias tarpbankinės prekybos sandoris yra 1 mln. JAV dolerių. Dauguma tarpbankinės prekybos dalyvių aptarnauja smulkesnius FOREX rinkos dalyvius, tokius kaip – brokerių firmos, kurios savo ruožtu yra tarpininkai tarp individualaus investuotojo (fizinio arba juridinio asmens) ir banko vykdančio tarpbankinius pervedimus. Būtent didieji rinkos dalyviai užtikrina likvidumą tarptautinėje valiutų rinkoje. Be paslaugų teikimo smulkiesiems investuotojams, rinkos formuotojai taip pat dalyvauja prekyboje siekdami pelno iš įvykdytų sandorių. Tarpbankinės prekybos dalyviai turi ne vieną pranašumą prieš smulkiuosius investuotojus – pirmumą, prieinančią prie informacijos, pirmumą, atliekant sandorius, gerokai mažesnius valiutos keitimo įkainius ir pan. (O'Keefe, 2010).

1.1.3. Kiti tarptautinės valiutos rinkos dalyviai

Kiti FOREX rinkos dalyviai – įmonės, apribotos rizikos fondai, investuotojai ir spekuliantai³. Prie antrosios kategorijos rinkos dalyvių taip pat būtų galima priskirti ir valstybes, nes jos, kaip ir įmonės, taip pat perka prekes ir paslaugas, dalyvaudamos tarptautinėje prekyboje ir konvertuodamos valiutą. Visgi, dažnai valstybių centriniai bankai atlieka ir rinkos formuotojo vaidmenį, bandydami palaikyti tam tikrą nacionalinės valiutos kursą, supirkdami arba parduodami reikšmingus valiutos kiekius. Akivaizdu, jog valstybės turi abiejų kategorijų rinkos dalyviams priskiriamų bruožų, tad tikslinga būtų šiame skyrelyje jų nenagrinėti.

³FOREX rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://fxtradingguide.com/forex-market-participants/>[žiūrėta 2013-04-18]

Prekybinės įmonės dalyvauja tarptautinėje valiutų rinkoje per tarptautinę prekybą. Importuodamos prekes iš užsienio, jos keičia nacionalinę valiutą į valiutą tos šalies, kurioje perka prekes. Šiuo atveju šios įmonės atlieka nacionalinės valiutos pardavimo sandėrius. Eksportuojant vyksta analogiškas procesas, tačiau šiuo atveju kapitalo srautas yra nukreiptas į valstybės vidų, o prekybinės įmonės atlieka nacionalinės valiutos pirkimo sandorius (Kevin, 2009).

Tarptautinės investicinės bendrovės dalyvauja tarptautinėje valiutų rinkoje, valdydamos savo klientų finansus. Šiai grupei priklauso pensijų fondai, „endowment“ ir pan. Dažniausiai tokios įmonės neužsiima tiesioginėmis investicijomis į tarptautinę valiutų rinką (tai nereiškia, jog visai neinvestuoja), tačiau dalyvauja joje, valdydamos savo klientų investicinius portfelius, kurie sudaromi iš įvairiose valstybėse esančių vertybinių popierių. Šiems vertybiniais popieriams įsigyti tenka konvertuoti valiutą ir taip atlikti valiutos pirkimo arba pardavimo sandorius (Kevin, 2009).

Apribotos rizikos fondai (angl. *Hedgefunds*) taip pat yra subjektai aktyviai dalyvaujantys tarptautinėje valiutų rinkoje. Šiuos fondus valdo įmonės užsiimančios profesionalia ir įvairialype investavimo veikla – taip pat ir tiesioginėmis investicijomis į tarptautinę valiutų rinką. Žinomiausias apribotos rizikos fondas yra Georgo Soros įkurtas ir valdomas „Quantum“ fondas, kuris visuotinę reikšmę įgavo XX amžiaus dešimto dešimtmečio pradžioje, po itin agresyvių ir pelningų investicijų į FOREX rinką. Šie fondai dažnai valdo itin stambius kapitalus bei turi galimybę pasiskolinti dar didesnes sumas, kas suteikia šiems tarptautinės valiutų rinkos dalyviams itin svarią įtaką, kartais reikšmingumu prilygstančia net centriniais bankams⁴.

Galiausiai, smulkūs individualūs investuotojai, prekiaujantys per brokerius, palyginti mažomis sumomis, investuojantys tiesiogiai į tarptautinės valiutų rinkos klasikinius arba išvestinius instrumentus yra gana dažnai sutinkamas, bet maža įtaką turintis FOREX rinkos dalyvis paėmus kiekvieną investuotoją atskirai. Visgi, bendra investuotojų masė sudaro gana reikšmingą įtaką valiutų kursų svyravimams (O’Keefe, 2010).

1.1.4. Tarptautinės valiutų rinkos objektas

Valiutų rinkos objektai yra valiutų poros arba dar tiksliau valiutų poros kursas, tai reiškia, jog FOREX rinkos dalyviai visada perka vieną valiutą mokėdami kita. (Pvz.: perka eurus už JAV dolerius). Valiutų poroje pagrindinė valiuta visada yra pirmoji, kurios atžvilgiu ir atliekamas pirkimo sandėris. Istoriskai taip susiklostė, kad skirtingose valiutų porose JAV doleris gali būti pirmoje arba antroje vietoje. Jei JAV doleris yra pirmoje vietoje, tai toks valiutos užrašas vadinamas tiesioginiu

⁴FOREX rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://fxtradingguide.com/forex-market-participants/>[žiūrėta 2013-04-18]

(Pvz.: USD/JPY), jei antroje – atvirkštiniu (Pvz.: EUR/USD). Kursų mainai, kai nenaudojamas JAV doleris, vadinami kryžminiais valiutų kursais (Pvz.: EUR/JPY) (Ovsianikas, 2011).

Prekiaujantiems valiuta suteikiamas itin didelis svertas (angl. *leverage*), leidžiantis valdyti šimtąkart didesnę sumą nei turima sąskaitoje, nes valiutų rinka yra beveik absoliučiai likvidi ir bet kuri valiuta per trumpą laiką negali bankrotuoti ar labai stipriai susvyruoti. Šis svertas leidžia investuotojui net ir investavus nelabai didelę sumą iš ne itin didelių svyravimų gauti solidų pelną (arba nuostolį) (Ovsianikas, 2008).

2 lentelė: Pagrindinės valiutos

Nr.	Valiuta	ISO 4217 kodas	Simbolis	Dienos apyvartos dalis (%)
1	JAV doleris	USD	\$	84,90%
2	Eurozonos euras	EUR	€	39,10%
3	Japonijos jena	JPY	¥	19%
4	Didžiosios Britanijos svaras	GBP	£	12,90%
5	Australijos doleris	AUD	\$	7,60%
6	Šveicarijos frankas	CHF	Fr	6,40%
7	Kanados doleris	CAD	\$	5,30%
8	Hong Kongo doleris	HKD	\$	2,40%
9	Švedijos krona	SEK	Kr	2,20%
10	Naujosios Zelandijos doleris	NZD	\$	1,60%
	Kitos			18,60%

Šaltinis: sudaryta pagal TAB duomenis, 2011

Absoliučią daugumą sandorių sudaro prekyba šešiomis pagrindinėmis valiutomis (žr. 2 lent.). Kaip minėta anksčiau dauguma valiutų vertinama JAV dolerio atžvilgiu, tad nenuostabu, jog jo apyvarta sudaro gerokai didesnę dalį nei visų kitų valiutų. Verta paminėti, jog sudėjus visų valiutų rinkos apyvartos procentus, gausime 200%. Taip yra dėl to, jog valiuta prekiaujama poroje, tad norint gauti rezultatą tradicinėje skalėje, reiktų pateiktus rezultatus dalinti iš dviejų.

1.1.5. FOREX finansiniai instrumentai

Šiuo metu yra sukurta daug ir skirtingų finansinių instrumentų tarptautinėje valiutų rinkoje: gryniesi pinigai, nuosavybės teisę patvirtinančios sutartys, sutartys suteikiančios teisę, bet ne pareigą ir

pan.⁵ Šiame tyrime plačiau nagrinėjami tik šie penki populiariausi FOREX rinkoje naudojami instrumentai:

- neatidėliotini sandoriai (angl. *Spot*);
- ateities sandoriai (angl. *Future*);
- išankstiniai valiutų sandoriai (angl. *Forward arba Outright*);
- valiutų apsikeitimo sandoriai (angl. *Swap*);
- pasirinkimo sandoriai arba opcionai (angl. *Options*).

Neatidėliotini sandoriai– tai tokie sandoriai, kai viena valiuta tiesiogiai keičiama į kitą, pinigus pervedant per dvi darbo dienas. Daugiau nei 2/3 visų sandorių yra neatidėliotini sandoriai. Tarptautinėje valiutų rinkoje, kalbant apie valiutų kursą, turimas omeny neatidėliotino sandorio kursas. Kai neatidėliotino sandorio pinigų pervedimo diena yra savaitgalio ar šventinė diena, pervedimo vykdymas perkeliamas į kitą darbo dieną. Visi sandoriai sudaromi nebiržinėmis – tarpinstitucinėmis prekybos sąlygomis (angl. *Over-the-counter, OTC*) (Ovsianikas, 2011).

Išankstiniai valiutų sandoriai–valiutos keitimo sandoriai, kuriais ir toliau sutariama pirkti ar parduoti nurodytas valiutų sumas pagal sandorio sudarymo dieną sutartą kainą. Išankstinis yra bet kuris sandoris, kai pinigus pveda vėliau nei po dviejų dienų. Išankstinius sandorius sudaro vartotojai, firmos bei organizacijos, kurie nori apsidrausti nuo nepageidaujamo valiutų kursų svyravimo (Ovsianikas, 2011).

Ateities sandoriai –vienas iš išankstinių sandorių tipų. Jiems priskiriami sandoriai, kurie turi apibrėžta įgyvendinimo terminą bei apibrėžtas sandorio apimtis. Paprastai ateities sandėrių trukmė - trys mėnesiai, o į jų kainą įtraukiamos gautinos palūkanos.⁶ Praktika rodo, jog esant teigiamiems rinkos sentimentams ateities sandoriai gali nenatūraliai išpūsti rinkos kainą ir taip suformuoti finansinį burbulą⁷.

Valiutų apsikeitimo sandoriai –tai labiausiai paplitęs išankstinio sandorio tipas. Tai dvišaliai sutarimai išanksto numatytam laikotarpiui apsikeisti valiutomis. Suėjus terminui valiutos grąžinamos

⁵Forex rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://www.forexrealm.com/forex-for-beginners/forex-participants-01.html>[žiūrėta 2013-04-17]

⁶Ateities sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: <http://www.benzinga.com/forex/forex-101/67312/financial-instruments-at-your-disposal-in-forex-market>[žiūrėta 2013-04-17]

⁷Ateities sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: <http://www.pipstory.com/history-of-futures-contract.html#more-753>[žiūrėta 2013-04-17]

jų savininkams. Šio sandorio metu neatliekamos nei pirkimo, nei pardavimo procedūros. Maksimalus apsikeitimo sandorio laikotarpis – 30 metų⁸.

Valiutų pasirinkimo sandoriai, arba opcionai – tai teisė, bet ne įsipareigojimas pirkti arba parduoti valiutą ateityje. Sandorio sudarytojas gali savo nuožiūra rinktis, ar įvykdyti sandorį, ar ne. Tokios išskirtinės sąlygos, kai sutartis neprivaloma, daro šį sandorių tipą itin patrauklų, bet už tokią teisę reikia mokėti – opciono pirkėjas sumoka negražinama premiją opciono pardavėjui (Ovsianikas, 2008).

Toliau šiame tyrime bus analizuojami neatidėliotini sandoriai.

1.1.6. Veiksniai įtakojantys valiutos kursą

Didelis tarptautinės valiutų rinkos aktyvumas ir likvidumas suteikia rinkos dalyviams reikšmingą potencialą pelnui uždirbti (Goodhart ir Figliuli, 1991; Levich ir Thomas, 1993; Lionas, 1998; Yao ir Tan, 2000). Visgi, priežastys lemiančios tarptautinės valiutų rinkos patrauklumą (Didelį potencialų pelną), taip pat suponuoja ir didesnę riziką, dėl intensyvaus nepastovumo bei itin plataus veiksnių sąrašo, darančių įtaką valiutų poros kursui. Valiutų kursų prognozavimui naudojama fundamentalioji analizė, kurią sudaro fundamentalių veiksnių – makroekonominės padėties, valstybės politikos, geopolitinės situacijos ir pan. – analizė bei techninė analizė, kuri naudojama, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsningumus, remiantis prielaida jog žmonės, turintys vienodas savybes, pasikartojančiose situacijose yra linkę kartoti savo veiksmus (Rosenstreich, 2005).

Taigi, kaip jau minėta anksčiau valiutos porų kursus veikia makroekonominiai veiksniai ir valstybės politika. Pagrindiniai makroekonominiai veiksniai darantys didžiausią įtaką yra valstybės BVP, palūkanų norma, nedarbo ir infliacijos lygiai ir pan. Visgi, svarbiausi yra ne patys rodikliai, o investuotojų lūkesčiai ir sentimentai. Prieš kiekvieno makroekonominio veiksmo paskelbimą būna sudarytos prognozės, kurios ir sudaro prielaidas lūkesčiam. Jeigu paskelbtas faktinis rezultatas pranoksta prognozuotąjį, t.y. pranoksta lūkesčius – valiutos kursas kyla. Atvirkštinis poveikis laukiamas nepasiteisinus lūkesčiam.

Kartais valstybės, siekdamos išlaikyti valiutų kursą tam tikrame intervale, įsikiša į valiutų rinką. Tokiu atveju nacionaliniai centriniai bankai superka arba parduoda reikšmingus nacionalinius valiutų kiekius, siekdami atitinkamai didinti arba mažinti paklausą ir taip padidinti, arba sumažinti valiutų

⁸Apsikeitimo sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: http://www.streetdirectory.com/travel_guide/185622/foreign_exchange/6_forex_financial_instruments_to_understand.html

kursą. Visgi, dėl milžiniškos FOREX rinkos apimties, joks subjektas nėra pajėgus visiškai nulemti valiutos kurso⁹.

Taigi, iš to kas pasakyta, galima daryti išvadą, jog tarptautinę valiutų rinką veikia daugelis makroekononominių veiksnių. Visgi, šiai rinkai kaip ir bet kokiai kitai, egzistuojančiai laisvos rinkos modelyje, galiausiai daro įtaką paklausos ir pasiūlos lygis¹⁰. Taip pat ir FOREX rinkoje vienintelė reali priežastis, veikianti valiutų kursų svyravimus – paklausos ir pasiūlos pusiausvyros kitimas, visi kiti veiksniai yra svarbūs tiek, kiek daro įtaka paklausai ir pasiūlai. Dažnu atveju tai ne vienas, o keli ar net keliolika veiksnių, turint omeny, jog valiutos kursas nustatomas kitos valiutos atžvilgiu, tad, norint tiksliai prognozuoti, reikia įtraukti veiksnius įtakojančius tiek vieną, tiek kitą valiutą. Šiuo atveju neuroninių tinklų naudojimas, valiutų kursų prognozavime, naudojant platų kiekį informacijos yra šiuolaikiškas ir inovatyvus sprendimas.

1.2. Tarptautinės valiutų rinkos analizė ir prognozavimas

Šis poskyris susideda iš dviejų temų - valiutų rinkos analizės ir valiutų rinkos prognozės. Prasminga jas sujungti, nes šiame tyrime jos gali egzistuoti tik kartu. Prognozė negalima be analizės, o analizė, nenaudojant jos kurso prognozavimui netenka prasmės.

Tradiciskai valiutų rinkos analizė skirstoma į dvi kategorijas – fundamentaliąją analizę ir techninę analizę. Fundamentaliąją analizę skirta bendro ekonominio vaizdo, valiutų vertės perspektyvoje, sudarymui, kai techninė analizė naudojama, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsningumus, remiantis prielaida, jog žmonės, turintys vienodas savybes, pasikartojančiose situacijose yra linkę kartoti savo veiksmus (Rosenstreich, 2005).

1.2.1 Fundamentaliąją analizę

Fundamentaliąją analizę bando atsakyti į klausymą kodėl? Kodėl valiutų kursai keičiasi būtent taip? Todėl nagrinėjami ekonominiai, politiniai ir socialiniai įvykiai, veikiantys valiutų kursą, - tai iš esmės yra makroekonomika. Nors galima drąsiai teigti, jog bet kokia ekonominė informacija, kurią gali suteikti fundamentaliąją analizę, yra labai svarbi, tačiau tik apie 25% tarptautinės valiutos rinkos dalyvių prekiauja remdamiesi tik fundamentaliąją analize. Prekiaujantys pagal fundamentinius

⁹Veiksniai įtakoja valiutos kursą. Prieiga per internetą: <http://www.forex.labuan.net/Factors-Affecting-Forex-Market.html>[žiūrėta 2013-04-18]

¹⁰Veiksniai įtakoja valiutos kursą. Prieiga per internetą: http://www.moneyscience.com/item.php?showall=1&id=181#Commercial_companies[žiūrėta 2013-04-18]

rodiklius, vadinamieji fundamentiniai prekyautojai, savo ataskaitose gali gerokai paveikti kursą ir ima keisti techninius prekyautojus (Ovsianikas, 2011).

Praktikoje dauguma FOREX rinkos dalyvių naudoja ir fundamentalią, ir techninę analizę, stengdamiesi gauti tikslesnius rezultatus. Vienas pagrindinių fundamentaliosios analizės trūkumų – jos ne universalumas, o techninė analizė yra universali. Tie patys instrumentai gali būti naudojami visoms rinkoms analizuoti. Praktiškai tai reikštų, jog investuotojas, kuris naudojasi tik fundamentaliąja analize, galės analizuoti tik viena rinką vienu metu, o naudojantis techninę analizę kelias iškarto¹¹.

Makroekonominis rodiklius galima suskirstyti į šias tris grupes(Dzikevičius, 2013):

1. Šalies ekonominė padėtis ir ekonominė politika:
 - BVP ir jo dinamika;
 - pinigų politika;
 - užsienio prekybos balansas ir jo pokyčiai;
 - infliacija šalyje;
 - nedarbo lygis;
 - konkurencingumas;
 - fiskalinė politika;
 - ekonomikos jautrumas energetikos išteklių kainoms;
 - palūkanų normos.
2. Šalies politinės situacija:
 - politiniai pokyčiai šalyje;
 - šalies santykiai su kitomis valstybėmis;
 - vyriausybės pasiruošimas kontroliuoti pasikeitimus.
3. Socialinė padėtis:
 - gyventojų skaičiaus pokyčiai;
 - turto ir pajamų pasiskirstymas;
 - šalies klimatas ir katastrofų tikimybė.

Sukurtos net kelios teorijos, bandančios pagrįsti fundamentaliąją analizę. Dvi žinomiausias – efektyvios rinkos hipotezė ir racionalių lūkesčių teorija. Visgi abi pasižymi esminėmis klaidomis ir yra plačiai mokslininkų kritikuojamos.

Mokslininkas J.F. Muth(1961) teigia, jog *racionalių lūkesčių teorija* turi didelę reikšmę konkurencinei strategijai ir strateginių sprendimų priėmimui iš pedagoginės perspektyvos. Ši teorija teigia, kad visi konkurentai yra vienodai pajėgūs plėtoti strategiją, taigi turėdami tą pačią informaciją,

¹¹Fundamentalioji analizė. Prieiga per internetą:<http://en.easy-forex.com/Int/FundamentalAnalysis.aspx> [žiūrėta 2013-04-18]

jie konverguos į tą pačią strategiją. Kai tik vienas rinkos subjektas priima protingą strateginį sprendimą, jo konkurentai sužino apie tai ir iš esmės padaro tą patį. Konkurentų nesėkmė kopijuoti protingus strateginius sprendimus rodo, kad ne visi rinkos subjektai yra vienodai protingi – tai prieštarauja racionalių lūkesčių teorijai.

Efektyvios rinkos hipotezė teigia, kad vertybinių popierių kainos greitai ir tiksliai atspindi visą turimą informaciją (Bowman ir Buchanan, 1995; LeRoy, 1989; Fama, 1970; Boyd ir Smith, 1998; Bodie ir Kane, 2008 ir kt.). Visgi, nemaža dalis mokslininkų (Mishkin, 2006; Nedelea ir Grosu, 2008; Lensin ir Sterken 2000; Black 2000; Sitkoff, 2003 ir kt.) pabrėžia tarptautinės valiutų rinkos prieštaravimus efektyvios rinkos hipotezei bei akcentuoja, kad FOREX rinkai pastebimai didesnę įtaką daro globalizacijos procesai.

Kad šios abi teorijos nėra visiškai teisingos parodo ir tai, jog bendra visų investuotojų investicijų grąža į šią rinką, turėtų artėti prie vidurkio (angl. *meanrevesion*), t.y. individualaus investuotoje pelno grąža ilgam laikotarpyje turėtų artėti prie 0 %. Visgi, praktika rodo, jog yra investuotojų, kurie gauna ženklų pelną (Pvz.: BillLipschutz, GaryBielfeldt, BruceKovner ir kt.)¹², o kiti patiria didelius nuostolius ar net praranda visus investuotus pinigus.

Taip pat paplitęs valiutų rinkos prognozės metodas, naudojant fundamentinius veiksnius, yra palūkanų normų skirtumų (angl. *interest rate differentials*) arba populiariai vadinamas nepadengtų palūkanų normų paritetų (angl. *uncovered interest rate parity; UIP*) metodas. Jis taikomas valiutų poros kurso krypties pasikeitimui prognozuoti. Remiantis ekonomine teorija, investuotojai skolinsis valiutą, kurios palūkanų norma mažesnė ir parduos ją už valiutą, kuriai taikomos didesnės palūkanos. Tuo būdu tiesiogiai veikiama valiutos paklausa ir pasiūla, o kartu ir kaina (Chung ir Hong, 2007).

3 lentelė: Ekonominių veiksnių įtaka valiutų kursui

Nr	Ekonominis veiksnys	Veiksnių reikšmingumas	Veiksnių įtaka valiutos kursui
1	Centrinio banko palūkanų norma	Stiprus	Juda viena kryptimi su valiutos kursu
2	BVP	Stiprus	Juda viena kryptimi su valiutos kursu
3	Prekybos balansas	Stiprus	Juda viena kryptimi su valiutos kursu
4	Einamosios sąskaitos saldo	Vidutinis	Juda viena kryptimi su valiutos kursu

3 lentelės tęsinys kitame puslapyje

¹²Sėkmingiausi investuotojai FOREX rinkoje. Prieiga per internetą: <http://fxtraderebate.wordpress.com/forex-articles/top-currency-traders/> [žiūrėta 2013-04-19]

5	Biudžeto deficitas	Silpnas	Juda priešinga kryptimi valiutos kursui
	Infliacija	Stiprus	Juda viena kryptimi su valiutos kursu (trumpu laikotarpiu, esant nuosaikiai infliacijai)
7	Mažmeninių prekių pardavimo kiekiai	Silpnas	Juda viena kryptimi su valiutos kursu
8	Bedarbių paraiškos	Silpnas	Juda priešinga kryptimi valiutos kursui
9	Pramonės gamyba	Silpnas	Juda viena kryptimi su valiutos kursu
10	Pagrindinis rodiklis ¹³ (Tik JAV)	Vidutinis	Juda viena kryptimi su valiutos kursu

Fundamentalios analizės taikymas valiutų prekyboje, tai pirmiausia ekonominių ataskaitų ir rodiklių kalendorinis nagrinėjimas. 3 lentelėje pateikta 10 pagrindinių ekonominių rodiklių, kuriuos turėtų įtraukti kiekvienas investuotojas, kurio strategija paremta fundamentalia analize.

Fundamentaliosios analizės žingsniai¹⁴:

1. Makroekonominių duomenų analizė:
 - a. ekonominio ciklo nustatymas;
 - b. naujų technologijų, politinio klimato, tarptautinių santykių tyrimas.
2. Tarptautinės monetarinės aplinkos tyrimas:
 - a. centrinių bankų politikos palūkanų normos atžvilgiu tyrimas;
 - b. pinigų paklausos ir pasiūlos lyginimas su ankstesniais laikotarpiais;
 - c. rinkos nepastovumo indekso analizė (VIX);
 - d. privataus ir viešo sektoriaus defolto lygių nustatymas.
3. Valiutų porų pasirinkimas:
 - a. palūkanų normų skirtumų analizė (angl. *interest rate differentials*);
 - b. valstybės einamųjų sąskaitų balansų patikrinimas.

Neuroninių tinklų naudojimas valiutų poros kurso prognozavime, apima tiek fundamentalią, tiek techninę analizę, nes jų pagalba galima tirti ir duomenų autoregresines savybes, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsnumus, ir fundamentalių veiksnių įtaką valiutos kursui. Taip pat galim

¹³JAV ekonomikos matavimo rodiklis, parodantis ekonomikos pokyčius per tam tikrą laikotarpį, duomenis skelbia interneto svetainė www.tcb-indicators.org

¹⁴FOREX fundamentalioji analizė. Prieiga per internetą: <http://www.forextraders.com/forex-analysis/forex-fundamental-analysis/a-step-by-step-guide-to-fundamental-analysis-of-the-currency-market.html/> [žiūrėta 2013-04-19]

naudoti kombinuotą metodą, vienu metu naudojat techninę ir fundamentalią analizę, parenkant atitinkamas įvestis (Pvz.: Palūkanų normų pokyčius ir istorinį valiutos poros kursą). Akivaizdu, jog dirbtinio intelekto naudojimas valiutų poros kurso prognozavimui gali padėti gauti tikslesnius prognozės rezultatus.

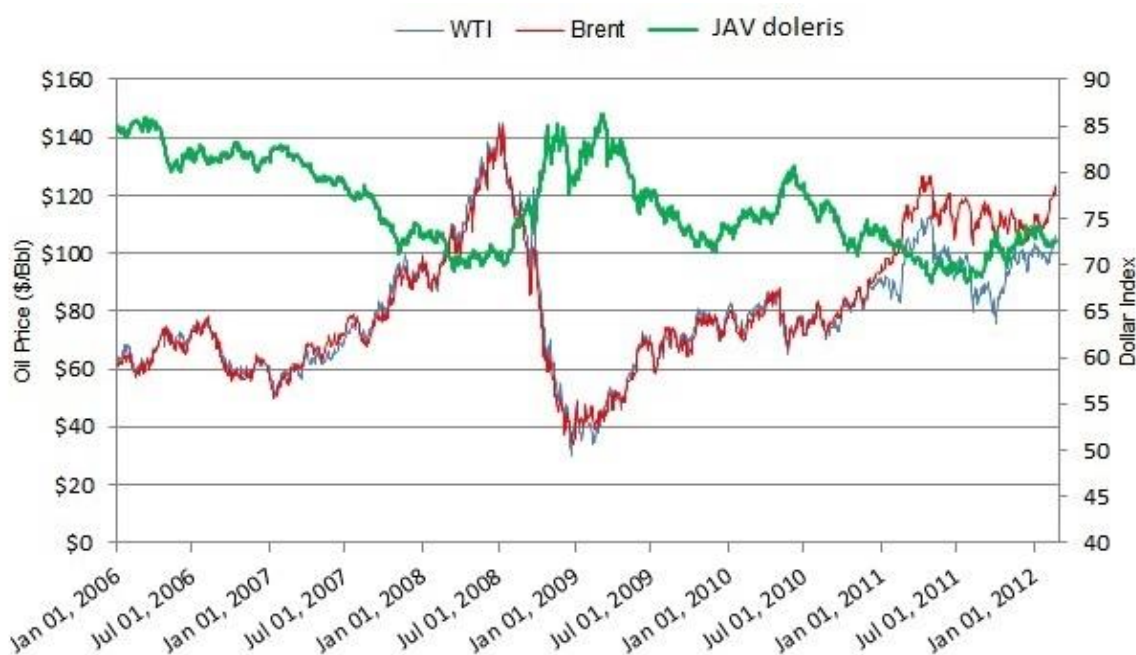
1.6.2. Kitų rinkų įtaka valiutų rinkai

Didėjant globalizacijos įtakai, nyksta rinkų skirtumai. Finansinių rinkų ryšys yra pastebimas, tad verta ištirti finansinių rinkų tarpusavio koreliacija. 4 lentelėje pateikta pagrindinių finansinių rinkų tarpusavio ryšiai. Norint sudaryti pelningą prekybos tarptautinėje valiutų rinkoje strategija būtina atsižvelgti į šiuos dėsningumus.

4 lentelė: Finansinių rinkų tarpusavio ryšys

Rinkos poros	Dėsningumas
JAV doleris -auksas <i>Koreliaciškai priešingi</i>	Auksas - naudojamas kaip apsidraudimas nuo infliacijos. Krentant JAV dolerio kursui, reikia daugiau dolerių, norint nusipirkti tą patį kiekį aukso, todėl aukso kaina, išreikšta JAV doleriais, kyla. Ir atvirkščiai: kai JAV dolerio kursas kyla, reikia mažiau dolerių, norint nupirkti konkretų kiekį aukso, todėl aukso kaina, išreikšta JAV doleriais, krenta. Papildomas argumentas: JAV doleris sudaro nemažą dalį daugelio pasaulio šalių centrinių bankų rezervų. Realiai aukso ir JAV dolerio ryšys iliustruoja kovą tarp materialaus ir finansinio turto.
JAV doleris- JAV išdo obligacijos <i>Koreliaciškai tapatūs</i>	Stipresnis JAV dolerio kursas rodo ir augančią obligacijų rinką dėl JAV dolerio paklausos iš užsienio investuotojų, norinčių pirkti obligacijas ir tam konvertuojančių savo lėšas iš nacionalinių valiutų į JAV dolerį. Politinio ir ekonominio nestabilumo laikais obligacijos dažnai vadinamos saugiomis investicijomis.
Nafta - JAV išdo obligacijos <i>Koreliaciškai priešingi</i>	Staigiai augančios naftos kainos neigiamai veikia JAV išdo obligacijas dėl infliacijos, kurią sukelia naftos kainų augimas. Infliacija kenkia obligacijų rinkai. Taip pat galima pastebėti, jog kylant naftos kainai, kyla ir aukso kainos.
Žaliavos - JAV išdo obligacijos <i>Koreliaciškai priešingi</i>	Augantis žaliavų indeksas (žaliavų krepšelio kainos indeksas) dažniausiai reiškia infliacijos didėjimą ir neigiamą poveikį JAV išdo obligacijų kainai.
Valiutų ateities sandoriai - JAV doleris <i>Koreliaciškai priešingi</i>	Valiutų ateities sandoriai, tiesiogiai susiję su JAV dolerio indeksu, Jei daugumos valiutų ateities sandorių kainos auga - JAV dolerio indeksas kris. Valiutų prekiautojams JAV dolerio indeksą reikėtų vertinti kaip jo ryšio su kitomis valiutomis rodiklį.
Grūdai - JAV doleris <i>Koreliaciškai priešingi</i>	Silpnesnis JAV doleris teigiamai veikia JAV parduodamų grūdų kainas. Kadangi silpnesnis JAV doleris grūdų eksportą daro konkurencingesnį, būtent eksportas sudaro didesnę prekybos dalį.

Iš lentelės duomenų galime pastebėti, jog JAV dolerio kursas turi tendenciją judėti priešinga kryptimi nei žaliavų kainos (žr. 4 lent.). Nafta ir jos gamybiniai produktai yra glaudžiai siejama su JAV ekonomika ir pačiu JAV doleriu. 4 paveiksle pavaizduotas JAV dolerio indekso¹⁵ palyginimas su naftoskaina. Paveiksle nagrinėjamos dviejų populiariausių naftos tipų - WTI (angl. *West Texas Intermediate*) ir Brent kainos.



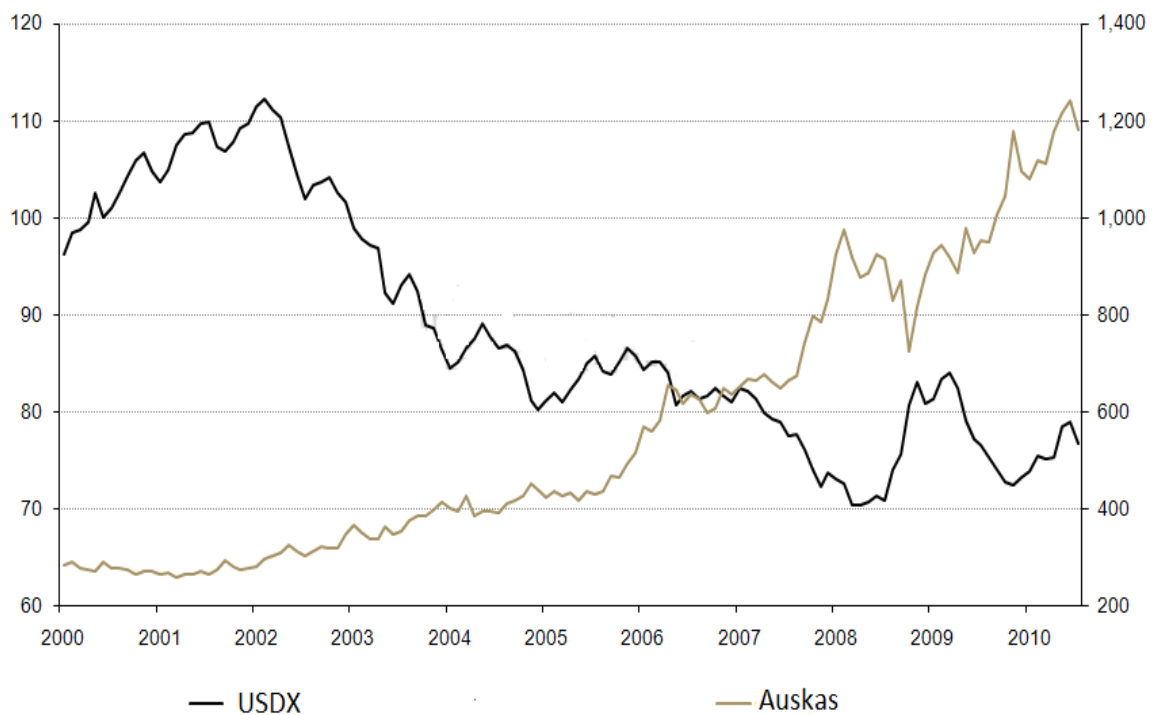
Šaltinis: sudaryta pagal www.thedataleopard.com, 2013¹⁶

4 pav. Naftos ir JAV dolerio indekso ryšys

Kaip matome iš 4 paveikslo augančios naftos kainos neigiamai veikia JAV dolerio indeksą dėl infliacijos, kurią sukelia naftos kainų augimas (žr. 4 pav.). Taip pat galima pastebėti, jog kylant naftos kainai, kyla ir aukso kainos. Aukso kaina ir JAV dolerio indeksas rodo valiutų krepšelio bei JAV dolerio santykį, nes auksas iki šiol atlieka rezervinės valiutos vaidmenį. Aukštas - naudojamas kaip apsidraudimas nuo infliacijos. Krentant JAV dolerio kursui, reikia daugiau dolerių, norint nusipirkti tą patį kiekį aukso, todėl aukso kaina, išreikšta JAV doleriais, kyla. Ir atvirkščiai: kai JAV dolerio kursas kyla, reikia mažiau dolerių, norint nupirkti konkretų kiekį aukso, todėl aukso kaina, išreikšta JAV doleriais, krenta. Papildomas argumentas: JAV doleris sudaro nemažą dalį daugelio pasaulio šalių centrinių bankų rezervų. 5 paveiksle pavaizduotas JAV dolerio indekso palyginimas su aukso kaina

¹⁵JAV dolerio indeksas, skaičiuojantis USD kurso pokytį 6-ių pagrindinių JAV prekybos partnerių valiutų atžvilgiu (Euro, Japonijos jenos, Didžiosios Britanijos svaras, Kanados doleris, Švedijos krona, Šveicarijos frankas)

¹⁶Naftos ir JAV dolerio indekso ryšys, grafiniai duomenys. Prieiga per internetą: <http://www.thedataleopard.com/2012/03/oil-prices-versus-us-dollar.html> [žiūrėta 2013-04-20];



Šaltinis: sudaryta Bloomberg duomenis, 2013¹⁷

5 pav. Aukso ir JAV dolerio indekso ryšys

JAV ekonomikos klestėjimo metais ir žemos infliacijos laikotarpiu pinigų srovė į JAV ekonomiką, perkant akcijas ir obligacijas, teigiamai paveikia JAV dolerį. Tokiu metu aukso įsigyti nepatartina. Toks periodas JAV ekonomikoje susiklostė 2006 -2008 metais. Tuo metu aukso kainos arba krito, arba išliko pastovios (žr. 5 pav.). Lėtėjant JAV ekonomikos vystymuisi, esant aukštai infliacijai, politiniam nestabilumui, investuotojai parduoda akcijas ir perka auksą. Infliacija daro auksą patrauklesniu investuotojam, nes jis laikomas saugesne investicija. Tokia situacija JAV susiklostė nuo 2008 metų pabaigos, prasidėjus ekonominiai ir finansiniai krizei. Nuo tada prasidėjo intensyvus aukso kainos kylimas (žr. 5 pav.).

1.6.2. Techninė analizė

Techninė analizė – rinkos būsenos analizė, pagrįsta praeities kainų sinteze. Jeigu fundamentalioji analizė nagrinėja priežastis, tai techninė analizė tiria pasekmes. Techninėje analizėje naudojami grafikai, vaizduojantys kainų dinamiką per tam tikrus laikotarpius. Techninė analizė taip pat padeda

¹⁷Aukso ir JAV dolerio indekso ryšys, grafiniai duomenys. Prieiga per internetą:http://www.gold.org/government_affairs/reserve_asset_management/managing_risk/ [žiūrėta 2013-04-20]

susidaryti bendrą rinkos vaizdą einamuoju momentu. Techninė analizė remiasi tuo, kad kainoje atsispindi visi rinką veikiantys faktoriai – ekonominiai, politiniai, psichologiniai ir kiti – visi jie sudaro bendrą kainos dinamiką. Techninę analizę bendrąja prasme galima įvardinti, kaip kainos prognozavimo metodą, besiremiantį matematiniais – statistiniais (ne ekonominiais) paskaičiavimais. Aprašomas metodas buvo sukurtas grynai praktiniais tikslais, siekiant gauti pajamų. Techninės analizės atsiradimasis siejamas su XX a. pradžioje sukurta DOW teorija¹⁸. Vėliau visi techninės analizės metodai buvo kuriami atskirai vienas nuo kito ir tik 8-ame praėjo amžiaus dešimtmetyje buvo sujungti į vieningą teoriją, su bendra filosofija ir aksiomomis¹⁹.

Techniniai faktoriai yra susiję su tarptautinės valiutų rinkos sąlygomis, koncentruojantis į kainų pokyčius, prekybos apyvartą, paklausos ir pasiūlos faktorius ir t. t. Kaina, apyvarta ir kituomenys grafiškai vaizduojami grafikuose. Studijuojant grafikus, techninės analizės naudotojai bando išmatuoti valiutų pirkimo ir pardavimų laikus tam, kad aptikti rinkos svyravimus. Idealiai perkant prieš rinkos kilimą (angl. *upswing*) ir parduodant prieš rinkos kritimą (angl. *downswing*). Grafikai yra plačiai naudojami tarptautinės valiutų rinkos vidurkių ir kitų charakteristikų atvaizdavimui, individualių kursų prognozavimui (Dzikevičius, 2013).

Pagrindiniai techninės analizės principai (Osler, 2000):

- kainoje atsispindi visi veiksniai darantys įtaką rinkai;
- rinka juda dėsningai;
- praeties kainos daro įtaką ateities kainoms.

Vienas pagrindinių techninės analizės privalumų – jos universalumas. Tie patys instrumentai gali būti naudojami visoms rinkoms analizuoti, o fundamentalią analizę, dėl didelės apimties, yra labiau ribota. Praktiškai tai reikštų, jog investuotojas, kuris naudojami tik fundamentalią analizę, galės analizuoti tik vieną rinką vienu metu, o naudojantis techninę analizę kelias iškart²⁰.

Pagrindiniai techninės analizės privalumai²¹:

- padeda identifikuoti ir prognozuoti ateities rinkos kryptį ir tendencijas (angl. *trend*);

¹⁸Charles Dow išsakyti principai, kurie buvo naudojami jo sukurtų pramonės ir geležinkelio indeksų analizei. Vėliau sėkmingai pradėti naudoti, analizuojant finansų rinkas

¹⁹FOREX techninė analizė. Prieiga per internetą: <http://www.masterforex-v.lt/3klase.html> [žiūrėta 2013-04-19]

²⁰Fundamentalią analizę. Prieiga per internetą: <http://en.easy-forex.com/Int/FundamentalAnalysis.aspx> [žiūrėta 2013-03-19]

²¹Techninė analizė. Prieiga per internetą: <http://www.economywatch.com/forex/forex-technical-analysis.html> [žiūrėta 2013-03-19]

- padeda nustatyti esama rinkos tendenciją. Tai reiškia, jog prognozuodamas ateities rinkos kryptį ir tendencijas, investuotojas gali numatyti lūžio taškus, o tuo būdu nustatyti tinkamiausią laiką uždaryti ar atidaryti sandorį;

- padeda minimizuoti riziką, nes naudojant techninę analizę galima apytiksliai įvertinti, kokia prognozuojamo rezultato įvykimo tikimybė;

- padeda sumažinti psichologinę įtampą;
- galimybė pritaikyti automatizuotai prekybai;
- galimybė patikrinti strategijos efektyvumą, naudojant istorinius duomenis.

Pagrindiniai techninės analizės trūkumai:

- techninė analizė remiasi istorine informacija, tad jos rezultatai visada vėluoja;
- indikatorių nesuderinamumas – kai kurie techninės analizės indikatoriai gali prieštarauti vienas kitam, tad yra tikimybė gauti ne vienareikšmius rezultatus;

- netinka ilgalaikėms prognozėms.

Investuotojai naudojantis techninę analizę, savo strategijose naudoja ir fundamentalią analizę, tačiau negrindžia savo sprendimų fundamentiniais įvykiais, kurie nusako jau įvykusių kainų pasikeitimų priežastis. Jų strategijos pagrindas – ateities kursų prognozė, remiantis matematiniais modeliais bei naudojant istorinius duomenis (Rosenstreich, 2005).

1.6.3. Techninės analizės indikatoriai

Nėra vieno ir universalaus techninio indikatoriaus, kuris galėtų visiškai tiksliai prognozuoti valiutų ateities kursus. Taip yra todėl, kad tarptautinė valiutų rinka yra pernelyg sudėtinga ir jai daro įtaka daugybė veiksnių, kurių vienas indikatorius tiesiog negali įvertinti (Cofnas, 2008). Atrodo, jog kuriant sudėtingesnius techninės analizės indikatorius būtų galima gauti vis tikslesnius rezultatus. Visgi, taip nėra. Dažniausiai paprastesni indikatoriai duoda tikslesnius rezultatus negu sudėtingesni. Taip yra todėl, kad dauguma indikatorių remiasi tomis pačiomis pradinėmis prielaidomis ir formulėmis, o tostant nuo jų, išvedant vis sudėtingesnius pradinio algoritmo variantus, gaunami prognozavimo rezultatai tik blogėja.

Nepaisant techninės analizės indikatorių ribotumo, jų įtraukimas į prekybos strategiją gali duoti reikšmingos naudos, nes šie indikatoriai padeda identifikuoti rinkos kryptį ir tendencijas. numatyti lūžio taškus, o tuo būdu nustatyti tinkamiausią laiką uždaryti ar atidaryti sandorį, padeda minimizuoti riziką, padeda sumažinti psichologinę įtampą, suteikia galimybę naudotis automatizuota prekyba, suteikia galimybę patikrinti strategijos efektyvumą, naudojant istorinius duomenis. Trumpiau tariant,

techninės analizės indikatoriai, gal ir nepasizymi dideliu tikslumu prognozuojant, tačiau padeda esamą rinkos į situaciją pažvelgti plačiau, įvairiapusiškiau vertinant susidariusią padėtį.

Visi indikatoriai gali būtų skirstomi į kelias grupes:

- tendenciniai krypties indikatoriai (angl. *Trend indicators*) – naudodami slenkančius vidurkius šie indikatoriai apibendrina duomenis, išvalydami juos nuo nereikšmingų svyravimų. Jie rodo kainos judėjimo kryptį ir seka paskui rinkoje esamą tendenciją.
- oscilatoriai (angl. *Oscillators*)– tai indikatoriai, lenkiantys kainos grafiką, prognozuojantys kurso judėjimo kryptį;
- apimčių indikatoriai (angl. *Volume indicators*) - skirti finansinių instrumentų prekybos apimtims žymėti. Apimties indikatoriai tinka trendo krypties patvirtinimui arba gali būti tam tikro konkretaus lygio pramušimo signalu. Šiems indikatoriams priskiriami tokie indikatoriai, kaip finansinis Čaikino srautas, poreikio indeksas ir OBV indikatorius²²;
- sklaidos indikatoriai (angl. *Volatility indicators*) –šie indikatoriai parodo kurso nepastovumą, t.y. kiek konkrečios valiutų poros kursas sviruoja kiekvieną dieną. Dažniausiai mažėjant sklaidai, keičiasi kainos kryptis, tad šie indikatoriai gali padėti identifikuoti kurso krypties pasikeitimo taškus.
- ciklo indikatoriai (angl. *Cycle indicators*) –šie indikatoriai padeda nustatyti tam tikrus dėsningumus, kuriuos lemia pasikartojantys įvykiai, tokie kaip rinkimai ar pan.
- palaikymo/pasipriešinimo lygio indikatoriai (angl. *Support/resistents*) – šių indikatorių dėka nustatomi palaikymo ir pasipriešinimo lygiai. Palaikymo lygis - tai toks kainų lygis, kai rinką kontroliuoja pirkėjai, neleidžiantys kainai daugiau kristi. Pasipriešinimo lygis, atvirkščiai - lygis, kai kainas kontroliuoja pardavėjai, neleidžiantys kainai kilti²³.
- momento indikatoriai (angl. *Momentum indicator*) - momento indikatoriai rodo kainos arba kiekio akceleracijos lygį– kiek greitai ir stipriai juda kaina. Gali būti naudojamas išmatuoti kitų indikatorių jėgą ir greitį²⁴. Šie indikatoriai taip pat gali padėti pastebėti divergenciją²⁵.
- Mišrūs indikatoriai(angl. *Miscellaneous indicators*) - Mišrūs indikatoriai gali būti aplenkiantys arba atsiliekančys nuo kainos pokyčio (Edwards ir Magee, 1998). Aplenkiantys

²² Apimties indikatoriai. Prieiga per internetą: http://fxprekyba.eu/index.php?page=ta-apimties_ind[žiūrėta 2013-03-23]

²³ Palaikymo pasipriešinimo lygiai. Prieiga per internetą: http://prekyba.ucoz.com/index/palaikymas_pasipriesinimas/0-34[žiūrėta 2013-03-23]

²⁴ Momento indikatoriai. Prieiga per internetą: <http://www.prekybaforex.lt/board/blog/14/entry-317-momento-indikatorius-momentum/> [žiūrėta 2013-03-23]

²⁵ Momento indikatoriai. Prieiga per internetą: http://www.forex.com/forex_tech_analysis.html[žiūrėta 2013-03-23]

indikatoriai duoda investicinius signalus prieš kainos pasikeitimą, o atsiliekantys – po kainos pasikeitimo. Pirmuoju atveju susiduriama su rizika gauti ankstyvą signalą, antruoju – pavėluotą. Mišrūs indikatoriai tiria FOREX ir išvestinių vertybinių popierių rinkas, rinkos psichologinių jėgų pusiausvyrą, pinigų srautus. Mišriais indikatoriais jie vadinami todėl, kad jų skaičiavimams naudojami skirtingų vertybinių popierių kainų pokyčiai.

Čia, žinoma, išvardintos ne visos indikatorių rūšys. Keletas indikatorių gali būti priskiriami kelioms rūšims, kiti nepriklausyti nei vienai.

Indikatorių pasiūla yra labai didelė. Šiais laikais kompiuteriai ir taikomosios programos leidžia patiems juos susikurti. Dėl to jų nuolat daugėja. Tačiau tai nereiškia, kad jie visi naudingi. 5 lentelėje pateikti populiariausi ir efektyviausi techninės analizės indikatoriai. Absoliuti dauguma sėkmingų investuotojų įtraukia juos (ne visus, tačiau pasirinktai konkrečių indikatorių kombinaciją) į savo prekybos strategiją.

5lentelė: Populiariausi techninės analizės indikatoriai

Indikatorius	Trumpas aprašas
Krypties linijos (angl. <i>Trend lines</i>)	Krypties linijas analitikai naudoja stebėdami kainų kilimą ar kritimą. Kai kaina kerta indikatoriaus liniją, tai signalizuoja apie jos kilimą ar kritimą.
Bolingerio ribos (angl. <i>Bollinger bands, BB</i>)	Kainų nepastovumo indikatorius. Ypač efektyvus, kai rinkoje nėra aiškaus kainos kryptingumo.
Prekių kanalo indeksas (angl. <i>Commodity Channel index</i>)	Jį sukūrė Donaldas Lambertas (Donald Lambert) prekių rinkoms analizuoti. Tačiau pavadinimas "Prekių kanalo indeksas" nėra svarbus, nes indikatorius tinka ir tarptautinei valiutų rinkai. Jis matuoja kainos variaciją nuo statistinio kainos vidurkio.
Elioto bangos (angl. <i>Elliott wave</i>)	Elioto bangų teorija, vadinamoji bangų analizė, padėjo pastebėti, kad rinką vystosi pagal 8 bangų modelį, tačiau analitikai retai atpažįsta šį modelį realioje prekyboje.
Slankieji vidurkiai (angl. <i>moving averages</i>)	Analizės metodas, kurio pagrindu sukurti pagrindiniai ir labiausiai naudojami indikatoriai. Slankusis vidurkis išlygina nagrinėjamo laikotarpio kainos svyravimus ir padeda atpažinti tikrą kainos judėjimo kryptingumą ir pokyčius.
Slankiųjų vidurkių konvergencijos ir divergencijos histograma arba SVKH (angl. <i>MACD Histogram</i>)	Histograma sukurta pagal eksponentiškai išlygintus slankiuosius vidurkius. Geriausiai veikia kryptingoje rinkoje. Parodo vyraujančią rinkos kryptingumą, jo galimą pabaigą ir krypties apsisukimo tašką. Vienas populiariausių indikatorių
Impulso indikatorius (angl. <i>Momentum</i>)	Parodo kainos keitimosi tempus

5 lentelės tęsinys kitame puslapyje

5 lentelės tęsinys

Fibonačio indikatoriai (angl. Fibonacci instruments)	Fibonačio indikatoriai pagrįsti skaičių seka ir jų pagrindu suskaičiuotais koeficientais. Techninėje analizėje pagal Fibonačio indikatorių lygius analitikai nustato svarbiausių pokyčių laiką ar kainų kitimo ribas
Parabolinis laiko arba kainos indikatorius (anglo. Parabolic SAR)	Dažniausiai naudojamas kaip indikatorius, informuojantis apie kainų kilimo ir kritimo pabaigą.
Rinkos judėjimo ašis (angl. Pivot point, PP)	Apskaičiuojant kainos judėjimo vidurkius, prognozuojamas ateities kainos intervalas, nustatomi keli artimesni ir tolimesni dabartinei kainai palaikymo ir pasipriešinimo lygiai.
Santykinio stiprumo indeksas	Tai indikatorius, parodantis kainos kitimo tempus. Tiksliausiai santykinio stiprumo indeksas veikia konsoliduotoje rinkoje.
Stochastinis indikatorius (angl. Stochastic oscillator)	Indikatorius, kuris veikia panašiai kaip ir santykinio stiprumo indeksas bei parodo kainos kitimo tempus. Tiksliausiai veikia konsoliduotoje rinkoje. Esant kryptingai rinkai, duoda klaidingus signalus.
Krypties stiprumo indeksas (angl. Directional Movement Index, DMI)	Kaip ir histograma, tai vienas dažniausiai naudojamų indikatorių, parodantis vyraujančią tendenciją (kilimo arba smukimo) arba rinkos konsolidaciją.

Matome, jog vieni indikatoriai skirti kryptingai rinkai (Pvz.: krypties linijos), kiti konsoliduotai (Pvz.: Santykinio stiprumo indikatorius) (žr. 5 lent.). Verta paaiškinti, kadatarptautinė valiutų rinka konsoliduojasi. Rinka laikoma konsoliduota, kai neturi aiškios judėjimo krypties (aukštyn arba žemyn). Tada ir meškos, ir buliai turi panašią įtaką, tad valiutų poros kursas svyruoja apie tą pačią vertę.

Taip pat lentelėje išskirti indikatoriai skirti nustatyti divergenciją (Pvz.: MACD) (žr. 5 lent.). Apie tai verta pakalbėti išsamiau, nes divergencijos nustatymas yra stiprus kurso krypties keitimo signalas. Divergencija atsiranda, kai finansinio instrumento krypties tendencija nesutampa su indikatoriaus kryptimi²⁶. Divergencijos analizės metodą sugalvojo J. V. Vailderis. Divergencijos principas yra grindžiamas tuo, kad kainai vis didėjant, indikatorius nepajėgia pasiekti naujų vis aukštesnių viršūnių. Kainos augimas ar kritimas pradeda lėtėti ir tai rodo, jog artėja krypties keitimas. Be indikatorių to nebūtų galima pastebėti. Visgi divergencija tarp kainos ir indikatoriaus krypties negarantuoja valiutų poros kurso krypties pokyčių. Nustačius divergenciją, norint prognozuoti kurso krypties pokytį, reikia atkreipti dėmesį į kitus indikatorius – atramos ir pasipriešinimo lygius, kainos grafiko formą ir t.t.

²⁶ Rinkos divergencija. Prieiga per internetą: [http://www.prekybaforex.lt/board/blog/14/entry-168-divergencija/\[žiūrėta 2013-03-23\]](http://www.prekybaforex.lt/board/blog/14/entry-168-divergencija/[žiūrėta 2013-03-23])

Apibendrinant pirmą skyrių, galima daryti išvadas, jog valiutų rinkos analizė skirstoma į dvi kategorijas – fundamentaliąją analizę ir techninę analizę. Fundamentaliąją analizę ieško priežasčių dėl ko įvyko valiutų kursų pokyčiai, ji skirta bendro ekonominio vaizdo, valiutų vertės perspektyvoje, sudarymui. Techninė analizė nagrinėja kainos judėjimo pasekmes, ji naudojama, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsningumus, remiantis prielaida, jog žmonės, turintys vienodas savybes, pasikartojančiose situacijose yra linkę kartoti savo veiksmus. Neuroninių tinklų taikymas valiutų kursų prognozavime galėtų būti įvardintas, kaip labiau išvystyta techninės analizės forma, leidžianti atrasti netiesines priklausomybes neparimetriniu būdu, taikant ne tik autoregresinius, bet ir fundamentalių veiksmų istorinius duomenis.

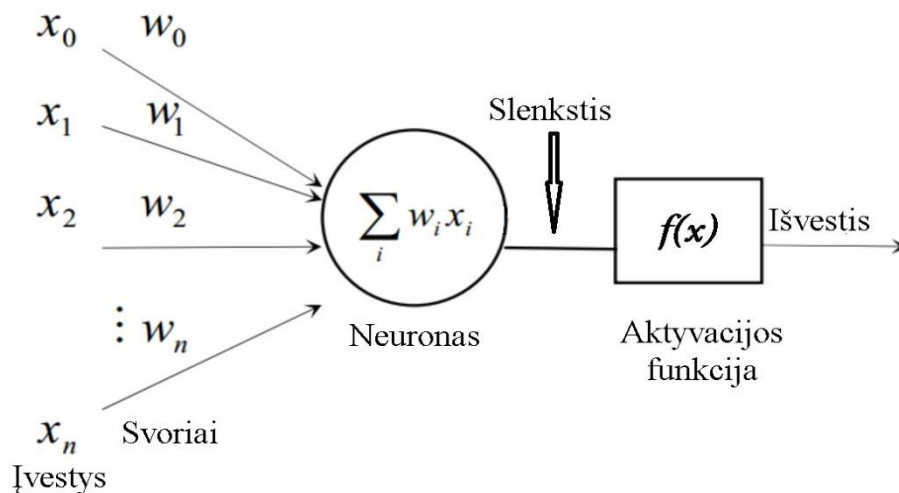
Neuroninių tinklų teorijos analizė pateikta kitame skyriuje.

2. NEURONINIAI TINKLAI

Šiame skyriuje analizuojami neuroniniai tinklai. Pateikiama neuroninių tinklų istorija bei atsiradimo prielaidos. Aprašoma neuroninių tinklų koncepcija bei taikymo sritys. Naudojant literatūros analizės metodą, tiriami Lietuvos ir užsienio autorių moksliniai darbai, kuriuose aprašomi neuroninių tinklų tyrimai valiutų rinkos prognozavimo srityje. Pateikiama aktualiausių straipsnių metaanalizė ir atskleidžiama dabartinė neuroninių tinklų taikymo valiutų kursų prognozavimo srityje situacija.

2.1. Neuroninių tinklų koncepcija

Neuroniniai tinklai (angl. *neural networks*, *NN*) dar vadinami dirbtiniais neuroniniais tinklais (angl. *artificial neural networks*, *ANN*) susideda iš tarpusavyje susijusių neuronų, kurie gauna informaciją ir/arba ją apdoroja ir/arba siunčia informaciją (P. Rai ir K.Rai, 2011). 6 paveiksle pavaizduotas neurono veikimo principas.



Šaltinis: sudaryta pagal Bryce L. Meyer, 1996

6 pav. Neurono veikimo principas

McCulloch ir Pitts 1943 metais pasiūlė dirbtinio neurono modelį. Neuronas gauna kelias įvesties reikšmes (tai DNT įvesties neuronų įėjimo reikšmės arba kitų neuroninio tinklo neuronų išėjimo reikšmės) (žr. 6 pav.). Kiekviena įvesties jungtis turi individualų perdavimo koeficientą – vadinamąjį svorį. Taip pat kiekvienas neuronas turi individualią sužadinimo slenksčio reikšmę (angl. *Threshold*). Slenksčio sužadinimo reikšmė gaunama skaičiuojant įėjimo signalų svorių sumą atėmus nustatytą slenksčio reikšmę. Kiekvienam neuronui, pagal sužadinimo signalą, naudojant aktyvacijos

funkciją, skaičiuojama neuronų išėjimo reikšmė - išvestis. Dirbtinis neuronas veikia kaip biologinis neuronas, aprašytas anksčiau. Neuronų svoriai taip pat gali būti ir neigiami, tai reiškia, jog jungtis turi slopinantį poveikį. Atskiri neuronai yra jungiami į neuroninį tinklą²⁷.

1943 m. McCulloch ir Pitts pasiūlyto neuroninio tinklo matematinis modelis:

$$s = w_0 + \sum_{i=1}^n w_i x_i ; \quad (1)$$

Čia: s – neuroninio tinklo išvesties rezultatas;

x_1, \dots, x_n – įvesties reikšmės;

w_0, \dots, w_n – svoriai.

Dažniausiai naudojami sigmoidinė aktyvacijos funkcija. Jos matematinė išraiška yra:

$$\sigma(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} ; \quad (2)$$

Čia: $\sigma(x)$ – aktyvacijos funkcija;

x – įvesties reikšmės.

Aktyvavimo funkcija – tai matematinės operacijos su išvesties signalu. Ši funkcija reikalinga tam, kad duomenis patenkantys į neuroninį tinklą būtų tam tikrame intervale. Šie intervalai gali būti (0,1) ir (-1,1). Sigmoidinė funkcija žr. (2) formulę įgauna reikšmes intervale (0, 1). Nors sigmoidinė funkcija yra pati populiariausia, tačiau ji turi ir trūkumų – ji įgauna tik teigiamas reikšmes. Visgi tiriant dažnai reikalingos ir neigiamos reikšmės. Pavyzdžiui, tarptautinės valiutų rinkos analizei ši aktyvacijos funkcija yra netinkama, nes kaip žinome valiutų porų kursai ne tik auga bet ir krenta. Tokiam atvejui galima naudoti hiperbolinio tangento funkciją, kuri įgauna reikšmes intervale (-1; 1) ir yra pavaizduota (3) formulėje (Heaton, 2008).

$$\sigma(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1} ; \quad (3)$$

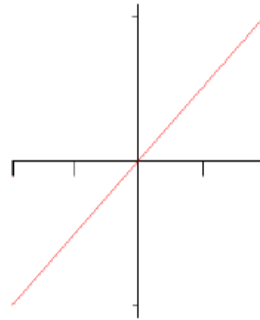
Hiperbolinio (žr. 7 pav.) tangento aktyvacijos funkcija nėra standartinė aktyvacijos funkcija, o sigmoidinė aktyvacijos funkcija (žr. 7 pav.) yra. Taigi, norint ja naudotis reikia atlikti papildomus programavimo veiksmus, tačiau kaip minėta anksčiau ji taip pat suteikia papildomas galimybes, nes

²⁷Neuroninių tinklų koncepcija. Prieiga per internetą: http://www.technopolis.lt/lt/dirbtinis-intelektas/ziniu-baze/pagrindiniai_metodai/dirbtiniai_neuroniniai_tinklai_dnt/ [žiūrėta 2013-03-23]

įgauna tiek teigiamas, tiek neigiamas reikšmes. Be šių dviejų aktyvacijos funkcijų taip pat egzistuoja šuolinė bei tiesinė aktyvacijos funkcijos bei Gauso kreivė (žr. 7 pav.). Kokio sudėtingumo aktyvavimo funkcija taikoma, priklauso nuo neuroninio tinklo sprendžiamo uždavinio

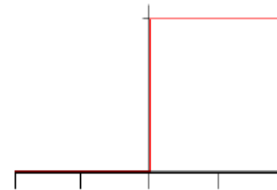
Tiesinė

$$f(x) = x$$



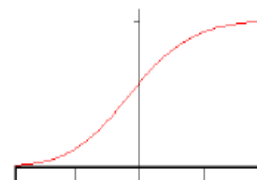
Slenksčio

$$f(x) = \begin{cases} 0, & \text{jei } x < 0 \\ 1, & \text{jei } x \geq 0 \end{cases}$$



Loginis sigmoidas

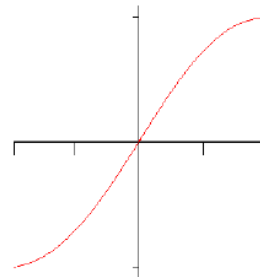
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$



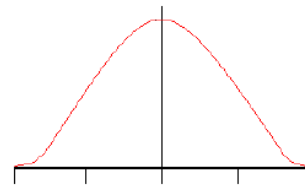
7 pav. tęsinis kitame puslapyje

Tangento sigmoidas

$$f(x) = \frac{2}{1 + e^{-2x}} - 1$$

*Gauso*

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$



Šaltinis: Sargelis, 2009, p. 8 ir 9

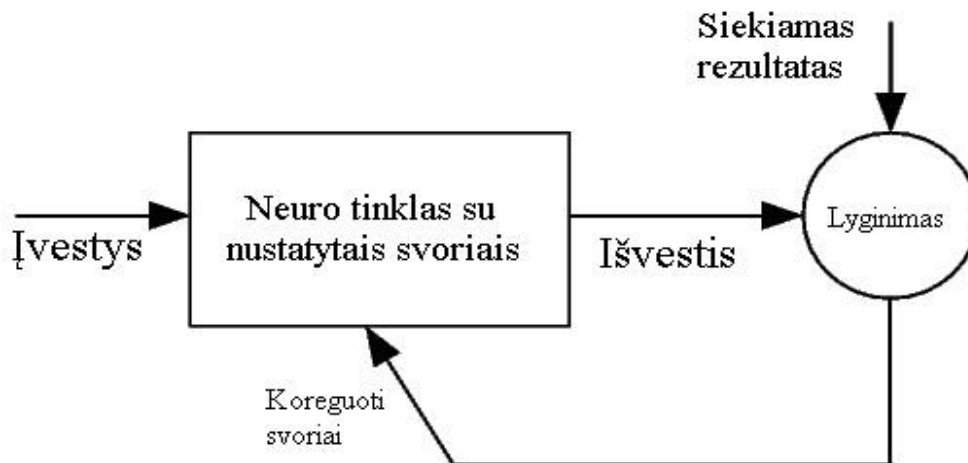
7 pav. Neuroninio tinklo aktyvacijos funkcija

Apibendrinant, galima daryti išvadą, kad neuroninis tinklas tai galingas modeliavimo aparatas. Tinklo pagalba galima modeliuoti pačiassudėtingiausias funkcijas.

2.3. Neuroninių tinklų klasifikacija

Bet koks DI tipas nusakomas pastarojo darbo būdu ir apmokymo pobūdžiu. Neuroninis tinklas dirba gaudamas įvestis ir generuodamas tam tikras išvestis. Bendriausiu atveju, neuroniniai tinklai yranaujami, kai priklausomybė tarp įvesties ir išvestiesduomenų nėra tiesinė ir ji nėra žinomat.y. pats algoritmas nusako priklausomybes funkcinę formą. Kitaip sakant neuroniniai tinklai suteikia galimybę ieškoti funkcinės priklausomybės netiesiniu ir neparimetriniu būdu. Vadinasi, neuroninis tinklas gali savarankiškai suformuoti bet kokį modelį iš pavyzdžių.

Neuroniniai tinklai pagal mokymosi būdą skirstomi į mokymosi su mokytoju (angl. *Supervised learning*) ir mokymąsi be mokytojo (angl. *Unsupervised learning*). Pirmasis būdas - mokymasis su mokytoju yra populiariesnis ir dažniau taikomas - pavaizduotas 8 pav (žr. 8pav.).



Šaltinis: sudaryta pagal <http://matlab.izmiran.ru/help/toolbox/nnet/preface2.html> duomenis, 2005

8 pav. Neuroninio tinklo apmokymas su mokytoju

Šiuo atveju neuroninis tinklas mokomas naudojant imtį, kuri sudaroma iš įvesties reikšmių ir atitinkamų išvesties reikšmių. Tinklas mokosi nežinodamas priklausomybės tarp jų. Jeigu neuroninis tinklas yra tinkamai apmokytas, jis modeliuoja priklausomybės funkciją, siejančią įvesties ir išvesties kintamuosius. Pagal nustatytą priklausomybės funkciją vėliau tinklas naudodamas naujas įvestis gali prognozuoti naujas išvestis. Mokymosi metu, mokymosi progresui įvertinti, yra skaičiuojamas tinklo darbą vertinantis parametras. Dažniausiai tai būna neuroninio tinklo rezultato klaida, apskaičiuojama iš duotos įvesties rezultato atimant gautą rezultatą. Neuroninio tinklo slenksčių reikšmės ir svoriai yra koreguojami pagal tinklo apmokymo taisykles, siekiant kuo kuo mažesnės tinklo klaidos, t.y. ieškant globalaus minimumo taško klaidos funkcijoje.

Neuroninį tinklą, besimokantį su mokytoju, galima išmokyti atpažinti veidus, turint veidų pavyzdžių, priskirti juos tam tikram žmogui ir tada apmokyti tinklą. Duomenų atvaizdavimo problemą neuroniniu tinklu galima spręsti dvejopai:

- duotiems duomenims surasti Sammono projekciją. Suradus neuroninio tinklo apmokymui panaudoti taškų bei jų projekcijų poras (Naudojant, apmokymo su mokytoju metodą). DNT išmoks šią projekciją, bet gali būti, jog ji bus nepatogiai išsiskaidanti į funkcijas tampos faktoriaus požiūriu, tad apmokymas gali nevisiškai pavykti ir nauji taškai projektuojami su reikšminga paklaida.
- taikyti neuroninio tinklo apmokymobe mokytojo metodą, minimizuojantį takos faktorių. Galima naudoti netiesinį optimizavimo algoritmą. Taip surasta projekcijos funkcija yra tikslesnė, nes optimaliau išnaudoja DNT galimybes. Šio metodo pagrindinis minusas – apmokymas vyksta daug ilgiau.

Panašiai vyktų ir neuroninių tinklų pritaikymas valiutų kursui prognozuoti. Šiam tikslui DNT naudotojai turi surinkti tokį informacijos rinkinį, kuris duotų maksimalų prognozės tikslumą ir laiko atžvilgiu būtų efektyviausias (Etzioni ir Weld, 1995; Franklin ir Graesser, 1996). Įvairius DNT panaudojimo atvejus analizuoja A.P. Rafenes savo darbuose (Rafenes, 1995). Rafenes darbuose pagrindžiama išvada, jog DNT sistemos galėtų būti efektyvus pagalbininkas prognozuojant vertybinių popierių, tame tarpe ir valiutų vertės dinamiką. DNT panaudojimo galimybes vertybinių popierių kurso prognozei išsamiai analizuojamos Deboeck, White darbuose (Deboeck, 1995). Autorius akcentuoja persimokymo (angl. *overfitting*) problemą, kai neuroniniai tinklai duoda puikius rezultatus apmokymo aplinkoje, arba aplinkoje kuri yra panaši į apmokymo aplinką, bet jų veiklos kokybė ženkliai krenta, t.y. duoda daug blogesnius rezultatus, dirbdamas su duomenimis už apmokymo imties.

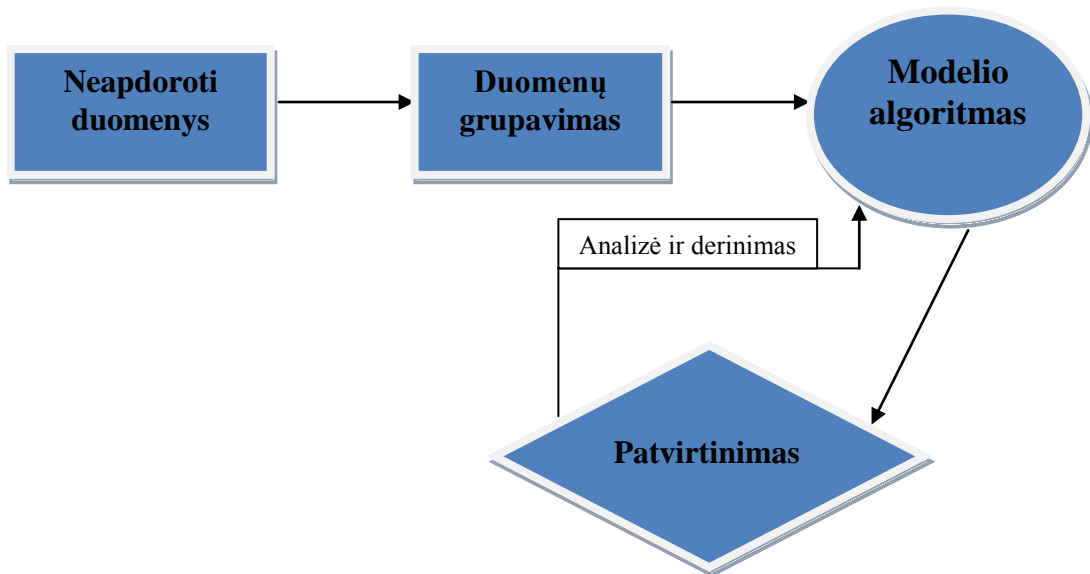
Neuroniniai tinklai besimokantys su mokytoju yra skirti šioms problemoms spręsti:

- prognozavimui (orų, valiutų kursų ir pan.);
- vaizdo atpažinimui (nuotraukų, rašysenos ir pan.);
- Tam tikrų dėsningumu atpažinimas;

Mokymo be mokytojo schema pavaizduota 9 paveiksle.

Apmokant neuroninį tinklą be mokytojo (angl. *unsupervised learning*) naudojama tik įvesties duomenų imtis, parenkamas matavimo matas, kuriuo naudosis neuroninis tinklas (žr. 9 pav.). Matuojama, kaip tinklas atlieka mokymosi funkciją. Tinklo algoritmo parametrai optimizuojami nustatyto mato pagalba, o pats neuroninis tinklas modifikuojasi atsakydamas į įvesties duomenų imtį be galutinių reikšmių. Mokymosi be mokytojo būdą galima naudoti:

- pirminiam duomenų apdorojimui;
- duomenų klasifikacijai;
- duomenų grupavimui;
- optimizavimui;
- medicininei diagnozei;
- intelektinei paieškai;



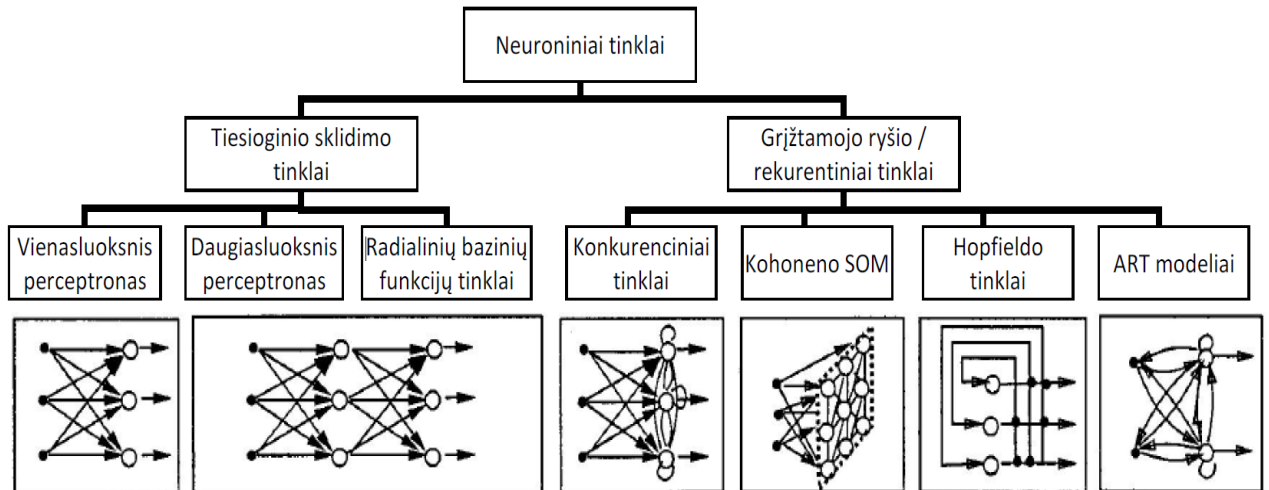
Šaltinis: sudaryta pagal http://dame.dsf.unina.it/machine_learning.html, 2010

9 pav. Neuroninio tinklo apmokymas be mokytojo

Taip pat neuroniniai tinklai gali būti klasifikuojami pagal:

- topologiją:
 - vienasluoksniai;
 - daugiasluoksniai;
 - atsinaujinantys neuroniniai tinklai;
 - save organizuojantys neuroniniai tinklai;
- jungčių tipą:
 - statiniai (angl. *feedforward*);
 - dinaminiai (angl. *feedback*);
- pritaikymą:
 - klasifikacijai;
 - grupavimui;
 - prognozavimą;
 - funkcinių apibendrinimą.
- Signalų sklaidimo kryptį:
 - tiesinio sklaidimo;
 - grįžtamojo ryšio (arba rekurentiniai) tinklai

10 paveiksle pateikta aiški neuroninių tinklų klasifikacijos iliustracija.

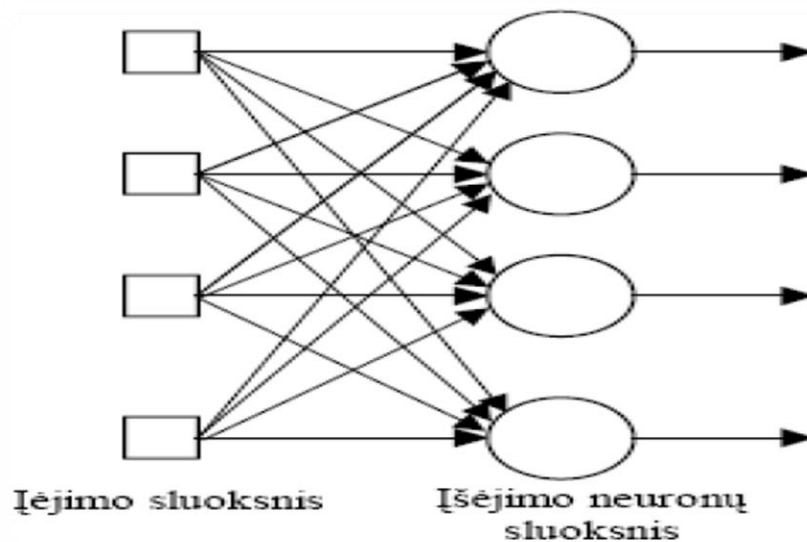


Šaltinis: sudaryta pagal http://dame.dsf.unina.it/machine_learning.html, 2010

10 pav. Neuroninių tinklų klasifikacija

2.3.1. Vienasluoksnis perseptronas

Vieno sluoksnio neuroninis tinklas yra paprasčiausias ir primityviausias neuroninio tinklo variantas, įvesties sluoksnis (angl. *input layer*) projektuojamas tiesiai į išvesties sluoksnį, bet ne atvirkščiai (Rey ir Wender, 2007).



Šaltinis: PUOČIAUSKAS, 2001, p. 28

11 pav. Vienasluoksnis neuroninis tinklas

11 paveiksle pavaizduotas tinklas turi po keturis neuronus kiekviename sluoksnyje – keturis neuronus įvesties sluoksnyje ir keturi neuronus išvesties sluoksnyje. Toks neuroninis tinklas vadinamas

vienasluoksniu (angl. *single layer*) nors praktiškai turi du (išvesties ir įvesties), tačiau išvesties sluoksniu nėra įtraukiamas, nes jame neatliekami jokie skaičiavimai.

Nors teoriškai tokio tipo neuroninis tinklas gali būti naudojamas, tačiau praktikoje jo pritaikymas yra labai ribotas. Dažniau yra naudojami daugiasluoksniai neuroniniai tinklai, kurie turi ne tik įvesties ir išvesties sluoksnius, bet ir tarpinius paslėptus sluoksnius, kuriuose atliekami skaičiavimai.

2.3.2. Daugiasluoksnis perseptronas

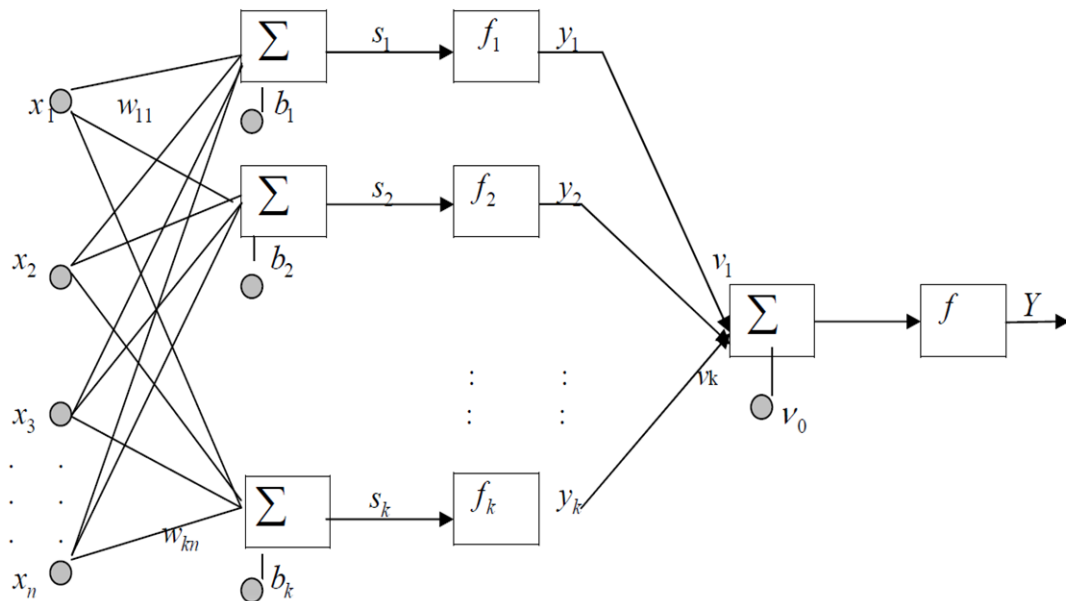
Dažniausiai, kai kalbama apie neuroninius tinklus arba dirbtinius neuroninius tinklus, omeny turimas daugiasluoksnis perseptronas, tad pirmiausia jį ir išanalizuosime. Daugiasluoksnis perseptronas gaunamas, jungiant vienasluoksnį perseptroną į sluoksnius. Šią neuroninių tinklų architektūrą pasiūlė Rumelhart ir McClelland 1986 metais. Daugiasluoksnio perseptrono veikimo schema atvaizduota 10 paveiksle.

Daugiasluoksnis perseptronas (angl. *multilayerperceptron*) tai toks neuroninis tinklas, kuris turi vieną ar daugiau paslėptų sluoksnių. Kiekvienas neuronas yra sujungtas su kiekvienu neuronu iš sekančio sluoksnio. Neuronai esantys paslėptame sluoksnyje vadinami paslėptais. Paslėptieji neuronai yratarpininkai tarp įvesties sluoksnio neuronų ir išvesties sluoksnio neuronų. Kaip matome, yra trijų rūšių neuronai: įvesties, paslėptieji (tarpiniai) ir išvesties, kurių kiekvienas sujungiamas su greta esančiais ir sudaro daugiasluoksnį neuroninį tinklą.

Kiekvieną jungtis tarp neuronų turi jai priskirtą svorį. Neuroniniam tinklui besimokant šie svoriai yra koreguojami. Svorijų korekcija atliekama pagal klaidos funkcijos gradientą. Daugiasluoksnio neuroninio tinklo mokymo būdas, kai jungčių svoriai yra koreguojami pagal klaidos funkcijos gradientą $E(W)$ (t.y. kryptimi, kuria klaidos funkcija greičiausiai mažėja), vadinamas gradientinio nusileidimo mokymu. Daugiasluoksnio neuroninio tinklo neuronų perdavimofunkcija privalo turėti išvestinę.

Neuroninis tinklas, turintis vieną paslėptą sluoksnį gali modeliuoti, bet kokio sudėtingumo uždavinius ir sudaryti bet kokią funkcinę priklausomybės formą, todėl tinklas turintis vieną paslėptą sluoksnį yra tinkamas visiems uždaviniams spręsti. Visgi dažnai yra naudojamas neuroninis tinklas, turintis du paslėptus sluoksnius. Naudoti daugiau nei du paslėptus yra nerekomenduojama, nes DNT apmokymas gali užtrukti labai ilgai, o efektyvumas padidės labai nežymiai.

Svarbi ne tik tinklo struktūra, tačiau ir apmokymo būdas. Apmokant DNT parenkami pradiniai duomenys, kurie yra padalinami į mokymo ir tikrinimo. Apmokymo duomenys naudojami neuroninio tinklo apmokymu. Kaip jau minėta anksčiau išskiriami du pagrindiniai apmokymo būdai: mokymas su mokytoju ir mokymas bemokytojo. Apmokius DNT atliekamas tikrinimas su tam skirtais duomenimis.



Šaltinis: Sudaryta pagal Icer et al., 2001, p. 410²⁸

12pav. Daugiasluoksnis perseptronas

Iš 12 paveikslo matome, jog DSP turi n įvesčių ir k neuronų paslėptame sluoksnyje. Tokiu atveju neuroninio tinklo paslėptojo sluoksnio vertės y_j apskaičiuojamos pagal (4) formulę:

$$y_j = f(W_j^T x + w_{j0}); \quad (4)$$

Čia: j – neurono numeris paslėptame sluoksnyje;

w_{j0} – paklaidos neuronas;

W_j^T – j -ojo neurono svoris;

f – aktyvacijos funkcija;

y – paslėptojo sluoksnio neurono išvestis;

x – įvesties neuronai.

DSP neuroniniam tinkle aktyvacijos funkcija kiekvienam sluoksniui gali, bet neprivalo, būti skirtinga. Bendra daugiasluoksnio perseptrono duodama išvestis Y gali būti išreikšta tokia formule:

²⁸Daugiasluoksnis perseptronas. Prieiga per internetą: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417405002289#fig2> [žiūrėta 2013-03-28]

$$Y = f(V^T y + v_0); \quad (5)$$

Čia: v_0 – paklaidos neuronas;

V^T – išvesties neurono svoris;

Y – neuroninio tinklo išvestis.

DSPskiriamieji paviršiai yra gerokai sudėtingesni nei vienasluoksnių, tad jie gali įgauti įvairesnes funkcines formas bei tirti priklausomybę tarp gerokai sudėtingesnių reiškinių ir, dėl tos priežasties, yra populiariesni. Kiekvienas paslėptojo sluoksnio neuronas apibrėžia hiper plokštumą, kuri klasifikuojamą erdvę perskiria į dvi dalis. Paslėptojo sluoksnio neuronohiperplokštumos lygtis:

$$\sum_{i=1}^n w_{ji} x_i + b_j = 0; \quad (6)$$

Čia: b_j – j -asis paklaidos neuronas.

Išvesties neuronas sujungia hiper plokštumas, tad sukuriamas gerokai sudėtingesnis skiriamasis paviršius.

Apmokant DSP dažniausiai naudojama klaidos sklidimo atgal (angl. *backpropagation*) metodika, t.y. neuroninio tinklo mokymas pradedamas nuo išvesties sluoksnio, po to atitinkamai tęsiamas paslėptame ir įvesties sluoksniuose. Perseptronas apmokomas su mokytoju, t.y. jo apmokymui yra būtini tinklo įvesties vektorių x ir pageidaujamų rezultatų aibė t . Perseptrono optimalūs svoriai w_i yra parenkami taip, kad minimizuotų pasirinktą klaidos funkciją. Dažniausiai naudojama - kvadratinė klaidos funkcija (angl. *mean squared error, MSE*), kurios formulė yra:

$$E(w) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - Y(x_i - w))^2; \quad (7)$$

Čia: $E(w)$ – klaidos funkcija;

N – apmokymo duomenų aibės apimtis;

Ši formulė parodo, jog skaičiuojant kvadratinę klaidos funkciją, iš gauto išvesties rezultato atimamas norimas gauti rezultatas. Gauti klaidų rezultatai susumuojami ir pakeliami kvadratu. Visa tai atliekama, esant tam tikroms įvestims ir tam tikriems jungčių svoriams. Naudojant klaidos sklidimo

atgal neuroninio tinklo apmokymo metodiką aktyvacijos funkcija turėtų būti diferencijuojama. DSP tinkluose paslėptuosiuose sluoksniuose dažniausiai naudojama sigmoidinė aktyvacijos funkcija.

Apmokant DSP populiariausi yra adaptaciniai-iteraciniai nusileidimo metodai. Šie nusileidimo metodai pagrįsti informacija apie MSE pirmojo ir antrojo lygio dalines išvestines. Pirmojo lygio išvestinių naudojimas yra naudingas lokalaus minimumo parinkimui, tačiau nevisada padeda surasti globalų minimumą, o antrojo lygio išvestinių naudojimas padeda geriau susitvarkyti ir su globalaus minimumo radimo problema. DSP klaidos funkcija minimizuojama, kai funkcijos gradiento kryptis nukreipta funkcijos sparčiausio augimo kryptimi.

DSP apmokymas pradedamas pradinų svorių w_0 priskyrimu. Vėliau naudojantis informacija apie klaidos funkcijos pirmojo ir antrojo lygio dalines išvestines generuojama sakanti svorių seka. Paprasčiausiu klaidos sklidimo atgal metodu daugiasluoksnio perseptrono svoriai keičiami iteraciniu būdu pagal šią formulę:

$$w_{k+1} = w_k + a_k d_k; \quad (8)$$

Čia: d_k – mokymosi žingsnio kryptis;

a_k – apmokymo žingsnio dydis (apmokymo intensyvumas).

Gradiento nusileidimo atveju apmokymo žingsnis yra pastovus, o jo parinkimas dažnai tampa gana rimta problema. Kuo didesnė žingsnio reikšmė, tuo sparčiaudaugiasluoksnis perseptronas mokosi. Visgi, perdidelis apmokymo žingsnis gali suponuoti didesnę išvesties paklaidą bei galimybę nepastebėti globalaus minimumo taško. Pernelygmažas žingsnis duos tikslesnius rezultatus, tačiau ir laikas skirtas apmokymui gerokai išaugs. Vienas populiariausių žingsnio apimties parinkimo metodas, pagreitinantis neuroninio tinklo veikimą, yra toks: jei MSE reikšmė po kiekvienos iteracijos mažėja, apmokymo žingsnio dydį galima didinti, jei minimizuojamos klaidos funkcijos reikšmė didėja – apmokymo žingsnio dydį reiktų mažinti.

Minimizuojant klaidos funkciją antigradiento kryptimi klaidos mažėjimas vyksta greičiausiai. Visgi neuroninio tinklo mokymas ir svorių derinimas šia kryptimi negarantuoja didžiausio konvergavimo greičio. Tam, kad gradientinis apmokymo algoritmas neįvertintų lokalaus minimumo taško, kaip geriausios globalios reikšmės galima panaudoti žingsnio krypties inercinį dėmenį, kuris matematiškai išreiškiamas taip:

$$d_k = -g_k + \beta_{k-1} d_{k-1}; \quad (9)$$

Čia: $-g_k$ – mokymosi žingsnio kryptis;
 β_{k-1} - inertiškumo koeficientas.

Algoritmas su inertiškumo koeficientu pasižymi didesniu mokymosi greičiu, nei paprastas neuroninis tinklas, tačiau išlieka sąlyginai lėtas NN apmokymo metodas.

Naudojantis ankščiau analizuoto algoritmo metodika yra sukurtas gerokai efektyvesnis daugiasluoksnių perseptrono apmokymo metodas - jungtinių krypčių metodas. Naudojant šį metodą, pirmas žingsnis atliekamas antigradiento kryptimi. Šia kryptimi vykdoma tiesinė optimalaus mokymosi žingsnio apimtys paieška. Sekančios iteracijos kryptis – jungtinė pradinei kryptiai. Didesnės dalies jungtinių krypčių algoritmų metu mokymosi žingsnio apimtys yra perskaičiuojama, atliekant tiesinę optimalaus mokymosi žingsnio paiešką, kiekvienos iteracijos metu. Ieškant optimalaus žingsnio dydžio Niutono metodu, jis parenkamas pagal kvadratinės klaidos funkcijos antro lygio išvestinę. Matematinė Niutono metodo išraiška:

$$w_{k+1} = w_k - H_k^{-1} g_k; \quad (10)$$

Čia: H – Hessian²⁹ matrica.

Niutono metodas, pasižymi reikšmingai spartesniu mokymosi greičiu, lyginant jį su standartiniais gradientiniais metodais. Visgi, šio metodo efektyvumas pasireiškia tik tada, kai pradiniai svoriai yra arti optimalių. Jeigu taip nėra gali būti sunku suskaičiuoti Hesiano atvirkštinę matricą, tad dažniau yra naudojami kvazi Niutono metodai. Naudojant kvazi Niutono metodus, antrojo lygio dalinės išvestinės neskaičiuojamos, Hesiano matricą aproksimuojant pirmojo lygio dalinėmis kvadratinės klaidos funkcijos išvestinėmis. Minimizuojant MSE funkciją gradientas gali būti apskaičiuojamas tokiu būdu:

$$g_k = J_k^T e_k; \quad (11)$$

Čia: J_k^T - jakobianas³⁰, sudarytas iš tinklo klaidų;
 e_k - pirmųjų dalinių išvestinių svorių w_k atžvilgiu.

²⁹Hessian matrica – tai kvadratinė funkcijų dalinių antrojo lygio išvestinių matrica. Hessian matricos autorius XIX a. Vokiečių matematikas Ludwig Otto Hesse

³⁰Jakobianas (pagal vok. matematiko K. G. J. Jakobio (Jacobi) pavardę), determinantas, sudarytas iš daugelio kintamųjų funkcijos dalinių išvestinių.

Naudojantis standartine klaidos sklaidimo atgal technika Jakobianas yra gerokai paprasčiau suskaičiuojamas negu Hesianas. Visgi, galima dar labiau patobulinti tinklo apmokymo metodiką, naudojant Levenberg-Marquardt kvazi Niutono metodą. Šio modelio matematinė išraiška atrodo taip:

$$w_{k+1} = w_k - (J_k^T J_k + \mu_k I)^{-1} J_k^T e^k; \quad (12)$$

Čia: μ_k – konstanta nulemianti mokymosi žingsnio dydį;

Jei μ_k lygi nuliui, tai Levenberg-Marquardt kvazi Niutono metodas tampa Niutono metodu papildytu Hesiano aproksimacija, augant μ_k reikšmei, šis algoritmas tampa gradientiniu su mažu mokymosi žingsniu. Po kiekvienos sėkmingos iteracijos (MSE mažėja) μ_k yra sumažinamas, priešingu atveju didinamas.

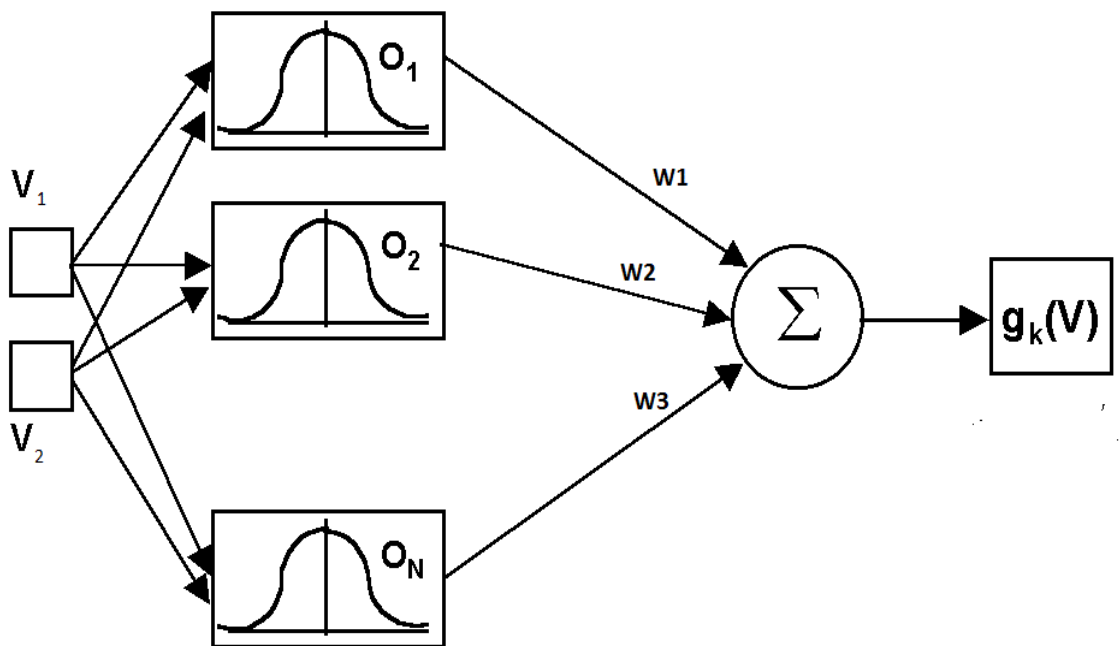
Daugiasluoksnis perseptronas yra populiariausias ir dažniausiai naudojamas neuroninis tinklas finansinėms rinkoms analizuoti bei joms prognozuoti. Dunis et al. (2009) analizavo EUR/USD valiutų poros kurso prognozavimo galimybes, naudojant neuroninius tinklus. Autoriai tyrė įvairius neuroninius tinklus taip pat ir daugiasluksnį perseptroną. Tyrimui buvo naudojami tik ECB pateikti EUR/USD autoregresiniai duomenys. Yu et al. (2007) atliko daugiasluksnio perseptrono pritaikymo automatiniui internetiniai prekybos signalų sistemai (angl. *Intelligent Forex Rolling Forecasting and trading decision support system*) analizę. Lubecke et al. (1998) atliko vieną pirmųjų tyrimų, kuriame taikė neuroninius tinklus valiutų kursų prognozavimui. Autoriai naudoja daugiasluksnį perseptroną statiniu jungčių tipu. Gauti rezultatai yra lyginami su kitomis techninės analizės priemonėmis. Dhamija ir Bhalla (2010) lygina daugiasluksnio perseptrono ir radialinių bazinių funkcijų neuroninių tinklų valiutų kurso prognozavimo tikslumą. Ince ir Trafalis (2007), taikė daugiasluksnį perseptroną finansinėms rinkoms euristinių modelių aplinkoje (Kernel modelio aplinkoje ir komponentų analizės aplinkoje) tirti.

2.3.4. Radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai

Radialinė bazinė funkcija (RBF) tai būdas aproksimuoti multivariacinę funkciją (angl. *multivariable*) tiesiniu būdu vienasluksnės funkcijos pagrindu (angl. *univariate*). Ši funkcija yra radializuota, tad ją galima naudoti daugiau nei vienoje dimensijoje. RBF dažniausiai naudojama duomenų ir funkcijų aproksimavimui. Pagrindinė aproksimavimo su RBF sąlyga, siekiant gauti tikslus

ir efektyvius rezultatus – duomenų aibė turi būti baigtinė (Powell, 1981; Cheney, 1966; Davis, 1975)³¹. Ši funkcija taip pat yra tolydi vieno argumento funkcija, paprastai tokia, kad $f(x) \rightarrow \infty$, **kai** $|x| \rightarrow \infty$, t.y. argumentai mažėja tolygiai nuo 0 reikšmės (todėl ši funkcija ir vadinama radialine).

Radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai yra sudaryti iš įvesties sluoksnio, paslėptąjo sluoksnio ir išvesties sluoksnio. Paslėptame sluoksnyje yra naudojama Gauso aktyvacijos funkcija, o išvestys yra atvirkščiai proporcingos atstumui nuo neurono centro. RBF neuroninio tinklo struktūra pavaizduota 13 paveiksle.



Šaltinis: Grupe de Microondas y Sistemas de Radiocomunicacion, INTERMODULATION MODELLING Project³²

13pav. RBF neuroninio tinklo struktūra

Įvesties sluoksnyje kiekvienam prognozuojamam kintamajam yra po įvesties neuroną. Tuo atveju, kai kintamieji skirstomi į N kategorijų, įvesties sluoksnį sudaro N-1 įvesties neuronas. Įėjimo reikšmės yra standartizuojamos iš jų atimant medianą ir padalinant iš interkvartalinės reikšmės. Gautos reikšmės toliau perduodamos į paslėptąjį sluoksnį. Kiekvienas įvesties neuronas yra sujungtas su kiekvienu neuronu tarpiniame sluoksnyje.

³¹Radialinė bazinė funkcija. Prieiga per internetą: http://www.scholarpedia.org/article/Radial_basis_function/[žiūrėta 2013-03-29]

³²Radialinė bazinė funkcija. Prieiga per internetą: <http://www.dicom.unican.es/espanol/departamentos/microondas/IntermodProy.htm>[žiūrėta 2013-03-29]

Paslėptojo sluoksnio optimalus neuronų skaičius nustatomas mokymo metu. Kiekvienas neuronas susideda iš radialinės bazinės funkcijos, kuri yra išcentruota. Dimensijų skaičius sutampa su prognozuojamų kintamųjų skaičiumi. RBF funkcijos pasklidimas gali būti skirtingas kiekvienoje dimensijoje. Funkcijos centrai ir spinduliai yra nustatomi mokymo metu. Kiekvienos iteracijos metu paslėptojo sluoksnio neuronas gavęs reikšmę X iš įvesties neurono suskaičiuoja Euklidinį³³ atstumą nuo centro ir pritaiko RBF kernel³⁴ funkciją naudodamas spindulio reikšmę. Toliau rezultatas yra perduodamas išvesties sluoksniui.

Išvesties sluoksnis turi tik vieną neuroną. Šis neuronas gauna reikšmes išėjusias iš paslėptojo sluoksnio neuronų, kurios yra padaugintos iš svorių priskirtų kiekvienam neuronui (W_1, W_2, W_3) (žr. 12 pav.). Išvesties neuronas susumavęs gautas reikšmes pateikia jas kaip neuroninio tinklo išvestį. 12 paveiksle nėra pavaizduotas paklaidos neuronas, kurio vertė visada lygi vienam, tačiau šis dydis yra koreguojamas paklaidos neurono svorio (W_0). Šio neurono reikšmė taip pat perduodama išvesties neuronui, kuris į bendrą sumą įtraukia ir ją. Klasifikuojant duomenis RBF neuroninis tinklas pateikia po vieną išvestį kiekvienai kategorijai.

RBF neuroninio tinklo veikimo modelis remiasi prielaida, jog ieškomo objekto vertė bus panaši į arčiausiai esančių objektų, vertinant pagal Euklidinį atstumą, vertę.

Radialinių bazinių funkcijų neuroninis tinklas pozicijuoja įvesties reikšmes prognozuojamojo kintamojo atžvilgiu. Tiriamoji erdvė gali turėti kelias dimensijas, nes prognozuojamąjį kintamąjį galima skirtingai pozicijonuoti įvesčių atžvilgiu. Euklidinei atstumai apskaičiuojami nuo vertinamojo objekto centro. Tuomet, naudojant radialinę bazinę funkciją yra apskaičiuojami svoriai, kurie priskiriami kiekvienai jungčiai, t.y. atstumui tarp prognozuojamojo kintamojo ir įvesties neuronų.

Šiuo atveju: jungties svoris $w = \text{RBF}(\text{euklidinio atstumo})$

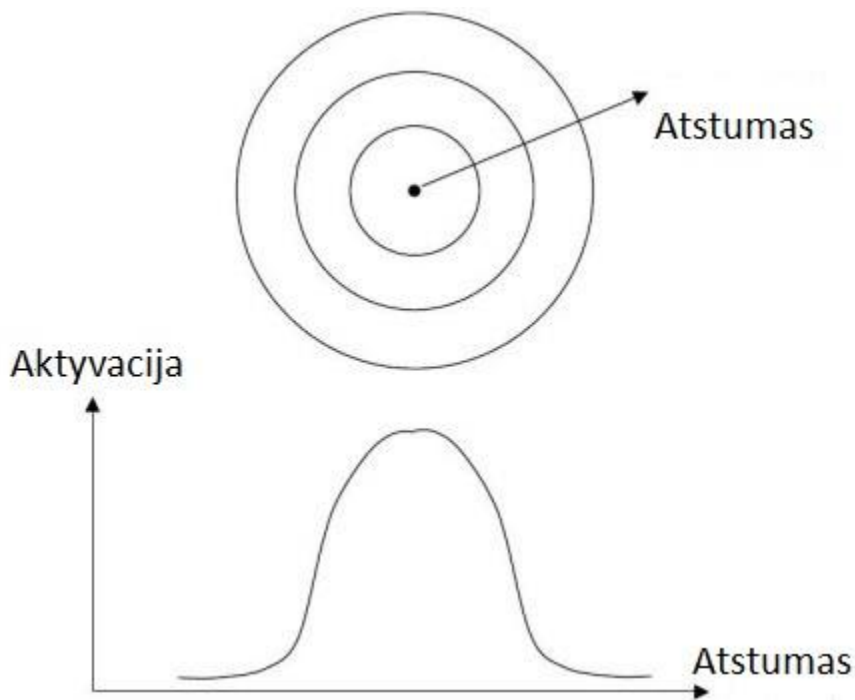
RBF neuroninio tinklo veikimo principas pavaizduotas 14 paveiksle.

Radialinės bazinės funkcijos neuroniniai tinklai dėl savo struktūros gali būti puikiai pritaikomi finansinių rinkų, taip pat ir valiutų, kurso prognozėje. Dėl šios priežasties RBF yra gana dažnai nagrinėjama mokslininkų. Dhamija ir Bhalla (2010) lygina RBF neuroninio tinklo valiutų kurso prognozavimo tikslumą su kitų neuroninių tinklų prognozavimo rezultatais. Autoriai naudoja statistinės analizės metodą. Yu et al. (2008) tiria įvairias radialinės bazinės funkcijos neuroninio tinklo architektūras. Autoriai ieško tinkamiausios šio modelio struktūros valiutų kursų prognozavimui. Tinkamiausios architektūros nustatymui mokslininkai naudoja apibendrintos sąlyginės dispersijos minimizavimo metodą. Shen et al. (2011) naudoja RBF NN finansinėms rinkoms prognozuoti. Tyrimui

³³Euklidinis atstumas yra atstumas tarp dviejų taškų išreikštas formule $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = (\sum_i (x_i - y_i)^2)^{1/2}$, kur $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, $\mathbf{y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$

³⁴Kernel funkcija – tai svorių priskyrimo funkcija, naudojama neparimetriniams įverčiams gauti

jie naudoja ASFA (*artificial fish swarm algorithm*) algoritmą. Taip autoriai lygina šį neuroninį tinklą su kitais neuroninių tinklų tipais: genetiniais algoritmais, Arima ir pan.

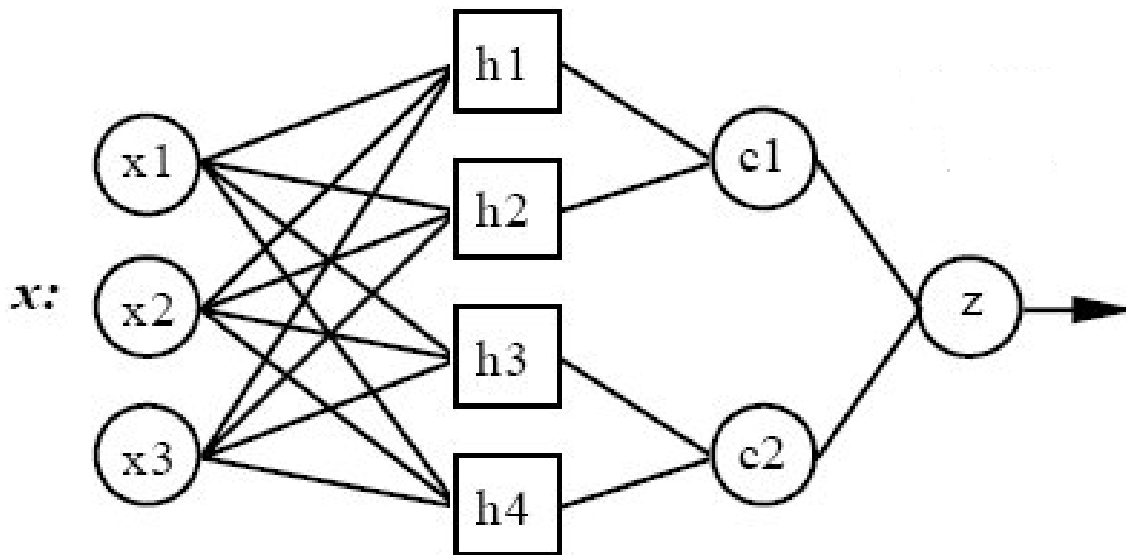


Šaltinis: <http://www.dtreg.com/rbf.htm>

14 pav. RBF neuroninio tinklo veikimo principas

2.3.5. GRNN neuroniniai tinklai

Apibendrinti regresiniai neuroniniai tinklas (GRNN) yra sudaryti iš įvesties sluoksnio, dviejų paslėptų sluoksnių ir išvesties sluoksnio. Paslėptame sluoksnyje yra naudojama Gaussian aktyvacijos funkcija, o išvestys yra atvirkščiai proporcingos atstumui nuo neurono centro. GRNN neuroninio tinklo struktūra pavaizduota 15 paveiksle.



Šaltinis: <http://www.dtrek.com/pnn.htm>

15 pav. GRNN neuroninio tinklo struktūra

Įvesties sluoksnyje kiekvienam prognozuojamam kintamajam yra po įvesties neuroną. Tuo atveju, kai kintamieji skirstomi į N kategorijų, įvesties sluoksnį sudaro $N-1$ įvesties neuronas. Įėjimo reikšmės yra standartizuojamos iš jų atimant medianą ir padalinant iš interkvartalinės reikšmės. Gautos reikšmės toliau perduodamos į paslėptąjį sluoksnį. Kiekvienas įvesties neuronas yra sujungtas su kiekvienu neuronu tarpiniame sluoksnyje.

Pirmasis paslėptasis sluoksnius turi po vieną neuroną kiekvienam apmokymo duomenų rinkiniui. Kiekvienas neuronas kaupia lauktinas ir prognozuojamas reikšmes. Kiekvienos iteracijos metu paslėptojo sluoksniu neuronas gavęs reikšmę X iš įvesties neurono suskaičiuoja Euklidinį atstumą nuo centro ir pritaiko RBF kernel funkciją naudodamas σ^{35} reikšmę. Toliau rezultatas yra perduodamas antram paslėptam sluoksniui.

Antrasis paslėptasis sluoksnius dar vadinamas modelio arba sumavimo sluoksniu (angl. *pattern layer/ Summation layer*). Šiame sluoksnyje yra tik du neuronai. Vienas neuronas sumuoja vardiklio reikšmes, antrasis neuronas sumuoja skaitiklio reikšmes. Vardiklio neuronas sumuoja visus svorius gautus iš pirmojo paslėpto sluoksniu. Skaitiklio neuronas sumuoja svorių reikšmes padaugintas iš reikšmių gautų iš pirmojo paslėptojo sluoksniu.

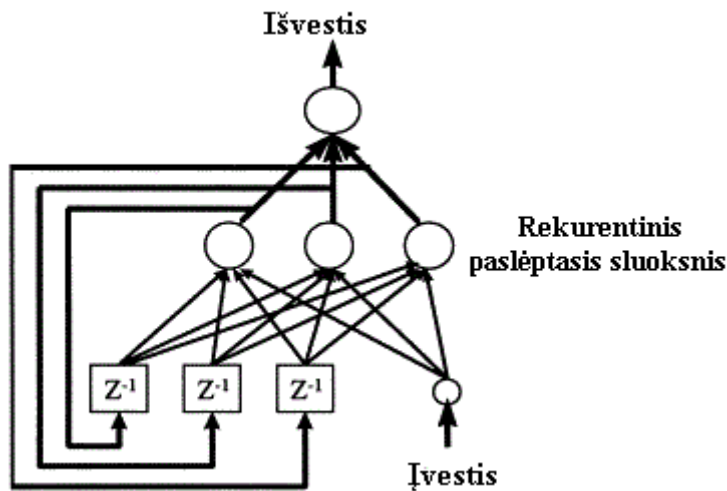
Įvesties sluoksnius padalina gautas reikšmes iš antrojo paslėptojo sluoksniu, t.y. gautą reikšmę iš skaitiklio neurono padalija iš vardiklio reikšmė. Gautas rezultatas – apibendrinto regresinio neuroninio tinklo išvestis.

³⁵Sigma (σ) reikšmė parodo kaip greit mažėja funkcijos reikšmė, kai atstumas tarp taškų didėja

GRNN modelio taikymo tarptautinėje valiutų rinkoje galimybės nėra taip plačiai išnagrinėtos. Visgi panašus NNR modelis yra gerokai populiariesnis ir žymiai dažniau analizuojamas. GRNN tyrė An-Sing ir Leung (2005). Autoriai šį neuroninių tinklų modelį lygina su kitais neuroninių tinklų tipais valiutų kursų prognozavimo tikslumo atžvilgiu. Naudoja įvairias statistinės analizės priemones šiam tikslui įgyvendinti - RMSE, MAE, U statistika ir t.t. Dunis ir Yao (2005) tyrinėjo NNR pritaikymą išvestinių tarptautinės valiutos rinkos instrumentų prekyboje, t.y. kaip tiksliai NNR, palyginti su kitais neuroniniais tinklais bei klasikiais prognozavimo instrumentais, gali prognozuoti valiutos kurso sklaidą, lemiančią išvestinio instrumento rinkos vertę. Šie mokslininkai NNR modelį tiria ne tik taikydami statistinę analizę, bet ir realiai įtraukdami jį į prekybos strategiją. Weimin et al. (2008) lygina GRNN modelį su kitais ne DI autoregresiniais modeliais, tirdami finansinių duomenų laiko eilučių duomenis.

2.3.5. Grįžtamojo ryšio (rekurentiniai) neuroniniai tinklai

16 paveiksle pavaizduota rekurentinio neuroninio tinklo RNN arba neuroninio tinklo su grįžtamoju ryšiu architektūra. Moksliniame pasaulyje šis neuroninis tinklas taip pat žinomas kaip rekurentinis daugiasluoksnis perseptronas. Šis neuroninis tinklas paprastai susideda iš tiesinio įvesties sluoksnio, vieno arba daugiau paslėptojo sluoksnio ir išvesties sluoksnio. Kiekvienas paslėptojo sluoksnio neuronas yra absoliučiai rekurentinis. Tai reiškia, jog šie neuronai gauna reikšmę po Z iteracijų iš papildomų neuronų, kurie kaupia reikšmes iš prieš tai ėjusios $Z-1$ iteracijos. Būtent dėl šios priežasties RNN ir vadinamas rekurentiniu neuroniniu tinklu. Ši jo savybė (atminties turėjimas), apmokymo metu, leidžia įgyti tam tikrą pagreitį ir ištrūkti iš lokalių minimumo taškų, kas savo ruožtu padidina tikimybę, jog bus atrastas globalaus minimumo taškas klaidos funkcijoje. Paslėptojo sluoksnio neuronai taip pat gauna statines reikšmes iš Z iteracijos įvesties neuronų. Visoms tarpneuroninėms jungtimis yra priskirti unikalūs svoriai, kurie yra koreguojami neuroninio tinklo apmokymo metu. Neuronai paslėtuosiuose ir išvesties sluoksniuose atlieka netiesinę bipolinę sigmoidinę įvesties duomenų transformaciją.



Šaltinis: Petrosian et al., 2001³⁶

16pav. Rekurentinio neuroninio tinklo struktūrinė schema

Rekurentiniai neuroniniai tinklai dėl savo struktūros ir sugebėjimo prisiminti – puikiai pritaikomi valiutų kurso prognozėje. Dunis ir Huang (2002) taikė RNN išvestinių valiutų rinkos instrumentų tyrimams. Autoriai analizavo dviejų valiutų porų GBP/USD ir USD/JPY ateities sandorių vertės prognozavimo galimybes, t.y. šių porų ateities sklaidos amplitudę, kuri ir nulemia ateities sandorių vertės pokyčius. Mokslininkai lygino RNN su NNR bei klasikiniu ne DI GARCH (1,1) modeliu. Dunis et al. (2009) analizavo EUR/USD valiutų poros kurso prognozavimo galimybes, naudojant neuroninius tinklus. Autoriai tyrė įvairius neuroninius tinklus taip pat ir rekurentinius neuroninius tinklus. Tyrimui buvo naudojami tik ECB pateikti EUR/USD autoregresiniai duomenys. Georgios et al. (2012) toliau tęsia Dunis (2009) inicijuotą EUR/USD tyrimą. Šį kartą autoriai analizavo valiutos kursą naudodami kombinuotą metodų rinkinį – neuroninius tinklus (taip pat ir RRN), Kalman³⁷ filtrus, paprastuosius slenkančius vidurkius, Bayesian vidurki³⁸, Granger–Ramanathan's regresinį modelį³⁹ (*Granger–Ramanathan's Regression Approach, GRR*) bei absoliutaus mažiausio susitraukimo ir

³⁶Rekurentiniai neuroniniai tinklai: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138824570100579X> [žiūrėta 2013-04-01]

³⁷Kalman filtras, taip pat žinomas kaip linijinis kvadratinis vertinimas (angl. *linear quadratic estimation, LQE*) – tai algoritmas, kuris naudoja skirtingų nefiltruotų (su atsitiktiniais svyravimais) duomenų laiko eilučių kombinaciją ir įvertina ieškomąjį kintamąjį. Šio algoritmo reikšmės būna tikslesnės nei algoritmų, kurie naudoja tik vieno tipo duomenis

³⁸Bayesian vidurkis tai vidurkio paieškos metodas, naudojant Bayesian interpretaciją. Šiuo atveju, ieškant populiacijos vidurkio naudojami ne tik populiacijos duomenys, bet ir artimi populiacijai duomenys. Šiuo būdu pašalinami ekstremumai bei gaunami tikslesni įvertinimai populiacijose su mažomis imtimis

³⁹Granger–Ramanathan's regresinis modelis – regresija paremtas modelis, kuris palengvina gautų įverčių taikymą praktikoje

pasirinkimo operatorių⁴⁰(angl. *Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO*). Analizė buvo atliekama, tiriant statistinį prekybos efektyvumą, naudojant „naivią“ strategiją⁴¹ (angl. *naive strategy*).

Apibendrinant antrą skyrių galima daryti išvadas, jog Neuroninių tinklų tipas nusakomas pastarojo darbo būdu ir apmokymo pobūdžiu. Neuroninis tinklas dirba gaudamas įvestis ir generuodamas tam tikras išvestis. Bendriausiu atveju, neuroniniai tinklai yra naudojami, kai priklausomybė tarp įvesties ir išvesties duomenų nėra tiesinė ir ji nėra žinoma t.y. pats algoritmas nusako priklausomybes funkcinę formą. Kitaip sakant neuroniniai tinklai suteikia galimybę ieškoti funkcinės priklausomybės netiesiniu ir neparimetriniu būdu. Vadinasi, neuroninis tinklas gali savarankiškai suformuoti bet kokį modelį iš pavyzdžių.

Tiriamajoje baigiamoje darbo dalyje bus naudojamas EVOLINO bei Shalzy ir Shalzy (1999) sukurti hibridiniai prognozavimo metodai. Jie bus sudaryti ne tik iš neuroninių tinklų, bet ir genetinio algoritmo. Šiame skyriuje genetinis algoritmas nebuvo nagrinėtas, nes jis neįeina į neuroninio tinklo sąvoka.

⁴⁰Absoliutus mažiausias susitraukimo ir pasirinkimo operatorius – mažiausių kvadratų metodo atmaina

⁴¹Naivi strategija – algoritmas, kurio dėka gaunami nedviprasmiai (angl. *un-ambiguous*) argumentai

3. NEURONINIŲ TINKLŲ TAIKYMAS PROGNOZUOJANT VALIUTŲ KURSUS

Trečiame skyriuje atliekamas tyrimas su pasirinktais neuroniniais tinklais. Tyrimui naudojami Shalzy ir Shalzy (1999) sukurtas hibridinis tyrimo metodas, naudojantis MLP ir GA algoritmus bei Maknickienės (2012) apmokyto EVOLINO neuroninio tinklo duomenys. Aprašomi šių neuroninių tinklų pasirinkimo motyvai bei pateikiami statistiniai analizės rezultatai: MSE (angl. *Root mean squared error*), NMSE (angl. *Normalized root mean squared error*), MAE (angl. *Mean absolute error*) bei SIGN funkcija.

3.1. Shalzy ir Shalzy tyrimas

Shalzy ir Shalzy (1999) naudoja hibridinę prognozavimo sistemą - daugiasluksnį perseptroną ir genetinį algoritmą. Prognozei gauti ir tinklui apmokyti yra imami trijų mėnesių neatidėliotinių sandorių rinkos duomenis (valiutų kursai). Tyrimo objektas yra Didžiosios Britanijos svaras, Japonijos jenos, Vokietijos markė ir Šveicarijos franko kursai JAV dolerio atžvilgiu.

Šis metodas pasirinktas dėl kelių priežasčių. Pirmiausia dėl kombinuoto metodo naudojimo, t.y. genetinis algoritmas ir daugiasluksnis perseptronas yra naudojami sinchroniškai, o ne paraleliai. Moksliniame pasaulyje ši kombinacija yra beveik nenagrinėta. Godinho (2012) tyrė GA prekybos tarptautinėje valiutų rinkoje pritaikymą. Visgi, šio tyrimo pagrindinė problema buvo pačios prekybos strategijos pritaikymas algoritmui, o tyrimo objektas – pelnas tam tikrose rinkose. Hryshko ir Downs (2004) naudoja GA ištirti ar efektyvios rinkos hipotezės pasiteisina ir tarptautinėje valiutų rinkoje. Kaip matome, GA ir MLP kombinuotas naudojimas valiutų kurso prognozėje yra gana mažai tiriamas.

Taip pat šis Shalzy ir Shalzy (1999) atliktas tyrimas yra vienas pirmųjų (galbūt net gi pirmasis), kuriame naudojamas hibridine MLP ir GA metodas valiutų kursų prognozavimui.

Antroji priežastis – tai tyrime naudojamos valiutos. Shalzy ir Shalzy (1999) savo darbe, naudoja keturias didžiausias ir svarbiausias pasaulio valiutas: GBP, DEM, CHF, JPY. Todėl šis tyrimas tiksliau įvertina pasaulinės valiutų rinkos prognozių galimybes, nes šios valiutos yra pagrindinės, kuriomis prekiaujama JAV dolerio atžvilgiu.

3.1.1. Shalzy ir Shalzy tyrimo metodika

Tyrimo metu buvo sukurti keturi neuroniniai tinklai – kiekvienos valiutos prognozei atskiras neuroninis tinklas. GA pagalba buvo nustatoma kiekvieno neuroninio tinklo optimali architektūra,

taikant R^2 rodiklį, tada NN apmokomi, t.y. priklausomybių funkcijoms nustatomos formos ir priskiriami koeficientų svoriai. Galiausiai apmokyti tinklai genetinio algoritmo pagalba vėl optimizuojami.

Šiame tyrime genetinis algoritmas buvo naudojamas šiems daugiasluoksnio perseptrono architektūros elementams optimizuoti:

- slenksčių nustatymui;
- neuronų skaičiaus paslėptame sluoksnyje nustatymui.

Kiekvieno neuroninio tinklo struktūrą sudarė:

- įvesties sluoksnis, iš penkių įvesties neuronų;
- paslėptasis sluoksnis, kurį sudaro vienas sluoksnis, su optimizavimo metu nustatytu neuronų skaičiumi;
- išvesties sluoksnis, kurį sudarė vienas neuronas.

Neuroniniai tinklai turėjo penkias įvestis:

- euro indėlių palūkanų normos lygis JAV dolerio atžvilgiu (Įvesties imtis – devyniasdešimt dienų);
- euro indėlių palūkanų normos lygis Didžiosios Britanijos svaru, Vokietijos markės, Japonijos jenos, Šveicarijos franko atžvilgiu (Įvesties imtis – devyniasdešimt dienų);
- JPY, DEM, CHF, GBP neatidėliotinių sandorių rinkos kaina JAV doleriais (Įvesties imtis – devyniasdešimt dienų);
- JPY, DEM, CHF, GBP išankstinių sandorių rinkos kaina JAV doleriais (Įvesties imtis – devyniasdešimt dienų);
- JPY, DEM, CHF, GBP ateities sandorių rinkos kaina JAV doleriais (Įvesties imtis – devyniasdešimt dienų).

Tyrime buvo naudojami 1977 – 1996 metų Wall Street Journal ir EBPO finansinės statistikos duomenys. Kiekvieno apmokymo metu 90 % duomenų buvo naudojami neuroninio tinklo mokymui ir 10 % - jo testavimui. Aktyvacijai buvo naudojama sigmoidinė funkcija, kuri šiuo atveju atitinka visus kriterijus – yra ne tiesinė bei suderinama su sklaidos atgal metodu. Neuroninių tinklų mokymosi žingsnio dydis visais atvejais buvo lygus vienam, mokymo ir bandymo tolerancijos lygis 0,1 - GBP, CHF, JPY ir 0,15 - DEM.

Gauti prognozių rezultatai analizuojami naudojant šiuos statistinės analizės metodus: MAE, MAPE, ir ženklo keitimo funkciją (angl. *function (SIGN)*).

$$\text{MAE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |R_t - P_t|; \quad (13)$$

Čia: MAE - paklaidų absoliučių dydžių vidurkis;

P_t - prognozuota kurso vertė;

R_t - tikra valiutos kurso vertė;

n – prognozių skaičius.

MAE – tai statistinis metodas, dar vadinamas absoliučių paklaidų vidurkiu (angl. *Mean absolute deviation, MAD*), kuris padeda įvertinti, kaip toli yra tikroji vertė nuo prognozuotosios. Kuo ši reikšmė mažesnė, tuo tiksliau veikia prognozavimo algoritmas.

$$\text{MAPE} = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{R_t - P_t}{R_t} \right|; \quad (14)$$

Čia: MAPE - paklaidų vidurkio procentinė išraiška.

MAPE padeda įvertinti prognozavimo metodo tikslumą. Ypatingai dažnai naudojamos krypties nustatymo vertinime. Kaip matome iš (14) formulės, kuo ši reikšmė mažesnė, tuo tiksliau veikia prognozavimo algoritmas.

$$\text{SIGN} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \delta_t; \quad (15)$$

Čia: $\delta_t = \left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ jei } R_{p+1} R_{t+1} \\ 0, \text{ visais kitais atvejais} \end{array} \right\}$

R_{p+1} - prognozuojama graža;

R_{t+1} - tikroji graža;

SIGN – krypties keitimo funkcija.

Krypties keitimo funkcija parodo, kiek kartų prognozuojamas kursas sutampa su realiu valiutų kursu. Kuo krypties pasikeitimo funkcijos reikšmė yra didesnė, tuo tiksliau neuroninis tinklas prognozuoja valiutos kurso krypties pasikeitimą.

Investicinė rizika bus vertinama, apskaičiuojant standartinį nuokrypį tarp prognozuoto ir realaus kurso. Standartiniam nuokrypiui skaičiuoti bus naudojama ši formulė:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} ; \quad (16)$$

Čia: σ - standartinis nuokrypis;

n - reikšmių kiekis;

x_i - i -toji stebėjimo reikšmė;

\bar{x} - vidurkis.

Standartinis nuokrypis - dydis, nusakantis atsitiktinio dydžio įgyjamų reikšmių sklaidą apie vidurkį. Mažėjant šiam dydžiui mažėja ir investavimo rizika.

3.1.2. Shalzy ir Shalzy tyrimo rezultatai ir analizė

Šiame tyrime naudojami Shalzy ir Shalzy (1999) tyrimo devyniasdešimties dienų rezultatų duomenys.

6 lentelėje pateikti apmokyto daugiasluksnio perseptrono galutiniai svoriai po jo optimizavimo, naudojant genetinį algoritmą. Kiekviena svorio reikšmė svyruoja intervale (-8; 8), parodydama neuronų tarpusavio ryšių stiprumą. Matricos stulpelių kiekis parodo įvesčių apimtį, kurių yra penkios, ir slenksčio reikšmę (šeštasis stulpelis). Matricos eilučių skaičius – tai neuronų skaičius paslėptajame sluoksnyje. Paskutinė eilutė matricoje – tai svoriai tarp paslėptojo sluoksniu neuronų ir išvesties neuronų.

6 lentelė: Daugiasluksnio perseptrono svoriai

GBP					
0,4732	5,6282	0,4126	-0,8134	-6,1506	0,399
-1,815	6,3344	1,1136	1,6424	-1,346	-1,3896
-7,3734	-2,8406	-1,6664	-2,9802	-2,4172	-5,8376
-7,312	-7,107	-0,338	0,5574	2,5022	3,711
4,2904	-4,65	-4,5576	1,6514	-6,3832	2,887
-4,3608	-2,5082	-2,7966	-3,5664	1,551	0,525
-5,8584	-1,2472	-1,8292	1,2222	3,3674	-0,481
1,2632	-5,313	-0,3194	0,558	-1,9952	5,4216
-2,0444	1,262	0,2132	1,6732	-1,67	2,161
DEM					
0,2826	0,1708	-0,5803	-0,715	-5,1994	1,3634
-0,6764	-0,616	1,661	2,3312	-2,2506	2,008
0,8042	0,1512	-1,4192	-2,505	-0,0942	2,5794

6 lentelės tęsinys kitame puslapyje

6 lentelės tęsinys

-3,3624	-3,9172	0,126	0,2106	1,354	-1,0524
-3,7466	-0,65	-3,0214	-0,9384	1,1582	-0,3522
-2,9336	0,2642	-2,2826	0,4936	-0,1624	1,9892
JPY					
-2,754	0,7426	1,529	-0,448	-5,8994	6,737
-0,5952	-3,6692	-6,1654	-3,6182	0,17	-7,1282
1,3032	1,5252	1,6504	-0,11	-4,7172	0,4074
-6,2552	-2,671	-5,2062	-2,5744	-0,589	-7,7354
2,8936	-3,6562	-2,9656	3,006	1,4722	2,2734
-4,1956	7,7642	-0,7164	2,3872	3,1972	0,3416
2,7612	3,214	-2,8404	-0,227	-3,965	-1,2772
-3,7792	-4,7952	2,5286	2,81	5,9926	3,4876
-5,9936	1,0004	-2,1754	-0,5152	0,944	0,883
-0,5102	-0,3546	-2,647	-0,514	-3,74	5,79
3,4714	3,4602	-1,8452	-2,4972	-2,382	1,7834
-0,631	-4,4604	-0,6626	5,6366	-5,686	0,9546
CHF					
3,771	2,3686	2,156	2,5546	-3,7114	-1,929
-3,975	0,2804	-1,1572	-4,6654	4,476	-2,3902
-0,7032	-3,2922	-5,692	0,6614	3,3456	0,5306
-2,9946	-2,4106	-5,6186	-7,2164	-5,8832	-6,0308
-3,552	0,095	3,5602	5,5432	-1,8454	-6,727
-1,2964	-2,1146	2,009	3,3522	-5,9126	-0,6192
-5,9674	-6,6492	5,5026	-6,1016	-3,6754	-1,6704
0,3332	-0,9606	2,1092	-0,4854	-4,6432	0,7802
-0,1446	-2,0274	1,9626	-5,804	2,7046	2,1642

Šaltinis: Shalzy ir Shalzy1999, p. 75

7 lentelėje pateikti tyrimo duomenys. Matome, jog tiksliausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Vokietijos markę JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas – 3,24 %. Šis neuroninis tinklas taip pat tiksliai prognozavo ir pagal MAE rodiklį – 0,0257 bei pagal SIGN funkciją. Jos reikšmė buvo - 69,62 %. Nenuostabu, kad Vokietijos markės standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal žemumą - 0,0182. Žemesnė STDEV reikšmė rodo ir žemesnį šios valiutos rizikingumą. Vadinasi šiuo atveju žemesnis rizikingumas lemia tikslesnius prognozavimo rezultatus.

Prasčiausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Didžiosios Britanijos svarą JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas – 5,2 %. Šio neuroninio tinklo blogiausius prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino prasčiausias MAE rodiklio rezultatas – 0,0714 bei žemiausia SIGN funkcijos reikšmė – 60,76%. Nenuostabu, kad Didžiosios Britanijos svaro standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats aukščiausias - 0,0505. Aukštesnė

STDEV reikšmė rodo ir aukštesnį šios valiutos rizikingumą. Vadinasi šiuo atveju didesnis rizikingumas lemia mažiau tikslus prognozavimo rezultatus.

7 lentelė: statistinės analizės rodikliai Nr. 1

Funkcija/Valiuta	GBP	DEM	JPY	CHF
MAE	0,0714	0,0257	0,0317	0,0341
MAPE	5,20%	3,24%	3,89%	3,39%
SIGN	60,76%	69,62%	63,51%	61,54%
STDEV	0,0505	0,0182	0,0224	0,0164

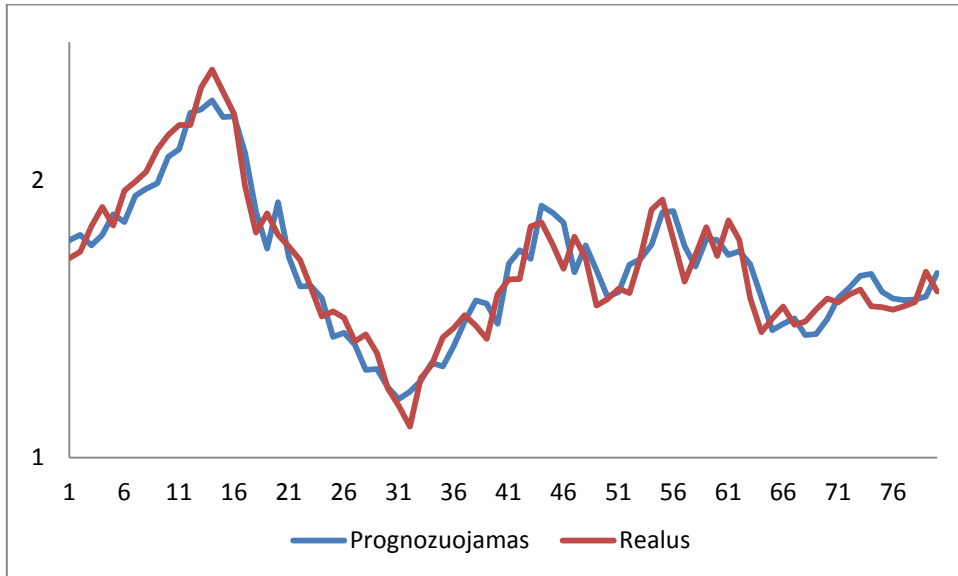
Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 76 -79

Japonijos jena ir Šveicarijos frankas, tai dvi valiutos, kurias prognozuojantys neuroniniai tinklai pasižymėjo panašiais rodiklių rezultatais.

Pagal MAE rodiklį antrą pagal gerumą rezultatą parodė Japonijos jeną JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas – 0,0317. Visgi, šios valiutos MAPE rodiklis šiuo atveju antras iš galo (blogesnis tik Didžiosios Britanijos svaras) – 3,89 %, t.y. šiuo atveju rodiklių duomenis yra labiau išsisklaidę. Japonijos jeną prognozuojančio neuroninio tinklo SIGN funkcijos reikšmė – 63,51 %. Šiuo atveju tai yra antras pagal tikslumą rezultatas. Nenuostabu, kad JPY standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo trečias pagal žemumą – 0,0224. Aukštesnė STDEV reikšmė rodo ir aukštesnį šios valiutos rizikingumą. Vadinasi šiuo atveju didesnis rizikingumas lemia mažiau tikslus prognozavimo rezultatus.

Vieni blogiausių statistinių rodiklių rezultatų iš keturių tirtų valiutų – Šveicarijos franko JAV dolerio atžvilgiu. MAE rodiklio reikšmė trečia pagal gerumą – 0,0341. Visgi, šios valiutos MAPE rodiklis šiuo atveju antras pagal gerumą – 3,39 %, t.y. šiuo atveju rodiklių duomenis yra labiau išsisklaidę. Šveicarijos franką prognozuojančio neuroninio tinklo SIGN funkcijos reikšmė – 61,54 %. Šiuo atveju tai yra antras pagal blogumą rezultatas. Įdomu, jog JPY standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats žemiausias – 0,0164. Vadinasi šiuo atveju tiesioginio proporcingo ryšio tarp mažesnio rizikingumo ir tikslesnių prognozavimo rezultatų nėra. Tai gali reikšti kelis dalykus. Pirmiausia, šio MLP ir GA hibridinio metodo nesuderinamumą su CHF kurso prognoze. Taip pat šis faktas galėtų parodyti, jog Šveicarijos frankas yra bendrai sunkiai prognozuojama valiuta.

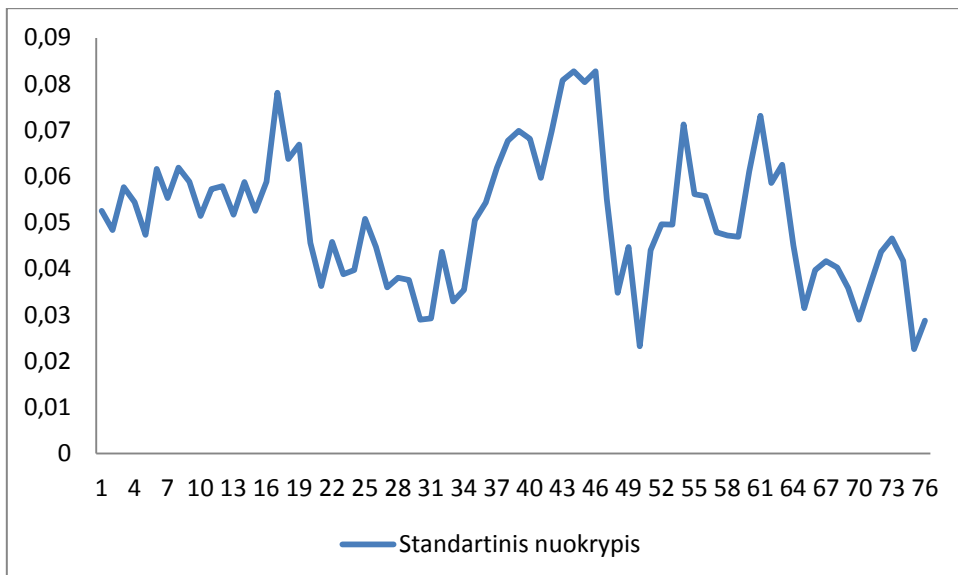
17 paveiksle pavaizduotas Didžiosios Britanijos svaras realus valiutos kursas ir neuroninio tinklo prognozuotasis kursas JAV dolerio atžvilgiu. Iš paveikslo matyti, jog šio metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka (angl. *lagging*) nuo realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslus, tačiau pavėluotus rezultatus.



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 76

17 pav. GBP prognozuotas ir realus valiutų kursai

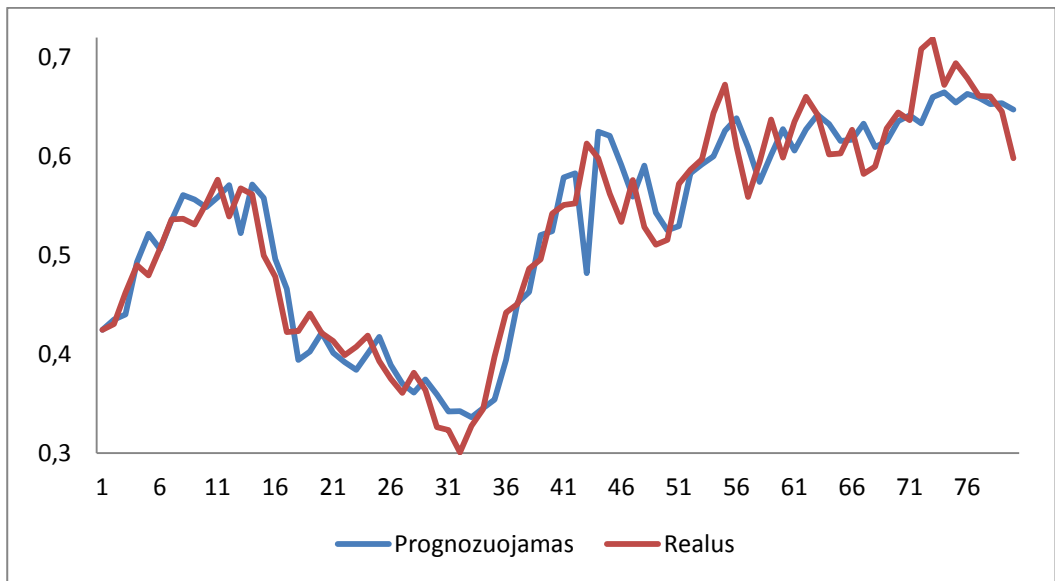
18 paveiksle pavaizduotas Didžiosios Britanijos svaro standartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį GBP nuokrypių amplitudė yra pati didžiausia. Didžiosios Britanijos svaro STDEV rodiklis taip pat buvo pats aukščiausias. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 1 priede (žr. 1 pried.).



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 76

18 pav. GBP standartinis nuokrypis

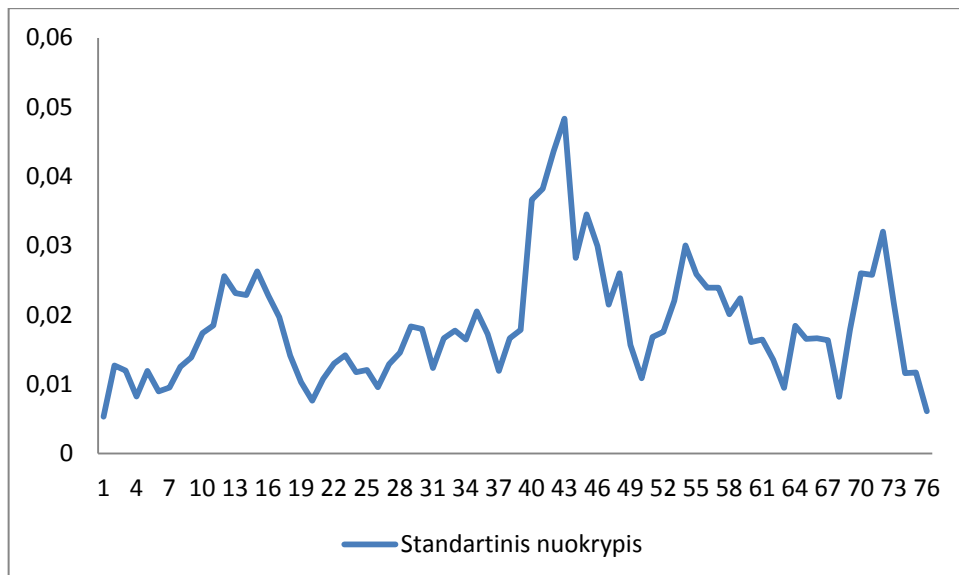
19 paveiksle pavaizduotas Vokietijos markės realus valiutos kursas ir neuroninio tinklo prognozuotasis kursas JAV dolerio atžvilgiu.



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 77

19pav. DEM prognozuotas ir realus valiutų kursai

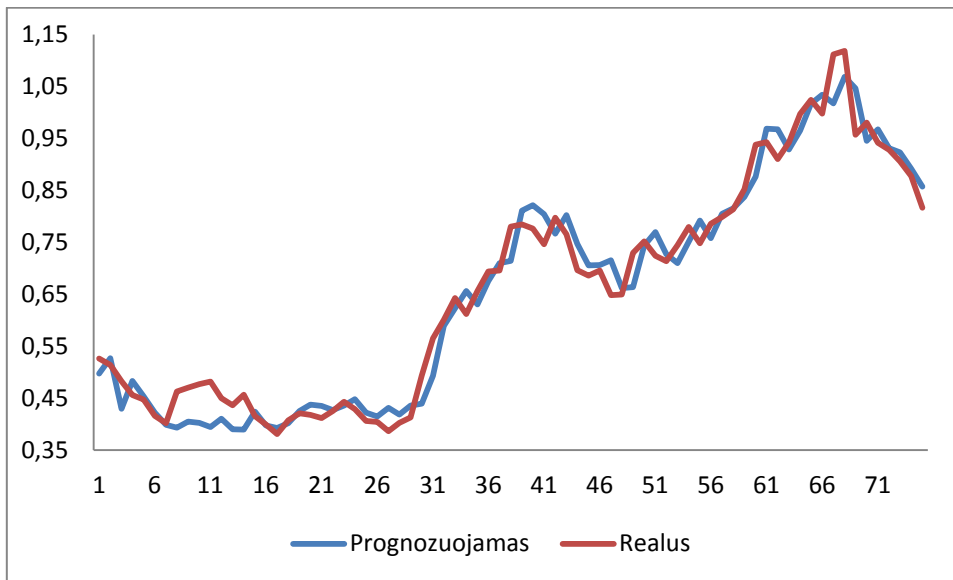
Iš paveikslo matyti, jog šio metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka nuo realaus valiutų kurso (žr.20 pav.). Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslius, tačiau pavėluotus rezultatus.



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 77

20pav. DEM standartinis nuokrypis

20 paveiksle pavaizduotas Vokietijos markėsstandartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, DEM nuokrypių amplitudė yra viena mažiausių. Vokietijos Markės STDEV rodiklis taip pat buvo vienas žemiausių. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 2 priede (žr. 2 pried.).

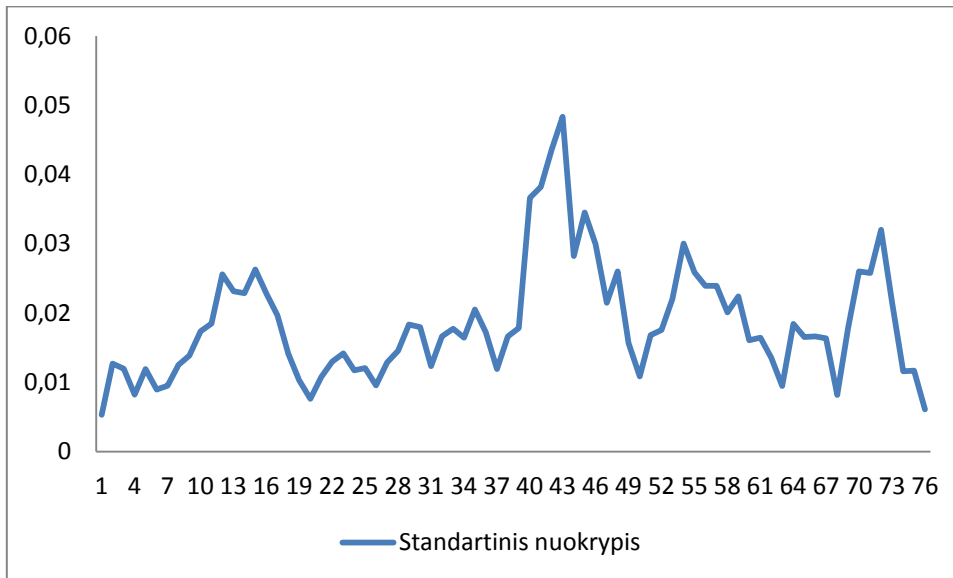


Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 78

21 pav. JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai

21 paveiksle pavaizduotas Japonijos jenos realus valiutos kursas ir neuroninio tinklo prognozuotasis kursas. Iš paveikslo matyti, jog šio metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka nuo realaus valiutų kurso (žr. 20 pav.). Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslus, tačiau pavėluotus rezultatus. Visgi, krypties pasikeitimą šis neuroninis tinklas prognozuoja didesniu nei 60 % tikslumu.

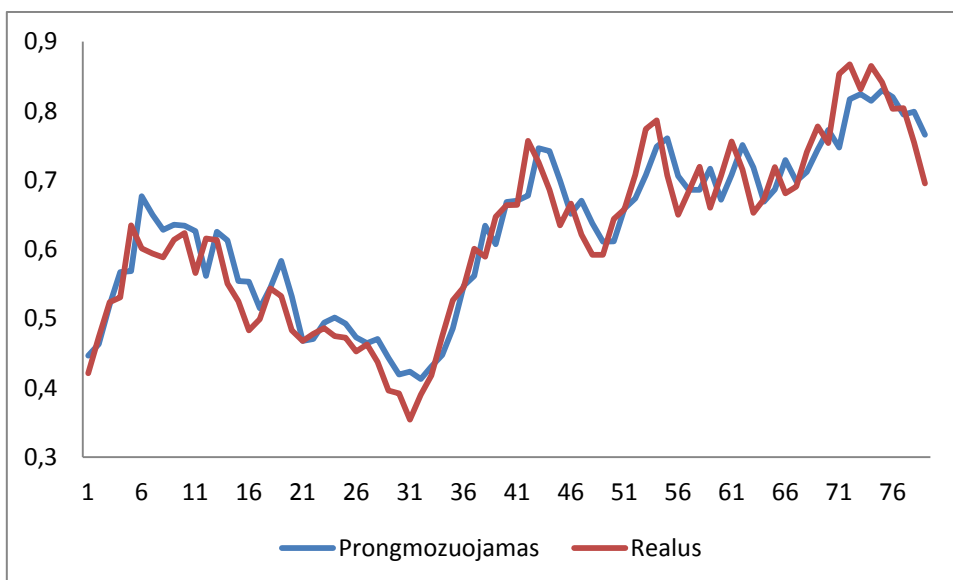
22 paveiksle pavaizduotas Japonijos jenosstandartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, JPY nuokrypių amplitudė yra mažesnė nei GBP, tačiau didesnė nei kitų valiutų porų. Japonijos jenos STDEV rodiklis taip pat buvo vienas aukščiausių. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 3 priede (žr. 3 pried.).



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 78

22pav. JPY standartinis nuokrypis

23 paveiksle pavaizduotas Šveicarijosfranko realus valiutos kursas ir neuroninio tinklo prognozuotasis kursas. Iš paveikslo matyti, jog šio metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka nuo realaus valiutų. Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslius, tačiau pavėluotus rezultatus.

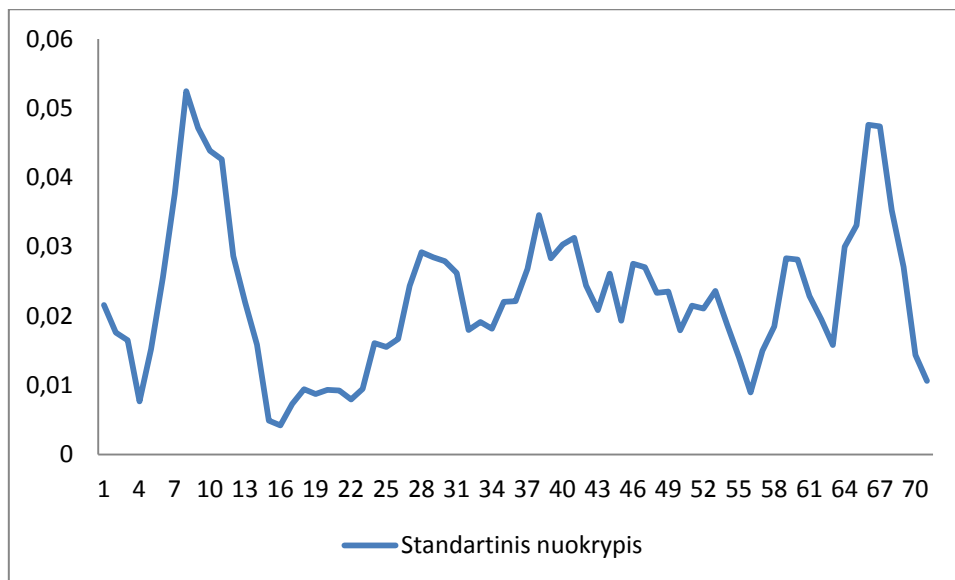


Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 79

23 pav. CHF prognozuotas ir realus valiutų kursai

24 paveiksle pavaizduotas Šveicarijos frankostandartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo

rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, CHF nuokrypių amplitudė yra pati mažiausia. Šveicarijos franko STDEV rodiklis taip pat buvo pats žemiausias. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 4 priede (žr. 4 pried.).



Šaltinis: sudaryta pagal Shalzy ir Shalzy, 1999, p. 78

24pav. CHFstandartinis nuokrypis

Apibendrinant šios tiriamosios dalies rezultatus galima daryti išvadas, jog tiksliausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Vokietijos markę JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas – 3,24 %. Šis neuroninis tinklas taip pat tiksliai prognozavo ir pagal MAE rodiklį – 0,0257 bei pagal SIGN funkciją. Jos reikšmė buvo - 69,62 %. Vokietijos markės standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal žemumą - 0,0182. Šiuo atveju žemesnis rizikingumas lėmė tikslesnius prognozavimo rezultatus. Prasčiausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Didžiosios Britanijos svarą JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas – 5,2 %. Šio neuroninio tinklo blogiausius prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino prasčiausias MAE rodiklio rezultatas – 0,0714 bei žemiausia SIGN funkcijos reikšmė – 60,76 %. Didžiosios Britanijos svaro standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats aukščiausias - 0,0505. Šiuo atveju didesnis rizikingumas lėmė mažiau tikslius prognozavimo rezultatus. Pagal MAE rodiklį antrą pagal gerumą rezultatą parodė Japonijos jeną prognozuojantis neuroninis tinklas – 0,0317. MAPE rodiklis šiuo atveju antras iš galo – 3,89 %. SIGN funkcijos reikšmė – 63,51 %. JPY standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo trečias pagal žemumą – 0,0224. Šiuo atveju didesnis rizikingumas lėmė mažiau tikslius prognozavimo rezultatus. Šveicarijos franko MAE rodiklioreikšmė trečia pagal gerumą – 0,0341. MAPE rodiklis šiuo atveju antras pagal gerumą – 3,39 %. Šveicarijos franką prognozuojančio neuroninio tinklo SIGN funkcijos reikšmė – 61,54 %. JPY

standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats žemiausias – 0,0164. Šiuo atveju tiesioginio ir proporcingo ryšio tarp mažesnio rizikingumo ir tikslesnių prognozavimo rezultatų nėra.

Taip pat tyrimas atskleidė, jog daugiasluoksni perseptrono ir genetinio algoritmo hibridinio prognozavimo metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka (angl. *lagging*) nuo realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis prognozavimo metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslus, tačiau nesavalaikius rezultatus.

Ateities tyrimuose vertėtų plačiau ištirti šio hibridinio modelio krypties pasikeitimo prognozavimo tikslumą, naudojant daugiau duomenų prognozavimui. Tikėtina, jog naudojant didesnę duomenų imtį būtų galima įrodyti, jog algoritmas veikia pagal „atsitiktinio ėjimo“ modelį (angl. *random walk model*), t.y. didėjant duomenų imčiai krypties pasikeitimo sėkmingo prognozavimo tikimybė priartėtų prie 50%, o MLP ir GA prognozavimo algoritmas neduotų jokios naudos.

3.2. Maknickienės tyrimas

Maknickienė (2012) naudoja hibridinius EVOLINO neuroninius tinklus valiutų porų kurso prognozavimui ir investicinio portfelio valdymui. EVOLINO neuroniniai tinklai – tai evoliucinės rekurentinės sistemos, teikiančios optimalią tiesinę išvestį (angl. *EVolution of recurrent systems with Optimal LINear Output*)⁴².

Šis tyrimas pasirinktas dėl kelių priežasčių. Pirmiausia dėl kombinuoto metodų naudojimo, t.y. genetinis algoritmas ir rekurentinis neuroninis tinklas yra naudojami sinchroniškai, o ne paraleliai. Taip pat Maknickienės (2012) naudojamas EVOLINO hibridinis neuroninis tinklas savo struktūra panašus į Shalzy ir Shalzy (1999) naudojamo hibridinio tyrimo metodo struktūrą. Tuo būdu galima gauti tikslesnius rezultatus įvertinančius hibridinių neuroninių tinklų valiutų kursų prognozę. Galiausiai tai yra vienas naujausių tokio tipo tyrimų (2012 m. lapkričio mėn.), tad šio tyrimo rezultatai yra patys aktualiausi ir šiai analizei.

Antroji priežastis – tai tyrime naudojamos valiutos. Maknickienė (2012) savo darbe, tiria keturias valiutų porų paras: EUR/USD, EUR/JPY, USD/JPY, EUR/CHF. Šios valiutų poros analogiškos Shalzy ir Shalzy (1999), naudojamoms valiutų poroms, turint omeny, jog tais metais dar nebuvo euro, tačiau pagrindinė Europos valiuta buvo Vokietijos markė, tad šis tyrimas taip pat įvertina pasaulinės valiutų rinkos prognozių galimybes, nes šios valiutos yra pagrindinės ir prekyba jomis sudaro didžiausią dienos apyvartos dalį.

⁴²EVOLINO neuroniniai tinklai: <http://www.idsia.ch/~juergen/evolino.html>[žiūrėta 2013-04-07]

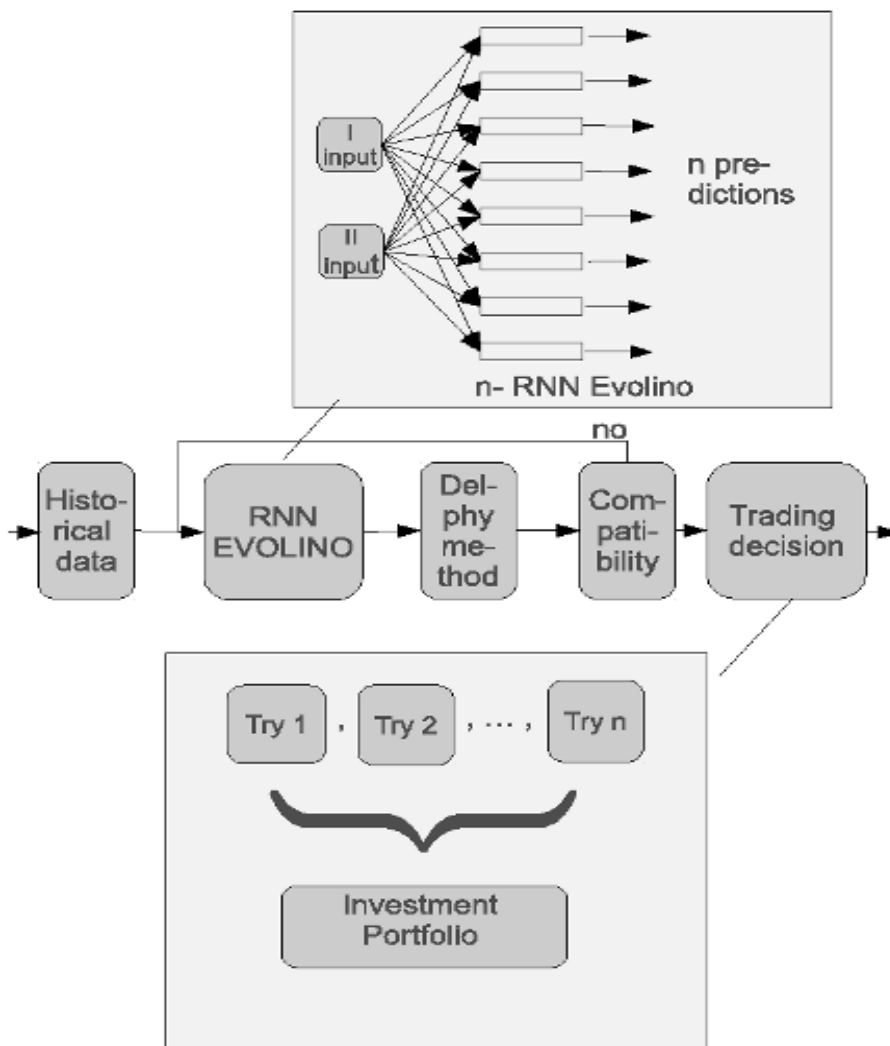
3.2.1. Maknickienės tyrimo metodika

Maknickienės (2012) metų tyrimas, tai Rutkausko, Maknickienės ir Maknicko (2010) metų tyrimo tęsinys, kuriame ir buvo pristatytas EVOLINO neuroninis tinklas sukurtas ir tobulintas Schmidhuber *et al.* (2005); Wierstra *et al.* (2005); Schmidhuber *et al.* (2007).

Kaip jau minėta anksčiau tyrimui pasirinktos keturios valiutų poros: EUR/USD, EUR/JPY, USD/JPY, EUR/CHF. Šių valiutų porų istoriniai dviejų metų kursai – pirmoji EVOLINO neuroninio tinklo įvestis. Antroji įvestis – tai dviejų metų aukso (XAUUSD), sidabro (XAGUSD), naftos (QM) ir dujų (QG) istorinės kainos.

Pitono programine kalba sudarytas algoritmas skaičiuoja valiutų kursų istorinių kainų paskutiniųjų 80 – 140 taškų ortogonalumo⁴³ lygį abiemis įvestims. Kuo šio rodiklio reikšmė mažesnė, tuo aukštesnis ortogonalumo lygis tarp įvesties porų. Aštuonios poros duomenų intervalų, pasižyminčių aukščiausiu ortogonalumo lygiu, pasirinktos kaip neuroninių tinklų EVOLINO neuroninio tinklo įvestis. Šio tinklo veikimo principas atvaizduotas 25 paveiksle.

⁴³Ortogonalumas - statmenumo sąvokos apibendrinimas bet kokios tiesinės erdvės su apibrėžta skaliarine sandauga elementams: 2 elementai yra ortogonalūs, jei jų skaliarinė sandauga lygi nuliui



Šaltinis: Maknickienė ir Maknickas, 2012, p. 161

25 pav. EVOLINO tinklo veikimo principas

Taigi, aštuoni EVOLINO rekurentiniai neuroniniai tinklai atlieka prognozes vienam ateities taškui gauti. Visi šio tinklo parametrai yra sukonfigūruoti taip, kad duotu optimalius rezultatus apmokymo ir prognozavimo atžvilgiu (Rutkauskas et al., 2011). Kadangi aštuoni neuroniniai tinklai atlieka prognozę vienam taškui gauti, susidaro aštuonios skirtingos to pačio taško išvestys.

Visos prognozės išdėstomos didėjimo tvarka ir kiekvienai suskaičiuojama mediana, kvartilai ir suderinamumo koeficientas. Jeigu suderinamumo koeficientas yra intervale tarp $[0; 0,024]$, laikoma jog spėjimas yra tikslus, jeigu ne – paskutinis žingsnis yra kartojamas, keičiant (jeigu ortogonalumo lygis yra panašus) antrąją įvestį. Galiausiai išrenkamas vienas labiausiai tikėtinas prognozės taškas.

4.2.2. Tyrimo rezultatai ir analizė

Gauti prognozių rezultatai analizuojami naudojant tuos pačius statistinės analizės metodus, kaip ir analizuojant Shalzy ir Shalzy (1999) tyrimą: MAE, MAPE, ir ženklo keitimo funkciją (angl. *function (SIGN)*) bei rizikos matavimo rodiklis – standartinis nuokrypis (angl. *Standard deviation*). Šiam tyrimui yra naudojami Maknickienės (2012) 2012 m. kovo 1 d. – 2012 rugsėjo 1 d. tyrimo rezultatų duomenys.

8 lentelėje pateikti tyrimo duomenys. Matome, jog tiksliausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė euro ir Šveicarijos franko valiutų poros prognozė – 0,11%. EUR/CHF tiksliausius prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino ir MAE rodiklis – 0,001 bei SIGN funkcija, kurios reikšmė buvo - 67,74%. Nenuostabu, kad euro ir Šveicarijos franko valiutų poros standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats žemiausias - 0,0007. Žemesnė STDEV reikšmė rodo ir žemesnį šios valiutos rizikingumą. Vadinasi šiuo atveju žemesnis rizikingumas lemia tikslesnius prognozavimo rezultatus. Verta pabrėžti, jog šiuo atveju neįprastai maža STDEV reikšmė gali reikšti ir aukšta koreliacijos lygi tarp euro ir Šveicarijos franko kursų, kas sumažina ne tik riziką, bet ir potencialaus pelno galimybę.

Prasčiausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Euro ir Japonijos Jenos valiutos kursas – 1,45 %. Šio neuroninio tinklo blogiausius prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino prasčiausias MAE rodiklio rezultatas – 1,3176. Visgi, ši neįprastai didelė rodiklio reikšmė galėjo atsirasti dėl paklaidos (angl. *Bias*), kurią nulėmė didelė absoliuti kurso reikšmė, tad šiuo atveju MAE rodiklį reikėtų vertinti kritiškai. Įdomu, jog euro ir Japonijos jenos SIGN funkcijos reikšmė buvo antra pagal tikslumą (tik šiek tiek mažiau tikslu už euro ir Šveicarijos franko valiutų poros SIGN rezultata) – 66,4%. Remiantis MAPE ir MAE rodiklių rezultatais nenuostabu, kad EUR/JPY standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats aukščiausias - 0,93. Aukštesnė STDEV reikšmė rodo ir aukštesnį šios valiutos rizikingumą. Vadinasi šiuo atveju didesnis rizikingumas lemia mažiau tikslius prognozavimo rezultatus. Visgi aukšta STDEV reikšmė ir aukštas SIGN funkcijos įvertinimas, sudaro prielaidas reikšmingam pelnui gauti, taikant EVOLINO neuroninį tinklą EUR/JPY kurso prognozei.

Pagal MAPE rodiklį antrą pagal gerumą rezultatą parodė JAV dolerio ir Japonijos jenosvaliutų pora – 0,74 %. Visgi, šios valiutos MAE rodiklis šiuo atveju antras iš galo (blogesnis tik euro ir Japonijos jenos MAE rodiklį) – 0,6039, t.y. šiuo atveju rodiklių duomenis prieštarauja vienas kitam. Visgi, ši neįprastai didelė rodiklio reikšmė galėjo atsirasti dėl paklaidos (angl. *Bias*), kurią nulėmė dideli absoliuti kurso reikšmė, tad šiuo atveju MAE rodiklį reikėtų vertinti kritiškai. USD/JPY SIGN funkcijos reikšmė – 64,8 %. Šiuo atveju tai yra antras nuo galo rezultatas, tačiau sąlyginai

neblogas. JAV dolerio ir Japonijos jenos standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal aukštumą – 0,427. Aukštesnė STDEV reikšmė rodo ir aukštesnį šios valiutos rizikingumą. Šiuo atveju vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp didesnio rizikingumo ir mažiau tikslų prognozavimo rezultatų daryti negalima.

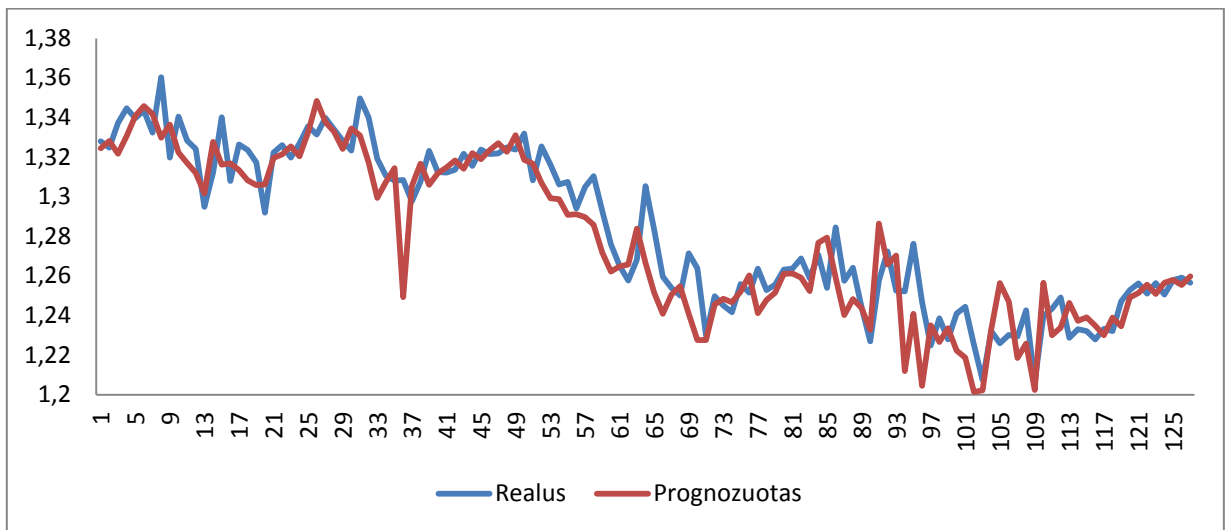
Euro ir JAV dolerio valiutų pora taip pat davė dviprasmiškus rezultatus. MAPE rodiklio reikšmė buvo trečia pagal gerumą – 1,05 %. Visgi, šios valiutos MAE rodiklis šiuo atveju antras pagal gerumą – 0,012 t.y. šiuo atveju rodiklių duomenis neprieštaruoja vienas kitam. EUR/USD SIGN funkcijos reikšmė iš tiriamų keturių porų buvo pati žemiausia – 64,29%. Euro ir JAV dolerio standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal žemumą – 0,008491. Žemesnė STDEV reikšmė rodo ir žemesnį šios valiutos rizikingumą. Šiuo atveju vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp didesnio rizikingumo mažiau tikslų prognozavimo rezultatų daryti negalima.

8 lentelė: statistinės analizės rodikliai Nr. 2

Rodiklis/Valiuta	EUR/USD	EUR/CHF	EUR/JPY	USD/JPY
MAE	0,120	0,010	1,3176	0,6039
MAPE	1,05%	0,11%	1,45%	0,74%
SIGN	64,29%	67,74%	66,40%	64,80%
STDEV	0,008491	0,000732	0,931715	0,427012

Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

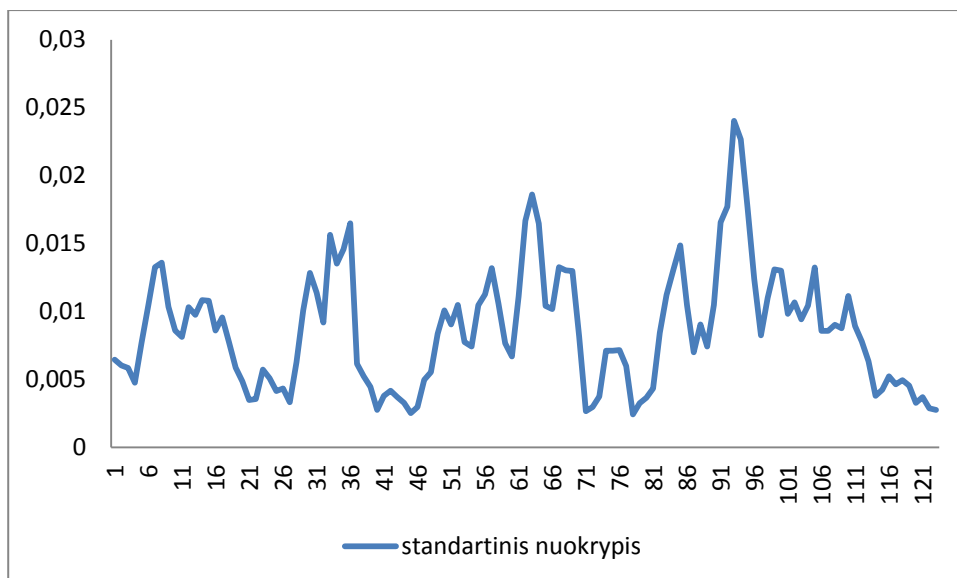
26 paveiksle pavaizduotas euro ir JAV dolerio realus valiutos kursas ir EVOLINO neuroninio tinklo prognozuotas valiutos kursas. Iš paveikslo matyti, jog EVOLINO duodami prognozės eina pirma realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip skirtingai Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką. Visgi, šiuo atveju EVOLINO teikiami prognozės duomenis turi daugiau triukšmo negu Shalzy ir Shalzy, 1999 sukurto neuroninio tinklo.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

26 pav. EUR/USD prognozuotas ir realus valiutų kursai

27 paveiksle pavaizduotas euro ir JAV doleristandartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, EUR/USD nuokrypių amplitudė yra viena mažiausiu. Euro ir JAV dolerio STDEV rodiklis taip pat buvo viena žemiausiu. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 5 priede (žr. 5 pried.).

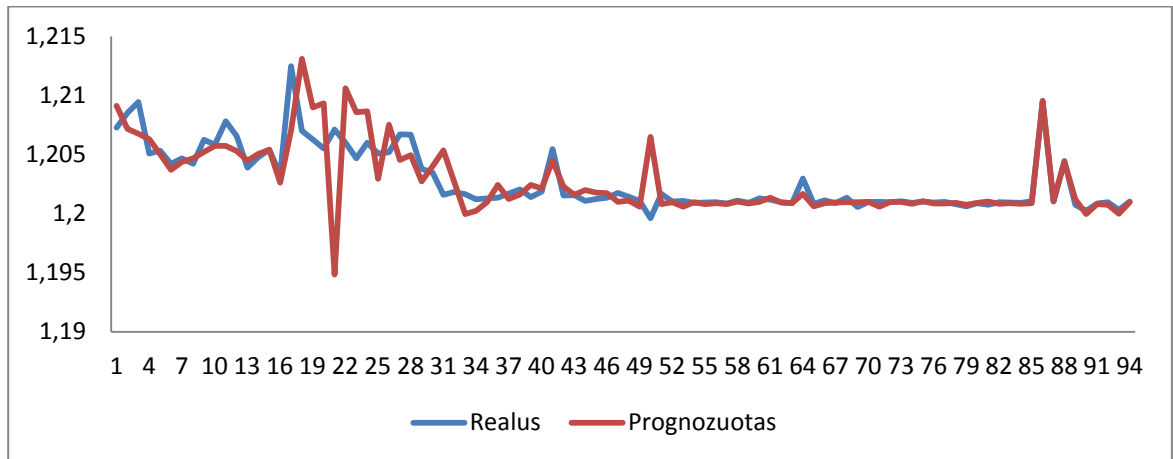


Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

27 pav. EUR/USD standartinis nuokrypis

28 paveiksle pavaizduotas euro ir Šveicarijos franko realus valiutos kursas ir EVOLINO neuroninio tinklo prognozuotas valiutos kursas. Iš paveikslo matyti, jog EVOLINO duodami

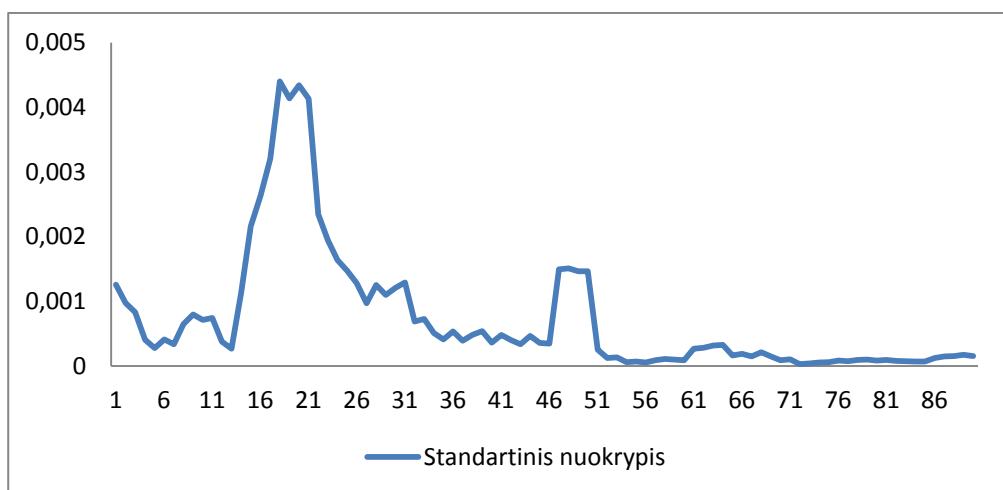
prognozės eina pirma realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip skirtingai Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką. Taip pat metodo duodami duomenis turi daugiau triukšmo, t.y. yra labiau nelygūs.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

28 pav. EUR/CHF prognozuotas ir realus valiutų kursai

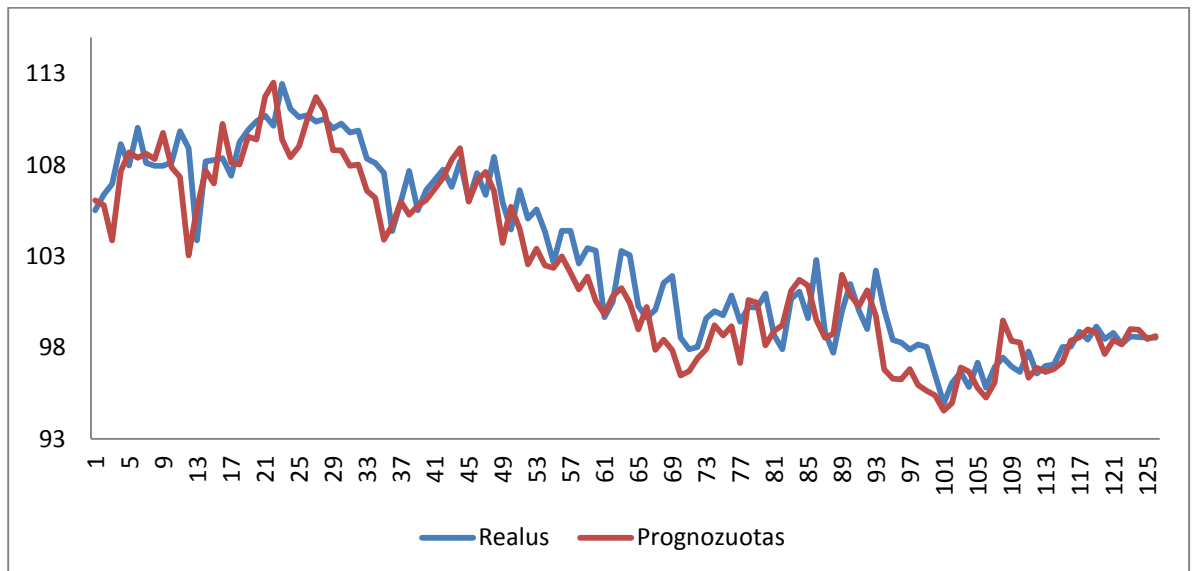
29 paveiksle pavaizduotas euro ir Šveicarijos franko standartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, EUR/CHF nuokrypių amplitudė yra pati mažiausia. Euro ir Šveicarijos franko STDEV rodiklis taip pat buvo pats žemiausias. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 6 priede (žr. 6 pried.).



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

29 pav. EUR/CHF standartinis nuokrypis

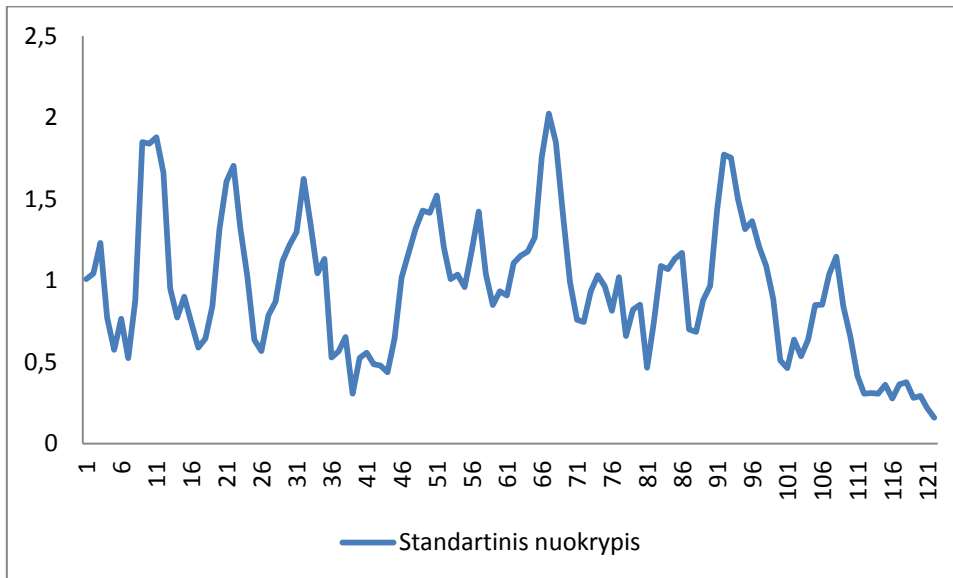
30 paveiksle pavaizduotas euro ir Japonijos jenos realus valiutos kursas ir EVOLINO neuroninio tinklo prognozuotas valiutos kursas. Iš paveikslo matyti, jog EVOLINO duodami prognozės eina pirma realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip skirtingai Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

30 pav. EUR/JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai

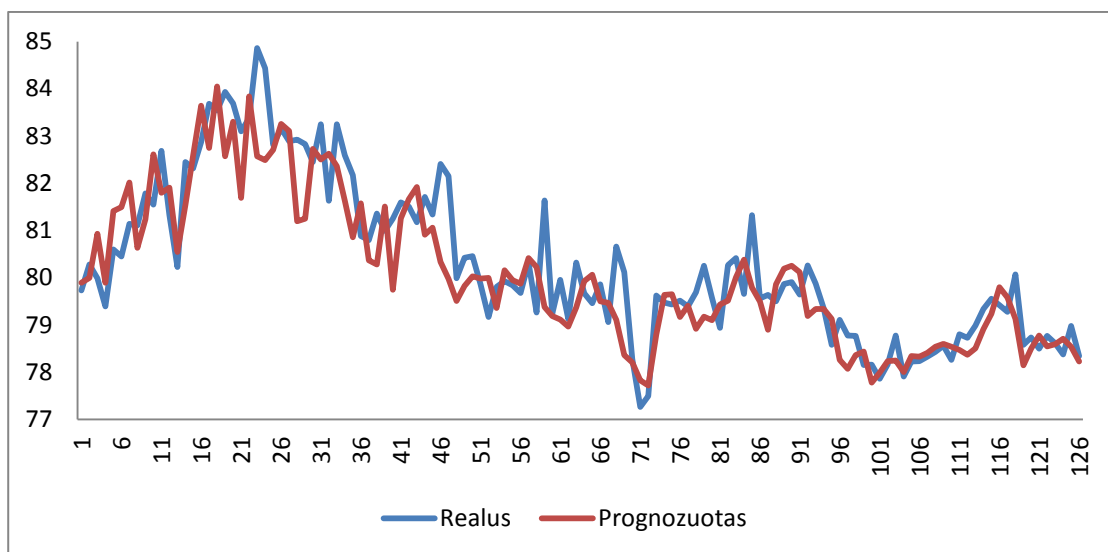
31 paveiksle pavaizduotas Euro ir Japonijos jenos standartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matysime iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, EUR/JPY nuokrypių amplitudė yra pati didžiausia. Euro ir Japonijos jenos STDEV rodiklis taip pat buvo pats didžiausias. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 7 priede (žr. 7 pried.).



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

31 pav. EUR/JPY standartinis nuokrypis

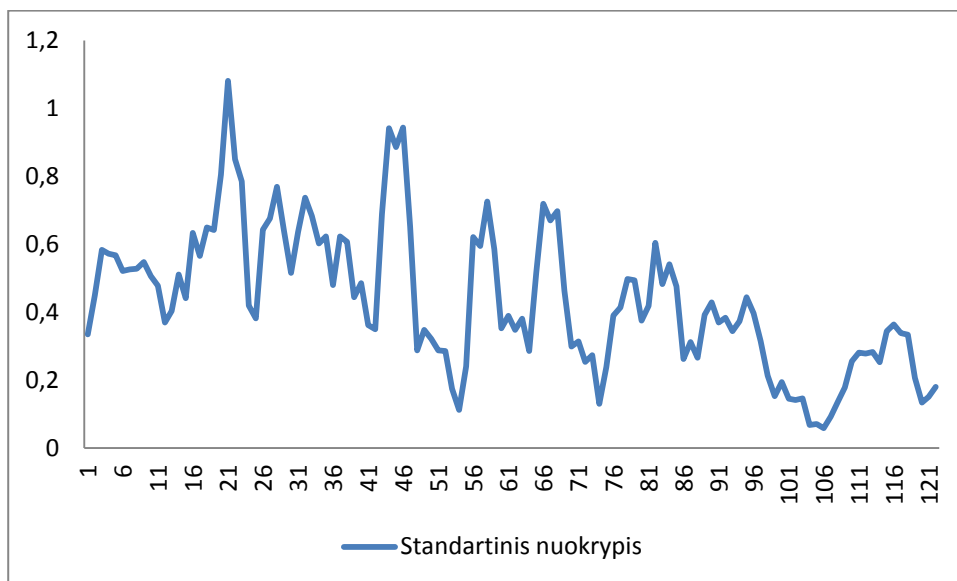
32 paveiksle pavaizduotas JAV dolerio ir Japonijos jenos realus valiutos kursas ir EVOLINO neuroninio tinklo prognozuotas valiutos kursas.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

32pav. USD/JPY prognozuotas ir realus valiutų kursai

Iš paveikslo matyti, jog EVOLINO duodami prognozės eina pirma realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis valiutos kurso prognozės metodas kaip skirtingai Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką. Taip pat metodo duodami duomenis turi daugiau triukšmo, t.y. yra labiau nelygūs.



Šaltinis: sudaryta autoriaus pagal Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis

33 pav. USD/JPY standartinis nuokrypis

33 paveiksle pavaizduotas JAV dolerio ir Japonijos jenos standartinio nuokrypio keturių dienų slenkantis vidurkis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso, kuris parodo šios valiutos investavimo rizikingumą. Kaip matėme iš kitų valiutų paveikslų, vaizduojančių absoliutų nuokrypį, USD/JPY nuokrypių amplitudė yra viena didžiausių. JAV dolerio ir Japonijos jenos STDEV rodiklis taip pat buvo vienas didžiausių. Lentelė su skaičiavimo duomenimis pateikta 8 priede (žr. 8 pried.).

Remiantis Maknickienės, 2012 tyrimo duomenis autoriaus apskaičiuotais rezultatais, galima daryti išvadą, jog tiksliausių prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė euro ir Šveicarijos franko valiutų poros prognozė – 0,11 %. EUR/CHF tiksliausių prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino ir MAE rodiklis – 0,001 bei SIGN funkcija, kurios reikšmė buvo - 67,74 %. Euro ir Šveicarijos franko valiutų poros standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats žemiausias - 0,0007 %. Vadinasi šiuo atveju žemesnis rizikingumas lemia tikslesnius prognozavimo rezultatus. Prasčiausių prognozavimo rezultatus pagal MAPE parodė Euro ir Japonijos Jenos valiutos kursas – 1,45 %. Šio neuroninio tinklo blogiausių prognozavimo rezultatus taip pat patvirtino prasčiausias MAE rodiklio rezultatas – 1,3176. Tyrime buvo atskleista, kad šiuo atveju MAE rodiklį reikėtų vertinti kritiškai. Euro ir Japonijos jenos SIGN funkcijos reikšmė buvo antra pagal tikslumą – 66,4 %. EUR/JPY standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats aukščiausias - 0,93. Šiuo atveju didesnis rizikingumas lemia mažiau tikslūs prognozavimo rezultatus, tačiau ryšys nėra toks akivaizdus. Pagal MAPE rodiklį antrą pagal gerumą rezultatą parodė JAV dolerio ir Japonijos jenos valiutų pora – 0,74 %. Šios valiutos MAE rodiklis šiuo atveju antras iš galo –

0,6039. Tyrimo metu buvo atskleista, kad šiuo atveju MAE rodiklį reikėtų vertinti kritiškai. USD/JPY SIGN funkcijos reikšmė – 64,8 %. JAV dolerio ir Japonijos jenos standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal aukštumą – 0,427, taigi šiuo atveju vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp didesnio rizikingumo ir mažiau tikslų prognozavimo rezultatų daryti negalima. Euro ir JAV dolerio valiutų poros MAPE rodiklio reikšmė buvo trečia pagal gerumą – 1,05 %. MAE rodiklis šiuo atveju antras pagal gerumą – 0,012 %. EUR/USD SIGN funkcijos reikšmė iš tiriama keturių porų buvo pati žemiausia – 64,29%. Euro ir JAV dolerio standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo antras pagal žemumą – 0,008491, taigi šiuo atveju vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp mažesnio rizikingumo ir tikslesnių prognozavimo rezultatų daryti negalima.

Tyrimas taip pat atskleidė, jog EVOLINO hibridinio prognozavimo metodo duodami prognozės rezultatai eina pirmiau realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis prognozavimo metodas skirtingai nei Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką.

IŠVADOS IR SIŪLYMAI

Valiutų rinkos analizė skirstoma į dvi kategorijas – fundamentaliąją analizę ir techninę analizę. Fundamentaliąją analizę ieško priežasčių dėl ko įvyko valiutų kursų pokyčiai, ji skirta bendro ekonominio vaizdo, valiutų vertės perspektyvoje, sudarymui. Techninė analizė nagrinėja kainos judėjimo pasekmes, ji naudojama, siekiant atrasti tam tikrus rinkos judėjimo dėsningumus, remiantis prielaida, jog žmonės, turintys vienodas savybes, pasikartojančiose situacijose yra linkę kartoti savo veiksmus.

Neuroninio tinklo tipas nusakomas pastarojo darbo būdu ir apmokymo pobūdžiu. Neuroninis tinklas dirba gaudamas įvestis ir generuodamas tam tikras išvestis. Bendriausiu atveju, neuroniniai tinklai yra naudojami, kai priklausomybė tarp įvesties ir išvesties duomenų nėra tiesinė ir ji nėra žinoma t.y. pats algoritmas nusako priklausomybės funkcinę formą. Kitaip sakant neuroniniai tinklai suteikia galimybę ieškoti funkcinės priklausomybės netiesiniu ir neparаметrinu būdu. Vadinasi, neuroninis tinklas gali savarankiškai suformuoti bet koki modelį iš pavyzdžių.

Shalzy ir Shalzy, 1999 tyrimo rezultatų analizė atskleidė, jog tiksliausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE, MAE ir SIGN funkciją parodė Vokietijos markę JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas. Atitinkamai – 3,24 %, 0,0257 ir 69,62 %. Vokietijos markės STDEV rezultatas antras pagal žemumą - 0,0182, taigi žemesnis rizikingumas nulėmė tikslesnius prognozavimo rezultatus. Prasčiausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE, MAE ir SIGN funkciją parodė Didžiosios Britanijos svarą JAV dolerio atžvilgiu prognozuojantis neuroninis tinklas. Atitinkamai – 5,2 %, 0,0714 bei 60,76 %. GBP STDEV reikšmė buvo pati aukščiausias - 0,0505, taigi didesnis rizikingumas nulėmė mažiau tikslius prognozavimo rezultatus. Likusiųjų dviejų porų statistinių rodiklių rezultatai nebuvo tokie vienprasmiški. JPY (JAV doleriais) MAE – 0,0317; MAPE – 3,89; SIGN – 63,51% ; STDEV – 0,0224, tad didesnis rizikingumas nulėmė mažiau tikslius prognozavimo rezultatus, tačiau ryšys nebuvo toks stiprus. CHF (JAV doleriais) MAE – 3,41%; MAPE – 0,0339 ; SIGN – 61,54 %; STDEV – 0,0164, taigi ryšio tarp mažesnio rizikingumo ir tikslesnių prognozavimo rezultatų nėra.

Taip pat tyrimas atskleidė, jog daugiasluoksniuo perseptrono ir genetinio algoritmo hibridinio prognozavimo metodo duodami prognozės rezultatai atsilieka (angl. *lagging*) nuo realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju MLP ir GA hibridinis prognozavimo metodas kaip ir daugelis techninės analizės indikatorių duoda tikslius, tačiau nesavalaikius rezultatus.

Maknickienės, 2012 tyrimo rezultatų analizė atskleidė, jog tiksliausius prognozavimo rezultatus pagal MAPE, MAE ir SIGN parodė EUR/CHF valiutų pora. Atitinkamai – 0,11 %; 0,0001 ir 67,74 %. EURCHF standartinis nuokrypis tarp realaus ir prognozuoto valiutos kurso buvo pats žemiausias - 0,0007 %, taigi žemesnis rizikingumas nulėmė tikslesnius prognozavimo rezultatus. Likusiųjų trijų porų statistinių rodiklių rezultatai nebuvo tokie vienprasmiai. EUR/JPY MAPE – 1,45 %; MAE – 1,3176 (Tyrimo buvo atskleista, kad šiuo atveju rodiklį reikėtų vertinti kritiškai); SIGN – 66,4 %; STDEV - 0,93, taigi didesnis rizikingumas nulėmė mažiau tikslius prognozavimo rezultatus, tačiau ryšys nėra toks akivaizdus. USD/JPY MAPE– 0,74 %; MAE – 0,6039 (Tyrimo buvo atskleista, kad šiuo atveju MAE rodiklį reikėtų vertinti kritiškai); SIGN – 64,8 %; STDEV – 0,427, taigi vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp didesnio rizikingumo ir mažiau tikslų prognozavimo rezultatų daryti negalima. EUR/USDMAPE – 1,05 %; MAE – 0,012 ; SIGN – 64,29%; STDEV – 0,008491, taigi vienareikšmiškos išvados dėl ryšio tarp mažesnio rizikingumo ir tikslesnių prognozavimo rezultatų daryti negalima.

Tyrimas taip pat atskleidė, jog EVOLINO hibridinio prognozavimo metodo duodami prognozės rezultatai eina pirmiau realaus valiutų kurso. Tai parodo, jog šiuo atveju EVOLINO hibridinis prognozavimo metodas skirtingai nei Shalzy ir Shalzy, 1999 taikytas kombinuotas metodas bei daugelis techninės analizės indikatorių yra geriau pritaikytas praktiniam naudojimui, investuojant į valiutų rinką.

Apibendrinti tyrimo rezultatai atskleidė, jog egzistuoja ryšys tarp statistinio prognozavimo tikslumo, taikant neuroninius tinklus, ir investavimo rizikos lygio, tačiau šis ryšys nėra labai stiprus. Tyrimas taip pat atskleidė, jog nėra ryšio tarp valiutos krypties pasikeitimo prognozės tikslumo ir investavimo rizikos lygio, tad, būtent dėl šios savybės, neuroniniai tinklai turėtų būti plačiau taikomi investuojant į valiutų rinką.

Ateities tyrimuose galima tirti rizikos mažinimo galimybes diversifikuojant valiutų portfelį.

LITERATŪRA

1. An-Sing Ch. ir Leung M. T. Performance Evaluation of Neural Network Architectures: The Case of Predicting Foreign Exchange Correlations // *Journal of Forecasting*. - Vol. 24, Nr. 6, 2005, p. 403-420.
2. Apimties indikatoriai. Prieiga per internetą: http://fxprekyba.eu/index.php?page=ta-apimties_ind[žiūrėta 2013-03-23];
3. Apsikeitimo sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: http://www.streetdirectory.com/travel_guide/185622/foreign_exchange/6_forex_financial_instruments_to_understand.html [žiūrėta 2013-04-17];
4. Armin Sh. Et al. Measuring the Efficiency of the Intraday Forex Market with a Universal Data Compression Algorithm // *Computational Economics*. - 2009, Vol. 33, Nr. 2, p. 131-154.
5. Ateities sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: <http://www.benzinga.com/forex/forex-101/67312/financial-instruments-at-your-disposal-in-forex-market>[žiūrėta 2013-04-17];
6. Ateities sandoriai tarptautinėje valiutų rinkoje. Prieiga per internetą: <http://www.pipstory.com/history-of-futures-contract.html#more-753>[žiūrėta 2013-04-17];
7. Aukso ir JAV dolerio indekso ryšys, grafiniai duomenys. Prieiga per internetą: http://www.gold.org/government_affairs/reserve_asset_management/managing_risk/ [žiūrėta 2013-04-20];
8. Bontis N. Intellectual capital: an exploratory study that develops measures and models // *Management decision*. – Vol. 36, Nr. 2, 1998, p. 63 – 76. – ISSN 0025-1747.
9. Cofnas A. *The FOREX trading course*. - New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008. -222 p.
10. David O., Leustean B. Forex and the liberalized financial market // *U.P.B. Sci. Bull., Series D*, Vol. 71, Nr. 3, 2009 ISSN 1454-2358
11. Dicks J. *FOREX made easy*. - New York: McGraw-Hill, 2004. - 144 p.
12. Dunis Ch. L.irHuang X. Forecasting and trading currency volatility: an application of recurrent neural regression and model combination // *Journal of Forecasting*. – Vol. 21, Nr. 5, 2002, p. 317–354.
13. Džikevičius A. Vertinimo, koreguoto pagal riziką, metodikų palyginamoji analizė // *LŽŪU: mokslo darbai*. – Vilnius: Vilniaus Gedimino techniko universitetas, 2004, Nr. 64 (17). - ISSN 1648-116X.
14. Edvards R.D. ir Magee J. *Technical Analysis of Stock Trends*. 7th edition. - John Magee, Inc., 1998, - 792 p.
15. EVOLINO neuroniniai tinklai: <http://www.idsia.ch/~juergen/evolino.html>[žiūrėta 2013-04-07];

16. FOREX fundamentalioji analizė. Prieiga per internetą: <http://www.forextraders.com/forex-analysis/forex-fundamental-analysis/a-step-by-step-guide-to-fundamental-analysis-of-the-currency-market.html/> [žiūrėta 2013-04-19];
17. FOREX rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://fxtradingguide.com/forex-market-participants>[žiūrėta 2013-04-18].
18. FOREX rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://fxtradingguide.com/forex-market-participants>[žiūrėta 2013-04-18].
19. Forex rinkos dalyviai. Prieiga per internetą: <http://www.forexrealm.com/forex-for-beginners/forex-participants-01.html>[žiūrėta 2013-04-17].
20. FOREX techninė analizė. Prieiga per internetą: <http://www.masterforex-v.lt/3klase.html> [žiūrėta 2013-04-19];
21. Francis X. Correlation and the Combination of Forecasts // Journal of Business & Economic Statistics. - Vol. 6, Nr. 1, 1998.
22. Fundamentalioji analizė. Prieiga per internetą: <http://en.easy-forex.com/Int/FundamentalAnalysis.aspx> [žiūrėta 2013-04-18];
23. Fundamentalioji analizė. Prieiga per internetą: <http://en.easy-forex.com/Int/FundamentalAnalysis.aspx> [žiūrėta 2013-03-19];
24. Genetiniai algoritmai: http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2004~D_20040528_155652-64676/DS.005.0.01.ETD[žiūrėta 2013-03-29];
25. Godinho P. Can abnormal returns be earned on bandwidth-bounded currencies? Evidence from a genetic algorithm // Economic Issues. - Vol. 17, Nr. 1, Godinho, 2012, p. 1 - 22.
26. Goldberg D. E. Genetiniai algoritmai paieškoje, optimizavime ir mašinų mokyme. - AddisonWesley, 1989.
27. Hypothesis = neuroniniai tinklai, finansinis spekuliacinis ir efektyvios rinkos teorija: daktaro disertacija: informacinės technologijos. – Vokietija: School of Information Technology International University in Germany
28. Holland J. H. Prisitaikymas natūraliose ir dirbtinėse sistemose. – Mičiganas: Mičigano universiteto leidykla, 1975.
29. Hryshko A. Downs T. System for foreign exchange trading using genetic algorithms and reinforcement learning // International Journal of Systems Science. - Vol. 35, Nr. 13/14, 2004, p. 763-774.
30. Yiping X. The behavior of the exchange rate in the genetic algorithm with agents having long memory // Journal of Evolutionary Economics. - Vol. 16, Nr. 3, 2006, p. 279-297.

31. Yu L. et al. Multistage RBF neural network ensemble learning for exchange rates forecasting // - Vol. 71, Nr. 16-18, 2008, p. 3295-3302.
32. Jaehun Ch. ir Yongmiao H. Model-free evaluation of directional predictability in foreign exchange markets // Journal of Applied Econometrics. – Vol. 22, Nr. 5, 2007, p. 855–889.
33. Julia B. ir Charles S. Black–Scholes versus artificial neural networks in pricing FTSE 100 options // Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management. – Vol. 12, Nr. 4, 2004, p. 243–260.
34. Kabundi A. ir Mwamba J. M. APPLYING A GENETIC ALGORITHM TO INTERNATIONAL DIVERSIFICATION OF EQUITY PORTFOLIOS: A SOUTH AFRICAN INVESTOR PERSPECTIVE // South African Journal of Economics. - Vol. 80, Nr. 1, 2012, p. 91-105.
35. Kevin, S. Fundamentals of International Financial Management. - New Delhi: PHI Learning Private Limited, 2009. - 279 p.
36. Lai K. K. et al. A Neural Network and Web-Based Decision Support System for Forex Forecasting and Trading // Data Mining and Knowledge Management. - 2005, Vol. 3327, p. 243-253.
37. Lean Y. et al. Developing and assessing an intelligent forex rolling forecasting and trading decision support system for online e-service // International Journal of Intelligent Systems. – Vol. 22, Nr. 5, 2007, p. 475–499.
38. Lean Yu et al. Adaptive Smoothing Neural Networks in Foreign Exchange Rate Forecasting // Lecture Notes in Computer Science. 2005, Vol. 3516, p. 523-530.
39. Lux T. ir Schornstein S. Genetic learning as an explanation of stylized facts of foreign exchange markets // Journal of Mathematical Economics. - Vol. 41, Nr. 1/2, 2005, p. 169-196.
40. Maknickienė N. Evaluation of the portfolio performance indicators, using Evolino RNN trading model // Contemporary issues in business, management and education'2012. - Vilnius : Technika, 2012, p. 158-169. - ISSN 2029-7963; ISBN 9786094573231
41. Masteika S. ir Rutkauskas A. V. Research on futures trend trading strategy based on short term chart pattern // Journal of business economics and management. - Vilnius : Technika, 2012, Vol. 13, Nr. 5, p. 915-930. - ISSN 1611-1699
42. Mendes L. et al. A Forex trading system based on a genetic algorithm // Journal of Heuristics. - Online First™, 2012.
43. Momento indikatoriai. Prieiga per internetą: http://www.forex.com/forex_tech_analysis.html [žiūrėta 2013-03-23];
44. Momento indikatoriai. Prieiga per internetą: <http://www.prekybaforex.lt/board/blog/14/entry-317-momento-indikatorius-momentum/> [žiūrėta 2013-03-23];

45. Naftos ir JAV dolerio indekso ryšys, grafiniai duomenys. Prieiga per internetą: <http://www.thedataleopard.com/2012/03/oil-prices-versus-us-dollar.html> [žiūrėta 2013-04-20];
46. Neuroninių tinklų koncepcija. Prieiga per internetą: http://www.technopolis.lt/lt/dirbtinis-intelektas/ziniu-baze/pagrindiniai_metodai/dirbtiniai_neuroniniai_tinklai_dnt/[žiūrėta 2013-03-23];
47. O'keefe R. Making Money in FOREX. - New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2010. - 221 p.
48. Ovsianikas V. FOREX 101 paprastai ir suprantamai apie valiutų rinką II atnaujintas leidimas: knyga. – Kaunas: Smaltijos leidykla, 2011. – 255 p. – ISBN 978-3355-707-82-0
49. Palaikymo pasipriešinimo lygiai. Prieiga per internetą: http://prekyba.ucoz.com/index/palaikymas_pasipriesinimas/0-34[žiūrėta 2013-03-23];
50. Radialinė bazinė funkcija. Prieiga per internetą: <http://www.dicom.unican.es/espanol/departamentos/microondas/IntermodProy.htm>[žiūrėta 2013-03-29];
51. Radialinė bazinė funkcija. Prieiga per internetą: http://www.scholarpedia.org/article/Radial_basis_function/[žiūrėta 2013-03-29];
52. Rekurentiniai neuroniniai tinklai: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S138824570100579X>[žiūrėta 2013-04-01];
53. Rinkos divergencija. Prieiga per internetą: <http://www.prekybaforex.lt/board/blog/14/entry-168-divergencija/>[žiūrėta 2013-03-23];
54. Rosenstreich P. FOREX Revolution. - New Jersey: FT-Prentice Hall, 2005. - 242 p.
55. Rui P. B. ir O. B. Multi-Agent Forex Trading System // Studies in Computational Intelligence. - 2010, Vol. 289, p. 91-118.
56. Rutkauskas A. V. Modelling of the history and predictions of financial market time series using Evolino // The 6th International Scientific Conference Business and Management 2010: selected papers. – Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2010, Vol. 1, p. 170–175. - ISSN 2029-4441
57. Sėkmingiausi investuotojai FOREX rinkoje. Prieiga per internetą: <http://fxtraderebate.wordpress.com/forex-articles/top-currency-traders/> [žiūrėta 2013-04-19];
58. Sermpinis G. et al. Forecasting and trading the EUR/USD exchange rate with stochastic Neural Network combination and time-varying leverage // Decision Support Systems. - Vol. 54, Nr. 1, 2012, p. 316-329.
59. Shalzy M. R. ir Shalzy H. E. Forecasting currency prices using a genetically evolved neural network architecture // International Review of financial analysis. – Vol. 8, Nr. 1, 1999, p.67.
60. Shen W. Forecasting stock indices using radial basis function neural networks optimized by artificial fish swarm algorithm // Knowledge-Based Systems. - Vol. 24, Nr. 3, 2011, p. 378-385.

61. Skabar A. ir Cloete I. *Neural Networks, Financial Trading and the Efficient Markets*
62. Tan N.W. *An Artificial Neural Networks Primer with Financial Applications Examples in Financial Distress Predictions and Foreign Exchange Hybrid Trading System.* - Gold Coast: Bond University, 1997.
63. Tarptautinės valiutų rinkos apyvarta. Prieiga per internetą: <http://www.euromoney.com/Article/3083011/Global-FX-turnover-at-49-trillion-a-day-Londons-dominance-continues.html>[žiūrėta 2013-01-18].
64. Techninė analizė. Prieiga per internetą: <http://www.economywatch.com/forex/forex-technical-analysis.html>[žiūrėta 2013-03-19];
65. Veiksniai įtakojantys valiutos kursą. Prieiga per internetą: <http://www.forex.labuan.net/Factors-Affecting-Forex-Market.html>[žiūrėta 2013-04-18];
66. Veiksniai įtakojantys valiutos kursą. Prieiga per internetą: http://www.moneyscience.com/item.php?showall=1&id=181#Commercial_companies[žiūrėta 2013-04-18];
67. Weimin L. et al. *Applications of AR*-GRNN model for financial time series forecasting // Neural Computing & Applications.* - Vol. 17, Nr. 5/6, 2008, p. 441-448.

ANOTACIJA LIETUVIŲ IR ANGLŲ KALBOMIS

Tomas P. Neuroninių tinklų taikymas investuojant į valiutų rinką/ Finansų valdymo magistro baigiamasis darbas. Vadovas prof. dr. A. V. Rutkauskas. – Vilnius: Mykolo Riomerio universitetas, Ekonomikos ir finansų valdymo fakultetas, 2013. – 85 p.

ANOTACIJA

Magistro baigiamajame darbe išanalizuota ir įvertinta tarptautinė valiutų rinka, jos struktūra bei analizės ir prognozės būdai. Taip pat analizuojami neuroniniai tinklai bei įvairios jų struktūros: daugiasluoksnis perseptronas, radialinių bazinių funkcijų neuroniniai tinklai, GRNN bei rekurentiniai neuroniniai tinklai. Tyrimu siekiama nustatyti ar valiutų kursų prognozavimo tikslumas, taikant neuroninius tinklus, priklauso nuo investavimo rizikos lygio. Darbas susideda iš trijų skyrių. *Pirmame skyriuje* nagrinėjama tarptautinės valiutų rinkos teorija, didesnę dėmesį atkreipiant į pačią FOREX koncepciją, rinkos dalyvius bei jų elgesį ir finansinius instrumentus, naudojamus šioje rinkoje. Tiriama pagrindiniai valiutų kursų prognozės bei analizės būdai, skirstant juos fundamentalią ir techninę analizę. Analizė atliekama, tiriant Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbus valiutų rinkos prognozavimo srityje. *Antrame skyriuje* analizuojami neuroniniai tinklai. Aprašoma neuroninių tinklų koncepcija bei taikymo sritys. Naudojant literatūros analizės metodą, tiriama Lietuvos ir užsienio autorių moksliniai darbai, kuriuose aprašomi neuroninių tinklų tyrimai valiutų rinkos prognozavimo srityje. Pateikiama aktualiausių straipsnių meta analizė. *Trečiame skyriuje* atliekamas tyrimas su pasirinktų tyrimų duomenimis. Aprašomi šių pasirinkimo motyvai. Skyriaus galia pateikti statistiniai analizės rezultatai: MAE (angl. *Mean absolute error*), MAPE (angl. *Mean absolute percentage error*) krypties keitimo funkcija (angl. *function(sign)*) bei STDEV.

Pagrindiniai žodžiai: FOREX, neuroniniai tinklai, prognozavimas, prognozavimo tikslumas, investavimo rizika.

Tomas P. Application of neural networks for investment in FOREX market /Master thesis in Finance management. Supervisor prof. dr. A. V. Rutkauskas. – Vilnius: Faculty of Economics and Finance Management, Mykolas Romeris University, 2013. – 85 p.

ANOTATION

The master thesis analyses the application of the neural networks for foreign exchange market forecast. *Multilayer perceptron*, *radial basis function neural networks*, GRNN and *recurrent neural networks* are analyzed in order to find the correlation level between the forecast accuracy and the level of the investment risk.

The work consists of three main parts. The *first part* analyses the conception, the main participants, trading characteristics and trading instruments of the FOREX market as well as the trading strategies and the methods of forecasting currency market. The *second part* is appointed to analyze the neural networks. The analyzes the conception, the structure and the application of the neural networks is made. The Meta-analyses of the main scientific articles are provided in every sub-part. In the *third part* the forecasting data analysis is performed to evaluate the correlation rate between the forecast accuracy and the level of the investment risk. Mean absolute error, Mean absolute percentage error, sign function and Standard deviation are used as indicators.

Key Words: FOREX, neural networks, forecasting accuracy, investment risk.

SANTRAUKA

Tomas P. Neuroninių tinklų taikymas investuojant į valiutų rinką/ Finansų valdymo magistro baigiamasis darbas. Vadovas prof. dr. A. V. Rutkauskas. – Vilnius: Mykolo Riomerio universitetas, Ekonomikos ir finansų valdymo fakultetas, 2009. – 85 p.

Finansų valdymo magistro baigiamojo darbo tema yra aktuali tuo, kad tarptautinė valiutų rinka sudaro finansų rinkos pagrindą bei yra didžiausia ir likvidžiausia rinka pasaulyje, tad valiutų kursų prognozavimas yra aktualus norint užtikrinti finansinį stabilumą makroekonominiu lygmeniu bei siekiant gauti pelną iš investicijų. Neuroninių tinklų taikymas – moksliniame pasaulyje populiarus, tačiau nauja ir aktuali tema, esanti viena iš prioritetinių Europos Sąjungos tyrimo krypčių.

Atliekamo aprašomojo tyrimo metu buvo siekiama, išanalizavus tarptautinės valiutų rinkos struktūrą, rinkos dalyvius, analizės būdus ir neuroninių tinklų veikimo principus, nustatyti ryšį tarp valiutų kursų prognozės, taikant neuroninius tinklus, tikslumo bei investavimo rizikos lygio.

Darbo metu išnagrinėta tarptautinės valiutos rinkos bei jos prognozavimo galimybių teoriniai aspektai, išanalizuotos neuroninių tinklų struktūros ir jų taikymo galimybės. Naudojant jau atliktų tyrimų duomenimis, statistiškai išanalizuotas prognozių, taikant neuroninius tinklus, tikslumas bei jo priklausomybė nuo investavimo rizikos.

Atliktas tyrimas ir analizė atskleidė, jog egzistuoja ryšys tarp statistinio prognozavimo tikslumo, taikant neuroninius tinklus, ir investavimo rizikos lygio, tačiau šis ryšys nėra labai stiprus. Tyrimas taip pat atskleidė, jog nėra ryšio tarp valiutos krypties pasikeitimo prognozės tikslumo ir investavimo rizikos lygio, tad, būtent dėl šios savybės, neuroniniai tinklai turėtų būti plačiau taikomi, investuojant į valiutų rinką.

Darbas susideda iš trijų skyrių. Pirmame skyriuje nagrinėjama tarptautinės valiutų rinkos teorija, didesnę dėmesį atkreipiant į pačią FOREX koncepciją, rinkos dalyvius bei jų elgesį ir finansinius instrumentus, naudojamus šioje rinkoje. Tiriama pagrindiniai valiutų kursų prognozės bei analizės būdai, skirstant juos fundamentalią ir techninę analizę. Analizė atliekama, tiriant Lietuvos ir užsienio mokslininkų darbus valiutų rinkos prognozavimo srityje. Antrame skyriuje analizuojami neuroniniai tinklai. Aprašoma neuroninių tinklų koncepcija bei taikymo sritys. Naudojant literatūros analizės metodą, tiriami Lietuvos ir užsienio autorių moksliniai darbai, kuriuose aprašomi neuroninių tinklų tyrimai valiutų rinkos prognozavimo srityje. Pateikiama aktualiausių straipsnių meta analizė. Trečiame skyriuje atliekamas tyrimas su pasirinktų tyrimų duomenimis. Aprašomi šių pasirinkimo motyvai. Skyriaus galia pateikti statistiniai analizės rezultatai: MAE, MAPE bei krypties keitimo funkcija (angl. function(sign)) bei STDEV.

SUMNARY

Tomas P. Application of neural networks for investment in FOREX market /Master thesis in Finance management. Supervisor prof. dr. A. V. Rutkauskas. – Vilnius: Faculty of Economics and Finance Management, Mykolas Romeris University, 2013. – 85 p.

The selected topic of Master thesis in Financial Managment is topical because the foreign exchange market is a base of financial market and it is the largest and most liquid market in the world. So the accurate exchange rate forecasting is relevant to ensure the financial stability in the macro-economic level and to earn profit in FOREX. Despite the novelty of the topic, application of neural networks is both, popular and relavant subject in a scientific world. Moreover, it is one of the underlying research direction in the European Union.

The aim of the descriptive study was to analyze the structure of foreign exchange market its participants and analysis methods as well as neural networks operating principles. The analysis is made to determine the correlation between the exchange rate forecasting accuracy using neural networks and investment risk level.

The objective of this work is to find out whether the accuracy of exchange rate prediction using neural networks depends on the level of investment risk.

The performed research revealed that there is a correlation between statistical forecasting accuracy and investment risk level. However, this relationship is not very strong. The study also revealed that there is no correlation between forecasting the change of the market direction and investment risk level.

The work consists of three main parts. The *first part* analyses the conception, the main participants, trading characteristics and trading instruments of the FOREX market as well as the trading strategies and the methods of forecasting currency market. The *second part* is appointed to analyze the neural networks. The author analyzes the conception, the structure and the application of the neural networks. The Meta-analyses of the main scientific articles are provided in every sub-part. In the *third part* the forecasting data analysis is performed to evaluate the correlation rate between the forecast accuracy and the level of the investment risk. Mean absolute error, Mean absolute percentage error, sign function and Standard deviation are used as indicators.

PRIEDAI

1 PRIEDAS

**SHALZY IR SHALZY (1999) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTI GBP RODIKLIAI**

Prognozuojamas kursas	Realus kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI/R	IR-PI
1,7838	1,7194	0,045537677			0,0644
1,8042	1,7425	0,043628488		0,023153	0,0617
1,7655	1,8352	0,049285343		0,017182	0,0697
1,8033	1,9045	0,071559206		0,078731	0,1012
1,8781	1,837	0,029062089	0,052502679	0,018688	0,0411
1,8495	1,9637	0,080751594	0,048383782	0,045578	0,1142
1,9445	1,9957	0,036203867	0,057664558	0,079048	0,0512
1,9703	2,0314	0,043204224	0,054394189	0,04469	0,0611
1,9898	2,112	0,086408449	0,047305444	0,071918	0,1222
2,0861	2,1643	0,05529575	0,061642034	0,087697	0,0782
2,1122	2,2007	0,06257895	0,055278073	0,054935	0,0885
2,244	2,2	0,031112698	0,061871843	0,041568	0,044
2,2569	2,3369	0,056568542	0,058848962	0,041399	0,08
2,2887	2,4	0,078700985	0,051388985	0,063406	0,1113
2,2287	2,3209	0,065195245	0,057240294	0,014069	0,0922
2,2311	2,24	0,00629325	0,057894368	0,00507	0,0089
2,0999	1,98	0,084782103	0,051689506	0,112545	0,1199
1,888	1,8117	0,053952247	0,058742896	0,137245	0,0763
1,7539	1,8816	0,090297536	0,052555712	0,00339	0,1277
1,9222	1,8041	0,083509311	0,058831284	0,028622	0,1181
1,7227	1,7611	0,0271529	0,078135299	0,08381	0,0384
1,618	1,712	0,066468037	0,063727999	0,006211	0,094
1,6192	1,6119	0,00516188	0,066856946	0,00377	0,0073
1,5749	1,5095	0,046244783	0,045573032	0,06775	0,0654
1,4352	1,5277	0,065407377	0,0362569	0,02997	0,0925
1,45	1,5044	0,038466609	0,045820519	0,048216	0,0544
1,4069	1,4192	0,008697413	0,038820162	0,021241	0,0123
1,3156	1,4439	0,0907218	0,039704046	0,026299	0,1283
1,3191	1,3769	0,040870772	0,0508233	0,046595	0,0578

1,254	1,2489	0,003606245	0,044689149	0,053218	0,0051
1,2109	1,187	0,016899852	0,035974057	0,053429	0,0239
1,237	1,1114	0,088812612	0,038024667	0,08217	0,1256
1,2766	1,2859	0,006576093	0,03754737	0,039531	0,0093
1,3414	1,335	0,004525483	0,0289737	0,045747	0,0064
1,3285	1,434	0,074599765	0,02920351	0,069032	0,1055
1,4031	1,468	0,04589123	0,043628488	0,105006	0,0649
1,4906	1,5142	0,01668772	0,032898143	0,079182	0,0236
1,5673	1,4754	0,064983113	0,03542605	0,010197	0,0919
1,5551	1,4283	0,08966114	0,050540457	0,088688	0,1268
1,4824	1,59	0,07608469	0,054305801	0,022442	0,1076
1,6995	1,6427	0,040163665	0,061854166	0,108135	0,0568
1,7479	1,6438	0,073609816	0,067723152	0,032774	0,1041
1,7168	1,8336	0,082590072	0,069879828	0,04903	0,1168
1,9087	1,849	0,042214275	0,068112061	0,077004	0,0597
1,8832	1,769	0,080751594	0,059644457	0,073191	0,1142
1,8473	1,681	0,117591858	0,069791439	0,10737	0,1663
1,6683	1,7964	0,090580379	0,08078695	0,027554	0,1281
1,7652	1,719	0,032668333	0,082784526	0,03039	0,0462
1,6759	1,5485	0,090085404	0,080398041	0,122762	0,1274
1,5809	1,571	0,007000357	0,082731493	0,062593	0,0099
1,5969	1,61	0,009263099	0,055083618	0,018407	0,0131
1,6963	1,594	0,072337024	0,034754298	0,001816	0,1023
1,7155	1,7215	0,004242641	0,044671471	0,014856	0,006
1,7677	1,895	0,090014693	0,02321078	0,104634	0,1273
1,8863	1,9312	0,031749094	0,043964364	0,092493	0,0449
1,8895	1,7875	0,072124892	0,049585863	0,052378	0,102
1,7639	1,635	0,091146064	0,04953283	0,134692	0,1289
1,6888	1,7305	0,029486353	0,071258686	0,018935	0,0417
1,7885	1,831	0,030052038	0,056126601	0,084202	0,0425
1,785	1,7272	0,040870772	0,055702337	0,034275	0,0578
1,7312	1,856	0,088246926	0,047888807	0,039776	0,1248
1,7451	1,7855	0,028567114	0,047164022	0,031366	0,0404
1,6969	1,5745	0,08654987	0,046934213	0,097759	0,1224

1,578	1,452	0,089095454	0,061058671	0,144322	0,126
1,4591	1,5015	0,029981328	0,073114841	0,048479	0,0424
1,4821	1,545	0,044477017	0,058548441	0,058872	0,0629
1,5019	1,4785	0,016546299	0,062525917	0,002429	0,0234
1,4418	1,4908	0,034648232	0,045025024	0,007391	0,049
1,4453	1,5345	0,063073925	0,031413219	0,064295	0,0892
1,4997	1,5735	0,05218448	0,039686368	0,088701	0,0738
1,5758	1,56	0,011172287	0,041613234	0,040208	0,0158
1,6114	1,5876	0,016829141	0,040269731	0,007488	0,0238
1,656	1,6057	0,035567471	0,035814958	0,003537	0,0503
1,6623	1,5455	0,082590072	0,028938345	0,066727	0,1168
1,5982	1,5423	0,039527269	0,036539743	0,072189	0,0559
1,5742	1,5339	0,028496403	0,043628488	0,040233	0,0403
1,5683	1,5455	0,016122035	0,046545304	0,018231	0,0228
1,5698	1,561	0,00622254	0,041683945	0,004655	0,0088
1,5802	1,6707	0,063993164	0,022592062	0,064276	0,0905
1,6661	1,599	0,047446865	0,028708535	0,011897	0,0671

2 PRIEDAS

**SHALZY IR SHALZY (1999) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTI DEM RODIKLIAI**

Prognozuojamas kursas	Realus kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
0,4245	0,4243	0,000141421		0,0002	
0,4347	0,4301	0,003252691		0,0046	0,024511
0,44	0,462	0,015556349		0,022	0,023018
0,493	0,4898	0,002262742		0,0032	0,0671
0,5215	0,4795	0,029698485	0,005303301	0,042	0,06472
0,506	0,5065	0,000353553	0,012692567	0,0005	0,055266
0,5352	0,5359	0,000494975	0,011967782	0,0007	0,056663
0,5607	0,5366	0,017041273	0,008202439	0,0241	0,046277
0,556	0,5308	0,017819091	0,011897072	0,0252	0,036154
0,5483	0,552	0,002616295	0,008927223	0,0037	0,032969
0,5585	0,5763	0,012586501	0,009492909	0,0178	0,011775
0,5706	0,539	0,022344574	0,01251579	0,0316	0,009891
0,5222	0,5674	0,031961227	0,013841615	0,0452	0,031169
0,5712	0,5614	0,006929646	0,017377149	0,0098	0,006697
0,5576	0,4994	0,041153615	0,018455487	0,0582	0,006769
0,496	0,4782	0,012586501	0,025597265	0,0178	0,006808
0,4658	0,4223	0,030759145	0,023157747	0,0435	0,025931
0,3939	0,4231	0,020647518	0,022857227	0,0292	0,067251
0,4025	0,4408	0,02708219	0,026286695	0,0383	0,048688
0,4215	0,4211	0,000282843	0,022768838	0,0004	0,043784
0,4011	0,4132	0,008555992	0,019692924	0,0121	0,047495
0,3917	0,399	0,00516188	0,014142136	0,0073	0,052033
0,384	0,4072	0,016404877	0,010270726	0,0232	0,037594
0,4004	0,4186	0,012869343	0,007601398	0,0182	0,016699
0,4174	0,3928	0,017394827	0,010748023	0,0246	0,002867
0,3889	0,3748	0,009970206	0,012957732	0,0141	0,009929
0,3701	0,3608	0,006576093	0,014159813	0,0093	0,01254
0,361	0,381	0,014142136	0,011702617	0,02	0,000554

0,3742	0,3635	0,007566043	0,012020815	0,0107	0,017848
0,359	0,3261	0,023263813	0,009563619	0,0329	0,01238
0,3418	0,3231	0,013222897	0,012887021	0,0187	0,048145
0,3421	0,3006	0,029344931	0,014548722	0,0415	0,058805
0,336	0,3275	0,006010408	0,018349421	0,0085	0,117764
0,3451	0,3442	0,000636396	0,017960512	0,0009	0,05374
0,354	0,3971	0,030476302	0,012303658	0,0431	0,028472
0,3941	0,4418	0,033728993	0,016617009	0,0477	0,007555
0,4518	0,4505	0,000919239	0,017713025	0,0013	0,022635
0,4625	0,4863	0,016829141	0,016440233	0,0238	0,026637
0,5202	0,4957	0,017324116	0,020488419	0,0245	0,06971
0,5242	0,5419	0,01251579	0,017200372	0,0177	0,057494
0,5786	0,5505	0,019869701	0,011897072	0,0281	0,067725
0,5827	0,5521	0,021637468	0,016634687	0,0306	0,058492
0,4818	0,6127	0,092560278	0,017836769	0,1309	0,127332
0,6246	0,598	0,01880904	0,036645809	0,0266	0,019422
0,6206	0,5621	0,041365747	0,038219122	0,0585	0,037793
0,591	0,5335	0,04065864	0,043593133	0,0575	0,051414
0,559	0,576	0,012020815	0,048348426	0,017	0,047798
0,5904	0,5282	0,043982042	0,028213561	0,0622	0,025
0,543	0,5105	0,02298097	0,034506811	0,0325	0,02802
0,525	0,5152	0,006929646	0,029910617	0,0098	0,028404
0,5294	0,5721	0,03019346	0,021478368	0,0427	0,027562
0,5828	0,5863	0,002474874	0,02602153	0,0035	0,018703
0,5917	0,5969	0,003676955	0,015644738	0,0052	0,00921
0,5998	0,6435	0,030900566	0,010818734	0,0437	0,004858
0,6256	0,6724	0,033092597	0,016811464	0,0468	0,027817
0,6383	0,6094	0,020435386	0,017536248	0,0289	0,050714
0,6093	0,5588	0,035708892	0,022026376	0,0505	0,000164
0,5739	0,594	0,014212846	0,030034361	0,0201	0,027022
0,6012	0,6371	0,025385133	0,025862431	0,0359	0,012121
0,6272	0,5984	0,020364675	0,023935565	0,0288	0,015539
0,6057	0,6346	0,020435386	0,023917887	0,0289	0,012199
0,6269	0,6601	0,023475945	0,02009951	0,0332	0,012134

0,6419	0,642	7,07107E-05	0,022415285	1E-04	0,027572
0,6325	0,6017	0,021778889	0,016086679	0,0308	0,014798
0,6152	0,6028	0,008768124	0,016440233	0,0124	0,022436
0,6167	0,6268	0,007141778	0,013523417	0,0101	0,023059
0,6328	0,5819	0,035991735	0,009439876	0,0509	0,009572
0,6093	0,5893	0,014142136	0,018420132	0,02	0,047087
0,6149	0,6279	0,009192388	0,016510943	0,013	0,043441
0,6355	0,6441	0,006081118	0,016617009	0,0086	0,012104
0,6411	0,6365	0,003252691	0,016351844	0,0046	0,004658
0,6332	0,7082	0,053033009	0,008167083	0,075	0,005185
0,6596	0,7186	0,0417193	0,017889802	0,059	0,068625
0,6645	0,6718	0,00516188	0,02602153	0,0073	0,075285
0,6541	0,694	0,028213561	0,02579172	0,0399	0,026347
0,6628	0,6789	0,011384419	0,032031937	0,0161	0,044957
0,659	0,6611	0,001484924	0,02161979	0,0021	0,029312
0,6524	0,6604	0,005656854	0,011561196	0,008	0,01316
0,6534	0,6452	0,005798276	0,01168494	0,0082	0,0106
0,6472	0,5977	0,035001786	0,006081118	0,0495	0,0031

3 PRIEDAS

**SHALZY IR SHALZY (1999) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTI JPY RODIKLIAI**

Prognozuojamas kursas	Realus kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
0,4976	0,5264	0,020364675		0,0288	
0,5269	0,5142	0,008980256		0,0127	0,00095
0,4297	0,4828	0,03754737		0,0531	0,164333
0,4834	0,456	0,019374726		0,0274	0,001243
0,4537	0,4473	0,004525483	0,021566757	0,0064	0,005044
0,4225	0,4161	0,004525483	0,017606959	0,0064	0,055444
0,3988	0,402	0,002262742	0,016493266	0,0032	0,041577
0,393	0,4629	0,049426764	0,007672109	0,0699	0,022388
0,4052	0,4701	0,04589123	0,015185118	0,0649	0,124649
0,4024	0,4771	0,052820877	0,025526555	0,0747	0,144012
0,3946	0,4818	0,061659711	0,037600403	0,0872	0,17292
0,4103	0,4501	0,02814285	0,052449645	0,0398	0,148402
0,3903	0,4367	0,032809755	0,047128667	0,0464	0,132859
0,3894	0,4569	0,047729708	0,043858298	0,0675	0,108312
0,4238	0,4156	0,005798276	0,042585506	0,0082	0,072445
0,3973	0,3994	0,001484924	0,028620147	0,0021	0,044033
0,3928	0,3811	0,008273149	0,021955666	0,0117	0,016525
0,402	0,4077	0,004030509	0,015821514	0,0057	0,054841
0,4252	0,4211	0,002899138	0,004896714	0,0041	0,042924
0,4375	0,4178	0,013930004	0,00417193	0,0197	0,038946
0,4353	0,4116	0,016758431	0,0072832	0,0237	0,041886
0,427	0,4252	0,001272792	0,00940452	0,0018	0,037415
0,4357	0,4431	0,00523259	0,008715091	0,0074	0,024694
0,4484	0,429	0,013717872	0,009298454	0,0194	0,011961
0,4225	0,4063	0,01145513	0,009245421	0,0162	0,015152
0,4146	0,4041	0,007424621	0,007919596	0,0105	0,020428
0,4312	0,3865	0,031607673	0,009457553	0,0447	0,067063
0,4187	0,4024	0,011525841	0,016051324	0,0163	0,083312

0,4358	0,4131	0,016051324	0,015503316	0,0227	0,083002
0,4398	0,4938	0,038183766	0,016652365	0,054	0,064633
0,4929	0,5651	0,05105311	0,024342151	0,0722	0,001823
0,589	0,601	0,008485281	0,02920351	0,012	0,042293
0,623	0,6426	0,013859293	0,02844337	0,0196	0,036606
0,6567	0,6123	0,031395541	0,027895363	0,0444	0,021942
0,6308	0,6563	0,018031223	0,026198306	0,0255	0,030214
0,6756	0,6942	0,013152186	0,017942835	0,0186	0,029407
0,7103	0,6961	0,010040916	0,019109561	0,0142	0,023192
0,7141	0,7803	0,046810469	0,018154967	0,0662	0,025858
0,811	0,7849	0,018455487	0,022008699	0,0261	0,039344
0,8218	0,7768	0,031819805	0,022114765	0,045	0,047012
0,8045	0,7462	0,041224325	0,026781669	0,0583	0,035659
0,767	0,7977	0,021708178	0,034577522	0,0307	0,027875
0,8027	0,7654	0,026375083	0,028301949	0,0373	0,006268
0,7469	0,6964	0,035708892	0,030281848	0,0505	0,02417
0,7055	0,6861	0,013717872	0,03125412	0,0194	0,013067
0,7064	0,6957	0,007566043	0,024377506	0,0107	0,029588
0,7156	0,6487	0,047305444	0,020841972	0,0669	0,028604
0,6621	0,6498	0,008697413	0,026074563	0,0123	0,020657
0,6641	0,7298	0,046456916	0,019321693	0,0657	0,022007
0,744	0,752	0,005656854	0,027506454	0,008	0,019457
0,7701	0,7241	0,032526912	0,027029157	0,046	0,024069
0,7274	0,714	0,009475231	0,023334524	0,0134	0,004557
0,7103	0,7443	0,024041631	0,023528978	0,034	0,005182
0,7514	0,7794	0,01979899	0,017925157	0,028	0,009539
0,7919	0,7482	0,030900566	0,021460691	0,0437	0,016038
0,7582	0,786	0,019657569	0,021054104	0,0278	0,013365
0,8052	0,799	0,004384062	0,023599689	0,0062	0,024427
0,8153	0,8139	0,000989949	0,018685297	0,0014	0,020401
0,8376	0,8527	0,010677312	0,013983037	0,0151	0,029119
0,8765	0,9384	0,04376991	0,008927223	0,0619	0,027911
0,9692	0,943	0,018526198	0,014955308	0,0262	0,032822
0,9676	0,9106	0,040305087	0,018490842	0,057	0,026087

0,9287	0,9427	0,009899495	0,028319627	0,014	0,019877
0,9654	0,9975	0,022698128	0,028125172	0,0321	0,02408
1,0171	1,0241	0,004949747	0,022857227	0,007	0,019649
1,0342	0,9981	0,025526555	0,019463114	0,0361	0,009862
1,0178	1,1121	0,066680169	0,015768481	0,0943	0,019738
1,0687	1,1184	0,035143207	0,02996365	0,0497	0,039025
1,0464	0,9574	0,062932504	0,03307492	0,089	0,064378
0,9454	0,9804	0,024748737	0,047570609	0,035	0,012534
0,9674	0,9417	0,018172644	0,047376154	0,0257	0,01326
0,9316	0,9282	0,002404163	0,035249273	0,0034	0,010725
0,9233	0,9061	0,012162237	0,027064512	0,0172	0,005279
0,8916	0,8779	0,009687363	0,014371945	0,0137	0,016003
0,8574	0,8168	0,028708535	0,010606602	0,0406	0,023351

4 PRIEDAS

**SHALZY IR SHALZY (1999) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTI CHF REZULTATAI**

Prongmozuojamas kursas	Realus kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI^2	IR-PI/R
0,4465	0,4207	0,018243		0,0258	0,000666	
0,4628	0,4729	0,007142		0,0101	0,000102	0,100071
0,5198	0,5236	0,002687		0,0038	1,44E-05	0,099175
0,5668	0,5303	0,025809		0,0365	0,001332	0,082506
0,5684	0,6345	0,04674	0,01347	0,0661	0,004369	0,071846
0,6765	0,6011	0,053316	0,020594	0,0754	0,005685	0,066194
0,6498	0,5938	0,039598	0,032138	0,056	0,003136	0,081018
0,628	0,5884	0,028001	0,041366	0,0396	0,001568	0,057595
0,6354	0,6135	0,015486	0,041914	0,0219	0,00048	0,079878
0,6339	0,6233	0,007495	0,0341	0,0106	0,000112	0,033252
0,6263	0,5656	0,042921	0,022645	0,0607	0,003684	0,004813
0,5614	0,6154	0,038184	0,023476	0,054	0,002916	0,007426
0,625	0,6131	0,008415	0,026022	0,0119	0,000142	0,0156
0,6125	0,5503	0,043982	0,024254	0,0622	0,003869	0,000979
0,554	0,5247	0,020718	0,033375	0,0293	0,000858	0,006724
0,5532	0,483	0,049639	0,027825	0,0702	0,004928	0,054317
0,5148	0,499	0,011172	0,030688	0,0158	0,00025	0,065839
0,5441	0,5435	0,000424	0,031378	0,0006	3,6E-07	0,090381
0,583	0,5324	0,03578	0,020488	0,0506	0,00256	0,072677
0,5319	0,4828	0,034719	0,024254	0,0491	0,002411	0,000939
0,4675	0,4675	0	0,020524	0	0	0,03169
0,4702	0,4777	0,005303	0,017731	0,0075	5,63E-05	0,005775
0,494	0,4859	0,005728	0,01895	0,0081	6,56E-05	0,034122
0,5012	0,4744	0,01895	0,011437	0,0268	0,000718	0,031488
0,4926	0,4723	0,014354	0,007495	0,0203	0,000412	0,038364
0,4727	0,4521	0,014566	0,011084	0,0206	0,000424	0,000847
0,4645	0,4627	0,001273	0,0134	0,0018	3,24E-06	0,027428
0,4705	0,4371	0,023617	0,012286	0,0334	0,001116	0,016858
0,443	0,3961	0,033163	0,013453	0,0469	0,0022	0,013498

0,419	0,3919	0,019163	0,018155	0,0271	0,000734	0,057814
0,4233	0,3538	0,049144	0,019304	0,0695	0,00483	0,080122
0,4125	0,3899	0,015981	0,031272	0,0226	0,000511	0,165913
0,4307	0,4178	0,009122	0,029363	0,0129	0,000166	0,104642
0,4472	0,4743	0,019163	0,023352	0,0271	0,000734	0,070369
0,4855	0,5263	0,02885	0,023352	0,0408	0,001665	0,023614
0,547	0,5454	0,001131	0,018279	0,0016	2,56E-06	0,039331
0,5614	0,6006	0,027719	0,014566	0,0392	0,001537	0,029336
0,6338	0,589	0,031678	0,019216	0,0448	0,002007	0,055278
0,6072	0,6469	0,028072	0,022345	0,0397	0,001576	0,0309
0,6682	0,6635	0,003323	0,02215	0,0047	2,21E-05	0,032926
0,6701	0,6642	0,004172	0,022698	0,0059	3,48E-05	0,009947
0,6775	0,7564	0,055791	0,016811	0,0789	0,006225	0,020024
0,7459	0,7254	0,014496	0,02284	0,0205	0,00042	0,013882
0,7419	0,6859	0,039598	0,019445	0,056	0,003136	0,022746
0,6992	0,6345	0,04575	0,028514	0,0647	0,004186	0,019391
0,6511	0,6658	0,010394	0,038909	0,0147	0,000216	0,026162
0,6699	0,6211	0,034507	0,027559	0,0488	0,002381	0,006158
0,637	0,5917	0,032032	0,032562	0,0453	0,002052	0,0256
0,6107	0,5919	0,013294	0,030671	0,0188	0,000353	0,032111
0,6112	0,6437	0,022981	0,022557	0,0325	0,001056	0,032607
0,6586	0,6574	0,000849	0,025703	0,0012	1,44E-06	0,023147
0,6734	0,7075	0,024112	0,017289	0,0341	0,001163	0,024338
0,7072	0,7737	0,047023	0,015309	0,0665	0,004422	0,000424
0,7481	0,7859	0,026729	0,023741	0,0378	0,001429	0,033088
0,7603	0,7067	0,037901	0,024678	0,0536	0,002873	0,032574
0,7058	0,6496	0,039739	0,033941	0,0562	0,003158	0,001274
0,6858	0,6833	0,001768	0,037848	0,0025	6,25E-06	0,055727
0,6856	0,7189	0,023547	0,026534	0,0333	0,001109	0,003366
0,7165	0,6601	0,039881	0,025739	0,0564	0,003181	0,003338
0,6716	0,706	0,024324	0,026234	0,0344	0,001183	0,017422
0,7076	0,7556	0,033941	0,02238	0,048	0,002304	0,002266
0,7503	0,7148	0,025102	0,030423	0,0355	0,00126	0,007014
0,718	0,6527	0,046174	0,030812	0,0653	0,004264	0,004477

0,6685	0,6725	0,002828	0,032385	0,004	0,000016	0,024207
0,6864	0,7184	0,022627	0,027011	0,032	0,001024	0,020669
0,7287	0,6808	0,03387	0,024183	0,0479	0,002294	0,014337
0,6983	0,6903	0,005657	0,026375	0,008	6,4E-05	0,025705
0,7116	0,7405	0,020435	0,016246	0,0289	0,000835	0,030856
0,744	0,7772	0,023476	0,020648	0,0332	0,001102	0,004727
0,7722	0,7533	0,013364	0,02086	0,0189	0,000357	0,006433
0,747	0,8531	0,075024	0,015733	0,1061	0,011257	0,008363
0,8168	0,8669	0,035426	0,033075	0,0501	0,00251	0,042551
0,8241	0,8309	0,004808	0,036823	0,0068	4,62E-05	0,049371
0,8144	0,8647	0,035567	0,032156	0,0503	0,00253	0,019858
0,8297	0,8409	0,00792	0,037706	0,0112	0,000125	0,040476
0,8199	0,8029	0,012021	0,02093	0,017	0,000289	0,024973
0,7946	0,8035	0,006293	0,015079	0,0089	7,92E-05	0,010338
0,7985	0,7541	0,031396	0,01545	0,0444	0,001971	0,006223
0,7653	0,6952	0,049568	0,014407	0,0701	0,004914	0,014852

5 PRIEDAS

**MAKNICKIENĖS (2012) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTIEUR/USD RODIKLIAI**

Realus kursas	Prognozuotas kursas	STDEV	slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
1,32795	1,324415	0,0025		0,003535	
1,32483	1,32824	0,002411		0,00341	0,000218
1,33717	1,321665	0,010964		0,015505	0,002389
1,3446	1,33058	0,009914		0,01402	0,004928
1,33968	1,340815	0,000803	0,006447046	0,001135	0,002815
1,34348	1,345815	0,001651	0,006022782	0,002335	0,004579
1,33238	1,3418	0,006661	0,005832747	0,00942	0,00125
1,36037	1,32975	0,021652	0,004757061	0,03062	0,001974
1,31979	1,336435	0,01177	0,007691554	0,016645	0,017594
1,34055	1,322305	0,012901	0,010433361	0,018245	0,001906
1,32842	1,31701	0,008068	0,013245878	0,01141	0,01756
1,32418	1,312035	0,008588	0,013597663	0,012145	0,012334
1,29492	1,30168	0,00478	0,010331714	0,00676	0,016992
1,31221	1,327785	0,011013	0,008584276	0,015575	0,02538
1,3401	1,316245	0,016868	0,008112283	0,023855	0,003075
1,308	1,316905	0,006297	0,010312269	0,008905	0,017308
1,32645	1,31352	0,009143	0,009739512	0,01293	0,00422
1,32366	1,30835	0,010826	0,010830224	0,01531	0,013645
1,31735	1,305935	0,008072	0,010783378	0,011415	0,013391
1,29191	1,306265	0,010151	0,008584276	0,014355	0,008415
1,32237	1,31968	0,001902	0,009547709	0,00269	0,021495
1,32614	1,321435	0,003327	0,007737516	0,004705	0,000707
1,31978	1,325475	0,004027	0,005862799	0,005695	0,000501
1,3269	1,320385	0,004607	0,004851636	0,006515	0,000458
1,33569	1,332595	0,002188	0,003465707	0,003095	0,004292
1,33136	1,348395	0,012046	0,003537302	0,017035	0,009512
1,33978	1,337725	0,001453	0,005716958	0,002055	0,004781
1,33408	1,33289	0,000841	0,005073491	0,00119	0,005143
1,3283	1,324125	0,002952	0,004132155	0,004175	0,007462

1,32327	1,334515	0,007951	0,004323074	0,011245	0,004679
1,34972	1,33087	0,013329	0,003299537	0,01885	0,005743
1,34005	1,317387	0,016025	0,006268502	0,022663	0,023955
1,31921	1,299365	0,014033	0,010064428	0,019845	0,030361
1,31049	1,30747	0,002135	0,012834518	0,00302	0,008899
1,30812	1,31451	0,004518	0,01138053	0,00639	0,003068
1,30844	1,249235	0,041864	0,009177892	0,059205	0,045015
1,29759	1,30541	0,00553	0,015637666	0,00782	0,002316
1,30764	1,316665	0,006382	0,013511927	0,009025	0,0147
1,32321	1,306005	0,012166	0,014573471	0,017205	0,00125
1,31254	1,31181	0,000516	0,016485311	0,00073	0,008615
1,31224	1,31483	0,001831	0,006148293	0,00259	0,001745
1,3137	1,318325	0,00327	0,005223751	0,004625	0,004637
1,3217	1,314086	0,005384	0,004445934	0,007614	0,000294
1,31555	1,322095	0,004628	0,002750469	0,006545	0,000299
1,32378	1,318995	0,003384	0,003778425	0,004785	0,002619
1,32162	1,32358	0,001386	0,00416645	0,00196	0,000151
1,32192	1,327065	0,003638	0,00369534	0,005145	0,00412
1,32502	1,322645	0,001679	0,003258878	0,002375	0,000548
1,32382	1,331065	0,005123	0,00252172	0,007245	0,004562
1,33197	1,318715	0,009373	0,00295659	0,013255	0,003856
1,30832	1,31675	0,005961	0,004953283	0,00843	0,011427
1,32539	1,307085	0,012944	0,005533994	0,018305	0,000944
1,31617	1,29923	0,011978	0,008350047	0,01694	0,019738
1,306207	1,29879	0,005245	0,010063897	0,007417	0,013205
1,30743	1,29088	0,011703	0,009031875	0,01655	0,011734
1,29402	1,29119	0,002001	0,010467302	0,00283	0,012421
1,30485	1,28966	0,010741	0,007731682	0,01519	0,003369
1,31036	1,28584	0,017338	0,007422323	0,02452	0,014569
1,29284	1,271735	0,014923	0,010445735	0,021105	0,029477
1,27602	1,262285	0,009712	0,011250953	0,013735	0,023634
1,26517	1,26477	0,000283	0,013178703	0,0004	0,008816
1,25774	1,26574	0,005657	0,010564175	0,008	0,000451
1,26828	1,28392	0,011059	0,007643824	0,01564	0,020815

1,30537	1,26655	0,02745	0,00667774	0,03882	0,001364
1,28342	1,251505	0,022567	0,011112183	0,031915	0,041264
1,25972	1,240865	0,013332	0,016683301	0,018855	0,033158
1,25405	1,25057	0,002461	0,018602212	0,00348	0,007264
1,25016	1,254775	0,003263	0,016452607	0,004615	0,000578
1,27151	1,240965	0,021599	0,01040596	0,030545	0,007355
1,26391	1,227595	0,025679	0,010163776	0,036315	0,034538
1,22984	1,227635	0,001559	0,013250297	0,002205	0,028701
1,24984	1,24551	0,003062	0,013024907	0,00433	0,012741
1,24514	1,24846	0,002348	0,012974526	0,00332	0,001104
1,24162	1,24678	0,003649	0,00816178	0,00516	0,001317
1,25595	1,25205	0,002758	0,002654302	0,0039	0,0084
1,25162	1,26035	0,006173	0,002953939	0,00873	0,003503
1,26371	1,241275	0,015864	0,003731756	0,022435	0,008265
1,25291	1,247795	0,003617	0,007110843	0,005115	0,012594
1,25564	1,25151	0,00292	0,007102888	0,00413	0,001117
1,26319	1,261065	0,001503	0,007143546	0,002125	0,004321
1,26361	1,261295	0,001637	0,005975936	0,002315	0,0015
1,26885	1,2591	0,006894	0,002419189	0,00975	0,003569
1,25878	1,252425	0,004494	0,003238549	0,006355	0,012945
1,27066	1,276755	0,00431	0,003631877	0,006095	0,01428
1,25394	1,27941	0,01801	0,004333681	0,02547	0,006886
1,28455	1,259135	0,017971	0,008426945	0,025415	0,004143
1,25756	1,240295	0,012208	0,011196152	0,017265	0,034452
1,26423	1,248285	0,011275	0,013124786	0,015945	0,007375
1,24426	1,2438	0,000325	0,014866036	0,00046	0,01616
1,22699	1,2328	0,004108	0,010444851	0,00581	0,00921
1,25752	1,286425	0,020439	0,006979144	0,028905	0,04844
1,27241	1,26572	0,004731	0,009036825	0,00669	0,006521
1,25253	1,270375	0,012618	0,007400756	0,017845	0,001599
1,252164	1,21192	0,028457	0,010474019	0,040244	0,032422
1,27631	1,24089	0,025046	0,016561148	0,03542	0,009004
1,2469	1,204505	0,029978	0,017712848	0,042395	0,05626
1,22492	1,23502	0,007142	0,02402466	0,0101	0,009528

1,23862	1,226675	0,008446	0,022655524	0,011945	0,001433
1,228	1,233665	0,004006	0,017652921	0,005665	0,004
1,24111	1,222265	0,013325	0,01239293	0,018845	0,00467
1,24441	1,21867	0,018201	0,008229839	0,02574	0,018081
1,22519	1,20144	0,016794	0,010994627	0,02375	0,03453
1,20744	1,202255	0,003666	0,013081475	0,005185	0,01872
1,23211	1,23298	0,000615	0,012996623	0,00087	0,021152
1,22597	1,25644	0,021546	0,009819062	0,03047	0,019747
1,23028	1,24704	0,011851	0,010655215	0,01676	0,017186
1,22949	1,218535	0,007746	0,009419546	0,010955	0,009547
1,24262	1,22589	0,01183	0,010439548	0,01673	0,002928
1,20642	1,202385	0,002853	0,013243226	0,004035	0,032379
1,2398	1,256535	0,011833	0,008570134	0,016735	0,04154
1,24355	1,230045	0,009549	0,008565715	0,013505	0,007868
1,2491	1,23387	0,010769	0,009016495	0,01523	0,007784
1,22884	1,246315	0,012357	0,00875133	0,017475	0,00223
1,23316	1,23739	0,002991	0,011127209	0,00423	0,006958
1,23213	1,23919	0,004992	0,008916617	0,00706	0,00489
1,2279	1,23488	0,004936	0,007777291	0,00698	0,002232
1,23327	1,230085	0,002252	0,006318883	0,003185	0,001779
1,2322	1,23889	0,004731	0,003792744	0,00669	0,004557
1,24721	1,23451	0,00898	0,004227615	0,0127	0,001875
1,25279	1,24916	0,002567	0,005224635	0,00363	0,001563
1,25631	1,25143	0,003451	0,004632433	0,00488	0,001086
1,25109	1,25554	0,003147	0,00493207	0,00445	0,000613
1,25646	1,250915	0,003921	0,00453609	0,005545	0,00014
1,25055	1,25655	0,004243	0,003271253	0,006	7,16E-05
1,25783	1,258035	0,000145	0,003690214	0,000205	0,005985
1,2592	1,25542	0,002673	0,002863782	0,00378	0,001916
1,25653	1,25988	0,002369	0,002745342	0,00335	0,00054

6 PRIEDAS

**MAKNICKIENĖS (2012) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTIEUR/CHF RODIKLIAI**

Realus kursas	Progozuotas kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
1,20726	1,20912	0,001315		0,00186	
1,20852	1,207175	0,000951		0,001345	7,04074E-05
1,20944	1,20676	0,001895		0,00268	0,001456327
1,20508	1,206285	0,000852		0,001205	0,002608645
1,20531	1,20503	0,000198	0,001253347	0,00028	4,1491E-05
1,20422	1,203705	0,000364	0,00097404	0,000515	0,001331608
1,20467	1,204385	0,000202	0,000827315	0,000285	0,000137018
1,2042	1,204675	0,000336	0,000403935	0,000475	4,15051E-06
1,20624	1,205215	0,000725	0,000274888	0,001025	0,000842883
1,20584	1,20574	7,07E-05	0,000406586	1E-04	0,000414511
1,20781	1,20574	0,001464	0,000333224	0,00207	8,29297E-05
1,20658	1,20529	0,000912	0,00064877	0,00129	0,002086421
1,2039	1,20447	0,000403	0,000792843	0,00057	0,001748744
1,20478	1,20504	0,000184	0,00071241	0,00026	0,000946923
1,20541	1,20541	0	0,000740694	0	0,000522917
1,20328	1,20262	0,000467	0,000374767	0,00066	0,002314565
1,21247	1,207015	0,003857	0,000263397	0,005455	0,003104016
1,20699	1,213085	0,00431	0,001126951	0,006095	0,000507229
1,20627	1,20898	0,001916	0,002158443	0,00271	0,001648729
1,2055	1,209335	0,002712	0,002637508	0,003835	0,002540891
1,2071	1,194854	0,008659	0,003198774	0,012246	0,00883119
1,206	1,210595	0,003249	0,004399265	0,004595	0,002895369
1,20468	1,20856	0,002744	0,0041341	0,00388	0,00212272
1,206	1,208655	0,001877	0,004340929	0,002655	0,003299631
1,20509	1,202945	0,001517	0,004132332	0,002145	0,002533167
1,2052	1,207505	0,00163	0,002346711	0,002305	0,002004
1,20669	1,204535	0,001524	0,001941892	0,002155	0,000551776
1,20667	1,20494	0,001223	0,001636952	0,00173	0,001450248
1,203789	1,202725	0,000752	0,001473434	0,001064	0,003269328

1,20347	1,203995	0,000371	0,001282338	0,000525	0,000171126
1,20158	1,20534	0,002659	0,000967676	0,00376	0,00155384
1,20182	1,20268	0,000608	0,001251402	0,00086	0,000915461
1,20165	1,19996	0,001195	0,001097607	0,00169	0,001547653
1,20121	1,20022	0,0007	0,001208269	0,00099	0,00119003
1,2013	1,200955	0,000244	0,00129047	0,000345	0,000212286
1,20133	1,20242	0,000771	0,000686777	0,00109	0,000932323
1,20169	1,201233	0,000323	0,000727436	0,000457	8,07438E-05
1,20204	1,201605	0,000308	0,00050947	0,000435	7,07337E-05
1,20139	1,202425	0,000732	0,000411359	0,001035	0,000320289
1,20187	1,202135	0,000187	0,000533335	0,000265	0,000620115
1,205467	1,204487	0,000693	0,000387495	0,00098	0,00217744
1,20153	1,202285	0,000534	0,000479949	0,000755	0,002639641
1,20156	1,20159	2,12E-05	0,000536517	3E-05	4,99363E-05
1,20107	1,202005	0,000661	0,000358857	0,000935	0,000370352
1,20124	1,20178	0,000382	0,000477297	0,00054	0,00059114
1,20134	1,201725	0,000272	0,000399515	0,000385	0,000403749
1,20174	1,20098	0,000537	0,000334108	0,00076	0,000299665
1,20142	1,201105	0,000223	0,000463155	0,000315	0,0005284
1,20106	1,200575	0,000343	0,000353553	0,000485	0,000703334
1,1996	1,206475	0,004861	0,000343831	0,006875	0,004508517
1,20166	1,200795	0,000612	0,001491111	0,000865	0,000996165
1,20101	1,20097	2,83E-05	0,001509673	4E-05	0,000574206
1,20107	1,200585	0,000343	0,001461059	0,000485	0,000353869
1,20092	1,20096	2,83E-05	0,001461059	4E-05	9,1585E-05
1,20094	1,200805	9,55E-05	0,000252791	0,000135	9,57599E-05
1,20096	1,200875	6,01E-05	0,000123744	8,5E-05	5,41243E-05
1,20086	1,200795	4,6E-05	0,000131699	6,5E-05	0,00013739
1,20109	1,201005	6,01E-05	5,74524E-05	8,5E-05	0,000120747
1,2009	1,20085	3,54E-05	6,54074E-05	5E-05	0,000199818
1,20129	1,20099	0,000212	5,03814E-05	0,0003	7,49438E-05
1,20117	1,20133	0,000113	8,83883E-05	0,00016	3,32975E-05
1,20096	1,200925	2,47E-05	0,000105182	3,5E-05	0,000203968
1,20088	1,20088	0	9,63433E-05	0	6,66134E-05

1,20298	1,20166	0,000933	8,75045E-05	0,00132	0,000649524
1,20083	1,2006	0,000163	0,000267817	0,00023	0,00197842
1,20112	1,200875	0,000173	0,000280191	0,000245	3,74741E-05
1,20089	1,20094	3,54E-05	0,000317314	5E-05	0,00014986
1,20135	1,200965	0,000272	0,000326153	0,000385	6,24537E-05
1,20057	1,200955	0,000272	0,000160867	0,000385	0,000328797
1,20099	1,20099	0	0,000188267	0	0,000349834
1,201	1,200575	0,000301	0,000144957	0,000425	0,000345548
1,20096	1,20098	1,41E-05	0,000211248	2E-05	1,66528E-05
1,20104	1,20099	3,54E-05	0,000146725	5E-05	2,498E-05
1,20091	1,20083	5,66E-05	8,75045E-05	8E-05	0,000174848
1,20103	1,201035	3,54E-06	0,000101647	5E-06	0,000104088
1,20094	1,200855	6,01E-05	2,74004E-05	8,5E-05	0,000145708
1,20098	1,20086	8,49E-05	3,88909E-05	0,00012	6,66145E-05
1,2008	1,200905	7,42E-05	5,12652E-05	0,000105	6,2449E-05
1,20061	1,20076	0,000106	5,56847E-05	0,00015	3,33111E-05
1,20088	1,20091	2,12E-05	8,13173E-05	3E-05	0,000249873
1,20076	1,20101	0,000177	7,15946E-05	0,00025	0,000108254
1,20097	1,20084	9,19E-05	9,45755E-05	0,00013	6,66245E-05
1,20094	1,200875	4,6E-05	9,89949E-05	6,5E-05	7,91027E-05
1,20091	1,200825	6,01E-05	8,39689E-05	8,5E-05	9,57583E-05
1,20104	1,20089	0,000106	9,36916E-05	0,00015	1,6654E-05
1,20944	1,20955	7,78E-05	7,6014E-05	0,00011	0,007085526
1,20101	1,20106	3,54E-05	7,24784E-05	5E-05	0,006928827
1,20446	1,204385	5,3E-05	6,98268E-05	7,5E-05	0,002810135
1,20076	1,201205	0,000315	6,8059E-05	0,000445	0,002702456
1,20022	1,19995	0,000191	0,000120208	0,00027	0,000674573
1,20086	1,200795	4,6E-05	0,000148492	6,5E-05	0,000479079
1,20095	1,20076	0,000134	0,000151144	0,00019	8,32737E-05
1,20032	1,199994	0,000231	0,000171473	0,000326	0,000796036
1,20101	1,200975	2,47E-05	0,000150437	3,5E-05	0,000545688

7 PRIEDAS

**MAKNICKIENĖS (2012) TYRIMO DUOMENIMISAUTORIAUS
APSKAIČIUOTIEUR/JPY RODIKLIAI**

Realus kursas	Prognozuotas kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
105,519	106,058	0,381131		0,539	
106,372	105,802	0,403051		0,57	0,002682
106,965	103,8625	2,193799		3,1025	0,023592
109,158	107,6655	1,055357		1,4925	0,006549
107,979	108,7025	0,511592	1,00833427	0,7235	0,004173
110,038	108,393	1,163191	1,04094957	1,645	0,003834
108,111	108,6265	0,364514	1,230984518	0,5155	0,012827
107,962	108,327	0,258094	0,773663207	0,365	0,001998
107,952	109,757	1,276328	0,574347483	1,805	0,016626
108,153	107,8755	0,196222	0,765531479	0,2775	0,000709
109,848	107,339	1,774131	0,523789348	2,509	0,007526
108,926	103,055	4,151424	0,87619369	5,871	0,06184
103,868	105,613	1,233901	1,849526175	1,745	0,030415
108,2	107,701	0,352846	1,838919573	0,499	0,036903
108,273	106,9945	0,904036	1,878075611	1,2785	0,011141
108,386	110,251	1,318754	1,660551887	1,865	0,018269
107,411	108,1355	0,512299	0,952384446	0,7245	0,002311
109,256	108,026	0,869741	0,771983828	1,23	0,005726
109,926	109,557	0,260922	0,901207593	0,369	0,002755
110,3945	109,3945	0,707107	0,740429188	1	0,004835
110,708	111,7485	0,735745	0,587517347	1,0405	0,012265
110,156	112,5155	1,668418	0,643378783	2,3595	0,016327
112,443	109,4005	2,151372	0,84304806	3,0425	0,006858
111,075	108,4275	1,872065	1,315660555	2,6475	0,035711
110,62	109,036	1,120057	1,60690016	1,584	0,018357
110,729	110,5145	0,151674	1,702978294	0,2145	0,000954
110,375	111,734	0,960958	1,323792283	1,359	0,009076
110,524	110,9625	0,310066	1,026188716	0,4385	0,005323

110,013	108,825	0,840043	0,635688996	1,188	0,015372
110,271	108,8055	1,036265	0,565685425	1,4655	0,010976
109,7774	107,956	1,287924	0,786833071	1,8214	0,020994
109,882	108,033	1,30744	0,868574615	1,849	0,01589
108,341	106,581	1,244508	1,117918143	1,76	0,030041
108,11	106,2055	1,346685	1,219034413	1,9045	0,019711
107,578	103,907	2,595789	1,296639382	3,671	0,038877
104,377	104,7025	0,230163	1,623605558	0,3255	0,026729
105,9882	105,9874	0,000526	1,354286263	0,000743	0,015429
107,674	105,268	1,701299	1,043290712	2,406	0,006795
105,515	105,7645	0,176423	1,131944225	0,2495	0,017734
106,617	106,0745	0,383605	0,527102762	0,5425	0,005303
107,19	106,6905	0,3532	0,565463305	0,4995	0,000689
107,755	107,3175	0,309359	0,653631831	0,4375	0,001189
106,794	108,29	1,057832	0,305646906	1,496	0,004965
108,208	108,9215	0,504521	0,525999057	0,7135	0,019922
106,089	105,9875	0,071771	0,556227872	0,1015	0,020521
107,549	107,1495	0,282489	0,485870747	0,3995	0,009996
106,359	107,621	0,892369	0,479153233	1,262	0,000669
108,45	106,5735	1,326886	0,437787486	1,8765	0,002017
105,959	103,735	1,572605	0,643378783	2,224	0,043476
104,464	105,7135	0,88353	1,018587318	1,2495	0,002317
106,631	104,5255	1,488813	1,168847509	2,1055	0,000589
105,058	102,5525	1,771656	1,317958652	2,5055	0,038249
105,568	103,423	1,516744	1,429151193	2,145	0,015563
104,354	102,502	1,309562	1,415185834	1,852	0,029043
102,662	102,355	0,217082	1,521693793	0,307	0,019156
104,393	102,9975	0,986768	1,203760907	1,3955	0,003268
104,403	102,0975	1,630235	1,007538775	2,3055	0,021989
102,603	101,18	1,006213	1,035911434	1,423	0,030871
103,458	101,8945	1,105561	0,960074232	1,5635	0,006905
103,311	100,5577	1,946912	1,18219415	2,75335	0,028034
99,669	99,82635	0,111263	1,422230386	0,15735	0,03373
100,499	100,8245	0,230163	1,042487528	0,3255	0,011593

103,297	101,253	1,445326	0,848475104	2,044	0,007503
103,061	100,4455	1,849438	0,933416307	2,6155	0,027605
100,258	98,9866	0,899016	0,909047639	1,2714	0,039534
99,651	100,2305	0,409768	1,105985716	0,5795	0,000274
100,069	97,8724	1,553231	1,150886997	2,1966	0,017848
101,533	98,4262	2,196839	1,177863121	3,1068	0,016417
101,925	97,86195	2,87301	1,264713511	4,06305	0,036156
98,547	96,4612	1,474883	1,758212173	2,0858	0,053606
97,908	96,71595	0,842907	2,024490909	1,19205	0,01858
98,038	97,41555	0,440139	1,846909879	0,62245	0,00503
99,614	97,91095	1,204238	1,407734696	1,70305	0,001296
100,003	99,2212	0,552816	0,990541696	0,7818	0,003943
99,768	98,65795	0,784924	0,760024885	1,11005	0,01345
100,857	99,171	1,192182	0,745529196	1,686	0,005984
99,416	97,1565	1,597708	0,93354005	2,2595	0,036691
100,222	100,6135	0,276832	1,031907442	0,3915	0,012045
100,18	100,4487	0,19	0,962911498	0,2687	0,002262
100,967	98,1205	2,012779	0,814180426	2,8465	0,020558
98,684	98,90165	0,153902	1,01932978	0,21765	0,020456
97,902	99,21985	0,931861	0,658378285	1,31785	0,00543
100,662	101,096	0,306884	0,822135377	0,434	0,032624
101,065	101,72	0,463155	0,851356565	0,655	0,01051
99,601	101,4045	1,275267	0,463950437	1,8035	0,003359
102,796	99,52485	2,313052	0,744291759	3,27115	0,000765
98,853	98,53655	0,223764	1,089589678	0,31645	0,041436
97,72	98,742	0,722663	1,068809577	1,022	0,001123
99,986	101,9878	1,415451	1,133686625	2,00175	0,043673
101,493	100,878	0,434871	1,168732604	0,615	0,008921
100,038	100,2684	0,162917	0,699187185	0,2304	0,012066
99,011	101,1365	1,502955	0,683975551	2,1255	0,010981
102,225	99,7266	1,766636	0,879048634	2,4984	0,007227
100,082	96,8025	2,318957	0,96684478	3,2795	0,053045
98,416	96,29345	1,500869	1,437866284	2,12255	0,037854
98,273	96,26075	1,422876	1,772354308	2,01225	0,021899

97,886	96,82375	0,751124	1,752334347	1,06225	0,014747
98,177	95,93485	1,585439	1,498456497	2,24215	0,019933
98,023	95,62375	1,696526	1,315077192	2,39925	0,026007
96,5	95,3791	0,792596	1,363991303	1,1209	0,026972
94,936	94,539	0,280721	1,206421396	0,397	0,020321
96,059	94,95535	0,780398	1,088820699	1,10365	0,000204
96,641	96,9059	0,187313	0,887560432	0,2649	0,008816
95,834	96,68205	0,599662	0,510257092	0,84805	0,000425
97,178	95,79125	0,98058	0,462023571	1,38675	0,000446
95,795	95,2624	0,376605	0,636988305	0,5326	0,019712
96,932	96,08945	0,595773	0,536039973	0,84255	0,003074
97,446	99,4863	1,44271	0,638155031	2,0403	0,026351
96,968	98,3667	0,98903	0,848917046	1,3987	0,009448
96,669	98,27135	1,133033	0,851029528	1,60235	0,013441
97,782	96,34405	1,016784	1,040136397	1,43795	0,003361
96,573	96,89235	0,225815	1,145389242	0,31935	0,009098
97,002	96,6611	0,241053	0,841165388	0,3409	0,000912
97,065	96,8161	0,175999	0,654171	0,2489	0,001916
98,026	97,21095	0,576327	0,414912582	0,81505	0,001504
98,039	98,3866	0,24579	0,304798378	0,3476	0,003679
98,876	98,556	0,226274	0,30979232	0,32	0,005273
98,441	99,0015	0,396333	0,306097687	0,5605	0,001269
99,146	98,8159	0,233416	0,361181305	0,3301	0,003808
98,474	97,636	0,592555	0,275453447	0,838	0,01523
98,803	98,4077	0,279519	0,362144738	0,3953	0,000673
98,186	98,1711	0,010536	0,375456023	0,0149	0,006396
98,605	99,0065	0,283903	0,279006658	0,4015	0,008357
98,565	98,9789	0,292671	0,291628514	0,4139	0,003792
98,532	98,4698	0,043982	0,216657518	0,0622	0,000966
98,536	98,63005	0,066503	0,157773201	0,09405	0,000995

8 PRIEDAS

MAKNICKIENĖS IR MAKNICKO (2012) TYRIMO DUOMENIMIS
AUTORIAUS APSKAIČIUOTI USD/JPY RODIKLIAI

Realus kursas	Prognuozuotas kursas	STDEV	Slankusis vidurkis	IR-PI	IR-PI/R
79,732	79,89285	0,113738126		0,16085	0,003337
80,282	79,99805	0,200782971		0,28395	0,0081
79,989	80,9323	0,667013827		0,9433	0,00122
79,389	79,89145	0,355285802		0,50245	0,025461
80,597	81,41035	0,5751253	0,334205181	0,81335	0,011083
80,451	81,49025	0,734860722	0,449551975	1,03925	0,019478
81,138	82,01805	0,622289323	0,583071413	0,88005	0,006249
81,106	80,631	0,335875721	0,571890287	0,475	0,001568
81,786	81,23315	0,390923984	0,567037767	0,55285	0,010118
81,545	82,6135	0,755543596	0,520987438	1,0685	0,003128
82,689	81,8001	0,628547218	0,526158156	0,8889	0,009436
81,323	81,90875	0,414187797	0,52772263	0,58575	0,009548
80,225	80,5465	0,22733483	0,547300649	0,3215	0,016409
82,446	81,5414	0,639648794	0,50640336	0,9046	0,001712
82,31	82,58715	0,195974644	0,47742966	0,27715	0,0162
82,867	83,64345	0,54903306	0,369286516	0,77645	0,001453
83,679	82,7466	0,659306363	0,402997832	0,9324	0,004444
83,542	84,05085	0,359811286	0,510990715	0,50885	0,011646
83,935	82,5691	0,965837152	0,441031338	1,3659	0,007539
83,691	83,30225	0,274887761	0,633496965	0,38875	0,023915
83,1	81,6895	0,997374115	0,564960641	1,4105	0,008912
83,378	83,84055	0,327072242	0,649477579	0,46255	0,009671
84,864	82,57165	1,62093623	0,641292818	2,29235	0,028016
84,434	82,48645	1,377125812	0,805067587	1,94755	0,020482
82,812	82,7046	0,075943268	1,0806271	0,1074	0,005372
83,163	83,25685	0,066361971	0,850269388	0,09385	0,000649
82,887	83,10905	0,157013061	0,78509182	0,22205	0,02045
82,926	81,192	1,226123159	0,419111028	1,734	0,02026
82,83	81,2459	1,120127852	0,381360365	1,5841	0,001235

82,446	82,7277	0,19919198	0,642406511	0,2817	0,000652
83,249	82,49975	0,529799756	0,675614013	0,74925	0,007481
81,629	82,6262	0,705126882	0,768810687	0,9972	0,008994
83,25	82,3632	0,627062294	0,638561618	0,8868	0,019488
82,594	81,62765	0,683312638	0,515295228	0,96635	0,021067
82,1733	80,854	0,932885976	0,636325392	1,3193	0,007313
80,88	81,5724	0,489600735	0,737096948	0,6924	0,00634
80,795	80,36725	0,302464926	0,683215411	0,42775	0,006399
81,36	80,278	0,765089537	0,602066069	1,082	0,001763
80,991	81,50346	0,362363941	0,622510294	0,51246	0,015353
81,247	79,74755	1,060271263	0,479879785	1,49945	7,2E-05
81,594	81,25285	0,241229478	0,622547417	0,34115	0,000852
81,508	81,6635	0,109955104	0,607238555	0,1555	0,005049
81,173	81,91955	0,527890567	0,443454947	0,74655	0,003269
81,709	80,90765	0,566640019	0,484836603	0,80135	0,00797
81,334	81,05775	0,195338248	0,361428792	0,27625	0,012275
82,408	80,33565	1,465372738	0,349955985	2,07235	0,029551
82,15	79,9728	1,539512884	0,688810393	2,1772	0,032199
79,991	79,50485	0,343759962	0,941715972	0,48615	0,002085
80,422	79,8242	0,422708434	0,885995958	0,5978	0,004851
80,457	80,0319	0,300591093	0,942838504	0,4251	0,005936
79,862	79,9794	0,083014336	0,651643093	0,1174	0,001645
79,166	79,9934	0,585060151	0,287518456	0,8274	0,002423
79,805	79,35785	0,316182797	0,347843503	0,44715	0,004451
79,926	80,16025	0,165639763	0,321212094	0,23425	0,000282
79,84	79,9485	0,076721086	0,287474262	0,1085	0,000418
79,678	79,87335	0,13813331	0,285900949	0,19535	0,009284
80,322	80,41775	0,067705474	0,174169239	0,09575	0,001185
79,266	80,2268	0,679388195	0,112049908	0,9608	0,0014
81,636	79,377	1,597354219	0,240487016	2,259	0,029991
79,236	79,18765	0,034188613	0,6206453	0,04835	0,001518
79,954	79,1157	0,592767615	0,594659125	0,8383	0,012393
79,1261	78,9631	0,115258405	0,72592466	0,163	0,003139
80,319	79,37445	0,66789771	0,584892213	0,94455	0,004867

79,671	79,9281	0,181797153	0,352528086	0,2571	0,004889
79,461	80,0605	0,423910515	0,389430221	0,5995	0,000536
79,858	79,5036	0,250598643	0,347215946	0,3544	0,004917
79,06	79,46535	0,286625734	0,381051006	0,40535	0,000565
80,66	79,1047	1,099763177	0,285733011	1,5553	0,028497
80,116	78,36145	1,240654203	0,515224517	1,75455	0,023871
78,278	78,20355	0,0526441	0,719410439	0,07445	0,005758
77,266	77,82725	0,396863681	0,669921803	0,56125	0,005877
77,492	77,7201	0,161291057	0,69748129	0,2281	0,016801
79,621	78,79395	0,584812663	0,46286326	0,82705	0,000163
79,476	79,63395	0,111687516	0,298902875	0,15795	0,002189
79,431	79,65	0,154856385	0,313663729	0,219	0,003273
79,514	79,17105	0,242502271	0,253161905	0,34295	0,001374
79,389	79,40475	0,011136932	0,273464709	0,01575	0,005902
79,69	78,92045	0,544154023	0,130045776	0,76955	0,00649
80,251	79,17285	0,762367176	0,238162403	1,07815	0,014364
79,575	79,0983	0,337077803	0,390040101	0,4767	0,001828
78,941	79,42955	0,345457018	0,413683983	0,48855	0,007299
80,269	79,5172	0,531602878	0,497264005	0,7518	0,003219
80,415	80,0106	0,285953982	0,494126219	0,4044	0,000446
79,657	80,37915	0,510637162	0,37502292	0,72215	0,001674
81,326	79,79035	1,085868529	0,41841276	1,53565	0,022496
79,563	79,4965	0,047022601	0,603515638	0,0665	0,008377
79,633	78,8965	0,520784144	0,482370568	0,7365	0,00282
79,503	79,85755	0,250704709	0,541078109	0,35455	0,008666
79,867	80,192	0,229809704	0,476094996	0,325	0,004854
79,906	80,2547	0,246568135	0,26208029	0,3487	0,002659
79,646	80,1185	0,334107954	0,311966673	0,4725	0,005729
80,261	79,1897	0,757523495	0,265297625	1,0713	0,011474
79,875	79,3401	0,378231417	0,392002322	0,5349	0,006693
79,352	79,3404	0,008202439	0,42910775	0,0116	0,00282
78,578	79,12825	0,389085506	0,369516326	0,55025	0,004021
79,109	78,262	0,598919444	0,383260714	0,847	0,013086
78,775	78,07375	0,49585863	0,343609701	0,70125	0,00527

78,77	78,35985	0,290019846	0,373016505	0,41015	0,004188
78,152	78,4401	0,203717464	0,443470857	0,2881	0,004788
78,158	77,7778	0,268841998	0,397128846	0,3802	0,002145
77,862	77,99035	0,090757155	0,314609485	0,12835	0,004737
78,166	78,23085	0,045855875	0,213334116	0,06485	0,001025
78,773	78,2461	0,372574563	0,152293123	0,5269	0,009766
77,905	78,0037	0,069791439	0,194507398	0,0987	0,005595
78,23	78,3409	0,078418142	0,144744758	0,1109	0,001227
78,235	78,326	0,064346717	0,141660005	0,091	0,002236
78,325	78,4099	0,060033366	0,146282715	0,0849	0,002746
78,427	78,54005	0,079938422	0,068147416	0,11305	0,002187
78,557	78,59855	0,029380287	0,070684162	0,04155	0,00023
78,259	78,53895	0,197954543	0,058424698	0,27995	0,002706
78,804	78,4708	0,235607979	0,091826654	0,3332	0,005484
78,726	78,37185	0,250421867	0,135720308	0,35415	0,002786
78,984	78,50665	0,337537422	0,178341169	0,47735	0,00092
79,336	78,9113	0,30030825	0,255380453	0,4247	0,001221
79,557	79,2391	0,224789246	0,28096888	0,3179	0,003002
79,417	79,79585	0,267887404	0,278264196	0,37885	0,002114
79,277	79,5849	0,217718178	0,28263058	0,3079	0,00186
80,069	79,12955	0,664291466	0,252675769	0,93945	0,02405
78,576	78,14335	0,305929749	0,343671573	0,43265	0,001
78,733	78,4974	0,166594358	0,363956699	0,2356	0,000546
78,499	78,776	0,195868578	0,338633438	0,277	0,000622
78,768	78,5478	0,155704913	0,333171038	0,2202	0,002217
78,615	78,5934	0,015273506	0,2060244	0,0216	0,001198
78,377	78,70915	0,234865517	0,133360339	0,33215	0,002064
78,98	78,5388	0,311975512	0,150428129	0,4412	0,009577
78,343	78,2236	0,08442855	0,179454862	0,1194	