



VILNIAUS UNIVERSITETAS

MATEMATIKOS IR INFORMATIKOS FAKULTETAS

INFORMATIKOS KATEDRA

Slenkančių vidurkių tyrimas finansinėse laiko eilutėse

Exploring moving averages for financial time series

Baigiamasis bakalauro darbas

Atliko: Žaimantas Krupavičius

Darbo vadovas: Prof. Dr. Aistis Raudys

Vilnius

2024

SANTRAUKA

Šiame bakalauro darbe yra įvertinami skirtingų slenkančių vidurkių naudojimas finansinių laiko eilučių analizėje. Pristatomas išsamus tyrimas, kuriame pateikiami slenkančių vidurkių privalumai ir trūkumai bei jų taikymo galimybės skirtingose finansinėse situacijose. Tyrimo rezultatai parodo, kad svertinis slenkantis vidurkis (WMA) yra patikimiausias ir efektyviausias variantas analizuojant laiko eilutes, ypačingai tada, kai yra nagrinėjamos paprastosios akcijos. Be to, darbe pristatomas naujai sukurtas slenkantis vidurkis (CMA), kuris gali būti naudingas vertinant finansinius duomenis ir analizuojant jų pokyčius bei lyginant su gautu optimaliu slenkančiu vidurkiu. Išvadose pateikiama, kad ši analizė suteikia vertingą informaciją investuotojams ir analitikams, padedančią suprasti ir prognozuoti finansinių rinkų dinamiką.

Raktiniai žodžiai: slenkantis vidurkis, finansinė laiko eilutė, šiurkštumas, neatitikimas, apimties dydis, impulso atsakas.

SUMMARY

This bachelor thesis evaluates the use of different moving averages in financial time series analysis. It presents a comprehensive study outlining the advantages and disadvantages of moving averages and their application possibilities in various financial situations. The research results indicate that the weighted moving average (WMA) is the most reliable and effective option for analysing time series, particularly when examining common stocks. Additionally, the thesis introduces a newly developed custom moving average (CMA), which can be useful when evaluating financial data and analysing its changes, as well as comparing it to the obtained optimal moving average. The conclusions emphasise that this analysis provides valuable information for both investors and analysts, helping in understanding and forecasting the dynamics of financial markets.

Keywords: moving average, financial time series, roughness, inaccuracy, window size, impulse response.

TURINYS

SANTRAUKA	2
SUMMARY	3
TURINYS	4
TIKSLAS	5
UŽDAVINIAI	5
ĮVADAS	6
LAIKO EILUTĖS	7
1.1. Apie finansines laiko eilutes	7
1.2. Finansinės laiko eilutės biržoje	8
2. SLENKANTYS VIDURKIAI	11
2.1. Apie slenkančius vidurkius	11
2.2. Slenkančių vidurkių tipai	11
2.3. Slenkantys vidurkiai naudojami finansinių laiko eilučių analizavimui	13
3. EKSPERIMENTINIS PROGRAMAVIMO TYRIMAS	15
3.1. Pasirinkti slenkantys vidurkiai ir finansų laiko eilutės	15
3.2. Paprastųjų akcijų duomenų eksperimento tyrimai	16
3.3. Elektroninių valiutų duomenų eksperimento tyrimai	19
4. SUKURTAS SLENKANTIS VIDURKIS	22
4.1. Slenkančio vidurkio sukūrimas	22
4.2. Skirtingų finansinių laiko eilučių duomenų analizė naudojant sukurtą slenkantį vidurkį	23
4.3. Sukurto slenkančio vidurkio svorių pasiskirstymas	24
REZULTATAI	29
IŠVADOS	30
LITERATŪRA	31
PRIEDAI	35
Priedas nr. 1:	35

TIKSLAS

Šio bakalauro darbo tikslas yra išsamiai išanalizuoti slenkančius vidurkius, kurie naudojami finansinių laiko eilučių analizei, nustatyti optimalų vidurkį tyrimams atlikti, taip pat sukurti slenkantį vidurkį ir jį palyginti su kitais metodais.

UŽDAVINIAI

Šio bakalauro darbo projekto uždaviniai:

1. Atlikti literatūros analizę:
 - Surasti informaciją apibūdinančią skirtingas finansinių eilučių savybes bei privalumus su trūkumais.
 - Išanalizuoti įvairių slenkančių vidurkių tipus, jų formules ir charakteristikas.
 - Išnagrinėti sukurtų slenkančių vidurkių charakteristikas bei savybes.
2. Išnagrinėti laiko eilutes:
 - Identifikuoti ir apžvelgti pagrindinius kintamuosius finansinėse laiko eilutėse.
 - Suprasti ir pateikti laiko eilučių dinamiką ir pagrindinius jų bruožus.
3. Išanalizuoti slenkančius vidurkius:
 - Apibrėžti slenkančių vidurkių tipus, įskaitant paprastąjį, eksponentinį ir t.t.
 - Taikyti slenkančių vidurkių analizę finansinėms laiko eilutėms, identifikuojant tendencijas ir svarbius momentus.
4. Ištirti geriausią slenkantį vidurkį paprastųjų akcijų analizavimui:
 - Palyginti skirtingų slenkančių vidurkių efektyvumą tendencijų prognozavime.
 - Įvertinti kiekvieno slenkančio vidurkio pranašumus ir trūkumus, pasitelkiant šiurkštumo ir neatitikimo apskaičiuotus parametrus.
 - Remiantis tyrimo rezultatais, nustatyti optimalų slenkantį vidurkį paprastųjų akcijų kontekste.
5. Ištirti geriausią slenkantį vidurkį elektroninių valiutų analizavimui:
 - Nustatyti, kuris slenkantis vidurkis geriausiai atitinka kintančias kriptovaliutų rinkos sąlygas.
 - Išnagrinėti, kaip skirtingi slenkantys vidurkiai susidoroja su sparčiai kintančiomis elektroninių valiutų kainų tendencijomis.
 - Remiantis išvadomis, nustatyti, kuriuo slenkančiu vidurkiu būtų efektyviausia analizuoti kriptovaliutų kainų judėjimą.
6. Ištirti sukurtą slenkantį vidurkį:
 - Apibrėžti slenkančio vidurkio formulę, savybes ir kitas charakteristikas.
 - Išnagrinėti, kaip impulsyvus atsakas atsivaizduoja grafikuose ir paveikia svorių aibes.
7. Atlikti sukurto slenkančio vidurkio tyrimus imant paprastas akcijas:
 - Apskaičiuoti, kaip šis slenkantis vidurkis veikia su „Apple Inc.“ finansine eilute.
 - Išnagrinėti, kaip tie patys slenkantys vidurkiai gali paveikti ir ar yra veiksmingi kitoms finansinėms eilutėms.

IVADAS

Dinamika ir nepastovumas finansinėse rinkose kelia iššūkius visiems, kurie siekia suprasti ir prognozuoti ekonominę veiklą. Šio bakalauro darbo tikslas yra glaudžiai išnagrinėti šiuos iššūkius, atidžiai analizuoti finansines laiko eilutes ir įvertinti slenkančių vidurkių pritaikymo galimybes šioje analitinėje veikloje. Šių tyrimų esmė ne tik teoriškai apibrėžti slenkančių vidurkių principus, bet ir pritaikyti juos realiose finansinėse situacijose. Dėmesys bus skiriamas ne tik teoriniams aspektams, bet ir konkrečių finansinių duomenų interpretavimui. Peržiūrėjus pagrindinius kintamuosius finansinėse laiko eilutėse, bus sukurta metodologija, kuri padės mums efektyviai analizuoti ir prognozuoti tendencijas. Šio darbo uždaviniai susideda iš kelių etapų. Pradžioje bus išnagrinėta, kas yra laiko eilutės ir kaip jos atsispindi finansinėje veikloje. Tolesnis tyrimas susitelks į slenkančių vidurkių teorinius aspektus ir jų taikymą konkrečioms laiko eilutėms, siekiant sukurti išsamų finansinės dinamikos vaizdą, remiantis neatitikimo ir šiurkštumo parametrais. Taip pat bus sukurtas unikalus slenkantis vidurkis, kuris bus išnagrinėtas bei pritaikytas įvairioms finansinėms eilutėms. Toliau bus vertinama, kaip impulso atsakas veikia svorių aibes ir jų kitimus. Galiausiai, bus ištirta, koks slenkantis vidurkis yra optimalus konkrečių finansinių duomenų analizėje, atsižvelgiant į jų specifiką ir kintamumą.

Šis tyrimas siekia ne tik išplėsti teorinį supratimą apie slenkančius vidurkius, bet ir praktiškai pritaikyti juos sprendžiant konkrečius finansinius iššūkius. Galutinės išvados ir rekomendacijos turėtų tapti vertingu įnašu analitikams, investuotojams ir visiems, kurie siekia suprasti finansinių rinkų dinamiką.

LAIKO EILUTĖS

1.1. Apie finansines laiko eilutes

Laiko eilutė yra verčių seka, išdėstyta chronologiškai ir stebima laikui bėgant [THS21]. Tai gali būti bet kokio kintamojo reikšmės, pavyzdžiui, temperatūra, kainos, gyventojų skaičius ar kiti duomenys. Laiko eilutės duomenys dažnai yra tarpusavyje priklausomi, o tai reiškia, kad vėlesnės reikšmės gali būti susijusios su ankstesnėmis. Šių eilučių analizė yra plačiai naudojama įvairiose srityse, įskaitant ekonomiką, finansus, mediciną, meteorologiją. Ji padeda suprasti įvairius reiškinius, tokius kaip ekonomikos augimas, kainų pokyčiai, ligos plitimas ar oro sąlygų tendencijos. Taip pat, laiko eilučių analizė dažnai naudojama tiriant ir prognozuojant tam tikrų reiškinių, procesų arba dydžių elgesį per laikotarpį [IAA19].

Finansinės laiko eilutės, tokios kaip akcijų ar valiutų rinka, turi netiesinę, sudėtingą ir chaotišką struktūrą. Tai reiškia, kad jų pokyčiai negali būti aprašyti tiesine funkcija, t.y. jie dažnai neprognozuojami [AKA21]. Finansinių laiko eilučių netiesinė struktūra taip pat lemia, kad jos yra jautrios įvairiems veiksniams, tokiems kaip politiniai įvykiai, ekonomikos pokyčiai ar psichologiniai veiksniai. Tai dar labiau apsunkina jų prognozavimą.

Laiko eilutės paprastai apibūdinamos trimis komponentais: tendencija, sezoniškumu ir netaisyklingais komponentais [THS21]. Plačiau apie komponentus:

I. Tendencija:

- Laiko eilutės bendras judėjimas, kuris nepriklauso nuo sezoniškumo ar nelygmenų;
- Ilgalaikis laiko eilutės judėjimas;
- Gali būti tiesinis, eksponentinis arba parabolinis.

II. Sezoniškumas:

- Laiko eilutės pokyčiai, kurie kartojasi reguliariais intervalais;
- Gali būti naudingi prognozuojant, kai laikotarpiai yra panašūs;
- Sukeliami veiksniai, tokių kaip klimato ar ekonominių ciklų.

III. Netaisyklingi komponentai:

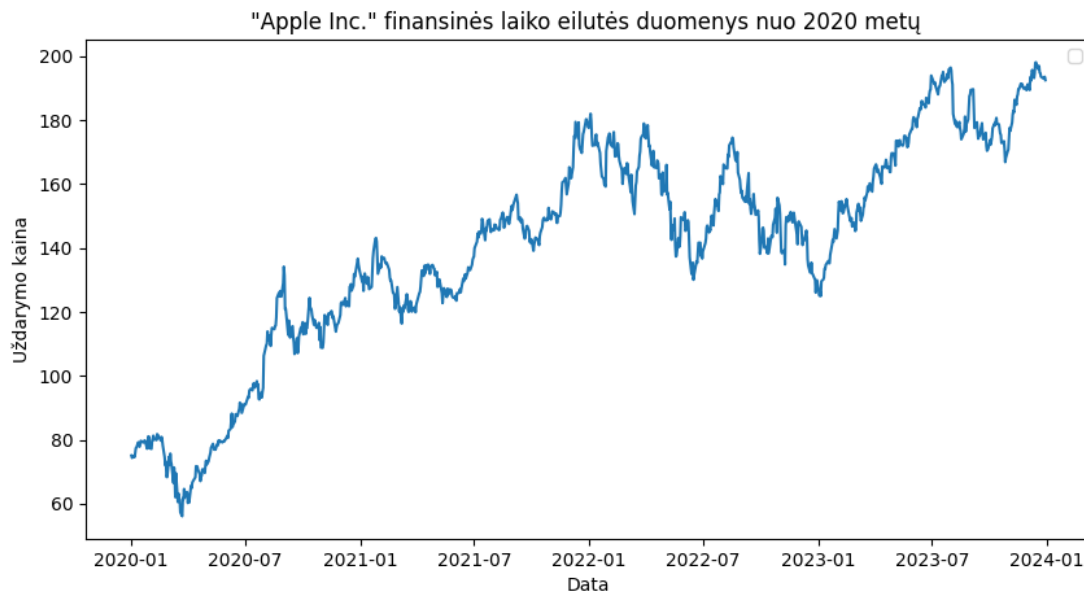
- Laiko eilutės vertės, kurios lieka po to, kai yra pašalinta tendencija ir sezoniškumas;
- Gali būti įvairios kilmės, todėl prognozuoti juos yra sunku.

Laiko eilučių analizė yra galingas įrankis, kuris gali būti naudojamas įvairiems tikslams. Tinkamai naudojant, ši analizė gali padėti geriau suprasti pasaulį aplink mus ir priimti pagrįstus sprendimus, kurie turi įtakos mūsų gyvenimui [ZLZ19].

1.2. Finansinės laiko eilutės biržoje

Finansų rinka yra svarbus ekonomikos elementas, suteikiantis įmonėms galimybę pritraukti kapitalą iš investuotojų [KKK21]. Vienas iš būdų, kaip įmonės gali tai padaryti, yra taikant pirminio viešo siūlymo (IPO) procedūrą. IPO metu įmonė parduoda savo akcijas visuomenei pirmą kartą. Tai leidžia įmonei pritraukti didesnę kapitalą, nei ji galėtų pritraukti iš privačių investuotojų. IPO procedūra yra sudėtinga ir reikalauja daug laiko bei išteklių. Įmonė turi paruošti IPO prospektą, kuriame pateikiama informacija apie įmonę, jos verslą ir finansinę būklę. Taip pat turi būti atlikta pradinės kainos nustatymo procedūra, siekiant nustatyti, kokia kaina bus parduodamos akcijos [Hon21].

Akcijų rinka yra svarbi šalies ekonomikos dalis ir atlieka svarbų vaidmenį pramoniniams ir komerciniams instrumentams. Paprastai daugumoje tyrimų analizuojami dideli istorinių atsargų duomenų kiekiai ir išgaunama reikšminga informacija [DNH20]. Investuotojai, kurie investuoja į akcijas bei valiutas, turi būti pasirengę rizikai. Finansinių laiko eilučių kainos gali nukristi, o investuotojai gali patirti nuostolių. Tačiau investuotojai, kurie investuoja į geras akcijas ar valiutas ilgalaikėje perspektyvoje, gali uždirbti pinigų [KUM21]. Dauguma klientų ir rinkų sukasi aplink internetinę prekybą, kuri yra prieinama visiems, o nariai gali lengvai investuoti iš bet kur ir gauti naudos turėdami mažai žinių akcijų rinkoje, tačiau realybė yra kitokia [SSM23]. Vis tik atsiranda ir sunkumų - rinkos tampa vis sudėtingesnės, dėl to, kad jose dalyvauja vis daugiau dalyvių ir jose vyksta vis daugiau sandorių. Tai reiškia, kad investuotojams tampa vis sunkiau suprasti rinką ir priimti geresnius sprendimus. Finansinių laiko eilučių rinkų tyrimai gali padėti investuotojams suprasti rinką ir priimti geresnius sprendimus. 1 paveiksle yra pavyzdys kaip atrodo finansinė laiko eilutė naudojant „Apple Inc.“ duomenis nuo 2020 metų.



1 pav. „Apple Inc.“ Finansinės laiko eilutės duomenys nuo 2020 metų.

Finansinės laiko eilutės yra sekos skaitinių reikšmių, stebimų laikui bėgant [WCW20]. Rinkoje pagrindiniai naudojami duomenys yra:

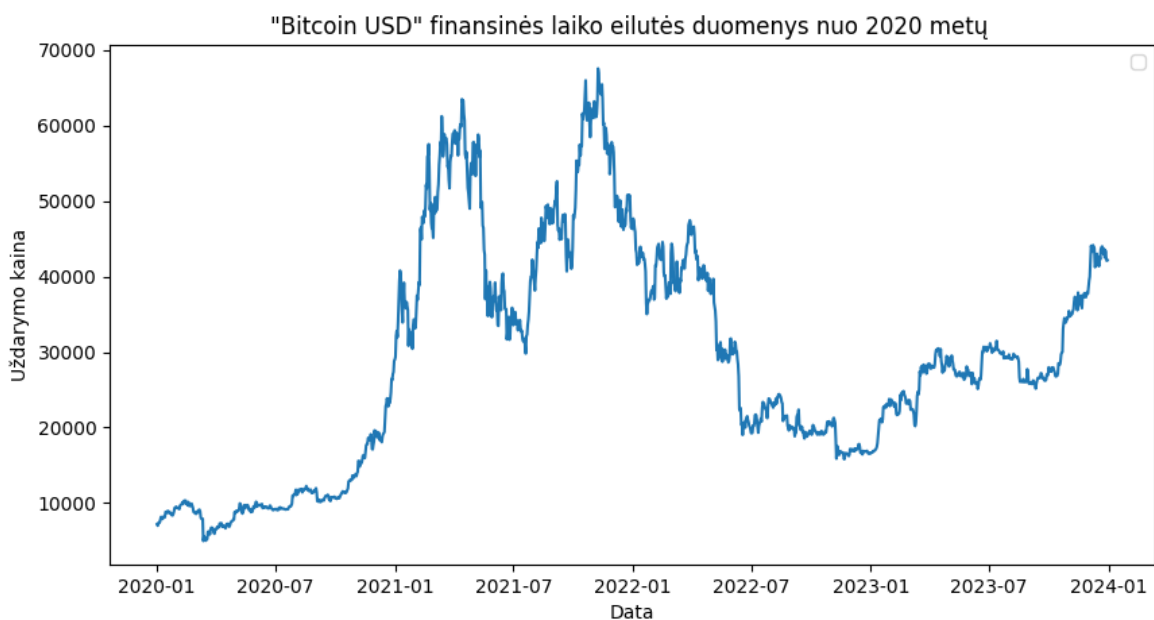
- Atidarymo kaina (angl. *open*);
- Uždarymo kaina (angl. *close*);
- Aukščiausia dienos kaina (angl. *high*);
- Žemiausia dienos kaina (angl. *low*);
- Kiekis (angl. *volume*).

Labiausiai paplitęs finansinių laiko eilučių tipas yra kainų eilutė, kuri parodo vertybinio popieriaus uždarymo kainą atitinkamais laiko tarpais: kasdien, kas savaitę, kas mėnesį arba kas ketvirtį [SGO20]. Kainų eilutės analizė gali padėti nustatyti tendencijas, sezoninius pokyčius ir kitus veiksnius, kurie gali paveikti kainų pokyčius. Tinkamai naudojant, finansinių laiko eilučių analizė gali padėti prekybininkams priimti geresnius sprendimus ir padidinti savo pelno tikimybę [WCW20].

Kripto valiuta yra technologija, kuri naudoja blokų grandinę (angl. *blockchain*), iš kurių viena yra skaitmeniniai pinigai, elektroniniai pinigai arba virtualūs pinigai, tai reiškia jog šie pinigai neturi fizinės formos. Visos kriptovaliutos išsiskiria į 2 skirtingus tipus: centralizuotos ir decentralizuotos. Centralizuotos kriptovaliutos veikia vienos įmonės ar institucijos valdžia, priklausydamos nuo tarpininkų ir hierarchinės valdymo struktūros, tuo tarpu decentralizuotos kriptovaliutos funkcionuoja tarpusavyje susijusioje tinklo struktūroje, leisdamos vartotojams tiesioginę kontrolę, pasitikėjimą, ir

decentralizuotą sutarimo mechanizmą. Naudojant šią technologiją, visos vykstančios operacijos gali tapti labai skaidrios ir visi esami duomenys bus susiję vienas su kitu [ACD20].

Kripto valiutos yra vienas iš sparčiausiai augančių finansinių eilučių tipų šiais laikais, išsiskiriantis dideliu visuomenės, akademinės bendruomenės ir finansų pramonės susidomėjimu. Nuo pat „Bitcoin“ atsiradimo pradžios, šis kripto valiutos pionierius pritraukė didžiulį dėmesį žiniasklaidoje, akademinėje aplinkoje ir finansų sektoriuje. Pastaruoju metu pasaulinis susidomėjimas kripto valiutomis išaugo dramatiškai, nustatant šią finansinę priemonę kaip vieną iš svarbiausių ir dinamiškiausių rinkų pasaulyje. Šis nuolat augantis kripto valiutų populiarumas taip pat padidino finansų rinkų dinamiką ir suteikė investuotojams naujų galimybių [FBS22]. Šios virtualios valiutos, tampa svarbiais kintamaisiais finansų rinkose, kurios patiria nuolatinius pokyčius ir plėtros perspektyvas. Todėl vis didesnis susidomėjimas šiomis kripto valiutomis skatina plačiau tyrinėti jų dinamiką, vertinti rinkos tendencijas ir naudoti įvairias analitinės metodologijas, įskaitant finansinių laiko eilučių analizę su slenkančiais vidurkiais [CGR18]. 2 paveiksle galima matyti kaip atrodo „Bitcoin USD“ finansinės laiko eilutės duomenys nuo 2020 metų.



2 pav. „Bitcoin USD“ Finansinės laiko eilutės duomenys nuo 2020 metų.

Taigi, laiko eilučių analizė yra galingas įrankis, kuris gali būti naudojamas įvairiems tikslams [IAA19]. Naudojant šią analizę tinkamai, galima gauti gilesnį supratimą apie mus supantį pasaulį ir priimti pagrįstus sprendimus, kurie turėtų įtakos mūsų gyvenimo kokybei.

2. SLENKANTYS VIDURKIAI

2.1. Apie slenkančius vidurkius

Vienas iš plačiai naudojamų laiko eilučių analizavimo metodų yra slenkančio vidurkio metodas. Nors pastaruoju metu buvo sukurta daug kitų minkštųjų skaičiavimo metodų, galima rasti pavyzdžių, tokių kaip Stevensonso ir Porterio, Hansuno ir Popoolos darbuose, tačiau slenkančio vidurkio metodas daugelio žmonių vis dar laikomas geriausiu dėl jo lengvumo, objektyvumo, patikimumo ir naudingumo. Slenkančio vidurkio metodas yra įvairių formų, tačiau jų pagrindinis tikslas išlieka tas pats - tai yra sekti tendenciją duotų laiko eilučių duomenų nustatyme [Han13][KAB20].

2.2. Slenkančių vidurkių tipai

Slenkančių vidurkių tipų yra labai daug. Jie skiriasi savo skaičiavimais, formulių pritaikomumais, skirtingais tikslais. Visų pirma, lengviausias slenkančio vidurkio tipas, kurį galima apskaičiuoti, yra paprastas slenkantis vidurkis (SMA)[GAS20]. SMA kiekvienas laiko eilutės duomenų taškas yra vertinamas vienodai, neatsižvelgiant į tai, kurioje sekos vietoje jis yra. Paprastas slenkantis vidurkis (SMA) yra įprastas vidurkis, ankstesnių n duomenų taškų laiko eilučių duomenyse. Kiekvienas taškas laiko eilučių taške yra vienodos vertės [Han13].

$$SMA = \frac{P_M + P_{M-1} + \dots + P_{M-(n-1)}}{n} \quad (1)$$

Formulėje (1) skaičiuojama duomenų taško reikšmė nustatytame laikotarpyje, naudojant duomenų taškų verčių skaičiavimus. Norint toliau skaičiuoti nuoseklias reikšmes, nauja reikšmė įeina į formulės sumą su seniau suskaičiuotais duomenimis.

$$SMA_{Today} = \frac{P_M}{n} + SMA_{Yesterday} \frac{P_{M-n}}{n} \quad (2)$$

Svertinis slenkantis vidurkis (WMA) yra SMA patobulinimas, suteikiantis svorio koeficientą kiekvienam laiko eilučių duomenų taškui. Tai suteikia didesnę svorį naujesniems duomenims, nei senesniems. Svorio koeficientai yra parenkami atsižvelgiant į dienų kiekį, naudojant paprastąją aritmetinę progresiją, t.y. paskutinės reikšmės svorio koeficientas bus n , priešpaskutinės – $(n-1)$ ir t.t., o pirmosios - 1.

$$WMA = \frac{nP_M + (n-1)P_{M-1} + \dots + 2P_{(M-n+2)} + P_{(M-n+1)}}{n + (n-1) + \dots + 2 + 1} \quad (3)$$

EkspONENTINIS slenkantis vidurkis (EMA) yra WMA alternatyva, kurioje eksponentinis skaičius yra naudojamas kaip pagrindas, formuojant svorio koeficientus laiko eilutės analizėje. EkspONENTINIS slenkantis vidurkis (EMA) yra toks WMA tipas, kuris kiekvienai duomenų reikšmei priskiria svorio koeficiento seriją pagal savo amžių. Kaip ir WMA, EMA naujausi duomenys gauna didžiausią svorį, o kiekviena duomenų reikšmė gauna mažesnę svorį, kai grįžtame chronologiškai. Bet skirtingai nei WMA, EMA kiekvieno senesnio duomenų taško svoris mažėja eksponentiškai, todėl niekada nepasiekia nulio.

$$EMA_1 = SMA_1$$

$$EMA_t = a \times X_t + (1 - a) \times EMA_{t-1} \quad (4)$$

Laiko eilutės EMA gali būti apskaičiuojama rekursyviai, kur laiko periodo vertė ir reiškia svorio sumažėjimo laipsnį - nuolatinį išlyginimą, kur a yra nuo 0 iki 1. Paprastai apskaičiuojamas naudojant formulę, kur n yra apimties dydis:

$$a = \frac{2}{n+1} \quad (5)$$

Trikampinis slenkantis vidurkis (TMA) yra paprastas slenkantis kainų vidurkis, išlygintas kitu paprastu slenkančiu vidurkiu, kurio vidurkinimo langas yra toks pat [ZZ17]:

$$TMA_t(m) = SMA_n(SMA_n(P)) \quad (6)$$

Atkreipus dėmesį, kad bet kuriam slenkančiam vidurkiui, kurio vidurkio dydis yra baigtinis n langas, dvigubas slenkantis kainų vidurkis yra naujas kainų slenkančio vidurkio tipas, apskaičiuojamas naudojant lango dydį $m = 2n - 1$.

Kiekio svertinis slenkantis vidurkis (VWMA) yra prekybininkų aktyviai naudojama metrika, akcijų ar valiutų rinkų tendencijų nustatyme [SV21]. Šioje metrikoje taip pat atsižvelgiama į kiekį, nes kai kiekis yra mažas, reikia mažiau sandorių, kad kaina būtų paveikta. Todėl naudojant šį rodiklį yra atsižvelgiama į kiekio pokyčius, taip pat kaip ir į kainų pokyčius. VWMA galima suskaičiuoti naudojantis šia formule:

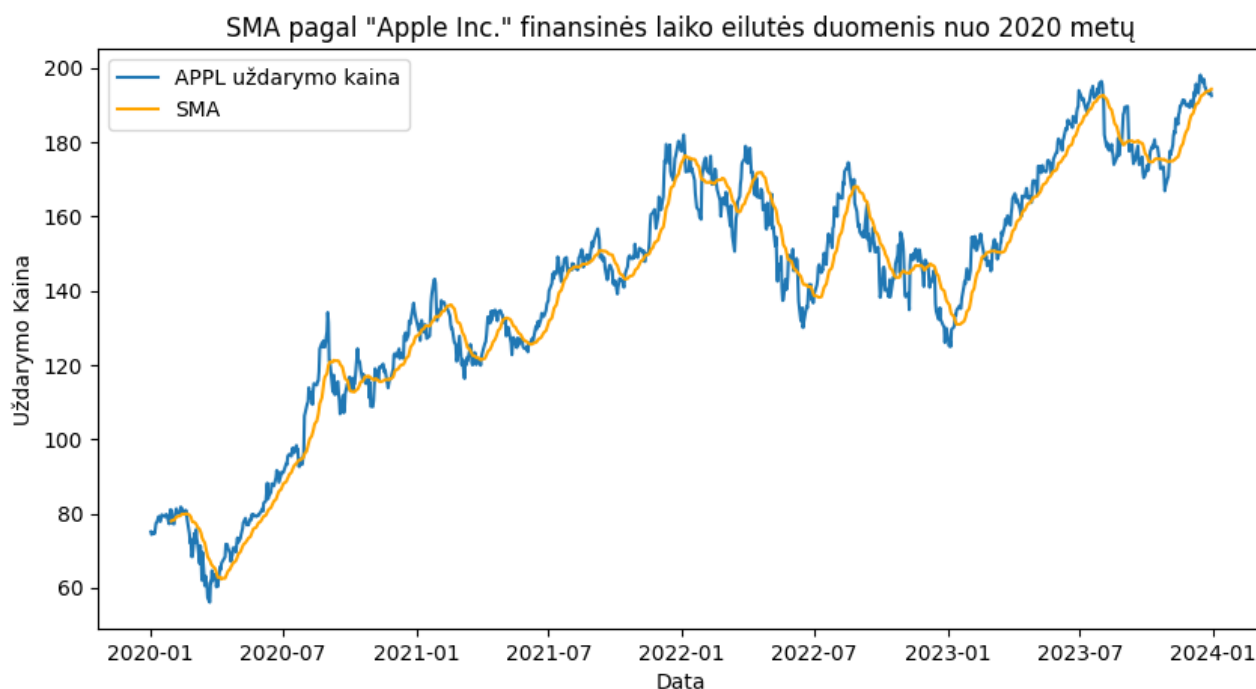
$$VWMA = \frac{\sum Price * Volume}{\sum Volume} \quad (7)$$

Finansinių laiko eilučių nuokrypis nuo VWMA gali būti laikomas nuotaikos matu, kuris vizualizuoja minios psichologiją. Nuokrypis parodo, kaip investuotojai dažnai kaupia ar išleidžia dėl

anksčiau minėto neracionalumo. Kadangi nuokrypis auga bet kuria kryptimi, tai duoda pagrindą manyti, kad yra galima tikėtis kilimo ir grįžimo link vidurkio.

2.3. Slenkantys vidurkiai naudojami finansinių laiko eilučių analizavimui

Sparčiai augant pasaulio ekonomikai, finansų verslas tampa vis sudėtingesnis ir neprognozuotesnis [XZW20]. Laiko eilutės duomenys yra reiškinio stebėjimo duomenų laikinė seka, kuri dažniausiai apima didžiulius duomenų kiekius, didelius matmenis ir yra nuolat atnaujinama [KKK21]. Šie duomenys yra priklausomi, o tai reiškia, kad ankstesnės reikšmės turi įtakos būsimoms reikšmėms. Laiko eilučių analizė yra statistikos sritis, kuri tiria laiko eilučių duomenis, siekdama aprašyti jų generuojantį mechanizmą bei prognozuoti būsimąsias reikšmes. Tikslūs rinkos modeliai yra svarbūs investuotojams ir prekybininkams, nes jie gali padėti priimti geresnius, duomenimis pagrįstus, sprendimus [NNJ20]. Šie modeliai gali būti naudojami siekiant sumažinti investavimo riziką, pasirinkti pelningiausias akcijas ir elektronines valiutas ir suprasti rinkos tendencijas. Pažangūs akcijų rinkos modeliai gali būti kuriami naudojant netradicinius duomenis, pvz.: istorines akcijų kainas ir naujienas. Šie duomenys gali padėti modeliams geriau prognozuoti būsimas akcijų kainas ir prekybos tendencijas [BP20]. 3 paveiksle yra pavyzdys kaip atrodo paprasto slenkančio vidurkio (SMA) grafikas naudojant „Apple Inc.“ duomenis nuo 2020 metų su apimties dydžiu 20.



3 pav. Paprasto slenkančio vidurkio grafikas pagal „Apple Inc.“ finansinės laiko eilutės duomenis nuo 2020 metų su apimties dydžiu 20

Slenkantys vidurkiai yra įprasta techninės analizės priemonė, naudojama kainų duomenims išlyginti ir finansinių laiko eilučių tendencijoms nustatyti. Slenkantys vidurkiai gali būti naudojami kainų duomenų tendencijoms nustatyti įvairiais būdais, pavyzdžiui: prekiautojas gali ieškoti kainos, viršijančios arba esančios žemiau už slenkantį vidurkį, kad signalizuotų apie tendencijos pasikeitimą. Slenkantys vidurkiai taip pat gali būti naudojami nustatant palaikymo ir pasipriešinimo lygius – sritis, kuriose kaina gali susilaukti palaikymo (išlaikymas) arba pasipriešinimo (atsimušimas). Slenkančių vidurkių prekybos taisyklė yra seniausia ir viena populiariausių prekybos taisyklių praktikoje. $\{P_1, P_2, \dots, P_t\}$ pažymime stebėjimų seriją, kurioje yra pavaizduotos finansinio turto uždarymo kainos per tam tikrą laiko tarpą. Laikas t žymi dabartinį laiką, kai paskutinė uždarymo kaina P_t yra stebima. Tendencijos, atitinkančios techninės prekybos taisykles, naudoja šias kainas kryptingai numatyti ne per vėlesnį laikotarpį nei laiko $t + 1$ [ZG20]. Slenkantys vidurkiai nėra be apribojimų - jie gali lėtai reaguoti į kainų pokyčius ir taip pat gali turėti įtakos duomenų triukšmams. Štai keletas finansinių laiko eilučių slenkančių vidurkių naudojimo pranašumų:

- **Išlyginimas:** slenkantys vidurkiai gali išlyginti kainų duomenis ir padaryti tendencijas labiau matomas. Vidurkiai glotnina finansines laiko eilutes nuo duomenų šuolių.
- **Tendencijos identifikavimas:** slenkantys vidurkiai gali būti naudojami kainų duomenų tendencijoms, pvz., augimui, mažėjimui ir šalutinėms tendencijoms nustatyti.
- **Paramos ir pasipriešinimo identifikavimas:** slenkančius vidurkius galima naudoti norint nustatyti palaikymo ir pasipriešinimo lygius – sritis, kuriose kaina gali rasti palaikymą (nuoseklumą) arba pasipriešinimą (nukrypimą).
- **Prekybos įėjimo ir išėjimo signalai:** slenkantys vidurkiai gali būti naudojami norint generuoti prekybos pradžios ir išėjimo signalus, pvz.: pirkti, kai kaina viršija slenkantį vidurkį, ar parduoti, kai kaina yra mažesnė už slenkantį vidurkį.
- **Reakcijos atsilikimas:** slenkantys vidurkiai gali atsilikti nuo kainų pokyčių, todėl jie yra mažiau veiksmingi nustatant trumpalaikes tendencijas. Reakcijos atsilikimas yra dažnas slankiųjų vidurkių trūkumas. Tai reiškia, kad slenkantys vidurkiai gali šiek tiek užtrukti, kol sureaguos į kainų pokyčius [YCQ23]. Taip yra todėl, nes slenkantys vidurkiai apskaičiuojami suvidurkinant duomenų taškų rinkinį ir užtrunka laiko, kol naujausi duomenų taškai bus įtraukti į vidurkį. Dėl to slenkantys vidurkiai gali atsilikti nuo trumpalaikių kainų pokyčių. Tai reiškia, kad jie gali nesugebėti užfiksuoti viso kainos pokyčio masto, kol jis dar neįvyko.

3. EKSPERIMENTINIS PROGRAMAVIMO TYRIMAS

3.1. Pasirinkti slenkantys vidurkiai ir finansų laiko eilutės

Ekspimento pradžioje buvo svarbu atidžiai išanalizuoti, kokius slenkančius vidurkius pasirinkti šiam tyrimui, atsižvelgiant į jų skirtingus bruožus ir teorines prielaidas. Šis etapas leido geriau suprasti kiekvieno vidurkio unikalumą bei nustatyti, kaip jie gali įnešti įvairią perspektyvą į finansinių laiko eilučių analizę. Pasirinktieji vidurkiai, kurie aprašyti anksčiau - SMA, EMA, WMA, TMA ir VWMA. Atrinkdami dešimt skirtingų laiko eilučių, kurios bus pateiktos vėliau šiame darbe, siekiama įtraukti į eksperimentą įvairius finansinių eilučių instrumentus. Kiekviena laiko eilutė yra atidžiai parinkta, vertinant jų savybes ir potencialą atskleisti skirtingas finansines dinamikas. Tai suteikia galimybę sukurti reprezentatyvią ir įvairiapusišką laiko eilučių grupę. Tyrimo metodologija, grindžiama statistiniais metodais, leis įvertinti kiekvieno slenkančio vidurkio efektyvumą. Vidurkio skaičiavimai, svorio priskyrimas ir parametru nustatymas padės giliau suprasti, kaip kiekvienas vidurkis atspindi finansinių rinkų pokyčius.

Šis tyrimas pasikliaus skirtingų slenkančių vidurkių šiurkštumo ir neatitikimo skaičiavimu, kas padės lengviau suprasti, kuris vidurkis yra geresnis skirtinguose scenarijuose. Šie du pagrindiniai aspektai – neatitikimas ir šiurkštumas - yra skaičiuojami pagal atitinkamas formules. Pirmiausia imant neatitikimo apibrėžimą – tai yra absoliutus skirtumas tarp finansinės laiko eilutės dienos uždarymo kainos (angl. *close*) ir tos pačios dienos slenkančio vidurkio vertės [RP16]. Čia yra parodoma matematinė šios reikšmės formulė:

$$inaccuracy^{ma} = \frac{\sum_{i=1}^t |(close_i - ma_i)|}{t} \quad (8)$$

Kitas pasirinktas skaičiavimas yra šiurkštumas, kuris apibrėžiamas kaip absoliutaus skirtumo tarp skirtumo šalia esančių gautų reikšmių slenkančių vidurkių ($ma_3 - ma_2$) ir skirtumo pasislinkusių kitų dviejų slenkančių vidurkių reikšmių ($ma_2 - ma_1$) skaičiavimas. Šios formulės tikslas yra surasti, koks yra absoliutus skirtumas imant palaipsniui visus duomenis iš suskaičiuoto slenkančio vidurkio [RP16]. Štai matematinė jo formulė:

$$roughness^{ma} = \frac{\sum_{i=3}^t |(ma_i - ma_{i-1}) - (ma_{i-1} - ma_{i-2})|}{t} \quad (9)$$

Galutinėje analizėje tikimasi išryškinti, kuris slenkantis vidurkis yra optimalus finansinės analizės kontekste. Toks išsamesnis slenkančių vidurkių pažinimas turėtų suteikti geresnį supratimą

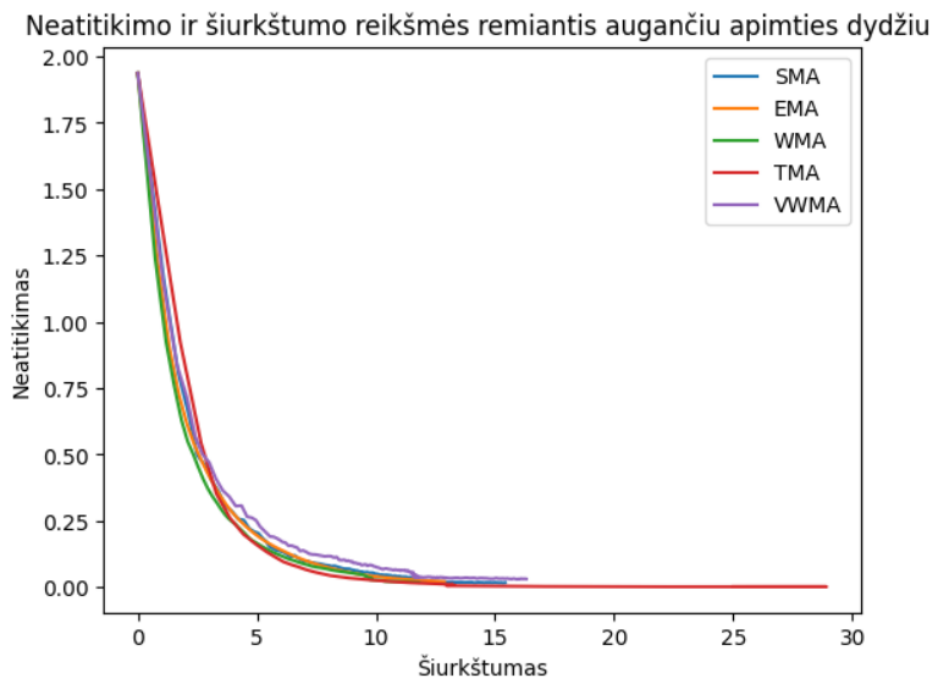
apie tai, kaip šie statistiniai įrankiai gali būti taikomi sprendžiant praktinius finansinius uždavinius ir prognozuojant rinkos kryptis ateityje.

3.2. Paprastųjų akcijų duomenų eksperimento tyrimai

Šiame eksperimente sukurtas kodas buvo vykdomas 100 kartų, kiekvieną kartą pasirinkus skirtingus duomenis. Kiekviena funkcija suprogramuotame kode atlieka svarbų vaidmenį, atskirame eksperimentinės analizės etape ir prisideda prie išsamesnio supratimo apie skirtingų slenkančių vidurkių taikymą finansinėje analizėje, naudojant formules neatitikimo ir šiurkštumo skaičiavimui. Kodas yra struktūrizuotas, jame taikomos modulinės funkcijos, atliekančios specifinius uždavinius nuo duomenų parsisiuntimo iki analitinės apžvalgos ir rezultatų vizualizavimo.

Tai apėmė įvairias paprastas akcijas, siekiant gauti įvairias laiko eilučių reikšmes, taip pat skirtingus laiko periodus ir slenkančių vidurkių apimtį dydžius. Visi skaičiavimai buvo atlikti naudojant anksčiau aprašytą savo sukurtą kodą: buvo skaičiuojami penki skirtingi slenkantys vidurkiai, naudojant keturis skirtingus apimtį dydžius, kiekvienam iš jų analizuojant dešimt skirtingų finansinės rinkos laiko eilučių, kuomet šiurkštumo bei neatitikimo kiekvienas koordinatės taškas atspindi vidurkį visų (vieno slenkančio vidurkio) verčių vienam apimtį dydžiui. Sekantis taškas atspindi vidurkį visų verčių sekančiam apimtį dydžiui ir taip toliau.

Žemiau pateiktame grafike yra vienas iš pavyzdžių kaip atrodo slenkančių vidurkių grafikai, pagal „Apple Inc.“ (AAPL) finansinę laiko eilutę, naudojant istorinius duomenis per pastaruosius 2 metus, taikant apimtį dydžius nuo 1 iki 200, analizuojant jog šiurkštumas pavaizduotas X ašyje, o neatitikimas atspindi Y koordinačių ašyje:



4 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių grafikas pagal šiurkštumą ir neatitikimą naudojantis paprastųjų akcijų laiko eilutėmis

4 paveiksle pavaizduotas grafikas pateikia visus 5, panašius į eksponentinius, grafikus, sudarytus remiantis duotais duomenimis. Galima matyti, jog grafiko kreivės nėra tokio pačio ilgio, kadangi šios kreivės susidaro iš 200 skirtingų taškų kur paskutinis iš jų yra su apimties dydžiu lygiu 200 ir tai gali skirtis lyginant tarp skirtingų slenkančių vidurkių. Norint atrasti geriausią slenkantį vidurkį, pagrindinis tikslas yra ieškoti, kuris koordinatų taškas yra arčiausiai taško (0,0). Pagal pavaizduotą pavyzdinį grafiką galima matyti, kad svartinis slenkantis vidurkis (WMA) yra artimiausias norimam taškui. Tai leidžia daryti išvadą, jog mažiausias neatitikimas ir šiurkštumas būdingas šiam slenkančiam vidurkiui.

Šiame tyrime, buvo atlikta analizė iš daugelio skirtingų perspektyvų. (1) lentelėje pateikiama informacija, kur kiekvienoje eilutėje yra skirtinga finansinė laiko eilutė, o stulpeliuose nurodomas laiko periodas ir pasirinktas apimties dydis. Šią lentelę užpildė gauta informacija po to, kai buvo vykdytas sukurtas algoritmas ir buvo atrinktas palankiausias slenkantis vidurkis kiekvienai situacijai. Be to, lentelėje yra spalvomis pažymėti skirtingi slenkantys vidurkiai, siekiant išskirti gautus rezultatus. Žalia spalva pažymėtas svartinis slenkantis vidurkis (WMA), šviesiai mėlyna – trikampinis slenkantis vidurkis (TMA), o geltona spalva – eksponentinis slenkantis vidurkis (EMA).

1 lentelė. Slenkančių vidurkių rezultatai remiantis skirtingais laiko periodais, apimties dydžiais ir paprastųjų akcijų laiko eilutėmis

Finansinės laiko eilutės	Nuo 2020.01.01 iki 2023.12.01	Nuo 2022.01.01 iki 2023.12.01			Nuo 2023.01.01 iki 2023.12.01			Nuo 2023.07.01 iki 2023.12.01		
	500 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis
AAPL	TMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
TSLA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
AMZN	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	TMA	WMA	WMA	WMA
GOOGL	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
BABA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
UBER	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	TMA	TMA	WMA	TMA	TMA
NVDA	TMA	WMA	TMA	TMA	WMA	WMA	TMA	WMA	WMA	WMA
MSFT	TMA	WMA	WMA	TMA	WMA	TMA	TMA	WMA	TMA	TMA
SNAP	TMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
INTC	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	EMA	EMA

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis tyrimo rezultatais.

Atlikus tyrimą, paaiškėjo, kad šis algoritmas pasirodė kaip patikimiausias vidurkis, pasitaikantis 81 iš 100 bandymų. Antras pagal dažnumą yra trikampinis slenkantis vidurkis (TMA), kuris pasikartojo 17 kartų. Be to, lentelėje matyti, kad kelis kartus buvo gautas eksponentinis slenkantis vidurkis (EMA).

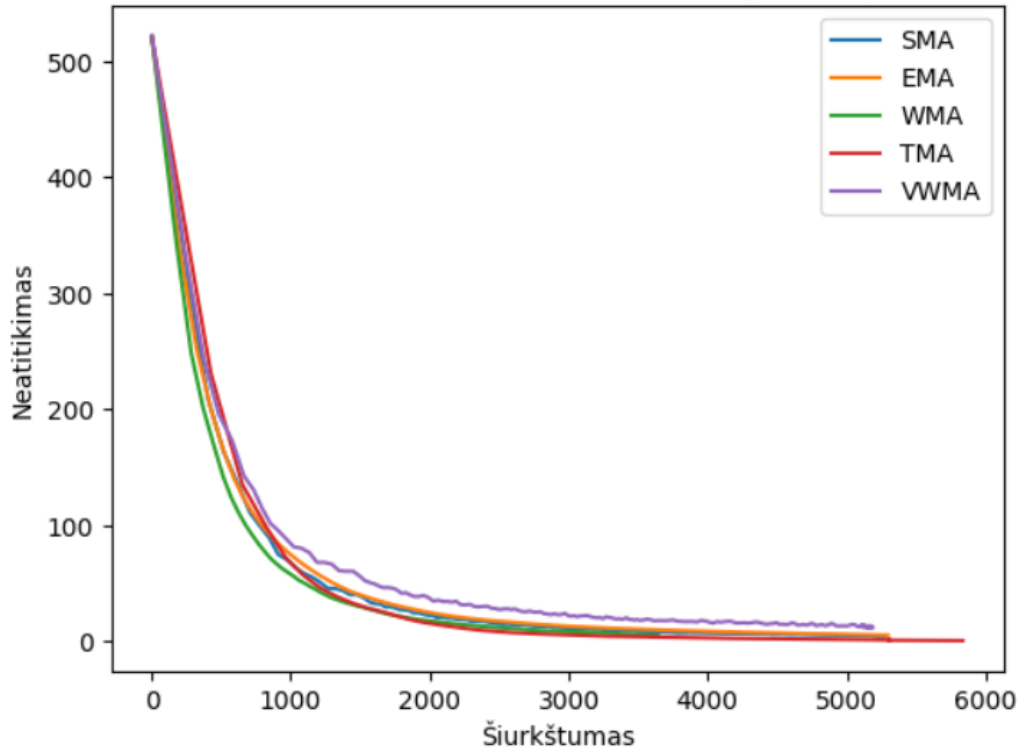
Lentelė suteikia aiškų ir struktūrizuotą vaizdą apie tai, kaip pasirinkti kintamieji daro įtaką analizės rezultatams. Kiekvienas stulpelis ir eilutė atlieka svarbų vaidmenį atskleidžiant ryšius ir skirtumus tarp skirtingų parametrų ir išryškina patikimiausius slenkančius vidurkius pasirinktus šiam eksperimentui atlikti, finansinių laiko eilučių analizei.

3.3. Elektroninių valiutų duomenų eksperimento tyrimai

Eksperimento metu, palyginant elektroninių valiutų duomenis su ankstesniu paprastųjų akcijų tyrimu, buvo sukurtas kodas, kurį vykdžius 50 kartų buvo pasirinkta skirtingų kriptovaliutų duomenų. Naudojant įvairias populiarias kriptovaliutas, siekiant gauti įvairių laiko eilučių reikšmių, taip pat eksperimentuoti su skirtingais laiko periodais ir slenkančių vidurkių apimties dydžiais. Kaip ir ankstesniame tyrimo etape, visi skaičiavimai buvo atlikti naudojant sukurtą kodą, kuris skaičiuoja penkis skirtingus slenkančius vidurkius su keturiais apimties dydžiais.

Pavyzdys šio tyrimo rezultatų grafiniam pateikimui yra parodytas žemiau esančiame grafike, kuriame atvaizduojami skirtingi slenkančių vidurkių rezultatai, remiantis „Bitcoin“ (BTC) kriptovaliutos istoriniais duomenimis per pastaruosius 2 metus su 200 apimties dydžiu. Šiurkštumas yra pavaizduotas X ašyje, o neatitikimas atspindi Y koordinačių ašyje.

Neatitikimo ir šiurkštumo reikšmės remiantis augančiu apimties dydžiu



5 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių grafikas pagal šiurkštumą ir neatitikimą naudojantis kriptovaliutų laiko eilutėmis

Analizuojant šį grafiką, galima pastebėti, kaip skirtingi slenkantys vidurkiai elgiasi su šiuo panaudotu laiko periodu bei 200 apimties dydžiu. Kaip ir 4 paveiksle grafikai nesibaigia tuose pačiuose taškuose, kur paskutinis iš jų yra su apimties dydžiu lygiu 200, kadangi tai gali skirtis lyginant tarp skirtingų slenkančių vidurkių. Ši informacija leidžia nustatyti, jog ir čia svertinis slenkantis vidurkis (WMA) yra palankiausias pagal pasirinktus kriterijus.

Toliau pateiktoje (2) lentelėje yra išvardyti kriptovaliutų duomenys ir rezultatai, gauti atlikus analizę su skirtingais laiko periodais ir apimties dydžiais. Lentelėje (2) taip pat panaudotos spalvos, pažymėtos žalia ir geltona, siekiant vizualiai išskirti geriausius slenkančius vidurkius pagal šiurkštumą ir neatitikimą. Žalia spalva - pažymėtas svertinis slenkantis vidurkis (WMA), o šviesiai mėlyna spalva – pažymėta trikampinis slenkantis vidurkis (TMA).

2 lentelė. Slenkančių vidurkių rezultatai remiantis skirtingais laiko periodais, apimties dydžiais ir kriptovaliutų laiko eilutėmis

Kriptovaliutų laiko eilutės	Nuo 2020.01.01 iki 2023.12.01	Nuo 2022.01.01 iki 2023.12.01			Nuo 2023.01.01 iki 2023.12.01			Nuo 2023.07.01 iki 2023.12.01		
	500 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis	10 apimties dydis	100 apimties dydis	200 apimties dydis
BTC-USD	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	TMA	TMA
ETH-USD	TMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA
BNB-USD	TMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	TMA	WMA	WMA	WMA
LTC-USD	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	TMA	TMA
SHIB-USD	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA	WMA

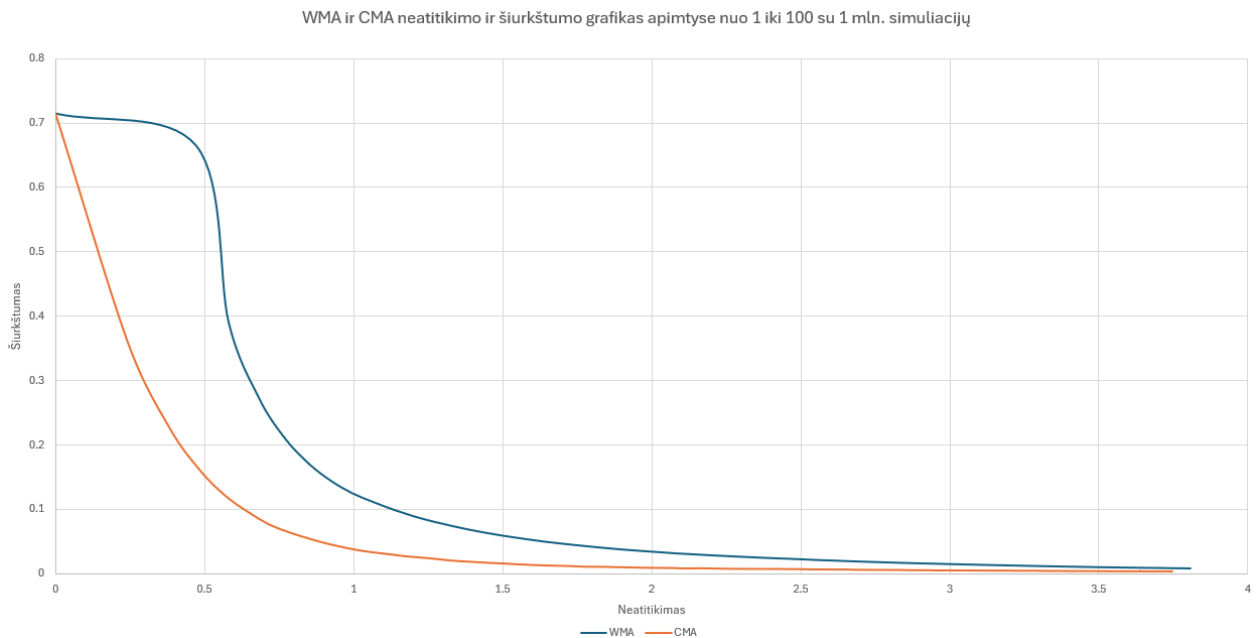
Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis tyrimo rezultatais.

Šioje (2) lentelėje tyrimo rezultatai parodo labai panašią informaciją kaip ir (1) lentelėje. Svertinis slenkantis vidurkis (WMA) pasirodė kaip palankiausias 43 iš 50 bandymų, o trikampinis slenkantis vidurkis (TMA) pasikartojo kitus 7 likusius kartus. Matosi, jog dominavimas svertinio slenkančio vidurkio vis dar yra labai stiprus, tačiau didinant apimties dydį, ne visuose atvejuose, jis buvo optimaliausias.

4. SUKURTAS SLENKANTIS VIDURKIS

4.1. Slenkančio vidurkio sukūrimas

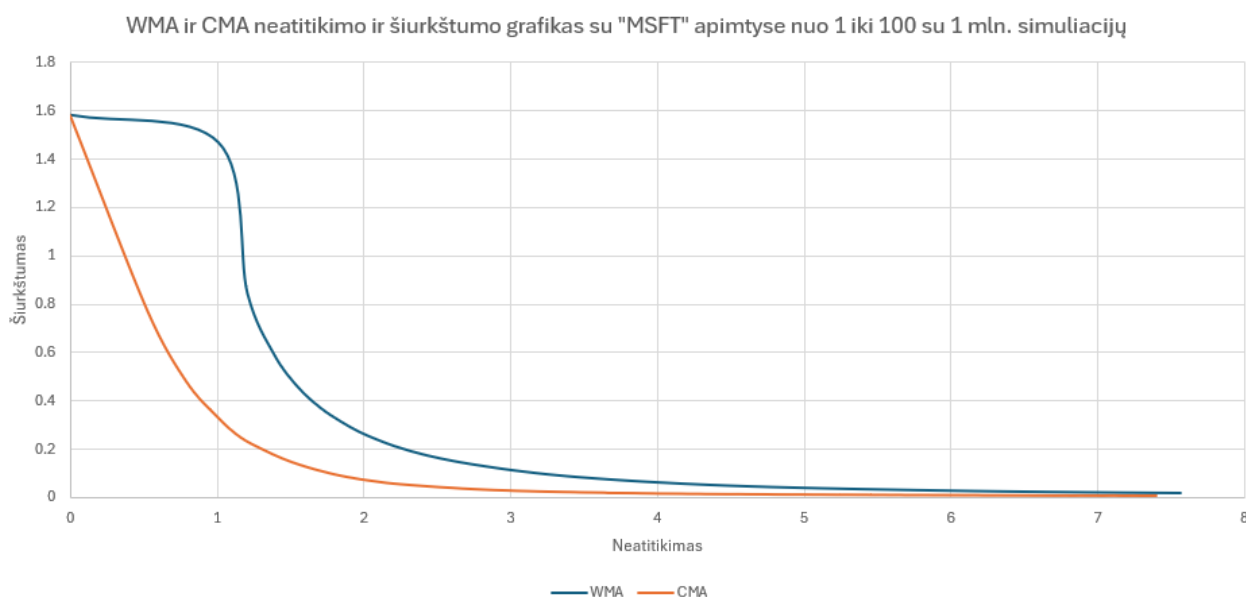
Slenkančių vidurkių svorių suma turi būti lygi 1, taip pat didėjanti proporcingai, kad ji būtų tinkama svertinių slenkančių vidurkių apskaičiavimui. Galimybė eksperimentuoti su turimais svoriais yra didelė. Būdai, kaip manipuluoti svorius, taip pat gali skirtis [AM23]. Norint imti skirtingus svorius kiekvienam finansinių laiko eilučių taškui principas veikia pradžioje skaičiuojant paprasto svertinio slenkančio vidurkio taškų rezultatus, imant neatitikimą ir šiurkštumą. Tokiu būdu per visas simuliacijas yra ieškoma geresnių rezultatų šiurkštumo ir neatitikimo nuo atspirties taško, taip pat yra išsaugomi rezultatai bei svoriai [DA21]. Imti duomenys yra iš „Apple Inc.“ finansinės laiko eilutės nuo 2000 m., imant apimties dydžius nuo 1 iki 100. Mūsų pradiniai duomenys, nuo kurių yra norima pagerinti šiurkštumo ir neatitikimo gautus rezultatus, yra pasižymimi kaip atspirties taškai. Tuomet galima šiuo eksperimentu daryti 1 mln. simuliacijų, kur kiekvienoje iš jų yra atsitiktine tvarka keičiamas vienas iš svorių, dauginant jį iš 0,1 ir vis tiek sunormalizuojant, kad visų svorių suma būtų lygi 1, taip susikuria naujas slenkantis vidurkis (CMA) [RP16]. Taip galima matyti, jog ir šiurkštumas, ir neatitikimas yra mažesnis ir tai reiškia, kad jis yra geresnis visuose apimties režiuose, lyginant su svertiniu slenkančiu vidurkiu, kaip pavaizduota 6 paveiksle.



6 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių grafikas pagal šiurkštumą ir neatitikimą „Apple Inc.“ finansinėje laiko eilutėje apimtyse nuo 1 iki 100 vykdant 1 mln. simuliacijų

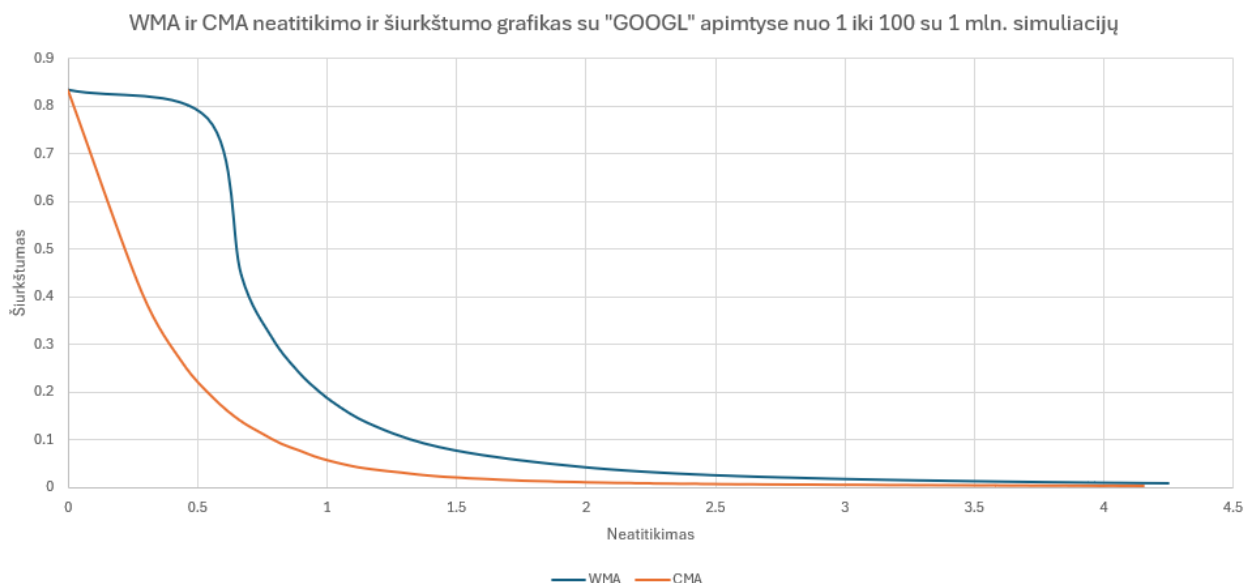
4.2. Skirtingų finansinių laiko eilučių duomenų analizė naudojant sukurta slenkančių vidurkių

Norint daugiau sužinoti apie sukurto slenkančio vidurkio (CMA) efektyvumą buvo paimti skirtingų finansinių laiko eilučių duomenys tam, kad būtų patvirtinti jau gauti rezultatai. Pirmiausia buvo panaudoti „Microsoft Corporation“ duomenys nuo 2000 m. su apimties dydžiais nuo 1 iki 100. Ieškant geriausių šiurkštumo ir neatitikimo parametrų buvo vykdoma 1 mln. simuliacijų, keičiant vieną iš atsitiktinių svorių dauginant jį iš 0,1. Skirtumą tarp svertinio (WMA) bei sukurtojo (CMA) slenkančių vidurkių galima matyti 7 paveiksle.



7 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių grafikas pagal šiurkštumą ir neatitikimą „Microsoft Corporation“ finansinėje laiko eilutėje apimtyse nuo 1 iki 100 vykdant 1 mln. simuliacijų

Kiti duomenys, su kuriais taip pat buvo atlikti tyrimai, buvo rinkti iš „Alphabet Inc.“ (GOOGL) finansinės laiko eilutės. Atliktas identiškas eksperimentas, norint išlaikyti jo aukštesnį tikslumą. Buvo paimti visi duomenys nuo 2000 m. su apimties dydžiu nuo 1 iki 100. Geresnio šiurkštumo ir neatitikimo radimui, buvo simuliuojamos skirtingos galimybės 1 mln. kartų. 8 paveikslas atvaizduoja tų pačių dviejų vidurkių rezultatus.

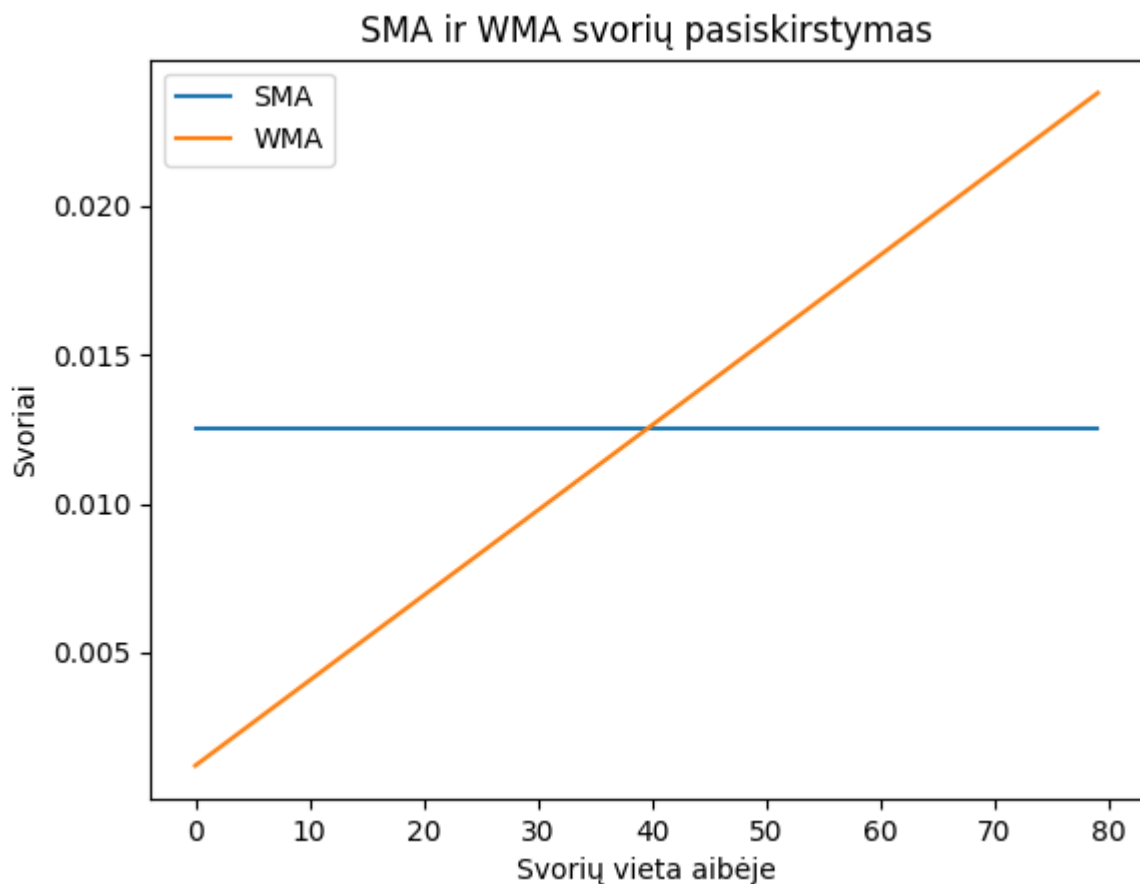


8 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių grafikas pagal šiurkštumą ir neatitikimą „Alphabet Inc.“ finansinėje laiko eilutėje apimtyse nuo 1 iki 100 vykdant 1 mln. simuliacijų

4.3. Sukurto slenkančio vidurkio svorių pasiskirstymas

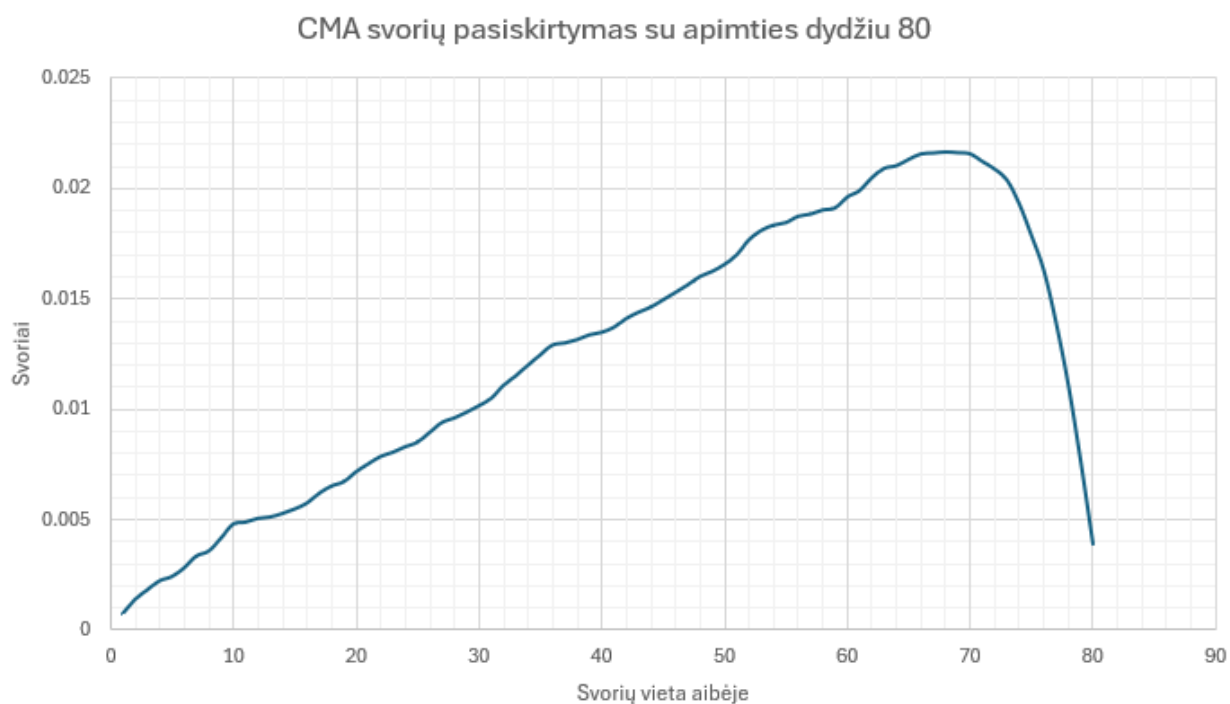
Paprastas slenkantis vidurkis (SMA) ir svertinis slenkantis vidurkis (WMA) turi nekintantį svorių pasiskirstymą visuose apimtys dydžiuose. Abu vidurkiai yra arba vienodi, arba proporcingai didėjantys/mažėjantys. Paprastas slenkantis vidurkis (SMA) yra tiesiog vidurkio skaičiavimo būdas, kai kiekvienas duomenų taškas turi vienodą įtaką vidurkio skaičiavimui [YSK22]. Šis metodas naudingas tada, kai visi duomenys laikomi vienodai svarbūs. Svertinis slenkantis vidurkis (WMA) skiriasi tuo, kad naujesni duomenys yra svarbesni nei kiti, todėl jiems suteikiamas didesnis svoris vidurkio skaičiavimo metu. Tai leidžia sverti įvykius pagal jų svarbą arba kitus kriterijus [AH23].

9 paveikslo grafike svoriai yra vaizduojami vienodi paprastajam slenkančiam vidurkiui (SMA), o proporcingai didėjantys – svertiniui slenkančiam vidurkiui (WMA). Taip pat, grafike svorių vieta aibėje yra interpretuojama, kad paskutinės vietos aibėje svoris yra priskiriamas naujausiam finansinės laiko eilutės duomeniui.



9 pav. Skirtingų slenkančių vidurkių (SMA ir WMA) grafikas pagal svorių pasiskirstymą svorių aibėje su apimties dydžiu 80

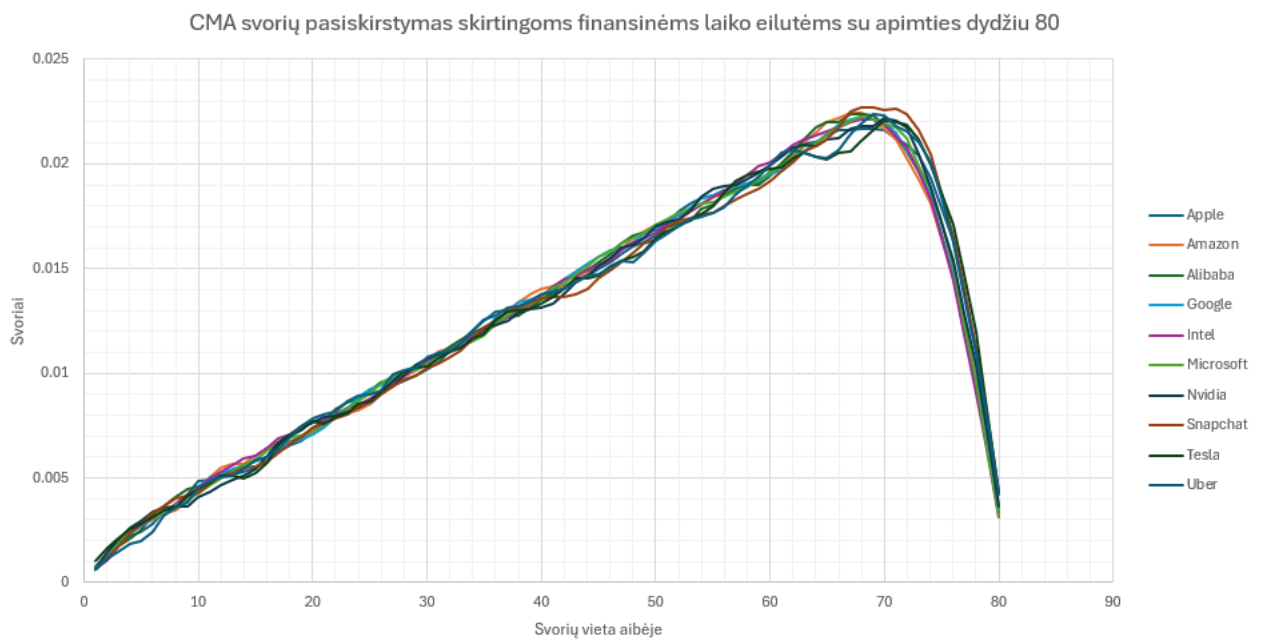
Skaiciuojant sukurto slenkančio vidurkio (CMA) svorius buvo atsitiktine tvarka pasirinktas ir padaugintas iš 0,1 svertinio slenkančio vidurkio (WMA) svoris. Po šių pakeitimų visa svorių aibė buvo sunormalizuota, norint išlaikyti svorio sumą lygią vienetui. Šis metodas vadinasi impulsiniu svorių keitimu, kurio rezultatuose atsispindi impulsinis atsakas į tokius pakeitimus [WUK21][RP16]. Šie pakeitimai daromi norint surasti geresnius šiurkštumo ir neatitikimo rezultatus. Tokiu būdu galima matyti, kaip tyrime, su apimties dydžiu lygiu 80, pasiskirto svoriai per skirtingas svoriams duotas vietas ir kiek įtakos kiekvienas svoris turi pagal naujausią informaciją. Šis grafikas sudarytas naudojantis „Apple Inc.“ finansinės laiko eilutės duomenimis nuo 2000 m., kur atlikus 1 mln. simuliacijų buvo rastas geriausias šiurkštumas ir neatitikimas, o svorių aibė išsaugota ir pavaizduota grafike.



10 pav. Sukurto slenkančio vidurkio grafikas pagal svorių pasiskirstymą aibėje naudojant „Apple Inc.“ finansinėje laiko eilutėje su apimties dydžiu 80 vykdant 1 mln. simuliacijų

10 paveiksle galima pamatyti rezultatus, kurie rodo, kad geriausias iš visų simuliacijų rastas šiurkštumas ir neatitikimas turėjo būtent tokią svorių aibę, kur didžiausias svoris buvo ties 68 vieta. Tai skiriasi nuo svertinio slenkančio vidurkio (WMA), kadangi didžiausias svoris būna pats paskutinis prisitaikęs naujausiam turimam finansinės laiko eilutės duomeniui. Taip pat, [1 priede](#) galima nuskanuoti QR kodą, kuris parodo svorių pasiskirstymą aibėje skirtinguose apimties dydžiuose su „Apple Inc.“ finansinėje laiko eilutėje.

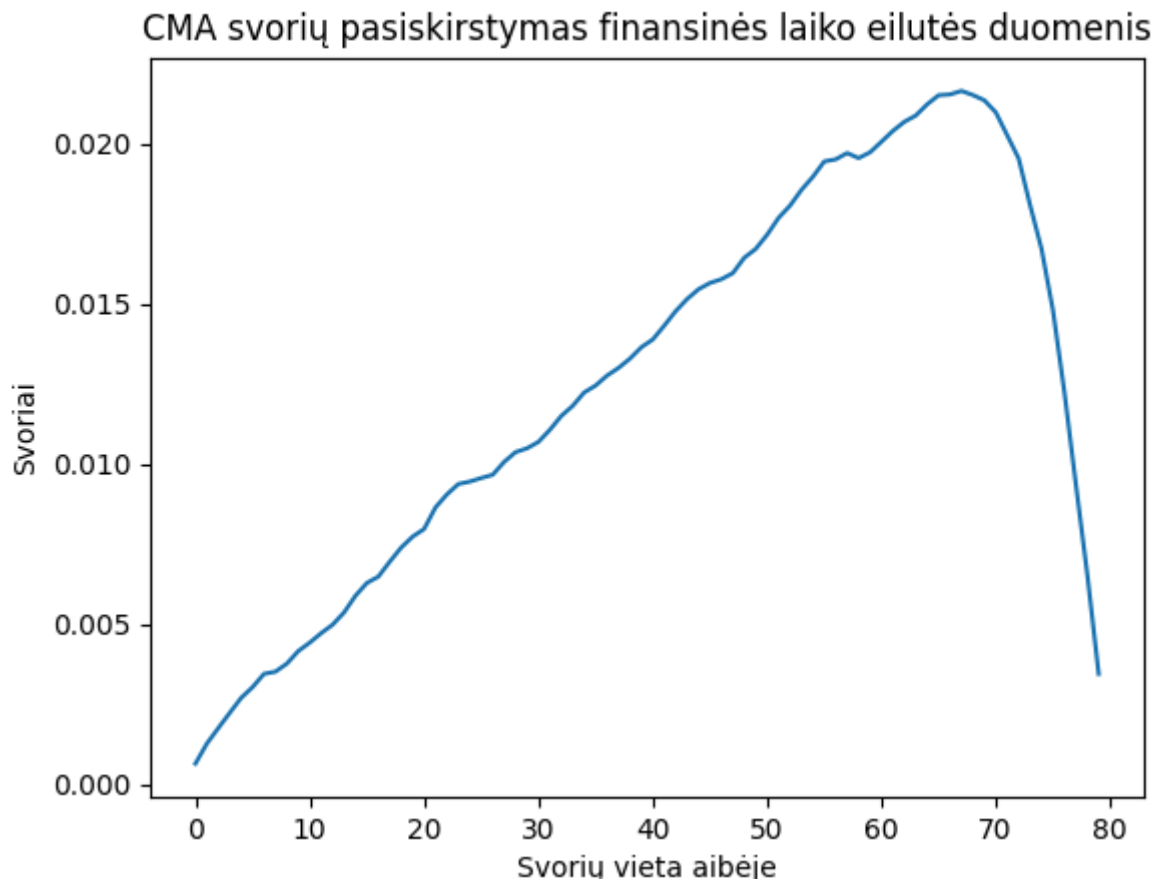
Tikslesniam eksperimento tyrimui buvo paimta 10 skirtingų finansinių laiko eilučių, norint palyginti gautus svorių pasiskirstymo rezultatus. Apimties dydis visiems duomenims buvo imamas vienodas, t.y. 80, kaip ir simuliacijų skaičius – 1 mln. 11 paveiksle yra atvaizduotos visų jų svorių aibės.



11 pav. Sukurto slenkančio vidurkio grafikas pagal svorių pasiskirstymą aibėse naudojant 10 skirtingų finansinių laiko eilučių su apimties dydžiu 80 vykdant 1 mln. simuliacijų

11 paveikslo grafike svorių aibės yra labai panašios, beveik vienodos. Nors kai kurios kreivės ties didžiausių svorių vietomis turi neatitikimą, tai vis tiek rodo, kad geriausi visų šių finansinių laiko eilučių neatitikimai ir šiurkštumai, rasti pagal atitinkamą struktūrą, kur svoris turi daugiausiai įtakos, yra svorių aibės intervale tarp 68 ir 72 vietų.

Atliktas eksperimentas, kur vietoje finansinės laiko eilutės duotos internete, buvo sukurta finansinė laiko eilutė su atsitiktinėmis reikšmėmis imant 20000 duomenų taškų, norint palyginti, kaip rezultatai skiriasi nuo realių finansinių eilučių. 12 paveiksle pavaizduota svorių vieta aibėje, kai apimties dydis lygus 80, atliekant 1 mln. simuliacijų, ieškant geriausio šiurkštumo ir neatitikimo.



12 pav. Sukurto slenkančio vidurkio grafikas pagal svorių pasiskirstymą aibėje naudojant sukurta finansinę eilutę su 20000 duomenų, imant apimties dydį 80 vykdant 1 mln. simuliacijų.

Atlikus analizę galima teigti, kad nesvarbu kokie skirtingi yra finansinių eilučių duomenys. Didžiausių svorių vieta svorių aibėje, kuri turi didžiausią įtaką finansinės eilutės duomenims, yra tokia pati visiems.

REZULTATAI

Tyrimų rezultatai pateikė išsamią informaciją, kaip galima matyti iš (1) lentelės, ten dominuoja svertinio slenkančio vidurkio (WMA) naudojimas. Atlikus tyrimą, paaiškėjo, kad šis algoritmas pasirodė kaip patikimiausias vidurkis, pasitaikantis 81 iš 100 bandymų. Antras pagal dažnumą yra trikampinis slenkantis vidurkis (TMA), kuris pasikartojė 17 kartų. Be to, lentelėje matyti, kad kelis kartus buvo gautas eksponentinis slenkantis vidurkis (EMA). Remiantis atliktu tyrimu, pastebima, kad naudojant mažą duomenų apimties dydį (10), visada gautas svertinis slenkantis vidurkis (WMA) rezultatas. Tačiau didėjant duomenų imties dydžiui, svertinis slenkantis vidurkis (WMA) nebebuvo kaip visiškai dominuojantis. Taip pat, pagal lentelės duomenis, galima daryti išvadą, jog SMA ir VWMA nėra tokie efektyvūs kaip kiti.

Antrasis tyrimas pateikė panašią informaciją matomą (2) lentelėje, kur palankiausias buvo svertinis slenkantis vidurkis (WMA) rezultatai pasikartojė 43 iš 50 kartų, vienintelis kitas slenkantis vidurkis gautas kaip rezultatas „7 kartus“ buvo trikampinis slenkantis vidurkis (TMA). Tokie vidurkiai kaip EMA, SMA ir VWMA nebuvo tokie palankūs kaip ankstesni du. Tai rodo, kad vidurkių gauti rezultatai priklauso nuo analizuojamų duomenų charakteristikų ir skirtingų finansinių laiko eilučių, o svertinio slenkančio vidurkio efektyvumas mažėja didėjant duomenų apimties dydžiui.

Sukurto slenkančio vidurkio (CMA) tyrimo rezultatai parodė, kad lyginant su svertiniu slenkančiu vidurkiu (WMA), šiurkštumo ir neatitikimo parametrai yra geresni, nes CMA parametrai yra arčiau koordinačių ašių taško (0;0). Be to, svorių pasiskirstymas svorių aibėse skiriasi nuo WMA ir yra optimalus, o svorių vietos aibėse yra labai panašios, kai yra lyginama su skirtingomis finansinėmis eilutėmis.

IŠVADOS

Šio bakalauro darbo tikslas buvo išsamiai išnagrinėti ir įvertinti skirtingas finansines laiko eilutes, naudojant įvairius slenkančiuosius vidurkius. Pagrindinis dėmesys buvo skiriamas ne tik slenkančių vidurkių teorinei analizei, bet ir jų praktiniam taikymui, siekiant suprasti, kaip šie vidurkiai veikia finansinių duomenų prognozavimą ir analizę. Šiame tyrime buvo siekiama išnagrinėti slenkančių vidurkių pranašumus ir trūkumus bei įvertinti jų efektyvumą skirtingose finansinėse situacijose. Pasitelkus šiurkštumo ir neatitikimo formules bei skaičiuojant paprastąsias akcijas ir kriptovaliutas pagal gautus tyrimų rezultatus, buvo padaryta išvada, jog geriausias (arčiausias realios laiko eilutės ir glotniausias) iš pasirinktų slenkančių vidurkių naudoti finansinėms laiko eilutėms analizuoti yra svertinis slenkantis vidurkis (WMA). Tokie vidurkiai kaip paprastasis slenkantis vidurkis (SMA) ir kiekio svertinis slenkantis vidurkis (VWMA) rezultatų galutinėje išklotinėje net nepasirodė, teigiant, jog jie nebuvo tokie efektyvūs skaičiuojant palankiausius šiurkštumo ir neatitikimo parametrus.

- Šie rezultatai aiškiai parodė, kad pasirinkus geriausią slenkančio vidurkio variantą, t. y. svertinį slenkantį vidurkį (WMA), galima sukurti patikimą ir aiškų pagrindą finansinių laiko eilučių analizei. Toks pasirinkimas suteikia išsamesnį supratimą apie skirtingų laiko eilučių tendencijas ir svarbius momentus. Ši reikšminga įžvalga yra ne tik paprasta, bet ir vertinga šiuolaikiniame pasaulyje, suteikianti naudingą informaciją analitikams, investuotojams ir visiems, kurie siekia tikslesnio ir efektyvesnio finansinių rinkų supratimo.
- Sukurtas slenkančio vidurkio metodas (CMA) suteikia efektyvią priemonę analizuoti finansinius duomenis. Eksperimentai parodė, kad CMA pasižymi geresniais šiurkštumo ir neatitikimo parametrais, lyginant su tradiciniais slenkančiais vidurkiais, tokiais kaip svertinis slenkantis vidurkis (WMA). Be to, CMA metodas pasižymi optimaliu svorių pasiskirstymu ir panašiomis svorių vietomis, nepriklausomai nuo analizuojamų finansinių eilučių. Taigi, CMA gali būti naudingas įrankis finansinių duomenų analizėje, norint tiksliau įvertinti duomenų pokyčius ir padėti rasti optimalius vertinimo parametrus.

LITERATŪRA

- [ACD20] Amsyar, I., Christopher, E., Dithi, A., Khan, A. N., & Maulana, S. (2020). The challenge of cryptocurrency in the era of the digital revolution: A review of systematic literature. *Aptisi Transactions on Technopreneurship (ATT)*, 2(2), 153-159. Nuoroda: <https://att.apptisi.or.id/index.php/att/article/view/96>
- [AH23] Ajiono, A., & Hariguna, T. (2023). Comparison of three time series forecasting methods on linear regression, exponential smoothing and weighted moving average. *International Journal of Informatics and Information Systems*, 6(2), 89-102. Nuoroda: <https://ijiis.org/index.php/IJIS/article/view/165/119>
- [AKA21] Ali, M., Khan, D. M., Aamir, M., Ali, A., & Ahmad, Z. (2021). Predicting the direction movement of financial time series using artificial neural network and support vector machine. *Complexity*, 2021, 1-13. Nuoroda: <https://www.hindawi.com/journals/complexity/2021/2906463/>
- [AM23] Arora, R., & Mehra, R. (2023). Are capital markets turning efficient? Need for financial market efficiency index. *International Journal of Financial Engineering*, 10(01), 2250028. Nuoroda: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S2424786322500281>
- [BP20] Bustos, O., & Pomares-Quimbaya, A. (2020). Stock market movement forecast: A systematic review. *Expert Systems with Applications*, 156, 113464. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417420302888>
- [CGR18] Catania, L., Grassi, S., & Ravazzolo, F. (2018). Forecasting cryptocurrencies financial time series. Nuoroda: <https://biopen.bi.no/bi-xmlui/handle/11250/2489408>
- [DA21] Davtalab-Olyaie, M., & Asgharian, M. (2021). On Pareto-optimality in the cross-efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research*, 288(1), 247-257. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221720304860>
- [DNH20] Dey, P. P., Nahar, N., & Hossain, B. M. (2020). Forecasting stock market trend using machine learning algorithms with technical indicators. *International Journal of Information Technology and Computer Science*, 12(3), 32-38. Nuoroda: <https://mecs-press.net/ijitcs/ijitcs-v12-n3/IJITCS-V12-N3-5.pdf>
- [FBS22] Fernandes, L. H., Bouri, E., Silva, J. W., Bejan, L., & de Araujo, F. H. (2022). The resilience of cryptocurrency market efficiency to COVID-19 shock. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 607, 128218. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437122007762>

[GAS20] Grobys, K., Ahmed, S., & Sapkota, N. (2020). Technical trading rules in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, 32, 101396. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1544612319308852>

[Han13] S. Hansun, "A new approach of moving average method in time series analysis," 2013 Conference on New Media Studies (CoNMedia), Tangerang, Indonesia, 2013, pp. 1-4, doi: 10.1109/CoNMedia.2013.6708545. Nuoroda: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6708545>

[Hon21] Honjo, Y. (2021). Public or perish? From founding to initial public offering. *Review of Managerial Science*, 15, 1573-1610. Nuoroda: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11846-020-00390-4>

[IAA19] Idrees, S. M., Alam, M. A., & Agarwal, P. (2019). A prediction approach for stock market volatility based on time series data. *IEEE Access*, 7, 17287-17298. Nuoroda: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8626097>

[KAB20] Karasu, S., Altan, A., Bekiros, S., & Ahmad, W. (2020). A new forecasting model with wrapper-based feature selection approach using multi-objective optimization technique for chaotic crude oil time series. *Energy*, 212, 118750. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220318570>

[KKK21] Kumar, R., Kumar, P., & Kumar, Y. (2021, January). Analysis of financial time series forecasting using deep learning model. In 2021 11th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence) (pp. 877-881). IEEE. Nuoroda: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9377158>

[KUM21] Kardile, R., Ugale, T., & Mohanty, S. N. (2021, September). Stock price predictions using crossover SMA. In 2021 9th International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization (Trends and Future Directions)(ICRITO) (pp. 1-5). IEEE. Nuoroda: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9596479>

[NNJ20] Nabipour, M., Nayyeri, P., Jabani, H., Shahab, S., & Mosavi, A. (2020). Predicting stock market trends using machine learning and deep learning algorithms via continuous and binary data; a comparative analysis. *Ieee Access*, 8, 150199-150212. Nuoroda: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9165760>

[RP16] Raudys, A., & Pabarskaite, Z. (2016). PARETO OPTIMISED MOVING AVERAGE SMOOTHING FOR FUTURES AND STOCK TREND PREDICTIONS. *Transformations in Business & Economics*, 15. Nuoroda: <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagcd%3A4%3A20998788/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3AAscholar&id=ebsco%3Aagcd%3A120662495&crl=c>

[SGO20] Sezer, O. B., Gudelek, M. U., & Ozbayoglu, A. M. (2020). Financial time series forecasting with deep learning: A systematic literature review: 2005–2019. *Applied soft computing*, 90, 106181. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1568494620301216>

[SSM23] Sarma, S. L., Sekhar, D. V., & Murali, G. (2023). Stock market analysis with the usage of machine learning and deep learning algorithms. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(1), 552-560. Nuoroda: <https://beei.org/index.php/EEI/article/view/4305/3119>

[SV21] Skiftesvik, D. S., & Vasshus, Ø. K. (2021). Market sentiment and its predictive abilities in the stock market: empirical study of leading indicators derived from market sentiment (Master's thesis). Nuoroda: <https://openaccess.nhh.no/nhh-xmlui/bitstream/handle/11250/2772602/masterthesis.pdf?sequence=1>

[THS21] Torres, J. F., Hadjout, D., Sebaa, A., Martínez-Álvarez, F., & Troncoso, A. (2021). Deep learning for time series forecasting: a survey. *Big Data*, 9(1), 3-21. Nuoroda: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/big.2020.0159>

[WCW20] Wu, X., Chen, H., Wang, J., Troiano, L., Loia, V., & Fujita, H. (2020). Adaptive stock trading strategies with deep reinforcement learning methods. *Information Sciences*, 538, 142-158. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020025520304692>

[WUK21] Winarno, S., Usman, M., & Kurniasari, D. (2021). Application of vector error correction model (VECM) and impulse response function for daily Stock prices. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1751, No. 1, p. 012016). IOP Publishing. Nuoroda: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1751/1/012016/meta>

[XZW20] Xu, Z., Zhang, J., Wang, J., & Xu, Z. (2020). Prediction research of financial time series based on deep learning. *Soft Computing*, 24, 8295-8312. Nuoroda: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00500-020-04788-w>

[YCQ23] Yeo, L. L. X., Cao, Q., & Quek, C. (2023). Dynamic portfolio rebalancing with lag-optimised trading indicators using SeroFAM and genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 216, 119440. Nuoroda: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417422024599>

[YSK22] Yudono, M. A. S., Sidik, A. D. W. M., Kusumah, I. H., Suryana, A., Junfithrana, A. P., Nugraha, A., ... & Imamulhak, Y. (2022). Bitcoin USD Closing Price (BTC-USD) Comparison Using Simple Moving Average And Radial Basis Function Neural Network Methods. *FIDELITY: Jurnal Teknik Elektro*, 4(2), 29-34. Nuoroda: <https://fidelity.nusaputra.ac.id/article/view/74>

[ZG20] Zakamulin, V., & Giner, J. (2020). Trend following with momentum versus moving averages: A tale of differences. *Quantitative Finance*, 20(6), 985-1007. Nuoroda: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14697688.2020.1716057>

[ZLZ19] Zhang, X., Liang, X., Zhiyuli, A., Zhang, S., Xu, R., & Wu, B. (2019, July). At-lstm: An attention-based lstm model for financial time series prediction. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 569, No. 5, p. 052037). IOP Publishing. Nuoroda: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/569/5/052037/meta>

[ZZ17] Zakamulin, V., & Zakamulin, V. (2017). Types of Moving Averages. *Market Timing with Moving Averages: The Anatomy and Performance of Trading Rules*, 23-52. Nuoroda: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-60970-6_3

PRIEDAI

Priedas nr. 1:

