

VILNIAUS UNIVERSITETAS
EKONOMIKOS IR VERSLO ADMINISTRAVIMO FAKULTETAS

FINANSAI IR BANKININKYSTĖ

Dominykas Auksutis
MAGISTRO BAIGIAMASIS DARBAS

Investicinio kriptovaliutų portfelio optimizavimas	Optimization of cryptocurrency portfolio
---	---

Darbo vadovė: Prof. Dr. Alfreda Šapkauskienė

Vilnius, 2024

TURINYS

ĮVADAS	5
1. OPTIMALAUS KRIPTOVALIUTŲ PORTFELIO FORMAVIMO LITERATŪROS ANALIZĖ	7
1.1. Kriptografijos ir kriptovaliutų klasifikavimo literatūros analizė	7
1.1.1. Blokų grandinė ir kriptovaliutos ištyrimo lygis mokslinėje literatūroje	7
1.1.2. Kriptovaliutų klasifikavimo ypatumai ir reikšmė finansų rinkoje	9
1.2. Investuotojų elgsena kriptovaliutų rinkoje	12
1.2.1. „Baimės ir godumo“ indekso nauda interpretuojant kriptovaliutų rinką	12
1.2.2. Heterogeniškumas kriptovaliutų rinkoje	14
1.3. Bitcoin ir alternatyviosios kriptovaliutos	17
1.4. Kriptovaliutų portfelių formavimo metodikos	18
1.5. Modernaus portfelio teorija ir Šarpo koeficientas	22
1.6. Mokslinės literatūros prielaidų ir apibojimų, formuojant kriptovaliutų portfelį, apibendrinimas	24
2. KRYPTOVALIUTŲ PORTFELIO FORMAVIMO TYRIMO METODOLOGIJA	27
2.1. Tiriamieji duomenys ir duomenų skirstymas	27
2.2. Duomenų normalizavimas ir laiko eilutės analizė metodai	30
2.3. Tyrimo eiga	33
3. KRIPTOVALIUTŲ PORTFELIO OPTIMIZAVIMAS, REMIANTIS MODERNAUS PORTFELIO TEORIJA	35
3.1. Rinką sekančio kriptovaliutų indekso efektyvumas	35
3.2. Kriptovaliutų tarpusavio koreliacijos ir linijinio regresijos modelio vertinimas	37
3.3. Kriptovaliutų optimalaus portfelio formavimas ir kriptovaliutų vertinamas skirtingomis rinkos sąlygomis	41
3.3.1. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2018 - 2020 m.	44
3.3.2. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2021 metų „bulių“ rinkoje	47
3.3.3. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2022 - 2023 m.	51
3.4. Optimalus kriptovaliutų portfelis tiriamuoju laikotarpiu ir investicinių strategijų palyginimas	53
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI	56
LITERATŪROS SĄRAŠAS	59
SUMMARY	67
PRIEDAI	69
1 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2018-2020 m.)	69
2 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2021 m.)	70
3 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2022-2023 m.)	71
4 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2018-2023 m.)	72

LENTELIŲ SARAŠAS

1 lentelė	Kripto valiutų heterogeniškumą reprezentuojančių kripto valiutų suskirstymas tipais ...	16
2 lentelė	Moksliniuose tyrimuose naudojami kripto valiutų portfelio optimizavimo metodai	19
3 lentelė	Tyrimui naudojamų kripto valiutų sąrašas.....	30
4 lentelė	Vidutinės 1-erių metų JAV išdo vekselių gražos (nerizikinga palūkanų norma) tiriamuoju laikotarpiu	33
5 lentelė	BDM indekso gražos ir standartinio nuokrypio rodikliai 2018-2023 m.....	36
6 lentelė	Tiriamųjų kripto valiutų tarpusavio koreliacijos matrica 2018-2023 m.....	37
7 lentelė	Tyrimui naudojamų kripto valiutų determinacijos, modelio tikslumo ir rizikos lentelė	40
8 lentelė	Kripto valiutų investicinės gražos ir rizikos charakteristikos 2018-2023 m.	41
9 lentelė	Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristikos 2018-2023 m.	42
10 lentelė	Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2018-2023 m.	43
11 lentelė	Kripto valiutų investicinės gražos ir rizikos charakteristikos 2018-2020 m.	45
12 lentelė	Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristika 2018-2020 m.	46
13 lentelė	Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2018-2020 m.	47
14 lentelė	Kripto valiutų investicinės gražos ir rizikos charakteristikos 2021 m.....	48
15 lentelė	Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristika 2021 m.	49
16 lentelė	Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2021 m.	50
17 lentelė	Kripto valiutų investicinės gražos ir rizikos charakteristikos 2022-2023 m.	52
18 lentelė	Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2022-2023 m.	53

PAVEIKSLŲ SARAŠAS

1 paveikslas	Investicijų perskirstymas kriptovaliutų rinkos viduje 2020-2021 m.....	15
2 paveikslas	Svertinio portfelio Šarpo koeficientų sklaidos grafikas	24
3 paveikslas	Kriptovaliutų rinkos analizuojamo laikotarpio periodai	28
4 paveikslas	Akcijų ir kriptovaliutų indeksų kainų kitimo palyginimas 2018-2023 m.	35
5 paveikslas	BDM indekso ir BTC kriptovaliutos 2018-2023 m. kintamumo sklaida.....	39
6 paveikslas	Didžiausią Šarpo rodiklį turinčios kriptovaliutos ir optimalus kriptovaliutų portfelis 2018-2023 m.	43
7 paveikslas	Optimalaus kriptovaliutų portfelio scenarijų sklaida 2018-2020 m.....	46
8 paveikslas	Optimalaus kriptovaliutų portfelio scenarijų sklaida 2021 m.	50
9 paveikslas	Tiriamaisiais laikotarpiais geriausią Šarpo rodiklį turinčios kriptovaliutos ir rekomenduojami svertiniai optimalūs portfeliai	54

IVADAS

Nuo internetinės eros pradžios, technologijos sparčiai keitė kasdieninio gyvenimo ypatumus. Internetinės sąsajos perkėlė bendravimą į skaitmeninę erdvę, pinigai tapo virtualūs, „Swift“ sistema sukūrė galimybę privatiems asmenims prekiauti užsienyje ir kt. Didėjant individų galimybėms, šie pokyčiai atnešė ir socialinių bei politinių sunkumų. Virtualios paslaugos sukėlė privatumo ir saugumo problemas (Knezevic, 2018). Blokų grandinės (angl. blockchain) išpopuliarėjimas per pastarąjį dešimtmetį sukėlė didelę technologinę revoliuciją, kurios pritaikymas, pakeičiant tradicines IT, finansų ir apskaitos sistemas, turi potencialo tapti svarbia ateities žmonijos gyvenimosi vystymosi dalimi. Blokų grandinės „pažadai“ sisteminio privatumo ir saugumo išsaugojimui bei asmeniniai autonomijai vilioja daug įvairių entuziastų siekiančių adaptuoti šį technologinį principą ir pakeisti finansų valdymo standartus. Visgi, nepaisant galimybės panaudojimo aplikacijų, šiai dienai blokų grandinė plačiausiai žinoma kaip kriptovaliuta įgalinanti technologija pritraukianti vis didesnę investuotojų susidomėjimą šiuo investiciniu turtu. Nors didžiausio dėmesio susilaukia „Bitcoin“ – didžiausios kapitalizacijos kriptovaliuta, šiai dienai jau yra sukurta daug įvairių skaitmeninių valiutų, kurių populiarumas ir rinkos kapitalizacija sparčiai auga.

Didėjantis kriptovaliutų skaičius ir populiarumas atkreipia akademinės bendruomenės dėmesį. Kriptovaliutų tyrimai rodo, jog akademikai akcentuoja 3 kriptovaliutų aspektus: technologinį pažangumą, kriptovaliutų naudojimo/turėjimo riziką ir jų teikiama naudą finansų sektoriui ir finansų rinkoms. Didžiausiais tyrimų objektais yra kriptovaliutų reguliavimas (Al-Tawil, 2022; Gniadkowska-Szymańska ir kt., 2022; Feinstein ir kt., 2021), portfelio diversifikavimas (Kumaran, 2022; Czasonis ir kt., 2022; Jayawardhana ir kt., 2023) kriptovaliutų kasimas (Capponi ir kt., 2023; Garratt ir kt., 2023; Cong ir kt., 2020), kriptovaliutų portfelio optimizavimas (Gaskin ir kt., 2023; Rudys ir kt., 2022; Dempsey ir kt., 2022) ir kt.

Kol kriptovaliutos vis dar nėra žymi finansų sektoriaus dalis, jų populiarumas finansų rinkose, kaip investicinis turtas, pastarąjį dešimtmetį sparčiai auga. Kriptovaliutos laikomos spekuliaciniu turtu, jų kainos stipriai ir greitai kinta, o ilgalaikės tendencijos pasižymi dideliais kainų burbulais esant palankioms rinkos sąlygoms. Šie kriptovaliutų bruožai, jų kainas daro itin sunkiai nuspėjamosiomis, o tai kuria didelę kriptovaliutų portfelių prognozavimo ir optimizavimo tyrimų terpę (Zhong ir kt., 2023). Kriptovaliutų portfelio tyrimai išlieka aktualūs, nes su laiku atsiranda daugiau tiriamųjų duomenų, dėl ko modelių rezultatai tikslėja, taip pat atsiranda naujų kriptovaliutų, kurios potencialiai gali sėkmingiau diversifikuoti portfelius ar teikti didesnę grąžą su mažesniais kainų svyravimais trumpuoju laikotarpiu.

Tyrimo problema: Kriptovaliutų portfelių rizikos ir grąžos optimizavimas.

Tyrimo objektas: Kriptovaliutų portfelis.

Tyrimo tikslas: nustatyti optimalų investicinį kriptovaliutų portfelį pasitelkiant modernaus portfelio teoriją ir palyginti rezultatus su rinkos vidurkį reprezentuojančiu indeksu bei Bitcoin kriptovaliuta.

Tyrimas yra vykdomas pagal suformuluotus **uždavinius**:

1. Atlikti kriptovaliutų portfelių formavimo metodikų mokslinės literatūros analizę ir išskirti esminius investicijų optimizavimo metodus.
2. Sudaryti optimalaus kriptovaliutų portfelio formavimo metodologiją.
3. Įvertinti kriptovaliutų indeksų ir individualių kriptovaliutų ryšį, grąžą ir kylančias rizikas. Nustatyti optimaliausia investuotojo strategiją investavimui į kriptovaliutas ir pateikti rekomendacijas.

Tyrimo metodai: sisteminė mokslinės literatūros analizė, informacijos sintezė, modernaus portfelio teorija, vidurkio-variacijos modelis, statistinė analizė, Šarpo rodiklis, tiesinės regresijos modelis, CAPM – beta koeficientas, aprašomasis metodas ir palyginamoji analizė.

Tyrimo struktūra: Darbas skirstomas į 3 skyrius. **Pirmame** darbo skyriuje išskiriamos kriptovaliutų klasifikacijos, įvertinami kriptovaliutų rinkos išskirtinumas ir analizuojami kriptovaliutų portfelių sudarymo moksliniai tyrimai. Palyginami portfelių formavimo metodai, jų skirtumai, privalumai ir apribojimai, suformuojamos pirminės prielaidos. **Antrame** darbo skyriuje surenkami tyrimui naudojami duomenys, nustatomas tyrimo laikotarpis ir kiti apribojimai. Suformuojama tyrimo metodologija. Nurodomos analizei atlikti reikalingos skaičiavimų formulės. Sudaroma tyrimo eiga ir laukiami rezultatai. **Trečiame** darbo skyriuje įvertinimas kriptovaliutų rinkos kintamumas ir nustatomi vidutiniai rinkos grąžos, rizikos ir Šarpo rodiklio dydžiai analizuojamu laikotarpiu. Suformuojama tarpusavio koreliacijos matrica ir pagrindžiamas kriptovaliutų tarpusavio ryšys. Kriptovaliutų rodikliai palyginami su rinkos vidurkiu. Pagal sudaryta metodologiją formuojamas optimalus kriptovaliutų portfelis ir apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis. Tiriamasis laikotarpis išskiriamas į 3 periodus pagal investuotojų „baimės ir godumo“ indeksą, kuriuose įvertinami optimalūs portfeliai skirtingomis rinkos sąlygomis.

1. OPTIMALAUS KRIPTOVALIUTŲ PORTFELIO FORMAVIMO LITERATŪROS ANALIZĖ

Pirmajame darbo skyriuje, darbo tikslui pasiekti, analizuojami mokslinių tyrimų praktikoje naudojami kriptovaliutų portfelio formavimo metodai ir kiti aspektai. Išskiriamos kriptovaliutų rūšys bei savybės, analizuojamos kriptovaliutų rinkos charakteristikos ir įvardijami analizėse naudojami. Palyginami plačiausiai naudojami kriptovaliutų portfelių optimizavimo metodai bei analizuojamos portfelių grąžos ir rizikos valdymo galimybės, kurios labiausiai tinka darbo tikslui pasiekti.

1.1. Kriptografijos ir kriptovaliutų klasifikavimo literatūros analizė

Poskyryje nagrinėjama kriptovaliutų ir blokų grandinės samprata. Kriptovaliutos laikoma reliatyviai nauja investicinė priemonė, todėl norint sudaryti kriptovaliutų imtį portfelio formavimui, reikia suprasti pagrindines kriptovaliutų charakteristikas ir klasifikacijas.

1.1.1. Blokų grandinė ir kriptovaliutos ištyrimo lygis mokslinėje literatūroje

2008 m. pseudonimas „Satoshi Nakamoto“ paskelbė aiškinamąjį dokumentą, kuriame aprašomas blokų grandinės technologinis potencialas ir pirmoji kriptovaliuta – Bitcoin (Nakamoto, 2008). Kriptovaliuta (angl. cryptocurrency) – blokų grandinės tinkle sukurtas virtualus piniginis vienetas, kurio vertę nusako, jo paklausa ir pasiūla. Praėjus daugiau nei 15 metų nuo Bitcoin išleidimo, dabar egzistuoja tūkstančiai kriptovaliutų ir daugybė kitų blokų grandinės technologijos pritaikymo instrumentų.

Tokiuose tyrimuose kaip Nakamoto (2008) ir Catalini (2019) yra analizuojamas blokų grandinės technologinis potencialas reformuoti šiuolaikines, valstybines finansų institucijas ir sudaryti sąlygas kurti naujas finansines sistemas be centralizuotos priežiūros. Al-Tawil (2022), Gniadkowska-Szymańska (2022) ir Feinstein (2021) tyrimuose nagrinėjamos finansiniai ir teisiniai kriptovaliutų naudojimo aspektai bei vertinama plataus masto kriptovaliutų naudojimo rizika. Šiuose tyrimuose naudojamas daugiadisciplininis požiūris, įtraukiantis tokias sritis, kaip: ekonomika, finansai, kompiuterių mokslas ir teisė, dėl didelio spektro nežinomųjų. Visgi, dauguma autorių sutaria, jog blokų grandinės sistema vis dar laikoma nauja ir greitai besivystančia sritimi, todėl esamų tyrimų nepakanka ir reikia vykdyti tolimesnes šios technologijos analizes.

Guo (2020) atliko kriptovaliutų akademinių tyrimų analizę ir suformulavo išvadas apie šios technologijos ištyrimo lygį, kurias galima apibendrinti keliais esminiais punktais:

- Literatūros analizė rodo, kad kriptovaliutos tyrimai yra vis dar ankstyvoje stadijoje, tačiau sparčiai plečiasi. Nuoseklūs tyrimai pradėti vykdyti 2011 m., o publikacijų skaičius didėja eksponentiniu greičiu. Be to, kriptovaliuta yra sritis, kuri domina mokslininkus iš įvairių akademinių sričių. „Lecture Notes in Computer Science“ ir „Financial Research Letter“ yra žurnalai, kuriuose publikuojama daugiausiai publikacijų šia tema.
- Mokslininkai iš skirtingų šalių yra linkę bendradarbiauti tirdami blokų grandinės pritaikymo aspektus. Daugiau tyrimų atliekama JAV ir Jungtinėje Karalystėje. Apskritai, Šiaurės Amerika ir Europa atlieka pagrindinį vaidmenį šios sferos tyrimuose. Azijos šalys, tokios kaip Kinija, Indija, Pietų Korėja ir Singapūras, taip pat demonstruoja interesą analizuoti blokų grandinės technologiją. Airija yra pirmoji šalis, kuri 2011 m. pradėjo pasaulyje pripažįstamus kriptovaliutų technologijos tyrimus. Kitos šalys, taip pat demonstruoja didėjančius mokslinių publikacijų skaičius, susijusius su blokų grandinės tinklo analize.
- Nuo 2017 m. skirtingų regionų autoriai pradeda bendradarbiauti dažniau, tačiau dabartinis bendradarbiavimas apsiriboja nedideliais mokslininkų tinklais, todėl būtina toliau skatinti efektyvų mokslinį bendradarbiavimą tarp skirtingų disciplinų ir regionų.
- Bitcoin grafinė ir sandorių analizė buvo populiariausia publikacijų tema, kuri taip pat atlieka svarbų vaidmenį sujungiant skirtingas tyrimų perspektyvas. Bitcoin analizė yra tvari tema ir pastaraisiais metais tebėra labai patraukli stengiantis tinkamai suprasti kriptovaliutų rinką.
- Integruojant ekonominius modelius su informacinėmis technologijomis ir pasitelkiant skirtingas metodikas, mokslininkai linkę atlikti išsamesnes ir unikalesnes kriptovaliutų rinkų, elgesio ir prekybos ypatybių analizes. Pastaruoju metu pritaikomi vis sudėtingesni modeliai siekiant gauti tikslesnius prognozių rezultatus.
- Daugelis tyrimų yra susiję su technine analize, tokia kaip kriptovaliutų kainos ir operacijų veikla, bei socialine ir ekonomine analize, pavyzdžiui, mokėjimo sistemos ir finansų įstaigos, pritaikant blokų grandinės technologiją. Tačiau verslo ir jo valdymo srityje, nenustatyta jokių svarbių publikacijų, susijusių su skaitmenine valiuta. Todėl perspektyvios ateities tyrimų kryptys galėtų būti siejamos su verslo vystymu, valstybinėmis institucijomis ir organizaciniais kriptovaliutų taikymo ir poveikio aspektais.

Apibendrinant, pastaraisiais metais labai išaugo mokslinių tyrimų kriptovaliutų, ir ją įgalinčios blokų grandinės, temomis skaičius. Daugelis šių tyrimų pateikiama reikšminguose, recenzuojamuose moksliniuose leidiniuose, dėl ko didėja kriptovaliutų ištyrimo lygis ir mažėja atskirtis nuo tradicinio finansų sektoriaus. Blokų grandinės panaudojimo ypatumai analizuojami siekiant nustatyti, kaip ši technologija daro įtaką finansų sektoriui ir kokia kriptovaliutų tikroji vertė finansų rinkose.

Taigi blokų grandinės ir skaitmeninių valiutų ištyrimo lygis yra gana platus, tačiau vis dar nepakankamas daugelyje sferų. Kadangi privačios korporacijos ir naujos „fintech“ įmonės daug eksperimentuoja su blokų grandinėmis, rinkoje pasirodo vis daugiau produkcijos įgalintos su šia technologija – daugiausiai kriptovaliutų formos, kurios tampa naujomis investicinėmis priemonėmis. Nepaisant didėjančio blokų grandinės tinklo tyrimų skaičiaus, akademikai nespėja iširti ir modeliuoti visų šios technologijos atmainų, todėl rinkoje išlieka didelis poreikis mokslinių tyrimų, kuriuose būtų analizuojamos naujos kriptovaliutų atmainos, jų klasifikacija ir poveikis finansų rinkai.

1.1.2. Kriptovaliutų klasifikavimo ypatumai ir reikšmė finansų rinkoje

Kriptovaliutos jau tapo neatskiriama finansų sistemos dalimi. Pagrindinis kriptovaliutų tikslas yra įvardijamas, kaip alternatyvi atsiskaitymų sistema šiuolaikinei sistemai paprastų sandorių atlikimui (Nakamoto, 2008), tačiau kriptovaliutų technologija nuolat keičiasi ir tobulėja, todėl kuriasi nauji blokų grandinės produktai, kurių panaudojimo būdai skiriasi. Kai kuriais aspektais kriptovaliutos yra prilyginamos vertybiniais popieriams, nes suteikia teises į tam tikrą skaitmeninio ar tradicinio turto dalį (Härdle ir kt., 2020).

Norint suprasti kriptovaliutos daugialypio panaudojimo aspektus, svarbu įsisavinti esminius jos veikimo principus ir ją įgalinančius funkcionalumus:

- **Kasyba** (angl. mining) ir „**Proof of work**“ principas. Priklausomai nuo kriptovaliutos taksonomijos, jų kiekis rinkoje gali būti didinamas. Nauji skaitmeninės valiutos vienetai gali būti kasami kompiuterių pagalba. Specializuotos kompiuterinės programos atlieka kompleksines matematinės užduotis, kuriomis vykdoma tos valiutos blokų grandinės tinklo patikros – transakcijų patvirtinimai, už kuriuos yra atsilyginama tos skaitmeninės valiutos vienetais. Šis funkcionalumas yra naudojamas didžiojoje dalyje skaitmeninių valiutų ir yra esminis norint palaikyti sistemos funkcijas ir saugumą. Vis dėlto šis konceptas jau yra laikomas gana senu, nes didėjant blokų grandinės dydžiui, tampa reikalinga atlikti vis daugiau darbo norint gauti patenkinamą atlygį už patiriamas

komunalines išlaidas, kurios labiausiai atsispindi per elektros sąnaudas (Li ir kt., 2019; Al-Sabah ir kt., 2018).

- **„Proof of stake“ principas.** Dėl sunkinančių aplinkybių, naudoti skaitmeninių valiutų kasimo metodą, buvo sukurta modernesnė proceso alternatyva, kuri nereikalauja fizinės įrangos blokų grandinės validacijai ir naujų skaitmeninių monetų išgavimui. „Proof of stake“ principas susideda iš turimos skaitmeninės valiutos užstatymo norint tapti blokų grandinės tvirtintoju (angl. validator), kuris programinės įrangos pagalbą užtikrina atliekamų transakcijų teisėtumą ir grandinės saugumą, o už tai gaunamos palūkanos, t.y. papildomi skaitmeninė valiutos vienetai. Ši saugumą užtikrinanti sistema yra greitesnė ir reikalaujanti mažesnių palaikymo išlaidų, bei technologinių išteklių lyginant su „Proof of work“ principu (Mueller-Bloch ir kt., 2022; Saleh, 2020).
- **Piniginės** (angl. wallets). Skaitmeninių valiutų piniginė yra programinė įranga, grįsta banko sąskaitos principu, skirta saugoti ir naudoti turimas skaitmenines valiutas (Janpitak ir kt., 2020). Piniginės reikalingos kelioms esminėms funkcijoms atlikti:
 - Turimų valiutų likučio monitoringui;
 - Sandorių / transakcijų vykdymui;
 - Prisijungimui prie decentralizuotų aplikacijų (angl. dApps).
 - Naudotojų tapatybės patvirtinimui;
 - Anoniminių operacijų užtikrinimui (viešojo rakto adresas).
- **Viešasis raktas** (angl. public key). Šis raktas, dar suprantamas kaip kriptografinis kodas, kuris skirtas identifikuoti operacijos dalyvių pinigines. Viešasis raktas naudojamas kriptovaliutos gauti (Li ir kt., 2019b).
- **Privatus raktas** (angl. (private key)). Šis raktas interpretuojamas kaip piniginės slaptažodis. Kadangi jo paskirtis yra suteikti prieigą investuotojui priklausančio turto blokų grandinėje, jis taip pat laikomas naudotojo identifikatoriumi (Janpitak ir kt., 2020; Li ir kt., 2019b).
- **Taksonomija** (angl. taxonomy) / **klasifikacija.** Blokų grandinė gali būti pritaikyta atlikti įvairias funkcijas, taigi egzistuoja kriptovaliutos, kurios pasižymi skirtingomis savybėmis ir atlieką skirtingas paskirtis. Remiantis moksline literatūra, kriptovaliutas pagal savo paskirtį ir programines savybes galima suskirstyti į 4 skirtingus tyrimu subjektus:
 - **Atsiskaitymo skaitmeninės valiutos** – monetos (angl. coins). Kriptovaliutos, kurios atlieka vertės saugojimo funkciją ir gali būti naudojamos prekyboje, investavime, vertės išsaugojime ir mainuose. Tokie tyrimai kaip Tsang (2021) ir

Shah (2023) analizuoja kriptovaliutas, kaip atsiskaitymo ir vertės perkėlimo priemonės.

- **CBDC** (Centrinio Banko skaitmeninė valiuta). Pasak Chorzempa (2021), 80% pasaulio centrinio bankų jau pradėjo daryti tyrimus siekiant įgyventi centralizuotos kriptovaliutos paleidimą, kuri galėtų tapti nauja, stabilia pasaulinio masto atsiskaitymo sistema, pakeičiant dabartinę bankinę atsiskaitymų sistemą. Agur (2022) tyrimas papildoma, jog CBDC kriptovaliutos paklausa finansų pasaulyje auga, tačiau tokios valiutos sukūrimui trūksta sisteminio pagrindo monetarinės politikos perkėlimui į blokų grandinę;
- **Skaitmeniniai žetonai** (angl. tokens). Vertės vienetai, kurie sukurti blokų grandinėje ir gali atlikti įvairias funkcijas, įskaitant, panaudojimą decentralizuotų programėlių (DeFi) paslaugos ar produktams įsigyti. Žetonai, kaip ir kriptovaliuta, gali turėti vertę ir būti keičiami, ir yra sukurti kaip skaitmeninis turtas (Toufaily, 2022). Dowling (2022) ir Ali (2023) tyrimai išskiria nepakeičiamuosius žetonus (angl. non-fugible tokens, NFT), kurie įvardijami kaip kolekciniai žetonai, visgi ši žetonų rūšis turi atskirą rinką decentralizuotų aplikacijų aplinkoje (Dapp) ir neįtraukiama į aktyvią prekybą kriptovaliutų keityklose.
- **Stabiliosios skaitmeninės valiutos** (angl. stablecoins). Kriptovaliutos, kurių kainą yra pagrįsta kitu įsigytu turtu ir kurių tikslas išlaikyti mažą kainos kintamumą. Šios valiutos nelaikomos investicinėmis ir šiai dienai yra labiausiai pritaikytos pakeisti šiuolaikines valstybines valiutas (Zhang ir kt., 2023).

Taigi funkcionalumą analizė suteikia papildomos informacijos apie kriptovaliutų rinką. Decentralizuotas požiūris atskiria kriptovaliutas nuo tradicinių finansinių priemonių. Tokios unikalios kriptovaliutų savybės, kaip „kasimas“ ir „Proof of stake“ principas rodo, jog kriptovaliutos turi save kuriantį mechanizmą, kuriuo negali pasižymėti kitos finansų rinkos. Šis decentralizuotumo aspektas daryto įtaką ne tik finansų sistemai, tačiau taip pat kuria neužtikrintumą kriptovaliutų kainoms.

Pagal išreikštas keturias kriptovaliutų klasifikacijas, ši technologija turi pagrindą ateityje pakeisti ne tik šiuolaikinius pinigus bet ir supratimą apie meną, turtą ar valstybės vaidmenį visuomenėje, perkeliant didelę turto dalį į skaitmeninę erdvę. Visgi, tam tikrų rūšių kriptovaliutų ypatumai, indikuoja, jog ne visos rūšys gali būti naudojamos investiciniuose portfeliuose. Sudarant investicinį portfelį nenaudojamos piniginės vertės negeneruojančios valiutos, todėl turėtų būti vertinamos tik kintančios, decentralizuotos kriptovaliutos, kurios pasižymi investicinio

instrumento savybėmis ir yra prekiaujamos atviroje kriptovaliutų rinkoje. Pagal šį kriterijų CBDC, stabiliosios kriptovaliutos ir nepakeičiamieji žetonai (NFT) nėra įtraukiami į tolimesnę analizę.

1.2. Investuotojų elgsena kriptovaliutų rinkoje

Mokslinė literatūra indikuoja, jog kriptovaliutų rinka nėra efektyvi ir atspindi investuotojų spekuliacinį burbulą (Antonakakis ir kt., 2019; Al-Yahyaee ir kt., 2018; Blau, 2018), tačiau vis daugėja tyrimų, pagal kuriuos kriptovaliutų rinka su laiku darosi efektyvesnė ir investuotojai priima informatyvesnius sprendimus (Sensoy, 2019; Caporale ir kt., 2018). Didėjantis efektyvumas reiškia, jog skirtingų aktyvų sąveika kinta, didėja nepriklausomumas ir atsiranda galimybės kurti veiksmingesnes diversifikavimo strategijas. Visgi prastas kriptovaliutų rinkos pažinimas ir mažas besidominčiųjų pasiruošimas investavimui į kriptovaliutas veda investuotojus į nepragrįstas spekuliacijas ir potencialius didelius nuostolius. Be prideramo pasiruošimo ir analizių pritaikymo investuojant, investuotojai pasiduoda bandos elgsenai, todėl itin svarbu yra edukuoti ir paruošti pradedančiuosius investuotojus apie tinkamą rizikos valdymą (Hadan ir kt., 2023).

Hachicha (2023), Youssef (2022), Gurdgiev (2020) ir kt. autoriai tiria bandos elgseną kriptovaliutų rinkoje ir patvirtina, jog šis neracionalus elgesys didina investicijų į kriptovaliutas riziką ir mažina portfelių stabilumą. Investuotojų sentimentas daro kriptovaliutų rinką sunkiai nuspėjama, kadangi jų kainų dinamika yra pilnai grindžiama paklausos aspektu. Kai investuotojas remiasi ne savo paties surinkta informacija, įnešdamas pinigų į rinką suteikia papildomo momento, kuris pritraukia dar daugiau neracionalių investuotojų. Taigi, investuotojai yra linkę sekti vienas kito pavyzdžiu, labiau nei pasitikėti savo paties analizėmis dėl baimės prarasti pinigus, kas, atitinkamai, gali paskatinti formuotis rinkos nuvertinimų ar pervertinimų epizodus.

Norint didinti rinkos efektyvumą, investuotojai turi suprasti kaip teisingai interpretuoti rinkos svyravimus, bei atsižvelgti į fundamentalius kriptovaliutų skirtumus.

1.2.1. „Baimės ir godumo“ indekso nauda interpretuojant kriptovaliutų rinką

Investavimo pagrindinis tikslas yra uždirbti grąžą, kadangi kriptovaliutų rinką pastaruosius kelis metus stipriai augo, jos tapo gana populiaria investicija ir vis didesnis kiekis investuotojų jas įtraukia į investicinius portfelius. Statistika rodo, jog bendra rinkos kapitalizacija stipriai svyruoja: 2021 m. ji pasiekė 3 trilijonų dolerių aukščiausią ribą, o 2023 m. vidutiniškai svyravo apie 1 - 2 trilijonų dolerių ribose. Didelis rinkos kintamumas kelia susirūpinimą rinkos tvarumu kaip

ilgalaike investicine priemone. Nors kriptovaliutų rinka netenkina efektyvios rinkos hipotezės, moksliniai tyrimai rodo, jog remiantis adaptyvios rinkos hipoteze, ši rinka keičiasi ir su laiku turėtų tapti stabilesnė ir efektyvesnė (Noda, 2020).

Kriptovaliutų rinkos neefektyvumui ir kintamumui apibendrinti naudojamas „baimės ir godumo“ indeksas (angl.: Fear and Greed Index). Šis rinkos sentimentų indikatorius fiksuoja investuotojų požiūrį į kriptovaliutų rinką duotuoju laikotarpiu, įvertinant kainų kintamumą, tendenciją, socialinių tinklų sentimentą, prekybos apimtį ir Bitcoin dominavimo indikatorius prieš kitas kriptovaliutas. Indekso reikšmės svyruoja nuo 0 iki 100, kur 0 reiškia „didžiulę baimę“ – perdėto investuotojų nusivylimo rinka, o 100 reiškia „ypatingą godumą“ ir yra maksimalaus FOMO (baimės praleisti) požymis, kuris indikuoja, jog rinka stipriai pervertinta dėl neracionalių investicijų (Gaies ir kt., 2023). Remiantis indekso skale, efektyvi rinka turėtų balansuoti ties 50 indikuojant neutralų investuotojų sentimentą.

Pagal Johnson (2023), kol akcijų rinkos „baimės ir godumo“ indeksas yra siejamas su akcijų tikrąja verte, kriptovaliutų rinkos indeksas neturi šios vertės, todėl yra paremtas kainomis, kurias investuotojai yra pasirengę mokėti duotuoju laikotarpiu. Kadangi kriptovaliutoms negalima įvertinti tikrosios jų vertės, o šis indeksas vertina kriptovaliutų paklausą ir susidomėjimą socialiniuose tinkluose, jis neturėtų būti naudojamas priimant investicinius sprendimus. Visgi, egzistuojantys moksliniai tyrimai grindžia, jog ryšys tarp „baimės ir godumo“ indekso bei kriptovaliutų kainų egzistuoja, o investuotojai juo turėtų naudotis interpretuojant rinkos sentimentą ir reaguoti priimant atitinkamus investicinius sprendimus, ypač trumpalaikėms investavimo strategijoms. Pavyzdžiui, Mokni (2022) analizuoja Bitcoin kainos ir „baimės ir godumo“ indekso tarpusavio ryšius, Lin (2023) grindžia indekso ryšį su rinkos rizika įtraukiant keturias didžiausias kriptovaliutas, o Bourghelle (2022) sieja Bitcoin kintamumo pokyčius su investuotojų baime COVID-19 pandemijos laikotarpiu.

Kadangi tyrimai rodo, jog „baimės ir godumo“ indekso ryšys su kriptovaliutų kainų pokyčiais paaiškina kriptovaliutų rinkos elgseną, o indekso reikšmės vaizduoja rinkos judėjimo tendencijas, šis indeksas gali būti interpretuojamas ir panaudojamas išskiriant laikotarpius, kuriuos galima apibendrinti kaip „bulių“ ir „meškų“ rinkas (Papadamou ir kt., 2021):

- „Bulių“ kriptovaliutų rinka interpretuojama kaip rinka, kurioje vyrauja kriptovaliutų kainų kilimo tendencija. Taip pat rinkoje vyrauja investuotojų godumas (indekso vidutinė reikšmė didesnė nei 50), kuris nulemia nepagrįsta vertės augimą (remiantis 2017 ir 2021 m. kriptovaliutų rinkos augimo pavyzdžiais);

- „Meškų kriptovaliutų rinka suprantama kaip rinka, kurioje vyrauja kriptovaliutų kainų mažėjimas. Šiuo periodu „baimės ir godumo“ indeksas rodo investuotojų baimę (indekso vidutinė reikšmė mažesnė nei 50), kuri nulemia masinį kriptovaliutų išpardavinėjimą.

Šis požiūris leidžia suskaidyti tiriamąjį laikotarpį į smulkesnius periodus, kai rinkoje vyrauja investuotojų baimė arba godumas. Laiko eilutės skaldymas į šiuos periodus leidžia įvertinti kaip kriptovaliutų kainos kinta skirtingomis rinkos sąlygomis. Rinkoje vyraujant baimei arba godumui, reliatyviai dideli kriptovaliutų kainų pokyčiai (tiriamuoju periodu) indikuoja didesnę „bandos efekto“ poveikį. Kriptovaliuta, kuri „bandos efekto“ yra paveikiama stipriau, interpretuojama kaip rizikingesnis aktyvas nei kriptovaliuta, kuriuos pokyčiai buvo mažesni.

1.2.2. Heterogeniškumas kriptovaliutų rinkoje

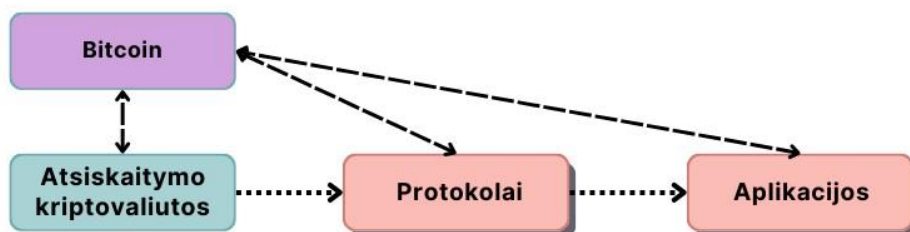
Corbet (2020), Benedetti (2021), Katsiampa (2022) autoriai tiria kriptovaliutų rinkos heterogeniškumą. Pasak autorių, rinkos reguliavimo trūkumas leidžia kurti daugybei įvairių kriptovaliutų, kurių programinės savybės, panauda ir strategijos skiriasi. Neatsižvelgiant į rinkoje egzistuojantį didelį kiekį kriptovaliutų, kurios sukurtos be svaraus technologinio ar ekonominio tikslo (pvz.: DOGE kriptovaliuta), rinkoje gausu prasmingų vidutinės/didelės kapitalizacijos kriptovaliutų, kurios turi skirtingus strateginius tikslus. Skirtingas kriptovaliutų pobūdis ir savybės neleidžia kriptovaliutų rinkai būti interpretuojamai kaip vienalytei (homogeninei). Autoriai teigia, jog kriptovaliutas reiktų vertinti skirstant grupėmis, pagal jų technines specifikacijas, o investuojant atsižvelgti į kapitalo pasiskirstymą vykstantį kriptovaliutų rinkos viduje. Corbet (2020) tyrime pasiūlyta skirstyti kriptovaliutas į 3 kategorijas, atsižvelgiant į jų strategines veiklos kryptis ir technologinę charakteristiką:

- **Atsiskatimų valiutos:** skaitmeninis turtas, kurio pagrindinis yra atlikti finansinių atsiskaitymų ir kitą monetarinę paskirtį. Populiariausias šio kategorijos pavyzdys yra Bitcoin kriptovaliuta.
- **Protokolai:** skaitmeninis turtas, kuris orientuojasi į blokų grandinės platformas, protokolus, kuriais remiantis sudaromos kitos aplikacijos. Šios inovacijos pagrindinis tikslas yra duomenų perdavimas, kurio pagrindu kuriamos aplikacijos.
- **Decentralizuotos aplikacijos:** aplikacijos ir tinklai sukurti jau egzistuojančiuose protokoluose (blokų grandinėse). Šioje kategorijoje laikomi žetonai arba išmaniosios sutartys, kurių pagrindinis tikslas nėra finansinių atsiskaitymų vykdymas, o informacijos saugojimas ir kt. programos.

Katsiampa (2022) papildydamas Corbet (2020) tyrimą teigia, jog protokolai ir decentralizuotos aplikacijos darosi vis patrauklesni investuotojams, o grynosios atsiskaitymo kriptovaliutos, išskyrus Bitcoin, darosi mažiau įtakingos. Remiantis Covid-19 laikotarpiu buvo nustatyta, jog decentralizuotos aplikacijos stipriai išpopuliarėjo. Nors popandeminiu laikotarpiu kriptovaliutų rinka sparčiai augo pritraukdama naujų investuotojų kapitalą, taip pat buvo pastebimi ir vidiniai pinigų judėjimai, kaip investicijų perkėlimas iš didžiųjų atsiskaitymo kriptovaliutų į protokolus ir aplikacijas (žr. 1 pav.). Benedetti (2021) grindžia, jog protokolų kriptovaliutos ir aplikacijų žetonai rinkoje rodo didesnę nei vidutinę laukiamą grąžą. Vienintelė atsiskaitymų kriptovaliuta, kuri išlaikė nemažesnę investuotojų susidomėjimą, kaip pabrėžia Katsiampa (2022), išliko Bitcoin, kuris išlieka stiprus kriptovaliutų rinkos lyderis.

1 paveikslas

Investicijų perskirstymas kriptovaliutų rinkos viduje 2020-2021 m.



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Katsiampa, 2022

Įvertinus kriptovaliutų rinkos raidą ir rinkos heterogeniškumą, investuotojai turėtų atsižvelgti, jog didžiosios atsiskaitymų kriptovaliutos turėtų pirmosios pasiekti brandą ir turėti mažiausią kintamumą. Kitą vertus, protokolinės ir aplikacinės kriptovaliutos turėtų būti rizikingesnės, tačiau pasižymėti didesnės laukiamos grąžos perspektyvomis, dėl didėjančio jų populiarumo ir investuotojų polinkio perkelti investicijas į didesnę potencialą turinčius investicinius vienetus. Pagal analizuojamus tipus sudaryta lentelė iš didžiausių kriptovaliutų, kurios reprezentuoja skirtingus skaitmeninio turto tipus (žr. 1 lentelę). Įvertinant skirtingų tipų kriptovaliutų kapitalizacijas, pastebima, jog atsiskaitymų ir protokolų kategorijos kriptovaliutos pasižymi didžiausia rinkos kapitalizacija, o aplikacinės kriptovaliutos turi sąlyginai maža kapitalizaciją šioje imtyje, indikuojant potencialą augimui ateityje.

1 lentelė

Kripto valiutų heterogeniškumą reprezentuojančių kripto valiutų suskirstymas tipais

Kripto valiutos pavadinimas	Trumpinys	Kripto valiutos tipas	Kapitalizacija (2023 m. gruodis)
Bitcoin	BTC	Valiuta	857 450 mln. dol.
Ripple	XRP	Valiuta	61 430 mln. dol.
Litecoin	LTC	Valiuta	6 000 mln. dol.
Bitcoin Cash	BCH	Valiuta	4 780 mln. dol.
Dash	DASH	Valiuta	606 mln. dol.
Zcash	ZEC	Valiuta	704 mln. dol.
Monero	XMR	Valiuta	3 180 mln. dol.
Dogecoin	DOGE	Valiuta	14 010 mln. dol.
Ether	ETH	Protokolas	263 820 mln. dol.
EOS	EOS	Protokolas	830 mln. dol.
Ethereum Classic	ETC	Protokolas	3 170 mln. dol.
Tron	TRX	Protokolas	9 180 mln. dol.
Neo	NEO	Protokolas	1 150 mln. dol.
Chainlink	LINK	Protokolas	14 590 mln. dol.
Qtum	QTUM	Protokolas	358 mln. dol.
Binance coin	BNB	Protokolas	36 690 mln. dol.
Stellar	XLM	Protokolas	6 220 mln. dol.
Cardano	ADA	Protokolas	24 240 mln. dol.
Waves	WAVES	Protokolas	276 mln. dol.
Tezos	XTZ	Protokolas	897 mln. dol.
Zilliqa	ZIL	Protokolas	410 mln. dol.
Omg network	OMG	Aplikacija	100 mln. dol.
Huobi token	HT	Aplikacija	440 mln. dol.
VeChain	VET	Aplikacija	2 260 mln. dol.
Basic attention token	BAT	Aplikacija	344 mln. dol.
Wrapped Ether	WETH	Aplikacija	1 000 mln. dol.
0x	ZRX	Aplikacija	320 mln. dol.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Katsiampa, 2022 ir CoinMarketCap, 2023 duomenimis

Atsižvelgiant į tai, jog tyrimai rodo, kad tarp kripto valiutų rinkos vyksta vidinis pinigų judėjimas, sudarant optimalų kripto valiutų portfelį, reikia atsižvelgti į kripto valiutų tipus, kurie galėtų padėti sudaryti geriau diversifikuotą kripto valiutų portfelį. Papildomai, galima daryti prielaidą, jog remiantis protokolų ir aplikacijų populiarėjimu, šių tipų grąža tiriamuoju laikotarpiu turėtų būti didesnė nei atsiskaitymo kripto valiutų. Taigi, neatsižvelgiant į individualias kripto valiutų charakteristikas, kripto valiutų rinkos heterogeniškumas diktuoja, jog sudarant optimalų kripto valiutų portfelį tikslinga būtų turėti visų tipų kripto valiutų. Remiantis šiais rezultatais, formuojant tiriamųjų kripto valiutų imtį darbo tikslui pasiekti, tarp kintamųjų bus įtraukiama visų trijų tipų kripto valiutų.

1.3. Bitcoin ir alternatyviosios kriptovaliutos

Bitcoin, pirmoji oficiali kriptovaliuta, vis dar išlieka populiariausia ir didžiausios kapitalizacijos kriptovaliuta rinkoje. Net atsiradus tūkstančiams naujų kriptovaliutų, Bitcoin prekybos apimtys ir susidomėjimas socialinėje medijoje išlieka didžiausi. Pastarųjų penkerių metų laikotarpyje, moksliniuose tyrimuose Bitcoin išlieka stipriai analizuojama tema, kuri investavimo kontekste, koncentruojasi į Bitcoin, kaip į portfelio diversifikavimo priemonę.

Kajtazi (2019), Platanakis (2020) ir Petukhina (2021) analizuoja Bitcoin įtraukimą į tradicinius investicinius portfelius ir jo naudą didinant portfelio gražos ir rizikos balansą. Tyrimai rodo, jog Bitcoin neturi didelės koreliacijos su tradiciniu investiciniu turtu, todėl padeda maksimizuoti portfelio Šarpo rodiklį. Visgi, tyrimuose pastebima, jog Bitcoin kainos nepastovumas didina portfelio riziką, o realus portfelio balansas didėja, tik dėl sąlyginai didelės Bitcoin gražos. Toks portfelio optimizavimas gali būti nepriimtinas apribotos rizikos portfelius formuojantiems investuotojams. Huang (2021) daro išvadą, jog Covid-19 kontekste, Bitcoin yra tinkama priemonė portfelio diversifikavimui rinkos neužtikrintumo laikotarpiais, tačiau Baur (2022) tyrimas oponuoja, jog Bitcoin kriptovaliuta investicinio portfelio riziką mažina labai neefektyviai didelio kintamumo rinkos sąlygomis.

Nguyen (2019) ir Demir (2021) tyrimai daro išvadą, jog Bitcoin, kaip rinkos lyderis, daro įtaką kitų kriptovaliutų kainoms, kol kitos kriptovaliutos, priešingai, didelės įtakos Bitcoin kainoms nedarą. Tokie argumentai sudaro prielaidą, jog Bitcoin kintamumas sudaro didelį dalį kriptovaliutų rinkoje vyraujančios sisteminės rizikos, ką patvirtina Günay (2023) tyrimas. Kadangi Bitcoin didžiąją dalimi formuoja kriptovaliutų rinkos sisteminę riziką, šios kriptovaliutos kainų pokyčiai gali suteikti išankstinį perspėjimą investuotojams sekantiems kitų kriptovaliutų kainas.

Valiuos, kurios atsirado po Bitcoin, yra laikomos alternatyviosiomis kriptovaliutomis. Šios kriptovaliutos įgalina sprendžia įvairias finansines problemas, nuo alternatyvos mokėjimų sistemai siūlant mažesnius atsiskaitymo kaštus, iki skaitmeninio turto įsigijimo ir saugojimo. Aysan (2021) išskiria tris skirtingų kategorijų alternatyviasias kriptovaliutas:

- Ethereum (ETC) kriptovaliutą, kuri sukurta protokolo pagrindu ir veikia, kaip atvirojo kodo platforma leidžianti kitiems naudotojams joje formuoti kitas išmaniąsias sutartis ir aplikacijas (Dapp).
- Ripple (XRP), kurios strategija numato finansinio atsiskaitymų tinklo sukūrimą, jog sumažintų tarptautinių atsiskaitymų kaštus. Kriptovaliuta konkuruoja su Bitcoin ir su šiuolaikine finansų sistema.

- Tron (TRX), kuri atlieka informacijos saugyklos funkciją, leidžia naudotojams atlikti patogų ir ekonomišką keitimąsi skaitmeniniu turtu ir siekia sukurti pasaulinę pramogų turinio platformą blokų grandinės aplinkoje.

Tokios kriptovaliutos konkuruoja su Bitcoin ir pritraukia vis daugiau investuotojų dėmesio. Katsiampa (2022) tyrimas rodo, jog tokios protokolinės kriptovaliutos kaip Ethereum (ypač po Covid-19 pandemijos laikotarpiu) užima vis svaresnę rinkos dalį ir rodo didelį potencialą ateityje tapti rinkos lyderėmis. Taigi kriptovaliutų tinklui plečiantis, atvirojo kodo (protolinių) kriptovaliutų svarba didėja, todėl tikimasi, jog ateityje jų vertė rinkoje taip pat turėtų augti sparčiau. Visgi, tokiuose kriptovaliutų portfelių tyrimuose kaip Jing (2023), Brauneis (2019) ir Kurosaki (2022) randama, jog naujausiais istoriniais duomenimis, lyginant su Bitcoin, alternatyviosios kriptovaliutos pasižymi didesniu standartiniu nuokrypiu. Tai rodo, jog investicijos į alternatyviasias kriptovaliutas yra rizikingesnės, bei turi didesnę grąžos potencialą. Nors alternatyviosios kriptovaliutos gali pasiekti didesnę standartinio nuokrypio ir grąžos balansą, svarbu įvertinti kiek didėja portfelio rizika ir ar ji neviršija investuotojo tolerancijos lygio.

Apibendrinant galima sudaryti išvadą, jog Bitcoin yra lyderiaujanti kriptovaliuta rinkoje. Bitcoin kintamumas stipriai koreliuoja su bendrais rinkos pokyčiais ir paaiškina didelę dalį sisteminės rizikos. Atsižvelgiant į Bitcoin panaudojimą tradiciniuose portfeliuose ir alternatyvių kriptovaliutų savybes tyrimuose, daroma prielaida, jog Bitcoin investicinio portfelio kontekste veikia, kaip diversifikacijos ir optimizavimo įrankis, kol alternatyviosios valiutos pasižymi didesne rizika ir laukiama grąža. Atsižvelgus į šias savybes daroma prielaida, jog optimalus kriptovaliutų portfelis turėtų susidaryti iš alternatyviųjų kriptovaliutų ir Bitcoin norint pasiekti laukiamos grąžos ir rizikos balansą.

1.4.Kriptovaliutų portfelių formavimo metodikos

Investuotojų bendruomenėje plačiai žinoma, jog kriptovaliutų kainų kintamumas yra labai didelis, o grąža sunkiai nuspėjama, nes jų kainų kitimo modeliavimas tradicinėmis makroekonominėmis prognozėmis nėra tikslus (Dunbar ir kt., 2022b). Prie didelio kainų kintamumo ir sunkiai nuspėjamos grąžos galima pridėti ir didelę tarpusavio koreliaciją tarp skirtingų kriptovaliutų, kuri mažina portfelio diversifikavimo naudą bandant valdyti nesisteminę riziką. Taigi, yra daug priežasčių, kodėl kriptovaliutų rinka laikoma stipriai spekuliatyvi, o prekyba joje nerekomenduojama nepatyrusiems investuotojams. Visgi, atsižvelgiant į labai spekuliatyvų kriptovaliutų rinkos pobūdį, visi investuotojai, kurie prekiauja kriptovaliutų rinkoje

turėtų apsvarstyti galimybę optimizuoti savo kriptovaliutų portfelius, kad, kiek įmanoma, pagerintų savo investicijų našumą sumažinant bendrą portfelio riziką (Schellinger, 2020).

Optimalaus portfelio sąvoka yra pagrįsta modernios portfelio teorijos konceptu, t.y. formuojant portfelį siekiama maksimizuoti investuotojo laukiamą grąžą ir minimizuoti patiriamą riziką. Optimizacijos procesas yra tinkamo balanso tarp rizikos ir grąžos, pasirenkant tinkamus aktyvus ir jų svertinę dalį portfelyje, visuma. Nors optimizavimo procese tikslas visada yra panašus, būdų ir priemonių šiam tikslui pasiekti yra įvairių. Atlikus mokslinių šaltinių analizę buvo identifikuoti keli pagrindiniai moksliniai metodai naudojami portfelių optimizavimui įgyvendinti (žr. 2 lentelę.).

2 lentelė

Moksliniuose tyrimuose naudojami kriptovaliutų portfelio optimizavimo metodai

Metodo pavadinimas	Trumpas aprašymas	Autoriai
Modernaus portfelio teorija: vidurkio-variacijos (angl. mean-variance) modelis	Šiuolaikinio portfelio teorija (angl.: Modern Portfolio Theory, MPT) remiasi diversifikacijos principu ir siekia maksimizuoti investicijų grąžą, minimalizuojant riziką (kintamumą). Vidurkio-variacijos metodas pritaiko tarpusavio kovariacijos matricą portfelio rizikai skaičiuoti.	Jing ir kt., 2023; Brauneis ir kt., 2019; Ma ir kt., 2020; Yang ir kt., 2020
CAPM modeliavimas ir prognozavimas	Kapitalų kaštų nustatymo modelis (angl.: Capital Asset Pricing Model, CAPM) numato aktyvo laukiamą grąžą, naudojant rinkos pokyčius, nerizikingos palūkanų normos ir aktyvo sisteminės rizikos lygio lyginimą su rinkos rizika (beta koeficientą).	Dunbar ir kt., 2022b; De Souza Tavares, 2020
GARCH modeliavimas ir prognozavimas	Apibendrintas autoregresinis sąlyginis heteroskedastiškumas (angl.: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) naudojamas prognozuoti investicinių priemonių kainų svyravimus, darant prielaidą, jog kintamumas nėra pastovus.	Troster ir kt., 2019; Caporale ir kt., 2019; Cerqueti ir kt., 2020; Kurosaki ir kt., 2022
LSTM modeliavimas ir prognozavimas	Ilgalaikės - trumpalaikės atminties tinklo modelis (angl. long, short-term network) yra speciali architektūra, skirta efektyviai apdoroti ir modeliuoti sudėtingų laiko eilučių duomenis.	Zhong ir kt., 2023; Jaquart ir kt., 2021; Kwon ir kt., 2019; Loginova ir kt., 2021

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis lentelėje nurodyta moksline literatūra

Šie modeliai pritaikydami skirtingus rodiklius ir metodikas, dalijasi bendra savybe – jie yra skirti investicinio portfelio rizikos valdymui pasirenkant tinkamiausias investicines priemones ir jų dalį portfelio sudėtyje. Nepaisant skirtingų matematinės analizės, statistinių modelių ar dirbtinio intelekto pritaikymo būdų, jų esmė yra siekti maksimizuoti investuotojo grąžą arba minimizuoti riziką, o dažnai – pasiekti geriausią įmanomą balansą tarp šių dviejų rodiklių. Visgi kiekvienas iš jų šio tikslo siekia skirtingais būdais ir su skirtingomis prielaidomis bei principais, todėl rezultatai gali būti savaip unikalūs. Kadangi kriptovaliutų rinka yra nauja ir nuolat kinta, nėra vienos teisingos investicinio portfelio sudarymo strategijos, o portfelio optimizavimas yra kontraversiška, besivystanti tema. Portfelio formavimo metodai pasirenkami atsižvelgiant į individualius tyrimo poreikius ir tikslus.

Modernaus portfelio teorijos vidurkio-variacijos sistema remiasi aktyvų tarpusavio kovariacijos, vidutinių nuokrypių ir vidutinių grąžų analize, kuriuos apibendrina Šarpo (angl.: Sharpe) koeficientas. Analizei reikalingi duomenys yra normalizuojami priklausomai nuo iškeliamų prielaidų, pavyzdžiui sudarant kriptovaliutų kainų pokyčius laikotarpyje, istoriniai grąžos duomenys logaritmuojami: $r = \log(P_1 / P_0)$ [r – logaritmuota grąža; P – kintamojo kaina] – šis metodas laiko eilutės duomenis paverčia stacionariais, kad galėtų būti naudojami tolimesnėje analizėje. Skaičiuojama vidutinė stacionari grąža, sudaroma kovariacijos matrica ir paskaičiuojamas aktyvų standartinis nuokrypis. Remiantis gautais duomenimis, skaičiuojamas Šarpo rodiklis, kuris gali būti lyginamas su kitų portfelių rodikliais arba maksimizuojamas įtraukiant svertinius aktyvų koeficientus portfelyje ir gaunant optimalų kriptovaliutų portfelį (Jing ir kt., 2023; Brauneis ir kt., 2019; Ma ir kt., 2020).

Kaip ir bet kuri metodika, šis metodas turi savo privalumų ir trūkumų. Nors jis suteikia matematinį pagrindą optimaliam portfeliui, jis yra pririštas prie normalumo prielaidos, t.y. prielaidos, kad turto grąžos pasiskirsto pagal normalųjį skirstinį, bei neįvertina kitų rizikos aspektų apart kintamumo (plačiau žr. 1.5 poskyrį).

Kapitalų kaštų nustatymo modelis decentralizuotoje blokų grandinės visumoje, kurioje fundamentalūs veiksmai nėra esminiai, leidžia įvertinti naudą investuotojui už papildomą rizikos lygį. Plačiai naudojamas CAPM metodas finansų ir ekonomikos srityse nustatant įmonių akcijų, fondų ir kt. kainas ir suteikia palyginamus aktyvų vertinimo rezultatus. Metodo specifiką sudaro skaičiuojamas beta koeficientas, kurs reprezentuoja aktyvo riziką lyginant su rinkos etalonu. Modelis apibūdina ryšį tarp laukiamos tam tikro kriptovaliutų turto grąžos ir jo sisteminės rizikos. CAPM metodu gaunama tikėtina investicinio turto grąža ($R = \text{nerizikinga palūkanų}$

*norma+beta*rinkos rizikos priedas*), kuri padeda įvertinti aktyvo patrauklumą lyginant su rizikos vidurkiu ir modeliuoti tikėtinas grąžas ateityje (Dunbar ir kt., 2022b; De Souza Tavares, 2020).

GARCH modelis taip pat yra pritaikomas investicinių priemonių, įskaitant kriptovaliutas, analizei. Šis laiko eilučių analizės modelis įvertina, jog kainų pokyčių svyravimai nėra pastovūs, o su laiku kinta, t.y. šis lankstus modelis gali užfiksuoti heteroskedastiškumą, kuris yra pakankamai svarbus finansų rinkose. Tai reiškia, jog pritaikius šį modelį, gaunami rezultatai yra tikslesnis, tačiau lyginant su MPT ir CAPM modeliais jis gali būti gana sudėtingas, ypač kai daroma prielaida, jog kintamieji nėra pasiskirstę pagal normalųjį skirstinį (Troster ir kt., 2019; Caporale ir kt., 2019; Cerqueti ir kt., 2020). Nors šis modelis yra plačiai naudojamas moksliniuose tyrimuose, dėl kriptovaliutų rinkos trumpos kainų istorijos ir didelio kintamumo, GARCH modelių rezultatų pranašumas gali būti labai neryškus lyginant su įprastai vidurkio-variacijos modeliais ir jų gaunamais rezultatais (Brauneis ir kt., 2019).

LSTM yra mašininio mokymosi modelis, kuriam sudaryti reikalingos specifinės programavimo ir šios sistemos žinios. Modelyje naudojamos atskirų kriptovaliutų savybių profiliavimas, kainų pokyčių analizė ir kintamumo apibendrinimas, kuris nustato numatoma kriptovaliutų kainų judėjimą. Kadangi kriptovaliutos profiliuojamos, modeliui nereikalinga normalumo sąlyga, o kainų kintamumo vertinamas atliekamas suasmenintai, todėl gaunami rezultatai yra tikslūs. Visgi ši sistema yra plačiausiai paplitusi trumpalaikių tendencijų prognozei ir apsiriboja tik techniniais kainų kitimo duomenimis ir išskeltomis prielaidomis trumpajam periodui, kurios naudojamos spekuliuojant (Zhong ir kt., 2023; Jaquart ir kt., 2021; Kwon ir kt., 2019; Loginova ir kt., 2021.)

Taigi analizuojant investicines priemones, įskaitant kriptovaliutas, naudojami įvairūs matematiniai metodai. Atsižvelgiant į mokslinėje literatūroje pateikiamas įžvalgas ir metodų privalumus ir trūkumus, galima teigti, jog visi įvardijami metodai yra tinkami portfelio analizei. Pagrindinis šių metodų panašumas yra kainų kintamumo vertinimas ir prognozavimas, kuris reprezentuoja aktyvo riziką. Priklausomai nuo tyrimo tikslo, tikėtina, jog prognozuojant kriptovaliutų grąžą ateityje, GARCH ir LSTM modeliai yra pranašesni nei portfelio kintamųjų rizikos ir grąžos optimizavimas istoriniais duomenimis. Vis dėlto, vertinant istorinius duomenis ir išskiriant apibendrintą tam tikrų kriptovaliutų pranašumą prieš kitas, MPT metodas yra naudojamas plačiausiai ir jo normalizuoti rezultatai pateikia reikšmingus rezultatus, todėl kitų kompleksinių modelių naudojimas gali būti nereikalingas ir/ar neefektyvus.

1.5. Modernaus portfelio teorija ir Šarpo koeficientas

Portfelio sudarymas ir diversifikavimas gali būti ne tik kaip mokslas bet ir kaip menas. Sudarant investicinį portfelį reikia atsižvelgti į daug kintamųjų nuo kurių gali priklausyti jo sėkmė, tačiau rezultatai nėra garantuoti. Vis giliau analizuojant portfelinių investicijų sferą, atrandama daugiau naujų metodų investicinių portfelių sudarymui, pavyzdžiui praradimų optimizavimo ar GARCH modeliai. Nors nuolat vyksta diskusijos kuris modelis tinkamiausias, visų jų tikslas išlieka tas pats – maksimizuoti grąžą ir minimizuoti riziką. Kol akcijų rinkoje aktyvai susiduria su įvairia sisteminė rizika ir kyla būtinybė rengiant portfelius atsižvelgti į fundamentalius aspektus, kriptovaliutų rinkos pagrindinė rizika išlieka didelė tarpusavio koreliacija, kintamumas ir investuotojų emociniais faktoriais, todėl portfelio sudarymams svarbiausia atsižvelgti būtent į šiuos aspektus (Ahn ir kt., 2021; Bourghelle ir kt., 2022b).

Pagrindinis Markowitz (1952) tyrimo indėlis investuotojų bendruomenei yra modernaus portfelio teorijos pradmenų sukūrimas. Šios teorijos universalumą lėmė portfelio efektyvinimo metodas apibendrinamas kaip laukiamos grąžos ir kintamųjų rizikos mato – dispersijos modeliavimas. Šiuo principu skaičiuojama portfelio laukiama grąža ir rizika, pasitelkiant tikėtiną kintamųjų grąžą ir jų rizikos lygį, nustatytą pagal tarpusavio kovariacijos matricą. Šis principas grindžia, jog diversifikuoti portfeliai, dėl kintamųjų sąveikos, mažina bendrąją laukiamą portfelio riziką, todėl investavimas į aktyvų kombinacijas tampa pranašesnis nei į individualų aktyvą. Markowitz portfelio teorijai galima išskirti ir dvi alternatyvas, kurios gali būti naudojamos alternatyviems investavimo tikslams pasiekti (Khaki ir kt., 2023):

- modifikuotas maksimalios grąžos portfelis (angl.: Modified Maximum Return Portfolio, MMRP). Šio portfelio tikslas – maksimaliai padidinti portfelio grąžą išlaikant riziką priimtino ribose.
- modifikuotas minimalios rizikos portfelis (angl.: Modified Minimum Variance Portfolio, MMVP). Šis modelis orientuotas į rizikos minimizavimą išlaikant norimos grąžos reikalavimą.

Vidurkio-variacijos portfeliai sudaromi remiantis svertinio portfelio principu, kurį galima palyginti su vienodo kintamųjų paskirstymo portfeliais, kurie sudaromi iš aktyvų, kurių dalis portfelyje yra vienoda (dar vadinami 1/N portfeliais). Tyrimai rodo, jog 1/N portfeliai yra labiau ilgaamžiai ir dažnai naudojami kaip etalonas palygimui (pvz.: indeksų ar fondų sudarymui), nes jų sudarymas nereikalauja pastangų siekiant įvertinti jų dalį portfelyje, o principas paremtas tinkamo kintamojo pasirinkimu (Jiang ir kt., 2018). Nors daugelis seniau vykdytų tyrimų (Disatnik ir kt., 2007; Clarke, 2006; Fletcher, 2009) įrodė, jog šis modelis turi savų privalumų ir gali duoti

didesnę naudą investuotojams nei optimalūs portfeliai, nes vertinami kintamųjų rodikliai laikui bėgant gali keistis. Tačiau 1/N portfelių rizika tiriamuoju laikotarpiu dažnai išlieka reikšmingai aukštesnė nei svertinio principo portfeliai, kurie naudoja lankstesnę portfelio sudėties požiūrį. Dėl didelio rinkos kintamumo, kriptovaliutų portfelio optimizavimas ilguoju laikotarpiu nėra tikslus ar reikšmingas, todėl pastebima, jog naujesniuose moksliniuose tyrimuose (Jing ir kt., 2023; Brauneis ir kt., 2019; Ma ir kt., 2020), dažniau naudojamas optimalaus svertinio kriptovaliutų portfelio principas ir sudaromos trumpo/vidutinio periodo prognozės.

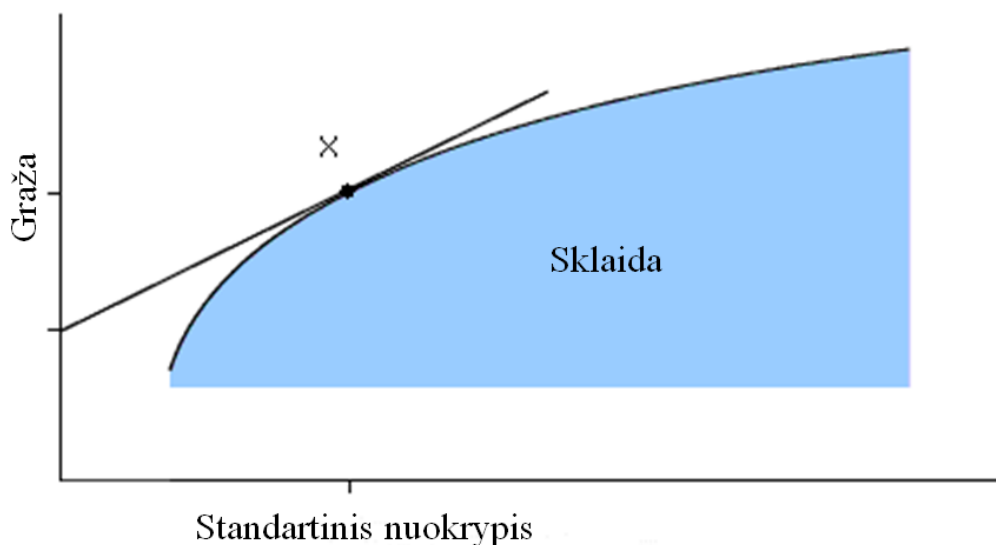
Pastarieji tyrimai rodo, jog modernaus portfelio teorija dažnai siejama su Šarpo rodikliu. Šį rodiklį galima laikyti tikėtinos gražos dydžiu tenkančiu vienam rizikos vienetui (formulė pateikiama metodologijos analizėje, 2.2 poskyryje). Teigiamo koeficiento reikšmė rodo, jog aktyvas (ar portfelis) generuoja didesnę gražą nei nerizikinga graža, kurią galima pasiekti investuojant į aktyvus su nerizikinga palūkanų norma, kuriais investicinių portfelių tyrimuose dažniausiai laikomi išdo vekseliai (Ma, 2020; Jaquart ir kt., 2022). Jei rodiklio reikšmė yra didesnė už 1, tai rodo, jog portfelio graža didesnė nei priimama rizika, o jei mažesnė – graža mažesnė nei rizika (Sharpe, 1966).

Šarpo rodiklis naudojamas optimalių portfelių sudarymui, palyginimui ir tinkamų kintamųjų nustatymui. Kadangi modernaus portfelio teorija siekia maksimizuoti gražą su minimalia (arba pasirinkta rizika), todėl šiame kontekste pasitelkiamas Šarpo rodiklis, kuris rodo šių junginių vertę, o maksimizuojant Šarpo rodiklį, pasiekiamas maksimalus portfelio optimalumas. Šis požiūris plačiai naudojamas kriptovaliutų, akcijų ir kt. rinkose (Ali ir kt., 2024; Brauneis ir kt., 2019; Liu, 2019).

Svertinės struktūros portfelio tikėtinų rizikos ir gražos derinių imtį galima atvaizduoti sklaidos grafike (žr. 1 pav.). Grafikas rodo galimų sudaryti portfelių scenarijus (mėlynas laukas). Taip pat rodo, kokia galėtų būti mažiausiai rizikinga portfelio alternatyva su minimaliu standartiniu nuokrypiu ir maksimalią įmanomą gražą generuojantį portfelį. Optimalus (subalansuotos gražos ir rizikos) portfelis, kuris turi maksimalų Šarpo rodiklį, grafike atsiduria ant optimalumo linijos (grafike pažymėta X ženkliniu).

2 paveikslas

Svertinio portfelio gražos ir rizikos scenarijų sklaida



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis Brauneis, 2019

Taigi moksliniai tyrimai indikuoja, jog modernaus portfelio teorijos vidurkio-variacijos metodu sukuriamas patikimas optimalus portfelis. Įvertinus kintamųjų vidutines gražas, bei sudarius kintamųjų kovariacijos matricą, kuri įvertina tarpusavio ryšį, galima išskirti svertinio portfelio standartinį nuokrypį ir tikėtiną laukiamą gražą. Šiuos rodiklius apibendrina Šarpo rodiklis, kurio rezultata, keičiant portfelio struktūrą, galima maksimizuoti ir gauti geriausią kriptovaliutų portfelį analizuojamam periodui.

1.6. Mokslinės literatūros prielaidų ir apibojimų, formuojant kriptovaliutų portfelį, apibendrinimas

Nagrinėtuose moksliniuose tyrimuose yra sukauptas didelis kiekis reikšmingos ir aktualios informacijos, kuri naudojama optimalaus kriptovaliutų portfelio sudarymui. Darbo tyrimui atlikti, autorius įtraukia moksliniuose tyrimuose naudojamus metodus ir analizuojamus metodologinius apribojimus. Formuojant darbo metodologiją remiasi šiomis prielaidomis:

- Kriptovaliutų imtis, darbo tikslui pasiekti, pasirenkama remiantis Shah (2023), Agur (2022), Dowling (2022) ir Zhang (2023) tyrimuose analizuojamomis kriptovaliutų klasifikacijomis ir jų savybėmis. Dėl išskirtinių savybių, optimalaus kriptovaliutų portfelio tyrime neįtraukiamos: stabiliosios valiutos, nepakeičiamieji žetonai (NFT) ir nenagrinėjamos CBDC kriptovaliutos. Imtis sudaroma iš skaitmeninių „monetų“ ir „žetonų“, kuriais yra prekiaujama centralizuotose keityklose.

- Remiantis Corbet (2020), Benedetti (2021) ir Katsiampa (2022) tyrimais apie kriptovaliutų rinkos heterogeniškumą, į tiriamųjų kriptovaliutų imtį įtraukiama skirtingų kategorijų (valiutų, protokolų ir aplikacijų) paskirties kriptovaliutos. Tikimasi, jog skirtingos paskirties kriptovaliutos suteiks didesnę diversifikavimo galimybę portfeliui, bei padės pasiekti reikšmingesnius rezultatus.
- Papadamou (2021), Mokni (2022), Lin (2023) ir Bourghelle (2022) išvalgos apie kriptovaliutų „bulių“ ir „meškų“ rinką bei „baimės ir godumo“ indekso svarbą identifikuojant skirtingus rinkos etapus panaudojamos sudarant tiriamąjį laikotarpį, kuris skaidomas į mažesnius periodus pagal rinkos sentimentą. Vertinant kriptovaliutų rodiklius skirtingais periodais siekiama pagrįsti optimalaus kriptovaliutų portfelio privalumus ir trūkumus skirtingomis rinkos sąlygomis.
- Pagal Kajtazi (2019), Platanakis (2020) ir Petukhina (2021) tyrimų rezultatus įtraukiant Bitcoin į tradicinius investicinius portfelius bei Huang (2021) analizuojamą Bitcoin diversifikacinę naudą, ši kriptovaliuta pasirenkamas kaip vienas iš palyginimo kriterijų sudarytiems optimaliems portfeliams.
- Remiantis Jing (2023), Brauneis (2019), Ma (2020), Yang (2020) tyrimais, darbo tikslui pasiekti pasirenkamas Markowitz vidurkio-variacijos metodas optimalaus portfelio sudarymui. Taip pat atsižvelgiant į Ma (2020) ir Jaquart (2022) tyrimų metodologijos sudarymo aspektus, portfelio rezultatų palyginimui pritaikomas Šarpo rodiklis, kuris indikuoja grąžos ir rizikos balansą portfelyje.

Analizuota literatūra taip pat leidžia susidaryti tyrimo rezultatų prielaidas, kurias siekiama patvirtinti pasiekus darbo tikslą:

- Nguyen (2019), Demir (2021) ir Günay (2023) rodo, jog Bitcoin kriptovaliutos kintamumas mažai priklauso, nuo alternatyviųjų kriptovaliutų pokyčių. Atsižvelgiant į jo nepriklausomumą ir mažesnę kintamumą, įtraukus Bitcoin į kriptovaliutų portfelį, jo rizika turėtų mažėti.
- Pagal Brauneis (2019) ir Kurosaki (2022) tyrimuose skaičiuotus rodiklius ir palyginamąją analizę portfeliai su alternatyviosiomis kriptovaliutomis pasižymi didesnių standartiniu nuokrypių ir didesne grąža. Atsižvelgiant į šiuos rezultatus, alternatyviosios kriptovaliutos su didesne rizika.

Taigi mokslinių šaltinių analizėje buvo įvertinti įvairūs aspektai, susiję su investicinio kriptovaliutų portfelio optimizavimu. Literatūros apžvalga parodė, jog kriptovaliutų portfelio formavimas yra sudėtingas procesas, kuriam įgyvendinti gali būti panaudojamos įvairios

strategijos. Taip pat padėjo atskirti, kurie praktikoje naudojami portfelio formavimo metodai gali būti pritaikyti šio tyrimo kontekste. Surinkta mokslinių tyrimų informacija padėjo sukurti pradines prielaidas ir atskleidė pagrindinius aspektus reikalingus šio darbo metodologijai sukurti.

2. KRYPTOVALIUTŲ PORTFELIO FORMAVIMO TYRIMO METODOLOGIJA

Mokslinės literatūros analizėje apibrėžti pagrindiniai kriptovaliutų analizės ir portfelio formavimo metodai naudojami šiuolaikiniuose tyrimuose. Literatūroje randamas reikšmingas kiekis tyrimų, kurie pritaiko kompleksinius mašininio mokymosi ar autoregresijos modelius ir neapsiriboja normalumo kriterijumi. Visgi, daugelyje tyrimų akcentuojama, jog ne mažiau reikšmingus rezultatus optimizuojant kriptovaliutų portfelį galima gauti pritaikant modernaus portfelio teorijos, vidurkio-variacijos metodą. Šiam metodui įgalinti daroma prielaida, jog gražos yra pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį, o jų rezultatai beveik identiška prilygsta sudėtingiems portfelio valdymo metodams (Brauneis ir kt., 2019). Tyrimo tikslui pasiekti pasirenkama remtis modernaus portfelio formavimo prielaidomis ir modeliavimais.

Tyrimo tikslas – nustatyti optimalų investicinį kriptovaliutų portfelį pasitelkiant modernaus portfelio teoriją ir palyginti rezultatus su rinkos vidurkį reprezentuojančiu indeksu bei Bitcoin kriptovaliuta.

Šiam tikslui pasiekti formuojama tyrimo struktūra:

- Etaloninio kriptovaliutų rinkos indekso parinkimas ir vertinimas;
- Kriptovaliutų vertinimas naudojant koreliacijos matricą ir beta koeficientą;
- Optimizuotų kriptovaliutų portfelių sudarymas tiriamaisiais periodais;
- Kriptovaliutų ir optimizuotų kriptovaliutų portfelių vertinimas naudojant Šarpo rodiklį;
- Indekso, individualių kriptovaliutų ir portfelio alternatyvų palyginimas.

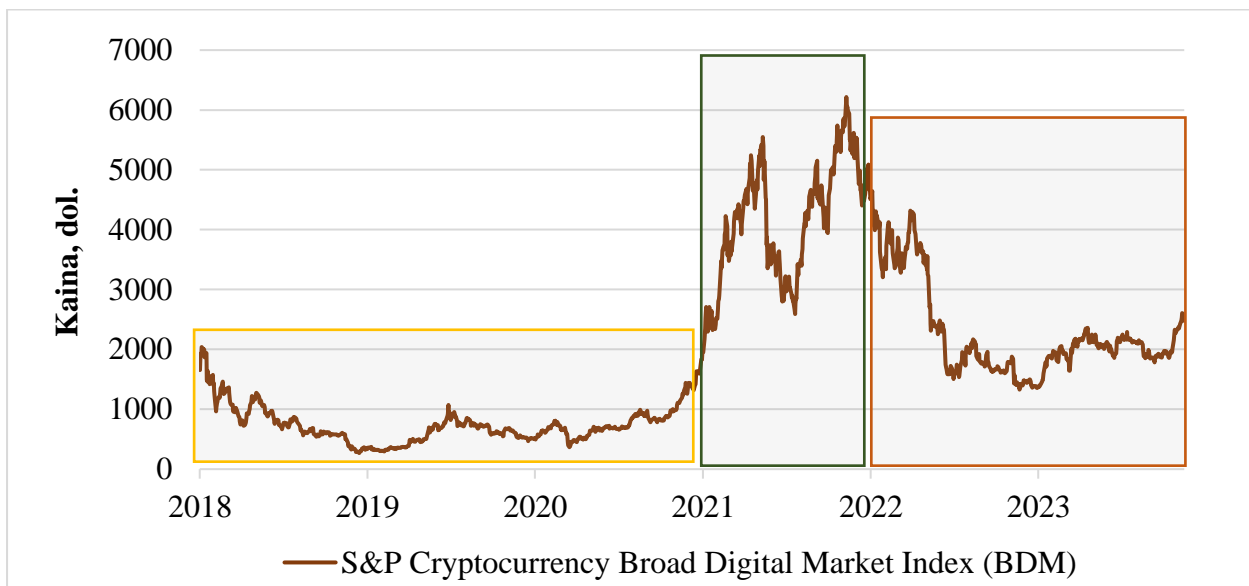
2.1. Tiriamieji duomenys ir duomenų skirstymas

Tyrimo pradžioje, siekiant užtikrinti tyrimo naujumą ir aktualumą, formuojama duomenų imtis. Tyrimui vykdyti numatytas pagrindinis 5-erių metų periodas (2018 – 2022 m.), kuris, siekiant užtikrinti darbo aktualumą, papildomas naujausiais turimais 2023 m. (iki gruodžio mėn.) duomenimis. Analizuojama laiko eilutė suskirstoma į periodus, kurie reprezentuoja skirtingus kriptovaliutų etapus (žr. 3 pav.). Periodai pasirenkami atsižvelgiant į kriptovaliutų rinkos kainos judėjimus bei „baimės ir godumo“ indeksą analizuojamu laikotarpiu, kuris reprezentuoja investuotojų pasitikėjimą kriptovaliutų kainų pokyčiais ir susidomėjimą socialiniuose tinkluose (remiantis www.alternative.me duomenimis). Analizuojamas periodas apima 3 tyrimui svarbius periodus, kurie sudaro:

- 2018 - 2020 m. kainų pokyčių etapą reprezentuojantį neigiamai kintančią „meškų“ rinką. „Baimės ir godumo“ indekso vidurkis yra mažesnis už 50 ir indikuoja investuotojų baimę.
- 2021 m. stipriai išaugusį susidomėjimą kriptovaliutomis reprezentuojanti „bulių“ rinka. „baimės ir godumo“ indekso vidurkis yra didesnis už 50 indikuojantis investuotojų godumą.
- 2022 - 2023 m. rinkos susitraukimą ir naujausią spekuliacinį etapą ekonominės recesijos laikotarpiu. „baimės ir godumo“ indekso vidurkis yra mažesnis už 50 indikuojantis investuotojų baimę.

3 paveikslas

Kriptovaliutų rinkos analizuojamo laikotarpio periodai



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis S&P Dow Jones, 2023 duomenimis

Duomenų analizei reikalingas kriptovaliutų kainos gaunamos iš „CoinMarketCap“ ir „Coin Metrics“ duomenų bazių, kurios yra viešai prieinami, informacijos apie rinkoje egzistuojančias kriptovaliutas, šaltiniai. „CoinMarketCap“ kaupia informaciją iš daugiau nei 200 pagrindinių biržų ir reguliariai teikia duomenis apie kriptovaliutų atidarymo, uždarymo, aukščiausias ir žemiausias laikotarpio kainas, bei prekybos apimtį ir rinkos kapitalizaciją (Dunbar ir kt., 2022b). „Coin Metrics“ sugrupuoja ir suteikia galimybę gauti didelius kiekius kriptovaliutų duomenų tyrimams ir analizėms.

Kriptovaliutų vertinimui pasirenkamas, 2021 m. sukurtas, rinką reprezentuojantis indeksas – BDM („S&P Cryptocurrency Broad Digital Market Index“), kurio tikslas reprezentuoti kriptovaliutų rinkos pokyčius. Indeksą sudaro plataus spektro kriptovaliutos, kurių kapitalizacija

nėra mažesnė nei 100 mln. dol., taip pat yra likvidžios ir prekiaujamos didžiosiose pasaulio kriptovaliutų keityklose (Chowdhury ir kt., 2024). Etaloninio indekso pasirinkimą lemia patikimas duomenų valdytojas – S&P ir tyrimą atitinkanti indekso formavimo strategija. Indekso duomenys gaunami iš oficialaus indekso tvarkytojo „S&P Dow Jones“ internetinės duomenų bazės.

Sudarant tiriamųjų kriptovaliutų imtį atsižvelgiama į 2 aspektus. Naudojamo reprezentacinio indekso formavimo metodologija ir mokslinės literatūros analizėje iškelti kriterijai. Norint įsitikinti, jog tyrimo rezultatai yra tvarūs ir aktualūs, renkantis tiriamąsias investicines priemones atsižvelgiama į šiuos kriterijus:

- **Kapitalizacija.** Kriptovaliutų skaičius ir jų kaina, kaip ir įmonių akcijos, gali stipriai skirtis, todėl pagrindinis aktyvų bendros vertės palyginimo rodiklis yra šių dydžių sandauga – kapitalizacija. Didesnė kapitalizacija kriptovaliutų rinkoje reiškia didesnį investuotojų pasitikėjimą ir susidomėjimą konkrečia kriptovaliuta. Įprastai, sąlyginai didelė kapitalizacija reiškia mažesnę investicinę riziką, o formuojant portfelį remiantis šiuolaikine portfelio teorija, yra vienas iš dviejų svarbiausių aspektų optimaliai investicijai pasirinkti. Tyrimo metu pasirenkama naudoti kriptovaliutas, kurių prekybos kapitalizacija yra nemažesnė nei 100 mln. dolerių.
- **Istoriniai duomenys.** Vertinant kriptovaliutų kainų pokyčius ir tendenciją svarbu turėti pakankamai duomenų, kurie užtikrintų, jog gaunami rezultatai būtų laikomi reprezentatyvūs. Trumpų laikotarpių analizė ir palyginimas gali rodyti ne informatyvius rezultatus ir privesti prie nepagrįstų išvadų priėmimo. Siekiant užtikrinti rezultatų tikslumą, tyrime naudojamos tik tos kriptovaliutos, kurių pilni (be reikšmingų trūkumų) prekybos duomenys yra pasiekiami laikotarpyje 2018 - 2023 m.
- **Kintamumas.** Nors kriptovaliutos bendrai suprantamos, kaip stipriai kintantis ir rizikingas investicinis turtas, tačiau rinkoje yra stipriai išpopuliarėjusios didelės kapitalizacijos stabiliosios kriptovaliutos (pvz.: USDT, BUSD), kurių kainos beveik nekinta. Atsižvelgiant į šių kriptovaliutų ne investicinę paskirtį, kuri nulemia ~0 % investicinę grąžą, šios kategorijos kriptovaliutos yra eliminuojamos.
- **Pagrįstumas.** Autoriaus iniciatyva tarp analizuojamų kriptovaliutų neįtraukiamos virtualios monetos, kurios neturi realios fundamentalios paskirties ir pagrįsto pritaikomumo finansų ar kt. sektoriuje. Tokios kriptovaliutos neturėtų būti laikomos kaip investicinis vienetas, o jų kainos negali būti grindžiamos daugiau nei paklausos dydžiu ir rinkos svyravimais.

- Mokslinės literatūros analizės rezultatų pagrindu, į kriptovaliutų imti įtraukiamos kriptovaliutos turinčios skirtingas strategines kryptis ir skirtingas klasifikacijas (atsiskaitymų kriptovaliutos, protokolai, decentralizuotų aplikacijų žetonai).

Atsižvelgiant į sudarytus kriterijus, formuojamas kriptovaliutų sąrašas. Tiriamųjų domenu imtį sudaro 20 kriptovaliutų (žr. 3 lentelę).

3 lentelė

Tyrimui naudojamų kriptovaliutų sąrašas

Kriptovaliutos pavadinimas	Kapitalizacija (2023 m. gruodis)
BTC – „Bitcoin“	857,45 mlrd. dol.
ETH – „Ether“	263,82 mlrd. dol.
BNB – „Binance Coin“	36,69 mlrd. dol.
XRP – „Ripple Coin“	61,43 mlrd. dol.
ADA – „Cardano“	24,24 mlrd. dol.
LINK – „Chainlink“	14,59 mlrd. dol.
LTC – „Litecoin“	6,00 mlrd. dol.
BCH – „Bitcon Cash“	4,78 mlrd. dol.
XLM – „Stellar“	6,22 mlrd. dol.
XMR – „Monero“	3,18 mlrd. dol.
ETC – „Ethereum Classic“	4,18 mlrd. dol.
MKR – „Maker“	1,39 mlrd. dol.
MANA – „Decentraland“	1,09 mlrd. dol.
NEO – „Neo“	1,15 mlrd. dol.
GAS – „Gas“	0,48 mlrd. dol.
GNO – „Gnosis“	0,73 mlrd. dol.
ZEC – „Zcash“	0,70 mlrd. dol.
ELF – „Aelf“	0,73 mlrd. dol.
DASH – „Dash“	0,61 mlrd. dol.
BAT – „Basic Attention Token“	0,34 mlrd. dol.

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis CoinMarketCap, 2023 ir Coin Metrics, 2023 duomenimis

Duomenų analizę sudaro 20 kriptovaliutų ir 1 kriptovaliutų indeksas. Analizei atlikti naudojamas 5 metų laikotarpis (2018-2022 m.) su nebaigtiniais 2023 m. duomenimis ir dienos kriptovaliutų uždarymo kainų duomenys, viso daugiau nei 45 200 duomenų eilučių.

2.2. Duomenų normalizavimas ir laiko eilutės analizė metodai

Surinkus reikiamus duomenis, kiekybinio tyrimo strategijos taikymui kriptovaliutų kainų duomenys yra normalizuojami. Normalizavimas kriptovaliutų kainų kontekste yra būtinas dėl

duomenų palyginamumo. Skirtingų kriptovaliutų kainos skiriasi nuo kelių tūkst. dol., iki keleto centų vienetui, priklausomai nuo kriptovaliutos sukurtų vnt. skaičiaus. Siekiant suvienodinti ir supaprastinti duomenis, kriptovaliutų kainos perskaičiuojamos į vienos dienos pokyčius. Kadangi tyrimo eigoje bus naudojama modernaus portfelio teorija ir vidurkio-variacijos modelio skaičiavimai, kuriems būtina, jog duomenys būtų pasiskirstę pagal normalųjį (Gauso) skirstinį, literatūroje (Brauneis ir kt., 2019) plačiai paplitęs logaritminis duomenų pokyčių skaičiavimo būdas, jis bus pritaikomas ir šiame tyrime.

Normalizavimui pritaikoma 1 dienos kainos pokyčio formulė:

$$r_n = LOG \left(\frac{P_n}{P_{n-1}} \right) \quad (1)$$

Kurioje: r_n – logaritmuotas kainos pokytis (gražna), P_n – kriptovaliutos kaina n – ają dieną

Logaritmuoti kriptovaliutų kainų duomenys suteikia tinkamas sąlygas palyginti skirtingas kriptovaliutas nepriklausomai nuo jų kainų lygio. Tai leidžia išreikšti kiekvienos kriptovaliutos kitimą santykinai, bei paryškina mažesnius pokyčius ir sumažina didesnius taip paverčiant duomenis geriau reprezentuojančius bendrą pokyčių tendenciją.

Naudojant logaritmuotas reikšmes laiko eilutės analizei (pvz. kai yra skaičiuojamos vidutinės gražos, laukiamos metinės gražos ir kiti rodikliai), gaunami dydžiai taip pat yra normalizuoti ir identiška neatitinka realios rinkoje gautos gražos analizuojamu laikotarpiu, tačiau yra interpretuojama kaip laukiama portfelio graža ar rizika. Visgi, šio tyrimo kontekste, gaunami rezultatai nėra naudojami interpretuojant aktyvo rezultatus individualiai, o tik lyginami tarpusavyje su kitų kriptovaliutų rodikliais.

Tyrimo tikslui pasiekti naudojami rodikliai:

- Pearsono koreliacija, kuri parodo ryšį tarp kriptovaliutų įvertinant bendras kainų judėjimo tendencijas ir padedant nustatyti diversifikavimo galimybes.

$$p = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{(n\sum y^2 - (\sum x)^2)(n\sum x^2 - (\sum y)^2)}} \quad (2)$$

Kurioje: p – koreliacija, x – pirmas kintamasis, y – antrasis kintamasis n – porų sk.

- Standartinis nuokrypis, kuris naudojamas apibūdinti duomenų skirstinio dydį. Šis skirtumas tarp duomenų taškų ir vidurkio naudojamas kaip pagrindinis kriptovaliutų investicinės rizikos matas.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{vid.})^2}{n-1}} \quad (3)$$

Kurioje: SD – standartinis nuokrypis, x – kintamasis, n – kintamųjų sk.

- Beta koeficientas, kuris skaičiuojamas norint vertinti kriptovaliutų gražos priklausomybę nuo rinkos kainų pokyčių.

$$\text{beta} = \frac{\text{Kovariacija}(r_i, r_m)}{\text{Variacija}(r_m)} \quad (4)$$

Kurioje: beta – beta koeficientas, r_i – logaritmuota kriptovaliutos graža, r_m – logaritmuota rinkos (indekso) graža

- Kovariacija, kuri naudojama nustatyti kriptovaliutų tarpusavio sąveiką. Tyrime rodiklis naudojamas tarpiniams skaičiavimams ir variacijos-kovariacijos matricai sudaryti.

$$\text{Kovariacija}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{vid.}})(y_i - y_{\text{vid.}})}{n-1} \quad (5)$$

Kurioje: kovariacija (x, y) – dviejų kriptovaliutų kovariacija, x – pirmasis kintamasis, y – antrasis kintamasis, n – kintamųjų sk..

- Variacija (kintamojo dispersija), kuri naudojama nustatyti kriptovaliutos kintamumą. Tyrime rodiklis naudojamas tarpiniams skaičiavimams ir variacijos-kovariacijos matricai sudaryti.

$$\text{Variacija}(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{\text{vid.}})^2}{n-1} \quad (6)$$

Kurioje: variacija (x) – kriptovaliutos gražos dispersija, x – kintamasis (kriptovaliuta), n – kintamųjų sk..

- Šarpo rodiklis naudojamas nustatyti rizikos ir gražos koeficientą, bei svertinių portfelių optimizavimui, maksimizuojant Šarpo rodiklį.

$$\text{Šarpo rodiklis} = r_f + \frac{r_p - r_f}{SD} \quad (7)$$

Kurioje: r_p – kriptovaliutos arba portfelio vidutinė metinė graža, r_f – nerizikinga palūkanų norma, SD – kriptovaliutos arba portfelio standartinis nuokrypis.

Šarpo rodiklio skaičiavimams atlikti naudojama nerizikinga palūkanų norma, kuriai naudojama 1-erių metų JAV išdo vekselių grąžos vidurkis pasirinktam periodui (žr. 4 lentelę). Nerizikinga palūkanų norma naudojama įvertinti kiek grąžos duoda kriptovaliutos už papildomą rizikos lygį, kurį prisiima investuotojas. 1-erių metų JAV išdo vekselių grąža pasirenkama remiantis mokslinėje literatūroje naudojamų autorių pagrindu (Ma, 2020). Duomenų šaltinis – federalinių rezervų ekonominių duomenų bazė (<https://fred.stlouisfed.org/>).

4 lentelė

Vidutinės 1-erių metų JAV išdo vekselių grąžos (nerizikinga palūkanų norma) tiriamuoju laikotarpiu

Laikotarpis	Vidutinė nerizikinga palūkanų norma
2018 - 2020	1,53%
2021	0,10%
2022 - 2023	3,74%
2018 - 2023	2,08%

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis <https://fred.stlouisfed.org/>, 2023

Taigi darbe tiriama kriptovaliutos 2018 - 2023 m. laikotarpyje, naudojant logaritmuotus dienos kainų pokyčius, o skaičiavimams naudojami finansiniai rodikliai, kurių pagrindu vertinama aktyvų grąža, rizika ir konkurencingumas.

Optimalaus kriptovaliutų portfeliui sudaryti bei tarpiniams rezultatams gauti naudojami Excel papildiniai „Analytics“ ir „Solver“, su kurių funkcionalumais skaičiuojami numatyti rodikliai ir modeliuojami kriptovaliutų portfelių scenarijai.

2.3. Tyrimo eiga

Tyrimo eiga trečiajame darbo skyriuje formuojama pagal darbui iškeltą tikslą ir tyrimo uždavinius. Tyrimo struktūra išskiriama į 4 dalis:

- Pirmajame poskyryje pagrindžiamas didelis kriptovaliutų rinkos kintamumas lyginant su akcijų rinka pasitelkiant S&P korporacijos administruojamus S&P 500 ir BDM indeksus, kurie reprezentuoja atitinkamas rinkas. Remiantis BDM indekso duomenimis apskaičiuojami vidutiniai kriptovaliutų rinkos grąžos, rizikos ir Šarpo rodikliai analizuojamu laikotarpiu, kurie naudojami tolimesnėje analizėje.

- Antrajame poskyryje sudaroma koreliacijos matrica ir paskaičiuojamas kriptovaliutų beta koeficientas siekiant įvertinti kriptovaliutų sisteminę ir nesistemine rizikas, bei kriptovaliutų portfelio diversifikavimo potencialą.
- Trečiame poskyryje suskaičiuojami kriptovaliutų rizikos, grąžos ir Šarpo rodikliai, sudaromos kriptovaliutų tarpusavio variacijos-kovariacijos matricos. Pagal sudaryta metodologiją, remiantis vidurkio-variacijos metodu ir Šarpo rodiklio maksimizavimu, formuojamas optimalus kriptovaliutų portfelis ir apribotos rizikos optimalus portfelis. Tiriamasis laikotarpis išskiriamas į 3 periodus pagal grąžos investuotojų „baimės ir godumo“ indeksą, kuriuose įvertinami optimalūs portfeliai skirtingomis rinkos sąlygomis. Sumodeliuoti portfeliai palyginami su vidutiniais rinkos rezultatais ir Bitcoin kriptovaliutos rezultatais.
- Ketvirtame poskyryje palyginamos kriptovaliutų formavimo strategijos ir apibendrinami optimalūs portfeliai sudaryti skirtingais periodais. Analizuojama optimalių kriptovaliutų portfelių sandara, išskiriamos portfelio sudėtyje esančių kriptovaliutų charakteristikos. Susintetinama kita tyrime surinkta informacija.

Tyrimo tikslas pasiekiamas susintetinus skirtinguose rinkos sąlygose suformuotų optimalių ir apribotos rizikos portfelių pranašumus ir trūkumus. Gautus rezultatus palyginus su rinkos tendencijomis ir didžiausios kapitalizacijos kriptovaliutos Bitcoin kainų tendencijomis, gaunami tyrimo rezultatai, kurie pateikiami darbo išvadose. Taip pat sudaromos investavimo strategijos ir pasiūlymai investuotojams norintiems sudaryti optimalius kriptovaliutų portfelius.

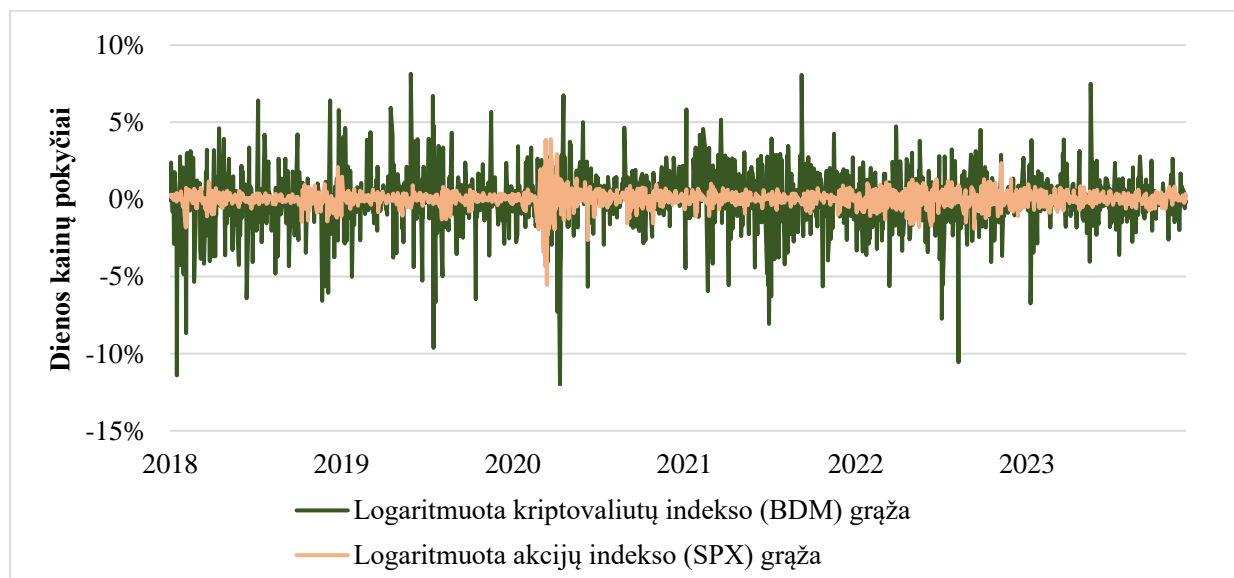
3. KRIPTOVALIUTŲ PORTFELIO OPTIMIZAVIMAS, REMIANTIS MODERNAUS PORTFELIO TEORIJA

3.1. Rinką sekančio kriptovaliutų indekso efektyvumas

Skirtingai nei investavimas į akcijas, kriptovaliutoms būdingas daug didesnis kainų kintamumas, kuris daugiausiai susijęs su naujos technologijos specifika, reguliacine politika ir rinkos naujumu. Kintamumui pagrįsti, apskaičiuavus logaritmuotą dienos pokyčių grąžą, palyginami 2 indeksai reprezentuojantys akcijų ir kriptovaliutų rinkas (žr. 4 pav.). Pagal „S&P 500“ ir „S&P Cryptocurrency Broad Digital Market“ indeksų pokyčius, galima pastebėti, jog kriptovaliutų rinka yra labiau kintanti nei akcijų rinką visu tiriamuoju periodu. Kelis kartus didesnis kriptovaliutų kintamumas indikuoja, jog investicinis kriptovaliutų portfelis pasižymi didesne rizika, jei akcijų portfeliai. Atsižvelgiant į kintamumą, tradicinių portfelių rizikos vertinimo kriterijai negalėtų būti panaudojami vertinant kriptovaliutų portfelius, todėl jų rizikos lygiui interpretuoti reikalingas rizikos dydis reprezentuojantis vidutinę kriptovaliutų rinkos riziką.

4 paveikslas

Akcijų ir kriptovaliutų indeksų kainų kitimo palyginimas 2018-2023 m.



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis „S&P Dow Jones“, 2023 duomenimis

Siekiant atrasti tinkama atskaitos tašką, svarbu suprasti kaip kinta rinka, jog gauti rezultatai galėtų būti palyginami. Rinką sekančio indekso rezultatai skaičiuojami visam tiriamajam

laikotarpiui ir jo atkarpoms kaip pavaizduota 3 paveiksle. Remiantis „S&P Dow Jones“ duomenimis, BDM indeksas, kuris reprezentuoja kriptovaliutų rinkos grąža analizuojamu laikotarpiu turėjo 4,25 % metinę grąžą su vidutiniu 1,93% tiriamosios laiko eilutės standartiniu nuokrypiu dienos prekyboje, o Šarpo koeficientas siekė 1,16 (žr. 5 lentelę). Pats indeksas didžiausią grąžą ir didžiausią kintamumą demonstravo 2021 m. „bulių“ rinkoje, o 2022 - 2023 m. periode fiksavo neigiamą vidutinę grąžą bei mažiausią kintamumą. Šie grąžos, rizikos ir Šarpo koeficiento dydžiai naudojami kaip rinką reprezentuojantys rodikliai tiriamuoju periodu.

5 lentelė

BDM indekso grąžos ir standartinio nuokrypio rodikliai 2018-2023 m.

	Viso laikotarpio	2018 - 2020	2021	2022 - 2023
Vidutinė grąža	4,25%	2,34%	42,08%	-8,63%
Vid. Stand. Nuokrypis	1,93%	2,06%	2,13%	1,59%
Šarpo rodiklis	1,16	0,39	19,75	-7,76

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis „S&P Dow Jones“, 2023 duomenimis

Vidutinis rinkos standartinis nuokrypis (1,93%) interpretuojamas kaip vidutinė rinkos rizika, kurią yra linkę prisiimti investuotojai. Remiantis šiuo dydžiu, tyrimo tikslais daroma prielaida, jog investuotojas yra linkęs formuoti portfelį su 2% (suapvalinta) standartiniu nuokrypiu, todėl modeliujamų optimalių kriptovaliutų portfelių laukiama rizika, sekančioje tyrimo dalyse, bus lyginama su norima 2% rizikos norma ir jei reikia optimalūs portfeliai pakoreguojami į apribotos rizikos optimalius portfelius neviršijančius šios ribos.

Taigi kriptovaliutų rinka yra daug rizikingesnė nei akcijų rinka. Šis kintamumas suteikia galimybę investuotojams spekuliuoti ir uždirbti didesnę grąžą prisiimant didesnę riziką. Kriptovaliutų kintamumas atspindi didelę investicinę riziką ir didelį potencialą spekuliacijai, nes sukuria galimybę išnaudoti didelius kainų pokyčius per trumpą periodą. Ilgalaikiam investavimui finansiškai atsakinga yra rinktis mažesnės rizikos vertybinius popierius ir/ar diversifikuoti portfelį skirtingais aktyvais siekiant sumažinti bendrą nesisteminę portfelio riziką. Kriptovaliutų rinkos atveju, rekomenduojama portfelius sudaryti trumpo / vidutinio laikotarpio investicijoms, nes nepakanka istorinių duomenų ilgalaikių strategijų formavimui. Siekiant įvertinti galimo optimalaus portfelio finansinius rodiklius palyginimui pasirenkamas BDM indeksas, kurio grąžos ir rizikos rodikliais yra naudojami kaip etalonas.

3.2. Kriptovaliutų tarpusavio koreliacijos ir linijinio regresijos modelio vertinimas

Diversifikuojant investicinį portfelį, maža arba neigiama koreliacija tarp aktyvų sudaro palankias sąlygas sumažinti portfelio bendrą riziką. Jei objektai yra mažai susiję arba nesusiję, vieno objekto neigiamas pokytis gali būti, iš dalies, kompensuotas kitų aktyvų pokyčiais. Jei koreliacija yra žymi, net įtraukiant didelis kiekis aktyvų portfelio rizika gali nesumažėti, nes tikėtina, jog visų aktyvų kainos keisis panašia tendencija.

Kriptovaliutos kainų pokytis stipriai priklauso nuo bendros rinkos psichologijos, todėl neišvengiamai jų kainos juda panašia kryptimi, kas apsunkina portfelio diversifikaciją. Tiriamųjų kriptovaliutų atveju, paskaičiuota tarpusavio koreliacija parodo, jog kriptovaliutos taip pat yra stipriai susijusios tarpusavyje (žr. 6 lentelę). Stipria koreliacija (koeficientas didesnis nei 0,7) su dauguma kitų kriptovaliutų pasižymi BTC, ETH ir NEO (pažymėta žaliai). Tuo tarpu MKR ir MANA kriptovaliutos yra mažiausiai koreliuojančios su kitomis kriptovaliutomis, tačiau jų koreliacija yra taip pat aukštesnė nei 0,4, kas yra laikoma kaip reikšmingas, vidutinio stiprumo, pokyčių ryšys.

6 lentelė

Tiriamųjų kriptovaliutų tarpusavio koreliacijos matrica 2018-2023 m.

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	LINK	LTC	BCH	XLM	XMR	ETC	MKR	MANA	NEO	GAS	GNO	ZEC	ELF	DASH	BAT
BTC	1,00																			
ETH	0,83	1,00																		
BNB	0,68	0,68	1,00																	
XRP	0,63	0,68	0,56	1,00																
ADA	0,71	0,77	0,60	0,68	1,00															
LINK	0,62	0,69	0,56	0,56	0,64	1,00														
LTC	0,80	0,83	0,67	0,67	0,74	0,64	1,00													
BCH	0,77	0,78	0,61	0,64	0,70	0,61	0,81	1,00												
XLM	0,66	0,71	0,58	0,77	0,78	0,60	0,69	0,67	1,00											
XMR	0,75	0,74	0,63	0,60	0,68	0,58	0,73	0,70	0,64	1,00										
ETC	0,67	0,75	0,58	0,61	0,66	0,58	0,73	0,75	0,64	0,66	1,00									
MKR	0,59	0,68	0,50	0,51	0,57	0,54	0,59	0,55	0,52	0,53	0,55	1,00								
MANA	0,55	0,58	0,51	0,51	0,57	0,53	0,56	0,52	0,54	0,54	0,52	0,46	1,00							
NEO	0,74	0,78	0,64	0,66	0,72	0,64	0,75	0,74	0,70	0,71	0,73	0,56	0,56	1,00						
GAS	0,57	0,61	0,53	0,49	0,57	0,49	0,57	0,57	0,52	0,56	0,56	0,44	0,46	0,74	1,00					
GNO	0,68	0,75	0,57	0,53	0,60	0,55	0,64	0,60	0,56	0,59	0,60	0,51	0,48	0,60	0,48	1,00				
ZEC	0,71	0,75	0,63	0,63	0,68	0,61	0,75	0,72	0,66	0,74	0,70	0,55	0,54	0,72	0,54	0,60	1,00			
ELF	0,55	0,60	0,49	0,52	0,58	0,52	0,57	0,54	0,55	0,55	0,52	0,45	0,54	0,59	0,53	0,50	0,54	1,00		
DASH	0,71	0,74	0,63	0,63	0,68	0,61	0,77	0,74	0,65	0,74	0,74	0,55	0,55	0,74	0,56	0,60	0,80	0,55	1,00	
BAT	0,65	0,69	0,58	0,60	0,68	0,60	0,66	0,63	0,65	0,63	0,61	0,53	0,64	0,68	0,53	0,57	0,65	0,56	0,64	1,00

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

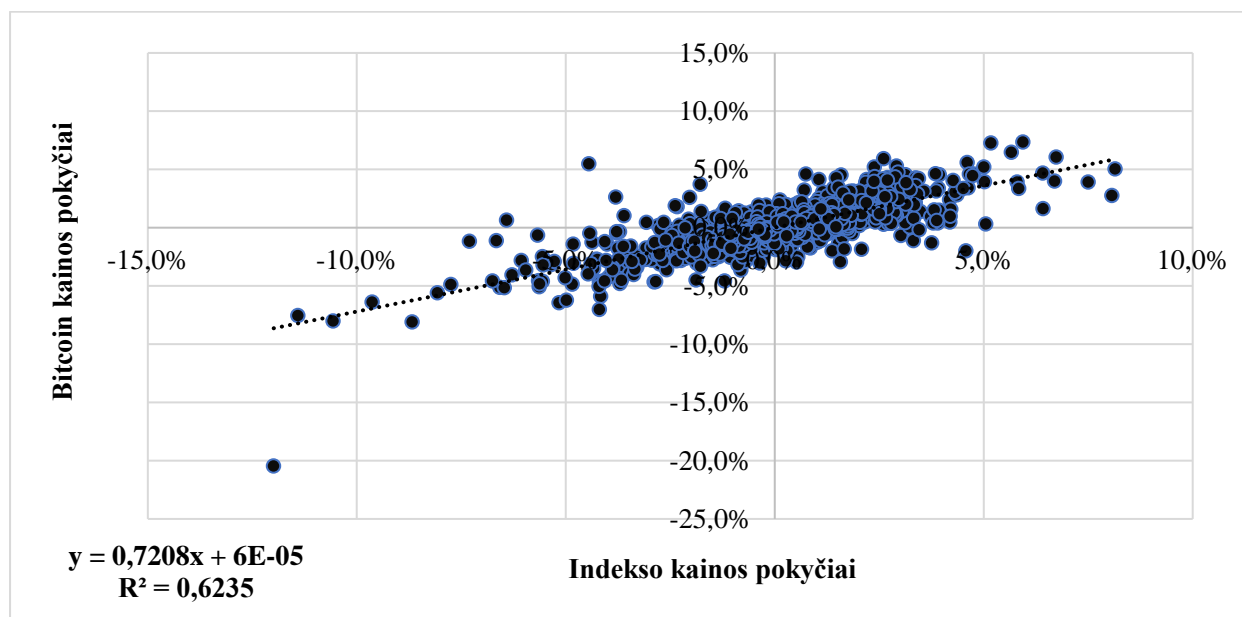
Šie koreliacijos matricos rezultatai leidžia daryti prielaidą, jog tarp tiriamųjų kriptovaliutų neigiamo ir/ar silpno ryšio nėra, todėl naudoti kriptovaliutų kombinacijas siekiant valdyti portfelio riziką yra galimai neefektyvu. Visgi, remiantis gautais duomenimis, tinkamiausios kriptovaliutos diversifikacijai galėtų būti MKR ir MANA, tačiau jų naudojimas portfelyje taip pat labai stipriai priklauso nuo individualių kriptovaliutų kainų pokyčių tendencijų. Dėl didelės koreliacijos tarpusavyje galima iškelti prielaidą, jog rinkoje egzistuojančios kriptovaliutos gali individualiai būti patrauklesnės investicijos nei jungtinis portfelis.

Kadangi didžiosios kriptovaliutos, tokios kaip BTC, ETH ir pan. sudaro didelę rinkos kapitalizacijos dalį, o diversifikuojant portfelį įtraukiama mažesnių kriptovaliutų, kurių kintamumas yra didesnis ir mažiau nuspėjamas, kyla abejonų ar siekiant maksimizuoti portfelio optimalumą, nėra geriau investuoti tik į BTC, o ne kombinuotą portfelį. Sudarytoje BDM indekso ir Bitcoin kriptovaliutos sklaidos diagramoje matoma, jog šių investicinių priemonių grąžų sklaida yra sąlyginai koncentruota (žr. 5 pav.). Gautai sklaidai įvertinti sudarius linijinio modelio krypties liniją, gautas tendencijos nuolydžio koeficientas, kuris lygus 0,72, o tai rodo, jog BTC kriptovaliuta yra mažiau kintanti nei pati rinka. Nuolydžio koeficientas, dar kitaip suprantamas kaip beta koeficientas, rodo aktyvo rinkos riziką, t.y. kuo didesnis šis koeficientas, tuo didesnis jautrumas rinkos svyravimams ir didesnė investicinė rizika. Remiantis šiuo koeficientu, BTC galėtų būti laikomas kaip mažiau rizikinga investicija nei BDM indeksas tiriamuoju laikotarpiu.

Beta koeficiento patikimumui įvertinti naudojamas determinacijos koeficientas (R^2 rodiklis). Pagal šio rodiklio rezultatus, modelio patikimumas yra 62%, kuris tikina, jog regresinė linija pakankamai gerai atitinka stebimus duomenis, kas patvirtina BTC pranašumą rizikos valdyje prieš indeksą. Šie rezultatai indikuoja, jog BTC yra patikimai saugesnė investicija nei portfelis su įtrauktomis mažesnės kapitalizacijos kriptovaliutomis, kurių kintamumas yra didesnis, tačiau nereiškia, jog BTC yra optimaliausia investicija, kol į vertinimą nėra įtraukta aktyvų laukiama grąža.

5 paveikslas

BDM indekso ir BTC kriptovaliutos 2018-2023 m. kintamumo sklaida



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Remiantis BTC pavyzdžiu sudaroma linijinės regresijos rodiklių, determinacijos koeficiento ir kriptovaliutų standartinio nuokrypio lentelė (žr. 7 lentelę), su kuria siekiama patikrinti ar BTC rezultatai pasikartoja ir su kitomis didelės/vidutinės kapitalizacijos kriptovaliutomis naudojamomis tyrimo tikslui pasiekti.

Gauti duomenys demonstruoja, jog lyginant su BDM indeksu, kitų tiriamųjų kriptovaliutų rizika, pagal beta koeficientą, yra mažesnė, visgi, kitaip nei didžiausios rinkos kapitalizacijos valiuta BTC, kitos valiutos pasižymi pastebimai didesne sisteme rizika, jei lygintume ne su BDM, o su BTC. Determinacijos koeficientas simbolizuoja mažesnę linijinio modelio tikslumą tarpusavio ryšiui paaiškinti taip pat yra mažesnis indikuojant didesnę kriptovaliutų kainų kintamumą ir silpnesnį ryšį su rinkos pokyčiais darant prielaidą, jog šios valiutos visgi galėtų būti naudojamos kriptovaliutų portfelio diversifikacijai.

Taip į palyginimą įtraukiant paskaičiuotą kintamųjų standartinį nuokrypį, remiantis rinkos etalono nuokrypiu, kuris lygus 1,93 %, pastebima, jog tik BTC standartinis nuokrypis yra žemiau indekso nuokrypio, o kitų tiriamųjų valiutų nuo 0,16 iki 1,21 proc. punktu didesnis nei indekso. Taigi pirminis kriptovaliutų vertinimas indikuoja, jog įvertinus sisteminę riziką BTC yra pranašesnis už kitas analizuojamas konkurentes ir rinką reprezentuojantį indeksą.

7 lentelė

Tyrimui naudojamų kriptovaliutų determinacijos, modelio tikslumo ir rizikos rodikliai

	Beta	R²	Standartinis nuokrypis
BDM (indeksas)	1	-	1,93%
BTC	0,72	0,624	1,63%
ETH	0,86	0,551	2,09%
BNB	0,77	0,360	2,32%
XRP	0,79	0,330	2,47%
ADA	0,84	0,394	2,43%
LINK	0,83	0,296	2,82%
LTC	0,85	0,489	2,21%
BCH	0,93	0,449	2,49%
XLM	0,80	0,340	2,43%
XMR	0,76	0,414	2,14%
ETC	0,84	0,361	2,55%
MKR	0,77	0,276	2,72%
MANA	0,86	0,269	3,14%
NEO	0,93	0,459	2,53%
GAS	0,90	0,317	3,07%
GNO	0,83	0,413	2,34%
ZEC	0,85	0,409	2,44%
ELF	0,79	0,238	2,97%
DASH	0,85	0,421	2,43%
BAT	0,84	0,332	2,66%

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Apibendrinant, pagal gautus kriptovaliutų ir indekso skaičiuotus rodiklius, koreliacijos matricą ir sklaidos grafiką, galima teigti, jog vertinant vien tik grąžos kintamumą ir tarpusavio ryšį (sisteminė ir nesisteminė rizikos), rezultatai rodo, jog kriptovaliutų deriniai neturi didelio potencialo portfelio diversifikacijai, o portfeliai sudaryti iš individualių kriptovaliutų galėtų būti laikomi pranašesniais nei investicijos į didelius kriptovaliutų portfelius. Verta pabrėžti, jog šią prielaidą tiesiogiai galima pritaikyti tik BTC kriptovaliutai, nes kitų kriptovaliutų rizikos duomenys dėl didesnio nei indekso standartinio nuokrypio gali būti labiau rizikingos.

3.3 poskyryje į duomenų analizę įtraukiamas grąžos rodiklis, kuris padės įvertinti ne tik kriptovaliutų riziką, bet ir optimalią pusiausvyrą tarp rizikos ir investicinės grąžos.

3.3. Kriptovaliutų optimalaus portfelio formavimas ir kriptovaliutų vertinamas skirtingomis rinkos sąlygomis

Tiriamuoju laikotarpiu (2018-2023 Q3), kriptovaliutų rinka patyrė du periodus, kuriuos būtų galima laikyti „meškų“ rinkomis ir viena anomaline „bulių“ rinką, kurioje buvo užfiksuoti kriptovaliutų kainų rekordai. Visgi trumpa kriptovaliutų egzistavimo istorija diktuoja, jog po kiekvienų didelių kainų šuolių atkeliauja jų korekcijos, kurios grąžina kainas į realios jų vertės lygį. Šiuo periodu didžioji kriptovaliutų kainų kitimo tendencija buvo neigiama (žr. 8 lentelę).

Teigiamą grąžą generavo tik BTC, ETH, BNB, LINK ir MANA kriptovaliutos, bei BDM indeksas, tačiau visų minėtų kriptovaliutų grąža ir Šarpo koeficientas buvo didesni nei indekso. Pagal analizuotus kriterijus, didžiausią naudą investuotojams generavo BNB, LINK ir BTC kriptovaliutos. Šios kriptovaliutos pasižymėjo geriausiu grąžos ir rizikos balansu lyginant su kitomis kriptovaliutomis.

8 lentelė

Kriptovaliutų investicinės grąžos ir rizikos charakteristikos 2018-2023 m.

	Vidutinė metinė log. grąža	Stand. nuokrypis	Šarpo rodiklis
<i>BTC</i>	7,88%	1,63%	3,56
<i>ETH</i>	7,73%	2,09%	2,70
<i>BNB</i>	27,67%	2,32%	11,04
<i>XRP</i>	-8,28%	2,47%	-4,19
<i>ADA</i>	-4,66%	2,43%	-2,78
<i>LINK</i>	24,67%	2,82%	8,01
<i>LTC</i>	-8,16%	2,21%	-4,63
<i>BCH</i>	-15,77%	2,49%	-7,16
<i>XLM</i>	-9,93%	2,43%	-4,94
<i>XMR</i>	-5,00%	2,14%	-3,30
<i>ETC</i>	-3,16%	2,55%	-2,05
<i>MKR</i>	-0,44%	2,72%	-0,93
<i>MANA</i>	10,98%	3,14%	2,84
<i>NEO</i>	-13,51%	2,53%	-6,17
<i>GAS</i>	-8,95%	3,07%	-3,59
<i>GNO</i>	-0,78%	2,34%	-1,22
<i>ZEC</i>	-19,19%	2,44%	-8,70
<i>ELF</i>	-5,90%	2,97%	-2,69
<i>DASH</i>	-22,87%	2,43%	-10,28
<i>BAT</i>	-5,59%	2,66%	-2,88
<i>BDM (indeksas)</i>	4,93%	1,94%	1,47

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Siekiant įvertinti labiausiai subalansuotą portfelio alternatyvą analizuojamu periodu pagal Markowitz modernaus portfelio teoriją, sudaromas investicinis portfelis iš kriptovaliutų, kuriame papildomai atsižvelgiama į kriptovaliutų kovariaciją (žr. 4 priedą) tarp kriptovaliutų, kuri leidžia mažinti bendrąją portfelio riziką (standartinį nuokrypį). Norimam rezultatui pasiekti naudojamas Šarpo rodiklis.

Rezultatai rodo, jog Excel „Solver“ papildiniui sumodeliavus optimizuotą kriptovaliutų portfelį, buvo pasirinktos tik dvi kriptovaliutos – BNB ir LINK, kurių mažesnė tarpusavio kovariacija ir didžiausi Šarpo koeficientai leido sumažinti investicinio portfelio riziką ir išlaikyti solidžią grąžą (žr. 9 lentelę). Šiuo laikotarpiu, BTC kriptovaliuta turėjo reikšminga kovariaciją su kitomis valiutomis ir gerokai mažesnę grąžą nei konkurentės, dėl ko, nepaisant mažiausio valiutos kintamumo tarp analizuojamų aktyvų, modelis jos į portfelį neįtraukė. Modelio rezultatai rodo, jog kriptovaliutų portfelis sudarytas iš BNB (82%) ir LINK (18%) turi didžiausią įmanomą Šarpo koeficientą (11,25), laukiamą metinę grąžą – 27,12% ir laukiamą portfelio riziką – 2,28%, kuri paremta variacijos-kovariacijos matricos standartiniu nuokrypiu.

9 lentelė

Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristikos 2018-2023 m.

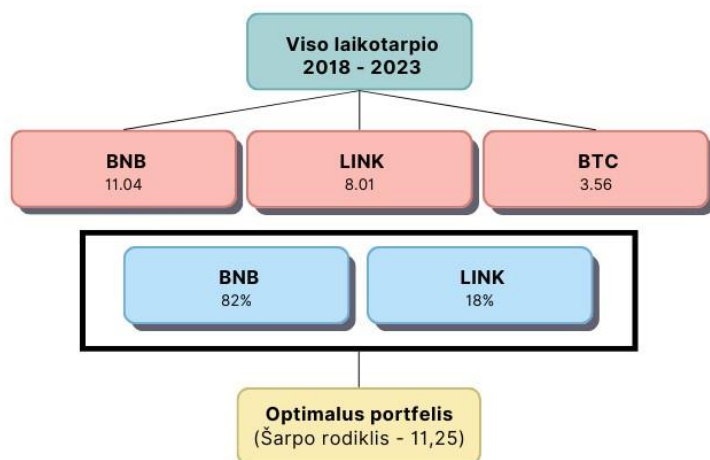
Optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
82%	BNB	Nerizikinga palūkanų norma	2,08%
		Standartinis nuokrypis	2,23%
18%	LINK	Vid. metinė grąža	27,12%
		Šarpo rodiklis	11,25

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Pabrėžtina, jog BNB kainų kitimo standartinis nuokrypis yra mažesnis nei LINK kriptovaliutos, 2018 - 2023 m. laikotarpio grąža BNB taip pat didesnė nei LINK, kas galėtų indikuoti, jog alternatyvus portfelis galėtų būti sudarytas tik iš BNB kriptovaliutos (didžiausios grąžos portfelis), visgi vidurkio-variacijos metodas, remiantis variacijos-kovariacijos matrica, nustato, jog pasitelkiant svertinį portfelio metodą ir susimąžinus grąžą (nuo didžiausios įmanomos) 0,55 proc. punktų, būtų galima sumažinti portfelio riziką, 0,09% proc. punktais, kas santykinai būtų naudinga ir matematiškai optimaliau nei investicija tik į BNB kriptovaliutą individualiai (žr. 6 pav.).

6 paveikslas

Didžiausią Šarpo rodiklį turinčios kriptovaliutos ir optimalus portfelis 2018-2023 m.



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Įtraukus papildomą sąlygą dėl optimalaus portfelio investuotojui sudarymo, apribojant priimtina dienos pokyčių standartinį nuokrypi iki 2%, modelis į portfelį įtraukia BTC kriptovaliutą. Riziką apribojantis optimalus portfelis sudaro 23% BTC, 61 % BNB ir 16% LINK kriptovaliutos, dėl ko investuotojui priimtino portfelio laukiama grąža sumažėja iki 22,68 %, o Šarpo rodiklis iki 10,3, pagrindžiant tuo, kad BTC kriptovaliuta portfelyje veikia kaip riziką mažinantis aktyvas (žr. 10 lentelę). Lyginant su BDM indekso rezultatais (žr. 5 lentelę), optimalus apribotos rizikos portfelis su panašia rizika generuoja daugiau nei 4 kartus didesnę Šarpo rodiklį ir apie 3 kartus didesnę nei investicijos į BTC kriptovaliutą individualiai.

10 lentelė

Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2018-2023 m.

Apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
23%	BTC	Nerizikinga palūkanų norma	2,08%
		Standartinis nuokrypis	2,00%
61%	BNB	Vid. metinė grąža	22,68%
16%	LINK	Šarpo rodiklis	10,30

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Taigi optimalaus portfelio sudarymo rezultatai indikuoja, jog tiriamuoju laikotarpiu daugelis tiriamųjų kriptovaliutų turėjo neigiamą grąžą, todėl buvo netinkamos portfelio

sudarymui. 5 kriptovaliutos, kurios turėjo teigiamą grąžą turėjo didesnę Šarpo koeficientą nei rinkos indeksas, indikuojant, jog pirkti rinką sekantį fondą šiuo laikotarpiu nebūtų buvusi optimaliausia investicija. Geriausią rezultatą rodė BNB LINK ir BTC kriptovaliutos. BTC kriptovaliuta pasižymėjo mažiausiu standartiniu nuokrypiu ir gali būti laikoma kaip mažiausiai kintanti investicija, o BNB – didžiausia grąža. Panaudojus variacijos-kovariacijos matricą, nustatyta, jog optimalus portfelis turėtų susidaryti iš BNB ir LINK kriptovaliutų. Visgi BTC kriptovaliuta yra reikalinga norint apriboti norimo portfelio riziką iki 2% dienos kainų pokyčių pasiskirstymo.

Gauti rezultatai apima labai skirtingus kriptovaliutų rinkos ciklus, per kuriuos buvo didelio ir mažo kainų kintamumo stadijų, todėl siekiant teisingai prognozuoti optimaliausią kriptovaliutų portfelį svarbu atsižvelgti kokios kriptovaliutų kombinacijos geriausiai reaguoja į skirtingus investuotojų „baimės ir godumo“ etapus kriptovaliutų rinkoje. Šiam tikslui pasiekti tiriamasis laikotarpis suskirstomas į 3 rinkos periodus.

3.3.1. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2018 - 2020 m.

Po 2017 m. kriptovaliutų kainų eksponentinio augimo, daugelis kriptovaliutų 2018 metais patyrė ženklų vertės sumažėjimą. Tai susiję su daugeliu veiksnių, įskaitant ne tik rinkos perversinimą, bet ir reguliavimo klausimus, saugumo rūpesčius bei bendrą rinkos neapibrėžtumą. Šis periodas tęsėsi iki 2020 m. per kuriuos pasaulinių įvykių, tokių kaip Bitcoin *halving* 'as, Covid-19 pandemija, infliacija, visuma sukūrė dar vieną eksponentinį kriptovaliutų kainų kylimą 2021 metais. 2018 - 2020 m. periodas savo kainų kitimu simbolizuoja dinamišką nuosmukio ir atsigavimo laikotarpį ir investuotojų baimės laikotarpį pagal „baimės ir godumo“ indeksą. Šiuo laikotarpiu, daugumos analizuojamų kriptovaliutų vidutinė metinė grąža buvo neigiama (žr. 11 lentelę). Teigiama vidutine metine grąža pasižymėjo tik BTC, BNB, LINK kriptovaliutos ir rinką reprezentuojantis indeksas BDM.

Remiantis surinktais duomenimis, šiuo laikotarpiu didžiausią metinę vidutinę grąžą (48,76%) generavo LINK kriptovaliuta, o mažiausią analizuojamos laiko eilutės kainų standartinį nuokrypį nuo vidurkio rodiklį (1,77%) turėjo BTC. Įvertinus abu kintamuosius pagal Šarpo rodiklio skaičiavimus, visos trys teigiamą grąžą turėjusios kriptovaliutos buvo optimesnės investicijos lyginant su diversifikuotu indeksu. Didžiausias Šarpo rodiklis užfiksuotas LINK kriptovaliutai, kuri su nežymiai didesniu kintamumu nei konkurentės, turėjo kelis kartus didesnę grąžą.

11 lentelė

Kriptovaliutų investicinės grąžos ir rizikos charakteristikos 2018-2020 m.

	Vidutinė metinė log. grąža	Stand. nuokrypis	Šarpo rodiklis
<i>BTC</i>	11,76%	1,77%	5,79
<i>ETH</i>	-0,33%	2,25%	-0,83
<i>BNB</i>	24,04%	2,47%	9,13
<i>XRP</i>	-27,36%	2,50%	-11,55
<i>ADA</i>	-18,36%	2,64%	-7,55
<i>LINK</i>	48,76%	3,15%	14,97
<i>LTC</i>	-8,17%	2,31%	-4,20
<i>BCH</i>	-24,21%	2,71%	-9,51
<i>XLM</i>	-17,59%	2,61%	-7,31
<i>XMR</i>	-10,67%	2,25%	-5,42
<i>ETC</i>	-21,31%	2,46%	-9,28
<i>MKR</i>	-13,08%	2,96%	-4,94
<i>MANA</i>	-3,60%	3,15%	-1,68
<i>NEO</i>	-21,94%	2,61%	-9,00
<i>GAS</i>	-35,61%	2,93%	-12,66
<i>GNO</i>	-14,49%	2,56%	-6,26
<i>ZEC</i>	-26,45%	2,45%	-11,42
<i>ELF</i>	-28,47%	3,39%	-8,85
<i>DASH</i>	-28,62%	2,42%	-12,46
<i>BAT</i>	-11,68%	2,81%	-4,70
<i>BDM (indeksas)</i>	2,34%	2,06%	0,39

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Siekiant įvertinti optimaliausią įmanomą investicinį scenarijų analizuojamu periodu, pagal Markowitz modernaus portfelio teoriją, sudaromas investicinis portfelis iš kriptovaliutų, kuriame atsižvelgiama į kovariaciją tarp kriptovaliutų šiam periodui (žr. 1 priedą). Pagal gautus rezultatus (žr. 12 lentelę) matoma, jog maksimalus sugeneruotas Šarpo rodiklis yra 15,06, kuris pasiekiamas formuojant optimalų portfelį sudarytą iš 85% LINK kriptovaliutos, teikusios didžiausią grąžą šiuo periodu ir 15% BNB valiutos, kuri padeda sumažinti bendrą portfelio riziką. Šio portfelio struktūra iš dalies atitinka viso tiriamojo laikotarpio portfelį. Optimalaus portfelio susiformavimui didelę įtaką turėjo išskirtinai geri LINK kriptovaliutos rezultatai, kurie atsispindi ir viso tiriamojo laikotarpio portfelyje, todėl anomaliniai individualių kriptovaliutų rezultatai gali stipriai paveikti optimalų portfelį.

12 lentelė

Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristika 2018-2020 m.

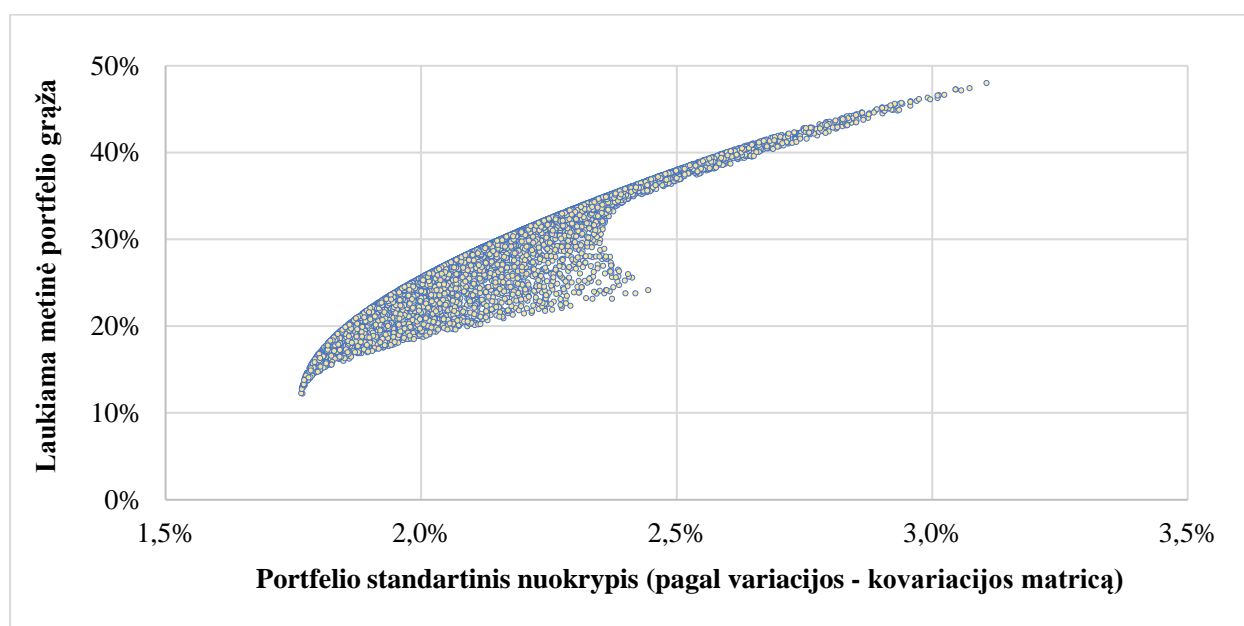
Optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
85%	LINK	Nerizikinga palūkanų norma	1,53%
		Standartinis nuokrypis	2,89%
15%	BNB	Vid. metinė grąža	45,03%
		Šarpo rodiklis	15,06

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Pagal teigiamą grąžą generuojančių kriptovaliutų duomenis sudarytas galimų portfelių optimalumo grafikas (žr. 7 pav.), kuriame iš galimų 10 000 scenarijų susiformuoja optimalumo linija nuo mažiausiai rizikingo portfelio, kurį sudarytų 100% BTC, iki pelningiausio portfelio, kurį sudarytų 100% LINK kriptovaliuta. Visgi gana tiesinė scenarijų sklaida rodo, jog galimų portfelių struktūra gali būti labai skirtinga, todėl ne optimizavus portfelio galima prisiimti be reikalo didelę riziką. Sudaryto optimalaus portfelio sklaidos diagramoje, atsižvelgiant į standartinį nuokrypį (2,89%), atsiduria gana aukštai ekstremumo, todėl galima teigti, jog anomaliai aukšta LINK grąža verčia prisiimti gana didelę riziką ir nebūtinai gali užtikrinti tokia pat didelę grąžą ateityje, todėl sudaromas apribotos rizikos portfelis, kurio rizika grafiškai būtų neaukštesnė nei vidutinė pagal grafiko sklaidą.

7 paveikslas

Optimalaus kriptovaliutų portfelio scenarijų sklaida 2018-2020 m.



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Įtraukus apribos rizikos sąlygą, portfelio rizikai išlaikyti, šiuo „meškų“ rinkos periodu, modelis į optimalų portfelį įtraukia BTC kriptovaliutą, kuri sudaro net 50% svertinio portfelio dydžio padalinant likusią dalį BNB – 19% ir LINK – 31%. Šis rezultatas rodo, jog nuosmukio laikotarpiu siekiant valdyti riziką reikia stipriai didinti BTC kriptovaliutos dalį portfelyje. Remiantis šiais istoriniais duomenimis, investicijoms į BTC turėtų būti skirta apie pusę visos investuotojo perkamosios galios, jog būtų pasiektas vidutinis rinkos rizikos lygis. Lyginant su BDM indekso rezultatais, su panašia rizika, portfelis generuoja apie 10 kartų didesnę grąžą bei turi 2 kartus didesnę Šarpo koeficientą nei BTC kriptovaliuta grindžiant portfelio optimalumą.

13 lentelė

Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2018-2020 m.

Apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
50%	BTC	Nerizikinga palūkanų norma	1,53%
		Standartinis nuokrypis	2,00%
19%	BNB	Vid. metinė grąža	25,60%
31%	LINK	Šarpo rodiklis	12,04

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Taigi, 2018 - 2020 m. periodu, daugelis kriptovaliutų turėjo minusinę grąžą, tačiau visų, teigiamą grąžą generavusių, kriptovaliutų Šarpo koeficientas buvo didesnis nei etaloninio indekso. BTC kriptovaliuta šiuo periodu buvo mažiausiai rizikingas aktyvas, o LINK davė didžiausią grąžą. Formuojant portfelį, remiantis aktyvų kovariacijos matrica, BNB kriptovaliuta buvo pasiūlyta panaudoti kaip diversifikacinį vienetą portfelio rizikai mažinti ir buvo sudarytas optimalus portfelis šiam periodui iš BNB ir LINK kriptovaliutų, kuris nešė didžiausią naudą investuotojui su optimalia rizika, tačiau pagal sklaidos grafiką ši rizika visgi yra didesnė nei vidutinė, todėl siekiant apriboti galimus investuotojo nuostolius prie portfelio rekomenduotina pridėti BTC kriptovaliutą.

3.3.2. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2021 metų „bulių“ rinkoje

2020 m. pabaigoje prasidėjęs spartus kriptovaliutų kainų augimas tęsėsi per 2021 m. sukurdamas įspūdingą „bulių“ sezoną rinkoje. Daugelis kriptovaliutų kainų šiuo periodu augo eksponentiškai ir pasiekė visų laikų aukštumas. Šio periodo pokyčiai ypač aktualūs, nes viena iš

kriptovaliutų „bulių“ rinkos priežasčių yra Bitcoin *halving*‘as, kuris vyko 2020 m. ir pritraukė didelę investuotojų dėmesį, pagrindžiant 2016 - 2017 m. panašius rinkos pokyčius, bei potencialiai prognozuojant 2024 - 2025 m. kriptovaliutų rinką po artėjančio Bitcoin kasybos efektyvumo mažėjimo 2024 metais.

Visa tiriamoji kriptovaliutų imtis šiuo didelio kintamumo periodu generavo teigiamą grąžą (žr. 14 lentelę). Didesnę nei 100% vidutinę metinę logaritmuotą grąžą sugeneravo ETH, BNB, ADA, ETC, MANA, GNO, BAT kriptovaliutos. Rinką reprezentuojantis indeksas kilo 42% rodydamas geresnį rezultatą nei BTC (remiantis Šarpo koeficientu), nusileisdamas tik standartinio nuokrypio rodikliu, tačiau už papildomą riziką duodamas dvigubą grąžą.

14 lentelė

Kriptovaliutų investicinės grąžos ir rizikos charakteristikos 2021 m.

	Vidutinė metinė log. grąža	Stand. nuokrypis	Šarpo rodiklis
BTC	22,54%	1,78%	12,58
ETH	100,84%	2,38%	42,40
BNB	211,39%	3,12%	67,78
XRP	77,66%	3,20%	24,20
ADA	135,73%	2,79%	48,57
LINK	27,36%	3,08%	8,84
LTC	7,20%	2,64%	2,69
BCH	10,38%	2,88%	3,57
XLM	37,64%	2,94%	12,77
XMR	17,97%	2,65%	6,74
ETC	118,01%	3,44%	34,29
MKR	82,17%	3,12%	26,26
MANA	405,61%	4,32%	93,91
NEO	29,05%	3,05%	9,50
GAS	77,80%	3,80%	20,44
GNO	131,43%	2,62%	50,12
ZEC	43,28%	3,14%	13,75
ELF	75,45%	3,27%	23,06
DASH	13,77%	3,24%	4,22
BAT	118,80%	3,35%	35,47
BDM (indeksas)	42,08%	2,13%	19,75

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Remiantis surinktais duomenimis, šiuo laikotarpiu didžiausią metinę vidutinę grąžą (405,61%) generavo MANA kriptovaliuta, o pakartotinai, mažiausią analizuojamos laiko eilutės kainų standartinį nuokrypį nuo vidurkio rodiklį (1,78%) turėjo BTC. Įvertinus abu kintamuosius, remiantis Šarpo rodiklio skaičiavimais, BDM indekso rodiklis lygus 19,75, už kurį individualių

11 kriptovaliutų rezultatai buvo geresni, išskiriant didžiausią Šarpo koeficientą, MANA valiutai, kuris buvo lygus 93,91.

Pasitelkus optimalaus portfelio modeliavimo įrankį, iš kriptovaliutų sudarytas portfelis, kuris įvertina tarpusavio kriptovaliutų ryšį (variacijos-kovariacijos matricą žr. 2 priede). Geriausias įmanomas Šarpo koeficientas šiam periodui – 98,61. Šiam rezultatui sugeneruoti buvo panaudojamos 4 kriptovaliutos: BNB, ADA, MANA ir GNO (žr. 15 lentelę). Didžiąją portfelio dalį sudaro MANA valiuta, kuri rodė išpūdingą prieaugį šiuo investuotojų „godumo“ periodu.

15 lentelė

Portfelio, paremto Šarpo rodiklio maksimizavimu, charakteristika 2021 m.

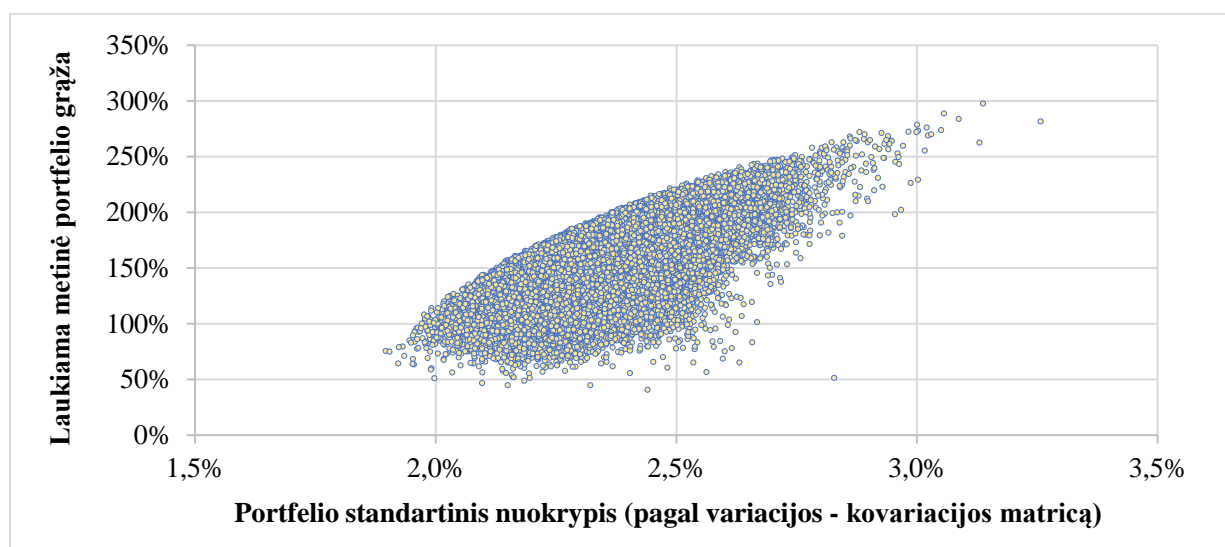
Optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
61%	MANA	Nerizikinga palūkanų norma	0,10%
34%	BNB	Standartinis nuokrypis	3,31%
4%	GNO	Vid. metinė grąža	326,51%
1%	ADA	Šarpo rodiklis	98,61

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Pagal portfeliiui pasirinktų valiutų duomenis sudarytas galimų portfeliių optimalumo grafikas 2021 metams (žr. 8 pav.), kuriame iš galimų 10 000 atsitiktinių scenarijų susiformuoja optimalumo linija nuo mažiausiai rizikingo portfelio, kurį 100% sudarytų BTC kriptovaliuta iki rizikingiausio ir didžiausią grąžą generuojančio 100% MANA portfelio. Dėl didelių kainos pokyčių 2021m., sklaida yra gerokai didesnė nei praeitame periode ir investuotojai verčiami prisiimti didesnę riziką. Sugeneruotas maksimalaus Šarpo koeficiento portfelis su 3,31% standartiniu nuokrypiu atsiduria arti rizikos ekstremumo indikuojant, jog portfelio diversifikacija mažai paveikia portfelio riziką, dėl didelės MANA grąžos. Taip pat iš svertinių portfeliių sklaidos grafiko galima pastebėti, jog rizikos valdymas tampa labai brangus, nes norint susimąžinti portfelio standartinį nuokrypį 1 proc. punktu (nuo 3% iki 2%), reikia atsisakyti apie 200 % potencialios laukiamos grąžos.

8 paveikslas

Optimalaus kriptovaliutų portfelio scenarijų sklaida 2021 m.



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Sumodeliuotas apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis 2021 metams lenkia BDM indekso rezultatus laukiamos grąžos ir Šarpo rodikliu ~3 kartais. Šio portfelio struktūroje modelis, kaip ir ankstesniuose skaičiavimuose, įtraukia BTC kriptovaliutą, kurios dalis portfelyje sudaro 46 % norint sumažinti standartinę nuokrypį iki 2%. Likę 54% yra padalinami kriptovaliutoms, kurios buvo naudojamos maksimizuoto Šarpo koeficiento portfeliui (žr. 16 lentelę). Šiuo atveju, kaip buvo galima numatyti iš sklaidos grafiko, portfelio rizika yra žymiai mažesnė nei optimalaus kriptovaliutų portfelio šiam periodui, tačiau lyginant su BTC kriptovaliuta, portfelio grąža ir Šarpo rodiklis yra žymiai (daugiau nei 5 kartus) didesni.

16 lentelė

Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2021 m.

Apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
46%	BTC	Nerizikinga palūkanų norma	0,10%
9%	BNB	Standartinis nuokrypis	2,00%
13%	ADA	Vid. metinė grąža	128,46%
14%	MANA	Šarpo rodiklis	64,18
18%	GNO		

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Taigi, 2021 m. pakilimo periodu, daugelis kriptovaliutų turėjo ypatingai didelę grąžą, iš kurių, 11 aktyvų Šarpo koeficientas buvo didesnis nei BDM indekso. BTC kriptovaliuta šiuo periodu buvo mažiausiai rizikingas aktyvas, o MANA davė didžiausią grąžą. Formuojant portfelį, remiantis aktyvų kovariacijos matrica, optimalų portfelį sudarė BNB, ADA, MANA, GNO kriptovaliutos, kurių panaudojimas diversifikuojant portfelio rizikai mažinti, sudarė optimaliausią investicinę alternatyvą, tačiau su sąlyginai dideliu standartiniu nuokrypiu. Sudarius apribotos rizikos portfelį, buvo įtraukta BTC kriptovaliuta dėl ko rizika pasiekė priimtina ribą, tačiau dėl to laukiama grąža sumažėjo 3 kartus.

3.3.3. Efektyvus investavimas į kriptovaliutas 2022 - 2023 m.

Naujausio periodo duomenys reprezentuoja kriptovaliutų rinkos kainų korekcijos laikotarpį ir 2023 m. prasidėjusios recesijos ir spekuliacinio periodo pradžią. Kadangi kriptovaliutų kainos 2022 m. pradžioje vis dar buvo itin didelės, o eigoje stabiliai krito, šiuo laikotarpiu rinkos rezultatai buvo gana prasti, tačiau suskaičiuotas kriptovaliutų standartinis nuokrypis – vienas mažiausių per visą tiriamąjį laikotarpį. Visgi atsižvelgiant į didėjantį investicinį susidomėjimą 2023 m. analizuojamo laikotarpio pabaigoje ir artėjantį Bitcoin *halving*'ą (kriptovaliutos kasimo efektyvumo mažėjimą) 2024 m. pavasarį, šio periodo analizės rezultatai tampa gana svarbūs norint nuspėti kriptovaliutų elgseną.

Šiuo laikotarpiu kriptovaliutų indekso ir 18 analizuojamų kriptovaliutų vidutinė metinė grąža buvo neigiama (žr. 17 lentelę). Teigiamą grąžą atitinkamai 10,58% ir 4,51% generavo tik vidutinės kapitalizacijos kriptovaliutos GAS ir ELF. Rinkos indeksas BDM taip pat turėjo neigiamą grąžą.

Kadangi rinkoje egzistavusi „meškų“ kainų kitimo tendencija, todėl kriptovaliutų Šarpo rodiklio vertinimas šiam periodui tampa mažai informatyvus. Visgi iš dviejų teigiamą grąžą generavusių kriptovaliutų, GAS pasižymėjo patenkinamu, kelis kart už ELF didesniu Šarpo rodikliu. Pagal portfelio sudarymo modelį, šiam laikotarpiui tikslingas portfelis sudaromas vien iš GAS kriptovaliutos.

17 lentelė

Kripto valiutų investicinės grąžos ir rizikos charakteristikos 2022-2023 m.

	Vid. metinė log. grąža	Stand. nuok.	Šarpo rodiklis
BTC	-4,61%	1,27%	-6,58
ETH	-12,28%	1,62%	-9,90
BNB	-16,53%	1,39%	-14,62
XRP	-6,43%	1,91%	-5,33
ADA	-24,42%	1,78%	-15,80
LINK	-6,76%	2,00%	-5,26
LTC	-15,34%	1,77%	-10,77
BCH	-13,69%	1,84%	-9,47
XLM	-17,09%	1,73%	-12,04
XMR	-6,57%	1,59%	-6,49
ETC	-12,37%	2,10%	-7,67
MKR	-10,28%	2,01%	-6,96
MANA	-37,76%	2,23%	-18,60
NEO	-17,64%	2,05%	-10,41
GAS	10,58%	2,85%	2,40
GNO	-19,72%	1,75%	-13,39
ZEC	-30,68%	1,96%	-17,52
ELF	4,51%	1,89%	0,41
DASH	-28,98%	1,88%	-17,42
BAT	-32,67%	1,88%	-19,39
BDM (indeksas)	-11,18%	1,60%	-9,34

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Modelis rodo, jog remiantis šiais duomenimis optimalus portfelis turėtų būti sudarytas tik iš vienos kripto valiutos, todėl jo rodikliai atitinka GAS kripto valiutai paskaičiuotus rodiklius, kuri šiuo laikotarpiu turėjo didžiausią grąžą ir Šarpo rodiklį (žr. 17 lentelę). Verta paminėti, jog atsižvelgiant į galimo nuostolio dydį ir kainų kitimo nuokrypį nuo vidurkio, lyginant su kitais kintamaisiais, BTC gerokai mažiau kito nei rinka ir patyrė mažiausią nuostolį šiame periode su mažiausiu standartiniu nuokrypiu. Visgi sudarant apribotos rizikos portfelį, kadangi BTC kripto valiuta turėjo neigiamą grąžą, o ELF kripto valiutos standartinis nuokrypis buvo mažesnis nei 2%, portfelio rizikai valdyti naudojama ELF valiuta. Sumodeliuotą apribotos rizikos portfelį sudaro 53% GAS ir 47% ELF kripto valiutos. Taip užtikrinant didžiausią grąžą prie didžiausios priimtinos rizikos (žr. 18 lentelę).

18 lentelė

Apribotos rizikos portfelio charakteristikos 2022-2023 m.

Apribotos rizikos optimalus kriptovaliutų portfelis			
Portfelio sudėtis:		Rodikliai:	
53%	GAS	Nerizikinga palūkanų norma	3,74%
		Standartinis nuokrypis	2,00%
47%	ELF	Vid. metinė grąža	7,71%
		Šarpo rodiklis	1,98

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Taigi 2022-2023 m. tiriamasis laikotarpis reprezentavo „meškų“ rinką, modernaus portfelio optimizavimas rekomendavo šiuo laikotarpiu laikyti tik GAS kriptovaliutą, tačiau siekiant sudaryti ribotos rizikos optimalų portfelį įtraukiama ir ELF kriptovaliuta. Visgi padarius prielaidą, jog visos kriptovaliutos šiuo laikotarpiu patyrė nuostolį, mažiausią kintamumą ir mažiausią nuostolį turėjo BTC, įrodydama, jog visais laikotarpiais ši kriptovaliuta yra mažiausiai rizikos investuotojui kelianti investicija kriptovaliutų rinkoje.

3.4. Optimalus kriptovaliutų portfelis tiriamuoju laikotarpiu ir investicinių strategijų palyginimas

Apibendrinus gautus duomenis matoma, jog skirtingais laikotarpiais modelis naudojo skirtingus kintamuosius. Šis rezultatas rodo, jog kriptovaliutų rinka yra spekuliatyvi ir neturi vieno konkretaus lyderio, kuris per pastaruosius 5 metus būtų rodęs išskirtinai efektyviausius rezultatus. Tiriamuoju laikotarpiu ir išskirtais periodais, sumodeliuotų optimalių kriptovaliutų portfelių gauti Šarpo rodikliai yra didesni už BDM indeksą ir BTC kriptovaliutą indikuojant, jog kriptovaliutų kombinacijomis įmanoma aplenkti rinkos rezultatus. Taip pat galima išskirti kelis esminius faktus apie individualias kriptovaliutas, kurie paaiškėjo tyrimo metu:

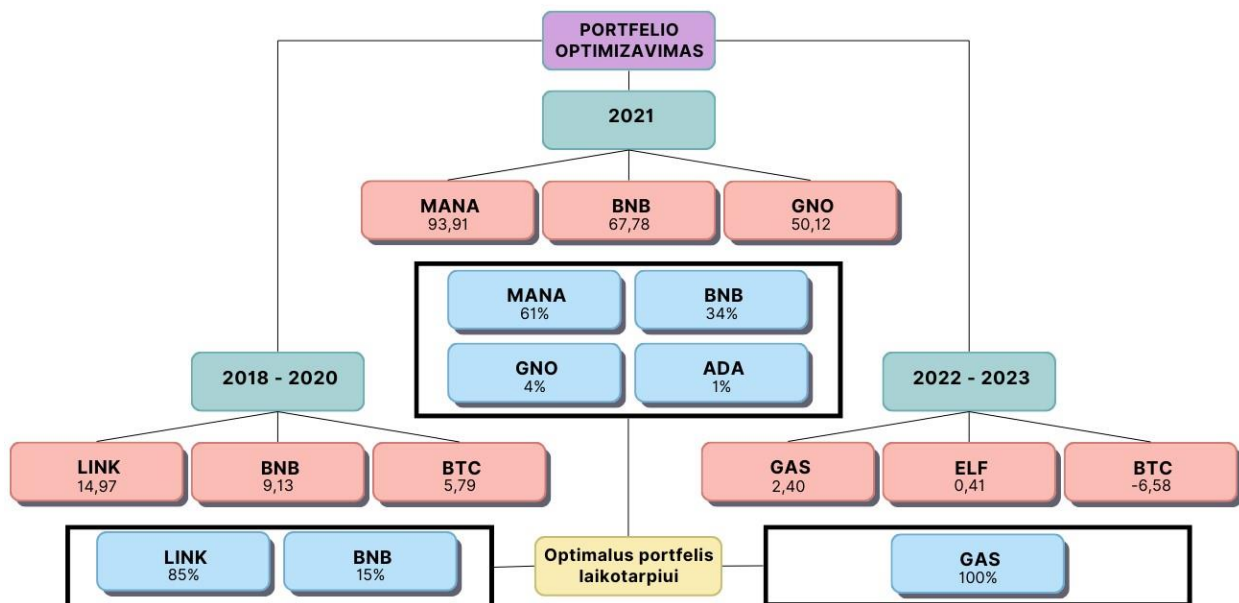
- Visais laikotarpiais pasirinktoje kintamųjų imtyje egzistuoja kriptovaliutų, kurių grąža ir/ar Šarpo rodiklis yra aukštesni nei rinkos indekso.
- Visais laikotarpiais pasirinktoje kintamųjų imtyje egzistuoja kriptovaliutų, kurių grąža yra didesnė nei sudaryto optimizuoto kriptovaliutų portfelio, tačiau Šarpo rodiklis negali būti didesnis.
- Visais laikotarpiais kriptovaliutų portfelį galima diversifikuoti įtraukiant Bitcoin, nes šios kriptovaliutos standartinis nuokrypis yra mažiausias.

- Mažiausias Bitcoin kintamumas, lyginant su kitomis kriptovaliutomis, svertiniais optimaliais portfeliais ir indeksu, indikuoja, jog ši kriptovaliuta yra saugiausia investicija.

Remiantis gautais periodų analizės rezultatais sudaroma struktūra su geriausius rodiklius turėjusiomis kriptovaliutos ir pagal vidurkio-variacijos modelį sudarytų optimalių portfelių pasiūlymai (žr. 9 pav.).

9 paveikslas

Tiriamaisiais laikotarpiais geriausių Šarpo rodiklį turinčios kriptovaliutos ir rekomenduojami svertiniai optimalūs portfeliai



Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis atliktu tyrimu

Įvertinus bendrus optimalių portfelių standartinius nuokrypius ir sudarytus sklaidos grafikus, akcentuotina, jog optimalių portfelių rizika išlieka reliatyviai aukšta todėl reikia papildomai valdyti portfelių riziką įdiegiant portfelio didžiausio kintamumo ribas. Apribotos rizikos portfelių modeliavimas parodė, jog siekiant apriboti investuotojų riziką sudarant portfelių, kurių standartinis nuokrypis būtų ne didesnis nei 2%, į optimalius portfelius reikia įtraukti Bitcoin kriptovaliutą, kurios reliatyviai mažas (kriptovaliutų rinkoje) kintamumas padeda subalansuoti portfelį pagal investuotojo lūkesčius. Tuo tarpu vidutinės kapitalizacijos kriptovaliutos, tokios kaip MANA, LINK ar GAS, yra linkusios generuoti didesnę grąžą nei konkurentai, tačiau turi didelį standartinį nuokrypį, todėl sąlyginai rizikingesnės lyginant su rinkos vidurkiu.

Jei palyginimui naudotą BDM indeksą interpretuosime kaip portfelį sudarytą iš didelio kiekio kriptovaliutų, galima pastebėti, jog dėl kriptovaliutų tarpusavio koreliacijos, tokio tipo portfeliuose, nesisteminė rizika mažėja labai neefektyviai, bet investicinė grąža žymiai sumažėja todėl diversifikacija tampa neefektyvi, o geresni rezultatai pasiekiami portfelyje laikant tik Bitcoin kriptovaliutą.

Apibendrinus formuojama išvada, jog kriptovaliutų rinka yra neigiamai veikiama didelės kainų kitimo tarpusavio koreliacijos, todėl išskaidyti kriptovaliutų portfeliai nėra efektyvūs. Individualiai kriptovaliutos rodo efektyvius rezultatus, tačiau skirtinguose perioduose šie rezultatai pasireiškia skirtingoms kriptovaliutomis, todėl didžiausią optimalumą investuojant galima pasiekti investuojant į vidutinės ir didelės kapitalizacijos kriptovaliutų svertinius portfelius su apribota rizika.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę buvo nustatyta, kad kriptovaliutų ištyrimo lygis yra gana platus, tačiau sparčiai besiplečianti rinka reikalauja papildomų tyrimų įtraukiančių kriptovaliutų atmainas ir naujausius duomenis. Kriptovaliutos gali būti klasifikuojamos pagal 4 paskirtis, t.y. atsiskaitymo monetas, CBDC, skaitmeniniai žetonai ir stabiliosios kriptovaliutos. Investicinio kriptovaliutų portfelio sudarymui naudojamas dvi iš šių klasifikacijų, t.y. skaitmeninės monetas ir žetonai, nes stabiliosios valiutos ir centrinių bankų kriptovaliutos nėra naudojamos investiciniais vertės auginimo tikslais. Kriptovaliutų visumą nusako kriptovaliutų rinkos tendencijos ir elgesys kuriam analizuoti naudojamas „baimės ir godumo“ indeksas, leidžia suprasti kokioje ekonominio ciklo stadijoje yra rinka ir kokie investuotojų lūkesčiai į kuriuos atsižvelgiant turėtų būti pasirenkama investavimo strategija. Kriptovaliutų investavimo strategijos, sudarant investicinį portfelį, tikslas yra pasiekti maksimalią laukiamą grąžą su pasirinkta arba minimalia portfelio rizika. Šiam tikslui pasiekti mokslinėje literatūroje dažniausiai naudojami sudėtingi GARCH ir LSTM metodai, tačiau dėl fundamentalios kriptovaliutų reikšmės trūkumo, portfelio formavimui taip pat dažnai pasirenkami CAPM ir vidurkio-variacijos metodai. Modernaus portfelio teorijos vidurkio-variacijos metodas yra vienas plačiausiai naudojamų metodų portfeliiui optimizuoti. Šiam modeliui pritaikyti naudojamas svertinis kriptovaliutų portfelis, kurio grąža ir rizika optimizuojami keičiant portfelio struktūrą. Maksimizavimo ir optimizavimo tikslams pasiekti, modernaus portfelio sudaryto kontekste, pasitelkiamas Šarpo rodiklis, kuris atspindi grąžos ir rizikos santykį, todėl portfelis su didžiausiu Šarpo koeficientu gali būti laikomas optimaliausiu.
2. Pagal mokslinių tyrimų analizės rezultatus sudaryta tyrimo metodologija paremta Modernaus portfelio teorijos principu. Analizei pasirinktas penkerių metų laikotarpis (2018-2022 m.) bei pridėti naujausi pasiekiami 2023 duomenys (siekiant išlaikyti tyrimo aktualumą). Šiame periode analizuotos 20 kriptovaliutų ir etaloninio BDM kriptovaliutų rinkos indekso logaritmuotos grąžos. Pasirinkta suskirstyti laikotarpį į 3 periodus pagal rinkos tendencijas ir sudaryti optimalius svertinius portfelius pasitelkiant laukiamas grąžas, kovariacijos matricas ir Šarpo koeficientą, bei palyginti gautus rezultatus su indekso rezultatais ir Bitcoin kriptovaliutos rezultatais.
3. Atlikus tyrimą buvo pagrįsta, jog kriptovaliutos yra stipriai kintanti ir rizikinga investicinė priemonė, kuri turėtų būti diversifikuojama siekiant valdyti nesisteminę riziką. Visgi didelė tarpusavio koreliacija apsunkina investicijų į kriptovaliutas optimizaciją

neįtraukiant kitų finansinių priemonių. Atlikus nuoseklią kriptovaliutų analizę pasitelkiant modernaus portfelio teorijos vidurkio-variacijos modelį, Šarpo rodiklį ir kitas pagalbines priemone buvo atlikta 2018-2023 m. laikotarpio pasirinktų „meškų“ ir „bulių“ periodų analizė ir gautos išvados:

- Kriptovaliutų rinkos vidurkis, reprezentuojamas „S&P Cryptocurrency Broad Digital Market“ (BDM) indekso, analizuojamu laikotarpiu pasižymėjo ~2% vidutiniu dienos standartiniu nuokrypiu, generavo vidutinę 4,25% (logaritmuotą) metinę grąžą, iš ko buvo gautas 1,16 Šarpo rodiklis. Šiuo laikotarpiu iš 20 tiriamųjų kriptovaliutų, teigiamą grąžą generavo tik BTC, ETH, BNB, LINK ir MANA, kurių Šarpo rodikliai buvo aukštesni nei BDM indekso. Sudarius optimalų kriptovaliutų portfelį buvo maksimizuotas Šarpo koeficientas – 11,25 sumodeliavus LINK ir BNB kriptovaliutas į svertinį portfelį. Atsižvelgus į rinkos pageidaujamą maksimalų rizikos lygį (2%), sudarytas apribotos rizikos portfelis, kurio maksimalus Šarpo rodiklis – 10,30 buvo pasiektas į portfelį įtraukus BTC kriptovaliutą.
- Išskyrus analizuojamą laikotarpį į 3 investuotojų „baimės ir godumo“ periodus buvo perskaičiuoti optimalūs kriptovaliutų portfeliai, kurių maksimalūs Šarpo rodikliai buvo pasiekti panaudojus vidutinės kapitalizacijos – MANA, GNO, GAS ir didelės kapitalizacijos – BNB, LINK, ADA kriptovaliutas. Portfelių sudarymo scenarijų sklaidos analizė atskleidė, jog optimalių portfelių, kuriems maksimizuojamas Šarpo rodiklis, standartinis nuokrypis yra reliatyviai didelis, todėl portfeliai buvo perskaičiuojami į apribotos rizikos optimalius portfelius, kurių reikalingam rizikos dydžiui pasiekti, beveik visais atvejais, į portfelį reikėjo įtraukti didelę dalį BTC kriptovaliutos (iki 50% portfelio dydžio). Šis rizikos valdymo metodas sėkmingai apriboja portfelio riziką bei žymiai sumažina laukiamą portfelio grąžą, tačiau vis tiek žymiai lenkia rinkos vidurkį ir individualios Bitcoin kriptovaliutos siūlomą grąžą.
- Atliktas tyrimas atskleidžia, kad optimalūs kriptovaliutų portfeliai yra sudaromi iš nedidelio skaičiaus kriptovaliutų (1-4), kurios skiriasi skirtingų rinkos laikotarpių portfeliuose. Pagrindžiama, jog didelė koreliacija neleidžia kurti smulkai išskirstytų kriptovaliutų portfelių. Taip pat, skirtingų kriptovaliutų portfeliai, skirtingomis rinkos sąlygomis, rodo, kad rinkoje neegzistuoja kriptovaliutų, kurių investiciniai rodikliai būtų vienareikšmiškai optimesni nei rinkos vidurkis, todėl optimalus portfelis sudaromas kombinuojant kelias kriptovaliutas.

- Šio tyrimo kontekste Ethereum (ETH) kriptovaliuta nerodo pakankamai aukštos gražos kaip konkurentės vidutinės - didelės kapitalizacijos kriptovaliutos, taip pat nerodo mažesnio kintamumo nei Bitcoin (BTC) kriptovaliuta, todėl periodų analizėje nepasiekia reikšmingų rezultatų, kad galėtų būti įtraukta į optimalius portfelius. Taip pat, kitos tyrimui naudotos kriptovaliutos, tokios kaip XRP, LTC, XMR ir kt. (daugiausia kurių rinkos kapitalizacija svyruoja nuo 100 iki 500 mln. dol.), šios analizės kontekste nerodė konkurencingų rezultatų ir analizuojamu laikotarpiu nepateko į optimizuojamus portfelis.

Pasiūlymai:

1. Tyrimo rezultatai rodo, jog investuotai, kurių tikslas aplenkti rinkos gražos vidurkį su mažiausia įmanoma rizika, turėtų savo investicijas nukreipti į Bitcoin (BTC) kriptovaliutą, nes jos rezultatai, visais tyrimo laikotarpiais, rodė mažiausią kintamumą ir didesnę nei rinkos vidutinę laukiamą gražą. Visgi investuotojams, kurie yra linkę prisiimti vidutinę rinkos riziką (~2%), optimaliausia yra sudaryti ribotos rizikos portfelius maksimizuojant gražą į portfelį įtraukiant apie 50% BTC kriptovaliutos ir kelias vidutinės (ir didesnės) kapitalizacijos kriptovaliutas, kurios šio tyrimo pagrindu galėtų būti LINK, BNB ar MANA. Investuotojams, kurie turi didelę rizikos toleranciją, rekomenduojama sudaryti investicinius kriptovaliutų portfelius iš alternatyviųjų didelės/vidutinės kapitalizacijos kriptovaliutų, kurios, remiantis tyrimo rezultatais, suformuoja didžiausią Šarpo rodiklį turinčius portfelius.
2. Siekiant toliau tęsti kriptovaliutų portfelių optimizavimo tyrimus rekomenduojama plėsti kriptovaliutų imtį. Platesnio mąsto analizė galėtų įvertinti didesnio kriptovaliutų kiekio charakteristikas ir suteiktų galimybę rasti mažesnės, nei rinkos vidurkis, rizikos kriptovaliutas, taip pat dar optimaliau subalansuoti kriptovaliutų portfelį. Taip pat, šis tyrimas apsiriboja kriptovaliutų pirkimo strategijos analize, todėl norint išplėsti tyrimą galima įtraukti skolintų kriptovaliutų pardavimo sandorius ir optimizuoti portfelius įtraukiant šią prekybos strategiją.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

Agur, I., Ratnovski, L., & Dell’Ariccia, G. (2022). Designing central bank digital currencies. *Journal of Monetary Economics*, 125, 62–79. <https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2021.05.002>;

Ahn, Y., & Kim, D. (2021). Emotional trading in the cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, 42, 101912. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101912>;

Aysan, A. F., Khan, A. U. I., & Topuz, H. (2021). Bitcoin and altcoins price dependency: Resilience and portfolio allocation in COVID-19 outbreak. *Risks*, 9(4), 74. <https://doi.org/10.3390/risks9040074>;

Ali, F., Khurram, M. U., Sensoy, A., & Vo, X. V. (2024). Green cryptocurrencies and portfolio diversification in the era of greener paths. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 191, 114137. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114137>;

Ali, O., Momin, M., Shrestha, A., Das, R., Alhaji, F., & Dwivedi, Y. K. (2023). A review of the key challenges of non-fungible tokens. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122248. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122248>;

Al-Yahyaee, K. H., Mensi, W., & Yoon, S. (2018). Efficiency, multifractality, and the long-memory property of the Bitcoin market: A comparative analysis with stock, currency, and gold markets. *Finance Research Letters*, 27, 228–234. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.03.017>;

Al-Sabah, H., & Capponi, A. (2018). Bitcoin Mining Arms Race: R&D with Spillovers. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3273982>;

Al-Tawil, T. N. (2022). Anti-money laundering regulation of cryptocurrency: UAE and global approaches. *Journal of Money Laundering Control*, 26(6), 1150–1164. <https://doi.org/10.1108/jmlc-07-2022-0109>;

Antonakakis, N., Chatziantoniou, I., & Gabauer, D. (2019). Cryptocurrency market contagion: Market uncertainty, market complexity, and dynamic portfolios. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 61, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2019.02.003>;

Baur, D. G., Hoang, L. T., & Hossain, Z. (2022). Is Bitcoin a hedge? How extreme volatility can destroy the hedge property. *Finance Research Letters*, 47, 102655. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102655>;

Benedetti, H., & Nikbakht, E. (2021). Returns and network growth of digital tokens after cross-listings. *Journal of Corporate Finance*, 66, 101853. <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2020.101853>;

- Blau, B. M. (2018). Price dynamics and speculative trading in Bitcoin. *Research in International Business and Finance*, 43, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.07.183>;
- Bourghelle, D., Jawadi, F., & Rozin, P. (2022). Do collective emotions drive bitcoin volatility? A triple regime-switching vector approach. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 196, 294–306. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.01.026>;
- Bourghelle, D., Jawadi, F., & Rozin, P. (2022c). Do collective emotions drive bitcoin volatility? A triple regime-switching vector approach. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 196, 294–306. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.01.026>;
- Brauneis, A., & Mestel, R. (2019). Cryptocurrency-portfolios in a mean-variance framework. *Finance Research Letters*, 28, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.05.008>;
- Caporale, G. M., & Zekokh, T. (2019). Modelling volatility of cryptocurrencies using Markov-Switching GARCH models. *Research in International Business and Finance*, 48, 143–155. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.12.009>;
- Caporale, G. M., Gil-Alaña, L. A., & Plastun, A. (2018). Persistence in the cryptocurrency market. *Research in International Business and Finance*, 46, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2018.01.002>;
- Capponi, A., Ólafsson, S., & Al-Sabah, H. (2023). Proof-of-Work cryptocurrencies: Does mining technology undermine decentralization? *Management Science*, 69(11), 6455–6481. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4840>;
- Catalini, C., Jagadeesan, R., & Kominers, S. D. (2019). Market design for a Blockchain-Based financial system. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3396834>;
- Cerqueti, R., Giacalone, M., & Mattera, R. (2020). Skewed non-Gaussian GARCH models for cryptocurrencies volatility modelling. *Information Sciences*, 527, 1–26. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2020.03.075>
- Chorzempa, M. (2021). China, the United States, and central bank digital currencies: how important is it to be first? *China Economic Journal*, 14(1), 102–115. <https://doi.org/10.1080/17538963.2020.1870278>;
- Chowdhury, M. S. R., & Damianov, D. S. (2024). Uncertainty and bubbles in cryptocurrencies: Evidence from newly developed uncertainty indices. *International Review of Financial Analysis*, 91, 102949. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2023.102949>;
- Clarke, A. T. (2006). Coping with Interpersonal Stress and Psychosocial Health Among Children and Adolescents: A Meta-Analysis. *Journal of Youth and Adolescence*, 35(1), 10–23. <https://doi.org/10.1007/s10964-005-9001-x>;

- Cong, L. W., He, Z., & Li, J. (2020). Decentralized mining in centralized pools. *The Review of Financial Studies*, 34(3), 1191–1235. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa040>;
- Corbet, S., Larkin, C., Lucey, B. M., Meegan, A., & Yarovaya, L. (2020). Cryptocurrency reaction to FOMC Announcements: Evidence of heterogeneity based on blockchain stack position. *Journal of Financial Stability*, 46, 100706. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2019.100706>;
- Czaronis, M., Kritzman, M., Pamir, B., & Turkington, D. (2022). The role of cryptocurrencies in investor portfolios. *The Journal of Alternative Investments*, 24(4), 18–32. <https://doi.org/10.3905/jai.2022.1.160>;
- De Souza Tavares, R., Caldeira, J. F., & De Souza Raimundo Júnior, G. (2020). Cryptocurrencies: formation of returns from the CRIX index. *Applied Economics Letters*, 28(8), 691–695. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1770680>;
- Demir, E., Simonyan, S., García-Gómez, C. D., & Lau, C. K. M. (2021). The asymmetric effect of bitcoin on altcoins: evidence from the nonlinear autoregressive distributed lag (NARDL) model. *Finance Research Letters*, 40, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101754>;
- Dempsey, M., Pham, H., & Ramiah, V. (2022). Investment in Cryptocurrencies: lessons for asset pricing and portfolio theory. *Applied Economics*, 54(10), 1137–1144. <https://doi.org/10.1080/00036846.2021.1998321>;
- Disatnik, D., & Benninga, S. (2007). Shrinking the covariance matrix. *The Journal of Portfolio Management*, 33(4), 55–63. <https://doi.org/10.3905/jpm.2007.690606>;
- Dowling, M. (2022). Is non-fungible token pricing driven by cryptocurrencies? *Finance Research Letters*, 44, 102097. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102097>;
- Dunbar, K., & Owusu-Amoako, J. (2022b). Cryptocurrency returns under empirical asset pricing. *International Review of Financial Analysis*, 82, 102216. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2022.102216>;
- Feinstein, B. D., & Werbach, K. (2021). The impact of cryptocurrency regulation on trading markets. *Journal of Financial Regulation*, 7(1), 48–99. <https://doi.org/10.1093/jfr/fjab003>;
- Fletcher, J. (2009). Risk Reduction and Mean-Variance Analysis: An Empirical investigation. *Journal of Business Finance & Accounting*, 36(7–8), 951–971. <https://doi.org/10.1111/j.1468-5957.2009.02143.x>;
- Gaies, B., Nakhli, M. S., Sahut, J., & Schweizer, D. (2023). Interactions between investors' fear and greed sentiment and Bitcoin prices. *The North American Journal of Economics and Finance*, 67, 101924. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2023.101924>;

Garratt, R., & Van Oordt, M. (2023). Why fixed costs matter for Proof-of-Work based cryptocurrencies. *Management Science*, 69(11), 6482–6507. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2023.4901>;

Gaskin, S., Kalim, R., Wallace, K. J., Islip, D., Kwon, R. H., & Liew, J. K. (2023b). Portfolio optimization techniques for Cryptocurrencies. *The Journal of Investing*, 32(3), 50–65. <https://doi.org/10.3905/joi.2023.1.256>;

Gniadkowska-Szymańska, A., Olgić Draženović, B., & Suljic Nikolaj, S. (2022). Selected cryptocurrency returns and Capital Gains Tax - based on the example of countries with varying degrees of legal regulations concerning cryptocurrencies. *Journal of Finance and Financial Law*, 3(35), 53–64. <https://doi.org/10.18778/2391-6478.3.35.04>;

Günay, S., Altinkeski, B. K., Çevik, E. İ., & Goodell, J. W. (2023). Quantifying systemic risk in the cryptocurrency market: A sectoral analysis. *Finance Research Letters*, 58, 104586. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104586>;

Guo, X., & Donev, P. (2020). Bibliometrics and network analysis of cryptocurrency research. *Journal of Systems Science & Complexity*, 33(6), 1933–1958. <https://doi.org/10.1007/s11424-020-9094-z>;

Gurdgiev, C., & O’Loughlin, D. (2020). Herding and anchoring in cryptocurrency markets: Investor reaction to fear and uncertainty. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 25, 100271. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2020.100271>;

Hachicha, F., Masmoudi, A., Abid, I., & Obeid, H. (2023). Herding behavior in exploring the predictability of price clustering in cryptocurrency market. *Finance Research Letters*, 57, 104178. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104178>;

Hadan, H., Zhang-Kennedy, L., Nacke, L. E., & Mäkelä, V. (2023). Comprehending the Crypto-Curious: How investors and inexperienced potential investors perceive and practice cryptocurrency trading. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/10447318.2023.2239556>;

Härdle, W. K., Harvey, C. R., & Reule, R. C. G. (2020). Understanding cryptocurrencies. *Journal of Financial Econometrics*, 18(2), 181–208. <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbz033>;

Huang, Y., Duan, K., & Mishra, T. (2021). Is Bitcoin really more than a diversifier? A pre- and post-COVID-19 analysis. *Finance Research Letters*, 43, 102016. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102016>;

Yang, Y., & Zhao, Z. (2020). Large cryptocurrency-portfolios: efficient sorting with leverage constraints. *Applied Economics*, 53(21), 2398–2411. <https://doi.org/10.1080/00036846.2020.1859457>;

Youssef, M., & Waked, S. S. (2022). Herding behavior in the cryptocurrency market during COVID-19 pandemic: The role of media coverage. *The North American Journal of Economics and Finance*, 62, 101752. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101752>;

Jayawardhana, A., & Colombage, S. (2023). Portfolio diversification possibilities of cryptocurrency: global evidence. *Applied Economics*, 1–16. <https://doi.org/10.1080/00036846.2023.2257928>;

Janpitak, N., Lilakiatsakun, W., & Sathitwiriawong, C. (2020). The novel secure testament methodology for cryptocurrency wallet using mnemonic seed. *Information Security Journal: A Global Perspective*, 29(4), 169–182. <https://doi.org/10.1080/19393555.2020.1739788>;

Jaquart, P., Dann, D., & Weinhardt, C. (2021). Short-term bitcoin market prediction via machine learning. *The Journal of Finance and Data Science*, 7, 45–66. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2021.03.001>;

Jaquart, P., Köpke, S., & Weinhardt, C. (2022). Machine learning for cryptocurrency market prediction and trading. *The Journal of Finance and Data Science*, 8, 331–352. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2022.12.001>;

Jiang, C., Du, J., & An, Y. (2019). Combining the minimum-variance and equally-weighted portfolios: Can portfolio performance be improved? *Economic Modelling*, 80, 260–274. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2018.11.012>;

Jing, R., & Rocha, L. E. C. (2023). A network-based strategy of price correlations for optimal cryptocurrency portfolios. *Finance Research Letters*, 58, 104503. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104503>;

Johnson, J. (2023). How Useful is the Crypto Fear and Greed Index When Making Cryptocurrency Investment Decisions. *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4407405>;

Kajtazi, A., & Moro, A. (2019). The role of bitcoin in well diversified portfolios: A comparative global study. *International Review of Financial Analysis*, 61, 143–157. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2018.10.003>;

Katsiampa, P., Yarovaya, L., & Zięba, D. (2022). High-frequency connectedness between Bitcoin and other top-traded crypto assets during the COVID-19 crisis. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 79, 101578. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2022.101578>;

Knezevic, D. (2018). Impact of Blockchain Technology Platform in Changing the Financial Sector and Other Industries. *Montenegrin Journal of Economics*, 14(1), 109–120. <https://doi.org/10.14254/1800-5845/2018.14-1.8>;

Kumaran, S. (2022). Portfolio diversification with cryptocurrencies – Evidence from Middle Eastern stock markets. *Investment Analysts Journal*, 51(1), 14–34. <https://doi.org/10.1080/10293523.2022.2034354>;

Kurosaki, T., & Kim, Y. S. (2022). Cryptocurrency portfolio optimization with multivariate normal tempered stable processes and Foster-Hart risk. *Finance Research Letters*, 45, 102143. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2021.102143>;

Kwon, D. H., Kim, J. B., Heo, J. S., Kim, C. M., & Han, Y. H. (2019). Time Series classification of cryptocurrency price trend based on a recurrent LSTM neural network. *Journal of Information Processing Systems*, 15(3), 694–706. <https://doi.org/10.3745/jips.03.0120>;

Li, J., Li, N., Peng, J., Cui, H., & Wu, Z. (2019). Energy consumption of cryptocurrency mining: A study of electricity consumption in mining cryptocurrencies. *Energy*, 168, 160–168. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.046>;

Li, X., & Whinston, A. B. (2019b). Analyzing cryptocurrencies. *Information Systems Frontiers*, 22(1), 17–22. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09966-2>;

Lin, X., Meng, Y., & He-Hua, Z. (2023). How connected is the crypto market risk to investor sentiment? *Finance Research Letters*, 56, 104177. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104177>;

Liu, W. (2019). Portfolio diversification across cryptocurrencies. *Finance Research Letters*, 29, 200–205. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.07.010>;

Loginova, E., Tsang, W. K., Van Heijningen, G., Kerkhove, L., & Benoit, D. F. (2021). Forecasting directional bitcoin price returns using aspect-based sentiment analysis on online text data. *Machine Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10994-021-06095-3>;

Ma, Y., Ahmad, F., Liu, M., & Wang, Z. (2020). Portfolio optimization in the era of digital financialization using cryptocurrencies. *Technological Forecasting and Social Change*, 161, 120265. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120265>;

Markowitz, H. M. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77. <https://doi.org/10.2307/2975974>;

Mokni, K., Bouteska, A., & Nakhli, M. S. (2022). Investor sentiment and Bitcoin relationship: A quantile-based analysis. *The North American Journal of Economics and Finance*, 60, 101657. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2022.101657>;

Mueller-Bloch, C., Andersen, J. V., Spasovski, J., & Hahn, J. (2022). Understanding decentralization of decision-making power in proof-of-stake blockchains: an agent-based simulation approach. *European Journal of Information Systems*, 1–20. <https://doi.org/10.1080/0960085x.2022.2125840>;

- Nakamoto, S. (2008) Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>;
- Nguyen, T. V. H., Nguyen, B. T., Nguyen, T. C., & Nguyen, Q. Q. (2019). Bitcoin return: Impacts from the introduction of new altcoins. *Research in International Business and Finance*, 48, 420–425. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.02.001>;
- Noda, A. (2020). On the evolution of cryptocurrency market efficiency. *Applied Economics Letters*, 28(6), 433–439. <https://doi.org/10.1080/13504851.2020.1758617>;
- Papadamou, S., Kyriazis, N., Tzeremes, N., & Corbet, S. (2021). Herding behaviour and price convergence clubs in cryptocurrencies during bull and bear markets. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 30, 100469. <https://doi.org/10.1016/j.jbef.2021.100469>;
- Petukhina, A., Trimborn, S., Härdle, W. K., & Elendner, H. (2021). Investing with cryptocurrencies – evaluating their potential for portfolio allocation strategies. *Quantitative Finance*, 21(11), 1825–1853. <https://doi.org/10.1080/14697688.2021.1880023>;
- Platanakis, E., & Urquhart, A. (2020). Should investors include Bitcoin in their portfolios? A portfolio theory approach. *The British Accounting Review*, 52(4), 100837. <https://doi.org/10.1016/j.bar.2019.100837>;
- Rudys, V., & Svogun, D. (2022). Optimal cryptocurrency portfolio allocation over the life cycle. *Applied Economics*, 55(46), 5419–5433. <https://doi.org/10.1080/00036846.2022.2139810>;
- Saleh, F. (2020). Blockchain without Waste: Proof-of-Stake. *The Review of Financial Studies*, 34(3), 1156–1190. <https://doi.org/10.1093/rfs/hhaa075>;
- Schellinger, B. (2020). Optimization of special cryptocurrency portfolios. *The Journal of Risk Finance*, 21(2), 127–157. <https://doi.org/10.1108/jrf-11-2019-0221>;
- Sensoy, A. (2019). The inefficiency of Bitcoin revisited: A high-frequency analysis with alternative currencies. *Finance Research Letters*, 28, 68–73. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.04.002>;
- Shah, K., Lathiya, D., Lukhi, N., Parmar, K., & Sanghvi, H. A. (2023). A systematic review of decentralized finance protocols. *International Journal of Intelligent Networks*, 4, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.ijin.2023.07.002>;
- Sharpe, W. F. (1966). Mutual Fund performance. *The Journal of Business*, 39(S1), 119. <https://doi.org/10.1086/294846>;
- Toufaily, É. (2022). An integrative model of trust toward crypto-tokens applications: A customer perspective approach. *Digital Business*, 2(2), 100041. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2022.100041>;

Troster, V., Tiwari, A. K., Shahbaz, M., & Macedo, D. N. (2019). Bitcoin returns and risk: A general GARCH and GAS analysis. *Finance Research Letters*, 30, 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.frl.2018.09.014>;

Tsang, K. P., & Yang, Z. (2021). The market for bitcoin transactions. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 71, 101282. <https://doi.org/10.1016/j.intfin.2021.101282>;

Zhang, K., Choi, T., Chung, S. H., Dai, Y., & Wen, X. (2023). Blockchain adoption in retail operations: Stablecoins and traceability. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.11.026>;

Zhong, C., Du, W., Wang, X., Huang, Q., Zhao, Y., & Wang, M. (2023). LSTM-ReGAT: A network-centric approach for cryptocurrency price trend prediction. *Decision Support Systems*, 169, 113955. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2023.113955>.

OPTIMIZATION OF CRYPTOCURRENCY PORTFOLIO

DOMINYKAS AUKSUTIS

Master thesis

Finance and banking master study programme

Vilnius University, Faculty of Economics and Business Administration

Supervisor – Prof. Alfreda Šapkauskienė, Phd

Vilnius, 2024

SUMMARY

66 pages, 18 charts, 9 pictures, 86 references.

The main goal of this master's thesis is to determine the optimal investment portfolio of cryptocurrencies using the modern portfolio theory and to compare the results with the market average and the Bitcoin cryptocurrency.

The work consists of three main parts: the analysis of literature, the research methodology and the research results, conclusion and recommendations.

Literature analysis distinguishes the classifications of cryptocurrencies, evaluates the peculiarities of the cryptocurrency market and analyses the scientific research on the creation of cryptocurrency portfolios. Portfolio formation methods, their differences, advantages and limitations are compared, initial assumptions are formed.

Based on the literature analysis, by using S&P Cryptocurrency Broad Digital Market Index, author determines the average return, volatility and Sharpe ratios of the cryptocurrency market. The author collects data on price changes of selected 20 cryptocurrencies in 2018-2023. Constructs a correlation matrix and calculates beta coefficients to justify the difficulty of diversification of cryptocurrency portfolios. Based on the mean-variance method and the Sharpe ratio maximization methodology, with the help of Excel “Analytics” and “Solver” plug-ins, the author creates optimal cryptocurrency portfolios and limited risk optimal portfolios, when the standard deviation is not higher than 2%. The study is repeated by dividing the analysed period into shorter periods representing different conditions of the cryptocurrency market based on fear and greed index.

The conducted research reveals that optimal cryptocurrency portfolios are modelled from a small number of cryptocurrencies (1-4), which differ in different market periods, indicating that the same cryptocurrencies do not consistently outperform their competitors and high correlation prevents the creation of highly fragmented portfolios. Moreover, the research results show that optimal portfolio mostly consists of mid-cap cryptocurrencies, which generates the highest returns in the studied periods. The research also shows that in order to manage the portfolio risk, in the portfolio should be included Bitcoin cryptocurrency (about 50% of the portfolio size to reduce the portfolio risk to 2%), which has the lowest standard deviation in all analysed periods.

The key concepts of the literature analysis and the findings of the conducted research are summarized in the conclusions and recommendations. The study's findings, according to the author, may provide helpful guidelines to investor how to create optimal cryptocurrency portfolio and how to manage cryptocurrency portfolio risk according to the investor's risk tolerance.

PRIEDAI

1 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2018-2020 m.)

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	LINK	LTC	BCH	XLM	XMR	ETC	MKR	MANA	NEO	GAS	GNO	ZEC	ELF	DASH	BAT
BTC	0,00031	0,00033	0,00030	0,00029	0,00035	0,00032	0,00034	0,00038	0,00031	0,00033	0,00031	0,00031	0,00031	0,00035	0,00035	0,00030	0,00032	0,00033	0,00032	0,00031
ETH	0,00033	0,00051	0,00038	0,00042	0,00049	0,00045	0,00044	0,00049	0,00043	0,00041	0,00043	0,00044	0,00043	0,00048	0,00049	0,00040	0,00043	0,00047	0,00042	0,00044
BNB	0,00030	0,00038	0,00061	0,00035	0,00039	0,00040	0,00038	0,00041	0,00037	0,00036	0,00036	0,00035	0,00038	0,00040	0,00043	0,00036	0,00039	0,00040	0,00037	0,00039
XRP	0,00029	0,00042	0,00035	0,00063	0,00049	0,00042	0,00041	0,00047	0,00052	0,00038	0,00042	0,00039	0,00043	0,00046	0,00045	0,00035	0,00042	0,00047	0,00041	0,00045
ADA	0,00035	0,00049	0,00039	0,00049	0,00069	0,00050	0,00047	0,00054	0,00055	0,00045	0,00047	0,00044	0,00051	0,00053	0,00054	0,00043	0,00048	0,00057	0,00047	0,00052
LINK	0,00032	0,00045	0,00040	0,00042	0,00050	0,00100	0,00041	0,00047	0,00045	0,00040	0,00042	0,00047	0,00050	0,00047	0,00049	0,00040	0,00044	0,00055	0,00042	0,00049
LTC	0,00034	0,00044	0,00038	0,00041	0,00047	0,00041	0,00053	0,00051	0,00042	0,00041	0,00042	0,00039	0,00041	0,00046	0,00046	0,00037	0,00043	0,00045	0,00042	0,00042
BCH	0,00038	0,00049	0,00041	0,00047	0,00054	0,00047	0,00051	0,00073	0,00048	0,00047	0,00050	0,00043	0,00045	0,00052	0,00052	0,00041	0,00049	0,00050	0,00049	0,00048
XLM	0,00031	0,00043	0,00037	0,00052	0,00055	0,00045	0,00042	0,00048	0,00068	0,00041	0,00044	0,00038	0,00047	0,00050	0,00050	0,00038	0,00045	0,00051	0,00043	0,00049
XMR	0,00033	0,00041	0,00036	0,00038	0,00045	0,00040	0,00041	0,00047	0,00041	0,00051	0,00040	0,00037	0,00042	0,00045	0,00046	0,00036	0,00042	0,00044	0,00042	0,00044
ETC	0,00031	0,00043	0,00036	0,00042	0,00047	0,00042	0,00042	0,00050	0,00044	0,00040	0,00061	0,00041	0,00042	0,00047	0,00049	0,00038	0,00043	0,00046	0,00043	0,00044
MKR	0,00031	0,00044	0,00035	0,00039	0,00044	0,00047	0,00039	0,00043	0,00038	0,00037	0,00041	0,00087	0,00044	0,00042	0,00045	0,00035	0,00040	0,00048	0,00039	0,00042
MANA	0,00031	0,00043	0,00038	0,00043	0,00051	0,00050	0,00041	0,00045	0,00047	0,00042	0,00042	0,00044	0,00099	0,00047	0,00053	0,00039	0,00042	0,00063	0,00043	0,00053
NEO	0,00035	0,00048	0,00040	0,00046	0,00053	0,00047	0,00046	0,00052	0,00050	0,00045	0,00047	0,00042	0,00047	0,00068	0,00065	0,00040	0,00047	0,00055	0,00047	0,00050
GAS	0,00035	0,00049	0,00043	0,00045	0,00054	0,00049	0,00046	0,00052	0,00050	0,00046	0,00049	0,00045	0,00053	0,00065	0,00086	0,00043	0,00046	0,00061	0,00047	0,00053
GNO	0,00030	0,00040	0,00036	0,00035	0,00043	0,00040	0,00037	0,00041	0,00038	0,00036	0,00038	0,00035	0,00039	0,00040	0,00043	0,00066	0,00037	0,00045	0,00038	0,00040
ZEC	0,00032	0,00043	0,00039	0,00042	0,00048	0,00044	0,00043	0,00049	0,00045	0,00042	0,00043	0,00040	0,00042	0,00047	0,00046	0,00037	0,00060	0,00046	0,00048	0,00046
ELF	0,00033	0,00047	0,00040	0,00047	0,00057	0,00055	0,00045	0,00050	0,00051	0,00044	0,00046	0,00048	0,00063	0,00055	0,00061	0,00045	0,00046	0,00115	0,00046	0,00055
DASH	0,00032	0,00042	0,00037	0,00041	0,00047	0,00042	0,00042	0,00049	0,00043	0,00042	0,00043	0,00039	0,00043	0,00047	0,00047	0,00038	0,00048	0,00046	0,00059	0,00044
BAT	0,00031	0,00044	0,00039	0,00045	0,00052	0,00049	0,00042	0,00048	0,00049	0,00044	0,00044	0,00042	0,00053	0,00050	0,00053	0,00040	0,00046	0,00055	0,00044	0,00079

2 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2021 m.)

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	LINK	LTC	BCH	XLM	XMR	ETC	MKR	MANA	NEO	GAS	GNO	ZEC	ELF	DASH	BAT
BTC	0,00032	0,00033	0,00035	0,00032	0,00029	0,00038	0,00037	0,00037	0,00033	0,00031	0,00034	0,00032	0,00035	0,00038	0,00036	0,00029	0,00036	0,00032	0,00036	0,00036
ETH	0,00033	0,00056	0,00047	0,00043	0,00042	0,00058	0,00051	0,00052	0,00046	0,00040	0,00053	0,00054	0,00048	0,00052	0,00045	0,00049	0,00051	0,00044	0,00050	0,00049
BNB	0,00035	0,00047	0,00097	0,00052	0,00046	0,00060	0,00053	0,00052	0,00049	0,00048	0,00052	0,00051	0,00058	0,00063	0,00060	0,00043	0,00059	0,00051	0,00060	0,00056
XRP	0,00032	0,00043	0,00052	0,00103	0,00045	0,00059	0,00054	0,00056	0,00063	0,00043	0,00055	0,00049	0,00052	0,00060	0,00053	0,00040	0,00055	0,00050	0,00057	0,00052
ADA	0,00029	0,00042	0,00046	0,00045	0,00078	0,00057	0,00047	0,00048	0,00059	0,00041	0,00050	0,00048	0,00045	0,00053	0,00047	0,00035	0,00048	0,00043	0,00048	0,00054
LINK	0,00038	0,00058	0,00060	0,00059	0,00057	0,00095	0,00064	0,00066	0,00063	0,00051	0,00069	0,00060	0,00063	0,00072	0,00059	0,00051	0,00066	0,00054	0,00068	0,00067
LTC	0,00037	0,00051	0,00053	0,00054	0,00047	0,00064	0,00070	0,00065	0,00053	0,00049	0,00067	0,00048	0,00053	0,00063	0,00054	0,00045	0,00062	0,00053	0,00066	0,00054
BCH	0,00037	0,00052	0,00052	0,00056	0,00048	0,00066	0,00065	0,00083	0,00058	0,00050	0,00078	0,00054	0,00055	0,00070	0,00063	0,00045	0,00068	0,00052	0,00072	0,00057
XLM	0,00033	0,00046	0,00049	0,00063	0,00059	0,00063	0,00053	0,00058	0,00086	0,00044	0,00059	0,00053	0,00053	0,00060	0,00049	0,00039	0,00057	0,00050	0,00057	0,00055
XMR	0,00031	0,00040	0,00048	0,00043	0,00041	0,00051	0,00049	0,00050	0,00044	0,00070	0,00057	0,00042	0,00050	0,00056	0,00051	0,00037	0,00063	0,00045	0,00063	0,00045
ETC	0,00034	0,00053	0,00052	0,00055	0,00050	0,00069	0,00067	0,00078	0,00059	0,00057	0,00118	0,00055	0,00059	0,00079	0,00069	0,00048	0,00074	0,00054	0,00085	0,00056
MKR	0,00032	0,00054	0,00051	0,00049	0,00048	0,00060	0,00048	0,00054	0,00053	0,00042	0,00055	0,00098	0,00051	0,00055	0,00047	0,00048	0,00053	0,00041	0,00053	0,00054
MANA	0,00035	0,00048	0,00058	0,00052	0,00045	0,00063	0,00053	0,00055	0,00053	0,00050	0,00059	0,00051	0,00186	0,00064	0,00056	0,00044	0,00061	0,00059	0,00061	0,00091
NEO	0,00038	0,00052	0,00063	0,00060	0,00053	0,00072	0,00063	0,00070	0,00060	0,00056	0,00079	0,00055	0,00064	0,00093	0,00084	0,00045	0,00070	0,00057	0,00074	0,00065
GAS	0,00036	0,00045	0,00060	0,00053	0,00047	0,00059	0,00054	0,00063	0,00049	0,00051	0,00069	0,00047	0,00056	0,00084	0,00145	0,00039	0,00061	0,00064	0,00065	0,00057
GNO	0,00029	0,00049	0,00043	0,00040	0,00035	0,00051	0,00045	0,00045	0,00039	0,00037	0,00048	0,00048	0,00044	0,00045	0,00039	0,00069	0,00048	0,00038	0,00045	0,00046
ZEC	0,00036	0,00051	0,00059	0,00055	0,00048	0,00066	0,00062	0,00068	0,00057	0,00063	0,00074	0,00053	0,00061	0,00070	0,00061	0,00048	0,00099	0,00055	0,00082	0,00061
ELF	0,00032	0,00044	0,00051	0,00050	0,00043	0,00054	0,00053	0,00052	0,00050	0,00045	0,00054	0,00041	0,00059	0,00057	0,00064	0,00038	0,00055	0,00107	0,00058	0,00058
DASH	0,00036	0,00050	0,00060	0,00057	0,00048	0,00068	0,00066	0,00072	0,00057	0,00063	0,00085	0,00053	0,00061	0,00074	0,00065	0,00045	0,00082	0,00058	0,00105	0,00060
BAT	0,00036	0,00049	0,00056	0,00052	0,00054	0,00067	0,00054	0,00057	0,00055	0,00045	0,00056	0,00054	0,00091	0,00065	0,00057	0,00046	0,00061	0,00058	0,00060	0,00112

3 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2022-2023 m.)

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	LINK	LTC	BCH	XLM	XMR	ETC	MKR	MANA	NEO	GAS	GNO	ZEC	ELF	DASH	BAT
BTC	0,00016	0,00018	0,00014	0,00015	0,00017	0,00018	0,00017	0,00017	0,00015	0,00014	0,00019	0,00016	0,00020	0,00019	0,00016	0,00017	0,00018	0,00013	0,00017	0,00018
ETH	0,00018	0,00026	0,00018	0,00020	0,00022	0,00024	0,00022	0,00021	0,00020	0,00018	0,00027	0,00022	0,00026	0,00024	0,00020	0,00025	0,00024	0,00018	0,00023	0,00024
BNB	0,00014	0,00018	0,00019	0,00017	0,00019	0,00020	0,00018	0,00017	0,00016	0,00014	0,00021	0,00017	0,00022	0,00020	0,00017	0,00017	0,00019	0,00015	0,00019	0,00020
XRP	0,00015	0,00020	0,00017	0,00036	0,00024	0,00024	0,00021	0,00018	0,00029	0,00015	0,00023	0,00019	0,00027	0,00023	0,00016	0,00019	0,00023	0,00016	0,00022	0,00023
ADA	0,00017	0,00022	0,00019	0,00024	0,00032	0,00027	0,00024	0,00021	0,00024	0,00017	0,00027	0,00021	0,00031	0,00026	0,00020	0,00021	0,00024	0,00018	0,00025	0,00026
LINK	0,00018	0,00024	0,00020	0,00024	0,00027	0,00040	0,00025	0,00024	0,00024	0,00018	0,00028	0,00023	0,00032	0,00028	0,00023	0,00023	0,00027	0,00020	0,00028	0,00029
LTC	0,00017	0,00022	0,00018	0,00021	0,00024	0,00025	0,00031	0,00024	0,00021	0,00017	0,00027	0,00022	0,00028	0,00025	0,00019	0,00021	0,00025	0,00017	0,00027	0,00026
BCH	0,00017	0,00021	0,00017	0,00018	0,00021	0,00024	0,00024	0,00034	0,00019	0,00017	0,00029	0,00021	0,00025	0,00026	0,00020	0,00020	0,00023	0,00017	0,00024	0,00024
XLM	0,00015	0,00020	0,00016	0,00029	0,00024	0,00024	0,00021	0,00019	0,00030	0,00015	0,00023	0,00019	0,00026	0,00022	0,00016	0,00018	0,00022	0,00016	0,00022	0,00023
XMR	0,00014	0,00018	0,00014	0,00015	0,00017	0,00018	0,00017	0,00017	0,00015	0,00025	0,00019	0,00015	0,00020	0,00019	0,00015	0,00017	0,00021	0,00015	0,00019	0,00019
ETC	0,00019	0,00027	0,00021	0,00023	0,00027	0,00028	0,00027	0,00029	0,00023	0,00019	0,00044	0,00025	0,00031	0,00030	0,00024	0,00025	0,00028	0,00020	0,00029	0,00028
MKR	0,00016	0,00022	0,00017	0,00019	0,00021	0,00023	0,00022	0,00021	0,00019	0,00015	0,00025	0,00041	0,00026	0,00024	0,00017	0,00021	0,00023	0,00016	0,00022	0,00023
MANA	0,00020	0,00026	0,00022	0,00027	0,00031	0,00032	0,00028	0,00025	0,00026	0,00020	0,00031	0,00026	0,00050	0,00031	0,00023	0,00024	0,00030	0,00024	0,00031	0,00034
NEO	0,00019	0,00024	0,00020	0,00023	0,00026	0,00028	0,00025	0,00026	0,00022	0,00019	0,00030	0,00024	0,00031	0,00042	0,00032	0,00022	0,00027	0,00020	0,00029	0,00029
GAS	0,00016	0,00020	0,00017	0,00016	0,00020	0,00023	0,00019	0,00020	0,00016	0,00015	0,00024	0,00017	0,00023	0,00032	0,00081	0,00020	0,00021	0,00019	0,00021	0,00021
GNO	0,00017	0,00025	0,00017	0,00019	0,00021	0,00023	0,00021	0,00020	0,00018	0,00017	0,00025	0,00021	0,00024	0,00022	0,00020	0,00031	0,00023	0,00017	0,00022	0,00022
ZEC	0,00018	0,00024	0,00019	0,00023	0,00024	0,00027	0,00025	0,00023	0,00022	0,00021	0,00028	0,00023	0,00030	0,00027	0,00021	0,00023	0,00039	0,00019	0,00028	0,00027
ELF	0,00013	0,00018	0,00015	0,00016	0,00018	0,00020	0,00017	0,00017	0,00016	0,00015	0,00020	0,00016	0,00024	0,00020	0,00019	0,00017	0,00019	0,00036	0,00019	0,00021
DASH	0,00017	0,00023	0,00019	0,00022	0,00025	0,00028	0,00027	0,00024	0,00022	0,00019	0,00029	0,00022	0,00031	0,00029	0,00021	0,00022	0,00028	0,00019	0,00035	0,00027
BAT	0,00018	0,00024	0,00020	0,00023	0,00026	0,00029	0,00026	0,00024	0,00023	0,00019	0,00028	0,00023	0,00034	0,00029	0,00021	0,00022	0,00027	0,00021	0,00027	0,00035

4 priedas. Kriptovaliutų variacijos-kovariacijos matrica (2018-2023 m.)

	BTC	ETH	BNB	XRP	ADA	LINK	LTC	BCH	XLM	XMR	ETC	MKR	MANA	NEO	GAS	GNO	ZEC	ELF	DASH	BAT
BTC	0,00026	0,00028	0,00026	0,00025	0,00028	0,00029	0,00029	0,00031	0,00026	0,00026	0,00028	0,00026	0,00028	0,00030	0,00029	0,00026	0,00028	0,00027	0,00028	0,00028
ETH	0,00028	0,00044	0,00033	0,00035	0,00039	0,00041	0,00038	0,00041	0,00036	0,00033	0,00040	0,00039	0,00038	0,00041	0,00039	0,00037	0,00038	0,00037	0,00037	0,00037
BNB	0,00026	0,00033	0,00054	0,00032	0,00034	0,00037	0,00034	0,00035	0,00032	0,00031	0,00034	0,00032	0,00037	0,00038	0,00038	0,00031	0,00036	0,00034	0,00035	0,00036
XRP	0,00025	0,00035	0,00032	0,00061	0,00041	0,00039	0,00037	0,00039	0,00046	0,00032	0,00038	0,00034	0,00040	0,00041	0,00038	0,00031	0,00038	0,00038	0,00038	0,00038
ADA	0,00028	0,00039	0,00034	0,00041	0,00059	0,00044	0,00040	0,00043	0,00046	0,00036	0,00041	0,00038	0,00044	0,00044	0,00042	0,00034	0,00042	0,00042	0,00040	0,00044
LINK	0,00029	0,00041	0,00037	0,00039	0,00044	0,00080	0,00040	0,00043	0,00041	0,00035	0,00042	0,00041	0,00047	0,00045	0,00043	0,00036	0,00045	0,00044	0,00042	0,00045
LTC	0,00029	0,00038	0,00034	0,00037	0,00040	0,00040	0,00049	0,00045	0,00037	0,00035	0,00042	0,00035	0,00039	0,00042	0,00039	0,00033	0,00048	0,00037	0,00041	0,00039
BCH	0,00031	0,00041	0,00035	0,00039	0,00043	0,00043	0,00045	0,00062	0,00041	0,00038	0,00048	0,00038	0,00041	0,00047	0,00043	0,00035	0,00050	0,00040	0,00045	0,00042
XLM	0,00026	0,00036	0,00032	0,00046	0,00046	0,00041	0,00037	0,00041	0,00059	0,00033	0,00040	0,00035	0,00041	0,00043	0,00039	0,00032	0,00053	0,00040	0,00039	0,00042
XMR	0,00026	0,00033	0,00031	0,00032	0,00036	0,00035	0,00035	0,00038	0,00033	0,00046	0,00036	0,00031	0,00036	0,00039	0,00037	0,00030	0,00056	0,00035	0,00038	0,00036
ETC	0,00028	0,00040	0,00034	0,00038	0,00041	0,00042	0,00042	0,00048	0,00040	0,00036	0,00065	0,00038	0,00041	0,00047	0,00044	0,00036	0,00059	0,00039	0,00046	0,00041
MKR	0,00026	0,00039	0,00032	0,00034	0,00038	0,00041	0,00035	0,00038	0,00035	0,00031	0,00038	0,00074	0,00039	0,00038	0,00037	0,00033	0,00062	0,00037	0,00036	0,00038
MANA	0,00028	0,00038	0,00037	0,00040	0,00044	0,00047	0,00039	0,00041	0,00041	0,00036	0,00041	0,00039	0,00099	0,00045	0,00044	0,00035	0,00064	0,00050	0,00042	0,00054
NEO	0,00030	0,00041	0,00038	0,00041	0,00044	0,00045	0,00042	0,00047	0,00043	0,00039	0,00047	0,00038	0,00045	0,00064	0,00058	0,00035	0,00067	0,00044	0,00046	0,00046
GAS	0,00029	0,00039	0,00038	0,00038	0,00042	0,00043	0,00039	0,00043	0,00039	0,00037	0,00044	0,00037	0,00044	0,00058	0,00095	0,00035	0,00070	0,00048	0,00041	0,00043
GNO	0,00026	0,00037	0,00031	0,00031	0,00034	0,00036	0,00033	0,00035	0,00032	0,00030	0,00036	0,00033	0,00035	0,00035	0,00035	0,00055	0,00073	0,00035	0,00034	0,00035
ZEC	0,00028	0,00038	0,00036	0,00038	0,00042	0,00045	0,00048	0,00050	0,00053	0,00056	0,00059	0,00062	0,00064	0,00067	0,00070	0,00073	0,00060	0,00039	0,00048	0,00042
ELF	0,00027	0,00037	0,00034	0,00038	0,00042	0,00044	0,00037	0,00040	0,00040	0,00035	0,00039	0,00037	0,00050	0,00044	0,00048	0,00035	0,00039	0,00088	0,00039	0,00044
DASH	0,00028	0,00037	0,00035	0,00038	0,00040	0,00042	0,00041	0,00045	0,00039	0,00038	0,00046	0,00036	0,00042	0,00046	0,00041	0,00034	0,00048	0,00039	0,00059	0,00041
BAT	0,00028	0,00039	0,00036	0,00039	0,00044	0,00045	0,00039	0,00042	0,00042	0,00036	0,00041	0,00038	0,00054	0,00046	0,00043	0,00035	0,00042	0,00044	0,00041	0,00071