

DAUGIAKRITERINIŲ METODŲ TAIKYMAS INVESTICINIO PORTFELIO FORMAVIMUI

Violeta POTEIKO*, Raimonda MARTINKUTĖ-KAULIENĖ

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Verslo vadybos fakultetas, Finansų inžinerijos katedra,
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

*El. paštas v.poteiko@stud.vilniustech.lt

Gauta 2022 m. sausio mėn. 15 d.; priimta 2022 m. birželio mėn. 3 d.

Santrauka. Pastaraisiais metais investavimu domisi vis daugiau žmonių, tačiau daugelis susiduria su akcijų atrankos problema. Viena iš aktualių šiuolaikinės ekonomikos ir vadybos mokslo temų yra investicinio portfelio paskirstymo problema. Todėl reikia rasti tinkamą metodą investicinio portfelio sudarymui. Šio mokslinio straipsnio pagrindinis tikslas taikant daugiakriterius vertinimo metodus sudaryti investicinį portfelį. Tradiciniai portfelio sudarymo metodai atsižvelgia tik į rizikos ir grąžos kriterijus remiantis istoriniais duomenimis, o tai neleidžia kompleksiskai įvertinti įmonių akcijų tinkamumo investiciniam portfeliui, todėl šiame tyrime pagal siūlomus metodus yra įvertinamos finansinės priemonės naudojant daugiau kriterijų. Daugelis autorių lygina tik du daugiakriterius metodus tarpusavyje, tačiau šiame moksliniame straipsnyje tiriami keturi metodai, tai leidžia rasti tinkamiausią iš jų. Šiam tyrimui investicinio portfelio sudarymui naudojami daugiakriteriai vertinimo metodai – COPRAS, SAW, EDAS ir TOPSIS. Aštuoniolika įmonių akcijų, kotiruojamų NYSE rinkoje įvertintos pagal 10 kriterijų, pagal kuriuos pritaikius daugiakriterius metodus, buvo sukurti geriausi ir blogiausi sprendimai. Naudojant gautus duomenis, visoms akcijoms buvo suteiktas reitingo balas, kuris buvo naudojamas atrenkant idealaus portfelio akcijas, o portfelių palyginimui naudojami grąžos ir rizikos lygiai.

Reikšminiai žodžiai: investicinis portfelis, akcijos, daugiakriteriai metodai, finansinės priemonės.

Įvadas

Problema sudaryti optimalų portfelį egzistuoja nuo tada, kai egzistuoja rinkos, o didžiausias iššūkis yra tai, kad rinka nėra statiška ir laikui bėgant vis keičiasi. Sėkmingi investuotojai žino, kad tobulo portfelio nėra, tačiau yra svarbu žinoti įvairius modelius, pagal kuriuos investuotojai gali jį sudaryti, kuris patenkins norą pasiekti tam tikrą grąžą su užsibrėžtu rizikos lygiu. Atlikus literatūros analizę buvo rasta, kad egzistuoja daug įvairių būdų, kuriais remiantis galima sudaryti investicinį portfelį – klasikiniai būdai yra pasenę, kadangi investicinio vieneto atrankai naudoja tik vieną faktorių, kas nėra veiksminga. Egzistuoja labai daug fundamentinių rodiklių, kuriuos turėtų atsižvelgti investuotojas prieš atrinkdamas akcijas ir sudarydamas iš jų investicinį portfelį, tačiau labai sudėtinga įvertinti visus rodiklius kartu. Portfelio atrankos tikslas – pasirinkti tokį finansinių priemonių rinkinį, kad būtų gaunama maksimali finansinė vertė. Finansinių priemonių pasirinkimas priklauso nuo investuotojo savybių, rizikos tolerancijos lygio bei lūkesčių, todėl turi būti atsižvelgta ne tik į istorinius duomenis, bet į daugelį kriterijų, todėl ir buvo sukurti daugiakriteriai vertinimo metodai, kurių pagalba galima parinkti geriausią variantą iš duotųjų alternatyvų, pagal nustatytus kriterijus.

Pagrindinė problema – koks daugiakriteris metodas labiausiai tinka investicinio portfelio formavimui?

Tyrimo objektas – investicinis portfelis.

Straipsnio tikslas – ištirti, kuris daugiakriteris metodas suteikia geriausius rezultatus sudarant investicinį portfelį.

Šiam tikslui pasiekti yra keliami šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti investicinio portfelio teorinius aspektus;
2. Pateikti daugiakriterių metodų COPRAS, TOPSIS, SAW ir EDAS teorinį pagrindimą;
3. Sudaryti ir palyginti optimalius investicinius portfelius remiantis daugiakriteriais metodais.

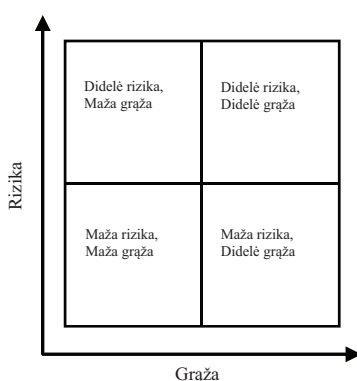
Tikslo įgyvendinimui atliekama mokslinės literatūros analizė, finansiniu duomenų analizė, sisteminimas, lyginimas, statistinių duomenų analizė, taikomi daugiakriteriniai vertinimo metodai – COPRAS, SAW, EDAS, TOPSIS.

1. Optimalus investicinio teorinių aspektų analizė

Investicinis portfelis – tai įvairių investicinių priemonių visuma, kuri sudaroma tam, kad galima būtų gauti finansinį pelną mažinant riziką (Dmitriev & Tikhonova, 2019). Norint teisingai sudaryti investicinį portfelį reikia turėti finansinių žinių, taip pat suprasti, kad bet kokia veikla, ypač finansinė yra rizikinga.

Į portfelį įtraukiamas turtas vadinamas finansinėmis priemonėmis. Investuotojas pasirinkdamas finansines priemones turi įsitikinti, kad tarp jų yra išlaikomas balansas, kuomet rizika ir pelnas yra kontroliuojami. Portfelį gali sudaryti akcijos – tai dažniausiai naudojama investicinio portfelio dalis. Pirkdamas akcijas investuotojas įsigyja įmonės dalį, kuri taip pat gali generuoti pajamas – dividendus.

Pasak Benaija ir Kjiri (2015), renkantis finansines priemones yra atsižvelgiama į tokius kriterijus, kaip vertė, rizika bei strateginis derinimas. Šie kriterijai gali skirtis, priklausomai nuo priimtos strategijos.



1 paveikslas. Grąžos ir rizikos priklausomybė (Benaija & Kjiri, 2015)

Kaip parodyta paveiksle, galime pasirinkti didelį potencialą turinčias akcijas pagal šiuos du kriterijus: riziką ir vertę. Pasak Benaija ir Kjiri (2015) pirmenybė yra teikiama mažos rizikos ir didelės vertės finansiniams instrumentams – jie turi didelį potencialą, nes suteikia daugiau grąžos su mažu rizikos lygiu. Didelės rizikos ir mažos vertės akcijos dažniausiai yra atmetamos, nes jos suteikia mažai vertės su dideliu rizikos lygiu. Didelės rizikos ir didelės grąžos, taip pat kaip ir mažos rizikos ir mažos grąžos akcijos turi būti parenkamos pagal investuotojo nustatytą strategiją. Kadangi norima sumažinti investicijos riziką didinant grąžą, tai reikia investuoti pinigus į portfelį, todėl kyla problema kaip sudaryti optimalų investicinį portfelį (Turcas et al., 2017).

Vienas iš finansinių priemonių portfelio valdymo būdų – optimizuoti portfelio valdymą, o dažniausiai tam naudojamas pelningumo – rizikos kriterijus. 1952 m. H. Markowitz įrodė, kad tobulame rinkos kontekste galima nustatyti efektyvių portfelių rinkinį, esantį ant hiperbolinės kreivės, vadinamos efektyviąja linija, kur kiekvieno portfelio, turinčio reikiamą grąžą, rizika yra minimali (Q. Wu et al., 2021). Tačiau šis metodas turi trūkumų – jis yra labai jautrus nedideliems įvesties pokyčiams ir ši teorija pagrįsta praeities istorine kaina, o tai reiškia, kad nebus atsižvelgiama į kitus kriterijus (Trichilli et al., 2020).

Siekiant atlikti kompleksinę vertinimą reikia įvertinti daugiau nei vieną kriterijų, o tam turi būti atliekamas daugiakriteris vertinimas (Garcia et al., 2020). Daugiakriteriais sprendimų priėmimo tyrimais siekiama optimalaus sprendimo, naudojant kompiuterinius procesus priimant įvairius sprendimus, su kuriais gali susidurti realiame gyvenime (Soba et al., 2020). Šiam vertinimui gali būti naudojami skirtingi metodai, tokie kaip COPRAS, SAW, TOPSIS, EDAS.

Daugelis investuotojų prieš padedami investuoti susiduria su portfelio formavimo problema, kadangi nėra vieno teisingo būdo kaip tai padaryti. Bana e Costa ir Soares (2001), Wu et al. (2021), Pätäri et al. (2018), Biswas et al. (2020), Bernal et al. (2021) teigia, kad investicinio portfelio formavimui gali būti taikomi daugiakriteriniai metodai. Pätäri et al. (2018), Demidovskij (2018), Marqués et al. (2020), Mehrjerdi (2021), Martins ir Barucke Marcondes (2020) naudoja TOPSIS metodą investicinio portfelio tyrimui ir teigia, kad tai pats populiariausias metodas. Gupta et al. (2021), Vuković et al. (2020), Skolota (2014) portfelio sudarymui naudoja COPRAS, SAW ir TOPSIS metodus, o Mousavi-Nasab ir Sotoudeh-Anvari (2017) teigia, kad TOPSIS ir COPRAS metodai yra geriausi, kadangi yra labai paprasti, Hota et al. (2018), Vuković et al. (2020) naudoja SAW ir TOPSIS metodus. Taip pat daugiakriteriam vertinimui Nolvak et al.

(2013), Rashid et al. (2021), Zhang et al. (2019), Shaaban ir Abd El-latif (2020) naudojo EDAS metodą. Keshavarz Ghorabae et al. (2015) lygino EDAS metodą su TOPSIS, SAW ir COPRAS metodais. Lietuvių autoriai Ginevičius ir Podvezko (2008) tyrinėjo metodų skirtumus ir priėjo išvados, kad taikant daugiakriterius metodus rezultatai gaunami skirtingi, nes visi metodai turi savo privalumus bei trūkumus, o siekiant sumažinti šių metodų specifika autorius siūlo nagrinėjamą reiškinį vertinti keliais būdais, o paskui nustatyti šių metodų vidurkį. Šiame darbe buvo išnagrinėti tyrimų privalumai bei trūkumai ir pateikti žemiau esančioje 1 lentelėje.

1 lentelė. Metodų privalumai ir trūkumai (sudaryta autorės)

Metodai	Privalumai	Trūkumai
SAW	Paprastas bei intuityvus metodas (Z. Wu & Abdul-Nour, 2020). Gali tiksliau atlikti sprendimus, nes jis pagrįstas iš anksto nustatyta verte ir pirmenybės svoriu (Wira Trise Putra & Agustian Punggara, 2018).	Įverčiai ne visada atvaizduoja teisingus duomenis; Rezultatas gali būti nelogiškas (Z. Wu & Abdul-Nour, 2020); Nėra teigiamų ar neigiamų veiksnių (Vakilipour et al., 2021).
TOPSIS	Skaičiuojant TOPSIS metodu, kiekvienas rodiklis turi reikšmingumą, tačiau nėra jokių apribojimų, nustatant rodiklių reikšmingumus ir jų suma nebūtinai turi būti lygi vienetui. Metodas naudojamas esant dideliame rodiklių skaičiui (Karpina, 2013). Paprastas skaičiavimas bei paprastai suprantamas metodo naudotojams (Demidovskij, 2018).	Skaičiuojant TOPSIS metodu trumpiausių atstumų iki idealaus teigiamo sprendinio ir ilgiausių atstumų iki idealaus neigiamo sprendinio, nepakankamai įvertinami tų atstumų santykiniai reikšmingumai (Karpina, 2013). Taikant šį metodą yra gana sunku išlaikyti sprendimo nuoseklumą, ypač su papildomais atributais (Kraujalienė, 2019).
COPRAS	COPRAS metodas leidžia tiksliau įvertinti skaičiavimų rezultatus (Marcišauskienė, 2014). COPRAS metodu gana paprasta įvertinti ir išrinkti racionalų variantą, aiškiai matant šio proceso rezultato fizinę prasmę (Karpina, 2013).	Taikant COPRAS metodą, sunku išvengti matavimo netikslumų dėl pasitaikančių klaidų (Karpina, 2013). Rezultatai gali būti jautrūs duomenų kitimui ir rezultatai gali skirtis nuo taikant kitus metodus (Kraujalienė, 2019).
EDAS	Skaičiuojant vidurkį nuo atstumo yra gaunamas tikslesnis rezultatas (Zhang et al., 2019). EDAS metodas gerai dera su kitais metodais bei labai naudingas, kai turime prieštaraujančius kriterijus (Keshavarz Ghorabae et al., 2015).	Ilgai ir neaiškūs skaičiavimai, reikia turėti tikslus duomenis (Nolvak et al., 2013).

Kiekvienas metodas turi savo privalumų ir trūkumų, tačiau investuotojas pagal savo tikslus turėtų pasirinkti geriausią metodą. Toliau bus aprašoma tyrimo metodologija.

2. Portfelio sudarymo metodologija

Toliau portfelio sudarymui buvo naudojami daugiakriteriniai metodai. Viso buvo atrinkta 18 įmonių, kurios buvo ranguojamos pagal 10 kriterijų:

- Skirtingi autoriai įvardija skirtingus kriterijus, pagal kuriuos yra formuojamas investicinis portfelis. Pagal Biswas et al. (2020), Chunhawikit et al. (2021), Yan et al. (2021) pats pagrindinis yra P/E rodiklis, kuris rodo kiek investuotojas dabar yra linkęs mokėti už vieną eurą įmonės pelno (Swedbank, 2020);
- Pelnas tenkantis vienai akcijai – EPS, (angl. Earnings per share) vienas iš populiariausių ir dažniausiai naudojamų finansinių rodiklių. Kuo jo reikšmė didesnė tuo geriau (Auditum, 2020). Arshad (2021), Cheng et al. (2021) ištyrė, kad šis matas yra svarbus ir jį reiktų įtraukti kaip rodiklį sudarant investicinį portfelį;
- Trumpoji pozicija (angl. Short float) – šis rodiklis parodo kiek rinkos dalyvių yra trumpojoje pozicijoje ir parodo per kiek laiko reiktų išeiti iš pozicijos. Investuotojai naudoja šį rodiklį kaip būdą įvertinti nuotakas rinkoje (Nasdaq, 2021). Umar et al. (2021) ištyrė, kad šis indeksas gali būti naudingas investuojant, kadangi pagal tai galima spręsti ar rinka yra pervertinta ar ne;
- Vásquez et al. (2022), Ece ir Uludag (2017), Marasović ir Babić (2011) kaip vieną iš kriterijų naudoja rizikos (beta) – akcijos jautrumo rinkos tendencijai rodiklį. Parodo kaip keisis akcijos kaina, jeigu bendras visu akcijų lygis pasikeistų (Lombardi Netto et al., 2021);
- Ji et al. (2021), Wong ir Guppy (2021), Li (2021), Sakhare et al. (2021) portfelio sudarymui atsižvelgia į ATR rodiklį. Vidutinis tikrasis diapazonas – ATR (angl. Average true rate) rodo rinkos aktyvumą – kiek vidutiniškai akcijos kaina juda per dieną. Jeigu akcija turi aukštą rodiklį, reiškia, kad įmonės akcija yra paklausi ir galima

užsidirbti spekuliuojant (Urich & Deinwallner, 2020);

- Kintamumas – šis rodiklis parodo kainos judėjimo vidurkį. Akcijų rinkos grąžos nepastovumas yra labai susijęs su neapibrėžtumu rinkoje, todėl yra pagrindinis parametras priimant daugumą investavimo ar portfelio valdymo sprendimų. Didesnis nepastovumas rodo didelius akcijų kainų svyravimus trumpuoju laikotarpiu. Didėjant nepastovumui, rizika didėja. Mažesnis nepastovumas rodo, kad akcijų kainos trumpalaikėje perspektyvoje labai nesikeičia, o kainos tam tikru laikotarpiu stabiliai kinta (Chaudhary et al., 2020);
- Rinkos kapitalizacija yra vienas iš svarbiausių portfelio grąžą lemiančių veiksnių (Reinganum, 1999). Šis rodiklis parodo įmonės bendrą vertę. Kuo šis rodiklis yra didesnis, tuo įmonė yra vertingesnė (Pavone, 2019). Todėl šis rodiklis taip pat buvo įtrauktas į tyrimą;
- Chunhawiksit et al. (2021), Yan et al. (2021) ir Satryo et al. (2016), Mohammadian et al. (2021), Baydaş ir Elma (2021) savo darbuose mini turto grąžos rodiklį (ROA) – šis koeficientas matuoja įmonės galimybes gauti grynąjį pajamų pagal tam tikrą turto lygį. Turto grąža dažnai naudojama kaip vienas iš įmonės rezultatyvumo rodiklių, taip pat parodo pačios įmonės pelningumą (Cheng et al., 2021);
- Taip pat tyrime buvo naudojamas įmonės pelnas bei akcijos kaina, kadangi tai pagrindinės sudedamosios akcijos dalys. Akcijos kaina yra praeitos dienos akcijos uždarymo kaina. Kadangi uždarymo kaina yra tos dienos rinkos kotiruotės standartas ir kitos dienos atidarymo kainos pagrindas prekybos dieną, todėl investuotojui ji gali būti naudojama prognozuojant būsimas kainas (Cheng et al., 2021);
- Norint sudaryti investicinį portfelį, reikia atrinkti įmones, į kurias bus investuojama, todėl šiam tikslui pasiekti naudoti Finviz svetainės duomenys. Buvo atrinktos įmonės, kurių kapitalizacija yra aukšta, o akcijos nepastovumas didelis, kadangi taip galima bus uždirbti daugiau pelno aktyviai valdant portfelį.

Toliau bus pateikiami daugiakriteriniai metodai, kurių rezultatai bus lyginami tarpusavyje bei su klasikiniu H. Markowitz portfelio rezultatais.

COPRAS metodas

Kompleksinio proporcingumo vertinimo (angl. Complex proportional assessments) – COPRAS metodą pirmą kartą pristatė Zavadskas ir Kaklauskas kaip kelių kriterijų sprendimų priėmimo metodą. COPRAS metodas naudoja laipsnišką reitingą ir vertinimą alternatyvų tvarka pagal reikšmingumą ir naudingumo laipsnį (Organ & Yalçın, 2016).

Autoriai Organ ir Yalçın (2016) išskiria COMPAS metodo privalumus:

- Palyginus su kitais metodais, tokiais kaip AHP ir TOPSIS – COPRAS metodas reikalauja daug mažiau skaičiavimų nei naudojantis kitais metodais, jį labai paprasta naudoti;
- COPRAS metodu galima apskaičiuoti tiek maksimizavimo, tiek minimizavimo kriterijus;
- Šis metodas leidžia apskaičiuoti tiek kokybinius, tiek kiekybinius kriterijus;
- Taip pat šis metodas gali parodyti naudingumo laipsnį. Palyginus alternatyvas, jis gali parodyti, kuris iš jų yra geresnis ar blogesnis.

COPRAS metodas susideda iš 5 etapų: Pirmiausia reikėtų normalizuoti duomenis, kadangi kriterijai paprastai turi skirtingus matavimo vienetus (Lombardi Netto et al., 2021).

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}, \quad (1)$$

čia x_{ij} – normalizuota vertė; \hat{x}_{ij} – i -osios alternatyvos našumas j -ojo atžvilgiu; m – alternatyvų skaičius.

Suformavus normalizuotą sprendimų priėmimo matricą, toliau reikia nustatyti svertinę normalizuotą sprendimų priėmimo matricą naudojant šią formulę (Lombardi Netto et al., 2021):

$$\tilde{x}_{ij} = \hat{x}_{ij} \times w_j, \quad (2)$$

čia w_j – svoris.

Toliau skaičiuojamos maksimizuojamų ir minimizuojamų rodiklių sumos. Šiame etape kiekvienai alternatyvai priskiriama ar siekiama reikšmė turi būti minimali ar maksimali (Organ & Yalçın, 2016).

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{+ij}; \quad (3)$$

$$S_{-i} = \sum_{j=1}^n \tilde{x}_{-ij}, \quad (4)$$

čia S_{+i} – maksimizuojantiems kriterijams; S_{-i} – minimizuojantiems kriterijams.

Kito etapo metu skaičiuojamas alternatyvus santykinis reikšmingumas (Organ & Yalçın, 2016). Kuo didesnė apskaičiuotoji Q_i reikšmė, tuo akcija yra patrauklesnė (Brazauskas, 2014).

$$Q_i = S_{+i} + \frac{S_{-\min} \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \times \sum_{i=1}^m \frac{S_{-\min}}{S_{-i}}}, \quad \text{čia } S_{-\min} = \min_i S_{-i}. \quad (5)$$

Galiausiai, santykinis alternatyvos naudingumo laipsnis gaunamas skaičiuojant pagal šią formulę (Organ & Yalçın, 2016):

$$U_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \times 100 \%, \quad (6)$$

čia Q_{\max} – maksimali alternatyvaus santykinio reikšmingumo reikšmė.

SAW metodas

Paprastas adityvaus svorio metodas (SAW) yra vienas iš daugiakriterių metodų, kurį galima naudoti portfelio formavimui. Pagrindinė SAW metodo koncepcija yra rasti kiekvienos alternatyvos svertinę sumą pagal visus požymius. Šio metodo trūkumas toks, kad jis netoleruoja neigiamų reikšmių (Nurmalini & Rahim, 2017). Todėl pirmiausia reikia transformuoti reikšmes:

$$x_{ij} = r_{ij} + \left| \min_j r_{ij} \right| + 1, \quad (7)$$

čia x_{ij} – transformuota reikšmė; r_{ij} – kriterijų reikšmės.

Toliau pagal SAW metodą reikalingas sprendimų matricos (X) normalizavimo procesas, kad duomenis galima palyginti tarpusavyje.

$$\bar{r}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max(x_{ij})}; \quad (8)$$

$$\bar{r}_{ij} = \frac{\min(x_{ij})}{x_{ij}}, \quad (9)$$

čia \bar{r}_{ij} – normalizuota i -ojo kriterijaus reikšmė j -ajam objektui; $\max(x_{ij})$ – maksimali kriterijaus reikšmė; $\min(x_{ij})$ – minimali kriterijaus reikšmė.

Paskutinio etapo metu skaičiuojame svorius ir atliekame rangavimą. Didesnė reikšmė rodo, kad alternatyva yra geriausia.

$$S_j = \sum_{i=1}^m w_i \bar{r}_{ij}, \quad (10)$$

čia w_i – kriterijaus svoris.

EDAS metodas

EDAS yra neseniai sukurtas nuotoliu pagrįstas algoritmas, kuris atskaitos tašku laiko vidutinį sprendinį. Alternatyva su didesniu palankiu nuokrypiu, tai yra teigiamam atstumui nuo vidurkio (PDA), yra teikiama pirmenybė, lyginant su nepalankiu nuokrypiu, tai yra neigiamam atstumui nuo vidurkio (NDA). Dėl to EDAS yra pakankamai patikimas metodas, kuris labiau tinka rizikos vengimo sumetimais (Pramanik et al., 2021). Pirmiausia pagal šį metodą reikia apskaičiuoti vidutinį sprendinį:

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^n X_{ij}}{n}, \quad (11)$$

čia n – alternatyvų skaičius; X_{ij} – kriterijus.

PDA ir NDA yra kiekvieno galimo sprendimo sklaidos matai, atsižvelgiant į vidutinį tašką. Alternatyva su didesniu PDA ir mažesniu NDA traktuojama kaip geresnė nei vidutinė. PDA ir NDA matricos apskaičiuojamos (Pramanik et al., 2021):

$$PDA_{ij} = \begin{cases} \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j}, & \text{jeigu kriterijus maksimizuojantis} \\ \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j}, & \text{jeigu kriterijus minimizuojantis.} \end{cases} \quad (12)$$

$$NDA_{ij} = \begin{cases} \frac{\max(0, (AV_j - x_{ij}))}{AV_j}, & \text{jeigu kriterijus maksimizuojantis,} \\ \frac{\max(0, (x_{ij} - AV_j))}{AV_j}, & \text{jeigu kriterijus minimizuojantis.} \end{cases} \quad (13)$$

čia AV_j – vidutinė reikšmė.

Galima daryti išvadą, kad jei $PDA > 0$, tada atitinkama $NDA = 0$, o jei $NDA > 0$, tada $PDA = 0$ alternatyvai, atsižvelgiant į tam tikrą kriterijų. Toliau nustatoma visų alternatyvų PDA ir NDA svartinė suma.

$$SP_i = \sum_{j=1}^n w_j PDA_{ij}; \quad (14)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n w_j NDA_{ij}, \quad (15)$$

čia w_j – kriterijaus svoris.

Toliau atliekamas SP ir SN reikšmių tiesinės formos normalizavimas naudojant šias formules:

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)}; \quad (16)$$

$$NSN_i = \frac{SN_i}{\max(SN_i)}. \quad (17)$$

Toliau vyksta vertinimas, čia, $0 \leq AS_i \leq 1$. Alternatyva, turinti didžiausią AS_i svorį, reitinguojama pirmoje vietoje.

$$AS_i = \frac{1}{2}(NSP_i + NSN_i). \quad (18)$$

TOPSIS metodas

Dėl savo naudojimo paprastumo ir patogumo priimti sprendimą, TOPSIS taikomas kaip tiesioginis vertinimo metodas (Elbok & Berrado, 2020). Atlikus literatūros analizę galima teigti, kad šis metodas plačiai taikomas investicinio portfelio formavimui. Pagal šį metodą, pirmiausia reikšmės turi būti normalizuojamos bei padaugintos iš kriterijaus svorio. Toliau nustatomas teigiamas ir neigiamas idealusis sprendimas svartinei normalizuotai sprendimų matricai.

$$V^+ = (v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+) = \left(\left(\max_i v_{ij} | j \in I \right), \left(\min_i v_{ij} | j \in I \right) \right), \quad (19)$$

čia V^+ – teigiamas ir neigiamas idealusis sprendinys.

Kiekvienos alternatyvos atskyrimas nuo teigiamo idealaus sprendinio ir nuo neigiamo idealaus sprendinio gali būti išmatuotas naudojant n matmenų Euklido atstumą (Yazdani & Payam, 2015).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, \quad (20)$$

čia S_i^- – atstumas tarp idealaus teigiamo ir neigiamo sprendimo.

O toliau vyksta santykinio artumo idealiame sprendimui apskaičiavimas, kai indekso reikšmė yra tarp 0 ir 1.

$$P_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}, \quad (21)$$

čia P_i – santykinis artumas teigiamam idealiame sprendimui.

Taikant daugiakriterius metodus reikia pasirinkti kriterijų svorius. Jie gali būti nustatomi arba atliekant kriterijaus vertinimą ir kiekvienam kriterijui priskyrimą svorį pagal jo reikšmę, arba suteikiant vienodą svorį visiems kriterijams. Šiame darbe visiems kriterijams buvo suteikiamas vienodas svoris 0,1.

Taigi, pagal šiuos metodus bus sureitinguojamos akcijos, kurios toliau bus grupuojamos į portfelius. Taip pat portfelis bus optimizuojamas pagal H. Markowitz metodą ir bus lyginama, kuris portfelis teikia didesnę grąžą, turi didesnę Sharpo rodiklį ir t. t.

3. Rezultatai

Šio tyrimo metu buvo sudaromi trys investiciniai portfeliai, remiantis daugiakriteriais vertinimo metodais – SAW, TOPSIS, COPRAS, EDAS. Šio tyrimo metu buvo naudojamos 18 įmonių, kurios visos kotiruojamos NYSE ir NASDAQ biržose, kadangi jose yra surinktos geriausios kompanijos ir šios biržos yra didžiausios pasaulyje. Darbe buvo naudojama savaitinė akcijų kaina 2016–2021 metais. Taigi, atlikus skaičiavimus ir surangavus įmones, buvo gauti tokie rezultatai, kurie pateikiami 2 lentelėje.

2 lentelė. Suranguotos akcijos pagal kriterijus naudojant SAW, COPRAS ir TOPSIS, EDAS metodus (sudaryta autorės)

	COPRAS	SAW	TOPSIS	EDAS
Autodesk	16	13	16	14
Allegon plc	12	14	13	12
Applied Materials	7	8	6	10
Best Buy	8	10	8	9
Celanese Materials	5	4	5	6
Etsy	17	12	18	1
Moodys corporation	13	15	12	18
Mastercard Incorporated	10	7	9	17
Apple	2	1	1	3
Adobe	11	9	11	13
Amazon	1	2	2	2
Facebook	4	3	4	16
Johnson & Johnson	9	11	10	11
Eli Lilly and Company	15	16	15	15
Netflix	14	17	14	8
Microsoft	3	6	3	5
Freeport-McMoRan	6	5	7	4
American Tower Corporation	18	18	17	7

Remiantis gautais duomenimis galima daryti išvadą, kad portfeliai sudaryti pagal COPRAS, TOPSIS, EDAS ir SAW metodus bus labai panašūs, kadangi juose bus įtrauktos tos pačios akcijos. Pagal COPRAS metodą pirmoje vietoje – Amazon, antroje – Apple, trečioje – Microsoft. Pagal SAW metodą pirmoje – Apple, antroje – Amazon ir trečioje vietoje Facebook. O pagal TOPSIS metodą pirmoje vietoje – Apple, antroje – Amazon, trečioje – Microsoft. Pagal EDAS metodą buvo gauti kitokie rezultatai, į šį portfelį bus įtraukiamos kitokios akcijos nei į pirmus tris portfelius. Pagal šį metodą pirmoje vietoje – Etsy įmonė, antroje – Amazon, trečioje – Apple. Portfelio sudarymui buvo pasirinktos 10 pirmų pagal rangą įmonių, o portfelio rezultatai pateikiami žemiau.

Siekiant įvertinti portfelius buvo apskaičiuotas portfelio laukiamas pelningumas per metus, standartinis nuokrypis, Šarpo rodiklis (nerizikinga palūkanų norma 0,95), šis rodiklis parodo tikėtiną perteklinę grąžą vienam rizikos vienetui (Benjlilj & Mansali, 2021). Kiekvienai įmonei buvo suteikiamas skirtingas svoris, kuris didėjo po 1–3 procentus

3 lentelė. Portfelijų palyginimai, sudarytų pagal skirtingus metodus (sudaryta autorės)

COPRAS	Svoriai pagal reitingą	Pagal Markowitz	SAW	Svoriai pagal reitingą	Pagal Markowitz	TOPSIS	Svoriai pagal reitingą	Pagal Markowitz	EDAS	Svoriai pagal reitingą	Pagal Markowitz
Apple	17.00 %	6.58 %	Apple	20.00 %	5.54 %	Apple	20.00 %	8.02 %	Etsy	20.00 %	8.15 %
Amazon	20.00 %	5.36 %	Amazon	17.00 %	4.04 %	Amazon	17.00 %	3.90 %	Amazon	17.00 %	1.46 %
Microsoft	15.00 %	46.50 %	Meta Platforms Inc	15.00 %	2.54 %	Microsoft	15.00 %	46.07 %	Apple	15.00 %	5.55 %
Meta Platforms	12.00 %	2.07 %	Celanese	12.00 %	7.46 %	Meta Platforms	12.00 %	2.01 %	Freeport	12.00 %	3.37 %
Celanese	10.00 %	3.88 %	Freeport	10.00 %	4.89 %	Celanese	10.00 %	4.20 %	Microsoft	10.00 %	28.29 %
Freeport	8.00 %	5.68 %	Microsoft	8.00 %	51.55 %	Applied Materials	8.00 %	11.35 %	Celanese	8.00 %	4.27 %
Applied Materials	6.00 %	12.65 %	Mastercard	6.00 %	5.16 %	Freeport	6.00 %	5.76 %	American Tower	6.00 %	34.55 %
Best Buy	4.00 %	1.68 %	Applied Materials	5.00 %	12.55 %	Best Buy	5.00 %	1.92 %	Netflix	5.00 %	5.19 %
Mastercard	3.00 %	4.50 %	Adobe Systems	4.00 %	4.56 %	Mastercard	4.00 %	4.38 %	Best Buy	4.00 %	0.92 %
Johnson & Johnson	5.00 %	11.11 %	Best Buy	3.00 %	1.71 %	Johnson & Johnson	3.00 %	12.39 %	Applied Materials	3.00 %	8.25 %
Sharpe	1.54	1.80	Sharpe	1.49	1.82	Sharpe	1.57	1.80	Sharpe	1.69	2.09
Standartinis nuokrypis	5.69 %	5.01 %	Standartinis nuokrypis	6.02 %	5.22 %	Standartinis nuokrypis	5.68 %	4.98 %	Standartinis nuokrypis	6.87 %	4.50 %
Grąža	33.93 %	35.61 %	Grąža	34.52 %	37.63 %	Grąža	34.44 %	35.23 %	Grąža	46.17 %	37.68 %

atsižvelgiant į įmonės rangą, o paskirstytus svorius galima matyti 3 lentelėje. Taip pat kiekvienas portfelis buvo optimizuotas pagal H. Markowitz metodą su prielaida, kad visos pirmos 10 įmonių pagal rangavimą turi būti įtrauktos į portfelį.

Portfeliai sudaryti pagal COPRAS, SAW bei TOPSIS metodus, kurių akcijų vertės portfelyje buvo suteiktos pagal reitingo eilę, turėjo mažesnę Sharpe rodiklį, mažesnę grąžos lygį bei didesnę standartinę nuokrypį negu portfeliai, kurie buvo optimizuoti pagal H. Markowitz metodą. Tačiau pagal EDAS metodą suformuotas portfelis turėjo didesnę grąžą prieš portfelio optimizavimą 46,17 %, kai optimizavus portfelį buvo gauta 37,68 % grąža. Šiuo atveju Sharpe bei standartinio nuokrypio rodikliai pagerėjo.

Lyginant portfelius pagal Sharpe rodiklį galima būtų išskirti portfelį, kuris buvo sudarytas pagal EDAS metodą, jo grąža tiek prieš portfelio optimizavimą, tiek po jo buvo aukščiausias, lyginant su portfeliais sudarytus pagal kitus metodus. Taip pat šio portfelio grąža yra aukščiausia, o standartinis nuokrypis optimizavus portfelį yra žemiausias. Galima daryti išvadą, kad pagal šį modelį sudarytas portfelis yra palankesnis, lyginant su portfeliais sudarytais kitais metodais, o portfelio optimizavimas pagal H. Markowitz metodą leidžia pagerinti portfelio rezultatus.

Išvados

Šio tyrimo tikslas buvo taikant daugiakriterius vertinimo metodus sudaryti investicinį portfelį. Rezultatai parodė, kad daugiakriteriniai metodai tinka portfelio formavimo sprendimams priimti, nes jis įvertina finansinę priemonę pagal visus kriterijus ir parodo reitingą.

Šiame darbe buvo naudojami keturi daugiakriteriniai metodai – SAW, TOPSIS, COPRAS ir EDAS. Visi metodai plačiai buvo aprašomi literatūroje, jie naudojami įvairiose mokslo srityse, bet taip pat tinkami ir investicinio portfelio formavimui. Pirmųjų trijų metodų akcijų rangavimo rezultatai buvo labai panašūs, tačiau EDAS metodo rezultatai ryškiai skyrėsi nuo kitų.

Pasirinkus pirmas dešimt įmonių pagal gautus reitingus buvo sudaromi portfeliai, naudojant 2016–2021 metų duomenis, o akcijoms suteikiamas svoris pagal poziciją rangavime. Buvo gauta, kad pelningiausias portfelis buvo sudarytas pagal EDAS metodą, jo metinis pelningumas siekė 46,17 %, o optimizavus gauta 37,68 %. Mažiausią standartinę nuokrypį prieš optimizavimą turėjo portfelis, kuris buvo sudarytas pagal TOPSIS metodą, o po optimizavimo pagal EDAS metodą. Trijų metodų iš keturių optimizavimas suteikė geresnę rezultatą, todėl portfelio priemonių atrankai galima naudoti daugiakriterių vertinimo būdą, o portfelio verčių nustatymui reikėtų taikyti klasikinį portfelio sudarymo būdą pagal H. Markowitz.

Šis tyrimas gali būti naudingas tiek individualiems tiek instituciniams investuotojams, kadangi jis padėtų lengviau priimti sprendimus. Ateities darbo kryptis turėtų būti orientuota į daugiakriterio sprendimo tikslumo įvertinimo algoritmo kūrimą, kuomet remiantis daugiakriteriais rezultatais, galima būtų pateikti gero portfelio derinį. Taip pat būsimiems tyrimams galima būtų atlikti išsamesnius skaičiavimus, kur būtų parinktos skirtingų sektorių, biržų akcijas siekiant plačiau diversifikuoti portfelį.

Literatūra

- Arshad, M. U. (2021). Forecasted E/P ratio and ROE: Shanghai Stock Exchange (SSE), China. *SAGE Open*, 11(2). <https://doi.org/10.1177/21582440211023189>
- Auditum. (2020). *Pelno tenkančio vienai akcijai koeficientas (EPS)*. Investiciniai rodikliai. <https://www.auditum.lt/index.php/ekonominiu-terminu-zodynas/918-investiciniai-rodikliai/174-pelno-tenkancio-vienai-akcijai-koeficientas-eps.html>
- Bana e Costa, C. A., & Soares, J. O. (2001). Multicriteria approaches for portfolio selection: An overview. *Review of Financial Markets*, 4(1), 19–26.
- Baydaş, M., & Elma, O. E. (2021). An objective criteria proposal for the comparison of MCDM and weighting methods in financial performance measurement: An application in Borsa Istanbul. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 4(2), 257–279. <https://doi.org/10.31181/dmame210402257b>
- Benaija, K., & Kjiri, L. (2015). *Project portfolio selection: Multi-criteria analysis and interactions between projects*. <http://arxiv.org/abs/1503.05366>
- Benjliljel, B., & Mansali, H. (2021). The expected sharpe ratio of efficient portfolios under estimation errors. *Cogent Economics & Finance*, 9(1), 1943910. <https://doi.org/10.1080/23322039.2021.1943910>
- Bernal, M., Anselmo Alvarez, P., Muñoz, M., Leon-Castro, E., & Gastelum-Chavira, D. A. (2021). A multicriteria hierarchical approach for portfolio selection in a stock exchange. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(2), 1945–1955. <https://doi.org/10.3233/JIFS-189198>

- Biswas, S., Bandyopadhyay, G., Guha, B., & Bhattacharjee, M. (2020). An ensemble approach for portfolio selection in a multi-criteria decision making framework. *Decision Making: Applications in Management and Engineering*, 3(1), 1–20.
- Brazauskas, M. (2014). *Investicinio portfelio sprendimų pagrindimas taikant skirtingas investavimo strategijas*. Šiaulių universitetas.
- Chaudhary, R., Bakhshi, P., & Gupta, H. (2020). Volatility in International Stock Markets: An empirical study during COVID-19. *Journal of Risk and Financial Management*, 13(9), 208. <https://doi.org/10.3390/jrfm13090208>
- Cheng, K.-C., Huang, M.-J., Fu, C.-K., Wang, K.-H., Wang, H.-M., & Lin, L.-H. (2021). Establishing a multiple-criteria decision-making model for stock investment decisions using data mining techniques. *Sustainability*, 13(6), 3100. <https://doi.org/10.3390/su13063100>
- Chunhawiksit, C., Deelers, S., Chitadisai, W., Thammachot, S., Aujirapongpan, S., & Ru-Zhue, J. (2021). Comparison of the return of investment from securities screening using financial ratios and security trading methods: Evidence from Thailand. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(1). <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.1.26>
- Demidovskij, A. V. (2018). Sravnitel'nyj analiz metodov mnogokriterial'nogo prinjatija reshenij: ELECTRE, TOPSIS i ML-LDM. In *XXIII Mezhdunarodnaja konferencija po mjadkim vychislenijam i izmerenijam (SCM-2020)*. *Sbornik dokladov* (pp. 234–237). SPbGJeTU “LJeTI”. (In Russian).
- Dmitriev, D. N., & Tikhonova, M. V. (2019). Formirovanie investicionnogo portfelja. *Strategii Biznesa*, 05(61), 17–20. (In Russian).
- Ece, O., & Uludag, A. S. (2017). Applicability of fuzzy TOPSIS method in optimal portfolio selection and an application in BIST. *International Journal of Economics and Finance*, 9(10), 107–127. <https://doi.org/10.5539/ijef.v9n10p107>
- Elbok, G., & Berrado, A. (2020, March). Project prioritization for portfolio selection using MCDA. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 2317–2326). Dubai, UAE.
- García, F., González-Bueno, J., Guijarro, F., Oliver, J., & Tamosiūnienė, R. (2020). Multiobjective approach to portfolio optimization in the light of the credibility theory. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(6), 1165–1186. <https://doi.org/10.3846/tede.2020.13189>
- Ginevičius, R., & Podvezko, V. (2008). The problem of compatibility of various multiple criteria evaluation methods. *Business: Theory and Practice*, 9(1), 73–80. <https://doi.org/10.3846/1648-0627.2008.9.73-80>
- Gupta, D., Parikh, A., & Datta, T. K. (2021). A multi-criteria decision-making approach to rank the sectoral stock indices of national stock exchange of India based on their performances. *National Accounting Review*, 3(3), 272–292. <https://doi.org/10.3934/NAR.2021014>
- Hota, H. S., Awasthi, V. K., & Singhai, S. K. (2018). An integrated three tier architecture of AHP-GP for stock portfolio management. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 118(19), 115–123.
- Ji, X., Wang, J., & Yan, Z. (2021). A stock price prediction method based on deep learning technology. *International Journal of Crowd Science*, 5(1), 55–72. <https://doi.org/10.1108/IJCS-05-2020-0012>
- Karpina, Ž. (2013). *Daugiakriteriniai sprendimai nekilnojamojo turto plėtrai planuoti, įvertinant aplinkos georodiklius*. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
- Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). Multi-criteria inventory classification using a new method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS). *Informatica*, 26(3), 435–451. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2015.57>
- Kraujalienė, L. (2019). Comparative analysis of multicriteria decision-making methods evaluating the efficiency of technology transfer. *Business, Management and Economics Engineering*, 17(1), 72–93. <https://doi.org/10.3846/bme.2019.11014>
- Li, L. (2021, November). An automated portfolio trading system with feature preprocessing and recurrent reinforcement learning. In *2nd ACM International Conference on AI in Finance (ICAIF'21)* (pp. 1–8). Virtual Event, USA. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3490354.3494376>
- Lombardi Netto, A., Salomon, V. A. P., & Ortiz Barrios, M. A. (2021). Multi-criteria analysis of green bonds: Hybrid multi-method applications. *Sustainability (Switzerland)*, 13(19), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su131910512>
- Marasović, B., & Babić, Z. (2011). Two-step multi-criteria model for selecting optimal portfolio. *International Journal of Production Economics*, 134(1), 58–66. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.04.026>
- Marcišauskienė, J. (2014). *Vertybinių popierių portfelio atrankos kriterijų analizė*.
- Marqués, A. I., García, V., & Sánchez, J. S. (2020). Ranking-based MCDM models in financial management applications: analysis and emerging challenges. *Progress in Artificial Intelligence*, 9(3), 171–193. <https://doi.org/10.1007/s13748-020-00207-1>
- Martins, D. T., & Barucke Marcondes, G. A. (2020, April). Project portfolio selection using multi-criteria decision methods. In *2020 International Conference on Technology and Entrepreneurship – Virtual (ICTE-V)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICTE-V50708.2020.9113775>
- Mehrjerdi, Y. Z. (2021). A novel methodology for portfolio selection in fuzzy multi criteria environment using risk-benefit analysis and fractional stochastic. *Numerical Algebra, Control & Optimization*. <https://doi.org/10.3934/naco.2021019>
- Mohammadian, A., Heidary Dahooie, J., Qorbani, A. R., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2021). A new multi-attribute decision-making framework for policy-makers by using interval-valued triangular fuzzy numbers. *Informatica*, 32(3), 583–618. <https://doi.org/10.15388/21-INFOR448>
- Mousavi-Nasab, S. H., & Sotoudeh-Anvari, A. (2017). A comprehensive MCDM-based approach using TOPSIS, COPRAS and DEA as an auxiliary tool for material selection problems. *Materials & Design*, 121, 237–253. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.041>

- Nasdaq. (2021). *Short interest*.
- Nolvak, H., Truu, J., Limane, B., Truu, M., Cepurnieks, G., Bartkevičs, V., Juhanson, J., & Muter, O. (2013). Microbial community changes in TNT spiked soil bioremediation trial using biostimulation, phytoremediation and bioaugmentation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 21(3), 153–162. <https://doi.org/10.3846/16486897.2012.721784>
- Nurmalini, & Rahim, R. (2017). Study approach of simple additive weighting for decision support system. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3(3), 541–544.
- Organ, A., & Yalçın, E. (2016). Performance evaluation of research assistants by Copras method. *European Scientific Journal*, 12(10), 102–109.
- Pätäri, E., Karell, V., Luukka, P., & Yeomans, J. S. (2018). Comparison of the multicriteria decision-making methods for equity portfolio selection: The U.S. evidence. *European Journal of Operational Research*, 265(2), 655–672. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.001>
- Pavone, P. (2019). Market capitalization and financial variables: Evidence from Italian listed companies. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(3), 1356–1371. <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v9-i3/5802>
- Pramanik, P. K. D., Biswas, S., Pal, S., Marinković, D., & Choudhury, P. (2021). A comparative analysis of multi-criteria decision-making methods for resource selection in mobile crowd computing. *Symmetry*, 13(9), 1713. <https://doi.org/10.3390/sym13091713>
- Rashid, T., Ali, A., & Chu, Y.-M. (2021). Hybrid BW-EDAS MCDM methodology for optimal industrial robot selection. *PLOS ONE*, 16(2), e0246738. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246738>
- Reinganum, M. R. (1999). The significance of market capitalization in portfolio management over time. *The Journal of Portfolio Management*, 25(4), 39–50. <https://doi.org/10.3905/jpm.1999.319750>
- Sakhare, A., Mhaskar, N., Mishra, V., & Chavan, M. (2021). Algorithmic trading for a buy-sell platform: Study and comparison. *ITM Web of Conferences*, 40, 03020. <https://doi.org/10.1051/itmconf/20214003020>
- Satryo, A. G., Rokhmania, N. A., & Diptyana, P. (2016). The influence of profitability ratio, market ratio, and solvency ratio on the share prices of companies listed on LQ 45 Index. *The Indonesian Accounting Review*, 6(1), 55–66. <https://doi.org/10.14414/tiar.v6i1.853>
- Shaaban, S. M., & Abd El-latif, A. M. (2020). Integration of evaluation distance from average solution approach with information entropy weight for diesel engine parameter optimization. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 13(3), 101–111. <https://doi.org/10.22266/IJIES2020.0630.10>
- Skolota, D. (2014). Metod kompleksnoj proporcionalnoj ocenki pri formirovanii investicionnogo portfelja. *Modern Management Technology*, 3(39), 1–8.
- Soba, M., Ersoy, Y., Tarakcioğlu Altınay, A., Erkan, B., & Şik, E. (2020). Application of multiple criteria decision-making methods in assignment place selection. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2020/6748342>
- Swedbank. (2020). *Santykinių finansinių rodiklių paaiškinimas*. https://www.nasdaqbaltic.com/files/vilnius/rodikliai/Swedbank/Santykiniu_finansiniu_rodikliu_paaiskinimai.pdf
- Trichilli, Y., Abbes, M. B., & Masmoudi, A. (2020). Islamic and conventional portfolios optimization under investor sentiment states: Bayesian vs Markowitz portfolio analysis. *Research in International Business and Finance*, 51, 101071. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2019.101071>
- Turcas, F., Dumiter, F., Brezeanu, P., Farcas, P., & Coroiu, S. (2017). Practical aspects of portfolio selection and optimisation on the capital market. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 14–30. <https://doi.org/10.1080/1331677X.2016.1265893>
- Umar, Z., Yousaf, I., & Zaremba, A. (2021). Comovements between heavily shorted stocks during a market squeeze: Lessons from the GameStop trading frenzy. *Research in International Business and Finance*, 58, 101453. <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101453>
- Urich, D., & Deinwallner, R. (2020). Average true range: High volatility as a success factor for trading. *International Journal of Recent Scientific Research*, 11(01), 37471–37472.
- Vakilipour, S., Sadeghi-Niaraki, A., Ghodousi, M., & Choi, S.-M. (2021). Comparison between multi-criteria decision-making methods and evaluating the quality of life at different spatial levels. *Sustainability*, 13(7), 4067. <https://doi.org/10.3390/su13074067>
- Vásquez, J. A., Escobar, J. W., & Manotas, D. F. (2022). AHP-TOPSIS methodology for stock portfolio investments. *Risks*, 10(1), 4. <https://doi.org/10.3390/risks10010004>
- Vuković, M., Pivac, S., & Babić, Z. (2020). Comparative analysis of stock selection using a hybrid MCDM approach and modern portfolio theory. *Croatian Review of Economic, Business and Social Statistics*, 6(2), 58–68. <https://doi.org/10.2478/crebss-2020-0011>
- Wira Trise Putra, D., & Agustian Punggara, A. (2018). Comparison analysis of Simple Additive Weighting (SAW) and Weighted Product (WP) in decision support systems. *MATEC Web of Conferences*, 215, 01003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821501003>
- Wong, K., & Guppy, D. (2021). *Stocks and forex trading: How to Win*. World Scientific Publishing. https://doi.org/10.1142/9789811236877_0001
- Wu, Q., Liu, X., Qin, J., & Zhou, L. (2021). Multi-criteria group decision-making for portfolio allocation with consensus reaching process under interval type-2 fuzzy environment. *Information Sciences*, 570, 668–688. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.04.096>

- Wu, Z., & Abdul-Nour, G. (2020). Comparison of multi-criteria group decision-making methods for urban sewer network plan selection. *CivilEng*, 1(1), 26–48. <https://doi.org/10.3390/civileng1010003>
- Yan, X., Yang, H., Yu, Z., & Zhang, S. (2021). A network view of portfolio optimization using fundamental information. *Frontiers in Physics*, 9, 721007. <https://doi.org/10.3389/fphy.2021.721007>
- Yazdani, M., & Payam, A. F. (2015). A comparative study on material selection of MEMS electrostatic actuators using Ashby, VIKOR and TOPSIS. *Materials & Design* (1980–2015), 65, 328–334. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.09.004>
- Zhang, S., Gao, H., Wei, G., Wei, Y., & Wei, C. (2019). Evaluation based on distance from average solution method for multiple criteria group decision making under picture 2-tuple linguistic environment. *Mathematics*, 7(3), 243. <https://doi.org/10.3390/math7030243>

APPLICATION OF MULTI-CRITERIA METHODS FOR THE FORMATION OF AN INVESTMENT PORTFOLIO

Violeta POTEIKO, Raimonda MARTINKUTĖ-KAULIENĖ

Abstract. In recent years, more and more people are interested in investing, but many face the problem of stock selection. One of the topical topics of modern economics and management science is the problem of investment portfolio allocation. Therefore, it is necessary to find a suitable method for creating an investment portfolio. The main goal of this scientific article is to create an investment portfolio using multi-criteria evaluation methods. Traditional methods of portfolio compilation only take into account risk and return criteria based on historical data, which does not allow a comprehensive assessment of the suitability of company shares for an investment portfolio, therefore, in this study, according to the proposed methods, financial instruments are evaluated using more criteria. Many authors compare only two multicriteria methods with each other, but this scientific article examines four methods, which allows to find the most suitable of them. For this study, multi-criteria evaluation methods – COPRAS, SAW, EDAS and TOPSIS – are used to compile the investment portfolio. Eighteen stocks of companies listed on the NYSE market were evaluated according to 10 criteria, according to which multi-criteria methods were applied to create the best and worst decisions. Using the resulting data, all stocks were assigned a rating score, which was used to select stocks for an ideal portfolio, with return and risk levels used to compare portfolios.

Keywords: investment portfolio, shares, multi-criteria methods, financial instruments.