



## AKCIJŲ INVESTICINIŲ PATRAUKLUMŲ PAREMTAS INVESTICINIO PORTFELIO SUDARYMO MODELIS

Grigorij Žilinskij<sup>1</sup>, Aleksandras Vytautas Rutkauskas<sup>2</sup>

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva*  
*El. paštas: <sup>1</sup>grigorij@vgtu.lt; <sup>2</sup>aleksandras.rutkauskas@vgtu.lt*

*Įteikta 2012-03-29; priimta 2012-06-20*

**Santrauka.** Įmonės veiklos efektyvumą ir galimą grąžą iš investavimo į jos akcijas nulemia daugelis veiksnių. Tačiau didžioji dalis portfelio optimizavimo metodų orientuoti į sprendimų priėmimą remiantis vien akcijų kainų kitimo tendencijomis praeityje. Ši finansinė krizė parodė, kad dažnai didžiausią nuosmukį krizės metu patiria tos akcijos, kurių kainos labiausiai kilo prieš krizę. Taigi sprendimų priėmimas remiantis vien praeities akcijų kainos kitimo tendencijomis ir ignoruojant fundamentalius veiksnius gali būti neefektyvus. Šiame straipsnyje trumpai aptarta daugiakriterinio sprendimų priėmimo (MCDM) metodų įvairovė ir įvertintos jų taikymo portfelio optimizavimo problemai spręsti galimybės. Pristatytas bazinis portfelio sudarymo modelis, paremtas akcijų investiciniu patrauklumu. Pasiūlyti konkretūs modelio taikymo sprendimai akcijų investicinio patrauklumo įvertinimo ir portfelio optimizavimo etapuose. Atliktas bandomasis tyrimas, kurio rezultatai parodė, kad pasiūlytas modelis leidžia pasiekti geresnių rezultatų nei lyginamieji – Markowitz ir lygiomis dalimis sudaryti portfeliai.

**Reikšminiai žodžiai:** investicijų portfelis, portfelio optimizavimas, akcijų investicinis patrauklumas, vidinė portfelio koreliacija, daugiakriterinis sprendimų priėmimas.

## INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMISATION MODEL BASED ON STOCKS INVESTMENT ATTRACTIVENESS

Grigorij Žilinskij<sup>1</sup>, Aleksandras Vytautas Rutkauskas<sup>2</sup>

*Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania*  
*E-mails: <sup>1</sup>grigorij@vgtu.lt (corresponding author); <sup>2</sup>aleksandras.rutkauskas@vgtu.lt*

*Received 29 March 2012; accepted 20 June 2012*

**Abstract.** Firm's performance and potential return on investments in its stocks are determined by many factors. However, most of portfolio optimisation methods are oriented to decision-making based on stock price changes in the past. Recent financial crisis has showed that often the biggest downfall in the period of crisis is experienced by stocks, which had the biggest growth before crisis. So decision-making based on stock price tendencies analysis by ignoring fundamental factors can be inefficient. The variety of MCDM methods was briefly described and their application possibilities for portfolio optimisation were evaluated in the article. The basic portfolio selection model, based on stocks investment attractiveness, was introduced. Particular model application solutions to stocks investment attractiveness evaluation and direct portfolio optimisation stages were proposed. The pilot research was carried out, the results of which showed that proposed model enables gaining better results than comparative Markowitz and equal weights portfolios.

**Keywords:** investment portfolio, portfolio optimisation, stocks investment attractiveness, portfolio inter-correlation, multiple criteria decision making.

**JEL Classification:** G11.

## 1. Įvadas

Modernioji portfelio teorija, kurios pradininku laikomas Markowitz (1952), nagrinėja portfelio sudarymo problemą remiantis dviem pagrindinėmis charakteristikomis – laukiamu pelningumu ir rizika. Markowitz ir daugelis kitų mokslininkų laukiamam pelningumui nustatyti taiko aritmetinį praeities laikotarpių gražos vidurkį (Markowitz 1959; Tvaronavičienė, Michailova 2004; Vasiliauskaitė 2004; Bikas, Laurinavičius 2009; Baixauli-Soler *et al.* 2011). Mokslinėje literatūroje dažnai taikomi ir kiti laukiamo pelningumo įvertinimo metodai: paprastas ir eksponentinis slenkantys vidurkiai (Dzikevičius, Šaranda 2010), autoregresiniai slenkantys vidurkiai (Jarret, Schilling 2008; Sallehuddin, Shamsuddin 2007; Stevenson 2007), taip pat sudėtingi prognozavimo metodai, tokie kaip neuroniniai tinklai (ANN) (Jandaghi *et al.* 2010; Kumar 2010; Leigh *et al.* 2002; Panda, Narasimhan 2006). Markowitz (1952) rizikai vertinti pasiūlė naudoti dispersiją. Suabejojus dispersijos tinkamumu rizikai vertinti mokslininkų darbuose buvo pasiūlyta daugelis alternatyvių rizikos vertinimo metodų: MAD (*Mean Absolute Deviation*), SV (*Semi Variance*), VaR (*Value-at-Risk*), CVaR (*Conditional Value at Risk*), ER (*Expected Regret*), ES (*Expected Shortfall*) ir kt. metodai (Byrne, Lee 2004; Tvaronavičienė, Michailova 2004; Szego 2005). Nepaisant didelės siūlomų metodų įvairovės pažymėtina, kad laukiamo pelningumo ir rizikos įvertinimas dažniausiai remiasi vien akcijų kainos kitimo biržoje analize, visiškai neįvertinant fundamentalių įmonių rodiklių, kurie gali turėti įtakos tiek investicijų į analizuojamą įmonę gražai, tiek rizikai. Ši problema gali būti išspręsta tik sukūrus portfelio sudarymo modelį, leidžiantį įvertinti tiek fundamentalias, tiek techninės analizės rodiklius, o portfelio optimizavimas būtų vykdomas maksimizuojant ne laukiamą gražą, o bendrą investicinį patrauklumą konkrečiam investuotojui.

Tyrimui keliamas tikslas – išanalizuoti MCDM metodų taikymo galimybes akcijų investiciniam patrauklumui nustatyti ir pasiūlyti akcijų investicinio patrauklumo paremtą investicijų portfelio sudarymo modelį.

Siekiant užsibrėžto tikslo tyrimui keliami šie uždaviniai:

1. Įvertinti daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodų taikymo portfeliui sudaryti galimybes.
2. Pasiūlyti bazinį akcijų investicinio patrauklumo paremto portfelio optimizavimo modelį.
3. Pasiūlyti konkrečius modelio įgyvendinimo sprendimus.
4. Atlikti bandomąjį tyrimą ir įvertinti pasiūlyto modelio efektyvumą.

Straipsnyje taikyta: mokslinių šaltinių analizė, sintezė ir apibendrinimas, grafinis vaizdavimas ir lyginimas, kiekybiniai matematiniai ir statistiniai tyrimo metodai.

## 2. Daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodų įvairovė ir jų taikymo investicijų portfeliui sudaryti galimybės

Kiekvienos įmonės patrauklumą investuotojui gali lemti daugelis veiksnių, todėl jos akcijų investicinį patrauklumą tikslinga analizuoti pasitelkiant daugiakriterinio sprendimų priėmimo (MCDM) metodus. Zavadsko ir Turskio atliktas tyrimas parodė, kad MCDM metodai vis dažniau taikomi ekonomikoje (Zavadskas, Turskis 2011). MCDM metodų, taikomų investicijų portfelio sudarymo problemai spręsti, yra daug. Nors dalis mokslininkų skaido MCDM metodus net į keturias grupes (Samaras, Matsatsinis 2003), tačiau tyrimui keliamam tikslui pasiekti tikslinga MCDM metodus analizuoti suskaidant juos į dvi Bernroider ir Stix (2007) pasiūlytas pagrindines grupes:

- Daugelį veiksnių įvertinančius sprendimų priėmimo (MADM) metodus. Mokslininkų darbuose šios grupės metodai dažniausiai taikomi į portfelį traukiamiems aktyvams (dažniausiai akcijoms) reitinguoti (angl. *ranking*). Šiame darbe remiantis MADM metodų analize bus sudaryta kriterijų aibė ir atrinktas konkretus metodas akcijų investiciniam patrauklumui nustatyti (kriterijų reikšmėms agreguoti į vieną bendrą patrauklumo įvertį).
- Daugiatikslius sprendimų priėmimo (MODM) metodus. Šie metodai tiesiogiai taikomi portfelio optimizavimo problemai spręsti. Šiame darbe jų analizė padės apsispręsti dėl portfelio optimizavimo tikslų pasirinkimo.

Mokslinėje literatūroje siūloma daug skirtingų MADM grupei priskiriamų metodų, taikomų ekonominiams reikškimams tirti: AHP, MAUT, UTA, UTASTAR, UTADIS, COPRAS, TOPSIS, ARAS, SAW, ELECTRE, PROMETHEE, MOORA, VIKOR, EVAMIX (Xidonas *et al.* 2009b; Zavadskas, Turskis 2011; Das *et al.* 2012). Išsamios lyginamosios visų šių metodų taikymo efektyvumo analizės nėra atlikta. Stankevičienė ir Žinytė (2011) teigia, kad SAW yra seniausias, tipinis, vienas paprasčiausių, plačiausiai žinomas ir praktiškai taikomas metodas. Podvezko (2011), lygindamas SAW ir COPRAS metodus, nustatė ir matematiškai pagrindė, kad COPRAS turi svarbių savybių, leidžiančių tiksliau įvertinti skaičiavimų rezultatus. COPRAS metodas taip pat turi pranašumą (pvz., mažas skaičiavimams reikalingas laikas, paprastumas ir skaidrumas) palyginti su kitais daugiakriterinio vertinimo metodais, tokiais kaip EVAMIX, TOPSIS, VIKOR ir AHP metodai (Das *et al.* 2012). Šie pranašumai yra labai svarbūs, nes, remiantis Tupėnaite (2010), daugelio metodų sudėtingumas apriboja jų taikymą praktikoje.

Investicinio akcijų patrauklumo vertinimui svarbu ne tik parinkti konkretų metodą, bet ir sudaryti tinkamą vertinamų kriterijų aibę. Atsižvelgiant į tai, kad vertinant investicinį akcijų patrauklumą bus vertinami fundamentalsiosios

analizės kriterijai, kurių pagrindinis šaltinis yra analizuojamų įmonių finansinė atskaitomybė, ir siekiant sudaryti tinkamą kriterijų aibę buvo išanalizuoti mokslininkų darbuose siūlomi kriterijai nefinansinio (pvz., pramonės, prekybos)

sektorius įmonės reitinguoti. Finansinio sektoriaus įmonių buvo atsisakyta dėl jų veiklos (pvz., bankų aukšto finansinio svorto lygio) ir finansinės atskaitomybės specifikos. Mokslininkų siūlomi kriterijai pateikti 1 lentelėje.

**1 lentelė.** Kriterijai akcijų reitingavimui/investiciniam patrauklumui nustatyti (sudaryta autorių)

**Table 1.** Criteria for stock ranking/investment attractiveness evaluation (compiled by the authors)

Šaltinis	Siūlomi taikyti kriterijai
Huang (2012)	<b>Kainos pagrįstumo rodikliai:</b> akcijos kainos ir pelno akcijai santykis (P/E), kainos ir buhalterinės vertės santykis (P/B), kainos ir pardavimo santykis (P/S). <b>Pelningumo rodikliai:</b> nuosavo kapitalo grąža (ROE), turto grąža (ROA), veiklos pelningumas (OPM), grynas pelningumas (NPM). <b>Finansinio svorto rodiklis:</b> įsipareigojimų ir nuosavo kapitalo santykis (D/E). <b>Likvidumo rodikliai:</b> bendrasis likvidumas (CR), skubus likvidumas (QR). <b>Efektivumo rodikliai:</b> atsargų apyvartumas (IRT), gautinų sumų apyvartumas (RTR). <b>Augimo rodikliai:</b> veiklos pelno augimas (OIG), grynojo pelno augimas (NIG).
Xidonas et al. (2009a)	<b>Akcijų rinkos rodikliai:</b> grąžos matai – kapitalo grąža, dividendinis pajamingumas; rizikos matai – grąžos standartinis nuokrypis, beta koeficientas; rinkos patrauklumo matai – paklausumas, santykinis P/E (metų P/E /trejų metų P/E vidurkis). <b>Fundamentinės analizės rodikliai:</b> grąžos matai – turto grąža, nuosavo kapitalo grąža; valdymo efektyvumo matai – turto apyvartumas, atsargų apyvartumas; kapitalo struktūros matai – turto ir įsipareigojimų santykis (A/D), D/E.
Chung, Kim (2001)	Iš viso 68 rodikliai suskirstyti į šias grupes: <b>pinigų srauto rodikliai</b> (16 rodiklių); <b>augimo rodikliai</b> (29); <b>rizikos rodikliai</b> (23).
Samaras et al. (2008)	<b>Finansinės struktūros rodikliai:</b> nusidėvėjimas/materialusis turtas, nuosavas kapitalas/skolos (E/D), apyvartinis kapitalas/reikalavimai apyvartiniam kapitalui, apyvartinis kapitalas/trumpalaikis turtas, CR, QR, įsipareigojimai/(įsipareigojimai ir nuosavas kapitalas). <b>Valdymo efektyvumo rodikliai:</b> turto apyvartumas, nuosavo kapitalo apyvartumas, atsargų apyvartumas dienomis, palūkanų sąnaudos/pardavimas, atsiskaitymo su tiekėjais terminas – pirkėjų atsiskaitymo terminas. <b>Pelningumo rodikliai:</b> bendrasis turto pelningumas, turto pelningumas prieš mokant mokesčius, grynas nuosavo kapitalo pelningumas, bendrasis pelningumas, veiklos pelningumas, pelningumas prieš mokant mokesčius. <b>Finansavimosi politikos rodikliai:</b> likvidavimosi ( <i>self-liquidation</i> ) $\times$ 100/pardavimas; likvidavimosi/ilgalaikiai įsipareigojimai, likvidavimosi/investicijos.
Ehrgott et al. (2004)	<b>Grąžos rodikliai:</b> 12 mėn. kainos pokytis, trejų metų kainos pokytis, dividendai už metus, S&P reitingavimas. <b>Rizikos rodikliai:</b> S&P reitingavimas, standartinis nuokrypis.
Voulgaris et al. (2000)	CR; QR; (ilgalaikės skolos + grynoji vertė)/materialusis turtas; ilgalaikės skolos/visas turtas; visi įsipareigojimai/visas turtas (D/A); grynoji vertė/ilgalaikis kapitalas; trumpalaikiai įsipareigojimai/visas turtas; (atsargos $\times$ 360)/pardavimas; pardavimas/materialusis turtas; NPM; grynas pelnas/grynoji vertė; grynas pelnas/visas turtas.
Garcia et al. (2010)	Trumpalaikis turtas, visas turtas, nuosavas kapitalas, apyvarta, veiklos pelnas, pelnas prieš mokant mokesčius, grynas metų pelnas, ROA, ROE, CR.
Tiryaki, Ahlatcioglu (2005)	Rinkos vertė/EBITDA, ROE, skolos/nuosavas kapitalas, CR, rinkos vertė/pardavimas, P/E.
Lee et al. (2009)	Sektoriaus perspektyvumas, pelno paskirstymas, veiklos pinigų srautas, dividendų išmokėjimo rodiklis, rinkos beta, nerizikinga palūkanų norma, pelno augimas, dividendų išmokėjimo augimas.
Sevastjanov, Dymova (2009)	Pelno akcijai (EPS) metinis pokytis, pajamų pokytis, teigiamas pelno prieš mokant mokesčius pokytis, investicijų grąžos (ROI) pokytis, akcijų skaičiaus pokytis, EPS ketvirčio pokytis, kapitalo investicijų nusidėvėjimas, kapitalizacija, pelningumas prieš mokant mokesčius, ROI, pastarojo ketvirčio EPS pokytis lyginant su paskutiniaisiais 12 mėnesių; pastarojo ketvirčio pajamų pokytis lyginant su paskutiniaisiais 12 mėnesių.
Xidonas et al. (2009b)	ROE, ROA, grynas pelningumas, gautinų sumų mokėjimo atidėjimo terminas, mokėtinų sumų mokėjimo terminas, turto apyvartumas, QR, pinigų ir ekvivalentų ir trumpalaikių įsipareigojimų santykis, trumpalaikių įsipareigojimų ir apyvartinio kapitalo santykis, D/E, turto ir nuosavo kapitalo santykis, EBIT ir palūkanų sąnaudų santykis.

Nagrinėjant MODM grupės metodų taikymą investicijų portfeliui sudaryti reikėtų pažymėti, kad net pirminis Markowitz (1952) pasiūlytas vidurkio ir dispersijos portfelio sudarymo metodas gali būti priskirtas šiai grupei, nes optimizuojant portfelį siekiama dviejų tikslų – maksimizuoti laukiamą grąžą ir minimizuoti riziką.

Mokslinėje literatūroje dažnai pasitaiko trijų tikslų portfelio optimizavimo metodai. Konno *et al.* (1993) pasiūlė vidurkio–absoliutaus nuokrypio–asimetrijos modelį, Roman *et al.* (2007) – vidurkio–dispersijos–CVaR modelį. Dažniausiai moksliniuose šaltiniuose taikomas vidurkio–dispersijos–asimetrijos modelis (Konno, Suzuki 1995; Bhattacharyya *et al.* 2011; Yu *et al.* 2008; Li *et al.* 2010; Liu *et al.* 2003; Pindoriya *et al.* 2010). Anagnostopoulou ir Mamanis (2010) siūlo be Markowitz portfeliui keliamų tikslų taip pat siekti minimizuoti aktyvų kiekį portfelyje, Lo *et al.* (2003) – maksimizuoti likvidumą. Prie trijų tikslų portfelio optimizavimo modelių taip pat galima priskirti Lietuvos mokslininkų pasiūlytą adekvatų portfelį, kuris, be laukiamo pelningumo ir rizikos, taip pat atsižvelgia į patikimumą (Rutkauskas 2006; Rutkauskas, Stasytė 2008; Rutkauskas *et al.* 2009).

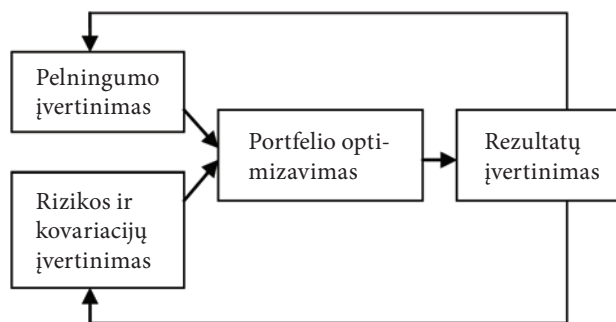
Nors MODM metodų grupei priskiriami portfelio optimizavimo metodai dažniausiai apsiriboja trimis tikslais, bet kai kurie mokslininkai siūlo didesnį tikslų skaičių. Dalis mokslininkų siūlo modelius su keturiais tikslais: grąžos, rizikos, likvidumo ir tinkamumo investuotojui (Gupta *et al.* 2011); grąžos, santykinio dividendinio pajamingumo, vidutinio absoliutaus nuokrypio, beta koeficiento (Xidonas *et al.* 2011). Xidonas *et al.* (2010) siūlo šešių tikslų (grąžos, dividendinio pajamingumo, vidutinio absoliutaus nuokrypio, beta koeficiento, santykinio P/E, paklausumo) modelį. Ustun ir Kasimbeyli į apibendrintą vidurkio–dispersijos–asimetrijos modelį siūlo įtraukti 11 tikslų maksimizuojančių (+)/ minimizuojančių (–) šias charakteristikas: tikėtiną grąžą ateityje (+), vidutinę prognozavimo paklaidą (+), 2 skirtingų laikotarpių dispersijas (–), 2 skirtingų laikotarpių asimetrijas (+), 12 mėn. rezultatus (+), 3 metų rezultatus (+), investuotojo suteiktą reitingą (+), aktyvų skaičių portfelyje (–); Wilk-Shapiro testą (Ustun, Kasimbeyli 2012). Steuer ir kt. straipsniuose iš viso yra įvardijama net po 12 tikslų, kuriais remiantis galėtų būti vykdomas portfelio optimizavimas (Steuer *et al.* 2005, 2007).

Vertinant mokslininkų siūlomus portfelio optimizavimo tikslų rinkinius pažymėtina, kad kiekvienas iš papildomų tikslų sudaro prielaidas pasirinkti geriau investuotojo poreikius atitinkantį investicijų portfelį, tačiau kuo didesnis tikslų skaičius, tuo sudėtingesnis ir sunkiau suvokiamas investuotojui yra portfelio optimizavimo procesas. Dviejų tikslų portfelio optimizavimas yra nesudėtingas, visa efektyvių portfelių aibė gali būti pavaizduota lengvai suvokiamu grafiniu pavidalu dvimatėje erdvėje. Esant trijų tikslų portfelio optimizavimui, efektyvioji portfelių riba gali būti vaizduojama trimačiu pavidalu, tačiau esant didesniai tikslų skaičiui efektyviosios portfelių ribos nustatymas ir vaizdavimas yra labai sudėtingas. Atsižvelgiant

į tai, portfeliui optimizuoti turėtų būti naudojamos ne daugiau kaip trijų (geriausia dviejų) tikslų sistemos, o investuotojui svarbios charakteristikos MADM metodais galėtų būti integruojamos į vieną bendrą įvertį, kurio maksimizavimas/minimizavimas ir būtų vienu iš portfelio optimizavimo tikslų.

### 3. Akcijų investiciniu patrauklumu paremtas portfelio optimizavimo modelis

Atlikta mokslinių šaltinių analizė parodė, kad daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodų taikymas sprendžiant portfelio sudarymo problemą yra aktualus, šia tema parengta nemažai mokslinių straipsnių. Šios tematikos aktualumas verčia ieškoti naujų MCDM sprendimų integravimo į portfelio sudarymo procesą galimybių. Markowitz pasiūlytas vidurkio–dispersijos modelis yra santykinai paprastas ir gerai suvokiamas investuotojams, todėl prieš siūlant akcijų investiciniu patrauklumu paremtą modelį, tikslinga panagrinėti bazinį Markowitz modelį, kurio supaprastintas vaizdas pateikiamas 1 pav.



1 pav. Bazinis Markowitz modelis (sudaryta autorių)

Fig. 1. Basic Markowitz model (compiled by the authors)

Kaip matyti iš 1 pav., siekdamas sudaryti optimalų Markowitz portfelį, investuotojas privalo įvertinti į portfelio sudėtį norimų įtraukti akcijų laukiamą pelningumą ir riziką (atskirų akcijų grąžos dispersiją ir tarpusavio kovariacijas). Šis modelis yra patrauklus savo paprastumu ir duomenų prieinamumu (laukiamas pelningumas ir rizika įvertinami analizuojant praeities laikotarpių grąžos (akcijų rinkos kainos) svyravimus), tačiau gali klaidinti investuotojus. Finansų krizė ir sproges nekilnojamojo turto burbulas parodė, kad investavimas į akcijas remiantis vien jų praeities laikotarpių grąža ir neįvertinant fundamentalių įmonių veiklos rodiklių gali atnešti daug nuostolių ir dažnu atveju didžiausią nuosmukį patiria akcijos, kurių kainų augimas ekonominio pakilimo laikotarpiu buvo didžiausias. Tai leidžia daryti prielaidą, jog nuostolių galėtų padėti išvengti portfelio sudarymas, paremtas ne tik akcijų kainos rinkoje kitimo analize, bet ir fundamentalių įmonės veiklos (galimos grąžos ir rizikos) rodiklių vertinimu, akcijų rinkos kainos ir fundamentalių rodiklių santykio analize. Remiantis šiuo požiūriu, pagrindinis veiksnys, lemiantis investuotojo pasirinkimą,



būtų ne laukiama investicijų grąža, o bendras akcijos investicinis patrauklumas, apimantis tiek grąžą, tiek riziką lemiančių veiksnių įvertinimą. Bazinis akcijų investicinių patrauklumu paremtas portfelio optimizavimo modelis pateiktas 2 pav.

Iš 2 pav. matyti, kad siūlomas modelis, kaip ir bet kuris kitas dvitikslio portfelio optimizavimo modelis, yra labai panašus į Markowitz portfelio optimizavimo modelį, tačiau turi vieną svarų pranašumą – leidžia įvertinti daug investuotojui aktualių charakteristikų. Kiekvienas investuotojas gali savarankiškai pasirinkti, kokiais kriterijais remiantis bus vertinamas investavimo objektų (šiuo atveju akcijų) investicinis patrauklumas. Prie šių kriterijų gali būti priskiriami: akcijų kainos kitimo tendencijos, techninės analizės rodikliai, įmonės veiklos efektyvumo rodikliai, valdymo efektyvumas, santykiniai lyginamieji įmonės veiklos efektyvumo ir akcijų kainos kitimo rodikliai, analitinių vertinimai, prognozės ir pan. Pastaruoju metu vis daugiau dėmesio skiriama įmonių socialinei atsakomybei, tad vertinant investicinį akcijų patrauklumą gali būti atsižvelgiama į įmonės socialinę, aplinkosaugos politiką. Konkrečių kriterijų ir jų svorių pasirinkimas gali skirtis pagal investuotojo preferencijas.

Vertinant investicinį akcijų patrauklumą į bendrą patrauklumo indeksą įtraukiami ir rizikos veiksniai. Kadangi portfelio optimizavimas yra daugiatis (šiuo atveju dvitiksli) procesas, antruoju portfelio optimizavimo tikslu yra siekis minimizuoti visų į portfelio sudėtį įtrauktųjų aktyvų tarpusavio koreliaciją (vidinę portfelio koreliaciją). Vidinės portfelio koreliacijos minimizavimu siekiama nepriklausomai nuo atskirų į portfelį įtrauktųjų aktyvų kainų svyravimų sumažinti bendrą portfelio rinkos vertės svyravimą.

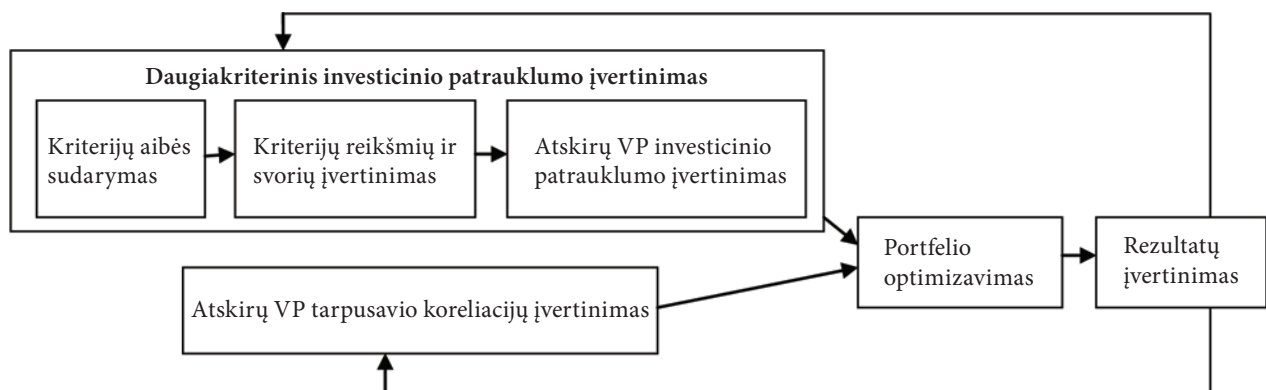
#### 4. Modelio sprendimų detalizavimas

Ankstesniame skyriuje buvo pristatytas bazinis portfelio optimizavimo modelis (konceptija), tačiau modelio efektyvumas gali būti įvertintas tik testuojant jį realiomis rinkos sąlygomis. Siekiant išbandyti modelį turi būti detalizuoti, pasiūlyti konkretūs jo įgyvendinimo sprendimai.

**Akcijų pasirinkimas.** Modeliui testuoti pasirenkamos įmonės, kurių akcijos įtrauktos į *Dow Jones Industrial Average* indeksą. Atsižvelgiant į tai, kad modelyje bus naudojamos tiek akcijų prekybos biržoje, tiek finansinės atskaitomybės rodikliai, į nagrinėjamų akcijų sąrašą nėra įtraukiamos įmonės, kurių finansiniai metai nesutampa su kalendoriniais metais, taip atsakoma finansinio sektoriaus įmonių ir įmonių, kurių nėra galimybės gauti išsamių duomenų 2002–2011 m. laikotarpiu. Iš viso analizei yra atrenkama 18 įmonių:

- Alcoa Inc. (AA);
- Boeing Company (BA);
- Caterpillar, Inc. (CAT);
- Chevron Corporation (CVX);
- E.I. du Pont de Nemours and Com (DD);
- General Electric Company (GE);
- International Business Machines (IBM);
- Intel Corporation (INTC);
- Johnson & Johnson (JNJ);
- Coca-Cola Company (KO);
- McDonald’s Corporation (MCD);
- 3M Company (MMM);
- Merck & Company, Inc. (MRK);
- Pfizer, Inc. (PFE);
- AT&T Inc. (T);
- United Technologies Corporation (UTC);
- Verizon Communications Inc. (VZ);
- Exxon Mobil Corporation (XOM).

**Kriterijų aibės sudarymas.** Sudarant kriterijų aibę buvo vadovautasi teorinėje šio straipsnio dalyje atlikta kitų mokslininkų siūlomų kriterijų analize, taip pat įtraukti kiti rodikliai, kurie, šio straipsnio autorių nuomone, yra svarbūs investuotojams. Iš viso atliekant tyrimą bus naudojama 18 kriterijų (2 lentelėje).



2 pav. Bazinis akcijų investicinių patrauklumu paremtas portfelio optimizavimo modelis (sudaryta autorių)

Fig. 2. Basic portfolio optimisation model based on stocks investment attractiveness (compiled by the authors)

**2 lentelė.** Kriterijai akcijų investiciniam patrauklumui vertinti (sudaryta autorių)

**Table 2.** Criteria for stock investment attractiveness evaluation (compiled by the authors)

Eil. Nr.	Kriterijus	Poveikis*	Skaičiavimas
1	Akcijų kainos pokytis	+	Kaina ( <i>Adj. close</i> ) metų pabaigoje/kaina metų pradžioje -1
2	Įmonės apyvartos augimas	+	Apyvarta $n$ metais/apyvarta $n - 1$ metais -1
3	Veiklos pelningumas	+	Veiklos pelno ir apyvartos santykis
4	EBITDA pokytis	+	EBITDA $n$ metais/EBITDA $n - 1$ metais -1
5	Grynasis pelningumas	+	Grynojo pelno ir apyvartos santykis
6	Veiklos sąnaudų ir apyvartos santykio (VSAS) pokytis	-	VSAS $n$ metais/VSAS $n - 1$ metais -1
7	Turto pokytis	+	Turtas metų pabaigoje/turtas metų pradžioje -1
8	Turto apyvartumo pokytis	+	(Apyvarta $n$ metais/turtas $n$ metų pabaigoje)/(apyvarta $n - 1$ metais/turtas $n$ metų pradžioje) -1
9	Vidutinio nuosavo kapitalo grąžos (ROAE) pokytis	+	ROAE $n$ metais/ ROAE $n - 1$ metais -1 ROAE = grynasis pelnas/((nuosavas kapitalas metų pradžioje + nuosavas kapitalas metų pabaigoje)/2)
10	Skolų ir nuosavo kapitalo santykis (D/E)	-	Skolos/nuosavas kapitalas
11	Bendrasis likvidumas	+	Trumpalaikis turtas/trumpalaikiai įsipareigojimai
12	Veiklos pinigų srauto ir įmonės vertės santykis	+	Veiklos pinigų srautas/įmonės vertė (kapitalizacija)
13	Akcijos kainos ir buhalterinės vertės santykis (P/B)	-	Akcijos rinkos kaina/akcijos buhalterinė vertė
14	Akcijos kainos ir pelno akcijai santykis (P/E)	-	Akcijos rinkos kaina/pelnas, tenkantis vienai akcijai $n$ metais
15	Akcijų kainos pokyčio standartinis nuokrypis	-	Paskutinių penkerių metų akcijos kainos metinio pokyčio standartinis nuokrypis
16	Akcijų apyvartos pokytis	+	Akcijų apyvarta per paskutinius 12 mėn./akcijų apyvarta per ankstesnius 12 mėn. -1
17	Dividendinis pajamingumas	+	Išmokėta dividendų suma per paskutinius 12 mėn./akcijos kaina ( <i>Close</i> ) laikotarpio pabaigoje
18	Akcijos kainos pokyčio ir apyvartos pokyčio skirtumas	-	Akcijos kainos pokytis-įmonės apyvartos pokytis

\*Ženklas „+“ parodo, kad didesnė kriterijaus reikšmė didina akcijos patrauklumą; „-“ rodo, kad didesnė kriterijaus reikšmė mažina akcijos patrauklumą.

Visus 2 lentelėje pateiktus kriterijus galima santykiškai suskirstyti į keturias pagrindines grupes:

- Kriterijus, tiesiogiai orientuotus į veiklos efektyvumo ir laukiamos grąžos įvertinimą (1–9, 12, 17).
- Kriterijus, orientuotus į rizikos vertinimą – fundamentalius (10–11) ir akcijų kainos svyravimo (15).
- Akcijų rinkos kainos pagrįstumo kriterijus (13, 14, 18), kurie rodo, ar įmonės akcijos rinkoje nėra pervertintos, lyginant su fundamentaliais įmonės vertės rodikliais.
- Likvidumo (16) rodo, kaip intensyviai vyksta prekyba akcijomis rinkoje.

**Kriterijų reikšmių nustatymas.** Kriterijų reikšmėms nustatyti bus naudojami du pagrindiniai informacijos šaltiniai – nagrinėjamų įmonių finansinės ataskaitos ir duome-

nys apie akcijų prekybą rinkoje. Atsižvelgiant į finansinės atskaitomybės informacijos vėlavimą ir siekiant adekvačiai įvertinti modelio efektyvumą darbe pasirinktas sprendimo priėmimo ir akcijų prekybos duomenų analizės momentas yra pirmoji balandžio mėnesio darbo diena (pvz., metų pelnas imamas už kalendorinius metus, o akcijų kainos pokytis – nuo balandžio 1 iki balandžio 1 d.).

Skaičiuojant kriterijų reikšmes taip pat buvo susidurta su keliais atvejais, kurie pareikalavo skaičiavimų tikslinimo, nes tiesioginis 2 lentelėje aprašytų skaičiavimų taikymas iškreiptų analizės rezultatus:

- Neigiamas  $n-1$  metų pelnas skaičiuojant ROAE pokytį – gaunama neigiamoji rodiklio reikšmė, kai įmonei pavyksta atsikratyti nuostolio ir gauti pelno. Tokioje situacijoje ROAE pokytis buvo skaičiuojamas (ROAE  $n$  metais – ROAE  $n - 1$  metais)/(-ROAE  $n - 1$  metais).

- Neigiamas grynasis pelnas skaičiuojant P/E santykį. Kadangi šis kriterijus taikomas akcijos kainos pagrįstumui nustatyti, neigiamas (ypač mažas) grynasis pelnas iškreipia analizės rezultatus, todėl esant nuostoliui skaičiuojama: maksimali kitų analizuotų akcijų P/E ( $\max(P/E)$ ) reikšmė –  $\max(P/E)/\text{akcijos } P/E$ .
- Neigiamas nuosavas kapitalas skaičiuojant P/B bei D/E. Buvo skaičiuota analogiškai kaip ir P/E atveju.

**Kriterijų svorių nustatymas.** Nustatant kriterijų svorius, svarbu atskirti rizikos kriterijus. Proporcijos tarp svorių skiriamų rizikos ir kitiems kriterijams priklauso nuo investuotojo rizikos tolerancijos lygio. Šiam bandomajam tyrimui atlikti bus sudaryti du portfeliai, atitinkantys skirtingą rizikos tolerancijos lygį turinčių investuotojų poreikius. Numatoma, kad labiau linkę rizikuoti investuotojai rizikos kriterijams skirs 20 proc. svorio, o rizikos vengiantys investuotojai – 40 proc. Pusė rizikai skiriamo svorio skiriama akcijos kainos pokyčio standartiniam nuokrypiui, po ketvirtadalį D/E ir bendrajam likvidumui, užtikrinant paritetą tarp akcijų kainos svyravimo rizikos ir fundamentalių rizikos veiksnių. Kitų kriterijų svoriai bus apskaičiuojami: 1) naudojant *Microsoft Excel* funkciją *Solver* nustatomi trijų ankstesnių metų kriterijų svoriai, kurie užtikrina aukščiausią koreliaciją tarp akcijos patrauklumo ir akcijų grąžos; 2) testuojamo laikotarpio kriterijų svoriai bus lygūs trejų ankstesnių metų didžiausią koreliaciją užtikrinusių kriterijų svorių vidurkiui.

**Metodo parinkimas investiciniam akcijų patrauklumui vertinti.** Atsižvelgiant į tai, kad geriausias MADM metodo pasirinkimas nėra kertinis veiksnys, siekiant šiam tyrimui keliamo tikslo, ir įvertinus Podvezko (2011) ir Das *et al.* (2012) argumentus šio darbo praktinėje dalyje bus taikomas COPRAS metodas akcijų investiciniam patrauklumui nustatyti.

**Kriterijų reikšmių normalizavimas.** Pasirinktas metodas akcijų investiciniam patrauklumui nustatyti veikia tik esant teigiamosioms vertinamų kriterijų reikšmėms. Kadangi pasirinkti kriterijai gali turėti ir neigiamąsias reikšmes, juos reikia normalizuoti – pertvarkyti taip, kad galima būtų naudoti taikant pasirinktą metodą. Šiam tikslui modelyje bus naudojamos reikšmės ne tiesiogiai skaičiuojant 2 lentelėje pateiktų kriterijų reikšmes, bet bus naudojamos perteklinės kriterijų reikšmės (konkrečios įmonės kriterijaus reikšmė minus minimali iš visų nagrinėjamų įmonių kriterijų reikšmių konkrečiais metais).

**Vidinės portfelio koreliacijos skaičiavimas.** Vidinė portfelio koreliacija apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$\text{corr}_p = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N X_i X_j \text{corr}_{ij}}{N^2}, \quad (1)$$

čia  $\text{corr}_p$  – vidinė portfelio koreliacija;  $X_i, X_j$  – atskirų akcijų svoriai portfelyje;  $\text{corr}_{ij}$  – akcijų  $i$  ir  $j$  kainos pokyčio rinkoje tarpusavio koreliacijos koeficientas.

Formulėje taikomas akcijų kainų pokyčio koreliacijos koeficientas skaičiuojamas pagal paskutinių 36 mėnesių mėnesinius kainų pokyčius rinkoje.

## 5. Pasiūlyto modelio efektyvumo įvertinimas

Investicijų portfelio valdymo efektyvumo vertinimas gali būti vykdomas tik lyginant jo rezultatus su kitais būdais valdomų portfelių rezultatais. Atliekant tyrimą buvo sudaryti du pagal pasiūlytą modelį valdomi investicijų portfeliai, skirti skirtingą rizikos tolerancijos lygį turintiems investuotojams: P(80/20), kurį rinksis rizikuoti labiau linkę investuotojai, ir P(60/40), kurį rinksis rizikos vengiantys investuotojai; taip pat du lyginamieji portfeliai – portfelis P(bazinis), kuriame visos analizuotos akcijos turi vienodus svorius, bei portfelis, sudarytas pagal Markowitz modelį P(Markowitz). Taikant Markowitz modelį laukiamas pelningumas yra lygus penkių paskutinių metų pelningumų vidurkiui, o rizika – penkių paskutinių metų grąžos standartiniam nuokrypiui. Taikant Markowitz modelį arba pasiūlytą akcijų investiciniu patrauklumu paremtą modelį gaunamas ne vienareikšmis portfelio optimizavimo problemos sprendimas, bet efektyvioji portfelių riba. Siekiant lyginimų korektiškumo, konkretus portfelis iš efektyviosios portfelių ribos bus pasirenkamas remiantis šiais principais:

$$\text{corr}_{P(80/20)}, \text{corr}_{P(60/40)} = \text{corr}_{P(\text{bazinis})}, \quad (2)$$

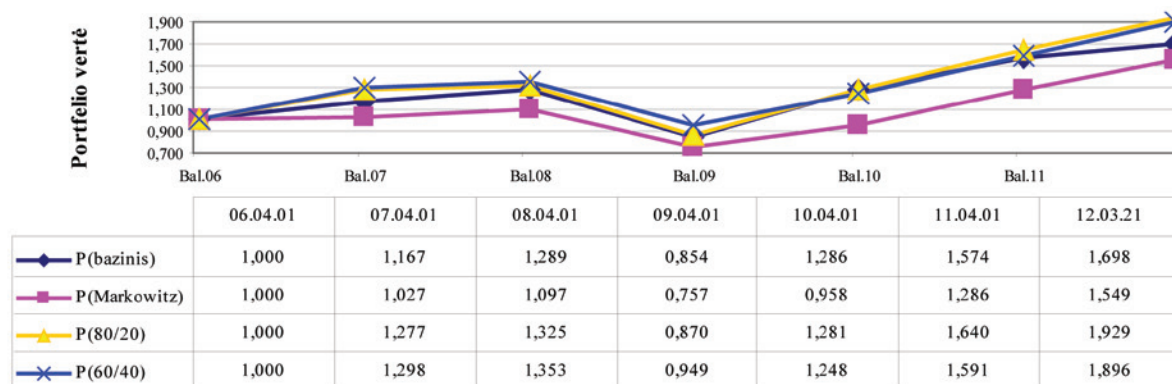
$$SD_{P(\text{Markowitz})} = SD_{P(\text{bazinis})}, \quad (3)$$

čia  $SD$  – portfelio standartinis nuokrypis.

Atliekant tyrimą buvo analizuotas 2002–2011 m. (iki 2012-03-21) periodas. 2002–2005 m. laikotarpis buvo reikalingas modelio parametrų (kriterijų reikšmėms ir svoriams nustatyti), o nuo 2006 m. balandžio 1 d. prasidėjo realus modelio testavimas. Portfelių vertės kitimas 2006-04-01–2012-03-21 periodu pateiktas 3 pav.

Iš 3 pav. matyti, kad investavimo pradžioje (2006 m. balandžio 1 d.) kiekvieno investicijų portfelio vertė buvo lygi vienetui, o bandomojo laikotarpio pabaigoje (2012 m. kovo 21 d.) portfelių valdytų pagal pasiūlytą modelį vertė būtų apie 1,9, o Markowitz ir bazinio palyginamojo portfelio (lygiomis dalimis) vertės būtų atitinkamai tik 1,55 ir 1,7.

Kiekvieno analizuoto portfelio rezultatai atskirais metais pateikti 3 lentelėje. Iš lentelės matyti, kad nė vienas iš analizuotų portfelių nepavyko išvengti nuostolių 2008-04-01–2009-04-01 laikotarpiu, t. y. per patį akcijų rinkos nuosmukį dėl finansinės krizės. Mažiausią nuosmukį patyrė mažesnės rizikos portfelis, valdomas pagal pasiūlytą modelį. Rizikuoti nelinkusio investuotojo faktinės grąžos standartinis nuokrypis tik nedaug (0,26 proc.) viršijo Markowitz portfelio analogišką rodiklį, bet leido pasiekti vidutiniškai 3,76 proc. didesnę metinę grąžą ir buvo pel-



3 pav. Portfelijų vertės kitimas (šaltinis: sudaryta autorių)

Fig. 3. Portfolio value changes (source: compiled by authors)

3 lentelė. Portfelijų grąža analizuotu laikotarpiu (sudaryta autorių)

Table 3. Return for the portfolios in the analysed period (compiled by the authors)

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Grąžos vidurkis	Rizika (SD)
P(bazinis)	16,70 %	10,41 %	-33,75 %	50,60 %	22,45 %	7,85 %	12,38 %	27,32 %
P(Markowitz)	2,71 %	6,84 %	-31,03 %	26,59 %	34,23 %	20,42 %	9,96 %	23,32 %
P(80/20)	27,66 %	3,78 %	-34,31 %	47,24 %	27,95 %	17,67 %	15,00 %	28,04 %
P(60/40)	29,82 %	4,20 %	-29,83 %	31,49 %	27,43 %	19,19 %	13,72 %	23,58 %

ningesnis net už faktiškai gerokai rizikingesnę bazinį lyginamąjį portfelį. Geriausią grąžą analizuojamu laikotarpiu turėjo pagal pasiūlytą modelį valdomas didesnės rizikos portfelis (P(80/20)), tačiau jo vertės svyravimai irgi buvo didžiausi iš visų analizuotų portfelijų. Vertinant portfelijų rizikos ir grąžos santykį, reikia pažymėti, kad portfelio variacijos koeficientai (rizika, tenkanti 1 grąžos vienetui) yra: P(bazinis) – 2,21; P(Markowitz) – 2,34; P(80/20) – 1,87; P(60/40) – 1,72, t. y. pagal pasiūlytą modelį valdomų portfelio rizikos ir pelno santykis yra geresnis nei lyginamųjų – Markowitz ir bazinio – portfelijų.

Testuojant modelį gauti rezultatai leidžia teigti, kad pasiūlytas akcijų investiciniu patrauklumu paremtas investicijų portfelio sudarymo modelis yra efektyvus ir leidžia pasiekti geresnių rezultatų nei Markowitz portfelis ar portfelis, sudarytas lygiomis dalimis iš visų analizuotų akcijų.

### 6. Išvados

Atlikus daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodų taikymo portfelio optimizavimui galimybių analizę, pasiūlius akcijų investiciniu patrauklumu paremtą portfelio optimizavimo modelį ir atlikus empirinį tyrimą (bandomąjį modelio testavimą), galima pateikti kelias išvadas ir apibendrinimus:

- Yra dvi pagrindinės daugiakriterinio sprendimų priėmimo metodų grupės, kurios gali būti taikomos optimizuojant portfelį: MADM metodai, kurie taikomi akcijų investiciniam patrauklumui nustatyti, ir MODM metodai, kurie gali būti taikomi tiesiogiai portfelio optimizavimo problemai spręsti.
- Mokslinėje literatūroje siūloma taikyti MODM metodus, turinčius net iki 12 tikslų, tačiau įvertinus portfelio optimizavimo ir sprendimų priėmimo sudėtingumą straipsnyje pasiūlyta naudoti ne daugiau kaip 3 (geriau 2) tikslų sistemas, o į kitas investuotojui aktualias charakteristikas atsižvelgti vertinant investicinių objektų (akcijų) investicinį patrauklumą.
- Pasiūlytas modelis į akcijų investicinio patrauklumo vertinimą leidžia įtraukti pelningumo ir rizikos, fundamentaliuosius ir akcijų kainos kitimo rinkoje rodiklius bei siekti sumažinti bendros portfelio rinkos vertės svyravimus minimizuojant vidinę portfelio koreliaciją.
- Detalizavus konkrečius pasiūlyto modelio įgyvendinimo sprendimus buvo atliktas modelio testavimas (bandomasis empirinis tyrimas), kurio rezultatai parodė, kad, taikant modelį, galima pasiekti didesnę investicijų grąžą nei investuojant turimas lėšas lygiomis dalimis



ar į Markowitz efektyvųjį portfelį: mažesnės rizikos portfelio grąža buvo vidutiniškai 3,76 proc. didesnė už Markowitz portfelio grąžą ir 1,34 proc. didesnė už faktiškai gerokai rizikingesnį bazinį portfelį. Investavus 1 litą 2006-04-01, investicijų vertė 2012-03-21 būtų atitinkamai: P(bazinis) – 1,698; P(Markowitz) – 1,549; P(80/20) – 1,929; P(60/40) – 1,896. Pasiūlytas modelis leido gauti geresnį portfelio rizikos ir grąžos santykį.

- Nepaisant didesnės nei lyginamųjų portfelių vidutinės grąžos, pasiūlytas modelis neleido išvengti nuostolių esant bendram akcijų rinkos nuosmukiui, taigi galima tolesnė šių tyrimų plėtra galėtų būti nukreipta ne tik į akcijų tarpusavio lyginimą (sprendimą, kur investuoti paiešką), bet ir į investavimo tikslingumo vertinimą (ar iš viso konkrečiu momentu investuoti į rizikingus aktyvus).
- Pasiūlytas modelis leidžia adekvačiau įvertinti investicijų grąžos perspektyvas, parinkti geriau investuotojų poreikius atitinkantį portfelį, tačiau turi apribojimų (reikalauja daug vienaarūšių duomenų, į analizę negalima įtraukti įmonių, kurių finansiniai metai baigiasi skirtingais laikotarpiais). Šių apribojimų poveikį galima minimizuoti didinant duomenų apdorojimo periodiškumą (pvz., imant ketvirtinius duomenis) ir kuriant automatizuotas duomenų surinkimo, akcijų investicinio patrauklumo vertinimo ir monitoringo sistemas.

## Literatūra

- Anagnostopoulos, K. P.; Mamanis, G. 2010. A portfolio optimization model with three objectives and discrete variables, *Computers & Operations Research* 37: 1285–1297. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2009.09.009>
- Baixauly-Soler, J. S.; Alfaro-Cid, E.; Fernandez-Blanco, M. O. 2011. Mean-VaR portfolio selection under real constraints, *Computational Economics* 37: 113–131. <http://dx.doi.org/10.1007/s10614-009-9195-1>
- Bernroeder, E.; Stix, V. 2007. A method using weight restrictions in data envelopment analysis for ranking and validity issues in decision making, *Computers & Operations Research* 34: 2637–2647. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2005.10.005>
- Bhattacharyya, R.; Kar, S.; Majumder, D. D. 2011. Fuzzy mean-variance-skewness portfolio selection models by interval analysis, *Computers and Mathematics with Applications* 61: 126–137. <http://dx.doi.org/10.1016/j.camwa.2010.10.039>
- Bikas, E.; Laurinavičius, A. 2009. Finansinių ir nekilnojamojo turto investicijų portfelio formavimo aspektai ir galimybės, *Verslas: teorija ir praktika* [Business: Theory and Practice] 10(2): 118–129.
- Byrne, P.; Lee, S. 2004. Different Risk Measures: Different Portfolio Compositions?, *Journal of Property Investment & Finance* 22(6): 501–511. <http://dx.doi.org/10.1108/14635780410569489>
- Chung, H. Y.; Kim, J. B. 2001. A structured financial statement analysis and the direct prediction of stock prices in Korea, *Asia-Pacific Financial Markets* 8: 87–117. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1011951102564>
- Das, M. C.; Sarkar, B.; Ray, S. 2012. A framework to measure relative performance of Indian technical institutions using antegrated fuzzy AHP and COPRAS methodology, *Socio-Economic Planning Sciences* 46(3): 1–12.
- Dzikevičius, A.; Šaranda, S. 2010. EMA versus SMA usage to forecast stock markets: the case of S&P 500 and OMX Baltic benchmark, *Verslas: teorija ir praktika* [Business: Theory and Practice] 11(3): 248–255.
- Ehrgott, M.; Klamroth, K.; Schwehm, Ch. 2004. An MCDM approach to portfolio optimization, *European Journal of Operational Research* 155: 752–770. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00881-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00881-0)
- Garcia, F.; Guijarro, F.; Moya, I. 2010. A goal programming approach to estimating performance weights for ranking firms, *Computers & Operations Research* 37: 1597–1609. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2009.11.018>
- Gupta, P.; Inuiguchi, M.; Mehlatat, M. K. 2011. A hybrid approach for constructing suitable and optimal portfolios, *Expert Systems with Applications* 38: 5620–5632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.10.073>
- Huang, Ch. F. 2012. A hybrid stock selection model using genetic algorithms and support vector regression, *Applied Soft Computing* 12: 807–818. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2011.10.009>
- Jandaghi, G., et al. 2010. Application of fuzzy-neural networks in multi-ahead forecast of stock price, *African Journal of Business Management* 4(6): 903–914.
- Jarret, J. E.; Schilling, J. 2008. Daily variation and predicting stock market returns for the Frankfurter Börse (stock market), *Journal of Business Economics and Management* 9(3): 189–198.
- Konno, H.; Shirakawa, H.; Yamazaki, H. 1993. A mean-absolute deviation-skewness portfolio optimization model, *Annals of Operation Research* 45: 205–220.
- Konno, H.; Suzuki, K. 1995. A mean-variance-skewness portfolio optimization model, *Journal of the Operations Research Society of Japan* 38(2): 173–187. <http://dx.doi.org/10.1007/BF02282050>
- Kumar, M. 2010. Modelling exchange rate returns using non-linear models, *The Journal of Applied Economic Research* 4: 101–125.
- Lee, W. S., et al. 2009. Combined MCDM techniques for exploring stock selection based on Gordon model, *Expert Systems with Applications* 36: 6421–6430. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2008.07.084>
- Leigh, W.; Purvis, R.; Ragusa, J. M. 2002. Forecasting the NYSE composite index with technical analysis, pattern recognizer, neural network, and genetic algorithm: a case study in romantic decision support, *Decision Support Systems* 32: 361–377. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236\(01\)00121-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-9236(01)00121-X)
- Li, X.; Qin, Z.; Kar, S. 2010. Mean-variance-skewness model for portfolio selection with fuzzy returns, *European Journal of Operational Research* 202: 239–247. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.003>
- Liu, S.; Wang, S. Y.; Qiu, W. 2003. Mean-variance-skewness model for portfolio selection with transaction costs, *International Journal of Systems Science* 34(4): 255–262. <http://dx.doi.org/10.1080/0020772031000158492>

- Lo, A. W.; Petrov, C.; Wierzbicki, M. 2003. It's 11 PM – do you know where your liquidity is? The mean-variance-liquidity frontier, *Journal of Investment Management* 1(1): 55–93.
- Markowitz, H. 1959. *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*. John Wiley & Sons. 344 p.
- Markowitz, H. M. 1952. Portfolio selection, *Journal of Finance* 7(1): 77–91.
- Panda, Ch.; Narasimhan, V. 2006. Predicting stock returns : an experiment of the artificial neural network in Indian stock market, *South Asia Economic Journal* 7(2): 205–218. <http://dx.doi.org/10.1177/139156140600700203>
- Pindoriya, N. M.; Singh, S. N.; Singh, S. K. 2010. Multi-objective mean-variance-skewness model for generation portfolio allocation in electricity markets, *Electric Power Systems Research* 80: 1314–1321. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2010.05.006>
- Podvezko, V. 2011. The comparative analysis of MCDA methods SAW and COPRAS, *Inžinerine Ekonomika – Engineering Economics* 22(2): 134–146.
- Roman, D.; Darby-Dowman, K.; Mitra, G. 2007. Mean-risk models using two risk measures: a multi-objective approach, *Quantitative Finance* 7(4): 443–458. <http://dx.doi.org/10.1080/14697680701448456>
- Rutkauskas, A. V. 2006. Adekvaciojo investavimo portfelio anatomija ir sprendimai panaudojant imitacines technologijas, *Ekonomika [Economics]* 75: 52–76.
- Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V. 2008. Stratification of stock profitabilities – the framework for investors' possibilities research in the market, *Intelektinė ekonomika [Intellectual Economics]* 1(3): 65–72.
- Rutkauskas, A. V.; Stasytytė, V.; Borisova, J. 2009. Adequate Portfolio as a conceptual model of investment profitability, risk and reliability adjustment to investor's interests, *Economics & Management* 14: 1170–1174.
- Sallehuddin, R.; Shamsuddin, S. M. Hj. 2007. Forecasting time series data using hybrid grey relational artificial neural network and auto regressive integrated moving average model, *Neural Network World* 6: 573–605.
- Samaras, G. D.; Matsatsinis, N. F. 2003. A multicriteria DSS for a global stock evaluation, *Operational Research. An International Journal* 3(3): 281–306.
- Samaras, G. D.; Matsatsinis, N. F.; Zopounidis, C. 2008. A multicriteria DSS for stock evaluation using fundamental analysis, *European Journal of Operational Research* 187: 1380–1401. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.020>
- Sevastjanov, P.; Dymova, L. 2009. Stock screening with use of multiple criteria decision making and optimization, *Omega* 37: 659–671. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2008.04.002>
- Stankevičienė, J.; Žinytė, S. 2011. Valuation model of new start-up companies: Lithuanian Case, *Verslas: teorija ir praktika [Business: Theory and Practice]* 12(4): 379–389.
- Stasytytė, V. 2008. From two-dimensional profit-risk to three-dimensional profit-reliability-risk in capital markets, in *20th EURO Mini Conference "Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies"* (EurOpt-2008), 149–153.
- Steuer, R. E.; Qi, Y.; Hirschberger, M. 2005. Multiple objectives in portfolio selection, *Journal of Financial Decision Making* 1(1): 11–26.
- Steuer, R. E.; Qi, Y.; Hirschberger, M. 2007. Suitable-portfolio investors, nondominated frontier sensitivity, and the effect of multiple objectives on standard portfolio selection, *Annals of Operations Research* 152: 297–317. <http://dx.doi.org/10.1007/s10479-006-0137-1>
- Stevenson, S. 2007. A comparison of the forecasting ability of ARIMA models, *Journal of Property Investment & Finance* 25(3): 223–240. <http://dx.doi.org/10.1108/14635780710746902>
- Szego, G. 2005. Measures of risk, *European Journal of Operational Research* 163: 5–19. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2003.12.016>
- Tiryaki, F.; Ahlatcioglu, M. 2005. Fuzzy stock selection using a new fuzzy ranking and weighting algorithm, *Applied Mathematics and Computation* 170: 144–157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.amc.2004.10.092>
- Tupėnaitė, L. 2010. *Multiple Criteria Assessment of the Built and Human Environment Renovation Projects*: Doctoral dissertation. Vilnius Gediminas Technical University. Vilnius: Technika. 129 p.
- Tvaronavičienė, M.; Michailova, J. 2004. Optimalaus akcijų portfelio sudarymas, naudojantis H. Markowitz „Portfelio teorija“, *Verslas: teorija ir praktika [Business: Theory and Practice]* 5(3): 135–143.
- Ustun, O.; Kasimbeyli, R. 2012. Combined forecasts in portfolio optimization: a generalized approach, *Computers & Operations Research* 39: 805–819. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2010.09.008>
- Vasiliauskaitė, D. 2004. Optimalaus vertybinių popierių portfelio sudarymo ypatumai, *Ekonomika [Economics]* 67(2): 117–130.
- Voulgaris, F.; Doumpos, M.; Zopounidis, C. 2000. On the evaluation of Greek industrial SMEs' performance via multicriteria analysis of financial ratios, *Small Business Economics* 15: 127–136. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1008159408904>
- Xidonas, P., et al. 2011. IPSSIS: an integrated multicriteria decision support system for equity portfolio construction and selection, *European Journal of Operational Research* 210: 398–409. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2010.08.028>
- Xidonas, P.; Askounis, D.; Psarras, J. 2009a. Common stock portfolio selection: a multiple criteria decision making methodology and an application to the athens stock exchange, *Operational Research. An International Journal* 9: 55–79.
- Xidonas, P.; Mavrotas, G.; Psarras, J. 2009b. A multicriteria methodology for equity selection using financial analysis, *Computers & Operations Research* 36: 3187–3203. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2009.02.009>
- Xidonas, P.; Mavrotas, G.; Psarras, J. 2010. Equity portfolio construction and selection using multiobjective mathematical programming, *Journal of Global Optimization* 47: 185–209. <http://dx.doi.org/10.1007/s10898-009-9465-4>
- Yu, L.; Wang, S.; Lai, K. K. 2008. Neural network-based mean-variance-skewness model for portfolio selection, *Computers & Operations Research* 35: 34–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2006.02.012>
- Zavadskas, E. K.; Turskis, Z. 2011. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview, *Technological and Economic Development of Economy* 17(2): 397–427. <http://dx.doi.org/10.3846/20294913.2011.593291>

**Grigorij ŽILINSKIJ.** PhD student of Vilnius Gediminas Technical University, Department of Finance Engineering. Research interests: investment portfolio selection and management, financial analysis and management, preparation and management of investment projects.

**Aleksandras Vytautas RUTKAUSKAS.** Doctor Habil, Professor, the Head of the Faculty of Business Management, Vilnius Gediminas Technical University. Research interests: capital and exchange markets, sustainable investment strategies development, regional development.