

## Akcijų kainų kitimo rangavimo metodas vertybinių popierių prekybos sistemose

### Rimvydas Simutis

Profesorius technologijos mokslų habilituotas daktaras  
Vilniaus universiteto Kauno humanitarinis fakultetas  
Sociokultūrinių santykių institutas  
Muitinės g. 8, 3000 Kaunas  
Tel. (+370 37) 42 25 66  
El. paštas: Rimvydas.Simutis@vukhf.lt

*Straipsnyje nagrinėjamas autoriaus pasiūlytas akcijų kainų kitimo rangavimo metodas ir šio metodo taikymas vertybinių popierių prekybos sistemose. Atlikti eksperimentiniai tyrimai parodė, kad taikant siūlomą metodą istoriniams akcijų kainų kitimo duomenims įvertinti, virtualūs investavimo rezultatai ilgą laiką yra ženkliai geresni negu rinkos vidurkis. Taigi šie rezultatai prieštarauja efektyvios rinkos hipotezės teiginiams ir motyvuoja prekybos sistemų, pagrįstų akcijų kainų kitimo rangavimu, kūrimą ir eksperimentinius tyrimus. Straipsnyje analizuojami praktiniai šio metodo taikymo realioje rinkoje aspektai ir komisinių mokesčių už vertybinių popierių pirkimo–pardavimo operacijas dydžio įtaka investavimo rezultatams.*

### Įvadas

Sparčiai plėtojantis informacinėms technologijoms, investavimo sėkmei vis didesnę įtaką daro efektyvus informacijos apie vertybinius popierius apdorojimas. Pasitelkę istorinę ir realaus laiko informaciją investicinių fondų strategai bando prognozuoti akcijų kainų kitimo tendencijas ir pagal šiuos rezultatus formuoti investicinius portfelius. Antra vertus, akademikų plačiai žinoma efektyvios rinkos hipotezė, kad vertybinių popierių kaina rinkose yra visos turimos informacijos apie kompanijas atspindys, o nauja gauta informacija tuoj pat suformuoja naujas kompanijų akcijų kainas. Taigi priėmus šią hipotezę istorinės informacijos

analizė investuotojui neturi prasmės, nes ši informacija jau atsispindi akcijų kainose. Kadangi naujos aktualios informacijos pasirodymas yra neprognozuojamas, atsitiktinis reiškinys – akcijų kainų kitimas pagal šią hipotezę taip pat yra neprognozuojamas procesas. Šios hipotezės padarinys – naudojant istorinę informaciją ilgesnį laiką negalima gauti geresnių investavimo rezultatų negu rinkos vidurkis. Žinoma daug darbų, pvz., White 1988, Lowe ir Webb 1991, kuriuose ši hipotezė iš dalies patvirtinama. Tačiau kai kurių darbų (Fama 1991, Baestaens ir kt. 1996) gauti rezultatai aiškiai prieštarauja šiai hipotezei. Taigi efektyvios rinkos hipotezės teiginius mokslininkai toliau kryptingai analizuoja, o tokių tyrimų rezulta-

tus bandoma pritaikyti investicinių sprendimų praktikai. Šiame darbe pasiūlytas ir eksperimentiškai ištirtas akcijų kainų kitimo rangavimo metodas. Pasiūlytas metodas pritaikytas formuojant virtualią vertybinių popierių prekybos sistemą JAV rinkose. Tyrimo rezultatai aiškiai prieštarauja efektyvios rinkos teorijos teiginiams. Taikant siūlomą metodą teoriniai investavimo rezultatai ilgą laiką buvo ženkliai geresni negu rinkos vidurkis. Tačiau praktiškai naudoti pasiūlytą metodą yra gana problemiška dėl komisinių mokesčių įtakos investavimo rezultatams. Straipsnyje aptariami galimi būdai sumažinti šias problemas.

### Akcijų kainų kitimo rangavimas

Akcijų kainų prognozavimas pasitelkiant istorinius kainų duomenis yra labai sudėtingas uždavinys, ir mokslinėje visuomenėje nusistovėjusi nuomonė, kad šio uždavinio nagrinėjimas yra panašus į *perpetuum mobile* kūrimą. Uždavinį apsunkina akcijų rinkų procesų nestacionarumas ir prognozės rezultatų įtaka (jei prognozė taikoma realioje rinkose) pačiam akcijų kainų susidarymo procesui. Antra vertus, žinomiausi vertybinių popierių rinkų ekspertai praktikai, kurie akcijų kainų istorinius duomenis naudoja akcijų techninės analizės algoritmuose, dažnai pasiekia daug geresnių rezultatų negu rinkos vidurkis. Tai leidžia manyti, kad kai kurie akcijų kainų kitimo procesai gali būti bent iš dalies prognozuojami, jei prognozuoti naudojami tinkami metodai. Prognozavimo algoritmų kūrimo ir analizės darbai ypač suaktyvėjo pastarąjį dešimtmetį, stipriai padėjęs kompiuterių galingumui ir tobulėjant dirbtinio intelekto metodams. Mūsų pačių atlikti įvairių prognozavimo algoritmų tyrimai (Blandis ir Simutis, 2002; Girdzijauskas ir Simutis, 2002; Nenortaitė ir Simutis, 2001) parodė, kad kai savaitiniai akcijų kainų pokyčiai

nėra labai dideli (iki  $\pm 10\%$ ), akcijų kainos prognozė nepriklausomai nuo taikomų prognozės metodų yra neefektyvi. Šiuo atveju geriausių prognozavimo rezultatų būdavo gaunama, tarus, kad akcijų kaina ateityje nesikeis (vadinamoji nulinė arba naivi akcijų kainos kitimo prognozė). Tačiau laikotarpiams, kai savaitiniai akcijų ar indeksų kainų pokyčiai būdavo dideli, prognozavimo rezultatai geresni negu nulinės prognozės. Šių tyrimų rezultatai panaudoti kuriant akcijų kainų kitimo rangavimo metodą, kurio realizavimas susideda iš tokių etapų:

1. Pasirenkama kompanijų grupė, susidedanti iš  $M$  kompanijų, kurių akcijų kainų kitimas bus stebimas. Mūsų, atliekant tyrimus, analizuotos 30 į DOW JONES indekso grupę ir 292 į SP500 indekso grupę įeinančios kompanijos.
2. Akcijų kainų kitimas  $T_k(t)$  per paskutines  $k$  dienas nustatomas pagal tokią išraišką:

$$T_k(t) = \frac{100}{k} \cdot \frac{y(t) - y(t-k)}{y(t-k)}, \quad (1)$$

o tos pačios kompanijos būsimo  $h$  dienų laikotarpio akcijų kainos kitimas  $P_k(t)$  nustatomas taip:

$$P_k(t) = \frac{100}{k} \cdot \frac{y(t+h) - y(t)}{y(t)}. \quad (2)$$

3. Laiko momentu  $t$  visos akcijos pagal akcijų kainų pokyčius  $T_k$  surikiuojamos didėjimo tvarka nuo 1 iki  $M$ , ir kiekviena  $i$  akcija gauna savo eilės numerį  $Q^i$ .
4. Nustatomas kiekvienos  $i$  akcijos reliatyvus akcijos kainos kitimo rangas, kuris kinta nuo  $-1$  iki  $+1$ , ir apskaičiuojamas pagal tokią išraišką:

$$R_k^i(t) = \frac{2 \cdot (Q^i(t) - 1)}{M - 1} - 1. \quad (3)$$

Didžiausią neigiamą kainos pokytį per  $k$  dienų turinti akcija įgauna reikšmę  $-1$ , o didžiausią  $R_k^i$  teigiamą kainos pokytį turinti akcija įgauna reikšmę  $+1$ .

5. Apskaičiuota akcijų kainos pokyčio rango reikšmė toliau įvairiais būdais gali būti integruota į prekybos vertybiniais popieriais algoritmus.

Pasiūlytas akcijų kainų kitimo rangavimo algoritmas gali būti lengvai realizuojamas pasitelkus programinius paketus *MATLAB*, *MS Excel*, *STATISTICA* ir pan.

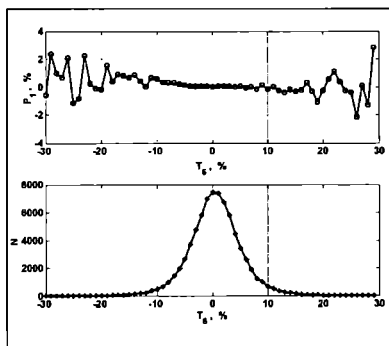
### Akcijų kainų kitimo rangavimo eksperimentinis tyrimas

Toliau pateikiamu eksperimentiniu tyrimu parodysime, kad kai akcijų kainos pokyčio rango reikšmės yra artimos  $-1$ , šių akcijų kainos pokytį ateinančią dieną galima prognozuoti tikslumu, kuris yra gerokai didesnis negu naivios prognozės atveju. Būtina paminėti, kad panašių rezultatų eksperimentiškai analizuodami Švedijos kompanijos akcijas gavo mokslininkai iš Umea universiteto (Hellstrom, 2001).

Mūsų eksperimente analizuojamas dviejų grupių JAV kompanijų akcijų kainų kitimas. Pirmą grupę sudarė trisdešimties kompanijų, įeinančių į DOW JONES pramoninį indeksą, akcijos. Antra grupė – 292 į SP500 indeksą įeinančių kompanijų akcijos, kurių kaina 2002 m. gruodžio 30 d. buvo didesnė nei 10 JAV dolerių. Analizuota, kaip akcijų kainų kitimas per paskutines  $k$  dienų,  $T_k(t)$ , veikia kitų  $h$  dienų akcijų kainos pokytį  $P_h(t)$ . Eksperimentams naudoti 1992 12 30–2002 12 30 metų duomenys. Pateikiame būdingiausius rangavimo metodo efektyvumą apibūdinančius rezultatus, kurie gauti analizuojant paskutinių šešių dienų kompanijos akcijų kainų pokytį ir stebint kainos kitimą tolesnę vieną dieną periodui,

t. y. pateikti rezultatai, kai  $k = 6$  ir  $h = 1$ . Pirmame paveiksle pavaizduota, kaip vidutinis vienos dienos akcijų kainos pokytis  $P_1$  priklauso nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio  $T_6$ .

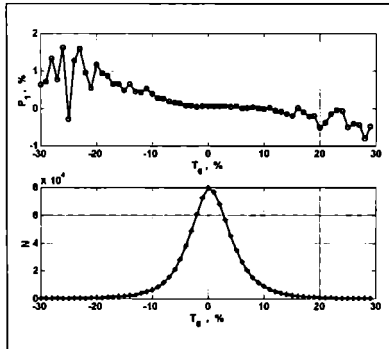
Apatiniame grafike pavaizduotas skaičius eksperimento taškų, kurių buvo skaičiuotas vidutinis kainų pokytis  $P_1$ . Pateikti apskaičiuoti pirmos kompanijų akcijų grupės rezultatai. Panašūs rezultatai gauti ir antros kompanijų grupės, jie pavaizduoti 2 paveiksle. Kaip matome iš grafikų, abiejų kompanijų grupių gautos labai panašios priklausomybės. Jų esmė ta, kad jei per paskutines šešias dienas akcijų kainų pokytis patenka į intervalą  $[-7\%, +10\%]$ , vidutinis kitos dienos akcijų kainų pokytis yra artimas nuliui. Kadangi kai prekyba normali, apie 90 proc. visų akcijų patenka į šį intervalą, didelė dalis rinkoje prekiaujamų akcijų neturi statistiškai pagrįstos kitos dienos pelno ar nuostolio prognozės. Šiuo reiškiniu galbūt galima paaiškinti ir nelabai sėkmingus bandymus akcijų prognozei pritaikyti dirbtinius neuroninius



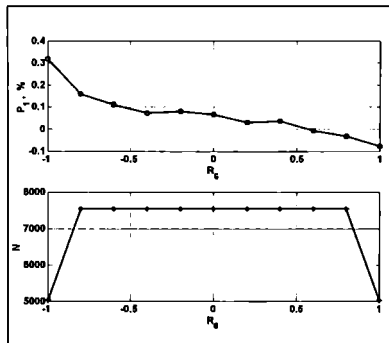
1 pav. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P_1$  priklausomybė nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio  $T_6$  (pirmos kompanijų grupės tyrimo rezultatai),  $N$  – eksperimento taškų skaičius

tinklus, kadangi juos naudojant buvo bandoma prognozuoti „normalių“ akcijų trumpalaikius kainų pokyčius, kurių statistinis vidurkis yra artimas nuliui.

Kada šešių dienų kainų pokyčiai yra už minėto intervalo ribų, vidutinis kitos dienos kai-



2 pav. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P_t$  priklausomybė nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio  $T_t$  (antros kompanijų grupės tyrimo rezultatai),  $N$  – eksperimento taškų skaičius

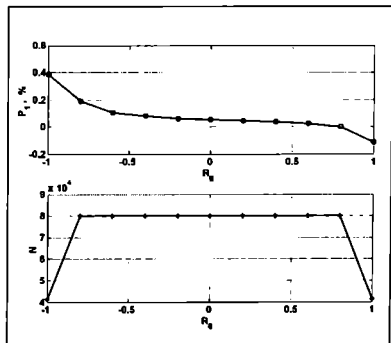


3 pav. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P_t$  priklausomybė nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio rango (pirmos kompanijų grupės tyrimo rezultatai),  $N$  – eksperimento taškų skaičius

nos pokytis yra ženklus ir tokios akcijos turėtų patraukti investuotojų dėmesį. Jeigu šešių dienų akcijų kainų pokytis yra stipriai neigiamas, atsiranda reali tikimybė, kad kitą dieną šių akcijų kainos didės. Šešių dienų akcijų kainų pokyčiai esant didesniai negu 10 proc., tikėtina, kad kitą dieną šių akcijų kaina kris.

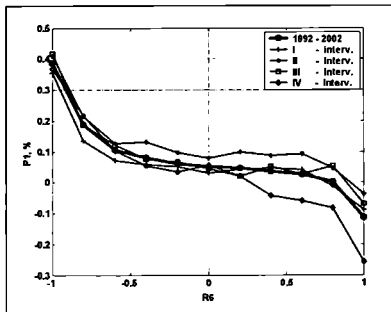
Didėjant akcijų kainų kitimo pokyčiams mažėja skaičius eksperimentinių taškų, pagal kuriuos nustatomas vidutinis kitos dienos akcijų kainų pokytis, todėl šie rezultatai yra mažiau statistiškai patikimi. Gerokai patikimesni rezultatai gaunami vietoje absoliutinių akcijų kainų kitimo pokyčio taikant akcijų kainų kitimo rangą, kuris kompanijų akcijų grupei nustatomas pagal 1–3 išraiškas. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P_t$  priklausomybės nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio rango  $R_t$  pateikiamos 3 pav. ir 4 paviksle.

Iš pateiktų grafikų matome, kad kainų pokyčių priklausomybė nuo akcijų rango yra gerai išreikšta ir panaši abiejų kompanijų gru-



4 pav. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P_t$  priklausomybė nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio rango (antros kompanijų grupės tyrimo rezultatai),  $N$  – eksperimento taškų skaičius

pių. Per visą rangavimo diapazoną eksperimentų skaičius yra pasiskirstęs tolygiai, todėl šie rezultatai statistiškai patikimesni negu 1 pav. ir 2 pav. pateikti rezultatai. Eksperimento metu taip pat nustatyta, kaip akcijų kainų pokyčių priklausomybė nuo akcijų rango yra panaši įvairiems laiko intervalams. Tam tikslui antros grupės kompanijų akcijų kainų kitimo tyrimo intervalas buvo suskirstytas į keturis lygius laiko intervalus (kiekvieno intervalo trukmė – 2,5 metų) ir visų keturių intervalų nustatyta vidutinė kainų pokyčių priklausomybė nuo akcijų rango. Eksperimento rezultatai pateikiami 5 paveiksle. Kaip matome iš paveiksle pateiktų grafikų, atskirų laiko intervalų funkcinė priklausomybė yra gana panaši, o tai leidžia teigti, kad pasiūlytas metodas duoda palyginti pastovius rezultatus, nepaisant rinkose vyraujančių bendrų teigiamų ar neigiamų kitimo tendencijų.



5 pav. Vidutinio vienos dienos akcijų kainos pokyčio  $P$ , priklausomybė nuo prieš tai buvusio šešių dienų akcijos kainos pokyčio rango. Tyrimai atlikti antros kompanijų grupės akcijoms įvairiu laiko intervalu

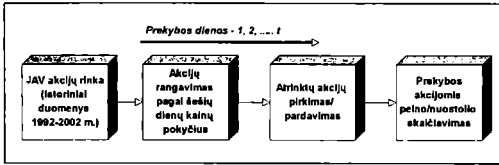
## Rangavimo rezultatų taikymas prekybos sistemose

Tyrimo rezultatai, pateikti 3, 4 ir 5 grafikuose, duoda pagrindo teigti, kad pagal akcijų kainų

kitimo rangavimą suformuota akcijų prekybos sistema teoriškai turėtų duoti gerų rezultatų. Todėl taikant pasiūlytą rangavimo algoritmą buvo suformuota virtuali prekybos akcijomis sistema, kurios funkcionavimą trumpai galima apibūdinti taip:

- laikotarpiu nuo 1992 12 30–2002 12 30 kiekvieną prekybos dieną buvo analizuojamas abiejų kompanijų grupių akcijų kainų kitimas;
- kiekvienoje grupėje buvo atliekamas akcijų kainų kitimo rangavimas ir atrenkama po tris blogiausių rangą turinčias akcijas;
- atrinktos akcijos buvo perkamos ir po vienos dienos parduodamos;
- bandomojo laikotarpio pradžioje buvo tariama, kad investuotojas turi 10 000 JAV dolerių pradinį kapitalą. Už šį kapitalą lygiomis dalimis buvo perkamos atrinktos akcijos;
- pirkimo–pardavimo operacijų metu nuo sandorių sumos buvo atskaitomi 0,2 proc. komisinių mokesčių už pirmos grupės akcijas ir 0,4 proc. – už antros grupės akcijas. Tokio dydžio mokesčiai yra mažiausi mokesčiai, kuriuos apytikriai moka individualus investuotojas, besinaudojantis elektroninių brokerinių kompanijų paslaugomis (pvz., kompanija *Interactive Brokers*, JAV). Didesni antros grupės akcijų komisiniai mokesčiai yra todėl, kad vidutinė bendra vienos dienos prekybos antros grupės akcijomis apimtis yra gerokai mažesnė negu prekybos pirmos grupės akcijomis, o tai sukelia papildomų išlaidų perkant / parduodant akcijas;
- gautas prekybos pelnas buvo vėl visas reinvestuojamas į akcijas ir skaičiuojamas investuoto kapitalo kitimas.

Virtualios prekybos sistemos struktūrinė schema vaizduojama 6 paveiksle. Prekybos sistema buvo realizuota *MATLAB* programinio



6 pav. Virtualios akcijų prekybos sistemos struktūrinė schema

paketo aplinkoje. Lygia greta buvo skaičiuojamas kapitalo kitimas, kuris būtų gaunamas investuojant į bendrą JAV akcijų rinką apibūdinantį parametą – SP500 indeksą. Prekybos rezultatai virtualiai prekiaujant abiejų grupių kompanijų akcijomis pateikiami 7 paveiksle.

### Prekybos sistemos rezultatų analizė ir išvados

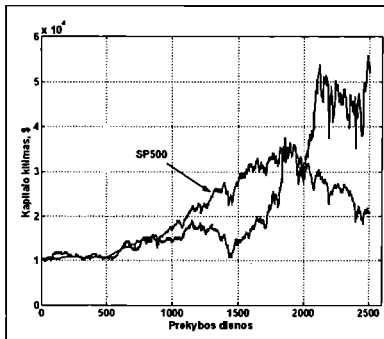
Kaip matome iš 5 pav. pateiktų rezultatų, pasiūlytas kainų rangavimo algoritmas prekiaujant abiejų kompanijų grupių akcijomis davė gerų rezultatų. Ypač gerų rezultatų gauta prekiaujant antros grupės akcijomis, kur testavi-

mo periodo pabaigoje kapitalo kaupimo rezultatai buvo apie penkis kartus geresni negu investuojant į SP500 indeksą. Tai galima aiškinti tuo, kad šioje grupėje buvo gerokai daugiau kompanijų negu pirmoje grupėje (atitinkamai 292 ir 30), todėl per testavimo laikotarpį „pelningo inter-

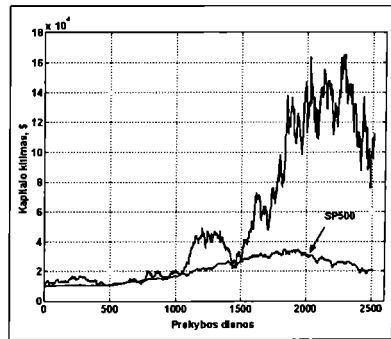
valo“ grupę (akcijų kainų kritimas per šešias dienas daugiau nei 7 proc.) atrenkamos akcijos patekdavo dažniau.

Nors rezultatai ir geri, taikant pasiūlytą metodą realiose rinkose reikėtų atkreipti dėmesį į dvi problemas:

- prekybos rezultatai labai priklauso nuo komisinių mokesčių dydžio. Pavyzdžiui, antroje grupėje padidinus komisinių mokesčių dydį iki 0,5 proc., prekyba akcijomis taikant šį metodą tampa nuostolinga (8 pav., a). Išsamesni mokesčių įtakos investuotojo pelnui rezultatai pateikiami 9 paveiksle;
- investuotojas, taikantis šį metodą, turi būti pasirėngęs, kad kapitalas laikinai gali su-

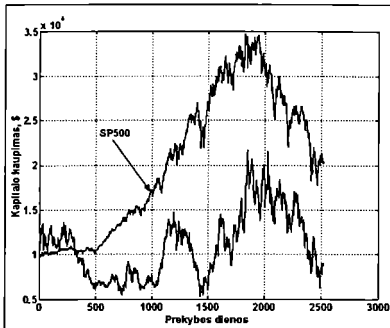


a)

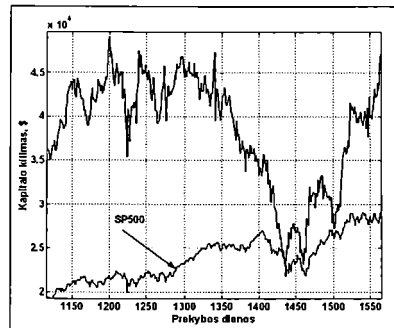


b)

7 pav. Virtualios prekybos rezultatai prekiaujant pirmos (a) ir antros grupės (b) kompanijų akcijomis. Pirmos grupės akcijoms buvo taikomas 0,2 proc., o antros grupės akcijoms 0,4 proc. komisinis mokeskis nuo sandorio sumos

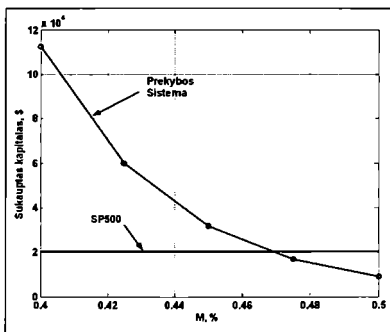


a)



b)

8 pav. Virtualios prekybos rezultatai prekiaujant antros grupės kompanijų akcijomis, kai komisiniai mokesčiai yra 0,5 proc. (a). Laikinas kapitalo sumažėjimas taikant rangavimo metodą gali būti daugiau negu 50 proc. (b)



9 pav. Per prekybos laikotarpį (1992–2002) sukaupto kapitalo priklausomybė nuo prekybos komisinių mokesčių,  $M$ . Kai mokesčiai didesni negu 0,47 proc. prekybos sistemos rezultatai pasidaro blogesni negu rinkos vidurkis (sukauptas kapitalas investavus į SP500 indeksą).

mažėti (sumažėti gali ir labai, iki 50 proc., 8 pav., b). Tai gali būti kritinis veiksnys investiciniams fondams, kadangi tokios krizės metu iš fondo gali pasitraukti didelė dalis investuotojų.

Pasiūlytas akcijų kainų kitimo rangavimo metodas ir jo taikymas realiose prekybos sistemose gali būti toliau tobulinamas. Pirmi tyrimai rodo, kad metodo efektyvumą būtų galima pagerinti atsižvelgiant ne tik į akcijų kainų kitimo dydį, bet ir į kitimo pobūdį. Kainų kitimo pobūdžiui identifikuoti tinkami instrumentai galėtų būti dirbtiniai neuroniniai tinklai ir neryškių aibių ekspertinės sistemos.

## LITERATŪRA

1. White H. Economic prediction using neural networks: The case of IBM daily stock returns // IEEE International Conference on Neural Networks. San Diego, 1988, p. 451–459.

2. Lowe D., Webb A. R. Time series prediction by adaptive networks: A dynamical systems perspective. IEEE Computer Society Press, 1991.

3. Fama F. Efficient capital markets // The Journal of Finance. 1991, 46(5), p. 1575–1617.

4. Baacstaens D. J., van den Bergh W. M., Vaudrey H. Market inefficiencies, technical trading and neural networks // Dunis, C. (editor). Forecasting Financial Markets, Financial Economics and Quantitative Analysis. Chichester, England: John Wiley & Sons, 1996. P. 245–260.
5. Blandis E., Simutis R. Using principal component analysis and neural network for forecasting of stock market index // Proceedings of international conference "Business operation and its legal environment: processes, tendencies and results". Riga: Turība, 2002. P. 31–35.
6. Girdzijauskas S., Simutis R. Stock market indexes forecasting possibilities using GARCH(1,1) model // Informacinės technologijos 2002. Kaunas: Technologija, 2002. P. 326–330.
7. Nenortaitė J., Simutis R. Ticsinių ir neticsinių regresijos metodų taikymas vertybinių popierių rinkoje. Informacinės technologijos verslui-2001, VU KHF. Kaunas, 2001. P. 74–78.
8. Hellstrom T. Optimizing the Sharpe Ratio for a Rank Based Trading System. Lectures Notes in Artificial Intelligence, LNA 2258. Springer Verlag, 2001.

## STOCK TRADING SYSTEMS BASED ON STOCK'S PRICE RANKS

**Rimvydas Simutis**

### Summary

The goal of this paper was to introduce a stock ranking method and to show how this method could be incorporated into stock trading systems. The proposed method analyses a large number of securities and ranks them according relative change in price during the defined interval of time. Then the values of ranks are being normalized and assume the values from  $-1$  to  $+1$ . The securities with ranking values close to  $-1$  are good candidates for an investor portfolio, because these securities historically had shown a statistically significant price increase by the following days. The proposed method was tested using experimental data from US security markets. Two groups of securities (30 companies from Dow Jones Industrial Index and 292 companies from SP500 Index) were tested during time interval between 1992–2002. First investigations had shown efficiency of the proposed method. The stock's rank indicator exhibits a mean reverting behavior. For the stocks with strong negative rank a positive stock price change in

mean is followed. Furthermore, a negative stock price change on average is followed for the high ranked stocks. So these results contradict the statements of the effective market hypothesis and motivate the creating of stock trading systems, based on stock's price rank. In this paper we analyze the usefulness of this method while applying it in a virtual stock trading system. The trading simulation is executed using historical data from USA stock market (1992–2002). The trading system has given significantly higher returns relative the benchmark (SP500 index). However, there are some practical problems that must be overcome if we are going to apply the stock's rank method in real stock trading process. The most important of these is the taxes rate during stock trading operations. In the paper we analyze the influence of taxes rate on the systems profit and we give some suggestions how to make this system more suitable for the practical applications.

*Įteikta 2003 m. birželio mėn.*