

# Baltijos šalių sektorinių akcijų kainų indeksų VAR modelis

Roma Uzdanavičiūtė<sup>1</sup>, Rimantas Rudzkiš<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Fundamentinių mokslų fakultetas*  
Saulėtekio 11, LT-10223 Vilnius

<sup>2</sup> *Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos institutas*  
Akademijos 4, LT-08663

E. paštas: roma.uzdanaviciute@gmail.com; rimantas.rudzkiš@mii.vu.lt

**Santrauka.** Straipsnis skirtas OMX Baltijos vertybinių popierių (VP) rinkos akcijų kainų indeksams, atspindintiems bendrą rinkos padėtį ir pokyčius viso Baltijos regiono mastu, modeliavimui. Tiriamos šalių akcijų kainų sektorinių indeksų mėnesinės laiko eilutės, nagrinėjamos jų tarpusavio priklausomybės 2000–2010 metų laikotarpiu. Taikomas ekonometrinis modeliavimas – sudarytas minėtų indeksų vektorinės autoregresijos modelis VAR(p). Tyrimo rezultate gautos trumpalaikės akcijų kainų indeksų pokyčių prognozės.

**Raktiniai žodžiai:** OMX Baltijos vertybinių popierių rinka, akcijų kainų sektoriniai indeksai, proceso stacionarumas, vektorinis autoregresijos modelis (VAR).

## Įvadas

Statistiniai rodikliai, įgalinantys perteikti akcijų rinkos būklę ir jos kitimo tendencijas, yra akcijų indeksai. Jie išvystytos rinkos ekonomikos sąlygomis yra vieni svarbiausių indikatorių, apibūdinančių ekonominę šalies būklę [10]. Pasak mokslininko G.N. Kessono, akcijų kainos biržoje neparodo vertės [10], jos tik nusako vertės kitimo tendencijas ir perspektyvas, nes nuolat kinta. Akcijų rinka mokslininkų tyrinėta šiais aspektais:

- Nagrinėti kokybiniai veiksniai: prezidentas ir jo sprendimai, valstybinio reguliavimo padidinimas ar sumažinimas atskiroms įmonėms ar ekonomikos šakoms, nestabili politinė šalies situacija, pasikėsinimai į politikus, karas, socialiniai neramumai, streikai, derlius, oras ir kt. Padaryta išvada, kad minėta veiksnių grupė gali turėti įtakos akcijų kainų svyravimams bei lemti didelį neapibrėžtumo laipsnį akcijų rinkos analizėje, nors kiekybiškai tokio poveikio įvertinti nėra galimybių [10, 8];
- Tirti ryšiai tarp Lietuvos ir užsienio šalių akcijų kainų indeksų pokyčių, akcijų indeksų reakcija į skirtingą žiniasklaidos pateikiamą informaciją naudojantis statistinėmis hipotezėmis. Gauti tyrimo rezultatai parodo silpną minėtų veiksnių įtaką akcijų indeksų pokyčiams [3];
- Tirti makroekonominį procesų poveikiai akcijų kainų indeksų pokyčiams naudojantis koreliacinės-regresinės analizės metodais. Remiantis gautų tyrimų rezultatais suformuluota išvada, kad rinka yra veikiamą makroekonominės aplinkos ir

nustatyta priklausomybė parodo ryšį tarp akcijų rinkos kainų kitimo krypties ir ekonomikos būklės: jai gerėjant, kartu tampa aktyvesnė VP rinka ir atvirkščiai [9, 10, 7, 5, 4, 2, 11].

Šiame straipsnyje pagrindinis dėmesys skiriamas OMX Baltijos vertybinių popierių rinkos akcijų kainų sektorinių indeksų, atspindinčių bendrą rinkos padėtį ir pokyčius viso Baltijos regiono mastu, tarpusavio priklausomybių nustatymui. Ryšiams vertinti siūlomas vektorinės autoregresijos modelis (VAR). Pasirinkta redukuota VAR forma, o ne SVAR modelis, nes šio modelio paskirtis – indeksų prognozavimas per vieną žingsnį. Tyrimo rezultatas – Baltijos šalių akcijų kainų sektoriniams indeksams pritaikytas vektorinės autoregresijos modelis, kurio pagalba kiekybiškai įvertinamas indeksų poveikis vienas kitam, taip pat gautos trumpalaikės indeksų pokyčių prognozės naudojantis statistinės duomenų analizės sistema SAS (Statistical Analysis System).

## 1 Tyrimo metodika

Daugumoje praktinių tyrimų nagrinėjant ilgesnes statistinių duomenų sekas, gaunami tikslesni modeliavimo rezultatai. Šiuo atveju duomenų sekos sudarymą riboja tai, kad OMX Baltijos VP biržoje rodikliai pradėti skaičiuoti tik nuo 1999 m. gruodžio 31 d. Todėl modeliavimas atliekamas naudojant 2000–2010 metų mėnesinius duomenis. Tyrimo objektais parinkti šie akcijų kainų sektoriniai indeksai (endogeniniai rodikliai):  $I_1$  – energetikos,  $I_2$  – medžiagų,  $I_3$  – gamybos,  $I_4$  – vartojimo prekių ir paslaugų,  $I_5$  – kasdienio vartojimo prekių ir paslaugų,  $I_6$  – sveikatos priežiūros,  $I_7$  – finansų,  $I_8$  – informacinių technologijų,  $I_9$  – telekomunikacijų paslaugų,  $I_{10}$  – komunalinių paslaugų.

Minėti indeksai biržoje sudaromi taikant GICS klasifikaciją, skaičiuojami naudojantis šia formule:

$$I(t) = \frac{\sum_{i=1}^n q_{it} p_{it} r_{it}}{\sum_{i=1}^n q_{it} p_{i,t-1} j_{it} r_{i,t-1}} * I(t-1), \quad (1)$$

kur  $I(t)$  – indekso reikšmė  $t$  laikotarpiu,  $q_{it}$  –  $i$ -osios bendrovės akcijų skaičius indekse  $t$  laikotarpiu,  $p_{it}$  –  $i$ -osios bendrovės akcijų kaina kotiravimo valiuta  $t$  laikotarpiu,  $r_{it}$  –  $i$ -osios bendrovės akcijų kainos, išreikštos kotiravimo (nacionaline) valiuta  $t$  laikotarpiu, keitimo į indekso skaičiavimo valiutą kursas,  $j_{it}$  –  $i$ -ųjų akcijų koregavimo koeficientas dėl bendrovės akcinių įvykių  $t$  laikotarpiu [1]

Norint VAR( $p$ ) modeliu aprašyti šias tiriamas ekonomines eilutes, pageidautina, kad jos tenkintų stacionarumo sąlygas plačiąja prasme. Darbe atliktas stacionarumo tyrimas (žr. skyrelyje žemiau) parodė tiriamų akcijų kainų indeksų pirmos eilės integruotumą, todėl atitinkamus jų stacionarius pokyčius žymime:

$$X_t = I_t - I_{t-1}, \quad t = \{1, 2, \dots, 132\}. \quad (2)$$

Sudaromas OMX Baltijos vertybinių popierių rinkos akcijų kainų sektorinių indeksų vektorinės autoregresijos modelis VAR( $p$ ) pirmos eilės skirtumų vektoriui [6]:

$$A(L)X(t) = E(t), \quad X_t = I(t) - I(t-1), \quad t = \{1, 2, \dots, 132\}, \quad (3)$$

$X(t)$  – akcijų kainų sektorinių indeksų vektorinis  $10 \times 1$  procesas;  $E(t)$  – modelio ne autokoreliuotų atsitiktinių paklaidų  $10 \times 1$  vektorius, tenkinantis baltojo triukšmo

savybes;  $A(L)$  – lągo operatoriaus  $L$  eilės  $p$  polinomų matrica:

$$A(L) = I - A_1L - A_2L^2 - \dots - A_pL^p, \quad (4)$$

$L : L^p X(t) = X(t - p)$ ;  $A_s$  – modelio autoregresinių koeficientų  $10 \times 10$  dimensijos matricos  $s = \{1, 2, \dots, p\}$ ;  $t$  – laiko indeksas,  $t = \{1, 2, \dots, 132\}$ . Nagrinėjamas modelis su  $p$  mėnesių vėlavimais (lagais). Tuomet  $i$ -ojo akcijų kainų sektorinio indekso lygtis atrodo taip:

$$X_i(t) = \sum_{i=1}^{10} \sum_{j=1}^p a_{ij} X_i(t-j) + c(i) + e_i(t), \quad t = \{1, 2, \dots, 132\} \quad (5)$$

$c(i)$  – determinuoti dydžiai.

## 2 Ekonometrinio modeliavimo rezultatai

Siekiant vektorinės autoregresijos modeliu VAR( $p$ ) aprašyti OMX Baltijos VP rinkos akcijų kainų sektorinių indeksų tarpusavio priklausomybę, grafine analize, korelogramomis, mažiausios dispersijos analize (eilei nustatyti išrenkama integruota duomenų eilutė su mažiausia dispersija), bei išplėstiniu Dickey–Fuller (ADF) testu iširta, kad jos yra integruotos pirma eile su 5 proc. reikšmingumo lygmeniu (rezultatus žr. 1 lentelėje). Sudarant VAR( $p$ ) modelį kilo praktinės specifikacijos problemos, nes dėl eilučių trumpumo buvo labai svarbu tinkamai parinkti autoregresijos eilę  $p$ . Greta įprastinių AIC (Akaike informacinis kriterijus) ir BIC/SC (Schwarz/Bajeso informacinis kriterijus) kriterijų, buvo naudota ir Jackknife metodologija, lyginanti modelius su skirtingais eilės parametrais retrospektyvinės analizės pagalba. Tyrimo rezultatai parodė vieno vėlavimo lagą. Su šiuo nurodytu lagu, individualios lygtys ir visos sistemos liekanos tenkina standartinius stacionarumo kriterijus (nėra autokoreliuotos, pasiskirsčiusios pagal normalųjį dėsnį, yra homoskedastiškos), modelis tenkina adekvatumo sąlygas.

VAR(1) modelio parametrai įvertinami mažiausių kvadratų metodu, jų reikšmingumas tikrinamas remiantis  $t$  statistika. Iš lygčių pašalinami tie rodikliai, kurių parametru lygčių  $t$  statistika mažesnė už 5 proc. reikšmingumo lygmens kritinę reikšmę.

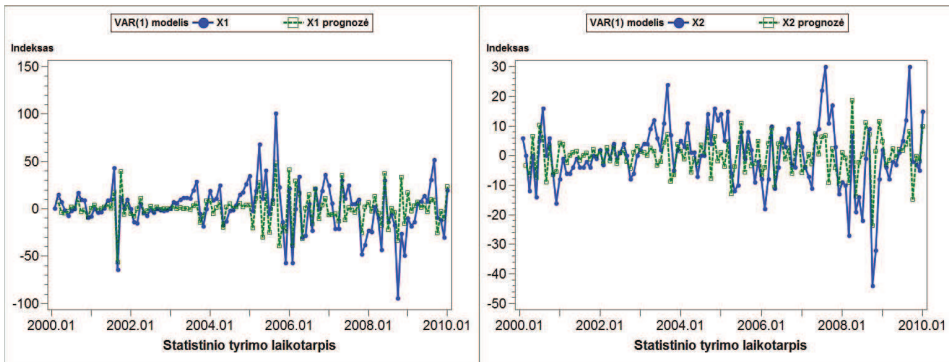
1 lentelė. Akcijų kainų sektorinių indeksų stacionarumo tyrimo rezultatai.

	ADF testas		Sigma testas	
	$t$ -Statistics	Prob.*	0 eil.	1 eil.
X1/I1	-3.72	0.007	155.1	42.8
X2/I2	-3.49	0.013	56.3	22.1
X3/I3	-3.54	0.012	134.8	43.2
X4/I4	-2.95	0.048	259.7	85.3
X5/I5	-3.81	0.006	130.1	37.6
X6/I6	-4.54	0.001	421.9	156.7
X7/I7	-3.81	0.006	524.8	161.2
X8/I8	-4.22	0.002	104.2	31.5
X9/I9	-4.36	0.001	19.1	8.9
X10/I10	-4.09	0.003	336.4	84.5

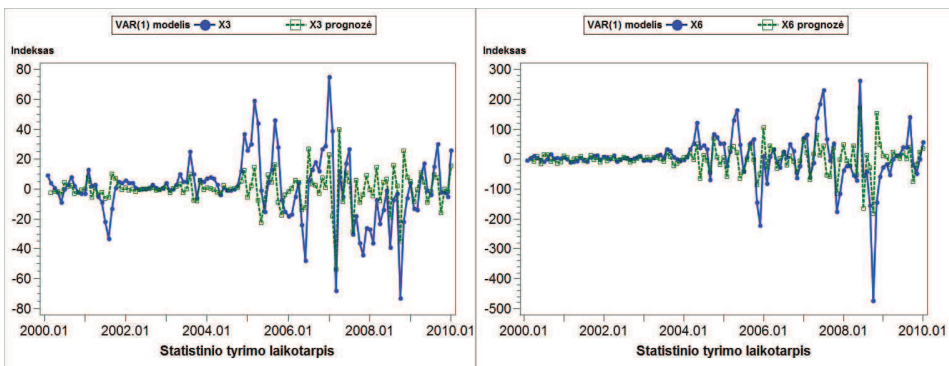
Po kiekvieno ciklo nereikšmingų koeficientų reikšmės prilyginamos nuliui. Gaunamos modelio lygtys ir jų pagrindinės statistikos:

$$\begin{aligned}
 X(1) &= 0.53X_{t-1}(1) - 0.06X_{t-1}(4), & \bar{R}^2 &= 0.41, \\
 X(2) &= 0.54X_{t-1}(2) - 0.02X_{t-1}(6), & \bar{R}^2 &= 0.3, \\
 X(3) &= 0.49X_{t-1}(3), & \bar{R}^2 &= 0.27, \\
 X(4) &= 0.5X_{t-1}(4), & \bar{R}^2 &= 0.29, \\
 X(5) &= 0.5X_{t-1}(5), & \bar{R}^2 &= 0.26, \\
 X(6) &= 0.56X_{t-1}(6) + 1.06X_{t-1}(2) - 0.17X_{t-1}(7), & \bar{R}^2 &= 0.32, \\
 X(7) &= 0.51X_{t-1}(7), & \bar{R}^2 &= 0.27, \\
 X(8) &= 0.49X_{t-1}(8), & \bar{R}^2 &= 0.35, \\
 X(9) &= 0.48X_{t-1}(9), & \bar{R}^2 &= 0.33, \\
 X(10) &= 0.53X_{t-1}(10), & \bar{R}^2 &= 0.36.
 \end{aligned}$$

Žemiau pateikiami kelių akcijų kainų indeksų modelinių reikšmių grafikai:  $X_1$  – energetikos,  $X_2$  – medžiagų,  $X_3$  – gamybos ir  $X_6$  – sveikatos priežiūros.



1 pav.

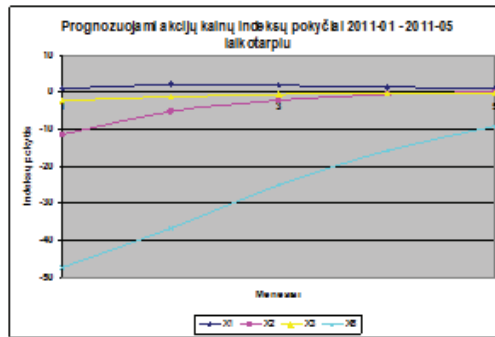


2 pav.

Šios diagramos iliustruoja padidėjusią akcijų kainų svyravimų amplitudę tiriamuoju laikotarpiu, ryškūs svyravimai pastebimi nuo 2004 metų, kai Baltijos šalys įstojo į ES – susidarė sąlygos užsienio investicijų pritraukimui, kurios ir buvo nukreiptos į akcijų rinką. Matome neaukštą sudarytų modelių tikslumą, pastaruoju faktų neverta stebėtis, nes yra gerai žinoma, kad vertybinių popierių kainų prognozavimas yra problematiškas, jo portfelinės investicijos į akcijas pasižymi aukštu rizikos laipsniu.

### 3 Akcijų kainų indeksų prognozės

Sudaryto VAR(1) modelio pagalba apskaičiuotos artimiausių 5 mėnesių akcijų kainų sektorinių indeksų pokyčių prognozės. Remiantis jomis galima teigti, kad akcijų kainos kris medžiagų ( $X_1$ ), gamybos ( $X_2$ ) ir sveikatos priežiūros ( $X_6$ ) sektoriuose, nuosaikus augimas numatomas energetikos ( $X_3$ ) sektoriuje.



3 pav.

### 4 Išvados

Tyrimo rezultatas – Baltijos šalių akcijų kainų sektoriniams indeksams pritaikytas vektorinės autoregresijos modelis VAR(1). Remiantis juo, galima įvertinti, kad modelių aprašomumas palyginti žemas, nes nedideli jų sąlyginiai determinacijos koeficientai. 7 indeksai iš 10 yra reikšmingai priklausomi tik nuo savo praeities elgsenos su vienu vėlavimo lagu, 3 indeksai yra veikiami kitų indeksų:

- Energetikos sektoriaus akcijų kainų indeksas stipriausiai yra veikiamas savo paties praeities elgsenos per vieną žingsnį ir silpnai neigiamai įtakojamas vartojimo prekių ir paslaugų sektoriaus akcijų kainų indekso;
- Medžiagų sektoriaus akcijų kainų indeksas stipriausiai yra veikiamas savo paties praeities elgsenos per vieną žingsnį ir silpnai neigiamai įtakojamas sveikatos priežiūros sektoriaus akcijų kainų indekso;
- Sveikatos priežiūros sektoriaus akcijų kainų indeksas stipriausiai yra veikiamas medžiagų sektoriaus, silpniau savo paties praeities elgsenos per vieną žingsnį ir silpnai neigiamai įtakojamas finansų sektoriaus akcijų kainų indekso.

Kadangi gautos silpnos akcijų kainų indeksų priklausomybės, detalesni tyrimai (Granger tyrimas ir pan.) nebuvo atliekami. Preliminarūs akcijų kainų indeksų

ARIMA, GARCH modeliai taip pat nepasižymėjo aukštu aprašomumo lygiu. Todėl galima teigti, kad tiriami indeksai yra įtakojami kitų veiksnių, t. y. įmonių, sudarančių indeksą, finansinių rodiklių, šalių sektorinės ir makroekonominės aplinkos. Siekiant didesnio adekvatumo būtina neapsiriboti autoregresiniu modeliavimu ir modelius išplėsti, įtraukiant minėtus veiksnius. Tai numatoma atlikti šio darbo tęsinyje.

## Literatūra

- [1] AB OMX. *Baltijos šalių vertybinių popierių rinkos statistika*. 2011. Adresas internete: <http://www.baltic.omxgroup.com/market/?pg=stats>.
- [2] S. Bond and A. Klemm. *The roles of expected profitability, Tobins Q and cash flow in econometric models of company investment*. 2004. 49 p. Available from Internet: <http://www.ifs.org.uk/wps/wp0412.pdf>.
- [3] V. Darškusienė ir J. Šakalytė. Efficiency of financial system and corporate value recognition: the case of lithuania. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, **40**:41–56, 2006.
- [4] A. Gamolya. *Stock market and economic growth in Ukraine*. 2006. 48 p. Available from Internet: <http://kse.org.ua/uploads/file/library/2006/gamolya.pdf>.
- [5] A. Gorjaev. *Risk factors in the Russian stock market*. 2004. 12 p. Available from Internet: <http://fir.nes.ru/~agoriaev/Goriaev%20risk%20factors.pdf>.
- [6] J. Hamilton. *Time Series Analysis*. Princeton University, 1994.
- [7] K.S. Lai. *Macroeconomic determinants of long – term stock market*. 1998. 28 p. Available from Internet: <http://kse.org.ua/uploads/file/library/2006/gamolya.pdf>.
- [8] K. Little. *Why the stock market rises and falls*. Available from Internet: <http://stocks.about.com/od/whatmovesthemarket/a/Whatmovesmarket.htm>.
- [9] I. Pekarskienė. Nacionalinė vertybinių popierių birža ir ją veikiantys makroekonominiai veiksniai. *Organizacijų vadyba: sisteminiai tyrimai*, **17**:127–136, 2001.
- [10] Ž. Rafael ir M. Tvaronavičienė. Lietuvos įmonių akcijų kainas ir akcijų kainų indeksus lemiančių veiksnių kiekybinė analizė. *Verslas: teorija ir praktika*, **VI**(3):159–170, 2005.
- [11] A. Vasiliauskaitė ir D. Rimšaitė. Įmonės rinkos rodiklių pokyčių ir jos akcijos vertės priklausomybės tyrimas. *Socialiniai mokslai*, **2**:66–81, 1999.

## SUMMARY

### The Baltic countries sectoral share price indexes VAR model

*R. Uzdavičiūtė, R. Rudzakis.*

According to the same modern Baltic countries economical and political integration, united OMX Baltic security market created. The main purpose of this article is to forecast her sectoral share price indexes according to their interdependent relationship during 2000-2010 year. Time series models, linear regression models and a vector autoregression model (VAR) can be used to model and forecast indexes processes. Therefore, the vector autoregression model is proposed for modelling. Theoretical aspects of model estimation are reviewed: time series stationarity, model identification, parameter estimation, model usage and forecasts.

**Keywords:** OMX Baltic security market, sectoral share price indexes, stationarity, vector autoregression model (VAR).