



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**FUNDAMENTALIŲJŲ MOKSLŲ FAKULTETAS**  
**MATEMATINĖS SISTEMOTYROS KATEDRA**

**Ugnius Mačys**

**LIKVIDUMO BALTIJOS ŠALIŲ AKCIJŲ**  
**RINKOJE TYRIMAS**

Magistro darbas

**Vadovas**  
**doc. dr. A. Kabašinskas**

**KAUNAS, 2011**



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**FUNDAMENTALIŲJŲ MOKSLŲ FAKULTETAS**  
**MATEMATINĖS SISTEMOTYROS KATEDRA**

**TVIRTINU**  
**Katedros vedėjas**  
**prof. habil.dr. V.Pekarskas**  
**2011 06 02**

**LIKVIDUMO BALTIJOS ŠALIŲ AKCIJŲ**  
**RINKOJE TYRIMAS**

Taikomosios matematikos magistro baigiamasis darbas

**Recenzentas**  
**A. Jurgutis**  
**2011 06 01**

**Vadovas**  
**doc. dr. A. Kabašinskas**  
**2011 06 01**

**Atliko**  
**FMMM 9 gr. stud.**  
**U. Mačys**  
**2011 05 30**

**KAUNAS, 2011**

## KVALIFIKACINĖ KOMISIJA

**Pirmininkas:** Leonas Saulis, profesorius (VGTU)

**Sekretorius:** Eimutis Valakevičius, docentas (KTU)

**Nariai:** Algimantas Jonas Aksomaitis, profesorius (KTU)

Vytautas Janilionis, docentas (KTU)

Vidmantas Povilas Pekarskas, profesorius (KTU)

Rimantas Rudzkis, habil. dr., vyriausiasis analitikas (DnB NORD Bankas)

Zenonas Navickas, profesorius (KTU)

Arūnas Barauskas, dr., vice-prezidentas projektams (UAB „Baltic Amadeus“)

**Mačys U. Study of the liquidity in Baltic stock market: Master's work in applied mathematics / supervisor dr. assoc. prof. A. Kabašinskas; Department of Mathematical Research in Systems, Faculty of Fundamental Sciences, Kaunas University of Technology. – Kaunas, 2011. – 69 p.**

## **SUMMARY**

After a complicated economic situation during the recession it was stock markets that first started to demonstrate optimistic trends. Last few years was a real success for investors and the interest into stock markets started to regain its reputation among investors in Baltic states. However, liquidity of shares is one of the core issues in developing stock markets.

Liquidity in Baltic stock market is not fully examined, thus there is no suggestions on how to improve this characteristic. This paper discusses multidimensionality of liquidity by concluding ideas from various researchers in different stock markets. Furthermore, the assumption of liquidity factors is confirmed with data from Baltic stock market.

Twelve liquidity proxies are selected to be analyzed. These measures consist of volume based measures, price based measures and some of the technical analysis indicators. All these proxies are used with a dimension reduction method – principal component analysis, to extract the latent components of liquidity. Low frequency data of eleven stocks from Baltic stock market are used with a history from 2005 to 2011.

Main objectives are: extract latent components of the liquidity in Baltic stock market, describe them by liquidity proxies and suggest a method to evaluate liquidity based on all dimensions.

MatLab software with financial and statistics toolboxes are applied to deal with the objectives. The research validated three main dimensions of the liquidity – width, depth and immediacy. Width represents the costs of investment and is captured by various bid-ask spreads. Depth stands for velocity of the stock and is captured by turnover, volume and number of deals. Immediacy represents the time taken for the buyer to find a seller and vice versa. This dimension can be proxied by number of zero volume or return days.

Method of average ranks of liquidity proxies is suggested to evaluate the liquidity based on dimensions. Moreover, multivariate linear regression is used to identify the relations of each proxy to common liquidity.

# TURINYS

<b>KVALIFIKACINĖ KOMISIJA</b> .....	3
<b>LENTELIŲ SĄRAŠAS</b> .....	7
<b>PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS</b> .....	8
<b>ĮVADAS</b> .....	9
<b>1 LIKVIDUMO APŽVALGA</b> .....	10
1.1 LIKVIDUMAS .....	10
1.1.1 Likvidumo apibrėžimai .....	10
1.1.2 Likvidumo rodikliai.....	11
1.1.3 Atlikti tyrimai .....	14
1.2 RINKOS FORMUOTOJAS .....	15
1.2.1 Rinkos formuotojo veikimo modelis.....	15
1.2.2 Rinkos formuotojas Baltijos šalių akcijų rinkoje .....	16
1.3 DARBO TIKSLAI.....	17
<b>2 LIKVIDUMO ANALIZĖS METODIKA</b> .....	19
2.1 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ.....	19
2.1.1 Metodas .....	19
2.1.2 Atlikti tyrimai.....	20
2.2 DAUGIAMATĖ REGRESINĖ ANALIZĖ.....	20
2.3 TYRIMO APRAŠYMAS .....	21
2.3.1 Duomenys.....	21
2.3.2 Tiriama likvidumo rodikliai .....	23
2.4 PROGRAMINIAI SPRENDIMAI .....	25
<b>3 LIKVIDUMO TYRIMAS</b> .....	27
3.1 AKCIJŲ LIKVIDUMAS PAGAL ATSKIRUS RODIKLIUS .....	27
3.2 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ.....	28
3.2.1 Pagrindinių komponentų analizė APG1L akcijoms .....	32
3.2.2 Pagrindinių komponentų analizė BLT1T akcijoms.....	33
3.2.3 Pagrindinių komponentų analizė GRG1L akcijoms.....	33
3.2.4 Pagrindinių komponentų analizė KBL1L akcijoms .....	34
3.2.5 Pagrindinių komponentų analizė KNF1L akcijoms .....	35
3.2.6 Pagrindinių komponentų analizė KNR1L akcijoms.....	36
3.2.7 Pagrindinių komponentų analizė LJL1L akcijoms.....	37
3.2.8 Pagrindinių komponentų analizė LME1R akcijoms.....	38
3.2.9 Pagrindinių komponentų analizė LSC1R akcijoms.....	39
3.2.10 Pagrindinių komponentų analizė SNG1L akcijoms .....	40
3.2.11 Pagrindinių komponentų analizė UKB1L akcijoms.....	41

3.2.12 Pagrindinių komponentų analizė akcijų portfeliui .....	42
3.2.13 Bendri PKA rezultatai .....	43
3.3 AKCIJŲ KLASTERIZAVIMAS PAGAL LIKVIDUMO DIMENSIJAS .....	45
3.4 DAUGIAMATĖ REGRESINĖ ANALIZĖ.....	49
<b>4 DISKUSIJA .....</b>	<b>51</b>
4.1 AKCIJŲ LIKVIDUMAS PAGAL ATSKIRUS RODIKLIUS .....	51
4.2 PAGRINDINIŲ KOMPONENTŲ ANALIZĖ.....	51
4.3 AKCIJŲ KLASTERIZAVIMAS .....	52
4.4 TIESINĖ REGRESIJA.....	52
<b>IŠVADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>REKOMENDACIJOS .....</b>	<b>54</b>
<b>PADĖKOS.....</b>	<b>55</b>
<b>LITERATŪRA .....</b>	<b>56</b>
<b>1. PRIEDAS. PAGRINDINIŲ KOMPONENTŲ KOEFICIENTAI IR VARIACIJOS ..</b>	<b>58</b>
<b>2. PRIEDAS. MATLAB PROGRAMŲ TEKSTAI.....</b>	<b>62</b>

## LENTELIŲ SARAŠAS

1.1 lentelė. Rinkos formuotojai vertybinių popierių biržoje NASDAQ OMX Vilnius .....	16
2.1 lentelė. Tiriamų akcijų atidarymo ir uždarymo kainos, apyvarta.....	22
2.2 lentelė. Tyrime naudojami likvidumo rodikliai .....	23
3.1 lentelė. Akcijų likvidumo eilė pagal visus likvidumo rodiklius .....	27
3.2 lentelė. Spearmano ranginė koreliacija likvidumo rodikliams.....	28
3.3 lentelė. Pirmų trijų pagrindinių komponentių koeficientai APG1L akcijai .....	30
3.4 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija APG1L akcijai.....	32
3.5 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija BLT1T akcijai .....	33
3.6 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija GRG1L akcijai .....	34
3.7 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KBL1L akcijai.....	34
3.8 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KNF1L akcijai.....	35
3.9 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KNR1L akcijai .....	36
3.10 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LJL1L akcijai .....	37
3.11 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LME1R akcijai.....	38
3.12 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LSC1R akcijai .....	39
3.13 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija SNG1L akcijai .....	40
3.14 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija UKB1L akcijai .....	41
3.15 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija akcijų portfeliui .....	42
3.16 lentelė. Regresijos koeficientų įverčiai .....	49
3.17 lentelė. Statistiškai reikšmingi (kai $\alpha=0.1$ ) regresijos koeficientų įverčiai .....	50

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Likvidumo rodiklių skirstymas .....	12
1.2 pav. Kainos nuolydis .....	14
1.3 pav. Akcijų rinkos su rinkos formuotoju veikimo schema .....	15
1.4 pav. Rinkos rizika trijų rinkos dalyvių akimis .....	16
1.5 pav. Akcijų naudojimosi rinkos formuotojo paslaugomis istorija .....	17
2.1 pav. Pagrindinių komponentių analizės geometrinė interpretacija.....	19
2.2 pav. Tiriamų akcijų apyvartos mln. EUR.....	22
2.3 pav. Programinės įrangos panaudojimo tyrime schema.....	25
3.1 pav. Likvidumo rodiklių pagrindinės statistikos APG1L akcijai.....	29
3.2 pav. Normuotų likvidumo rodiklių pagrindinės statistikos APG1L akcijai.....	29
3.3 pav. Transformuoti duomenys naujose koordinatėse.....	30
3.4 pav. Pagrindinių komponentių paaiškinama variacija APG1L akcijoms.....	31
3.5 pav. Principinės komponentės APG1L akcijai.....	31
3.6 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai APG1L akcijai.....	32
3.7 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai BLT1T akcijai .....	33
3.8 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai GRG1L akcijai .....	34
3.9 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KBL1L akcijai.....	35
3.10 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KNF1L akcijai.....	36
3.11 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KNR1L akcijai .....	37
3.12 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LJL1L akcijai .....	38
3.13 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LME1R akcijai .....	39
3.14 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LSC1R akcijai .....	40
3.15 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai SNG1L akcijai.....	41
3.16 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai UKB1L akcijai .....	42
3.17 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai akcijų portfeliui .....	43
3.18 pav. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinamos variacijos suvestinė .....	44
3.19 pav. Akcijų grupės <i>turnover - vol - deals</i> erdvėje.....	45
3.20 pav. Grupių siluetai erdvėje <i>turnover - vol - deals</i> .....	46
3.21 pav. Akcijų grupės <i>zeros1 - zeros2</i> plokštumoje .....	47
3.22 pav. Grupių siluetai plokštumoje <i>zeros1 - zeros2</i> .....	47
3.23 pav. Akcijų grupės <i>spread1 - spread2</i> plokštumoje.....	48
3.24 pav. Grupių siluetai plokštumoje <i>spread1 - spread2</i> .....	48
3.25 pav. Regresijos liekanų variacijos yra pastovios .....	50



## ĮVADAS

Po skaudžios ekonominės krizės, pirmuosius atsigavimo ženklus pradėjo rodyti akcijų biržos. Pastarieji metai investuotojams buvo labai pelningi ir susidomėjimas investavimu pradėjo vėl augti. Tačiau akcijų likvidumas išlieka viena iš opiausių problemų besivystančių ekonomikų akcijų rinkose. Baltijos akcijų rinka nėra išimtis. Baltijos šalių akcijų rinkoje šiuo metu yra listinguojamos 39 akcijos pagrindiniame sąrašė ir 56 akcijos papildomame sąrašė. 2010 m. pagrindiniame sąrašė buvo sudaryta virš 246 tūkst. sandorių, o apyvarta siekė per 430 mln. eurų. Per tą patį laikotarpį papildomame sąrašė buvo sudaryti beveik 82 tūkst. sandorių, o apyvarta tesiekė 52 mln. eurų. Papildomame sąrašė listinguojamų įmonių akcijoms keliami ne tokie griežti reikalavimai, tačiau šios akcijos nėra tokios patrauklios investuotojams todėl, kad jų likvidumas yra gana žemas.

Likvidumas Baltijos rinkoje nėra pakankamai ištirtas, todėl nėra ir pakankamai efektyvių priemonių gerinti šį rodiklį ir spręsti nelikvidžių akcijų apyvartos problemas. Darbe nagrinėjami Baltijos šalių rinkos akcijų likvidumą veikiančys faktoriai. Nustačius didžiausią įtaką akcijų likvidumui turinčius faktorius, galima būtų priimti sprendimus, kurie pagerintų akcijų apyvartumą ir likvidumą.

Pagrindiniai **darbo tikslai** yra atlikti literatūros akcijų likvidumo tema apžvalgą, parinkti likvidumo rodiklius ir juos pritaikyti pagal turimus duomenis, atlikti pagrindinių komponentių analizę su pasirinktomis Baltijos šalių akcijų rinkos akcijomis ir pateikti išvadas apie likvidumo daugiamatiškumą šioje akcijų rinkoje.

Temos **naujumas** Lietuvoje akivaizdus, kadangi likvidumo tyrinėjimų Baltijos šalių akcijų rinkoje, pagrįstų pagrindinių komponentių analize ar kita faktorizavimo metodika surasti nepavyko.

Tyrimas yra **aktualus** šiandieninėje Baltijos šalių akcijų rinkoje, nes pagrindinių komponentių analizė parodo, kokios likvidumo dimensijos gali būti skiriamos. Žinojimas, kokie pagrindiniai likvidumo faktoriai ir kokie rodikliai sudaro kiekvieną faktorių, galima priimti sprendimus, kurie būtų nukreipti į konkrečios srities tobulinimą. Taigi, teisingas priemonių rinkinys akcijų likvidumą pagerintų visapusiškai.

Gauti rezultatai patvirtina, kad likvidumas yra daugiamatis reiškinys. Dar daugiau, likvidumo komponentės yra nepriklausomos, t.y. akcija gali būti likvidi pagal rodiklius, kurie apibūdina vieną komponentę, ir nelikvidi pagal kitus. Baltijos šalių akcijų rinkoje išskiriamos trys likvidumo dimensijos – plotis, gylis ir greitis. Plotis nusako investavimo kaštus, gylis apibūdina akcijos apyvartumą rinkoje pagal apyvartą, prekiatus kiekius ir sandorių skaičių. Greitis parodo laiko intervalą, kurio metu buvo nulinė apyvarta ar nulinė grąža.

## 1 LIKVIDUMO APŽVALGA

Šiame darbe tiriamas populiariausių vertybinių popierių – akcijų likvidumas. Ši akcijų charakteristika literatūroje yra apibrėžiama įvairiais, tačiau tarpusavyje susijusiais, apibrėžimais. Todėl viena iš pagrindinių problemų nagrinėjant likvidumą yra likvidumo matavimas arba įvertinimas. Tyrime nagrinėjama ir patvirtinama likvidumo daugialypiškumo prielaida su Baltijos šalių akcijų rinkoje prekiaujamomis akcijomis. Minėti rezultatai yra vieni iš pirmųjų Baltijos šalių akcijų rinkos akcijoms ir yra lyginami su kitų mokslininkų atliktais tyrimais Šveicarijoje, Kroatijoje, JAV ir kitose šalyse. Tyrimo rezultatai supažindina su likvidumo sandara šioje rinkoje ir leidžia atlikti palyginimus su kitomis besivystančiomis akcijų rinkomis.

### 1.1 LIKVIDUMAS

#### 1.1.1 LIKVIDUMO APIBRĖŽIMAI

Likvidumas yra vienas iš fenomenalių akcijų rinkos rodiklių, kuris gali būti apibūdinamas įvairiais skirtingais būdais, tačiau nėra vieno bendro mato likvidumui pamatuoti. Investuotojams ir rinkos tyrėjams skirtoje literatūroje gausu įvairių likvidumo apibrėžimų. Kaip bebūtų, dauguma autorių pritaria nuomonei, kad likvidumas yra daugiadimensinis reiškinys ir turėtų būti apibrėžiamas naudojant šias dimensijas (Sun, Rachev ir Fabozzi 2008). Žemiau pateikiami keli likvidumo dimensijų skirstymai.

Vienas iš būdų, kaip galima būtų išskirti likvidumo dimensijas yra toks (Sarr ir Lybek 2002):

- (1) glaudumas (*tightness*);
- (2) greitis (*immediacy*);
- (3) gylis (*depth*);
- (4) plotis (*breadth*);
- (5) tamprumas (*resiliency*).

Glaudumas apibūdina sandorių vykdymo kaštus ir gali būti matuojamas pirkimo pardavimo kainų skirtumu. Antroji likvidumo dimensija apibrėžia laiką, per kurį yra įvykdomi pavedimai pirkti ar parduoti. Rinkos gylis ir plotis atitinkamai reiškia pavedimų (tiek pirkti, tiek parduoti) skaičių per laiko vienetą ir kainų įvairovę šiuose pavedimuose. Kuo kainų variacija pavedimuose yra didesnė, tuo akcijų rinka yra platesnė. Tamprumas apibūdina rinkos gebėjimą amortizuoti ir išlykinti akcijų kainų šuolius, kuriuos gali sukelti labai dideli kiekiai pavedimų su plačia prikimo pardavimų kainų įvairove.

Kitas populiarus likvidumo dimensijų skirstymas yra paremtas empiriniais stebėjimais, t.y. kiekviena likvidumo dimensija gali būti lengvai išmatuojama egzistuojančiais rinkos rodikliais (Harris 1990):

- (1) plotis (*width*);
- (2) gylis (*depth*);
- (3) greitis (*immediacy*);
- (4) tamprumas (*resiliency*).

Šias dimensijas galima vadinti aprašomosiomis, nes jos buvo išskirtos atliekant įvairių likvidumo rodiklių stebėjimus. Plotis, šiuo atveju, apibūdinamas pirkimo pardavimo kainų skirtumu. Gylis nusako akcijų kiekį, kurioms įvyko sandoriai su nustatytais pirkimo pardavimo kainomis. Greitis apibrėžiamas laiko intervalu tarp pirkimo ir pardavimo pavedimų pateikimo momentų. Tamprumas nusako laiką, kurio reikia, kad akcijos kaina sugrįžtų į tam tikrą lygį po kainos šuolio, kurį sukėlė didelis sandoris.

Dar vienas likvidumo dimensijų skirstymas yra (Schwartz ir Francioni 2004):

- (1) gylis (*depth*);
- (2) plotis (*breadth*);
- (3) tamprumas (*resiliency*).

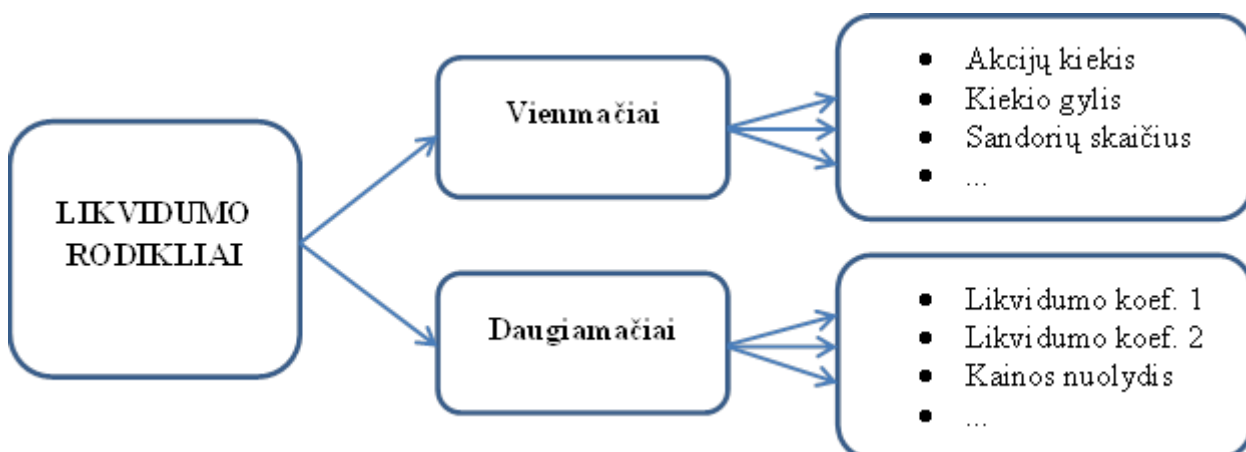
Pastarųjų dimensijų apibūdinimas sutampa su aukščiau paminėtų autorių likvidumo apibrėžimais.

Visi aukščiau paminėti likvidumo dimensijų skirstymai yra tarpusavyje panašūs ir iš dalies vienas kitą papildo. Apibendrinant galima būtų išskirti šiuos pagrindinius likvidumo faktorius: (1) sandorių skaičius per laiko vienetą; (2) prekybų akcijų kiekis per laiko vienetą; (3) prekybos kaštai rinkos dalyviams; (4) didelių sandorių įtaka rinkai.

### **1.1.2 LIKVIDUMO RODIKLIAI**

Kadangi likvidumas kaip reiškinys yra daugiamatis, akivaizdu, kad egzistuoja didelė įvairovė likvidumo matų. Kiekvienas likvidumo matas arba rodiklis, apibūdina vieną ar kelias likvidumo dimensijas (Porter 2008). Ir vis tik nėra vieno rodiklio, kuris vienodai gerai apibūdintų visas likvidumo dimensijas. Mokslininkai yra pasiūlę naujus likvidumo rodiklius, kurie būtų sudaromi kaip atskirų likvidumo rodiklių tiesinė kombinacija (Holden 2009). Taip būtų gaunamas vienas likvidumo matas, kuris aprėptų visas likvidumo dimensijas ir suvienytų jas tiesinės kombinacijos dėka. Taip pat teoriškai yra įrodyta, kad šie daugiamačiai likvidumo rodikliai yra statistiškai reikšmingai patikimesni, nei kiekvienas iš tiesinėje kombinacijoje esančių vienmačių likvidumo rodiklių. Šių rodiklių trūkumas yra tas, kad jie buvo sudaromi

remiantis tam tikros rinkos ir tam tikrų akcijų analize. Todėl negalima teigti, jog šie rodikliai yra vienodai efektyvūs visose rinkose.



**1.1 pav. Likvidumo rodiklių skirstymas**

Likvidumo rodiklius galima skirstyti į vienmačius ir daugiamačius (žr. 1.1 pav.) (von Wyss 2004). Vienmačiai likvidumo rodikliai įvertina tik vieną likvidumo faktorių ir dažniausiai yra akcijos charakteristika, paremta istoriniais duomenimis. Daugiamačiai rodikliai yra sudėtingesni, jie sudaromi, naudojant kelis informacijos šaltinius, dažnai būna santykiniai ir apibūdina daugiau nei vieną likvidumo dimensiją. Žemiau pateikiami populiariausi ir dažniausiai naudojami vienmačiai likvidumo rodikliai.

#### **„Vienmačiai“ likvidumo rodikliai**

*Kiekis* nurodo, kiek akcijų buvo prekiauta per laiko vienetą (1.1).

$$Vol_t = \sum_{i=1}^{deals_t} q_i, \quad (1.1)$$

čia  $deals_t$  yra sandorių skaičius per laiko intervalą nuo  $t-1$  iki  $t$ ,  $q_i$  – prekiautų akcijų skaičius per  $i$ -tąjį sandorį.

Akcijų kiekio *gylis* yra pirkimo ir pardavimo pavedimų kiekių suma (1.2).

$$D_t = q_t^A + q_t^B, \quad (1.2)$$

čia  $q_t^A$  yra pavedimo parduoti kiekis,  $q_t^B$  – pavedimo pirkti kiekis.

Norint pagerinti rodiklio skirstinio charakteristikas, galimas rodiklio perskaičiavimas natūrinių logaritmų pagalba (1.3).

$$Dln_t = \ln(q_t^A) + \ln(q_t^B). \quad (1.3)$$

Vienas iš su laiku susijusių likvidumo rodiklių yra laikas tarp įvykusių sandorių (1.4). Šis rodiklis skaičiuojamas, kaip vidutinis laikas tarp dviejų sandorių. Kadangi laikas tarp įvykusių sandorių yra glaudžiai susijęs su sandorių kiekiu  $N_t$ , tai jis iš esmės parodo tokius pačius

rezultatus, kokius galima gauti analizuojant paprasčiausią sandorių kiekį  $N_t$  per laiko intervalą nuo  $t-1$  iki  $t$ .

$$WT_t = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} tr_{i+1} - tr_i, \quad (1.4)$$

čia  $tr_i$  yra laiko momentas, kuriuo įvyko  $i$ -tasis sandoris.

### „Daugiamačiai“ likvidumo rodikliai

Daugiamačiai likvidumo rodikliai, kurie apima daugiau negu vieną likvidumo faktorių, yra šiuolaikinių likvidumo tyrinėtojų dėmesio centre (Benic ir Franic 2008) (Frigg 2010) (Goyenko, Holden ir Trzcinka 2009) (Kluger ir Stephan 1997). Žemiau pateikiami keli daugiausiai naudojami daugiamačiai likvidumo rodikliai.

*Likvidumo koeficientas 1* taip pat žinomas, kaip *Amivest likvidumo koeficientas* (1.5) yra plačiai naudojamas vertinant NASDAQ biržos likvidumą.

$$LR1_t = \frac{V_t}{|r_t|}, \quad (1.5)$$

čia  $V_t$  yra akcijos apyvarta per laiką  $t$ ,  $r_t$  – akcijos grąža per periodą nuo  $t-1$  iki  $t$ .

Didelis prekiautų akcijų kiekis gali amortizuoti žymius kainų svyravimus. Tuomet būtų stebimas aukštas likvidumo lygis. Šis koeficientas yra patogus, kuomet analizuojami kasdieniai akcijų duomenys, kadangi apyvarta ir grąža gali būti lengvai perskaičiuojama norimam periodui.

*Likvidumo koeficientas 2* (1.6) vardiklyje turi atliktų sandorių skaičių, taip eliminuojama likvidumo koeficiento priklausomybė nuo aktyvo kainos, kai naudojama apyvarta (pvz. kaip *Amivest likvidumo koeficientas*).

$$LR2 = \frac{\sum_{t=1}^n |r_t|}{N_t}, \quad (1.6)$$

čia  $N_t$  yra sandorių skaičius per laiką  $t$ .

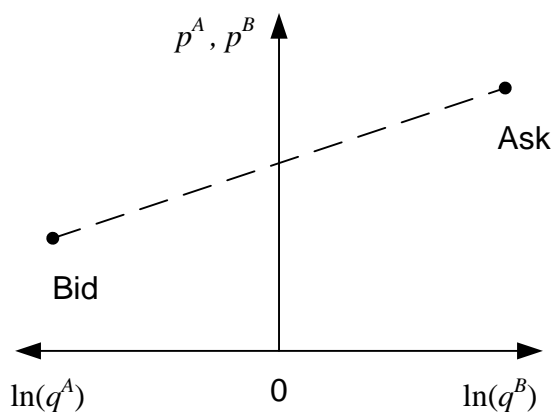
Kainos nuolydis (*quote slope*) (1.7) yra įvertinamas naudojant pirkimo pardavimo kainų plotį skaitiklyje ir pirkimo pardavimo kainų gylio natūralųjį logaritmą vardiklyje.

$$QS_t = \frac{p_t^A - p_t^B}{\ln(q_t^A) + \ln(q_t^B)}, \quad (1.7)$$

čia  $p_t^A$  pardavimo kaina momentu  $t$ ,  $p_t^B$  pirkimo kaina momentu  $t$ .

Kuo didesnis kainos nuolydis, tuo mažesnis likvidumas. Grafiškai šis rodiklis gali būti pavaizduotas, kaip atkarpos tarp pirkimo ir pardavimo kainų nuolydis (žr. 1.2 pav.). Šio likvidumo koeficiento trūkumas yra tai, kad duomenys, reikalingi apskaičiuoti šį rodiklį, nėra

lengvai prieinami. Pavyzdžiui, pirkimo ir pardavimo kainos bei kiekiai Baltijos šalių akcijų rinkoje nėra viešai skelbiami.



1.2 pav. Kainos nuolydis

### 1.1.3 ATLIKTI TYRIMAI

Atliekant tyrimus, kur likvidumas vertinamas kaip pirkimo pardavimo kainų skirtumas, buvo nustatyta, kad vidutinis pirkimo pardavimo kainų skirtumas NYSE akcijų rinkoje yra žymiai mažesnis už Nasdaq akcijų rinkose veikiančių rinkos formuotojų kainų skirtumus (Chung ir Van Ness 2001). Taip pat buvo atlikti tyrimai, kurie patvirtino, kad akcijų biržose, kuriose pavedimus vykdo brokeriai, pirkimo pardavimo kainų skirtumai yra pastebimai didesni, nei aukciono tipo biržose (Huang ir Stoll 2001).

Taip pat visuotinai sutariama, kad įdiegus elektronines aukciono tipo prekybos sistemas Nasdaq akcijų biržose, likvidumas turėtų išaugti (Weston 2002).

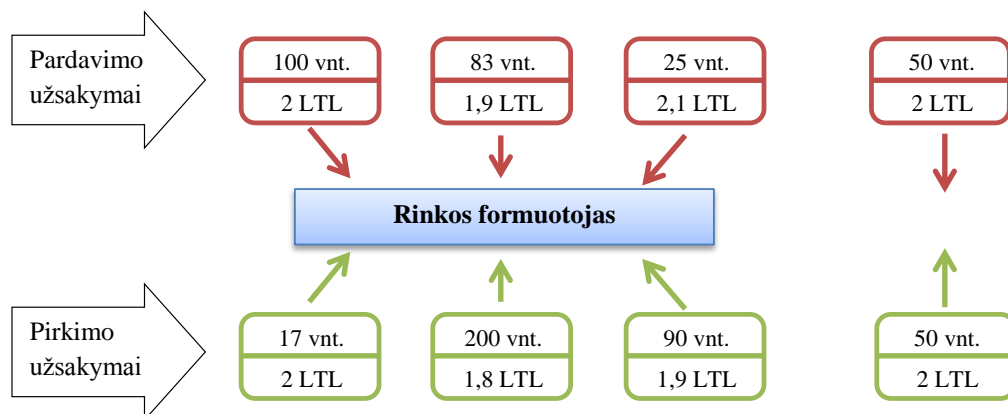
Yra nustatyta, kad likvidumą ir prekybos akcijomis intensyvumą veikia keli veiksniai: ilgalaikės ir trumpalaikės palūkanų normos, pirkimo pardavimo kainų skirtumai, rinkos kintamumas ir kiti kintamieji (Chordia, Roll ir Subrahmanyam 2001). Įdomi įžvalga padaryta apie tai, kad pirkimo pardavimo kainų skirtumo pokyčiai yra asimetriški kylančioje ir krentančioje rinkose.

Dažnai likvidumas tiriamas ne tik akcijų rinkose, bet ir valiutų rinkose. Sorbinenko ir Rachev pateikia trijų pagrindinių rinkos rodiklių – efektyvumo, likvidumo ir kintamumo, tyrimą valiutų rinkose (Serbinenko ir Rachev 2009). Pranešime teigiama, kad valiutų rinkos yra itin likvidžios, tačiau nepastebimas „karštos bulvės“ efektas prekyboje po įvairių pranešimų apie rinkos pokyčius.

## 1.2 RINKOS FORMUOTOJAS

### 1.2.1 RINKOS FORMUOTOJO VEIKIMO MODELIS

Rinkos formuotojas (*market maker*) yra vertybinių popierių rinkos dalyvis, kuris vykdo pateiktus pavedimus aktyvams pirkti ir parduoti. Akcijų biržoje pavedimas pirkti (parduoti) yra įvykdomas tik tuomet, kai tai pačiai akcijai rinkoje yra analogiškas pavedimas paroduoti (pirkti), t.y. abiejuose pavedimuose turi sutapti akcijų kiekis ir kaina. Jeigu pavedimas nesulaukia atitinkamos poros per tam tikrą laiką, jis yra panaikinamas.

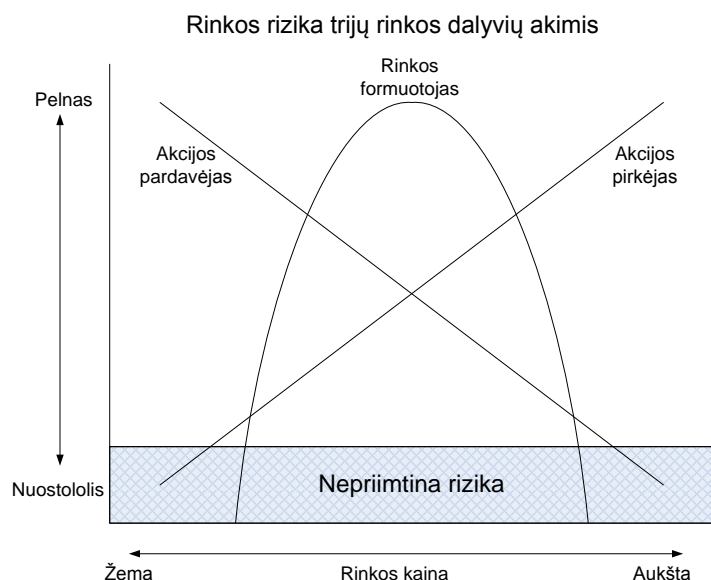


1.3 pav. Akcijų rinkos su rinkos formuotoju veikimo schema

Rinkos formuotojas šioje vietoje vaidina svarbų vaidmenį (žr. 1.3 pav.). Šis rinkos dalyvis nuperka norinčiųjų parduoti akcijas įvairiomis kainomis ir kiekiais ir parduoda jas norintiesiems pirkti įvairiomis kainomis ir kiekiais. Taip yra greičiau įvykdomi pirkimo / pardavimo pavedimai akcijų rinkoje.

Taigi, rinkos formuotojas palaiko pastovią bendrovės akcijų pasiūlą ir paklausą, bei užtikrina, kad pirkimo ir pardavimo kainų skirtumas neviršytų tam tikro nustatyto lygio. Taip yra padidinamas akcijos likvidumas ir patrauklumas investuotojams. Kadangi aukštas likvidumo lygis lemia didesnę aktyvų apyvartą ir mažesnius investavimo kaštus, rinkos formuotojas tampa vienu iš pagrindinių kriterijų priimant investicinius sprendimus.

Be to kad formuojant rinką tam tikrai akcijai yra padidinamas jos likvidumas, rinkos formuotojas yra pelno siekianti institucija. Pelnas uždirbamas pagal tam tikrus matematinius ir ekonominius modelius nustačius pirkimo-pardavimo kainų skirtumą rinkos formuotojo pavedimams. Taigi rinkos formuotojas uždirba iš pirkimo pardavimų pavedimų, kuriuos įvykdo, kainų skirtumo. Ilguoju laikotarpiu rinkos formuotojas akcijas perka vidutiniškai pigiau, nei jas parduoda (Mačys, Kabašisnkas ir Jurgutis 2010).



**1.4 pav. Rinkos rizika trijų rinkos dalyvių akimis**

Rinkos formuotojas gauna didžiausią pelną tuomet, kai akcijos kaina stipriai nesvyruoja (žr. 1.4 pav.). Jei akcijos kaina staiga ima kristi, rinkos formuotojas yra priverstas turimas akcijas pardavinėti pigiau, nei nusipirko anksčiau. Ir atvirkščiai – kai kaina sparčiai kyla, akcijos perkamos už didesnę kainą, nes bulių rinkoje akcijų pasiūla yra minimali.

### **1.2.2 RINKOS FORMUOTOJAS BALTIJOS ŠALIŲ AKCIJŲ RINKOJE**

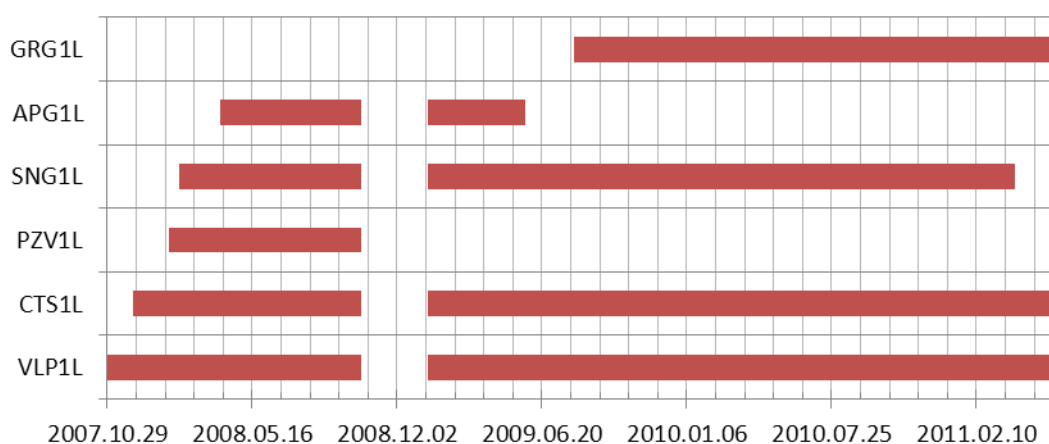
Viena iš priemonių, kuri galėtų pagerinti likvidumo rodiklius, yra rinkos formuotojas. Tai yra finansinių maklerių institucija, kuri už tam tikrą mokestį padeda realizuoti akcijų biržoje pirkimo pardavimo sandorius (Mačys, Kabašisnkas ir Jurgutis 2010). Vertybinių popierių birža NASDAQ OMX Vilnius siekdama skatinti akcijų, įtrauktų į NASDAQ OMX Vilnius prekybos sąrašus, likvidumą, 2006-11-17 NASDAQ OMX Vilnius Prekybos taisyklėse įdiegė rinkos formuotojo institutą (NASDAQ OMX Group 2011). Diegiant rinkos formuotojo institutą buvo atsižvelgta į Europos Sąjungos teisės aktų nuostatas, kitų NASDAQ OMX verslo grupei priklausančių biržų, kuriose šis institutas sėkmingai veikia, praktiką bei patarimus.

**1.1 lentelė. Rinkos formuotojai vertybinių popierių biržoje NASDAQ OMX Vilnius**

<b>Pavedimų knyga</b>	<b>Vertybinio popieriaus pavadinimas</b>	<b>Minimalus dydis rinkos formuotojų pavedimams</b>	<b>Rinkos formuotojas</b>
<b>CTS1L</b>	City Service	300 EUR	UAB FMĮ "Orion Securities"
<b>VLP1L</b>	Vilkyškių pieninė	300 EUR	UAB FMĮ "Orion Securities"
<b>GRG1L</b>	Grigiškės	300 EUR	UAB FMĮ "Orion Securities"
<b>OAMOBFF1L</b>	OMX Baltic Benchmark Fund	300 EUR	UAB FMĮ "Orion Securities"



Rinkos formuotojas, tai vertybinių popierių biržos NASDAQ OMX Vilnius narys, kuris pagal pasirašytą sutartį su NASDAQ OMX Vilnius įsipareigoja NASDAQ OMX Vilnius Prekybos taisyklėse nustatytais sąlygomis teikti pavedimus pirkti ir parduoti konkrečius vertybinius popierius, siekdamas padidinti investuotojams galimybę prekiauti vertybiniais popieriais. Kuo galimybė prekiauti vertybiniais popieriais didesnė, tuo yra geriau tenkinami investuotojų interesai, plėtojama ir vystoma vertybinių popierių rinka Šiuo metu Baltijos šalių akcijų rinkoje veikia tik vienas rinkos formuotojas – UAB FMI "Orion Securities". Maklerių kompanija rinkos formuotojo paslaugas šiuo metu teikia trims įmonėms: City Service (CTS1L), Vilkyškių pieninė (VLP1L) ir Grigiškės (GRG1L) ir vienam vertybinių popierių fondui OMX Baltic Benchmark Fund (žr. 1.1 lentelė).



### 1.5 pav. Akcijų naudojimosi rinkos formuotojo paslaugomis istorija

Per visą Orion Securities rinkos formuotojo paslaugos teikimo istoriją, šia paslauga naudojosi šešios kompanijos savo akcijų likvidumui užtikrinti (žr. 1.5 pav.). Pirmoji įmonė, kuri pradėjo naudoti rinkos formuotoją savo akcijoms, yra „Vilkyškių pieninė“. Įmonė šia paslauga naudojasi iki šiol su kelių mėnesių pertrauka 2008 – 2009 metų sandūroje.

Taigi, rinkos formuotojas yra viena iš priemonių, kaip pagerinti akcijų likvidumą Baltijos šalių akcijų biržoje. Nors intuityviai šis faktas yra akivaizdus, realiai patikrinti, kokią įtaką likvidumui daro rinkos formuotojai yra ganėtinai sudėtinga. Kaip bebūtų, pirmiausia reikėtų išanalizuoti patį likvidumą Baltijos šalių akcijų biržoje. Toliau formuluojami šio darbo tikslai, kuriuos pasiekus bus galima atsakyti į esminius klausimus apie likvidumo Baltijos regione.

### 1.3 DARBO TIKSLAI

Šiame darbe, norint ištirti likvidumą Baltijos šalių akcijų rinkoje, buvo iškelti tokie pagrindiniai tikslai:

- Atlikti literatūros, susijusios su tirama tematika, analizę ir paruošti apibendrinimus;

- Pasirinkti likvidumo tyrimo metodiką ir ją aprašyti;
- Parinkti likvidumo rodiklių rinkinį, tinkantį tyrimui;
- Išskirti likvidumo faktorius arba dimensijas;
- Suskirstyti tiriamus likvidumo rodiklius pagal tai, kurią likvidumo dimensiją jie geriausiai apibūdina;
- Naudojantis išskirtomis dimensijomis, suklasterizuoti akcijas pagal likvidumo lygį kiekvienoje dimensijoje;
- Pateikti išvadas apie daugiadimensinio likvidumo sandarą Baltijos šalių akcijų rinkoje.

## 2 LIKVIDUMO ANALIZĖS METODIKA

### 2.1 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ

#### 2.1.1 METODAS

Pagrindinių komponentių analizė (PKA) yra dimensijos mažinimo metodas, paremtas ortogonalioji transformacija (Movellan 2003). Tarkime, turime duomenis  $X = (x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n)$  ir norime sumažinti dimensiją taip, kad  $Y = (y_1 \ y_2 \ \dots \ y_m)$ , kur  $m \ll n$ . Tuomet kiekviena vektoriaus  $Y$  komponentė yra perskaičiuojama taip:

$$\begin{aligned} y_1 &= k_{11}x_1 + k_{12}x_2 + \dots + k_{1n}x_n \\ y_2 &= k_{21}x_1 + k_{22}x_2 + \dots + k_{2n}x_n \\ &\dots \\ y_m &= k_{m1}x_1 + k_{m2}x_2 + \dots + k_{mn}x_n \end{aligned} \tag{2.1}$$

Pradinio duomenų rinkinio erdvė gali būti aprašyta taip:

$$X = x_1v_1 + x_2v_2 + \dots + x_nv_n, \tag{2.2}$$

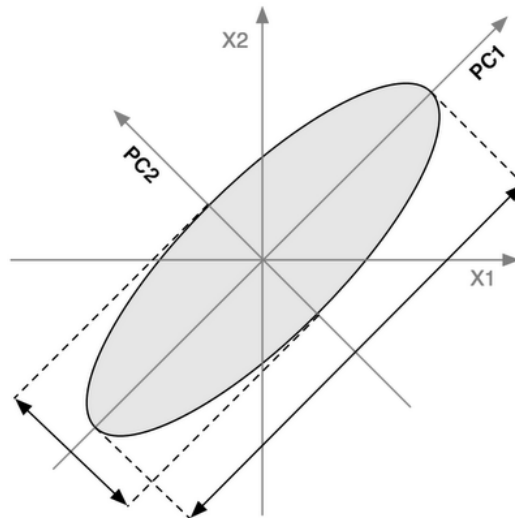
čia  $v_1, v_2, \dots, v_n$  sudaro bazę  $n$ -matėje erdvėje.

Pagrindinių komponentių analizės metodo tikslas yra surasti tokią naują bazę  $u_1, u_2, \dots, u_k$   $k$ -matėje erdvėje, kad

$$\hat{X} = y_1u_1 + y_2u_2 + \dots + y_ku_k \tag{2.3}$$

ir paklaida būtų mažiausia

$$\min \|X - \hat{X}\|. \tag{2.4}$$



2.1 pav. Pagrindinių komponentių analizės geometrinė interpretacija

Pagrindinių komponentių analizės metodo geometrinė interpretacija būtų tokia: PKA suprojektuoja duomenis į ašį, kurioje stebima didžiausia variacija (Shlens 2009). Šios ašys yra nusakomos pagal tikrinius vektorius, kurie atitinka didžiausias kovariacijos matricos tikrines reikšmes. Tikrinių reikšmių dydis tiesiogiai proporcingas duomenų išsibarstymui ant atitinkamų tikrinių vektorių ašių (žr. 2.1 pav.).

### 2.1.2 ATLIKTI TYRIMAI

Likvidumo tyrinėtojai (Hasbrouck ir Seppi 2001) (von Wyss 2004) (Hagströmer, et al. 2009) savo darbuose aprašo PKA metodo panaudojimo galimybes ir rezultatus tiriant rinkos ir akcijų likvidumą. R. von Wyss savo disertacijoje tiria aštuoniolika Šveicarijos akcijų, naudodamas 65 prekybos dienų aukšto dažnio (suskirstytus į 5 minučių intervalus) duomenis. Likvidumo analizei naudojami 23 likvidumo rodikliai. Kiekvienai akcijai buvo pritaikytas pagrindinių komponentių metodas ir aprašyti gauti rezultatai. Remiantis atliktais tyrimais, pateikiama išvada, kad likvidumą sudaro šešios dimensijos, kurias apibūdina santykinis pirkimo pardavimo kainų skirtumas, apyvarta, rinkos gylis ir įtaka rinkai iš pirkimo ir pardavimo pavedimų pusės.

J. Hasbrouck ir D.J. Seppi savo tyrime analizavo 30 Dow rinkos akcijų pagal 1994 metų aukšto dažnio duomenis (15-os minučių intervalais). Pagrindinių komponentių ir korelacijų metodais buvo išskirti pagrindiniai likvidumo faktoriai. Tačiau bendri likvidumo faktoriai, apibūdinantys pirkimo pardavimo kainų skirtumus ir kitus susijusius likvidumo rodiklius, yra statistiškai mažai reikšmingi.

B. Hagstromer pasiūlė PKA metodo modifikaciją, su kuria PKA perskaičiuojamas pagal dinaminį laiko langą. Taip gaunama realistiškesnė kovariacijų matrica. Tyrime pateikiamos išvados apie metodo modifikacijų įtaką gaunamiems rezultatams.

## 2.2 DAUGIAMATĖ REGRESINĖ ANALIZĖ

Vienas iš matematinių metodų, kaip nustatyti stebimų objektų priklausomybę yra regresija. Regresija gali būti tiesinė ir netiesinė. Tiesinės regresijos atveju nustatoma tiesinė priklausomybė tarp tiriamų objektų ir jų ryšio stiprumas. Daugiamatė regresinė analizė leidžia įvertinti priklausomojo kintamojo priklausomybę nuo kelių nepriklausomų kintamųjų. Šiame tyrime analizijuoma tiesinė priklausomybė, todėl naudojamas tiesinis daugiamatės regresijos modelis. Matematinis modelis gali būti aprašomas taip (Timm 2002):

$$Y_i = X_i b + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n. \quad (2.5)$$

Čia  $Y_i = [y_{i1} \quad \dots \quad y_{id}]$  yra priklausomų kintamųjų vektorius, kiekvienai akcijai nuo 1 iki  $d$ .

Priklausomi kintamieji apibrėžiami matrica  $X_i = \begin{bmatrix} x_{i11} & \dots & x_{i1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{id1} & \dots & x_{idp} \end{bmatrix}$ , kur  $i$  yra stebėjimo numeris, o

$p$  – analizuojamų likvidumo rodiklių skaičius.  $b = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix}$  yra tiesinės regresijos koeficientų prie

kiekvieno likvidumo rodiklio vektorius.  $\varepsilon_i = [\varepsilon_{i1} \quad \dots \quad \varepsilon_{id}]$  regresijos liekanų vektorius.

Į daugiamatės tiesinės regresijos modelį įtraukiamos visos tikriosios akcijos, o priklausomi kintamieji apskaičiuojami kiekvienai akcijai kiekvieno stebėjimo metu. Duomenų struktūra plačiau aprašyta 2.3.1 skyriuje.

Regresinės analizės modelio statistinis kokybės vertinimas atliekamas naudojantis suvestiniu apibrėžtumo koeficientu (žr. (2.6) f-lę), kuris parodo, kurią atsitiktinio dydžio  $Y$  sklaidos dalį galima paaiškinti tiesine regresija priklausomų kintamųjų  $X_1, \dots, X_p$  atžvilgiu.

$$R^2 = 1 - \frac{SS_e}{SS_t}, \quad (2.6)$$

čia  $SS_e = \sum_{i,d} (y_{id} - \hat{y}_{id})^2$  yra regresijos liekanų kvadratų suma,  $SS_t = \sum_{i,d} (y_{id} - \bar{y}_{id})^2$  yra priklausomų kintamųjų nuokrypių nuo vidurkio kvadratų suma.

Regresijos kintamųjų skaičius modelyje parenkamas atliekant pažingsninę regresiją. Naudojamas mišrus kintamųjų įrašymo-išbraukimo metodas (angl. *stepwise regression*).

Regresijos analizės trūkumai yra tai, kad norint priimti ir patvirtinti bandymo rezultatus turi būti tenkinamos tisinės regresijos prielaidos: regresijos liekanos yra nepriklausomos tarpusavyje ir pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį su vidurkiu nulis ir pastovia dispersija (Kleinbaum, Kupper ir Muller 2007). Kadangi šiame tyrime tiesinės regresijos modelis nėra pagrindinis tyrimo įrankis, tai prielaidos nėra tikrinamos, o tiesinės regresijos rezultatai pateikiami kaip hipotetiniai.

## 2.3 TYRIMO APRAŠYMAS

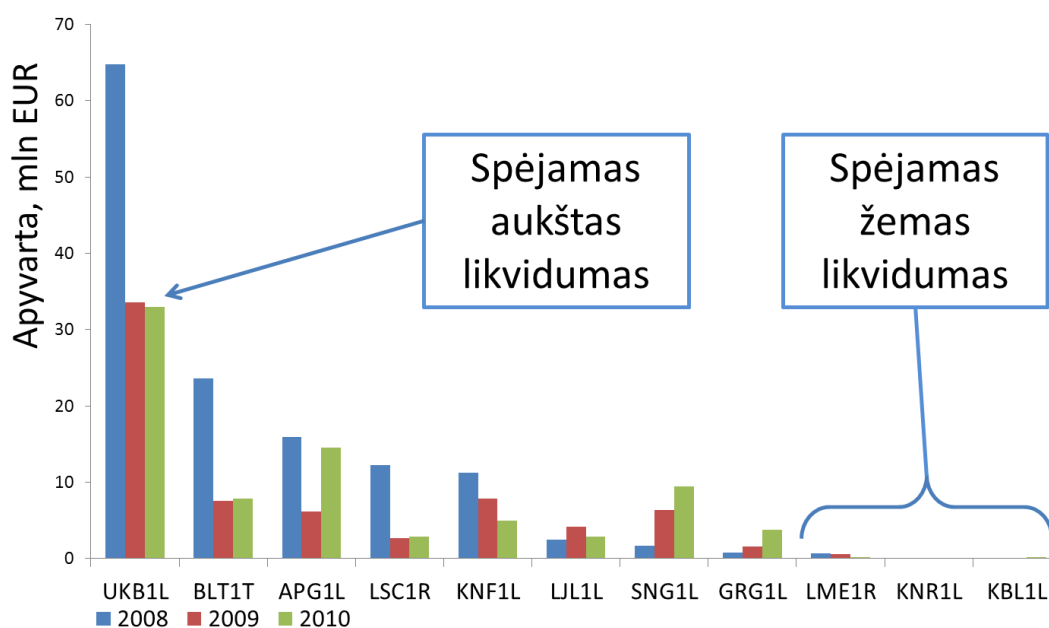
### 2.3.1 DUOMENYS

Tyrimui pasirinktos vienuolika akcijų iš Baltijos šalių akcijų rinkos (žr. 2.1 lentelė). Tarp pasirinktų akcijų yra aštuonios akcijos iš Vilniaus, dvi iš Rygos ir viena iš Talino vertybinių popierių biržos. Iš pateiktos lentelės intuityviai pastebima, kad akcijos turi būti skirtingo likvidumo lygio. Tiek akcijų uždarymo ir atidarymo kainos, tiek apyvartos eurai per analizuojamą laikotarpį yra skirtingos.

2.1 lentelė. Tiriamų akcijų atidarymo ir uždarymo kainos, apyvarta

Index	Open Price, EUR			Last Price, EUR			Turnover, mln EUR		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
GRG1L	0,78	0,09	0,27	0,09	0,27	0,78	0,78	1,58	3,80
APG1L	4,16	0,63	0,78	0,63	0,80	2,07	15,94	6,21	14,52
SNG1L	2,02	0,16	0,17	0,16	0,17	0,27	1,72	6,38	9,48
BLT1T	3,90	1,12	0,73	1,15	0,73	1,14	23,62	7,57	7,84
UKB1L	1,07	0,21	0,30	0,21	0,31	0,38	64,81	33,56	32,97
LSC1R	1,85	0,94	0,58	0,94	0,57	0,54	12,27	2,72	2,89
KNF1L	0,29	0,25	0,28	0,25	0,27	0,53	11,20	7,86	4,92
KBL1L	0,87	0,34	0,52	0,34	0,52	1,12	0,07	0,10	0,22
LJL1L	0,17	0,07	0,13	0,07	0,13	0,08	2,47	4,20	2,86
LME1R	5,38	1,64	1,76	1,64	1,59	1,71	0,66	0,62	0,17
KNR1L	1,01	0,58	0,71	0,58	0,70	0,60	0,08	0,05	0,06

Trys iš pasirinktų akcijų – GRG1L, APG1L, SNG1L, yra prekiaujamos su rinkos formuotojo pagalba (Snaigė (SNG1L) rinkos formuotojo paslaugomis naudojosi iki 2011 m. kovo mėn.). Iš 2.2 pav. matome, kad minėtų akcijų apyvartos nuo 2008 m. iki 2010 m. demonstruoja tendenciją augti.



2.2 pav. Tiriamų akcijų apyvartos mln. EUR

Tolimesniame tyrime naudojami šešių metų kasdieniai duomenys nuo 2005-01-01 iki 2011-01-01. Kasdieniai prekiaujamų akcijų statistiniai duomenys yra viešai prieinami per Baltijos šalių akcijų rinkos internetinį puslapį (NASDAQ OMX Group 2011). Nagrinėdami šešerių metų vertybinių popierių prekybos intervalą, turime 1520 stebėjimų. Kadangi norint apskaičiuoti kai kuriuos analizuojamus rodiklius neužtenka vienos dienos duomenų, bet reikia laiko intervalo, todėl turimi duomenys buvo susegmentuoti į dvidešimties dienų intervalus.

Tuomet kiekvienas rodiklis buvo perskaičiuotas kiekvienam intervalui. Taip buvo gauti 75 stebėjimai, kiekvienam rodikliui.

### 2.3.2 TIRIAMO LIKVIDUMO RODIKLIAI

Tolimesniame tyrime analizuojami dvylika likvidumo rodiklių. Šiuos rodiklius pagal sudarymo lygį galima suskirstyti į tris grupes – tiesioginių charakteristikų, išvestinių rodiklių ir techninės analizės (TA) indikatorių (žr. 2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Tyrime naudojami likvidumo rodikliai

Tiesioginiai	Išvestiniai	TA indikatoriai
<i>Apyvarta</i>	<i>Zeros1,2</i>	<i>RSI</i>
<i>Kiekis</i>	<i>Spread1,2</i>	<i>MFI</i>
<i>Sandoriai</i>	<i>Price Range</i>	<i>OBV</i>
	<i>Amivest illiquidity</i>	

Pirmoje likvidumo rodiklių grupėje yra tiesioginės prekybos akcijų biržoje charakteristikos, kurios yra viešai prieinamos Baltijos šalių akcijų rinkos dalyviams ir nepriklausomiems investuotojams. Tiesioginiai rodikliai yra šie:

- *turnover* – akcijos apyvarta eurai per vieną prekybos dieną;
- *vol* – akcijų kiekis, kuriuo buvo prekiauta per vieną prekybos dieną;
- *deals* – sandorių skaičius konkrečiai akcijai per vieną prekybos dieną.

Likvidumo rodikliai, sudaromi naudojant pirmosios grupės ir kitas analogiškas charakteristikas, patenka į antrąją grupę:

- *zeros1* – prekybos dienų skaičius, per kurias tam tikros akcijos grąža buvo lygi nuliui, t.y. atidarymo ir uždarymo kainos buvo vienodos;
- *zeros2* – prekybos dienų skaičius, per kurias tam tikros akcijos prekiautas kiekis buvo lygus nuliui;
- *pRange* – kainos intervalas santykinis kainos rodiklis, apskaičiuojamas taip:

$$pRange_t = \frac{p_t^H - p_t^L}{p_t^{Avg}}; \quad (2.7)$$

čia  $p_t^H$  aukščiausia akcijos kaina per prekybos dieną,  $p_t^L$  žemiausia akcijos kaina per prekybos dieną,  $p_t^{Avg}$  vidutinė akcijos kaina per prekybos dieną.

- *spread1* – pirkimo pardavimo kainų skirtumas

$$spread1_t = p_t^A - p_t^B; \quad (2.8)$$

čia  $p_t^A$  pardavimo pavidimo kaina,  $p_t^B$  pirkimo pavidimo kaina.

- *spread2* – santykinis pirkimo pardavimo kainų skirtumas laiko momentu  $t$ .

$$spread2_t = \frac{p_t^A - p_t^B}{\frac{1}{2}(p_t^A + p_t^B)}. \quad (2.9)$$

- *AMILLIQ* – likvidumo rodiklis įvertina kainų skirtumus ir apyvartą (Amihud 2002):

$$AMILLIQ_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|p_i^C - p_{i+1}^C|}{turnover_{t+1}}, \quad (2.10)$$

čia  $p_t^C$  tam tikros akcijos uždarymo kaina (*close price*) po periodo  $t$ .

Paskutinioji likvidumo rodiklių grupė sudaryta iš techninės analizės rodiklių (Kabašinskas ir Mačys 2010):

- *RSI* – santykinės vertės rodiklis (*relative strenght index*) apskaičiuojamas pagal kiekvienos dienos teigiamą (T) ir neigiamą (N) kainos pokytį

$$T_t = \begin{cases} p_t^C - p_{t-1}^C, & \text{jei } p_t^C > p_{t-1}^C \\ 0, & \text{jei } p_t^C \leq p_{t-1}^C \end{cases}$$

$$N_t = \begin{cases} 0, & \text{jei } p_t^C \geq p_{t-1}^C \\ p_t^C - p_{t-1}^C, & \text{jei } p_t^C < p_{t-1}^C \end{cases}. \quad (2.11)$$

Teigiamo kainos pokyčio eksponentinio slankiojo vidurkio santykis su neigiamu kainos pokyčio eksponentiniu slankiuoju vidurkiu yra vadinamas santykinė jėga (*Relative Strenght, RS*) (žr. (2.12) f-lę). Slankieji vidurkiai šiame tyrime skaičiuojami naudojant 20-ties prekybos dienų langą.

$$RS = \frac{EMA(T, 20)}{EMA(N, 20)}. \quad (2.12)$$

Tuomet santykinės vertės rodiklis apskaičiuojamas taip:

$$RSI = 100 - \frac{100}{1 + RS}. \quad (2.13)$$

- *MFI* – pinigų srautų indeksas (*money flow index*) parodo, kokią dalį visų pinigų srautų sudaro pinigų srautai pakilimo dienomis. Pinigų srautas (*money flow*) apskaičiuojamas taip:

$$MF = p_t^T \cdot volume, \quad (2.14)$$

čia  $p_t^T = \frac{p_t^H + p_t^L + p_t^C}{3}$  – tipinė kaina.

Pinigų srautai pakilimo dienomis, arba teigiami pinigų srautai (žr. (2.15) f-lę), yra pinigų srautų suma tomis dienomis, kai tipinė buvo didesnė už prieš tai buvusios dienos tipinę kainą. Neigiami pinigų srautai (žr. (2.16) f-lę) yra pinigų srautų suma tomis dienomis, kai tipinės kainos buvo mažesnės už prieš tai buvusios dienos tipinę kainą.



$$PMF_t = PMF_{t-1} + \begin{cases} MF_t, & \text{jei } p_t^T > p_{t-1}^T, \\ 0, & \text{jei } p_t^T \leq p_{t-1}^T, \end{cases} \quad (2.15)$$

$$NMF_t = NMF_{t-1} + \begin{cases} MF_t, & \text{jei } p_t^T < p_{t-1}^T, \\ 0, & \text{jei } p_t^T \geq p_{t-1}^T, \end{cases} \quad (2.16)$$

Tada pinigų srautų indeksas apskaičiuojamas pagal formulę (2.17):

$$MF = \frac{PMF}{PMF + NMF}. \quad (2.17)$$

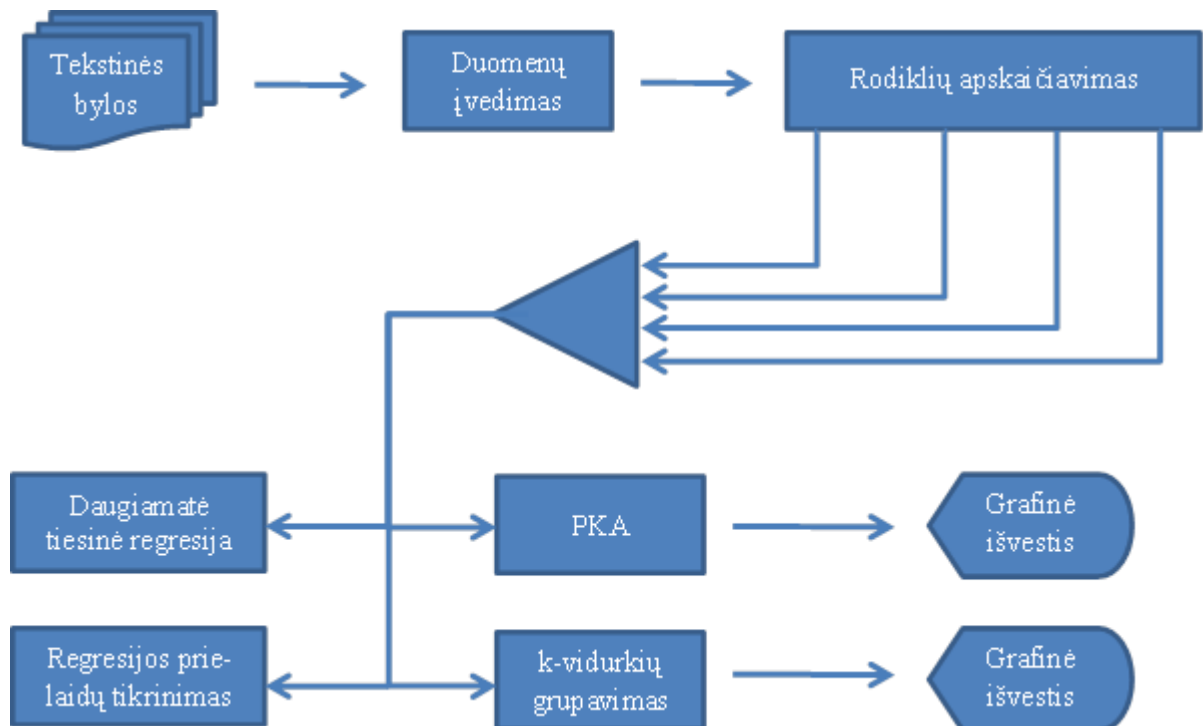
- *OBV* – subalansuota apimtis (*on-balanced volume*) susieja aktyvo kainą ir apyvartą (žr. (2.18) f-lę).

$$OBV_t = OBV_{t-1} + \begin{cases} volume_t, & \text{jei } p_t^C > p_{t-1}^C, \\ 0, & \text{jei } p_t^C = p_{t-1}^C, \\ -volume_t, & \text{jei } p_t^C < p_{t-1}^C. \end{cases} \quad (2.18)$$

Išsamesnės informacijos apie techninės analizės rodiklius ir jų panaudojimo galimybes galima rasti literatūroje ir lietuvių kalba (Mačys 2009) (Kancerevyčius 1999).

## 2.4 PROGRAMINIAI SPRENDIMAI

Tyrimui atlikti buvo naudojama MatLab 2008b programinė įranga su finansinės analizės tyrimo paketu (angl. *financial toolbox*). Buvo sukurtos specialios funkcijos ir metodai, skirti apskaičiuoti tiriamus rodiklius. Kelios numatytosios MatLab funkcijos buvo patobulintos ir pritaikytos tyrimo reikmėms.



2.3 pav. Programinės įrangos panaudojimo tyrime schema

Sukurti pavieniai metodai ir algoritmai, kurie atlieka duomenų importavimo iš tekstinių bylų funkcijas, apskaičiuoja tiriamus rodiklius, atlieka pagrindinių komponentų analizę kiekvienai akcijai, sudaro duomenų matricas, paruošia duomenis ir gražina grafinius duomenų paveikslus. Visų tyrime naudoti metodai MatLab kalba pateikti 2 priede. Duomenų apdorojimo schema programinėmis priemonėmis pateikta 2.3 paveiksle.

Programinės įrangos pasirinkimą lėmė funkcionalumo reikalavimai ir daugiamačių duomenų apdorojimo galimybės. MatLab turi platų pasirinkimą funkcijų ir metodų, skirtų akcijų analizei. Be to, šis matematinis paketas skirtas dirbti su dideliais kiekiais duomenų, todėl skaičiavimai atliekami gana greitai. Šio programinio pakelto skaičiavimai paremti veiksmais su vektoriais ir matricomis, dėl to skaičiavimo operacijos su didelės apimties duomenimis atliekamos itin greitai. Svarbiausia, kad MatLab yra labai lankstus, nes yra lengvai pritaikomas pagal specialius poreikius.

### 3 LIKVIDUMO TYRIMAS

#### 3.1 AKCIJŲ LIKVIDUMAS PAGAL ATSKIRUS RODIKLIUS

Vienas iš paprastų būdų, kaip greitai įvertinti akcijos likvidumą, yra įvertinti visus likvidumo rodiklius konkrečiai akcijai ir palyginti juos su kitų akcijų likvidumo rodikliais. Taip galima sužinoti santykinę tam tikros akcijos likvidumą iš pasirinkto portfelio.

3.1 lentelė. Akcijų likvidumo eilė pagal visus likvidumo rodiklius

	APG1L	GRG1L	SNG1L	BLT1T	UKB1L	LSC1R	KNF1L	KBL1L	LJL1L	LME1R	KNR1L
turnover	4	8	1	3	2	5	6	11	7	9	10
vol	6	8	2	7	1	5	4	11	3	9	10
deals	2	8	4	3	1	5	7	11	6	9	10
zeros1	1	7	6	2	3	4	5	10	9	8	11
zeros2	2	7	8	1	4	3	5	10	6	9	11
spread1	1	7	5	3	8	6	9	4	10	2	11
spread2	4	6	7	9	11	8	10	1	5	3	2
obv	5	6	11	4	2	8	1	10	3	7	9
rsi	1	6	10	2	3	4	5	9	8	7	11
mfi	4	7	11	3	6	8	1	10	9	5	2
pRange	6	8	7	1	2	5	9	10	4	3	11
AMILLIQ	1	8	7	2	4	5	3	10	6	9	11
<b>Vidutinė eilė</b>	<b>3,08</b>	<b>7,17</b>	<b>6,58</b>	<b>3,33</b>	<b>3,92</b>	<b>5,50</b>	<b>5,42</b>	<b>8,92</b>	<b>6,33</b>	<b>6,67</b>	<b>9,08</b>
<b>EILĖ</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>11</b>

Šiame tyrime buvo apskaičiuoti tiriami rodikliai kiekvienai akcijai nurodytiems periodams. Tuomet įvertintos vidutinės rodiklių reikšmės iš visų turimų stebėjimų ir gautos reikšmės surašytos į lentelę. Šioje lentelėje rodiklių vidutinės vertės pakeitus eilės numeriais nuo mažiausio iki didžiausio (arba rangais), turime rangų lentelę tiriamoms akcijoms pagal visus analizuojamus likvidumo rodiklius (3.1 lentelė). Žemesnis rangas reiškia aukštesnį likvidumą. Apačioje apskaičiuojamas vidutinis visų rodiklių rangas kiekvienai akcijai. Surikiavę vidutinius rangus didėjimo tvarka turime akcijų sąrašą, išrikiuotą pagal likvidumą.

Pagal vidutinius rangus turime, kad likvidžiausios akcijos iš tiriamųjų portfelio yra APG1L, BLT1T, UKB1L, KNF1L ir t.t. Pastaruosius metus su rinkos formuotoju veikiančios akcijos SNG1L ir GRG1L yra atitinkamai septintoje ir devintoje vietoje. Pagal rangavimo lentelę matome, kad viena akcija gauna tą patį rangą pagal visus rodiklius. Kai kuriose vietose rangai net labai skiriasi, pvz. KBL1L akcija pagal *spread2*, *spread1* rodiklius yra pirma ketvirta, tačiau pagal visus kitus – devinta vienuolikta.

3.2 lentelė. Spearmano ranginė koreliacija likvidumo rodikliams

	turnover	vol	deals	zeros1	zeros2	spread1	spread2	obv	rsi	mfi	pRange	AMILLIQ
turnover	1	0,81	0,93	0,79	0,68	0,18	-0,75	0,26	0,51	-0,07	0,55	0,72
vol	0,81	1	0,75	0,49	0,48	-0,25	-0,75	0,45	0,28	-0,19	0,43	0,56
deals	0,93	0,75	1	0,87	0,82	0,22	-0,69	0,44	0,71	0,03	0,65	0,83
zeros1	0,79	0,49	0,87	1	0,92	0,45	-0,67	0,45	0,91	0,25	0,56	0,92
zeros2	0,68	0,48	0,82	0,92	1	0,29	-0,67	0,59	0,92	0,24	0,63	0,95
spread1	0,18	-0,25	0,22	0,45	0,29	1	0,18	-0,24	0,43	-0,11	0,35	0,27
spread2	-0,75	-0,75	-0,69	-0,67	-0,67	0,18	1	-0,61	-0,55	-0,18	-0,48	-0,67
obv	0,26	0,45	0,44	0,45	0,59	-0,24	-0,61	1	0,62	0,51	0,44	0,66
rsi	0,51	0,28	0,71	0,91	0,92	0,43	-0,55	0,62	1	0,36	0,59	0,87
mfi	-0,07	-0,19	0,03	0,25	0,24	-0,11	-0,18	0,51	0,36	1	-0,02	0,32
pRange	0,55	0,43	0,65	0,56	0,63	0,35	-0,48	0,44	0,59	-0,02	1	0,52
AMILLIQ	0,72	0,56	0,83	0,92	0,95	0,27	-0,67	0,66	0,87	0,32	0,52	1,00

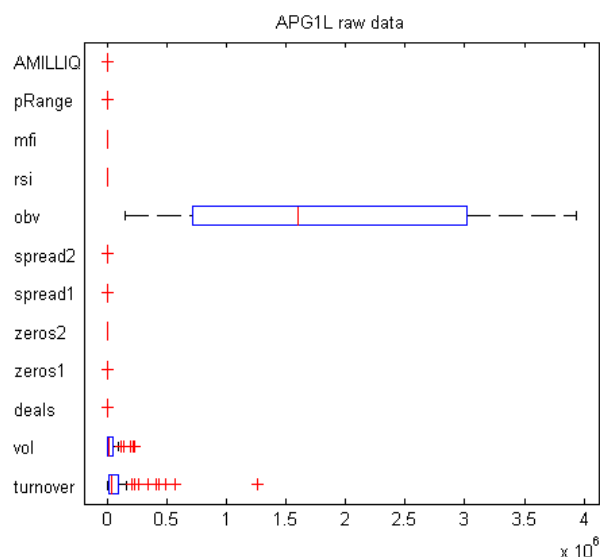
Norėdami gauti statistinį pagrindimą apie rodiklių koreliacijos egzistavimą ar nebuvimą atlikome Spearmano ranginę koreliaciją. Rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje. Rodikliai *turnover*, *vol* ir *deals* yra stipriai koreliuoti tarpusavyje. Rodiklis *deals* stipriai koreliuotas su *zeros1* ir *zeros2* rodikliais, kadangi pastarieji rodikliai tiesiogiai priklauso nuo įvykusių sandorių skaičiaus. *rsi* rodiklis turi stiprų ranginės koreliacijos ryšį su *zeros1* ir *zeros2* rodikliais. *AMILLIQ* rodiklis koreliuotas su *deals*, *zeros1* ir *zeros2* rodikliais. Silpna koreliacija su visais rodikliais pasižymi *mfi* rodiklis. Taip pat, *spread1* rodiklis yra beveik nepriklausomas nuo *spread2* ir *turnover* rodiklių, Spearmano ranginės koreliacijos koeficientai yra artimi nuliui.

Remiantis jau gautais rezultatais, galima atlikti tolimesnius tyrimus ir naujuosius rezultatus lyginti su paprasčiausiu likvidumo lygio įvertinimu – vidutiniu rangu pagal visus rodiklius.

### 3.2 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ

Kiekvienai akcijai apskaičiuojami pasirinkti dvylika likvidumo rodiklių ir sudaromos duomenų matricos. Kadangi analizuojami rodikliai yra skirtingos prigimties, gautų rezultatų vidurkiai ir dispersijos labai skiriasi (žr. 3.1 pav.). Be to, nė vienas iš rodiklių nėra pasiskirstęs pagal normalųjį skirstinį.

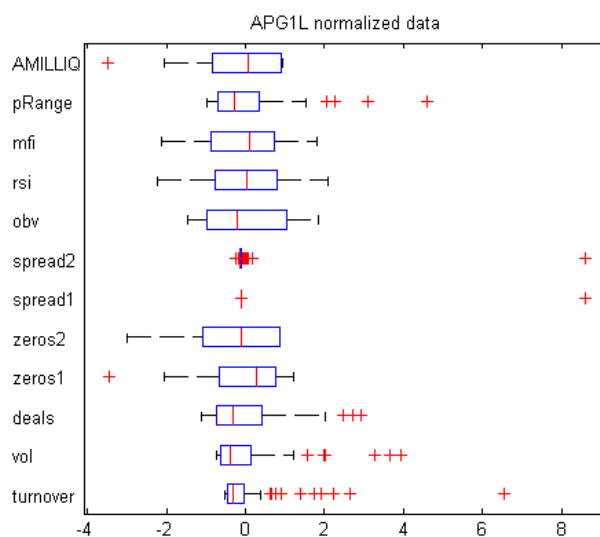
Norint atlikti pagrindinių komponentų analizę korektiškai, duomenys turi būti centruoti ir normuoti. Tyrime normavimas ir centravimas atliktas taip: iš kiekvieno kintamojo atimtas rodiklio vidurkis ir padalinta iš standartinio nuokrypio. Normuotų duomenų pagrindines charakteristikas galime matyti 3.2 pav. Normavus duomenis kiekvieno rodiklio vidurkis lygus nuliui, o standartinis nuokrypis – vienetui. Dabar duomenys yra paruošti pagrindinių komponentų analizei.



**3.1 pav. Likvidumo rodiklių pagrindinės statistikos APG1L akcijai**

Pagrindinių komponentių analizė buvo atliekama naudojantis MatLab 2008b versijos statistinių skaičiavimų paketu (*statistical toolbox*). Programų tekstai pateikti 2 priede.

Pagrindinių komponentių metodas grąžina tokius kintamuosius: likvidumo rodiklių koeficientus (arba svorius) kiekvienoje komponentėje, kiekvieno pradinių duomenų taško koordinatas (*component scores*) naujoje koordinačių erdvėje ir variacijas, kurias paaiškina kiekviena iš komponentių. Visų akcijų koeficientai ir variacijos visoms komponentėms pateiktos 1. priede.



**3.2 pav. Normuotų likvidumo rodiklių pagrindinės statistikos APG1L akcijai**

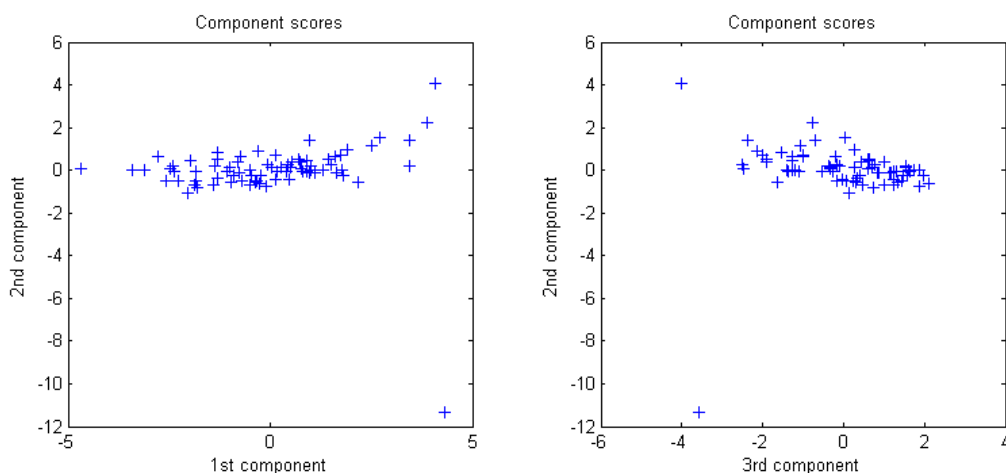
Koeficientai nusako, kokiais svoriais turėtų įeiti atitinkami rodikliai į tiesinę kombinaciją, kuri nusako tam tikrą komponentę. Iš 3.3 lentelės matome, kad APG1L akcijai pirmoji likvidumo komponentė yra sudaryta iš visų rodiklių. Didžiausi svoriai tenka *AMILLIQ* ir *zeros2* likvidumo rodikliams. Taip pat gana svarią įtaką pirmajai komponentei daro *zeros1*, *deals* ir *vol*

rodikliai. Antroji komponentė yra sudaryta didžiausių neigiamą svorį turinčių *spread1* ir *spread2* rodiklių. Kiti likvidumo indikatoriai antrajai komponentei daro santykinai mažą įtaką, todėl, galima sakyti, kad APG1L akcijai viena iš pagrindinių likvidumo komponentių yra sudaryta iš pirkimo pardavimo kainų skirtumo rodiklių.

**3.3 lentelė. Pirmų trijų pagrindinių komponentių koeficientai APG1L akcijai**

APG1L	Component 1	Component 2	Component 3
<i>turnover</i>	0,27	0,28	-0,33
<i>vol</i>	0,34	0,29	-0,30
<i>deals</i>	0,35	0,17	-0,32
<i>zeros1</i>	0,36	-0,06	0,27
<i>zeros2</i>	0,42	-0,02	0,35
<i>spread1</i>	0,15	-0,58	-0,22
<i>spread2</i>	0,16	-0,58	-0,23
<i>obv</i>	0,22	0,21	0,13
<i>rsi</i>	0,13	-0,13	0,31
<i>mfi</i>	0,06	-0,19	0,27
<i>pRange</i>	0,27	-0,19	-0,34
<i>AMILLIQ</i>	0,44	0,01	0,31

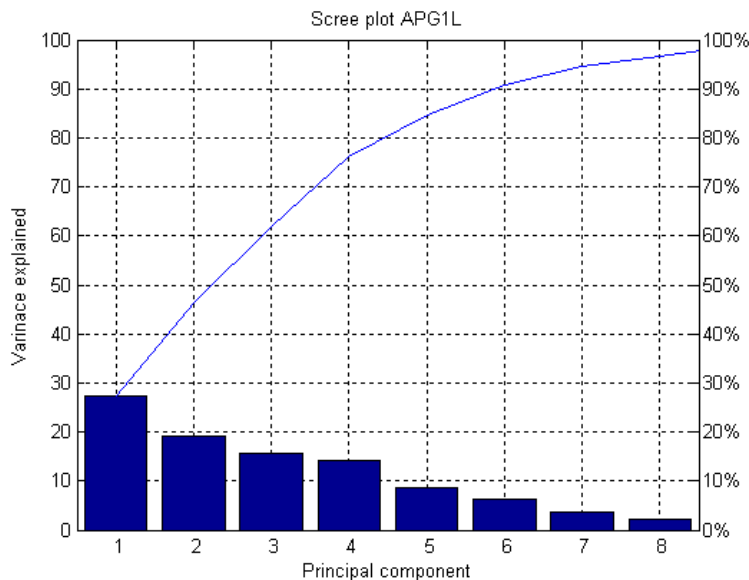
Pradinių duomenų kiekvieno taško koordinatės naujoje koordinacių erdvėje yra išsaugomos atskirai, todėl yra galimybė grafiškai pavaizduoti taškų išsidėstymą naujoje koordinacių sistemoje (žr. 3.3 pav.). Dėl grafinių galimybių ribotumo, duomenis naujose koordinatėse galima vaizduoti tik iki  $n=3$  dimensijos erdvėje.



**3.3 pav. Transformuoti duomenys naujose koordinatėse**

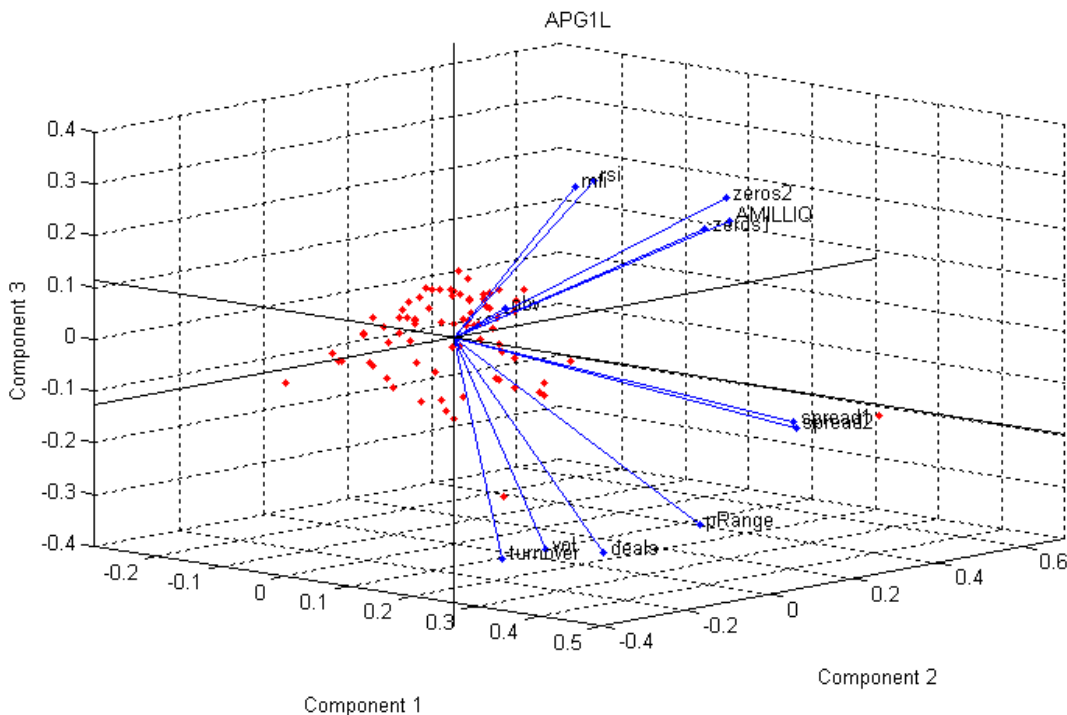
Vienas iš svarbiausių veiksnių, aprašančių komponentes yra transformuotų duomenų variacija, kurią paaiškina kiekviena komponentių. Grafiškai pavaizduoti paaiškinamos variacijos lygius naudojamas Pareto brėžinys (žr. 3.4 pav.). Aprangos akcijoms sudaryta pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina 28% duomenų variacijos, antroji komponentė paaiškina papildomus 20%

duomenų variacijos. Iš šio grafiko sunku atskirti aiškią lūžio vietą, kiek pagrindinių komponentų reikėtų įtraukti į modelį. Galime sakyti, kad apie 75% duomenų išsibarstymo paaškina pirmosios keturios pagrindinės komponentės, o likusios aštuonios yra mažai reikšmingos ir gali būti atmetamos, kad matematinis likvidumo vertinimo modelis būtų paprastesnis ir mažesnės dimensijos.



**3.4 pav. Pagrindinių komponentių paaškinama variacija APG1L akcijoms**

Duomenų vizualizavimui paprastai naudojami dvimačiai arba trimačiai brėžiniai, kuriose pavaizduoti pradinių duomenų taškai, o koordinatų sistema transformuota pagal pagrindinių komponentių metodą (žr. 3.5 pav.).



**3.5 pav. Principinės komponentės APG1L akcijai**

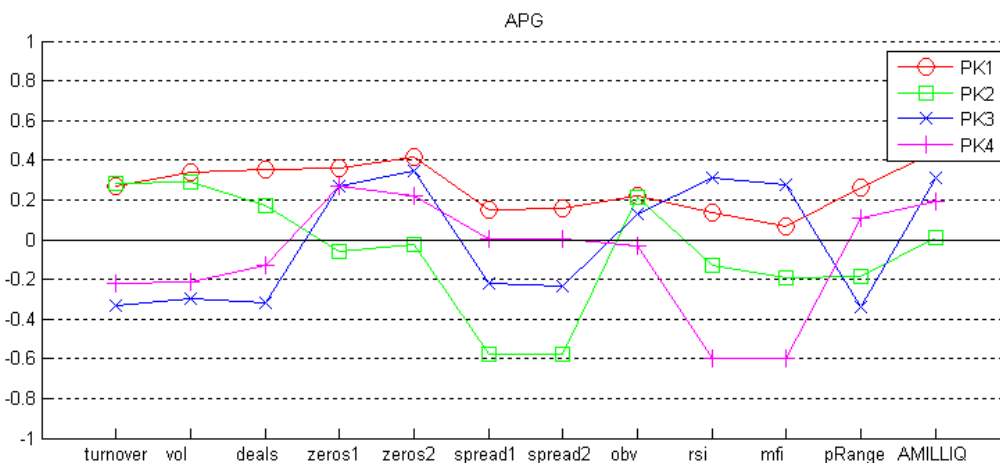
Raudonais taškais pažymėti pradiniai duomenys naujose koordinatėse. Mėlyni vektoriai vaizduoja kiekvieną likvidumo rodiklį. Vektoriaus ilgis ir padėtis erdvėje apibūdina rodiklio įtaką pagrindinėms komponentėms. Kadangi trimačius statinius paveikslus analizuoti ir interpretuoti yra gana sudėtinga, tyrime buvo nagrinėjamos įvairios dvimatės analogiškų brėžinių projekcijos.

### 3.2.1 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ APG1L AKCIJOMS

„Aprangos“ akcijų pagrindinių komponentių analizė parodė, kad norint paaiškinti nemažiau, kaip 95% variacijos reikia aštuonių pagrindinių komponentių (žr. 3.4 lentelė).

3.4 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija APG1L akcijai

APG1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaishkinta var., %	27,28	19,04	15,58	14,13	8,53	6,26	3,65	2,26
Suminė paaishkinta var., %	27,28	46,32	61,90	76,03	84,56	90,81	94,46	96,72



3.6 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai APG1L akcijai

Pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina 27,3% variacijos (žr. 3.6 pav.). Šiai komponentei didžiausią įtaką daro *zeros1*, *zeros2*, *AMILLIQ* rodikliai. Taip pat svarbūs ir *turnover*, *vol*, *deals* rodikliai. Visi likvidumo rodikliai pirmojoje komponentėje yra su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė sudaryta iš *spread1*, *spread2* su neigiamais svoriais. Ši komponentė paaiškina papildomus 19% variacijos.

Trečioji komponentė paaiškina papildomus 15,6% variacijos ir susideda iš *turnover*, *vol*, *deals* ir *pRange* su neigiamais svoriais.

Ketvirtoji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 14,1% variacijos. Šios komponentės tiesiniame darinyje didžiausius neigiamus svorius turi techninės analizės indikatoriai *rsi* ir *mfi*.

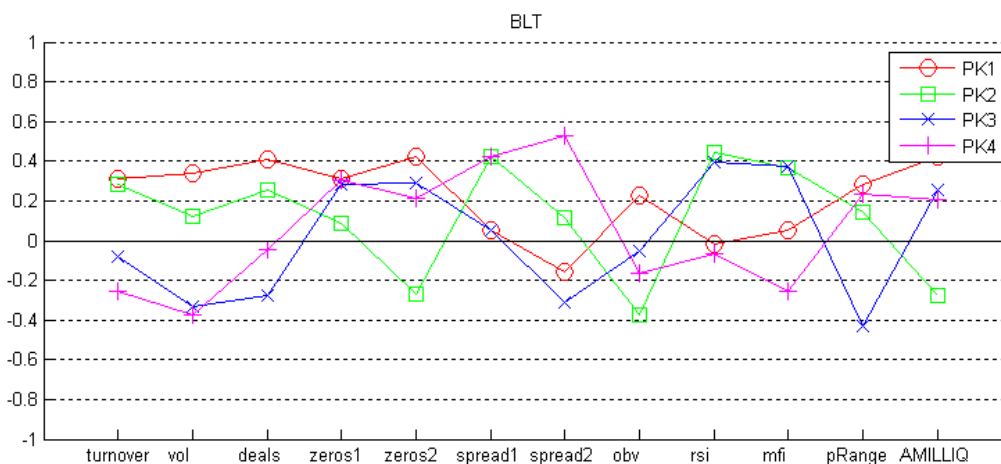


### 3.2.2 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ BLT1T AKCIJOMS

„Baltika“ akcijoms atlikta pagrindinių komponentių analizė parodė, kad norint paaiškinti nemažiau, kaip 95% variacijos, prireikia net devynių komponentių (žr. 3.5 lentelė).

3.5 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija BLT1T akcijai

BLT1T	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8	PK9
Paaiškinta var., %	25,15	18,92	15,06	11,20	9,96	5,83	4,84	3,70	2,15
Suminė paaiškinta var., %	25,15	44,07	59,13	70,32	80,28	86,12	90,96	94,65	96,81



3.7 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai BLT1T akcijai

Pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina apie 25,2% variacijos ir yra sudaryta iš *turnover*, *vol*, *deals*, *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais. Taip pat įdomus faktas, kad į pirmosios komponentės sudėtį su reikšmingu svoriu patenka ir *zeros2* rodiklis.

Antrosios pagrindinės komponentės pagrindinės sudaromosios yra *spread1*, *rsi*, *mfi* su teigiamais svoriais ir *obv* su reikšmingu neigiamu svoriu. Antroji komponentė paaiškina papildomus 18,9% variacijos.

Trečioji pagrindinė komponentė papildomai paaiškina apie 15,1% variacijos. Ši komponentė sudaryta iš šių rodiklių tiesinio darinio: *rsi*, *mfi* su teigiamais svoriais ir *pRange* su neigiamu svoriu. Taip pat gana reikšmingas yra ir *spread2* rodiklis su neigiamu svoriu.

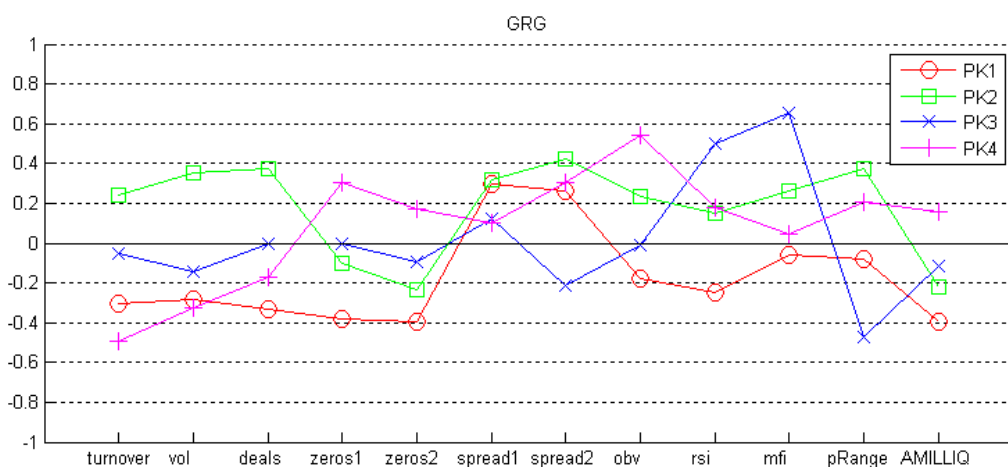
Ketvirtoji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 11,2% variacijos.

### 3.2.3 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ GRG1L AKCIJOMS

„Grigiškių“ akcijoms atlikus pagrindinių komponentių analizę, buvo nustatyta, jog reikia mažiausiai 8 pagrindinių komponentių, kad būtų paaiškinta nemažiau kaip 95% variacijos (žr. 3.6 lentelė).

**3.6 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija GRG1L akcijai**

GRG1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaiškinta var., %	38,62	18,26	12,04	9,64	6,45	5,21	3,27	2,87
Suminė paaiškinta var., %	38,62	56,88	68,92	78,56	85,01	90,23	93,49	96,36



**3.8 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai GRG1L akcijai**

Pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina 38,6% variacijos. Jai didžiausią įtaką daro *zeros1*, *zeros2* ir *AMILLIQ* rodikliai, kurie turi neigiamus svorius. Taip pat, svarbus *spread1* rodiklis su teigiamu svoriu.

Antroji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 18,2% variacijos. PK2 sudaryta iš *spread1*, *spread2*, *pRange* ir *deals*, *vol*. Visi išvardinti likvidumo rodikliai komponentės tiesiniame darinyje yra su teigiamais svoriais.

Trečiąją komponentę sudaro *mfi* ir *rsi* su teigiamais svoriais ir *pRange* su neigiamu svoriu. Trečioji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 12% variacijos.

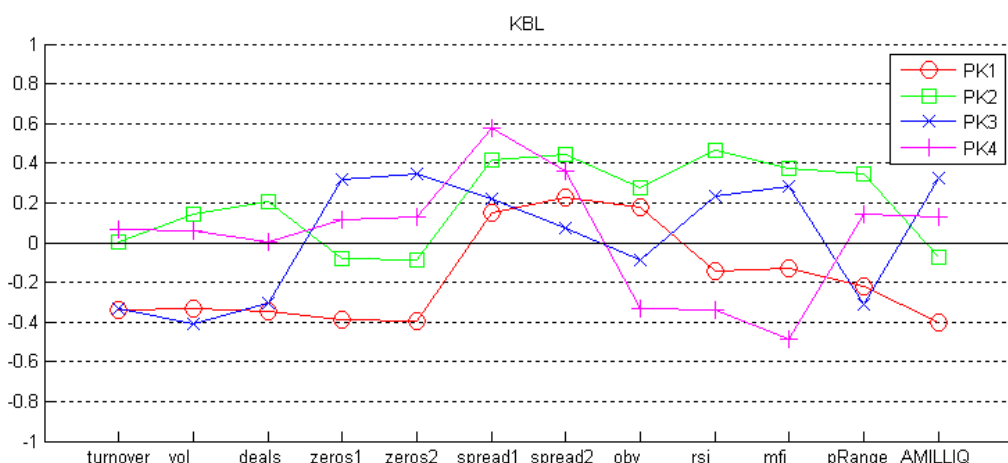
*obv* su teigiamu svoriu ir *turnover* su neigiamu svoriu sudaro ketvirtąją pagrindinę komponentę, kuri paaiškina papildomus 9,6% variacijos.

### 3.2.4 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ KBL1L AKCIJOMS

„Klaipėdos baldų“ akcijoms atlikus pagrindinių komponentių analizę, paaiškėjo, kad reikia tik šešių pagrindinių komponentių, kad būtų paaiškinta nemažiau, kaip 95% variacijos (žr. 3.7 lentelė).

**3.7 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KBL1L akcijai**

KBL1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7
Paaiškinta var., %	39,14	18,32	13,84	9,11	6,68	5,58	2,91
Suminė paaiškinta var., %	39,14	57,46	71,29	80,40	87,08	92,66	95,56



**3.9 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KBL1L akcijai**

Pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina 39,1% variacijos, o jos svariausios sudedamosios dalys yra *turnover*, *vol*, *deals*, *zeros1*, *zeros2* ir *AMILLIQ* su neigiamais svoriais.

Antroji komponentė paaiškina papildomus 18,3% variacijos ir yra sudaryta iš pirkimo pardavimo kainų skirtumo rodiklių *spread1*, *spread2* su teigiamais svoriais. Taip pat reikšmingi *rsi*, *mfi* rodikliai.

Trečioji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 13,8% variacijos. Ji susideda iš neigiamus svorius turinčių *turnover*, *vol*, *deals*, *pRange* ir nemažiau reikšmingų *zeros1*, *zeros2* su teigiamais svoriais.

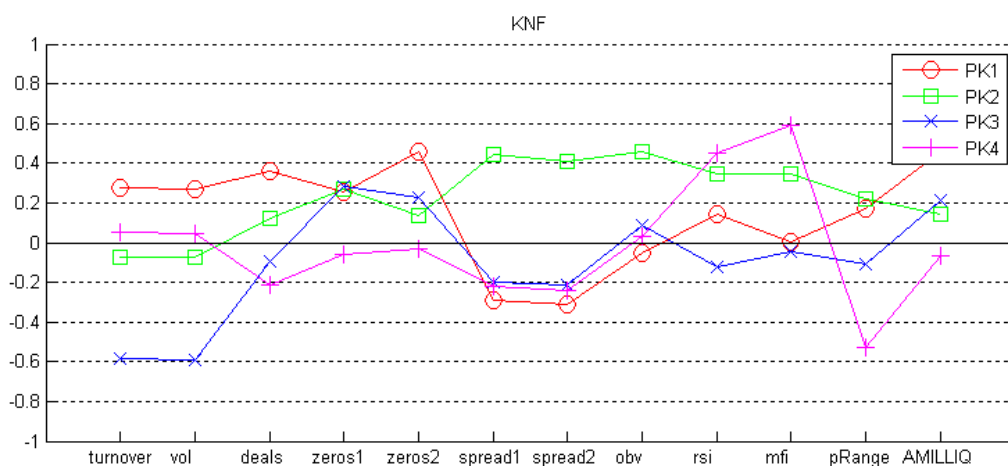
Ketvirtoji komponentė sudaryta iš teigiamą svorį turinčių *spread1*, *spread2* rodiklių ir techninės analizės rodiklių *mfi*, *rsi*, *obv* su neigiamais svoriais. Ši komponentė paaiškina papildomus 9,1% variacijos.

### 3.2.5 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ KNF1L AKCIJOMS

„Klaipėdos naftos“ akcijų pagrindinių komponentių analizė parodė, kad norint paaiškinti nemažiau, kaip 95% variacijos, reikalingos aštuonios pagrindinės komponentės (žr. 3.8 lentelė).

**3.8 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KNF1L akcijai**

KNF1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaiškinta var., %	23,92	20,73	17,00	10,93	9,94	6,37	4,11	3,76
Suminė paaiškinta var., %	23,92	44,65	61,65	72,58	82,52	88,90	93,00	96,76



**3.10 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KNF1L akcijai**

Pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina apie 24% variacijos. Ši komponentė sudaryta iš *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais. Taip pat gana reikšmingi rodikliai yra *turnover*, *vol*, *deals*, *zeros1* su teigiamais svoriais ir *spread1*, *spread2* su neigiamais svoriais.

Antroji pagrindinė komponentė paaiškina papildomus 20,7% variacijos. Tiesinis darinys sudarytas iš *spread1*, *spread2*, *obv*, *rsi*, *mfi* rodiklių su teigiamais svoriais lemia antrosios pagrindinės komponentės charakteristikas.

Trečioji pagrindinė komponentė sudaryta iš *turnover* ir *vol* su neigiamais svoriais paaiškina papildomus 17% variacijos.

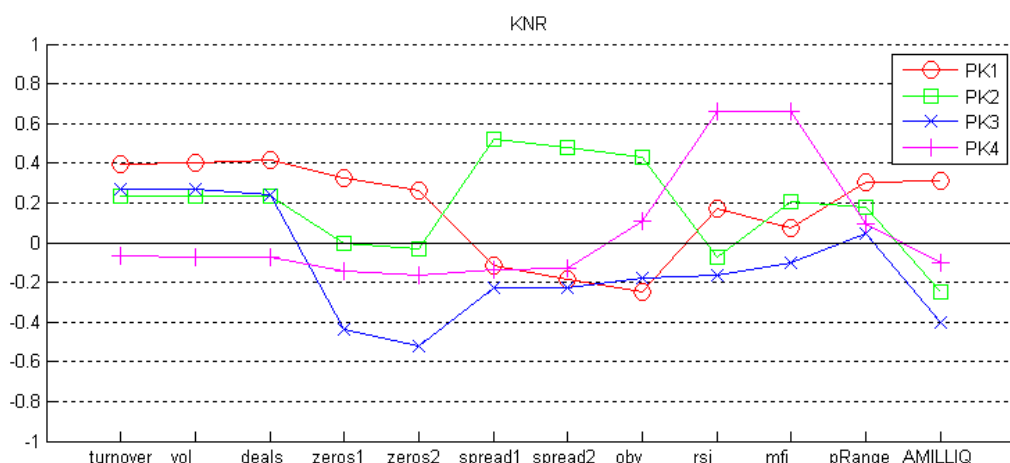
Ketvirtoji komponentė paaiškina papildomus 10,9% variacijos ir yra sudaryta iš *rsi*, *mfi* rodiklių su teigiamais svoriais ir *pRange* rodiklio su neigiamu svoriu.

### 3.2.6 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ KNR1L AKCIJOMS

„Kauno energijos“ akcijų analizė pagrindinių komponentių metodu parodė, kad norint paaiškinti nemažiau, kaip 95% variacijos užtenka šešių komponentių (žr. 3.9 lentelė).

**3.9 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija KNR1L akcijai**

KNR1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6
Paaiškinta var., %	33,06	23,07	20,85	11,46	5,38	3,32
Suminė paaiškinta var., %	33,06	56,13	76,98	88,44	93,82	97,14



**3.11 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai KNR1L akcijai**

Pirmoji komponentė paaiškina 33,1% variacijos ir yra sudaryta iš *turnover*, *vol*, *deals*, *pRange*, *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė papildomai paaiškina apie 23,1% variacijos ir yra sudaryta iš *spread1*, *spread2* ir *obv* rodiklių su reikšmingais teigiamais svoriais.

Trečioji komponentė sudaryta iš *zeros1*, *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su neigiamais svoriais. Ši komponentė paaiškina papildomus 20,9% variacijos.

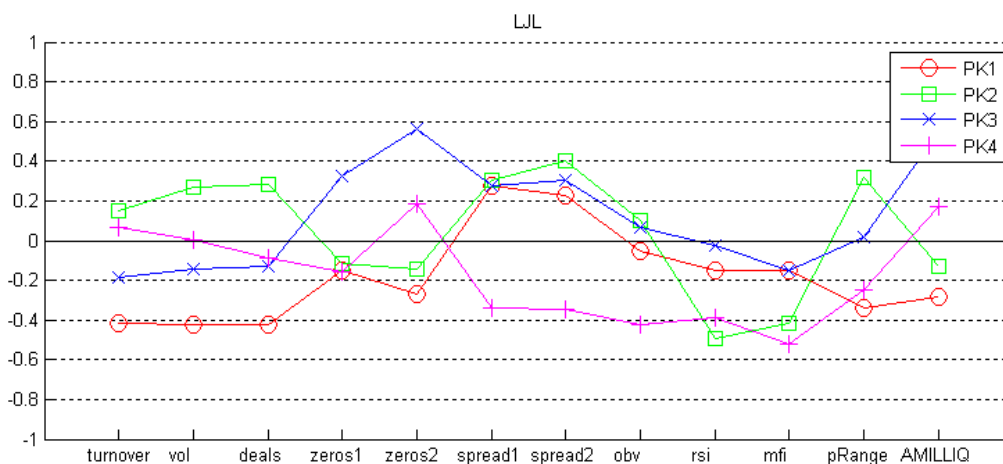
Ketvirtoji komponentė paaiškina papildomus 11,5% variacijos ir yra sudaryta iš techninės analizės indikatorių *rsi*, ir *mfi* su teigiamais svoriais.

### 3.2.7 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ LJL1L AKCIJOMS

„Lietuvos jūrų laivininkystės“ akcijoms atlikus pagrindinių komponentių analizę, paaiškėjo, kad norint paaiškinti ne mažiau kaip 95% variacijos, teikia septynių komponentių (žr. 3.10 lentelė).

**3.10 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LJL1L akcijai**

LJL1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7
Paašškinta var., %	34,25	18,58	14,48	11,31	8,60	7,18	2,57
Suminė paašškinta var., %	34,25	52,83	67,32	78,63	87,23	94,40	96,97



### 3.12 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LJM1L akcijai

Pirmoji pagrindinė komponentė, sudaryta iš didžiausius neigiamus svorius turinčių *turnover*, *vol*, *deals* ir *pRange* rodiklių tiesinio darinio, paaiškina apie 34,3% variacijos.

Antroji komponentė paaiškina papildomus 18,6% variacijos. Šioje komponentėje didžiausi teigiami svoriai tenka *spread1*, *spread2* ir *pRange*, ir didžiausi neigiami svoriai – *rsi* ir *mfi* rodikliams.

Trečiąją komponentę sudaro *zeros2* ir *AMILLIQ* rodikliai su teigiamais svoriais. Ši komponentė paaiškina apie 14,5% papildomos variacijos.

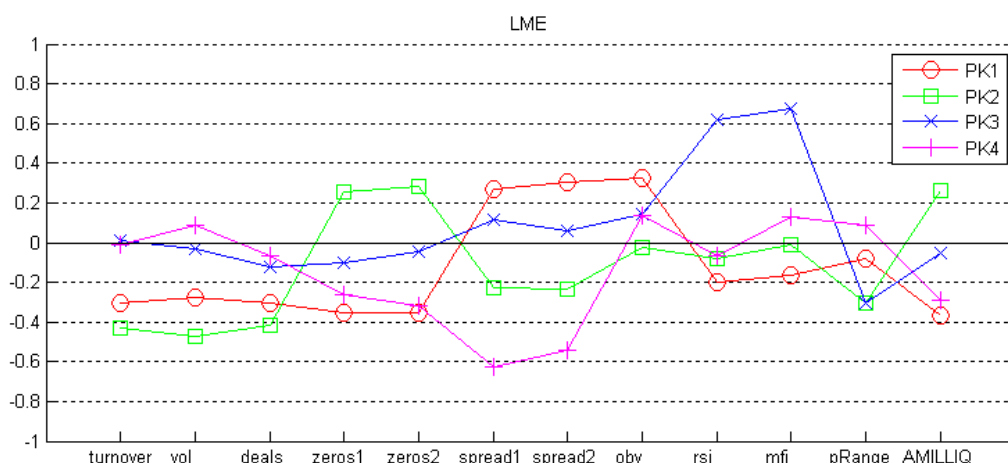
Ketvirtoji komponentė paaiškina apie 11,3% papildomos variacijos. Ši komponentė sudaryta iš neigiamą svorį turinčių techninės analizės indikatorių *obv*, *mfi*, *rsi* ir pirkimo pardavimo kainos skirtumų rodiklių *spread1*, *spread2*.

### 3.2.8 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ LME1R AKCIJOMS

„Liepajas metalurgs“ akcijų pagrindinių komponentių analizė parodė, kad septynių komponentių užtenka, kad būtų paaiškinta ne mažiau, kaip 95% variacijos (žr. 3.11 lentelė).

3.11 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LME1R akcijai

LME1R	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7
Paaiškinta var., %	43,41	18,74	10,95	9,63	7,00	4,61	2,83
Suminė paaiškinta var., %	43,41	62,16	73,11	82,73	89,73	94,34	97,17



**3.13 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LME1R akcijai**

Pirmoji komponentė paaiškina 43,4% variacijos. Didžiausi neigiami svoriai komponentės tiesiniame darinyje tenka *zeros1*, *zeros2*, *AMILLIQ* rodikliams. Taip pat reikšmingus svorius turi *turnover*, *vol*, *deals* su neigiamais svoriais ir *spread1*, *spread2* su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė paaiškina papildomai 18,7% variacijos. Ši komponentė sudaryta iš *turnover*, *vol*, *deals* su neigiamais svoriais.

Trečiosios komponentės tiesinėje kombinacijoje aiškiai reikšmingiausias teigiamus svorius turi techninės analizės indikatoriai *rsi*, *mfi*. Ši komponentė paaiškina papildomus 11% variacijos.

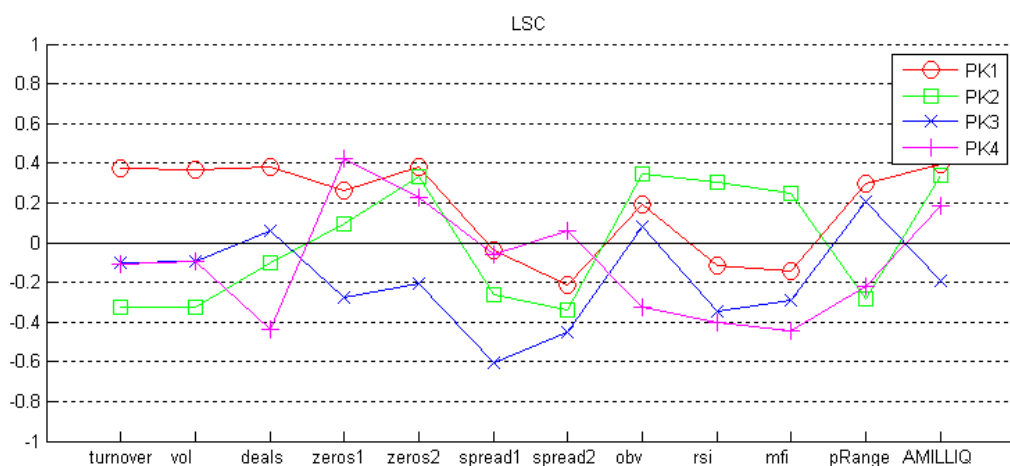
Ketvirtoji komponentė papildomai paaiškina apie 9,6% variacijos ir yra sudaryta iš *spread1*, *spread2* likvidumo rodiklių su neigiamais svoriais.

### 3.2.9 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ LSC1R AKCIJOMS

„Latvian shipping company“ akcijų analizė pagrindinių komponentių metodu parodė, kad norint paaiškinti bent 95% variacijos reikalingos aštuonios komponentės (žr. 3.12 lentelė).

**3.12 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija LSC1R akcijai**

LSC1R	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaiškinta var., %	26,28	22,14	13,53	11,54	9,35	6,31	4,46	3,37
Suminė paaiškinta var., %	26,28	48,42	61,95	73,49	82,84	89,15	93,61	96,97



**3.14 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai LSC1R akcijai**

Pirmoji komponentė paaiškina daugiausiai variacijos – 26,3%. Ji sudaryta iš *turnover*, *vol*, *deals*, *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė papildomai paaiškina apie 22,1% variacijos ir susideda iš *turnover*, *vol*, *spread2*, *pRange* rodiklių su neigiamais svoriais. Taip pat reikšmingus teigiamus svorius turi techninės analizės indikatoriai *obv*, *rsi*, *mfi* ir *zeros2* rodiklis.

*spread1* ir *spread2* rodikliai su neigiamais svoriais yra reikšmingiausia trečiosios komponentės sudėtyje. Ši komponentė paaiškina papildomai apie 13,5% variacijos.

Ketvirtoji komponentė sudaryta iš *zeros1* su teigiamu svoriu ir *deals*, *mfi*, *rsi*, *obv* rodikliais su neigiamais svoriais. Ketvirtoji komponentė papildomai paaiškina apie 11,5% variacijos.

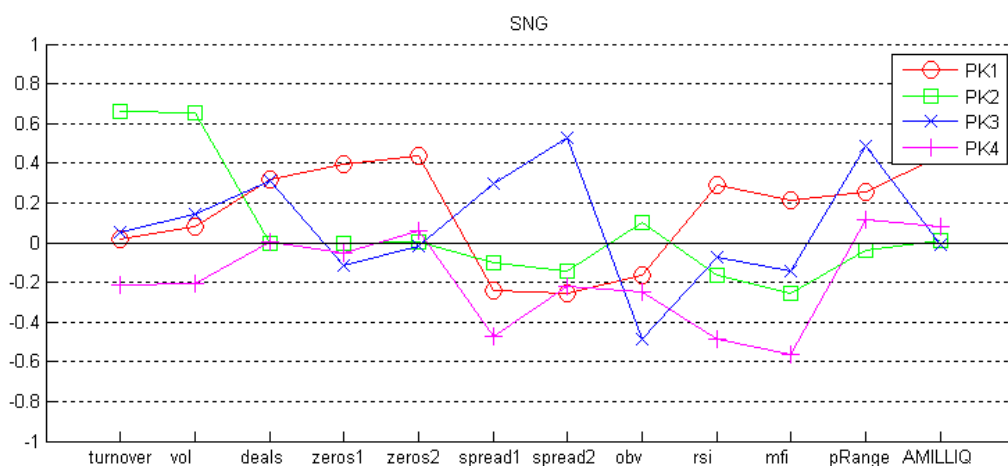
### 3.2.10 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ SNG1L AKCIJOMS

„Snaigės“ akcijų pagrindinių komponentių analizė sufleruoja, kad nemažiau, kaip aštuonios komponentės paaiškintų ne mažiau kaip 95% variacijos (žr. 3.13 lentelė).

**3.13 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija SNG1L akcijai**

SNG1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaiškinta var., %	34,81	17,13	13,09	11,92	8,40	5,76	3,42	2,35
Suminė paaiškinta var., %	34,81	51,93	65,02	76,94	85,34	91,10	94,51	96,86





**3.15 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai SNG1L akcijai**

Pirmoji komponentė paaiškina apie 34,8% variacijos. Ši komponentė sudaryta iš *zeros1*, *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė susideda iš kelių apibūdinančių rodiklių – *turnover* ir *vol*, kurie turi teigiamus svorius. Antroji komponentė paaiškina papildomai 17,1% variacijos.

Trečioji komponentė apibūdinama *spread2*, *pRange* rodikliais su teigiamais svoriais ir *obv* rodikliu su neigiamu svirtiniu koeficientu. Ši komponentė paaiškina papildomus 13,1% variacijos.

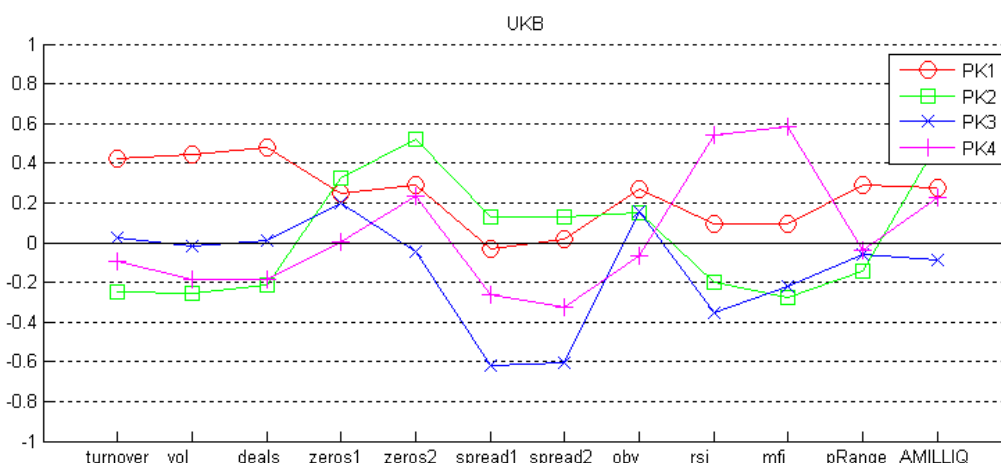
Ketvirtoji komponentė papildomai paaiškina 11,9% variacijos ir yra sudaryta iš *mfi*, *rsi* ir *spread2* rodiklių su neigiamais svoriais.

### 3.2.11 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ UKB1L AKCIJOMS

Atlikus pagrindinių komponentių analizę su „Ūkio banko“ akcijomis, gauti rezultatai tvirtina, kad norint paaiškinti bent 95% variacijos reikia aštuonių komponentių (žr. 3.14 lentelė).

**3.14 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija UKB1L akcijai**

UKB1L	PK1	PK2	PK3	PK4	PK5	PK6	PK7	PK8
Paaiškinta var., %	28,58	16,75	15,83	14,63	9,92	6,04	2,90	2,28
Suminė paaiškinta var., %	28,58	45,34	61,17	75,80	85,72	91,77	94,67	96,95



**3.16 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai UKB1L akcijai**

Daugiausiai variacijos – 28,6% – paaiškina pirmoji komponentė, kuri yra sudaryta iš kiekį apibūdinančių rodiklių *turnover*, *vol* ir *deals* su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė paaiškina papildomus 16,8% variacijos. Ši komponentė sudaryta iš *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais.

Pagrindiniai trečiosios komponentės sudedamieji komponentai yra *spread1* ir *spread2* rodikliai su neigiamais svoriais. Trečioji komponentė papildomai paaiškina 15,8% variacijos.

Ketvirtoji komponentė paaiškina dar papildomus 14,6% variacijos ir yra sudaryta iš techninės analizės rodiklių *rsi* ir *mfi* su teigiamais svoriais.

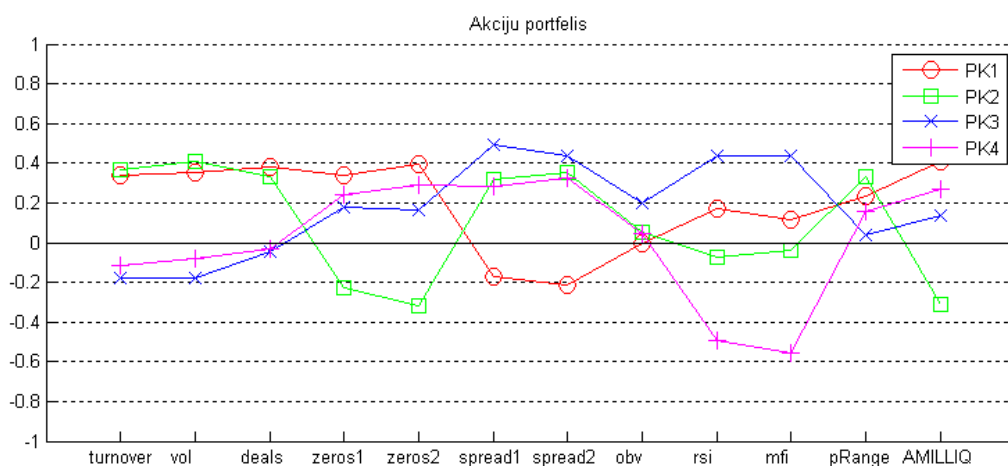
### 3.2.12 PAGRINDINIŲ KOMPONENTIŲ ANALIZĖ AKCIJŲ PORTFELIUI

Visų aukščiau aprašytų akcijų stebėjimai kiekvienam tiriamam rodikliui buvo surašyti į vieną matricą. Šiai duomenų matricai buvo pritaikyta analogiška pagrindinių komponentių analizės procedūra, kaip ir aukščiau aprašytoms akcijoms atskirai. Analizuojant visų akcijų portfelio pagrindines komponentes, galima lyginti gautus rezultatus su individualios akcijos rezultatais ir daryti išvadas apie visos Baltijos šalių akcijų rinkos likvidumą.

Akcijų portfelio analizė parodė, kad norint paaiškinti ne mažiau, kaip 95% variacijos reikėtų naudoti net devynias komponentes (žr. 3.15 lentelė).

**3.15 lentelė. Pagrindinėmis komponentėmis paaiškinama variacija akcijų portfeliui**

TOTAL	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9
Paaiškinta var., %	29,20	16,92	14,14	12,26	8,16	7,02	4,01	2,92	2,57
Suminė paaiškinta var., %	29,20	46,12	60,25	72,52	80,68	87,70	91,71	94,64	97,21



**3.17 pav. Pagrindinių komponentių koeficientai akcijų portfeliui**

Pirmoji komponentė paaiškina apie 29,2% variacijos ir yra sudaryta iš *turnover*, *vol*, *deals*, *zeros1*, *zeros2* ir *AMILLIQ* rodiklių su teigiamais svoriais.

Antroji komponentė paaiškina papildomai 16,9% variacijos ir susideda iš pirkimo pardavimo kainų skirtumų *spread1* ir *spread2* su teigiamais svoriais. Taip pat reikšmingus teigiamus svorius šiai komponentei turi *turnover*, *vol*, *deals* ir neigiamus svorius *zeros2*, *AMILLIQ* rodikliai.

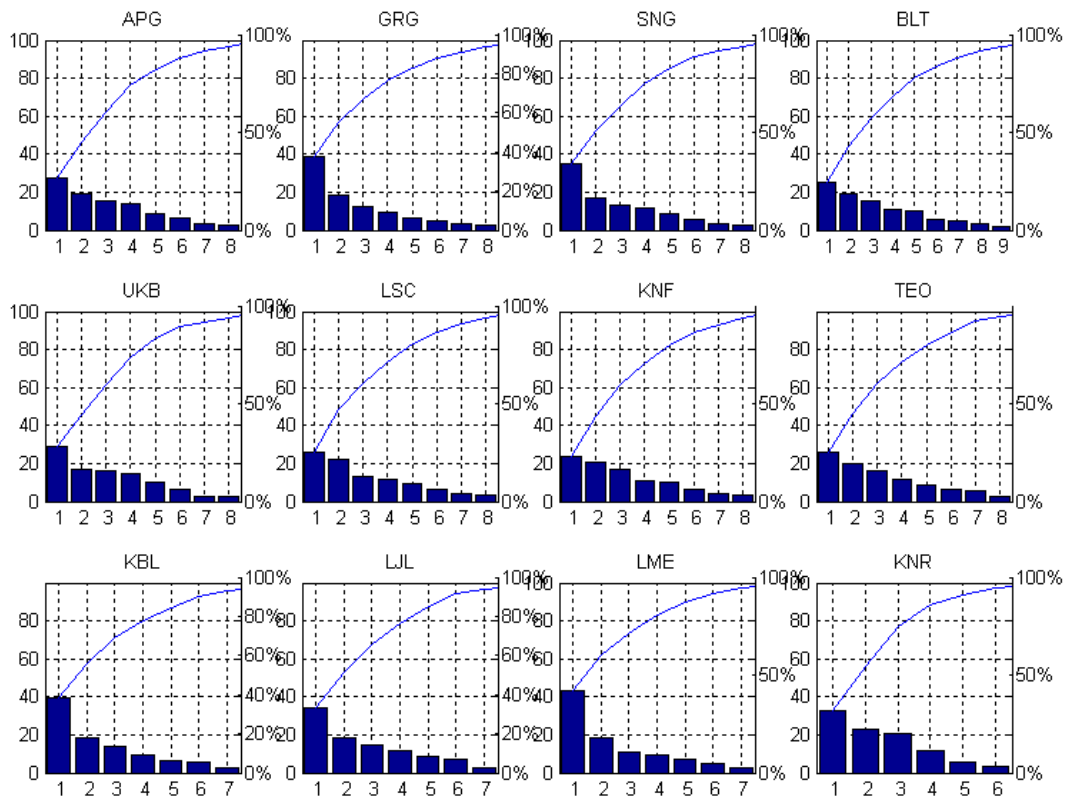
Trečioji komponentė sudaryta iš *spread1*, *spread2* ir *rsi*, *mfi* rodiklių su teigiamais svoriais. Ši komponentė papildomai paaiškina apie 14,1% variacijos.

Ketvirtoji komponentė paaiškina papildomus 12,3% variacijos. Reikšmingiausi neigiami svoriai šioje komponentėje tenka techninės analizės indikatoriams *rsi* ir *mfi*.

### 3.2.13 BENDRI PKA REZULTATAI

Atlikus pagrindinių komponentių analizę su visomis pasirinktomis vienuolika akcijų ir viena papildoma TEO1L akcija, buvo paruošta pagrindinėms likvidumo komponentėms paaiškinamos variacijos suvestinė (žr. 3.18 pav.). Iš suvestinės aišku, kad pirmoji pagrindinė komponentė paaiškina nuo 25% iki 43% variacijos. Antroji komponentė paaiškina nuo 18% iki 23% variacijos. Kaip bebūtų, nėra stebimas aiškus lūžio taškas, kuris parodytų, kiek pagrindinių komponentių turėtų būti imama į matematinį modelį, kad būtų paaiškintas maksimalus kiekis variacijos naudojant minimalų kiekį komponentių, taip sumažinant likvidumo dimensiją, kiek įmanoma.

Apžvelgus atskirų akcijų analizės rezultatus, pateiktus aukščiau, galima daryti išvadas apie likvidumo komponentes apskritai Baltijos šalių akcijų rinkoje. Nors ir likvidumo rodiklių išsidalinimas į komponentes nėra griežtas ir labai priklauso nuo pasirinktos akcijos, tačiau galima išskirti ryškesnes tendencijas.



**3.18 pav. Pagrindinės komponentės paaiškinamos variacijos suvestinė**

Viena iš likvidumo komponentių yra sudaroma iš kelių apibrėžiančių rodiklių *turnover*, *vol* ir *deals*. Šie rodikliai nurodo akcijos apyvartą, sudarytų sandorių skaičių ir prekiautų akcijų kiekį įvykdžius šiuos sandorius. Kadangi rodikliai yra stipriai koreliuoti tarpusavyje, jie sudaro vieną iš likvidumo komponentių.

Antroji komponentė gali būti sudaryta iš pirkimo pardavimo kainų skirtumą įvertinančių rodiklių *spread1* ir *spread2*. Nors pirmasis rodiklis yra tiesioginis, o antrasis – santykinis, abu jie įvertina pirkimo pardavimo kainų skirtumus ir atliekant likvidumo komponentių skaidymą juda viena kryptimi.

Techninės analizės rodikliai *rsi* ir *mfi* gali sudaryti trečiąją likvidumo komponentę. Šie rodikliai įvertina akcijos kainos judėjimą ir pinigų srautus (t.y. apyvartą) pakilimo ir nuosmukio dienomis. Šie TA indikatoriai juda drauge dėl to, kad jų apskaičiavimo metodika yra labai panaši, o tikslas yra nustatyti akcijos patrauklumą investuotojams.

Ketvirtoji likvidumo komponentė gali būti sudaroma iš *zeros1* ir *zeros2* rodiklių. Nors šie rodikliai ir nėra identiški, dažniausiai didesniais ar mažesniais svoriai jie patenka į tą pačią pagrindinę komponentę. Pirmasis rodiklis įvertina laiko intervalą, kuriuo akcijos grąža nekito, o antrasis – laiko intervalą, kuriuo akcijos apyvarta buvo nulinė. Taigi, abu rodikliai vertina laiko faktorių.

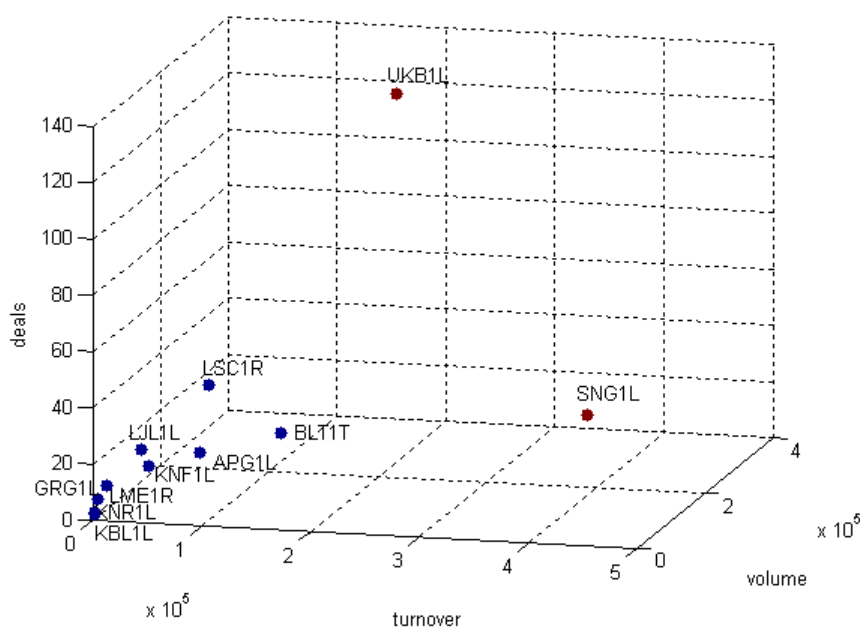
Likę rodikliai *obv*, *pRange* ir *AMILLIQ* buvo nepastovūs ir ryškesnių tendencijų nustatyti nepavyko.

Apibręžtoms likvidumo dimensijoms galima priskirti pavadinimus pagal pirmame skyriuje apžvelgtą teoriją, t.y. nustatyti pagrindinius faktorius, kurie lemia likvidumą Baltijos šalių akcijų rinkoje:

- plotis – tai faktorius vertinantis investavimo kaštus ir vertinamas pagal pirkimo pardavimo kainų skirtumus;
- gylis – tai kiekiniai prekybos parametrai, apibūdinami akcijų apyvarta, sudarytų sandorių kiekiu ir prekiautu kiekiu. Parodo, kiek gyvybinga yra akcijų rinka;
- greitis – laiko faktorius vertinantis, kaip greitai pirkėjas randa pardavėją ir atvirkščiai. Vertinamas dienų skiačiumi su nuline apyvarta ir grąža.

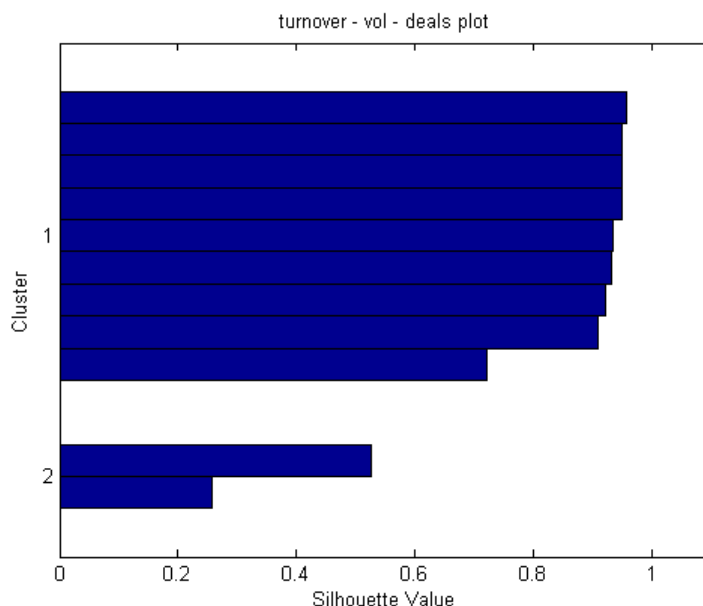
### 3.3 AKCIJŲ KLASTERIZAVIMAS PAGAL LIKVIDUMO DIMENSIJAS

Naudodamiesi pagrindinių komponentių analize išskyrėme pagrindines likvidumo dimensijas Baltijos šalių akcijų rinkoje ir nustatėme, kurie likvidumo rodikliai apibūdina kiekvieną iš dimensijų. Naudodamiesi šiais duomenimis galima analizuojamas akcijas suskirstyti į grupes pagal kiekvieną likvidumo rodiklį kiekvienoje dimensijoje. Tai galima atlikti naudojantis klasterizavimo metodais. Akcijas pagal likvidumo rodiklių reikšmes grupavome *k*-vidurkių (angl. *k-means*) metodu. Tai iteracinis metodas, kuris minimizuoja atstumų tarp kiekvieno objekto ir grupių centrų sumos kvadratą ir taip suskirsto objektus į grupes (Hartigan ir Wang 1979).



3.19 pav. Akcijų grupės *turnover - vol - deals* erdvėje

Atlikus k-vidurkių klasterizavimą pirmosios likvidumo dimensijos rodikliams, gauname trimatį paveikslą (žr. 3.19 pav.). Trys ašys yra trys likvidumo rodikliai – *turnover*, *vol*, *deals* – kurie sudaro pirmąją likvidumo dimensiją - gylį. Skirtingų spalvų taškai ženklina kiekvieną akciją, o skirtingos taškų spalvos suskirsto akcijas į grupes. Pagal gylio dimensijos rodiklius, išskiriamos dvi akcijos į vieną grupę – UKB1L ir SNG1L. Šios akcijos pasižymi geriausiais rezultatais aukščiau minėtų trijų rodiklių atžvilgiu. Taigi jos yra likvidžiausios.



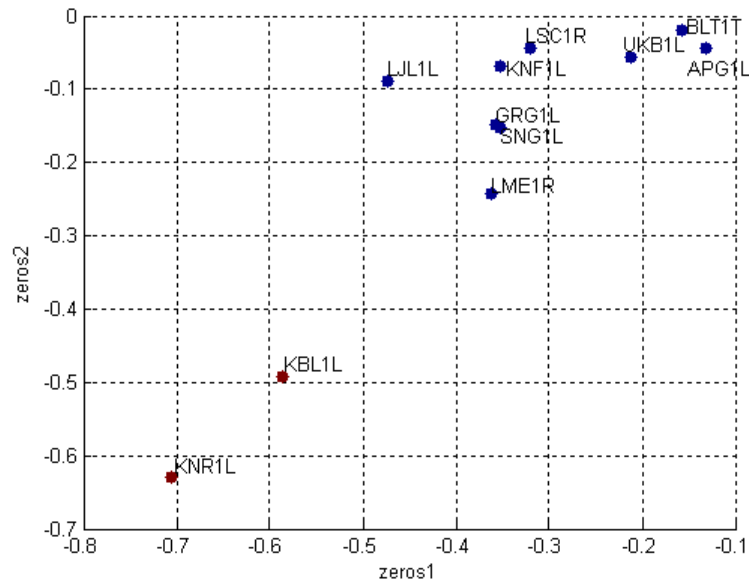
3.20 pav. Grupių siluetai erdvėje *turnover - vol - deals*

Ar grupės nustatytos pakankamai gerai, padeda nustatyti grupių silueto grafikai. Silueto reikšmė apskaičiuojama pagal

$$S_i = \frac{\min(b_i, 2) - a_i}{\max(a_i, \min(b_i, 2))} \quad (3.1)$$

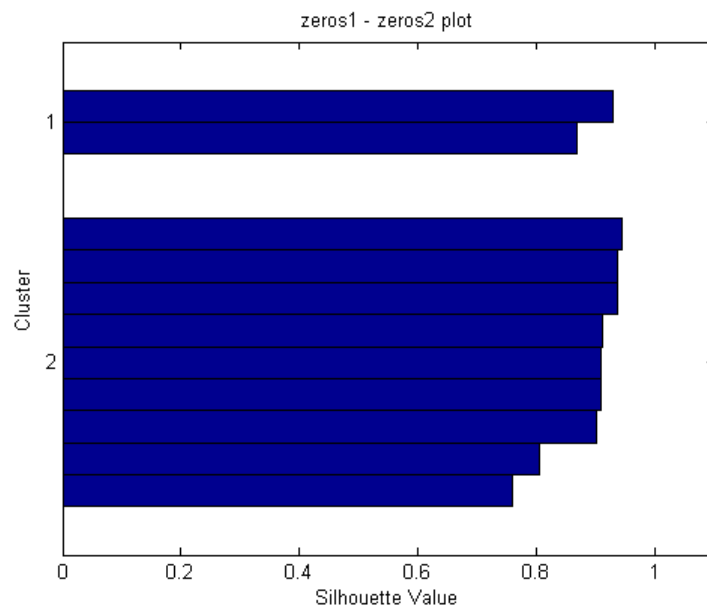
čia  $a_i$  – vidutinis atstumas tarp  $i$ -tojo objekto ir kitų objektų toje pačioje grupėje,  $b_i$  – vidutinis atstumas tarp  $i$ -tojo objekto ir kitų objektų kitose grupėse.

Ši reikšmė yra skaičius iš intervalo  $[-1; 1]$  ir parodo, kiek kiekvienas iš objektų yra panašus į savo grupę lyginant su kitų grupių objektais. Remiantis silueto reikšmėmis, nubraižomi atitinkami grafikai (žr. 3.20 pav.). Pirmosios dimensijos akcijų grupių siluetai rodo, kad pirmoji grupė yra sudaryta gana kokybiškai, o antrojoje grupėje esančios dvi akcijos yra pakankamai toli viena nuo kitos, tačiau vistiek sudaro antrąją grupę. Tačiau didesnis skaičius grupių nėra teisinga išeitis, nes su trimis ir daugiau grupių, gaunami rezultatai yra prastesni.



**3.21 pav. Akcijų grupės zeros1 - zeros2 plokštumoje**

Antrosios dimensijos rodikliai yra *zeros1*, *zeros2*. Šioje plokštumoje (žr. 3.21 pav.) akcijos suskirstomos į dvi grupes. Vienoje grupėje yra KNR1L ir KBL1L akcijos, o kitoje – visos likusios. Šios dvi akcijos turi prasčiausius rezultatus pagal minėtus du rodiklius, todėl jų likvidumo lygis *zeros1*, *zeros2* prasme yra mažiausias.

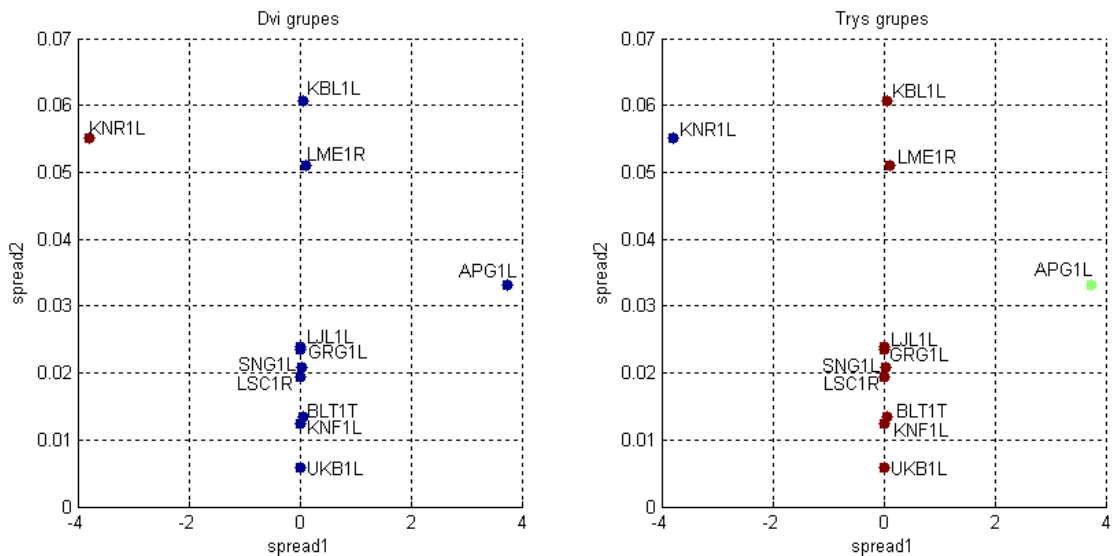


**3.22 pav. Grupių siluetai plokštumoje zeros1 - zeros2**

Abi akcijų grupės yra sudarytos labai kokybiškai, nes grupių siluetai reikšmės yra labai artimos vienetui (žr. 3.22 pav.).

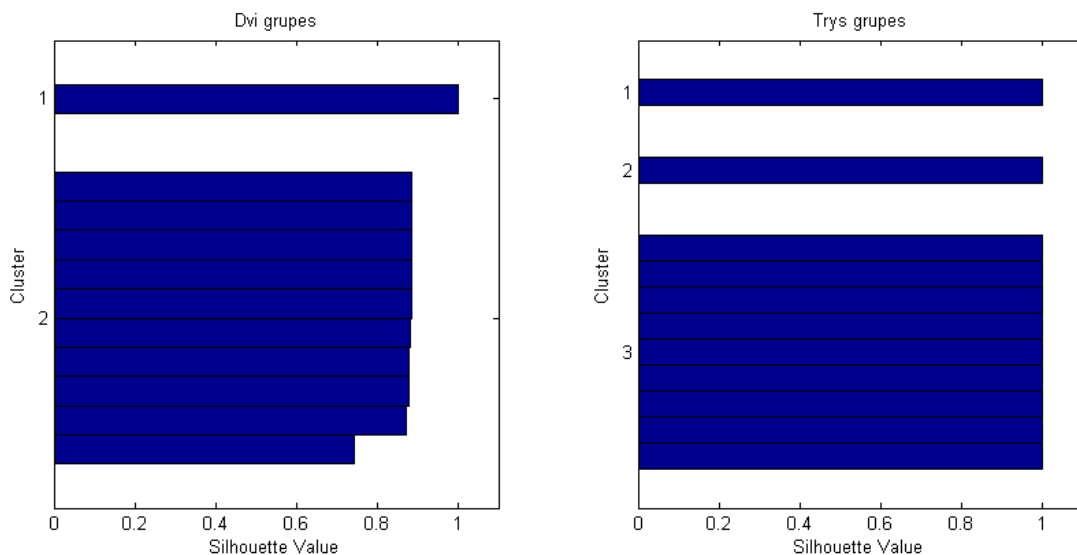
Trečiojoje likvidumo dimensijoje, kuri susideda iš pirkimo pardavimo kainų skirtumų, akcijos buvo suskirstytos į dvi ir tris grupes. Akcijos į dvi grupes suskirstomos taip: vienoje grupėje yra KNR1L akcijos, o kitoje – visos likusios. Akcijos į tris grupes suskirstomos taip:

vienoje grupėje yra KNR1L akcijos, kitoje – APG1L akcijos, o paskutinėje – visos likusios (žr. 3.23 pav.). Labai įdomu, kad tik šių dviejų akcijų (KNR1L, APG1L) vidutiniai pirkimo pardavimo kainų skirtumai pagal *spread1* rodiklį yra gerokai nutolę nuo likusių akcijų.



**3.23 pav. Akcijų grupės *spread1* - *spread2* plokštumoje**

Akivaizdu, kad skirstymas į tris grupes yra statistiškai efektyvesnis ir tikslesnis. Remiantis akcijų grupių silueto paveikslais (žr. 3.24 pav.), galime sakyti, kad skirstant akcijas į tris grupes, padalijimas atliekamas idealiai. Taip yra todėl, kad silueto reikšmės visoms akcijoms yra lygios venetui.



**3.24 pav. Grupių siluetai plokštumoje *spread1* - *spread2***



### 3.4 DAUGIAMATĖ REGRESINĖ ANALIZĖ

Daugiamatės tiesinės regresijos metodu nustatoma tiesinė priklausomo kintamojo priklausomybė nuo kelių nepriklausomų objektų ir jų ryšio stiprumas. Šiame tyrime daugiamatės tiesinės regresijos metodu buvo nustatyta vidutinio akcijos rango pagal tiriamus likvidumo rodiklius (žr. 3.1 skyrių) tiesinė priklausomybė nuo likvidumo rodiklių. Į daugiamatės tiesinės regresijos matematinį modelį įtraukiamos 11 akcijų ir 12 likvidumo rodiklių. Kiekvienai akcijai buvo užfiksuoti 75 stebėjimai skirtingais laiko intervalais ir išsaugotos kiekvieno likvidumo rodiklio reikšmės. Taigi, šiuo metodu įvertinamos visos tiriamos akcijos ir sudaromas vienas bendras modelis, kuris paaiškina likvidumo įverčio (šiuo atveju vidutinio rango) tiesinę priklausomybę nuo tiriamų likvidumo rodiklių.

**3.16 lentelė. Regresijos koeficientų įverčiai**

Koef. nr.	Rodiklis	Įvertis	St. Nuokrypis	t statistika	p-reikšmė
0	Laivasis narys	5,001	0,333	15,040	0,000
1	<i>vol</i>	$1,398 \cdot 10^{-7}$	$1,667 \cdot 10^{-7}$	0,838	0,405
2	<i>turnover</i>	$-4,923 \cdot 10^{-7}$	$7,059 \cdot 10^{-7}$	-0,697	0,488
3	<i>deals</i>	0,004	0,002	1,594	0,116
4	<i>zeros1</i>	0,850	0,593	1,434	0,157
5	<i>zeros2</i>	2,303	0,685	3,361	0,001
6	<i>spread1</i>	-0,021	0,013	-1,558	0,124
7	<i>spread2</i>	3,363	1,791	1,877	0,065
8	<i>obv</i>	$9,0379 \cdot 10^{-9}$	$5,918 \cdot 10^{-9}$	1,527	0,132
9	<i>rsi</i>	0,015	0,005	2,816	0,007
10	<i>mfi</i>	0,009	0,003	2,636	0,011
11	<i>pRange</i>	14,489	2,632	5,505	0,000
12	<i>AMILLIQ</i>	-0,491	2,049	-0,240	0,811

Atlikus daugiamatę tiesinę regresiją, buvo apskaičiuoti tiesinio darinio su laisvuju nariu koeficientai, jų standartinis nuokrypis ir statistinis reikšmingumas (žr. 3.16 lentelė). Jeigu į modelį įtraukiami visi tiriami rodikliai, tuomet stebime  $R^2 = 0,6373$  suvestinį apibrėžtumo koeficientą, kuris parodo sudaryto modelio kokybę. Tačiau akivaizdu, kad kai kurie regresijos koeficientai yra statistiškai nereikšmingi, todėl į modelį turėtų būti netraukiami.

Tiesinės regresijos nariai į modelį parenkami pažingsniniu kintamųjų įrašymo išbraukimo metodu. Kiekviename metodo žingsnyje įtraukiami papildomi tiesinės regresijos nariai, perskaičiuojami kiekvieno modelyje esančio nario koeficientų reikšmingumai ir iš modelio išmetami nariai, kurių koeficientai yra statistiškai nereikšmingi, pasirinkus  $\alpha=0.1$  reikšmingumo lygmenį. Į galutinį modelį pateko aštuoni likvidumo rodikliai ir laisvasis narys. Rodiklių įverčiai ir statistinis reikšmingumas pateikiami 3.17 lentelėje. Visi rodikliai tiesinės regresijos modelyje yra statistiškai reikšmingi, parinkus  $\alpha = 0,1$  reikšmingumo lygmenį.

**3.17 lentelė. Statistiškai reikšmingi (kai  $\alpha=0.1$ ) regresijos koeficientų įverčiai**

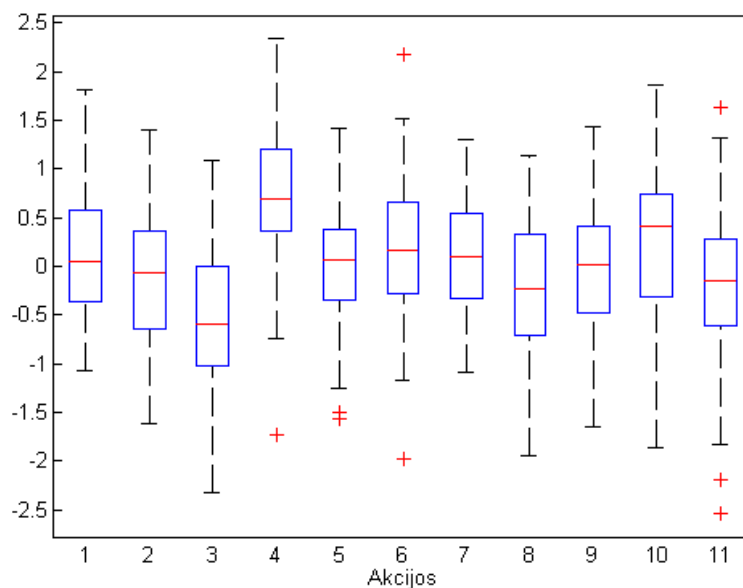
Koef. nr.	Rodiklis	Įvertis	St. Nuokrypis	t statistika	p-reikšmė
0	Laivasis narys	4,444	0,264	16,806	0,000
4	<i>zeros1</i>	1,787	0,385	4,639	0,000
5	<i>zeros2</i>	0,716	0,410	1,749	0,085
6	<i>spread1</i>	-0,047	0,011	-4,215	0,000
7	<i>spread2</i>	7,662	1,514	5,060	0,000
8	<i>obv</i>	$7,298 \cdot 10^{-9}$	$3,268 \cdot 10^{-9}$	2,233	0,029
9	<i>rsi</i>	0,023	0,004	5,672	0,000
10	<i>mfi</i>	0,014	0,003	5,302	0,000
11	<i>pRange</i>	10,906	1,885	5,786	0,000

Vidutinio likvidumo rango tiesinė priklausomybė gali būti užrašoma regresijos formule:

$$\begin{aligned}
 Y = & 4,444 + 1,787 \cdot \text{zeros1} + 0,716 \cdot \text{zeros2} - 0,047 \cdot \text{spread1} + \\
 & + 7,6627 \cdot \text{spread2} + 7,298 \cdot 10^{-9} \cdot \text{obv} + 0,023 \cdot \text{rsi} + \\
 & + 0,014 \cdot \text{mfi} + 10,906 \cdot \text{pRange}
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Suvestinis apibrėžtumo koeficientas  $R^2 = 0,5762$  rodo, kad šiuo daugiamatės tiesinės regresijos modeliu galima paaiškinti apie 58% duomenų sklaidos. Apibrėžtumo koeficientas yra mažesnis nei pradinio modelio, tačiau pradiniame modelyje buvo įtraukti nariai su statistiškai nereikšmingais koeficientais.

Atliktas normalumo hipotezės tikrinimas naudojant chi kvadrato, Jack Berra ir Lillifor testus. Visais minėtais testais buvo patvirtinta, kad hipotezė „regresijos liekanos pasiskirsčiusios pagal normalųjį skirstinį“ negali būti atmesta. Kaip bebūtų, testų reikšmingumas buvo ganėtinai žemas prie  $\alpha = 0,05$  reikšmingumo lygio. Bartlett kriterijus su vidutine tikimybe ( $p=0,3168$ ) parodė, kad regresijos liekanų variacija yra pastovi (žr. 3.25 pav.). Durbin Watson testu nustatyta, kad egzistuoja silpna teigiama autokoreliacija tarp regresijos liekanų.



**3.25 pav. Regresijos liekanų variacijos yra pastovios**

## 4 DISKUSIJA

### 4.1 AKCIJŲ LIKVIDUMAS PAGAL ATSKIRUS RODIKLIUS

Pirmame tyrimo skyriuje aprašyta, kaip buvo sudaryta vidutinių likvidumo rodiklių kiekvienai akcijai suvestinė, ir akcijos suranguotos pagal atskirus rodiklius. Gauti rezultatai parodo, kad dauguma rodiklių rodo labai panašius rezultatus, tačiau yra ir tam tikrų nuokrypių. Tarkim, KNR1L akcija pagal *spread2* ir *mfī* rodiklius turėtų užimti antrą vietą pagal likvidumą, tačiau visi likę rodikliai šiai akcijai skiria 9-11 vietą. Tai tik įrodo, kad likvidumas yra daugiadimensinis reiškinys ir kuomet pagal vienus rodiklius akcija yra likvidi, kiti rodikliai gali rodyti priešingus rezultatus. Ši nuomonė sutampa su R. von Wyss (von Wyss 2004) disertacijoje pateiktomis išvadomis apie Šveicarijos akcijų likvidumą.

Atlikta Spearmano ranginė koreliacija parodo ryšio stiprumą tarp likvidumo rodiklių monotoniškumo prasme. Įdomu tai, kad rodiklis *spread2* rodo neigiamą koreliaciją su visais likvidumo rodikliais, išskyrus *spread1*, tačiau čia ryšys labai silpnas (Spearmano ranginės koreliacijos koeficientas 0,18). Neigiamas ryšys rodo, kad visiems rodikliams didėjant, *spread2* rodiklis mažėja. Kitaip tariant, kuo prekiavimo kaštai mažesni (pagal *spread2*), tuo likvidumas didesnis (pagal visus rodiklius).

### 4.2 PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ ANALIZĖ

Antrame tyrimo skyriuje plačiai aprašyta pagrindinių komponentių analizė kiekvienai tiriamai akcijai ir visų akcijų portfeliui. Visi rodikliai buvo normuoti prieš atliekant pagrindinių komponentių analizę, kadangi to reikalauja metodo specifika.

Gauti rezultatai parodo, kad pagrindinėmis komponentėmis norint paaiškinti daugiau nei 95% variacijos reikia 7-9 pagrindinių komponentių. Pareto brėžiniai nėra labai informatyvūs, norint parinkti tinkamą komponentių skaičių. Nėra stebimas aiškus lūžio taškas, kuris parodytų, kiek pagrindinių komponentių turėtų būti imama į matematinį modelį, kad būtų paaiškintas maksimalus kiekis variacijos naudojant minimalų kiekį komponentių, taip sumažinant likvidumo dimensiją. Galima spėti, kad taip yra dėl to, kad parinkti likvidumo rodikliai yra gana stipriai koreliuoti tarpusavyje. Kadangi koreliuoti rodikliai lemia panašius rezultatus, yra sudėtinga išskirti statistiškai aiškias likvidumo komponentes.

Kadangi trys keturios komponentės paaiškina iki trijų ketvirčių visos variacijos, detalios buvo aprašytos tik keturių pirmųjų komponentių sudedamosios dalys. Iš atliktų tyrimų su visomis akcijomis buvo išskirtos tendencijos, kurios leido apibrėžti pagrindines likvidumo dimensijas Baltijos šalių akcijų rinkoje. Šios dimensijos yra – plotis, gylis ir greitis. Pagrindinis pagrindinių komponentių metodo trūkumas yra tai, kad rezultatų interpretavimas yra

neapibrėžtas. Išskiriamos pagrindinės komponentės ir žinomi jų tiesiniai dariniai iš likvidumo rodiklių, tačiau šių komponentių ekonominė ar socialinė reikšmė yra įvertinama tyrėjo subjektyvia nuomone.

### 4.3 AKCIJŲ KLASTERIZAVIMAS

Kiekvienoje likvidumo dimensijoje akcijos buvo sugrupuotos pagal likvidumo lygį. Rezultatai parodė, kad kiekvienoje dimensijoje buvo išskirtos skirtingos akcijos į likvidžiausių akcijų grupę. Pirmojoje dimensijoje likvidžiausios akcijos yra UKB1L ir SNG1L, antrojoje dimensijoje – LJL1L, LME1R, SNG1L, GRG1L, KNF1L, LSC1R, UKB1L, BLT1T, APG1L ir trečiojoje – vienintelė APG1L akcija. Šie rezultatai tik patvirtina pirmame tyrime skyriuje gautus rezultatus; pagal skirtingas dimensijas akcijų likvidumas yra skirtingas.

Atliekant klasterizavimą, geriausi rezultatai buvo gauti duomenis skirstant į dvi arba tris grupes. Grupių skaičius priklauso ne tik nuo tiriamų akcijų kiekio, bet ir nuo jų įvairovės. Kuo akcijos viena nuo kitos labiau skiriasi savo parametrais ir likvidumo rodikliais, tuo daugiau statistiškai korektiškų grupių galima atskirti.

### 4.4 TIESINĖ REGRESIJA

Daugiamatės tiesinės regresijos metodu buvo įvertinta vidutinės likvidumo eilės (pagal visus tiriamus likvidumo rodiklius) tiesinė priklausomybė nuo likvidumo rodiklių. Gauti rezultatai rodo, kad į modelį patenka statistiškai reikšmingi (su  $\alpha = 0,1$  reikšmingumo lygmeniu) rodikliai: *zeros1*, *zeros2*, *spread1*, *spread2*, *obv*, *rsi*, *mfi*, *pRange* ir laisvasis narys. Modelio suvestinis apibrėžtumo koeficientas  $R^2 = 0,5762$  rodo, kad šiuo modeliu paaiškinama apie 58% visos duomenų sklaidos. Šie rezultatai nėra džiuginantys, nes modelyje naudojami net aštuoni likvidumo rodikliai, o paaiškinamos dispersijos kiekis nėra aukštas.

Tiesinės regresijos modelio prielaidos yra tenkinamos tik iš dalies. Chi kvadrato, Jack Berra ir Lilliefors kriterijai su  $\alpha = 0,05$  reikšmingumo lygmeniu patvirtina regresijos liekanų normalųjį skirstinį. Bartlett kriterijus su  $p=0,3168$  tikimybe patvirtina, kad liekanų dispersija yra pastovi. Durbin Watson statistika atmeta hipotezę, kad autokoreliacija tarp regresijos liekanų yra lygi nuliui. Kadangi egzistuoja silpna liekanų autokoreliacija, gauti modelio rezultatai nėra visiškai patikimi ir reikėtų atlikti papildomus duomenų korektiškumo testus, kad būtų įsitikinta modelio reikšmingumu.

## IŠVADOS

- Likvidumas Baltijos šalių akcijų rinkoje yra daugiamatis reiškinys. Likvidumo dimensijos apibūdina skirtingas akcijos charakteristikas ir dažnai gali demonstruoti skirtingus rezultatus.
- Kiekviena likvidumo dimensija gali būti apibūdinama tam tikru likvidumo rodiklių arba kitų parametrų rinkiniu.
- Kiekvienai akcijai apskaičiuoti likvidumo rodikliai ir akcijos suranguotos pagal vidutinius visų likvidumo rodiklių rangus. Likvidžiausia akcija yra APG1L, mažiausiai likvidi – KNR1L.
- Akcijų likvidumo rangai pagal visų rodiklių rezultatus parodo, kad ne visi likvidumo rodikliai rodo identiškus rezultatus. Skirtingi rezultatai gaunami dėl to, kad skirtingi rodikliai matuoja skirtingus likvidumo aspektus.
- Spearmano ranginė koreliacija parodė, kad *spread2* rodiklis yra neigiamai koreliuotas su likusiais rodikliais monotoniškumo prasme. Tai reiškia, kad kuo investavimo kaštai yra mažesni, tuo akcijos likvidumas yra didesnis.
- Pagrindinių komponenčių analizė yra ortogonalios transformacijos metodas, skirtas sumažinti duomenų dimensiją. Duomenys yra pervedami į naujas koordinates, taip, kad pirmoji koordinatė apibūdintų didžiausią duomenų dispersiją. Antroji koordinatė apibūdintų mažesnę dispersiją. Taigi, pirmosios pagrindinės komponentės nusako didžiausią dispersijos dalį.
- Baltijos šalių akcijų rinkoje buvo išskirtos trys pagrindinės likvidumo dimensijos – plotis, gylis ir greitis. Šias komponentes apibūdinantys likvidumo rodikliai yra: plotis – *spread1*, *spread2*, gylis – *turnover*, *vol*, *deals*, greitis – *zeros1*, *zeros2*.
- Kiekvienoje dimensijoje akcijos buvo sugrupuotos pagal likvidumo lygį k-vidurkių metodu. Akcijų likvidumo lygis skirtingose dimensijose skiriasi, nes kiekviena likvidumo dimensija apibūdinama skirtingų rodiklių ir turi kitą ekonominę, finansinę prasmę.
- Sudarytas daugiamatės tiesinės regresijos modelis, kuriuo įvertinamas vidutinio rango pagal visus likvidumo rodiklius tiesinis ryšys su likvidumo rodikliais. Į modelį pateko *zeros1*, *zeros2*, *spread1*, *spread2*, *obv*, *rsi*, *mfi*, *pRange* rodikliai, kurie yra statistiškai reikšmingi su  $\alpha = 0,1$  reikšmingumo lygmeniu.
- Tiesinės regresijos prielaidos tenkinamos iš dalies. Chi kvadrato, Lilliefor ir Jack Berra kriterijai su silpnu reikšmingumu patvirtina normalumą, tačiau Durbin Watson statistika rodo silpną regresijos liekanų autokoreliaciją.

## **REKOMENDACIJOS**

### **Likvidumo rodikliai**

Parinkti likvidumo rodikliai yra gana stipriai koreliuoti tarpusavyje. Kadangi koreliuoti rodikliai duoda panašius rezultatus, yra sudėtinga išskirti statistiškai aiškias likvidumo komponentes. Tolimesniuose tyrimuose būtų naudinga tirti daugiau ir įvairesnių likvidumo rodiklių. Platesnis rodiklių pasirinkimas garantuotų tikslesnius rezultatus.

### **Duomenys**

Šiame darbe buvo analizuojami žemo dažnio (angl. *low frequency*) akcijų rinkų duomenys, t.y. kasdieniai duomenys, laisvai prieinami per Baltijos šalių akcijų biržos interneto svetainę. Likvidumo rodikliai taip pat buvo parinkti taip, kad tiktų šiems duomenims. Viena iš galimybių plačiau ištirti Baltijos šalių akcijų likvidumą yra analizuoti aukšto dažnio (angl. *high frequency* arba *intra-day data*) duomenis, t.y. pačius pirkimo pardavimo pavedimų registrus. Šie duomenys nėra atvirai prieinami, todėl bendradarbiavimas su investavimo tarpininkais ar rinkos formuotojo paslaugas teikiančiomis įmonėmis tyrimui atvertų naujas galimybes.

### **Klasterizavimas**

Atlikus akcijų grupavimą atskirose likvidumo dimensijose pagal likvidumo lygį, buvo išskirtos dvi trys statistiškai skirtingos grupės kiekvienoje dimensijoje. Grupių skaičius priklauso ne tik nuo akcijų skaičiaus, bet ir nuo jų įvairovės. Kuo daugiau skirtingų akcijų su skirtingomis charakteristikomis ir likvidumo rodikliais, tuo daugiau reikšmingų likvidumo lygio grupių galima išskirti. Rekomendacijos tolimesniems tyrimams būtų, parinkti daugiau akcijų, kurios būtų kuo įvairesnės. Kitas variantas, kad klasterizavimo uždavinys būtų tikslesnis ir gilesnis, yra tyrimo suskaidymas į dvi dalis pagal akcijas iš pagrindinio Baltijos šalių akcijų prekybos sąrašo ir akcijas iš papildomo sąrašo. Taip akcijos būtų lyginamos dviejose grupėse pagal prekybos sąrašus. Akivaizdu, kad papildomo sąrašo akcijos yra mažiau likvidžios, nes joms birža kelia mažesnius reikalavimus.

### **Regresinė analizė**

Daugiamatė tiesinė regresija buvo pritaikyta vienuolikai akcijų ir dvylikai likvidumo rodiklių. Gauti rezultatai parodo vidutinio likvidumo rango priklausomybę nuo likvidumo matų. Šie rezultatai gali būti taikomi visoms tirtoms akcijoms, tačiau negalima daryti išvadų apie visos Baltijos šalių akcijų rinkos likvidumą remiantis šiais duomenimis. Tolimesniuose tyrimuose turėtų būti naudojamas didesnis spektras akcijų ir likvidumo rodiklių. Taip pat, patikrinamos visos tiesinės regresijos prielaidos ir, jei reikia, atitinkamai koreguojami duomenys. Dar daugiau, likvidumo vertinimui svarbus būtų netiesinės regresijos taikymas, tačiau čia susiduriama su ddele duomenų apimtimi ir jų apdorojimo problemomis.

## **PADĖKOS**

Dėkoju

doc. dr. A. Kašinskui už patarimui ruošiant tezes;

prof. S. T. Rachev už idėją ir gaires tyrimui;

A. Jurgučiu už informaciją apie rinkos formuotojus Lietuvoje.

## LITERATŪRA

- Amihud, Yakov. "Illiquidity and Stock Returns: Cross-Section and Time-Series Effects." *Journal of Financial Markets* 5 (2002): 31-56.
- Benic, Vladimir, ir Ivna Franic. „Stock Market Liquidity: Comparative Analysis of Croatian and Regional Markets.“ *Financial Theory and Practice* 32 (4) (2008): 477-498.
- Chordia, Tarun, Richard Roll, ir Avanidhar Subrahmanyam. „Market Liquidity and Trading Activity.“ *The Journal of Finance* 56, nr. 2 (2001): 501-530.
- Chung, Kee H., ir Robert A. Van Ness. „Order handling rules, tick size and the intraday pattern of bid-ask spreads for Nasdaq stocks.“ *Journal of Financial Markets* 4 (2001): 143-161.
- Frigg, Corsin. „Cross-comparison of Liquidity During Financial Crisis.“ Magistro baigiamasis darbas, Swiss Banking Institute, University of Zurich, Zurich, 2010.
- Goyenko, Ruslan Y., Craig W. Holden, ir Charles A. Trzcinka. „Do Liquidity Measures Measure liquidity?“ *Journal of Financial Economics* 92 (2009): 153-181.
- Hagströmer, Björn, Richard G. Anderson, Jane M. Binner, ir Birger Nilsson. „Dynamics in Systematic Liquidity.“ *Working Papers* (Federal Reserve Bank of St. Louis) 025 (2009).
- Harris, Lawrence E. *Liquidity, trading rules, and electronic trading systems*. New York: New York University, Leonard N. Stern School of Business, 1990.
- Hartigan, J., ir M. Wang. „A k-means clustering algorithm.“ *Applied Statistics* 28 (1979): 100-108.
- Hasbrouck, Joel, ir Duane J. Seppi. „Common factors in prices, order flows, and liquidity.“ *Journal of Financial Economics* 59 (2001): 383-411.
- Holden, Craig W. „New Low-Frequency Liquidity Measures.“ *Journal of Financial Markets* 12 (2009): 778-813.
- Huang, Roger D., ir Hans R. Stoll. „Tick Size, Bid-Ask Spreads and Market Structure.“ *Journal of Finance and Quantitative Analysis* 36, nr. 4 (2001): 503-522.
- Kabašinskas, Audrius, ir Ugnius Mačys. „Calibration of Bollinger Bands Parameters for Trading Strategy Development in the Baltic Stock Market.“ *Engineering Economics*, nr. 21(3) (2010): 244-254.
- Kancerevyčius, G. *Techninė Analizė*. Vilnius: BMK, 1999.
- Kleinbaum, David G., Lawrence L. Kupper, ir Keith E. Muller. *Applied regression analysis and other multivariable methods*. Belmont: Cengage Learning, 2007.
- Kluger, Brian D., ir Jens Stephan. „Alternative Liquidity Measures and Stock Returns.“ *Review of Quantitative Finance and Accounting* 8 (1997): 19-36.



- Mačys, Ugnius. „Bollingerio Juostų Metodo Taikymas Sudarant Prekybos Baltijos Šalių Akcijomis Strategiją.“ Bakalauro baigiamasis darbas, Kaunas, 2009.
- Mačys, Ugnius, Audrius Kabašinskas, ir Andrius Jurgutis. „Rinkos formuotojai vertybinių popierių biržoje.“ *VIII studentų konferencija "Taikomoji matematika"*. Kaunas: Kauno technologijos universitetas, 2010. 49-51.
- Mačys, Ugnius, ir Audrius Kabašinskas. „Liquidity Research Based On Principal Component Analysis.“ *Matematika is matematikos mokymas*. Kaunas, 2011.
- Movellan, Javier R. *Tutorial on Principal Component Analysis*. 2003.
- NASDAQ OMX Group. *Nasdaq OMX Baltic*. 2011. <http://www.nasdaqomxbaltic.com> (kreiptasi 2011 m. Balandžio 4 d.).
- Porter, Burt R. „The Multiple Dimensions of Market-Wide Liquidity: Implications for Asset Pricing.“ *Esantis Stock Market Liquidity: Implications for Market Microstructure and Asset Pricing*, autorius F.S Lhabitant ir G.N. Gregoriou, 287-406. Hoboken: John Wiley and Sons Inc., 2008.
- Sarr, Abdourahmane, ir Tonny Lybek. „Measuring Liquidity in Financial Markets.“ *IMF Working Paper WP/02/232* (2002).
- Schwartz, Robert A., ir Reto Francioni. *Equity markets in action*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- Serbinnenko, Anna, ir Svetlozar T. Rachev. *Intraday spot foreign exchange market. Analysis of efficiency, liquidity and volatility*. Karlsruhe, 2009.
- Shlens, Jonathon. *A Tutorial on Principal Component Analysis*. 2009.
- Sun, Wei, Svetlozar Rachev, ir Frank J. Fabozzi. „Long-Range Dependence, Fractal Processes, and Intra-Daily Data.“ *Esantis Handbook of Information Technology in Finance*, 543-585. Heidelberg: Springer, 2008.
- Timm, Neil H. *Applied multivariate analysis*. New York: Springer, 2002.
- von Wyss, Rico. „Measuring and Predicting Liquidity in the Stock Market.“ Mokslų daktaro disertacija, Swiss Institute of Banking and Finance, University of St. Gallen, Zurich, 2004.
- Weston, James P. „Electronic communication networks and liquidity on the Nasdaq.“ *Journal of Financial Services Research* 22, nr. 1-2 (2002): 125-139.

# 1. PRIEDAS. PAGRINDINIŲ KOMPONENČIŲ KOEFICIENTAI IR VARIACIJOS

	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5	Component 6	Component 7	Component 8	Component 9	Component 10	Component 11	Component 12
APG1L												
turnover	0,27	0,28	-0,33	-0,22	-0,41	0,24	-0,07	0,01	-0,25	0,63	0,00	-0,01
vol	0,34	0,29	-0,30	-0,22	-0,22	0,05	-0,05	-0,46	0,31	-0,55	0,01	0,02
deals	0,35	0,17	-0,32	-0,13	0,34	-0,20	-0,20	0,68	-0,10	-0,22	-0,06	-0,01
zeros1	0,36	0,06	0,27	0,27	0,19	0,11	-0,74	-0,18	0,22	0,20	0,04	0,00
zeros2	0,42	0,02	0,35	0,22	-0,28	-0,11	0,20	0,05	-0,15	-0,08	-0,70	0,00
spread1	0,15	0,58	-0,22	0,00	-0,09	0,28	0,01	0,07	-0,01	0,08	0,01	0,70
spread2	0,16	0,58	-0,23	0,00	-0,07	0,27	0,03	0,04	0,00	-0,09	0,01	-0,71
obv	0,22	0,21	0,13	-0,03	0,59	0,61	0,37	-0,13	-0,12	0,02	-0,02	0,01
rsi	0,13	0,13	0,31	-0,60	0,01	-0,05	0,16	0,19	0,62	0,24	-0,05	0,00
mfi	0,06	0,19	0,27	-0,60	0,10	-0,17	-0,22	-0,26	-0,59	-0,13	0,03	0,00
pRange	0,27	0,19	-0,34	0,11	0,37	-0,56	0,26	-0,38	0,04	0,33	-0,03	0,02
AMILLIQ	0,44	0,01	0,31	0,19	-0,23	-0,14	0,28	0,13	-0,10	-0,07	0,70	0,00
Variance explained	27,28	19,04	15,58	14,13	8,53	6,26	3,65	2,26	1,84	1,25	0,19	0,01
BLTIT												
turnover	-0,30	0,24	-0,06	-0,50	0,03	-0,28	0,04	-0,48	0,02	-0,49	-0,21	0,01
vol	-0,28	0,36	-0,14	-0,33	-0,01	-0,03	-0,08	0,68	0,43	0,06	-0,04	0,00
deals	-0,33	0,37	0,00	-0,17	-0,25	-0,02	0,08	-0,14	-0,45	0,49	0,44	0,00
zeros1	-0,38	-0,10	0,00	0,30	0,15	-0,27	-0,08	-0,38	0,58	0,42	0,01	0,01
zeros2	-0,39	-0,23	-0,09	0,17	0,27	-0,17	-0,03	0,22	-0,29	-0,16	0,06	0,70
spread1	0,30	0,32	0,12	0,10	0,26	-0,57	0,28	0,13	-0,21	0,28	-0,42	0,01
spread2	0,26	0,42	-0,21	0,30	0,26	-0,20	-0,04	-0,04	0,14	-0,34	0,62	-0,03
obv	-0,18	0,24	-0,01	0,54	-0,68	-0,14	-0,09	0,06	-0,04	-0,25	-0,25	0,00
rsi	-0,25	0,15	0,50	0,18	0,13	0,31	0,68	0,04	0,13	-0,17	0,06	-0,01
mfi	-0,06	0,26	0,65	0,04	0,23	0,12	-0,65	-0,01	-0,10	-0,03	-0,05	0,00
pRange	-0,08	0,38	-0,47	0,21	0,31	0,35	-0,04	-0,17	-0,11	0,10	-0,37	0,03
AMILLIQ	-0,40	-0,22	-0,11	0,16	0,28	-0,15	-0,04	0,19	-0,29	-0,13	0,01	-0,71
Variance explained	38,62	18,26	12,04	9,64	6,45	5,21	3,27	2,87	1,83	0,99	0,77	0,06
GRG1L												
turnover	0,01	0,66	0,05	-0,21	0,02	-0,16	0,10	-0,06	0,05	-0,01	-0,12	-0,68
vol	0,08	0,65	0,14	-0,21	-0,06	-0,03	-0,06	-0,02	0,00	-0,03	0,12	0,69
deals	0,32	0,00	0,31	0,00	-0,36	0,38	-0,67	0,10	-0,14	-0,16	-0,03	-0,18
zeros1	0,39	0,00	-0,11	-0,05	0,37	0,21	-0,12	-0,66	-0,15	0,42	-0,01	0,00
zeros2	0,44	0,00	-0,02	0,06	0,39	-0,02	0,07	-0,28	0,07	-0,25	0,70	-0,12
spread1	-0,24	-0,10	0,30	-0,47	0,40	0,19	-0,17	0,38	0,22	0,45	-0,01	-0,02
spread2	-0,26	-0,15	0,53	-0,22	0,29	0,01	0,12	-0,33	-0,33	-0,52	0,00	0,00
obv	-0,17	0,10	-0,49	-0,25	0,01	0,74	0,18	0,03	-0,01	-0,28	0,00	-0,01
rsi	0,29	-0,17	-0,07	-0,49	-0,28	-0,14	0,29	0,23	-0,61	0,18	0,02	-0,01
mfi	0,22	-0,26	-0,14	-0,56	-0,18	-0,25	-0,10	-0,26	0,56	-0,26	-0,03	0,03
pRange	0,25	-0,04	0,49	0,11	-0,28	0,35	0,59	-0,07	0,33	0,16	-0,01	-0,01
AMILLIQ	0,44	0,01	-0,01	0,08	0,38	-0,02	0,08	0,30	0,03	-0,24	-0,69	0,12
Variance explained	34,81	17,13	13,09	11,92	8,40	5,76	3,42	2,35	2,12	0,96	0,04	0,02

	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5	Component 6	Component 7	Component 8	Component 9	Component 10	Component 11	Component 12
KBL1L												
turnover	0,31	0,29	-0,08	-0,26	0,48	-0,26	0,08	0,08	0,08	-0,65	-0,06	0,01
vol	0,94	0,12	-0,33	-0,37	0,08	-0,10	0,51	-0,05	0,02	0,57	-0,13	0,01
deals	0,41	0,25	-0,28	-0,04	-0,14	0,14	-0,39	-0,09	-0,34	0,05	0,61	0,01
zeros1	0,31	0,09	0,28	0,30	0,00	0,55	0,46	0,42	-0,10	-0,10	0,09	-0,05
zeros2	0,42	-0,27	0,29	0,21	0,03	-0,17	-0,01	-0,25	0,05	0,04	-0,01	0,72
spread1	0,05	0,42	0,05	0,43	0,34	-0,19	-0,34	0,34	0,29	0,41	-0,08	-0,01
spread2	-0,16	0,12	-0,31	0,53	-0,22	-0,46	0,45	-0,08	0,01	-0,16	0,30	0,00
obv	0,23	-0,37	-0,05	-0,17	-0,37	-0,37	-0,13	0,69	0,06	-0,04	0,02	-0,04
rsi	-0,02	0,44	0,39	-0,07	-0,29	-0,30	0,02	0,01	-0,61	0,03	-0,32	0,02
mfi	0,05	0,37	0,37	-0,25	-0,44	-0,01	0,05	-0,15	0,62	-0,04	0,23	-0,04
pRange	0,28	0,14	-0,43	0,23	-0,40	0,23	-0,17	-0,12	0,16	-0,20	-0,59	0,01
AMILLIQ	0,42	-0,27	0,25	0,21	0,07	-0,20	-0,04	-0,34	0,00	0,06	-0,04	-0,69
Variance explained	25,15	18,92	15,06	11,20	9,96	5,83	4,84	3,70	2,15	1,64	1,09	0,46
KNF1L												
turnover	0,42	-0,25	0,03	-0,10	-0,28	0,12	-0,17	0,48	0,54	-0,29	0,10	0,05
vol	0,45	-0,25	-0,02	-0,18	0,10	-0,18	-0,24	-0,34	-0,30	-0,02	0,62	-0,08
deals	0,48	-0,22	0,01	-0,19	0,04	-0,08	-0,21	-0,11	-0,13	0,34	-0,70	0,08
zeros1	0,25	0,33	0,20	0,00	-0,05	0,81	-0,08	-0,26	-0,12	-0,17	-0,04	-0,14
zeros2	0,29	0,52	-0,04	0,24	0,13	-0,16	-0,03	-0,04	0,09	0,00	0,09	0,72
spread1	-0,03	0,13	-0,62	-0,26	-0,08	0,31	-0,03	0,19	0,05	0,59	0,22	0,02
spread2	0,02	0,13	-0,60	-0,33	-0,10	-0,13	0,11	-0,31	0,05	-0,57	0,22	-0,02
obv	0,27	0,15	0,16	-0,07	-0,64	-0,16	0,62	-0,02	-0,17	0,15	0,06	-0,03
rsi	0,10	-0,20	-0,36	0,54	-0,15	0,11	-0,07	0,33	-0,58	-0,20	-0,06	0,04
mfi	0,09	-0,28	-0,22	0,58	-0,08	0,07	0,14	-0,50	0,45	0,18	0,01	-0,07
pRange	0,29	-0,14	-0,06	-0,04	0,64	0,13	0,65	0,20	0,01	-0,06	0,01	-0,01
AMILLIQ	0,28	0,50	-0,09	0,23	0,14	-0,30	-0,14	0,17	0,10	0,05	-0,04	-0,66
Variance explained	28,58	16,75	15,83	14,63	9,92	6,04	2,90	2,28	1,51	0,71	0,50	0,33
KNR1L												
turnover	0,37	-0,32	-0,10	-0,11	-0,46	0,12	-0,06	-0,02	0,06	-0,01	-0,02	0,71
vol	0,37	-0,33	-0,10	-0,10	-0,47	0,10	-0,04	-0,03	0,10	0,00	0,02	-0,70
deals	0,38	-0,10	0,06	-0,44	0,39	-0,06	0,01	0,00	-0,32	0,62	0,01	-0,01
zeros1	0,26	0,09	-0,28	0,42	0,06	-0,48	-0,57	0,26	0,09	0,16	-0,02	0,00
zeros2	0,38	0,33	-0,21	0,23	0,28	0,10	0,36	-0,18	0,02	-0,01	-0,69	-0,01
spread1	-0,04	-0,26	-0,60	-0,06	0,28	0,23	-0,17	-0,01	-0,49	-0,41	-0,02	-0,03
spread2	-0,21	-0,34	-0,45	0,06	0,27	0,11	0,18	-0,09	0,63	0,32	0,05	0,03
obv	0,19	0,35	0,08	-0,33	0,21	0,49	-0,51	0,00	0,40	-0,17	-0,03	0,00
rsi	-0,12	0,30	-0,35	-0,40	-0,22	-0,08	0,24	0,70	0,05	0,02	-0,03	0,00
mfi	-0,14	0,25	-0,29	-0,44	-0,19	-0,47	-0,11	-0,60	0,06	-0,05	0,00	0,00
pRange	0,30	-0,29	0,21	-0,22	0,36	-0,44	0,20	0,14	0,27	-0,53	-0,05	0,01
AMILLIQ	0,40	0,34	-0,20	0,18	0,07	0,06	0,32	-0,12	0,00	-0,09	0,72	0,02
Variance explained	26,28	22,14	13,53	11,54	9,35	6,31	4,46	3,37	1,82	0,95	0,25	0,01

	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5	Component 6	Component 7	Component 8	Component 9	Component 10	Component 11	Component 12
LJL1L												
turnover	0,28	-0,08	-0,58	0,05	-0,12	-0,23	-0,03	0,00	-0,04	0,09	0,01	-0,70
vol	0,27	-0,08	-0,59	0,04	-0,11	-0,24	-0,05	0,01	-0,01	-0,09	-0,01	0,70
deals	0,36	0,12	-0,10	-0,21	0,45	0,27	0,18	-0,49	0,50	0,02	0,04	0,00
zeros1	0,25	0,27	0,28	-0,06	0,17	-0,49	-0,70	-0,01	0,14	-0,01	0,01	-0,01
zeros2	0,45	0,13	0,23	-0,03	-0,44	0,09	0,14	0,06	-0,03	-0,18	0,68	0,00
spread1	-0,29	0,44	-0,20	-0,22	-0,29	0,10	-0,11	-0,06	0,12	0,69	0,18	0,09
spread2	-0,31	0,41	-0,21	-0,24	-0,27	0,12	-0,12	-0,03	0,21	-0,67	-0,14	-0,10
obv	-0,05	0,46	0,09	0,03	0,11	-0,53	0,53	-0,30	-0,33	-0,04	-0,05	0,01
rsi	0,14	0,35	-0,12	0,45	0,14	0,47	-0,30	-0,23	-0,51	-0,04	-0,02	0,01
mfi	0,00	0,34	-0,04	0,59	0,16	-0,01	0,20	0,51	0,45	0,02	0,01	0,00
pfrange	0,17	0,22	-0,11	-0,53	0,41	0,14	0,07	0,58	-0,31	0,00	0,01	0,00
AMILLIQ	0,46	0,14	0,21	-0,07	-0,43	0,13	0,12	0,08	0,03	0,15	-0,69	0,01
Variance explained	23,92	20,73	17,00	10,93	9,94	6,37	4,11	3,76	3,00	0,13	0,10	0,01
LME1R												
turnover	-0,40	0,25	-0,15	0,21	-0,38	0,26	-0,12	-0,07	0,04	-0,13	-0,68	-0,01
vol	-0,42	0,26	-0,15	0,19	-0,35	0,19	-0,05	-0,04	0,10	0,20	0,69	0,01
deals	-0,35	0,24	-0,21	0,07	0,28	-0,26	0,42	0,49	-0,42	0,15	-0,08	0,00
zeros1	-0,25	0,16	-0,05	-0,14	0,52	0,04	-0,76	0,18	0,05	-0,05	0,03	0,00
zeros2	-0,31	-0,15	0,28	-0,57	-0,09	-0,01	0,04	-0,08	0,10	0,65	-0,17	0,00
spread1	-0,16	-0,54	-0,22	0,15	-0,14	-0,21	-0,17	0,09	-0,05	0,03	-0,01	0,71
spread2	-0,16	-0,54	-0,22	0,15	-0,14	-0,22	-0,17	0,09	-0,05	0,03	-0,01	-0,71
obv	-0,06	0,33	0,22	0,11	-0,16	-0,84	-0,14	-0,23	0,15	-0,03	-0,02	0,00
rsi	-0,16	-0,12	0,55	0,35	0,11	0,13	-0,11	-0,32	-0,62	0,06	0,03	0,00
mfi	-0,16	-0,14	0,50	0,42	0,16	0,07	0,16	0,40	0,56	0,01	-0,03	0,00
pfrange	-0,34	-0,13	-0,27	0,08	0,50	-0,01	0,30	-0,62	0,26	-0,08	-0,01	0,00
AMILLIQ	-0,39	-0,13	0,25	-0,46	-0,14	-0,03	0,14	0,09	-0,06	-0,70	0,15	0,00
Variance explained	26,17	20,17	15,84	11,31	8,86	6,62	5,96	2,56	1,60	0,64	0,25	0,00
LSC1R												
turnover	-0,34	0,00	-0,33	0,07	-0,31	0,43	0,12	-0,34	0,16	0,50	-0,29	0,03
vol	-0,33	0,14	-0,41	0,06	-0,14	0,33	0,10	0,10	-0,01	-0,70	0,25	-0,01
deals	-0,35	0,20	-0,30	0,01	0,05	-0,29	-0,30	0,66	0,22	0,29	-0,01	-0,05
zeros1	-0,39	-0,08	0,32	0,12	0,18	0,19	-0,01	-0,06	-0,05	0,30	0,75	0,01
zeros2	-0,39	-0,09	0,35	0,13	0,16	0,08	-0,03	0,02	-0,08	-0,15	-0,38	-0,70
spread1	0,15	0,41	0,22	0,58	-0,04	-0,04	0,02	-0,12	0,63	0,05	0,03	-0,01
spread2	0,23	0,44	0,07	0,36	-0,12	0,33	-0,15	0,24	-0,62	-0,09	-0,06	0,01
obv	0,18	0,27	-0,09	-0,33	0,70	0,48	-0,04	0,02	0,21	0,04	-0,08	0,00
rsi	-0,14	0,46	0,23	-0,34	-0,13	-0,15	0,73	0,14	-0,04	0,08	-0,02	0,00
mfi	-0,13	0,37	0,28	-0,49	-0,35	0,01	-0,57	-0,25	0,06	-0,10	0,03	0,01
pfrange	-0,22	0,35	-0,31	0,14	0,36	-0,47	-0,04	-0,52	-0,30	0,00	0,00	0,00
AMILLIQ	-0,40	-0,08	0,33	0,13	0,18	0,04	-0,05	0,08	-0,05	-0,16	-0,37	0,71
Variance explained	39,14	18,32	13,84	9,11	6,68	5,58	2,91	1,65	1,29	0,91	0,57	0,02

	Component 1	Component 2	Component 3	Component 4	Component 5	Component 6	Component 7	Component 8	Component 9	Component 10	Component 11	Component 12
<b>SNG1L</b>												
turnover	-0.42	0.15	-0.19	0.07	-0.25	-0.03	-0.49	0.12	-0.37	-0.42	0.36	0.06
vol	-0.42	0.27	-0.15	0.00	-0.16	-0.01	-0.20	0.07	0.50	-0.07	-0.63	-0.09
deals	-0.42	0.28	-0.13	-0.09	-0.02	-0.02	0.05	-0.07	-0.08	0.80	0.25	0.03
zeros1	-0.15	-0.11	0.32	-0.15	0.45	0.69	-0.38	0.07	0.02	0.06	-0.01	-0.04
zeros2	-0.27	-0.15	0.57	0.18	-0.08	-0.18	0.06	0.06	0.06	0.01	-0.05	0.70
spread1	0.28	0.31	0.28	-0.34	-0.37	0.07	-0.15	-0.05	-0.52	0.13	-0.42	0.04
spread2	0.23	0.40	0.31	-0.35	-0.24	0.00	-0.07	0.09	0.53	-0.10	0.46	-0.02
obv	-0.05	0.10	0.07	-0.42	0.60	-0.62	-0.21	0.00	-0.08	-0.07	-0.06	-0.01
rsi	-0.15	-0.49	-0.03	-0.39	-0.27	-0.03	-0.15	-0.68	0.13	-0.01	0.04	-0.01
mfi	-0.15	-0.41	-0.15	-0.52	-0.19	0.02	0.22	0.65	-0.03	0.03	-0.02	0.02
pRange	-0.34	0.32	0.02	-0.25	0.15	0.24	0.64	-0.25	-0.15	-0.38	0.00	0.05
AMILLIQ	-0.28	-0.13	0.55	0.17	-0.13	-0.20	0.12	0.07	-0.10	0.00	0.03	-0.70
Variance explained	34,25	18,58	14,48	11,31	8,60	7,18	2,57	1,31	0,72	0,51	0,36	0,12
<b>UKB1L</b>												
turnover	0.40	0.24	0.27	-0.07	0.19	-0.11	0.08	-0.06	0.05	-0.44	0.02	0.67
vol	0.40	0.24	0.27	-0.07	0.15	-0.11	0.06	-0.07	0.05	-0.31	-0.23	-0.72
deals	0.41	0.24	0.24	-0.07	0.10	-0.08	0.09	-0.03	-0.01	0.79	0.24	0.03
zeros1	0.33	0.00	-0.44	-0.14	0.12	0.06	0.04	0.81	0.06	-0.02	-0.04	0.00
zeros2	0.26	-0.03	-0.52	-0.16	0.05	0.03	0.01	-0.39	-0.16	-0.19	0.63	-0.13
spread1	-0.12	0.52	-0.22	-0.13	0.06	-0.06	-0.29	-0.05	-0.67	0.06	-0.31	0.07
spread2	-0.19	0.48	-0.23	-0.13	-0.01	-0.17	-0.39	-0.09	0.69	0.04	0.04	0.00
obv	-0.25	0.43	-0.18	0.11	-0.15	-0.08	0.82	0.00	0.04	-0.02	0.01	-0.01
rsi	0.17	-0.08	-0.16	0.66	-0.12	-0.68	-0.12	0.03	-0.06	0.00	0.01	0.00
mfi	0.08	0.21	-0.10	0.66	0.36	0.60	-0.07	-0.07	0.07	0.01	-0.01	-0.01
pRange	0.31	0.18	0.05	0.09	-0.86	0.32	-0.13	0.03	-0.01	-0.06	0.00	0.02
AMILLIQ	0.31	-0.25	-0.40	-0.10	-0.01	0.04	0.16	-0.41	0.18	0.18	-0.63	0.13
Variance explained	33,06	23,07	20,85	11,46	5,38	3,32	1,64	0,64	0,48	0,06	0,03	0,01
<b>TOT</b>												
turnover	0.34	0.36	-0.18	-0.11	-0.10	0.45	-0.06	0.02	-0.14	-0.31	0.61	0.00
vol	0.35	0.41	-0.18	-0.08	-0.03	0.29	0.03	-0.08	-0.29	0.26	-0.66	0.01
deals	0.38	0.33	-0.05	-0.03	0.11	-0.24	0.00	0.07	0.78	0.23	0.06	-0.02
zeros1	0.34	-0.23	0.18	0.24	-0.02	-0.01	-0.82	0.22	-0.10	0.11	-0.01	0.04
zeros2	0.40	-0.31	0.17	0.29	-0.05	0.11	0.30	-0.17	0.00	-0.01	0.00	-0.71
spread1	-0.17	0.32	0.49	0.28	-0.20	0.20	-0.05	0.05	0.26	-0.55	-0.30	0.01
spread2	-0.21	0.35	0.44	0.32	-0.11	0.06	0.09	-0.07	-0.17	0.62	0.31	0.02
obv	0.00	0.05	0.20	0.05	0.95	0.19	0.02	0.01	-0.06	-0.07	0.01	0.02
rsi	0.17	-0.07	0.44	-0.49	-0.07	-0.03	0.24	0.66	-0.13	0.05	-0.01	-0.03
mfi	0.11	-0.04	0.44	-0.55	-0.04	-0.06	-0.19	-0.67	0.01	-0.01	0.02	0.03
pRange	0.24	0.33	0.04	0.16	0.07	-0.75	0.07	-0.05	-0.40	-0.28	0.04	-0.02
AMILLIQ	0.41	-0.31	0.13	0.27	-0.06	0.08	0.36	-0.13	0.02	-0.02	0.01	0.70
Variance explained	29,20	16,92	14,14	12,26	8,16	7,02	4,01	2,92	2,57	1,63	0,94	0,23

## 2. PRIEDAS. MATLAB PROGRAMŲ TEKSTAI

### Duomenų įvedimas

```
function struct=importfile(fileToRead1)
% Import the file
dir=pwd;
dir=strcat(dir, '\duom');
fname=fullfile(dir, fileToRead1);

newData1 = importdata(fname);
vars = fieldnames(newData1);
d=newData1.(vars{1});
dd=newData1.(vars{2});

struct.indeksas = dd(2,1);
struct.date=dd(8:end,1);
struct.date=datetime(struct.date, 'yyyy.mm.dd');
struct.avgP=d(:,1);
struct.openP=d(:,2);
struct.highP=d(:,3);
struct.lowP=d(:,4);
struct.closeP=d(:,6);
struct.bid=d(:,10);
struct.ask=d(:,11);
struct.deals=d(:,12);
struct.vol=d(:,13);
struct.turnover=d(:,14);

for i=1:length(d)
    if struct.highP(i)==0
        struct.highP(i)=struct.closeP(i);
    end;
    if struct.lowP(i)==0
        struct.lowP(i)=struct.closeP(i);
    end;
    if struct.openP(i)==0
        struct.openP(i)=struct.closeP(i);
    end;
    if struct.bid(i)==0
        struct.bid(i)=struct.closeP(i);
    end;
    if struct.ask(i)==0
        struct.ask(i)=struct.closeP(i);
    end;
end;
```

### Duomenų matricių formavimas

```
clear all;

load stocks;
ratiosIN = [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];

APG.M = duomM(APG1L, ratiosIN);
GRG.M = duomM(GRG1L, ratiosIN);
SNG.M = duomM(SNG1L, ratiosIN);
BLT.M = duomM(BLT1T, ratiosIN);
UKB.M = duomM(UKB1L, ratiosIN);
LSC.M = duomM(LSC1R, ratiosIN);
KNF.M = duomM(KNF1L, ratiosIN);
```

```

TEO.M = duomM(TEO1L, ratiosIN);
KBL.M = duomM(KBL1L, ratiosIN);
LJL.M = duomM(LJL1L, ratiosIN);
LME.M = duomM(LME1R, ratiosIN);
KNR.M = duomM(KNR1L, ratiosIN);

struct = [APG;GRG;SNG;BLT;UKB;LSC;KNF;TEO;KBL;LJL;LME;KNR];
structnameAll =
['APG';'GRG';'SNG';'BLT';'UKB';'LSC';'KNF';'TEO';'KBL';'LJL';'LME';'KNR'];
structname = ['APG1L';'GRG1L';'SNG1L';'BLT1T';'UKB1L';'LSC1R';...
'KNF1L';'KBL1L';'LJL1L';'LME1R';'KNR1L'];

ratios = ['turnover';'vol      ':'deals    ':'zeros1  ':'zeros2  ':'spread1
'...'
; 'spread2 ':'obv      ':'rsi      ':'mfi      ':'pRange  ':'AMILLIQ '];

```

### Duomenų matricos formavimo funkcija

```

function M = duomM(struct, ratiosIN)

indeksas = struct.indeksas;
date = struct.date;
avgP = struct.avgP;
openP = struct.openP;
highP = struct.highP;
lowP = struct.lowP;
closeP = struct.closeP;
bid = struct.bid;
ask = struct.ask;
deals = struct.deals;
vol = struct.vol;
turnover = struct.turnover;

tspan = 20;

zeros1 = zeroRet(closeP, tspan);
zeros2 = zeroVol(vol, tspan);
spread1 = ask-bid;
spread2= spread1./((ask+bid)/2);
obv = onbalvol(closeP, vol);
rsi = rsindeks(closeP, tspan);
mfi = MFI(closeP, highP, lowP, vol, tspan);
AMILLIQ = -ILLIQ(turnover, closeP, tspan);
pRange = PriceRange(highP, lowP, avgP);

n = length(closeP);
m = 12;
matrica = zeros(n, m);
matrica(:,1) = turnover;
matrica(:,2) = vol;
matrica(:,3) = deals;
matrica(:,4) = zeros1;
matrica(:,5) = zeros2;
matrica(:,6) = spread1;
matrica(:,7) = spread2;
matrica(:,8) = obv;
matrica(:,9) = rsi;
matrica(:,10) = mfi;
matrica(:,11) = pRange;
matrica(:,12) = AMILLIQ;

```

```

duom = matrica(tspan+1:tspan:end,:);

ratios = ['turnover';'vol      ':'deals    ':'zeros1  ':'zeros2  ':'spread1
'...
         ':'spread2 ':'obv      ':'rsi     ':'mfi     ':'pRange  ':'AMILLIQ '];

M = duom(:,ratiosIN);
end

```

### zeros1 rodiklio skaičiavimas

```

function z = zeroVol(vol, m)

n = length(vol);
z = zeros(n,1);

for i = m+1:n
    nul = m-length(find(vol(i-m:i-1)));
    z(i) = -nul/m;
end;
z;
end

```

### zeros2 rodiklio skaičiavimas

```

function z = zeroRet(closeP, m)

n = length(closeP);
z = zeros(n,1);

returns = zeros(1,n);
returns(2:end) = closeP(2:end) - closeP(1:end-1);
for i = m+1:n
    nul = m-length(find(returns(i-m:i-1)));
    z(i) = -nul/m;
end;
z;
end

```

### rsi rodiklio skaičiavimas

```

function rsi = rsindex(closep, nperiods)
%RSINDEX Relative Strength Index (RSI).
switch nargin
    case 1
        nperiods = 14;
    case 2
        if numel(nperiods) ~= 1 || mod(nperiods, 1) ~= 0
            error('Ftseries:rsindex:NPERIODSMustBeScalar', ...
                'NPERIODS must be a scalar integer.');
        elseif nperiods > length(closep)
            error('Ftseries:rsindex:NPERIODSTooLarge1', ...
                'NPERIODS is too large for the number of data points.');
        end
    otherwise
        error('Ftseries:rsindex:InvalidNumberOfInputArguments', ...
            'Invalid number of input arguments.');
end

```



```

% Check to make sure closep is a column vector
if size(closep, 2) ~= 1
    error('Ftseries:rsindex:ClosepMustBeColumnVect', ...
        'Closing prices must be a column vector.');
```

end

```

% Check for data sufficiency.
if length(closep) < nperiods
    error('Ftseries:rsindex:NPERIODSTooLarge2', ...
        'NPERIODS is too large for the number of data points.');
```

end

```

% Calculate the Relative Strength index (RSI).
if (nperiods > 0) && (nperiods ~= 0)
    % Determine how many nans are in the beginning
    nanVals = isnan(closep);
    firstVal = find(nanVals == 0, 1, 'first');
    numLeadNans = firstVal - 1;
    % Create vector of non-nan closing prices
    nnanclosep = closep(~isnan(closep));
    % Take a diff of the non-nan closing prices
    diffdata = diff(nnanclosep);
    priceChange = abs(diffdata);
    % Create '+' Delta vectors and '-' Delta vectors
    advances = priceChange;
    declines = priceChange;
    advances(diffdata < 0) = 0;
    declines(diffdata >= 0) = 0;
    % Calculate the RSI of the non-nan closing prices. Ignore first non-nan
    % closep b/c it is a reference point. Take into account any leading nans
    % that may exist in closep vector.
    trsi = nan(size(diffdata, 1)-numLeadNans, 1);
    for didx = nperiods:size(diffdata, 1)
        % Gains/losses
        totalGain = sum(advances((didx - (nperiods-1)):didx));
        totalLoss = sum(declines((didx - (nperiods-1)):didx));
        % Calculate RSI
        if totalLoss == 0
            rs = 1;
        else rs = totalGain ./ totalLoss;
        end
        trsi(didx) = 100 - (100 / (1+rs));
    end
    % Pre allocate vector taking into account reference value and leading
    nans.
    % length of vector = length(closep) - # of reference values - # of
    leading nans
    rsi = nan(size(closep, 1)-1-numLeadNans, 1);
    % Populate rsi
    rsi(~isnan(closep(2+numLeadNans:end))) = trsi;
    % Add leading nans
    rsi = [nan(numLeadNans+1, 1); rsi];
elseif nperiods < 0
    error('Ftseries:rsindex:NPERIODSMustBePosScalar', ...
        'NPERIODS must be a positive scalar.');
```

else

```

    rsi = closep;
end
```

### *mfi* rodiklio skaičiavimas

```
function mfi = MFI(closeP, highP, lowP, vol, m)
```

```
n = length(closeP);
```

```

typicalP=(highP+lowP+closeP)./3;
MoneyFlow=typicalP.*vol;
PosMoneyFlow(n)=1;
NegMoneyFlow(n)=1;
PosMoneyFlow(1)=MoneyFlow(1);
NegMoneyFlow(1)=MoneyFlow(1);
for i=1:n-1
    for j=1:m
        if i-j>0
            if typicalP(i-j+1)>typicalP(i-j)
                PosMoneyFlow(i)=PosMoneyFlow(i)+MoneyFlow(i-j+1);
            else
                if typicalP(i-j+1)<typicalP(i-j)
                    NegMoneyFlow(i)=NegMoneyFlow(i)+MoneyFlow(i-j+1);
                end
            end
        end
    end
end
end
mfi = zeros(n,1);
mfi(:) = 100.*PosMoneyFlow./(PosMoneyFlow+NegMoneyFlow);
end

```

### *ILLIQ* rodiklio skaičiavimas

```

function z = ILLIQ(turnover, closeP, tspan)

n = length(closeP);
z = zeros(n,1);

z(tspan+1:n) = abs(closeP(tspan:n-1) -
closeP(tspan+1:n))./turnover(tspan+1:n);

real_ind = find(z<Inf);
real_sk = z(real_ind);
maximum = max(real_sk);

z(tspan+1:n) = maximum;
z(real_ind) = real_sk;
d=z;
for i = tspan+1:n
    z(i) = mean(d(i-tspan:i));
end
end

```

### *pRange* rodiklio skaičiavimas

```

function PR = PriceRange(highP, lowP, avgP)

n = length(avgP);
PR = zeros(n,1);

for i = 1:n
    if avgP(i) ~= 0;
        PR(i) = (highP(i)-lowP(i))./avgP(i);
    end;
end;
end;

```

```
end
```

### Pagrindinių komponentų analizė

```
%% Pagrindiniu komponentu analize
[APG.coefs,APG.scores,APG.var,APG.t2] = princomp (APG.M) ;
[GRG.coefs,GRG.scores,GRG.var,GRG.t2] = princomp (GRG.M) ;
[SNG.coefs,SNG.scores,SNG.var,SNG.t2] = princomp (SNG.M) ;
[BLT.coefs,BLT.scores,BLT.var,BLT.t2] = princomp (BLT.M) ;
[UKB.coefs,UKB.scores,UKB.var,UKB.t2] = princomp (UKB.M) ;
[LSC.coefs,LSC.scores,LSC.var,LSC.t2] = princomp (LSC.M) ;
[KNF.coefs,KNF.scores,KNF.var,KNF.t2] = princomp (KNF.M) ;
[TEO.coefs,TEO.scores,TEO.var,TEO.t2] = princomp (TEO.M) ;
[KBL.coefs,KBL.scores,KBL.var,KBL.t2] = princomp (KBL.M) ;
[LJL.coefs,LJL.scores,LJL.var,LJL.t2] = princomp (LJL.M) ;
[LME.coefs,LME.scores,LME.var,LME.t2] = princomp (LME.M) ;
[KNR.coefs,KNR.scores,KNR.var,KNR.t2] = princomp (KNR.M) ;
```

### Pareto brėžiniai

```
%% Pareto plot for all stocks

for i = 1:length(struct)
    var = struct(i).var;
    percent_explained = 100*var/sum(var);
    subplot(3,4,i);
    pareto(percent_explained);
    set(gca,'yTick',0:20:100,'yTickLabel','');
    grid on;
    title(structname(i,:));
    %     xlabel('Principal Components');
    %     ylabel('Variance Explained (%)');
end;
```

### Komponentų koeficientų grafikai

```
%% Koeficientu grafikai (po viena)
for i = 1:12

%     figure(i);
    figure('Position',[10 100 900 350]);
    hold on;

    plot(struct(i).coefs(:,1),'-or','MarkerSize',10);
    plot(struct(i).coefs(:,2),'-sg','MarkerSize',10);
    plot(struct(i).coefs(:,3),'-xb','MarkerSize',10);
    plot(struct(i).coefs(:,4),'-+m','MarkerSize',10);

    title(structname(i,:));
    set(gca,'xTick',1:12);
    set(gca,'xTickLabel',ratios,'YGrid','on');
    set(gca,'XLim',[0 13],'YLim',[-1 1]);
    legend('PK1','PK2','PK3','PK4');
    plot([0:13],zeros(1,14),'-k');
    hold off;
end;
```

## Transformuotų duomenų grafinis vaizdavimas

```
%% biplot
figure(1);
biplot(APG.coefs(:,1:3), 'scores',APG.scores(:,1:3), 'varlabels',ratios);
title('APG1L');
figure(2);
biplot(UKB.coefs(:,1:3), 'scores',UKB.scores(:,1:3), 'varlabels',ratios);
title('UKB1L');
figure(3);
biplot(LJL.coefs(:,1:3), 'scores',LJL.scores(:,1:3), 'varlabels',ratios);
title('LJL1L');
```

## Visų akcijų duomenų sujungimas

```
%% Visu akciju duomenu sujungimas i viena matrica
TOT.M = [];
for i = 1:12
    if i~=8;
        TOT.M = [TOT.M; struct(i).M];
    end;
end;
% boxplot(TOT.M,'orientation','horizontal','labels',ratios);
[TOT.coefs,TOT.scores,TOT.var,TOT.t2] = princomp(TOT.M);
```

## Vidutiniai rangai pagal visus rodiklius

```
%% Vidutiniai rangai pagal visus rodiklius
TOT.mean = [];
for i = 1:12
    if i~=8;
        TOT.mean = [TOT.mean; mean(struct(i).M)];
    end;
end;
rankAll = tiedrank(TOT.mean);
avgrank = (mean(rankAll'))';
stockRank = tiedrank(avgrank);
SpearmanCorr = corr(rankAll, 'type', 'Spearman');
```

## Klasterizavimas

```
%% grupavimas pagal k-means
% Gylis 1-turnover 2-vol 3-deals
% Greitis 4-zeros1 5-zeros2
% Plotis 6-spread1 7-spread2
% TA 9-rsi 10-mfi
D = TOT.mean(:,6:7);
clusters = 3;
[idx, cntr]=kmeans(D,clusters);
figure(1);
hold on;
scatter(D(1:end,1),D(1:end,2),50,idx(1:end), 'filled');
% scatter3(D(1:end,1),D(1:end,2),D(1:end,3),50,idx(1:end), 'filled');
grid on;
xlabel('spread1');
ylabel('spread2');
% zlabel('deals');
hold off;
figure(2);
silhouette(D,idx);
```

## Daugiamatė regresinė analizė

```
% Daugiamatė Regresinė analizė SU PRADINIŲ KOEFICIENTŲ
% ratiosIn = [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12];
ratiosIn = [4 5 6 7 8 9 10 11];
n = 75; % stebejimų skaičius
d = 11; % akcijų skaičius
p = length(ratiosIn); % rodiklių skaičius
X = cell(n,1);
Y = zeros(n,d);
Yhat = Y;
for i = 1:n
    X{i}(:, :) = ones(d,p+1);
    for j = 1:d
        X{i}(j,2:end) = struct(j).M(i,ratiosIn);
    end;
    Y(i,:) = mean(tiedrank(X{i}(:, :)), 2);
end;
[b, SIGMA, RESID, COVB, objective] = mvregress(X, Y, 'maxiter', 10000);
for i = 1:n
    Yhat(i,:) = X{i}*b;
end;
Ymean = sum(sum(Y))/numel(Y);
SST = sum(sum((Y - Ymean).^2));
SSR = sum(sum((Yhat - Ymean).^2));
SSE = sum(sum((Y - Yhat).^2));
R = 1 - SSE/SST;
Se = (SSE/(n-p-1)).^0.5;
Sb = Se.*(diag(COVB).^0.5);
t = b./Sb;
P = 2*(1-tcdf(abs(t), n-p-1));
koef_lent = [[0 ratiosIn]' b Sb t P];
```

## Tiesinės regresijos prielaidos

```
% Regresijos liekanų tyrimas

%normalumas
hLillie = ones(11,1);
pLillie = ones(11,1);
hJB = ones(11,1);
pJB = ones(11,1);
hX = ones(11,1);
pX = ones(11,1);
for i = 1:11
    [hLillie(i) pLillie(i)] = lillietest(RESID(:,i));
    [hJB(i) pJB(i)] = jbttest(RESID(:,i));
    [hX(i) pX(i)] = chi2gof(RESID(:,i));
end;

%autokoreliacija
hDW = ones(11,1);
pDW = ones(11,1);
for i = 1:11
    [pDW(i) hDW(i)] = dwtest(RESID(:,i), struct(i).M(:,ratiosIn));
end;
```