



## PIRMOSIOS KLASĖS NIVELIACIJŲ LINIJOSE LIETUVOS TERITORIJOJE IŠMATUOTŲ ŽEMĖS PAVIRŠIAUS JUDESIŲ ŠAŠAJŲ SU GEOLOGINIAIS RODIKLIAIS TYRIMAS

Algimantas Zakarevičius, Rūta Puzienė

*Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva, el. paštas gkk@ap.vgtu.lt*

*Įteikta 2008 11 24, priimta 2008 12 23*

**Santrauka.** Geodeziniais metodais nustatytos vertikaliųjų Žemės plutos judesių reikšmės – tektoninių judesių ir nuosėdinės dangos sluoksnių deformacijų reikšmių suma. Iš stebimų Žemės paviršiaus judesių tiesiogiai beveik neįmanoma spręsti, kurios reikšmės tektoninės, kurios netektoninės kilmės judesiai. Tam tikslui matematinės statistinės analizės metodais atliekami tyrimai. Kadangi Žemės sandara nevienalytė, tam tikros informacijos apie tiriamą procesą gali teikti kiekvienas geologinis rodiklis. Siekiant iširti rodiklių tarpusavio priklausomybes, rodiklių informatyvumą, taikoma kompleksinė koreliacinė analizė bei Hellwingo metodas.

**Reikšminiai žodžiai:** pirmosios klasės niveliacijos linija, vertikalieji Žemės plutos judesiai, matematinė statistinė analizė, kompleksinė koreliacinė analizė, rodiklių informatyvumas, geologiniai teritorijos rodikliai.

### 1. Įvadas

Žemės paviršiuje nuolat vyksta įvairios kilmės vertikalieji bei horizontalieji judėjimai. Atliekant kartotines tiksliausias niveliacijas galima nustatyti vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių skaitines reikšmes (Tosi 2006). Šios nustatytos reikšmės yra tektoninių judesių ir nuosėdinės dangos sluoksnių deformacijų reikšmių suma (Zakarevičius 1994, 2003). Teritorijose, kur stora nuosėdinė danga, tik iš rezultatų, gautų atlikus geodezinius matavimus iš esmės neįmanoma spręsti apie dabartinę teritorijos tektoninę aktyvumą. Kadangi geodeziniai ženklai įrengti viršutiniame Žemės sluoksnyje, geodeziniais metodais išmatuoti vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai – tektoninių procesų, sukeltų Žemės plutos ir viršutinių nuosėdinės dangos sluoksnių netektoninės kilmės deformacijų, suminis rezultatas (Demoulin 2004; Suveizdis 2003; Ilginytė 1998). Iš stebimų Žemės paviršiaus judesių tiesiogiai beveik neįmanoma skirti tektoninės ir netektoninės kilmės judesių reikšmių. Siekiant su tam tikru patikimumu išspręsti šį uždavinį, remiamasi plačiais kompleksiniais tyrimais bei jais pagrįstomis dabartinių Žemės plutos judesių geodezinių matavimų geotektoninio interpretavimo metodikomis (Zakarevičius 2003; Suveizdis 2003; Lithuanian geology 1994).

Išmatavus gautų vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių bei teritorijos geologinių rodiklių sąsajoms vertinti, judesių tektoninės kilmės hipotezei pagrįsti taikomi matematinės statistinės analizės metodai (Zakarevičius 2003; Randjarv 1993).

Darbo tikslas – nustatyti naujausių tikslųjų niveliacijų Lietuvos teritorijoje duomenų bei teritorijos geologinių,

geomorfologinių rodiklių sąsajas ir informatyvumą bei išskirti stipriausiais statistiniais ryšiais susijusius rodiklius.

### 2. Tyrimų metodika

Žinant iš tikslųjų niveliacijų rezultatų gautas vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių skaitines reikšmes bei teritoriją apibūdinančius geologinius, geomorfologinius rodiklius, taikant matematinės statistinės analizės metodus galima išspręsti šiuos uždavinius: nustatyti Žemės plutos judesių sąsajas su tam tikrais teritorijos rodikliais, teigti hipotezes, jog visi tiriamieji teritoriją apibūdinantys rodikliai, taip pat ir išmatuoti Žemės paviršiaus judesiai, yra vienos sudėtingos gamtinės sistemos veikimo būvio parametrai, iširti rodiklių informatyvumą. Pirmajam uždaviniui, t. y. visų rodiklių tarpusavio matematinei statistinei sąveikai apibūdinti taikoma koreliacinė analizė (Martišius, Kėdaitis 2004):

$$R = [r] = \frac{1}{n-1} Q^T Q, \quad (1)$$

čia  $Q$  – centruota ir standartizuota pradinių duomenų matrica,  $T$  – matricos transponavimo simbolis,  $n$  – matavimų skaičius.

Taikant koreliacinę analizę gautieji koreliacinės matricos koeficientai atspindi ne tik išmatuotųjų vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei teritorijos geologinės sandaros rodiklių, bet ir pavienių geologinių rodiklių tarpusavio sąveikas. Apie geodezinių matavimų rezultatus daugiausia informacijos teikia tie geologiniai teritorijos rodikliai, kurių tarpusavio koreliacijos su kitais geologinių rodiklių sistemos elementais mažiausios. Kadangi rodikliai yra vientisos

gamtinės sistemos elementai, jie bet kuriuo atveju tarpusavyje bus stipriau ar silpniau susiję. Analizuojant rodiklių tarpusavio sąsajas bei sąveikas priklausomų rodiklių sistemos informatyvumui bei kompleksiskumui įvertinti atliekama kompleksinė koreliacinė analizė bei rodiklių grupių informatyvumo vertinimas (Zakarevičius 1982, 2003).

Nagrinėjamos rodiklių grupės kompleksiskumo skaitmeninis rodiklis yra vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientas

$$R_V = \frac{2 \sum_{i \neq j} |r_{ij}|}{m(m-1)}, \quad (2)$$

čia  $i$  – koreliacinės matricos eilutės numeris,  $j$  – matricos stulpelio numeris,  $m$  – kompleksą sudarančių rodiklių skaičius.

Kai  $R_V \geq 0,5$ , tuomet galima teigti, jog rodikliai sudaro vieną statistiškai pagrįstą kompleksą.

Grupinės koreliacijos koeficientai skaičiuojami norint nustatyti labiausiai nuo vientiso komplekso nukrypstančius rodiklius:

$$r_{j_0} = \frac{\sum_{i \neq j_0} |r_{j_0 j}|}{m-1}, \quad (3)$$

čia  $j_0$  – numeris rodiklio, kurio grupinės koreliacijos koeficientas skaičiuojamas.

Rodikliai, kurių koeficientai žymi silpniausią grupinę koreliaciją, tyrimo metu eliminuojami, siekiant nustatyti rodiklių grupę, kurios grupinės koreliacijos sąsajos stipriausios. Rezultatas – nemažinant arba nežymiai mažinant bendrąją informacijos kiekį apie nagrinėjamą reiškinį, gaunamas mažesnės apimties rodiklių kompleksas, pakankamai gerai atspindintis nagrinėjamą procesą (Zakarevičius 1982, 2003).

Atliekant tolesnę analizę rodiklių grupių informatyvumui įvertinti taikomas Helvingo (Hellwing) metodas. Rodiklių kombinacijoje  $S$   $k$ -tojo požymio informatyvumas yra

$$h_{k_s} = \frac{r_{0k}^2}{1 + \sum_{i \neq j, i \neq k} |r_{ik}| + \sum_{i \neq j, j \neq k} |r_{kj}|}. \quad (4)$$

Visos požymių kombinacijos  $S$  informatyvumas

$$H_S = \sum_k h_{k_s}. \quad (5)$$

$H_S$  visuomet bus  $0 \leq H_S \leq 1$ . Kuo  $H_S$  reikšmė artesnė vienetui, tuo informatyvesnė tiriamoji požymių kombinacija. Beje,  $H_S$  rodiklis apibūdina ne absoliutų informacijos kiekį, o informacijos kiekių santykius, esant įvairioms rodiklių kombinacijoms (Hellwig 1969).

### 3. Tyrimo rezultatai

Tiriant išmatuotų vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei geologinių rodiklių tarpusavio sąsajas remtasi iš Lietuvos geologijos tarnybos skaitmeninių duomenų bazės gautais teritorijos geologiniais, geomorfologiniais rodikliais bei pirmosios klasės niveliacijų linijose skirtingais laikotarpiais atliktais kartotinių tikslųjų niveliacijų duomenimis.

Teritoriją apibūdinantys geologiniai, geomorfologiniai rodikliai: teritorijos reljefas, prekartero dangos storis, prekartero reljefas, nuosėdinės dangos storis, kvartero dangos storis, kristalinio pamato reljefas, magnetinis laukas, gravitacinio lauko anomalijos.

Tiriant naudoti niveliacijų linijų duomenys pateikti 1 lentelėje.

Pateiktųjų rodiklių koreliacinės analizės rezultatai 2 lentelėje. Tai koreliacijos koeficientai, kurių tikimybės  $p \geq 0,95$  bei  $p \geq 0,90$ .

Iš 2 lentelėje pateiktų koreliacinės analizės rezultatų matyti, jog skirtingose niveliacijos linijose išmatuotų vertikaliųjų Žemės plutos greičių koreliacijos gana skirtingos, su gana skirtingais rodikliais, tačiau yra ir dėsninųjų. Stipriausios yra vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei nuosėdinės dangos storio ( $0,40 \leq |r_{ij}| \leq 0,93$ ), kvartero dangos storio ( $0,38 \leq |r_{ij}| \leq 0,88$ ), prekartero dangos storio ( $0,44 \leq |r_{ij}| \leq 0,96$ ) ir kristalinio pamato reljefo ( $0,41 \leq |r_{ij}| \leq 0,94$ ) koreliacijos. Kadangi linijos yra skirtingose

**1 lentelė.** Niveliacijų linijų duomenys  
**Table 1.** Data of levelling line

Niveliacijos linijos	Metai	Niveliaciją atliko	Matavimų tikslumas, mm/km
Kazlų Rūda – Lazdijai	1982	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 5-oji įmonė	0,92
	1998	VGTU Geodezijos institutas	0,47
Turmantas – Vilnius	1985–1987	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 5-oji įmonė	0,69
	2005–2006	VGTU Geodezijos institutas	0,34
Jonava – Turmantas	1980	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 5-oji įmonė	0,62
	2005	VGTU Geodezijos institutas	0,38
Jonava – Kybartai	1970	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 7-oji įmonė	0,47
	1998	VGTU Geodezijos institutas	0,39
Jonava – Jelgava	1970–1971	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 7-oji įmonė	0,53
	2002	VGTU Geodezijos institutas	0,41
	2004	VGTU Geodezijos institutas	0,48
Vilnius – Jonava	1970–1971	Vyriausiosios geodezijos ir kartografijos valdybos 7-oji įmonė	0,53
	1998	VGTU Geodezijos institutas	0,36
Mikytai – Būtingė	1973–1975	Vilniaus inžinerinio statybos instituto Geodezijos katedra	0,50
	2003	VGTU Geodezijos institutas	0,42

**2 lentelė.** Koreliacinės matricos koeficientų reikšmės  
**Table 2.** The correlation matrix rate meaning

Niveliacijos linija	$r(x_1x_2)$	$r(x_1x_3)$	$r(x_1x_4)$	$r(x_1x_5)$	$r(x_1x_6)$	$r(x_1x_7)$	$r(x_1x_8)$	$r(x_1x_9)$
Kazlų Rūda – Lazdijai	-0,96	0,68	-0,89	0,53	0,53	-0,88	-0,75	0,87
Turmantas – Vilnius	0,55	0,96		0,93		0,38	-0,94	-0,86
Jonava – Turmantas	0,89		0,80	0,45		0,62		
Jonava – Kybartai		0,44	-0,69	0,57	0,52	0,40	-0,57	0,59
Jonava – Jelgava		0,79	0,48	0,75		-0,66	-0,80	0,76
Vilnius – Jonava	0,89	-0,85	0,77	-0,85	0,38	0,64	0,88	
Mikytai – Būtingė			-0,80	0,40	-0,71	0,81	-0,41	

*Pastaba.* Žymenys:  $x_1$  – vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių greičiai, mm/m,  $x_2$  – reljefas,  $x_3$  – prekartero dangos storis,  $x_4$  – prekartero reljefas,  $x_5$  – nuosėdinės dangos storis,  $x_6$  – magnetinis laukas,  $x_7$  – kvartero dangos storis,  $x_8$  – kristalinio pamato reljefas,  $x_9$  – gravitacinio lauko anomalijos.

Lietuvos Respublikos teritorijos vietose, natūralu, kad skiriasi geologinė teritorijos sandara, o tai ir lemia skirtingas koreliacines rodiklių tarpusavio priklausomybes. Iš šios analizės rezultatų galima daryti prielaidą, jog geodeziniais metodais išmatuoti vertikalieji Žemės plutos judesiai yra ne atsitiktinio pobūdžio, bet atspindintys natūraliai vykstančius gamtinės kilmės Žemės plutos judesius.

Kadangi nagrinėjami geologiniai, geomorfologiniai teritorijos rodikliai su vertikaliais Žemės plutos judesiais bei tarpusavyje susiję skirtingo stiprumo ryšiais, taikant anksčiau aprašytą kompleksinės koreliacijos metodą siekiama nustatyti, kurie iš jų susieti didžiausiomis kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmėmis. Kompleksinės koreliacinės analizės, atliktos pagal anksčiau pateiktą metodiką, rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Iš gautų tyrimo rezultatų matyti, jog gamtinius kompleksus sudaro skirtingos niveliacijų linijos su skirtingais rodikliais.

*Turmantas – Vilnius.* Tiriant nustatyta, jog didžiausia 1, 3, 5, 8 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 2, 7, 9 rodikliai.

*Jonava – Turmantas.* Didžiausia 1, 2, 4 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 5, 7 rodikliai.

*Jonava – Kybartai.* Didžiausia 1, 3, 5, 6, 8 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 4, 7, 9 rodikliai.

*Jonava – Jelgava.* Didžiausia 1, 3, 5, 8 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 4, 6, 7, 9 rodikliai.

*Vilnius – Jonava.* Didžiausia 1–3, 5, 8 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 4, 6, 7 rodikliai.

*Mikytai – Būtingė.* Didžiausia 1, 4, 7 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 5, 6, 8 rodikliai.

*Kazlų Rūda – Lazdijai.* Didžiausia 1, 2, 7 rodiklių grupės vidinės kompleksinės koreliacijos sąsaja. Nuo bendro komplekso nutolę 3–6, 8, 9 rodikliai.

Kadangi Lietuvos teritorijoje geologinė sandara gana skirtinga, o niveliacijos linijos įvairiose Lietuvos teritorijos vietose, todėl tarp tiriamų rodiklių gaunamos gana skirtingos statistinės sąsajos. Apibendrinant gautus rezultatus matyti, jog didžiausios kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmės vertikaliosius Žemės plutos judesius sieja su kristalinio pamato, nuosėdinės dangos,

prekartero dangos storiais. Silpniausios arba nereikšmingiausios reikšmės – su gravitaciniu lauku, magnetiniu lauku, kvartero dangos storium, prekartero reljefu. Priklausomai nuo teritorijos geologinės sandaros kai kuriose niveliacijos linijose išmatuoti vertikalieji Žemės plutos judesiai susieti statistiniais ryšiais su vienais geologiniais rodikliais, o kitose linijose – su kitais.

Visais atvejais matyti, kad eliminavus rodiklius, kurių kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmės mažiausios, kitų geologinių rodiklių bei vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių greičių vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientas yra žymiai didesnis nei taikant visų požymių kompleksą. Tai reiškia, kad norint sudaryti prognozuojamų vertikaliųjų Žemės plutos judesių modelių nebūtina naudoti visų geologinių rodiklių. Statistinės sąsajos tarp rodiklių byloja, jog geodeziniais metodais nustatyti vertikalieji Žemės plutos judesiai nėra atsitiktinio pobūdžio paklaidų ar reperijų nepastovumo rezultatas.

Rodiklių grupių informatyvumo tyrimo rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Kaip jau minėta, Lietuvos teritorijos geologinė sandara gana skirtinga. Nuosėdinės dangos storio skirtumas – nuo 2000 m pajūrio zonoje iki 250 m pietrytinėje Lietuvos dalyje; pagal teritoriją skirtingos ir kitų geologinių rodiklių reikšmės. Tad priklausomai nuo vietos, kurioje nutiesta niveliacijos linija, geologinės sandaros, skirtingi ir šio tyrimo rezultatai.

Rodiklių informatyvumo tyrimams buvo sudarytos trys požymių kombinacijos. Į pirmąją požymių kombinaciją įeina visi geologiniai, geomorfologiniai rodikliai, naudoti atliekant tyrimus. Apibendrinami šių rodiklių grupės tyrimo rezultatus matome, jog informatyviausia yra prekartero reljefas, kristalinio pamato reljefas, kvartero dangos storis, gravitacinio lauko anomalijos.

Iš pateiktos kompleksinės koreliacinės rodiklių analizės rezultatų matyti, jog tam tikri rodikliai susieti didžiausios kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmėmis. Kiti eliminuoti rodikliai tėra pašaliniai trukdžiai atliekant tyrimą, teikiantys nemažai pašalinės informacijos, todėl antrajai požymių kombinacijai (4 lentelė) priskirti rodikliai, kurių grupinės koreliacijos koeficientai yra didžiausi. Šioje kombinacijoje visi tiriami rodikliai, išskyrus magnetinį lauką, pakankamai informatyvūs. Požymių kombinacijos informatyvumas šiek tiek pakinta, nes iš tyrimo eliminuoti tam tikri rodikliai.

3 lentelė. Vidinės kompleksinės koreliacijos koeficientai

Table 3. Average complex correlation coefficients

Linija	Grupinės koreliacijos koeficientai $k_{jo}$									Kompleksinės koreliacijos koeficientai $R_V$
	rodikliai									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Turmantas – Vilnius	0,77	0,67	0,83		0,85		0,59	0,83	0,83	0,77
	0,85	0,64	0,89		0,90		–	0,89	0,86	0,84
	0,92	–	0,96		0,96		–	0,96	0,89	0,94
	0,94	–	0,98		0,97		–	0,97	–	0,97
Jonava – Turmantas	0,69	0,80		0,64	0,59		0,59			0,66
	0,71	0,82		0,74	0,56		–			0,71
	0,85	0,89		0,85	–		–			0,86
Jonava – Kybartai	0,54		0,52	0,51	0,54	0,50	0,31	0,55	0,32	0,48
	0,56		0,58	0,46	0,63	0,57	–	0,63	0,27	0,53
	0,57		0,66	0,43	0,74	0,68	–	0,74	–	0,64
	0,53		0,77	–	0,83	0,73	–	0,83	–	0,74
Jonava–Jelgava	0,66		0,72	0,54	0,70	0,34	0,25	0,72	0,61	0,57
	0,66		0,80	0,63	0,79	0,39	–	0,80	0,64	0,67
	0,72		0,87	0,69	0,86	–	–	0,87	0,70	0,78
	0,78		0,88	–	0,87	–	–	0,89	0,76	0,83
Vilnius – Jonava	0,78		0,92	–	0,91	–	–	0,93	–	0,89
	0,81	0,88	0,87	0,65	0,87	–	0,66	0,89		0,80
	0,82	0,90	0,92	–	0,90	–	0,75	0,92		0,87
Mikytai – Būtingė	0,87	0,93	0,94	–	0,94	–	–	0,96		0,93
	0,63			0,54	0,32	0,49	0,50	0,31		0,46
	0,68			0,66	0,15	0,59	0,63	–		0,54
	0,77			0,85	–	0,75	0,83	–		0,80
Kazlų Rūda – Lazdijai	0,81			0,88	–	–	0,89	–		0,86
	0,76	0,74	0,66	0,68	0,54	0,42	0,68	0,71	0,65	0,65
	0,79	0,76	0,71	0,72	0,60	–	0,68	0,76	0,70	0,71
	0,84	0,81	0,67	0,76	–	–	0,73	0,73	0,73	0,75
	0,87	0,85	–	0,79	–	–	0,77	0,67	0,76	0,79
	0,90	0,90	–	0,82	–	–	0,82	–	0,79	0,84
	0,91	0,93	–	0,83	–	–	0,85	–	–	0,88
	0,92	0,95	–	–	–	–	0,92	–	–	0,93

Pastaba. Žymenys: 1 – išmatuotieji greičiai, 2 – reljefas, 3 – prekvartero dangos storis, 4 – prekvartero reljefas, 5 – nuosėdinės dangos storis, 6 – magnetinis laukas, 7 – kvartero dangos storis, 8 – kristalinio pamato reljefas, 9 – gravitacinio lauko anomalijos.

Trečiąją požymių kombinaciją sudaro rodikliai, turintys neigiamos įtakos grupinės koreliacijos koeficientui (3 lentelė). Kaip matyti iš 4 lentelėje pateiktų tyrimo rezultatų, šie rodikliai taip pat gana informatyvūs. Tai tiriant vertikaliuosius Žemės plutos judesius teikia nepageidaujamos šalutinio pobūdžio informacijos. Informatyviausia: prekvartero reljefas, kvartero dangos storis, gravitacinio lauko anomalijos.

Niveliacijos linijų *Jonava – Kybartai*, *Jonava – Jelgava*, *Vilnius – Jonava* trečiosios požymių kombinacijos informatyvumas didesnis už antrosios požymių kombinacijos informatyvumą. Labai informatyvūs prekvartero reljefas, kvartero dangos storis, gravitacinio lauko anomalijos. Šie rodikliai tų linijų, kurių koreliuoja su išmatuotais vertikaliaisiais Žemės plutos greičiais, teikia nemažai informacijos, tačiau tų linijų, kurių pagal kompleksinės koreliacijos rezultatus (3 lentelė) nesudaro bendro komplekso su išmatuotaisiais vertikaliaisiais Žemės plutos judesiais, tiriamam procesui suteikia nereikalingos, pašalinės informacijos, triukšmo. Kadangi šie rodikliai pakankamai informatyvūs, jų priskyrimas prie trečiosios požymių

kombinacijos lemia, kad ši kombinacija yra informatyvesnė už antrąją požymių kombinaciją.

Siekiant geriau sugretinti pagal koreliacinės analizės rezultatus skirtingose linijose nustatytas statistines priklausomybes tarp vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių bei teritorijos geologinių rodiklių bei atvaizduoti priklausomybių struktūrą pagal apskaičiuotas koreliacines matricas, sudaryti niveliacijos linijų koreliacijos grafai (Крамбейн, Грейбил 1969). Niveliacijos linijos *Jonava – Turmantas* grafas pateiktas 1 paveiksle, o niveliacijos linijos *Vilnius – Jonava* grafas – 2 paveiksle.

Pastaba: raudona linija pažymėtos stiprios koreliacijos sąsajos ( $0,7 \leq r \leq 1$  arba  $-1 \leq r \leq -0,7$ ), jungiančios atitinkamus rodiklius, žaliomis linijomis –  $0,4 \leq r \leq 0,7$  arba  $-0,7 \leq r \leq -0,4$  stiprumo sąsajos, o mėlyna linija žymi silpnas koreliacijos sąsajas ( $-0,4 \leq r \leq +0,4$ ).

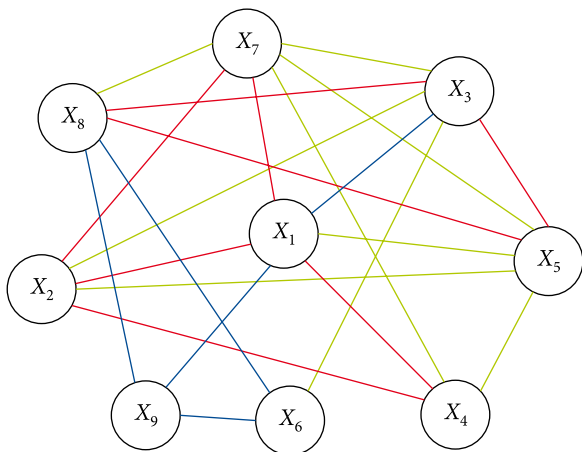
Iš koreliacijos grafų struktūros matome, kad koreliacinės priklausomybės – išmatuotų Žemės paviršiaus judesių bei teritorijos geologinių rodiklių ir tarpusavio priklausomybės tarp geologinių rodiklių nagrinėjamų linijų skirtingos, t. y. priklausomybes lemia konkrečios geologi-

4 lentelė. Lyginamasis informatyvumo įvertinimas

Table 4. The comparative informative rating

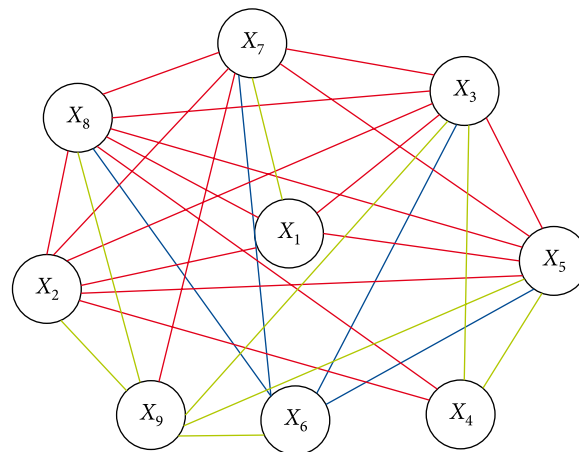
Geologiniai rodikliai	Niveliacijos linijos						
	Turmantas – Vilnius	Jonava – Turmantas	Jonava – Kybartai	Jonava – Jelgava	Vilnius – Jonava	Mikytai – Būtingė	Kazlų Rūda – Lazdijai
Pirmoji požymių kombinacija							
2	0,07	0,24			0,15		0,15
3	0,18		0,05	0,12	0,13		0,08
4		0,23	0,12	0,05	0,14	0,22	0,15
5	0,17	0,07	0,08	0,11	0,13	0,07	0,06
6			0,12	0,05		0,19	0,07
7	0,03	0,14	0,06	0,21	0,09	0,24	0,14
8	0,17		0,08	0,12	0,14	0,08	0,10
9	0,14		0,13	0,13			0,14
$H_1$	0,77	0,68	0,63	0,79	0,80	0,80	0,89
Antroji požymių kombinacija							
2		0,42			0,21		0,46
3	0,31		0,05	0,21	0,18		
4		0,34				0,63	
5	0,29		0,09	0,19	0,18		
6			0,08				
7						0,33	0,40
8	0,30		0,09	0,21	0,20		
9							
$H_1$	0,90	0,76	0,31	0,61	0,77	0,96	0,86
Trečioji požymių kombinacija							
2	0,12					0,08	
3							0,10
4			0,19	0,13	0,48		0,21
5		0,12					0,07
6				0,06			0,11
7	0,06	0,23	0,07	0,29	0,33	0,42	
8							0,11
9	0,30		0,15	0,26		0,08	0,20
$H_1$	0,48	0,35	0,41	0,74	0,81	0,58	0,80

Pastaba. Žymenys: 2 – reljefas, 3 – prekartero dangos storis, 4 – prekartero reljefas, 5 – nuosėdinės dangos storis, 6 – magnetinis laukas, 7 – kvartero dangos storis, 8 – kristalinio pamato reljefas, 9 – gravitacinio lauko anomalijos.



1 pav. Niveliacijos linijos Jonava – Turmantas koreliacijos grafas

Fig. 1. Graph correlation of levelling line Jonava – Turmantas



2 pav. Niveliacijos linijos Vilnius – Jonava koreliacijos grafas

Fig. 2. Graph correlation of levelling line Vilnius – Jonava

nės sąlygos. Linijos *Jonava – Turmantas* (1 pav.) rodikliai tarpusavyje stipriau susiję nei linijos *Vilnius – Jonava* (2 pav.). Tai atsispindi ir kompleksinės koreliacinės analizės rezultatai (3 lent.). Linijos *Vilnius – Jonava* susietą kompleksą sudaro daugiau rodiklių bei didesni rodiklių grupių kompleksinės koreliacijos koeficientai nei linijos *Jonava – Turmantas*. Palyginus rodiklių grupių informatyvumo analizės rezultatus (4 lent.), linijos *Jonava – Turmantas* pagal rodiklių grupių informatyvumą didžiausias informatyvumo rodiklis yra antrosios rodiklių kombinacijos, t. y. susietą kompleksą su didžiausiu kompleksinės koreliacijos koeficientu sudarančios rodiklių grupės. Jos informatyvumas yra didesnis už visų rodiklių bendrą informatyvumą. Mažiausias informatyvumas – trečiosios rodiklių kombinacijos. Linijos *Vilnius – Jonava*, nors, remiantis vidinės kompleksinės koreliacinės analizės rezultatais, rodikliai į grupes suskaidomi, tačiau ne taip ryškiai, kaip linijos *Jonava – Turmantas*. Šios linijos rodiklių grupės informatyvumo lyginamojo įvertinimo rezultatai visų rodiklių grupių yra panašūs. Tai lemia stipresnė rodiklių tarpusavyje priklausomybė, t. y. stipriau pasireiškia rodiklių tarpusavyje įtakos sinergetinis efektas.

Iš paveikslų matyti, jog skirtingų niveliacijos linijų pavienės rodiklių grupės sieja skirtingo stiprumo statistiniai ryšiai, visų rodiklių jie nevienodi. Šios tarpusavyje priklausomybės lemia tai, jog rodikliai neteikia visos informacijos apie rezultatinį rodiklį, šiuo atveju apie išmatuotus vertikaliuosius Žemės plutos judesius, todėl sudarant dabartinių Žemės plutos judesių modelius, sujungti visus rodiklius netikslinga. Reikėtų naudoti rodiklių grupes, sudarančias tarpusavyje tvirtus statistinius kompleksus. Taip būtų atskiriami nepageidaujamo „triukšmo“ teikiantys rodikliai, kartu nesumažinant ar net padidinant galutinį rezultatų tikslumą.

#### 4. Išvados

1. Vertikalieji Žemės plutos judesiai statistinėmis sąsajomis susieti su teritorijos geologiniais, geomorfologiniais rodikliais. Kadangi Lietuvos teritorijos geologinė sandara skirtinga, o tiksliosios niveliacijos linijos nutiestos skirtingose Lietuvos teritorijos vietose, išmatuotus vertikaliuosius Žemės plutos judesius bei kai kuriuos teritorijos geologinius rodiklius sieja skirtingos statistinės priklausomybės.
2. Remiantis kompleksinės koreliacijos įverčių reikšmėmis nustatyta stipriausiai su išmatuotais vertikaliaisiais Žemės plutos judesiais susiję geologinių ir geomorfologinių rodiklių grupės bei rodikliai, susiję silpniausiomis kompleksinės koreliacijos įverčio reikšmėmis, kartais tiriamajam procesui net teikiančios trikdančios informacijos.
3. Kadangi ne visuomet didžiausią informacijos kiekį tiriant reiškinį teikia stipriomis statistinėmis sąsajomis su rezultatinium rodikliu susiję rodikliai, siekiant išvengti šių rodiklių pašalinio pobūdžio informacijos, būtų tikslinga taikyti kompleksinę koreliacinę analizę, nustatant tas rodiklių grupes, kurios turi didžiausią kompleksinės koreliacijos įverčio reikšmę.
4. Skirtingi rodikliai tiriant objektą teikia skirtingą informacijos kiekį, kiekvieno rodiklio bei jų grupės informatyvumas skirtingas, todėl tikslinga atlikus rodiklių

informatyvumo analizę parinkti informatyviausių rodiklių grupes.

Straipsnis parengtas tyrimus remiant Lietuvos valstybiniam mokslo ir studijų fondui (sutartis Nr. V-51/2008).

#### Literatūra

- Demoulin, A. 2004. Reconciling geodetic and geological rates of vertical crustal motion in intraplate regions, *Earth and Planetary Science Letters* 221(1–4): 91–101.
- Hellwig, Z. 1969. Problem optimalnego wyboru predyktant. [Question selection of optimum variable], *Przegad statystyczny* [Presumption statistics] 3–4: 221–237.
- Ilginytė, V. 1998. The seismic active tectonic areas of Lithuania, *Geologija*, 23: 61–64 (in Lithuanian).
- Lithuanian geology* (ed. A. Grigelis, V. Kadūnas). 1994. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidykla. 447 p. (in Lithuanian).
- Martišius, S. A.; Kėdaitis, V. 2004. *Statistics*, part II. *The conclusions and solutions of statistics*. Vilnius: VU publishing. 341 p. (in Lithuanian).
- Randjarv, J. 1993. Vertical movements of the Earth's crust in the Baltic Region, *Reports of the Finnish Geodetic institute* 93(2): 38.
- Suveizdis, P. 2003. Lietuvos tektoninė sandara. [*Tectonic structure of Lithuania*]. Vilnius: Institute of Geology and Geography, 160 p. (in Lithuanian).
- Tosi, L.; Teatini, P.; Carbognin, L.; Frankenfield, J. 2006. *A new project to monitor land subsidence in the northern Venice coastland (Italy)*. New York: Springer.
- Zakarevičius, A. 1982. The intercomponental correlative analysis of the Maps of the vertical Earth's Crust movements within in Balticum Territory, *Works on a geodesy XI*: 57–64.
- Zakarevičius, A. 1994. *Dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių Lietuvos teritorijoje tyrimas* [The research of the present vertical Earth's crust movements in Lithuania]. Vilnius: Technika. 276 p. (in Lithuanian).
- Zakarevičius, A. 2003. *Dabartinių geodinaminių procesų Lietuvos teritorijoje tyrimas* [Investigation of the recent geodynamic processes in the territory of Lithuania]. Vilnius: Technika. 195 p. (in Lithuanian).
- Крамбейн, У.; Грейбил, Ф. 1969. *Модели в геологии* [Model in Geology]. Москва: Мир.

**Algimantas ZAKAREVIČIUS**. Doctor Habil, Professor, Head of Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania (tel. +37052744701), e-mail: [Algimantas.Zakarevicius@ap.vgtu.lt](mailto:Algimantas.Zakarevicius@ap.vgtu.lt)

A graduate of Kaunas Polytechnic Institute (now Kaunas University of Technology), geodetic engineer, 1965. Doctor's degree at Vilnius University, 1973. Dr Habil degree at VGTU, 2000. Member of the Geodetic Commission of Estonia, Latvia and Lithuania. Research training at Geodetic Institute of Norwegian Mapping Authority, 1994. Author of over 130 publications and 3 monographs.

Research interests: investigations of the recent geodynamic processes, formation of geodetic networks.

**Rūta PUZIENĖ**. Doctoral student. Vilnius Gediminas Technical University, Dept of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania (tel. +37052744703), e-mail: [gkk@ap.vgtu.lt](mailto:gkk@ap.vgtu.lt)

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (Master of science, 2003). Co-author of 2 publications.

Research interests: investigation of geodynamic processes, investigations of deformations.