

**DABARTINIŲ ŽEMĖS PLUTOS JUDESIŲ LIETUVOS PAJŪRIO
TERITORIJOJE ŠĄSAJOS SU NUOSĖDINĖS DANGOS SAVYBĖMIS****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 2007 11 02, priimta 2007 11 05

Santrauka. Koreliacinės ir regresinės analizės metodais išnagrinėta išmatuotųjų dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių bei nuosėdinės dangos savybių sąsajos. Taikant atvirkštinės žingsninės regresijos analizę išskirti reikšmingiausiai tiriama gamtinių procesų rodikliai. Atliktas koreliacinės analizės koeficientų priklausomybės bendrai koreliacinei erdvei tyrimas. Sudaryti bei su esamais palyginti regresinės analizės metodu prognozuojamų vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių modeliai.

Reikšminiai žodžiai: vertikalieji Žemės plutos judesiai, teritorijos geologinė charakteristika, tiesinė regresinė analizė, žingsninė regresinė analizė, prognozuojamieji Žemės plutos judesiai.

1. Įvadas

Teoriškai pagrįsta bei natūriniais tyrimais įrodyta, kad dabartiniai Žemės plutos judesiai yra ankstesniųjų geologinių procesų raidos tąsa (Joo 1992, 2002; Richter *et al.* 1994; Zakarevičius 2003; Zakarevičius 1994). Dėl tos priežasties jie turi atsispindėti Žemės nuosėdinės dangos sluoksniuose. Kadangi geologinių procesų raida diferencijuota teritoriniu principu išskiriant skirtingiems regionams būdingas savybes, tai ir dabartinių Žemės plutos judesių sąsajos su ankstesniųjų geologinių procesų lemtais nuosėdinės dangos sluoksnių ypatumais ne visur vienodos. Ankstesni tyrimai patvirtina, kad tokių skirtumų yra ne tik dideliuose regionuose, bet ir Lietuvos teritorijoje (Zakarevičius 2003; Zakarevičius *et al.* 2005; Zakarevičius, Puzienė 2005). Dėl to dabartinių Žemės plutos judesių sąsajų su teritorijos nuosėdinės dangos sluoksnių geometriniais duomenimis bei nuo geologinių sąlygų priklausančių geofizinių laukų ypatumais tyrimai taip pat turi būti diferencijuoti teritoriniais principais.

Nustatyti dabartinių Žemės plutos judesių ir nuosėdinės dangos savybių priklausomybes svarbu ne tik moksliniu, bet ir praktiniu požiūriu – tai pravartu tiriant išmatuotųjų dabartinių Žemės plutos judesių tektoninę kilmę bei dabartinį teritorijos tektoninį aktyvumą, prognozuojant tektoninių judesių ypatumus tose nagrinėjamos teritorijos dalyse, kur neatlikta pakankamai geodezinių matavimų, prognozuojant tolesnę jų eigą.

Darbo tikslas – remiantis Lietuvos pajūryje atliktų pakartotinių tikslųjų niveliacijų duomenimis ištirti dabartinių Žemės plutos judesių sąsajas su nuosėdinės dan-

gos savybėmis, pagrįsti jų patikimumą ir taikymo dabartiniams tektoniniams procesams prognozuoti galimybes.

Lietuvos pajūrio teritorija pasirinkta žinant, kad čia storiausia Lietuvos teritorijoje žemės nuosėdinė danga, pajūrio trasoje atlikta daug kartotinių geodezinių matavimų, išlikę daug kelis kartus niveliuotų tų pačių geodezinių ženklų, ankstesniais tyrimais nustatyti dėsningi dabartiniai Žemės plutos judesiai (Zakarevičius *et al.* 2005; Zakarevičius, Puzienė 2005). Atliekant tyrimus remtasi 1936–2003 m. laikotarpiu atliktų penkių tikslųjų niveliacijų duomenimis.

Darbo mokslinis naujumas – matematiniais statistiniais metodais nustatytos dabartinių Žemės plutos judesių sąsajos su teritorijos geologiniais rodikliais bei įvertintas jų patikimumas ir dabartinių tektoninių procesų šiame regione prognozavimo galimybės, taikant regresines lygtis.

2. Tyrimų metodika

Išmatuotųjų dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių sąsajų su teritorijos geologiniais bei geofiziniais rodikliais pradinis įvertinimas atliktas (Zakarevičius, Puzienė 2005) apskaičiuojant skirtingais laikotarpiais išmatuotų vertikaliųjų Žemės plutos judesių reikšmių ir teritoriją apibūdinančių geologinių rodiklių skaitmeninių reikšmių koreliacijos koeficientus.

Kadangi vertikalieji Žemės plutos judesiai išmatuoti su tam tikromis paklaidomis, o judesių pobūdis gali kisti ir toliau, apskaičiuotos koreliacijos tarp skirtingais laiko tarpais išmatuotų Žemės plutos judesių ir tų pačių

geologinių rodiklių koeficientų reikšmės yra skirtingos. Patikrai, ar apskaičiuotų koreliacijos koeficientų reikšmės gali būti su tam tikra tikimybe priskiriamos bendrai koreliacinei erdvei, t. y. ar pagal tam tikrų laiko tarpų vertikalijų judesių reikšmių imtis apskaičiuoti koreliacijos su geologiniais rodikliais koeficientai gali būti su tam tikra tikimybe laikomi tapačiais, taikyta statistika (Aivazian, Mchitarian 1998):

$$V = \sum_{i=1}^s z_i^2 (n_i - 3) + \frac{\left(\sum_{i=1}^s z_i (n_i - 3) \right)^2}{\sum_{i=1}^s (n_i - 3)}, \quad (1)$$

čia

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}, \quad (2)$$

r – koreliacijos koeficiento reikšmė, n_i – koreliacijos koeficientui skaičiuoti panaudotų duomenų porų imtis, s – palyginamų koreliacijos koeficientų skaičius.

Hipotezės, kad visi koreliacijos koeficientai yra iš vienos koreliacinės erdvės, t. y. kad nesutapimai priklauso nuo jų nustatymo paklaidų, o judesių savybių pokyčiai neturi lemiamos reikšmės, su tikimybe $p = 1 - q$ laikomasi, kai:

$$V \leq \chi_{k,q}^2, \quad (3)$$

čia $\chi_{k,q}^2$ – Pirsono skirstinio šaknis esant patikimumo lygmeniui q ir $k = s - 1$ laisvės laipsniams.

Jeigu hipotezės apie koreliacijos koeficientų tapatumą laikomasi, bendra koreliacinės aibės Fišerio transformacijos (2) reikšmė skaičiuojama taip:

$$\bar{z} = \frac{\sum_{i=1}^s z_i (n_i - 3)}{\sum_{i=1}^s (n_i - 3)}. \quad (4)$$

Apibendrintoji visos palyginamų koreliacijos koeficientų aibės \bar{r} reikšmė nustatoma iš (2) funkcijos, pagal apskaičiuoto (4) koeficiento \bar{z} reikšmę, t. y. apskaičiuojama skaitmeniniais metodais sprendžiant lygtį

$$\bar{z} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+\bar{r}}{1-\bar{r}}. \quad (5)$$

Priežastinėms sąsajoms tarp išmatuotųjų Žemės paviršiaus judesių ir nagrinėjamąją teritoriją apibūdinančių rodiklių nustatyti bei joms panaudoti dabartinių vertikalijų Žemės plutos judesių prognozei taikoma regresinė analizė. Sudaroma tiesinės regresijos lygtis:

$$V = X\beta. \quad (6)$$

Pagal regresijų lygtį prognozuoti dabartinių vertikalijų judesių greičiai

$$V = (v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n)^T, \quad (7)$$

regresijos lygties koeficientai

$$\beta = (\beta_0 \ \beta_1 \ \dots \ \beta_m)^T, \quad (8)$$

$$X = \begin{pmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 1 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

x_{ij} – teritoriją apibūdinančių rodiklių reikšmės, m – rodiklių skaičius, n – geodezinių ženklų, kurių išmatuoti vertikalijų judesių greičiai, skaičius.

Regresijos lygties koeficientų (8) reikšmės įvertintos mažiausiųjų kvadratų metodu (Драпер, Смит 1986).

Sudarytų regresinių modelių adekvatumui matavimo rezultatams įvertinti taikyta F statistika, o efektyvumui nustatyti – determinacijos koeficientas R^2 (Aivazian, Mchitarian 1998; Martisius, Kedaitis 2004).

Hipotezės, kad regresinio modelio matematinio statistiniu požiūriu adekvatus matavimo rezultatas, su tikimybe $p = 1 - q$ laikomasi tuomet, kai $F \geq F_{q(k_1, k_2)}$, čia q – patikimumo lygmuo, laisvės laipsniai – $k_1 = m - 1$, $k_2 = n - m - 2$. Regresinis modelis tuo efektyvesnis, kuo determinacijos koeficientas arčiau vieneto ir kuo didesnė jo apatinė pasikliautinio intervalo riba. Determinacijos koeficiento apatinė pasikliautinio intervalo riba apskaičiuojama iš formulės (Aivazian, Mchitarian 1998):

$$R_{\min}^2 = R^2(m) - 2 \sqrt{\frac{2m(n-m-1)}{(n-1)(n^2-1)}} (1 - R^2(m)). \quad (10)$$

Kadangi nuosėdinė danga formavosi veikiant ilgalaikiams geologiniams procesams, tarp skirtingų geologinių rodiklių gali būti žymi koreliacinė priklausomybė, t. y. priežastinius rodiklius gali sieti multikolinearumo sąlyga (Aivazian, Mchitarian 1998). Tokiu atveju, nesumažinant modelio adekvatumo bei patikimumo arba labai nedaug jį sumažinant, regresijos lygtyje galima sumažinti priežastinių rodiklių skaičių. Regresijos lygtyje paliekamiems rodikliams atrinkti galima taikyti atvirkštinę žingsninę regresiją, paėliui eliminuojant iš lygties prognozuojamiems pagal regresijos lygtį rezultatams mažiausią įtaką turintį priežastinį rodiklį. Kintamajam, turinčiam mažiausią įtaką, nustatyti skaičiuojama statistika:

$$F' = \frac{(s'_R - s_0)(n-m-1)}{s_R(m-1)}, \quad (11)$$

čia s_0 – išmatuotų vertikalijų Žemės plutos judesių nuokrypių nuo jų vidurkių kvadratų suma, s_R – regresiniu modeliu su visais kintamaisiais nusakytų vertikalijų judesių greičių nuokrypių nuo jų vidurkių kvadratų suma, s'_R – regresiniu modeliu be tikrinamojo rodiklio nusakytų vertikalijų judesių nuokrypių nuo jų vidurkių kvadratų suma. Eliminuojamas tas kintamasis, kurio apskaičiuotoji F' reikšmė mažiausia. Eliminuojant kitus kintamuosius procedūros kartojamos.

3. Tyrimo rezultatai

Remiantis aprašytąja metodika tyrimams atlikti pasirinkta pirmosios klasės niveliacijos linija Mikytai – Klaipėda – Palanga. Čia matavimai atlikti 1936, 1954, 1963, 1975, 2003 metais. Matavimus atliko atitinkamai: Krašto apsaugos ministerijos Karo topografijos skyrius, VGKV Maskvos aerogeodezinė įmonė, Kauno politechnikos instituto Geodezijos katedra, Vilniaus inžinerinio statybos instituto Geodezijos katedra, VGTU Geodezijos institutas. Matavimų tikslumas apibūdinamas $\pm 0,18 - \pm 0,5$ mm/km aukščių skirtumų vidutine kvadratine paklaida. Apskaičiuoti Žemės paviršiaus judesių greičiai 1936–1963, 1936–1975, 1936–2003, 1954–1963, 1954–1975, 1954–2003, 1963–2003, 1975–2003 metų laikotarpiais bei viso laikotarpio nuo 1936 iki 2003 metų Žemės paviršiaus judesių greičių vidurkis.

Tiriamos teritorijos geologinę sandarą nusakantys rodikliai gauti iš Lietuvos geologijos tarnybos skaitmeninių duomenų bazės. Tai nuosėdinės dangos storis, kaledoninio komplekso storis, hercyninio komplekso storis, apatinio silūro storis, alpinio komplekso storis, magnetinis laukas.

Geodezinių matavimų šioje trasoje duomenų ir teritoriją apibūdinančių rodiklių koreliacinių sąsajų su išmatuotais Žemės paviršiaus judesiais pirminė analizė atlikta A. Zakarevičiaus, R. Puzienės darbe 2005. Rezultatais pasinaudosime tolesniems tyrimams. Išmatuotųjų Žemės paviršiaus judesių greičių bei teritorijos rodiklių koreliacijos pateiktos 1 lentelėje.

Pagal pateiktą metodiką tiriant koreliacijos koeficientų priklausomumą vienalytei koreliacinei erdvei gauti rezultatai pateikti 2 lentelėje, o $\bar{r} - 1$ lentelėje.

Tyrimais gauti rezultatai rodo, jog visais atvejais, esant $q = 0,05$ ir $q = 0,01$, tenkinama $\chi^2 \leq \chi_q^2$ sąlyga. Todėl su tikimybe $p = 0,99$ galima teigti, jog visiems laikotarpiams apskaičiuotieji koreliacijos koeficientai gali būti priskirti bendrai koreliacinei erdvei. Vadinas, galima teigti, jog geodeziniais matavimais nustatyti vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai su teritorijos geologiniais rodikliais susieti koreliacinės priklausomybės sąsajomis. Skirtingais laiko tarpais nustatytos skirtingos judesių reikšmės – tai atsitiktinių matavimo paklaidų bei kitų atsitiktinių priežasčių, susijusių su lokaliomis viršutinių Žemės sluoksnių deformacijomis, padarinys, o bendrasis

2 lentelė. Koreliacijos koeficientų priklausomybės bendrajai koreliacinei erdvei patikra

Table 2. Examination of correlation coefficients dependence on general correlative space

Teritorijos rodiklis	Pasikliautinumo lygmuo q	Statistika χ^2	$\chi_{k,q}^2$
Nuosėdinės dangos storis	0,05 0,01	1,25	14,1 18,5
Kaledoninio komplekso storis	0,05 0,01	3,62	14,1 18,5
Hercyninio komplekso storis	0,05 0,01	9,56	14,1 18,5
Apatinio silūro storis	0,05 0,01	2,31	14,1 18,5
Alpinio komplekso storis	0,05 0,01	4,79	14,1 18,5
Magnetinis laukas	0,05 0,01	5,00	14,1 18,5

nustatytų judesių fonas yra susijęs su tomis priežastimis, kurios lėmė nagrinėjamų geologinių rodiklių formavimąsi. Galima teigti, jog matavimais nustatytas Žemės paviršiaus judesių bendrasis fonas atspindi tektoninius tęstinius judesius.

Vadinas, galima teigti, jog dabartiniai Žemės plutos judesiai – natūrali geologinių procesų raidos tąsa, jie yra iš ankstesnių geologinių periodų paveldėtas tektoninių procesų tęsinys, atsispindintis geologinėse struktūrose. Iš to išplaukia, jog yra galimybė pagal tiriamus geologinius, geofizinius rodiklius prognozuoti pagrindinius nūdienos tiriamos teritorijos tektoninių procesų raidos bruožus, apibūdinti jos šiuolaikinį tektoninį foną. Šiems teiginiams patikrinti pagal anksčiau pateiktą metodiką atliekama išmatuotų Žemės plutos judesių ir teritorijos geologinių rodiklių regresinė analizė, įtraukiant visus nagrinėjamus priežastinius kintamuosius. Rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Kaip matyti iš 3 lentelėje pateiktų regresinės analizės rezultatų, determinacijos koeficiento ribos yra $0,78 < R^2 < 0,99$, t. y. regresijos modeliai aprašo nuo 78 iki 99 % išmatuotų dydžių reikšmių, šeši iš aštuonių regresinių modelių adekvatus matavimo rezultatams su tikimybe $p \geq 0,99$, vienas modelis adekvatus matavimo rezulta-

1 lentelė. Vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių greičių ir geologinių, geomorfologinių rodiklių koreliacija

Table 1. The correlation of vertical Earth surface movement speed with geological, geomorphologic parameter

Laikotarpis, metais	$r(x_1x_2)$	$r(x_1x_3)$	$r(x_1x_4)$	$r(x_1x_5)$	$r(x_1x_6)$	$r(x_1x_7)$
1936–1963	0,64	0,64	0,55	-0,37	-0,5	-0,51
1936–1975	0,52	0,31	0,54	-0,38	-0,40	-0,32
1936–2003	0,65	0,58	0,92	-0,61	-0,82	-0,73
1954–1963	0,56	0,51	0,69	-0,29	-0,60	-0,66
1954–1975	0,57	0,40	0,70	-0,49	-0,56	-0,56
1954–2003	0,74	0,72	0,89	-0,62	-0,78	-0,79
1963–2003	0,7	0,66	0,84	-0,64	-0,74	-0,74
1975–2003	0,55	0,31	0,88	-0,45	-0,77	-0,79
Vidutiniai greičiai	0,57	0,52	0,49	-0,43	-0,42	-0,39
\bar{r}	0,61	0,54	0,72	-0,48	-0,62	-0,63

Pastaba: x_1 – vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių greičiai, mm/m, x_2 – nuosėdinės dangos storis, x_3 – kaledoninio komplekso storis, x_4 – hercyninio komplekso storis, x_5 – apatinio silūro storis, x_6 – alpinio komplekso storis, x_7 – magnetinis laukas.

tams su mažesne tikimybe ($p \geq 0,95$), o vieno modelio (1963–2003 m. laikotarpis) adekvatumo matavimo rezultatams – su tikimybe $p < 0,95$. Galima teigti, jog regresinė analizė patvirtina koreliacinės analizės rezultatus ir rodo dabartinių vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių sąsajas su geologiniais rodikliais, o kartu ir galimų judesių tektoninę prigimtį.

Akivaizdžiausių priežastinių ryšių siejamiems rodikliams nustatyti taikomas atvirkštinės žingsninės regresijos metodas. Eliminuojuant priežastinius kintamuosius, kurių įtaka, nustatyta pagal F' kriterijų, buvo mažiausia, pradedant nuo nereikšmingiausio, procedūros kartotos, kol iš tiriamų rodiklių liko reikšmingiausieji. Atvirkštinės žingsninės regresinės analizės rezultatai, t. y.: žingsninės regresinės analizės eigos metu likę neeliminuoti rodikliai, paskutinio žingsninės analizės žingsnio determinacijos koeficiento, išreikšto procentais, reikšmės, modelio adekvatumą įvertinančios F statistikos empirinė reikšmė ir jos ribinė reikšmė F_q esant patikimumo lygmeniui $q = 0,01$, pateikta 4 lentelėje.

Visų laikotarpių – ir esant $p = 0,95$, ir $p = 0,99$ tikimybėms, empirinės statistikos reikšmės didesnės už ribinės statistikos reikšmes, t. y. tenkinama $F > F_q$ sąlyga, todėl su tikimybe $p = 0,99$ galima teigti, jog statistinis priklausomumas tarp dabartinių vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių ir geologinių rodiklių statistiškai reikšmingas bei patikimas. Iš determinacijos koeficientų matyti, jog priežastinių rodiklių skaičių sumažinus iki 2–3, regresiniai modeliai išlieka pakankamai kokybiški.

Žingsnine regresine analize buvo siekiama sumažinti priežastinių rodiklių skaičių nesumažinant modelio adekvatumo bei patikimumo arba labai nedaug jį sumažinant. Paeiliui buvo eliminuojami mažiausią įtaką pagal regresijos lygtį prognozuojamiems rezultatams turintys priežastiniai rodikliai. Palyginus regresinės analizės rezultatus, pateiktus 3 lentelėje, su žingsninės regresinės analizės rezultatais, pateiktais 4 lentelėje, matyti, jog modelio adekvatumas bei patikimumas sumažėjo palyginti nežymiai. Palyginus atitinkamų laikotarpių apatines pasikliautinojo intervalo ribas, matyti, jog eliminavus mažiausią įtaką prognozuojamiems rodikliams turinčius priežastinius rodiklius, gaunama $R_{\min}^2(m) < R_{\min}^2(m_1)$. Vadinas, sumažinus priežastinių rodiklių skaičių, gaunami efektyvesni regresiniai modeliai.

Iš 4 lentelės matyti, jog žingsninės regresinės analizės metu pagal reikšmingumą eliminuoti atitinkamai tam tikrų laikotarpių skirtingi geologiniai rodikliai. Pagal skirtingų laikotarpių bendras tendencijas matome, jog didžiausias rezultatinio rodiklio statistinis priklausomumas gaunamas nuo x_5 bei x_6 rodiklių. Atsižvelgus į A. Zakarevičiaus, R. Puzienės darbe (2005) pateiktus tyrimų rezultatus, matyti, jog rezultatinis rodiklis, t. y. išmatuotieji Žemės paviršiaus judesiai būtent su x_4, x_5, x_6, x_7 rodikliais sudaro vientisą gamtinį kompleksą. Iš 4 lentelėje pateiktų rezultatų akivaizdu, kad didžiausias statistinis priklausomumas gautas būtent su šiais geologiniais rodikliais, vadinas, galima daryti išvadą, jog sudarytieji regresiniai modeliai tinka Žemės plutos judesių prognozei atlikti.

Išmatuoti bei, taikant regresinius modelius, prognozuoti dabartinių Žemės plutos judesių greičiai 1936–

3 lentelė. Regresijos lygčių, atsižvelgiant į visus teritoriją apibūdinančius rodiklius, analizė

Table 3. Analysis of regressive, equations including all indexes, which characterize territory

Laiko tarpas, metais	n	$F_q (q = 0,05)$	$F_q (q = 0,01)$	F	R^2	$R_{\min}^2 (m)$
1936–1963	16	3,87	7,19	8,21	0,88	0,83
1936–1975	15	4,28	8,47	7,82	0,89	0,85
1936–2003	10	19,33	99,33	1025,30	0,99	0,99
1954–1963	23	3,00	4,82	7,73	0,78	0,72
1954–1975	22	3,11	5,10	14,85	0,89	0,86
1954–2003	13	4,95	10,67	10,79	0,93	0,90
1963–2003	14	4,28	8,47	3,54	0,78	0,71
1975–2003	17	3,87	7,19	7,94	0,87	0,83
Visų laikotarpių greičių vidurkis	17	3,87	7,19	8,20	0,88	0,83

4 lentelė. Žingsninės regresinės analizės rezultatai

Table 4. Results of incremental regressive analysis

Laiko tarpas, metais	Geologiniai rodikliai						F	$F_q (q = 0,01)$	$F_q (q = 0,05)$	R^2	$R_{\min}^2 (m_1)$
	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7					
1936–1963							14,79	7,24	3,99	0,73	0,85
1936–1975							15,31	3,86	6,99	0,84	0,85
1936–2003							246,10	3,62	12,06	0,99	0,99
1954–1963							24,70	6,16	3,61	0,74	0,74
1954–1975							40,34	2,70	6,36	0,84	0,87
1954–2003							22,25	8,02	4,26	0,83	0,90
1963–2003							14,12	7,56	4,10	0,74	0,72
1975–2003							35,91	7,24	3,99	0,87	0,84
Visų laikotarpių greičių vidurkis							11,41	7,24	3,99	0,68	0,85

1975, 1954–2003, 1975–2003 m. laikotarpiais parodyti 1–3 paveiksluose.

Iš šių paveikslų vaizdžiai matyti, kad prognozuoti dabartinių Žemės plutos judesių greičiai, taikant atvirkštinės žingsninės regresijos būdu gautus regresinius modelius su visais šešiais analizuojamais teritoriją apibūdinančiais kintamaisiais, iš kurių 2–3 informatyviausieji, gerai atitinka išmatuotus greičius.

Analogiški rezultatai gaunami ir analizuojant kitus nagrinėtus laikotarpius (3, 4 lent.).

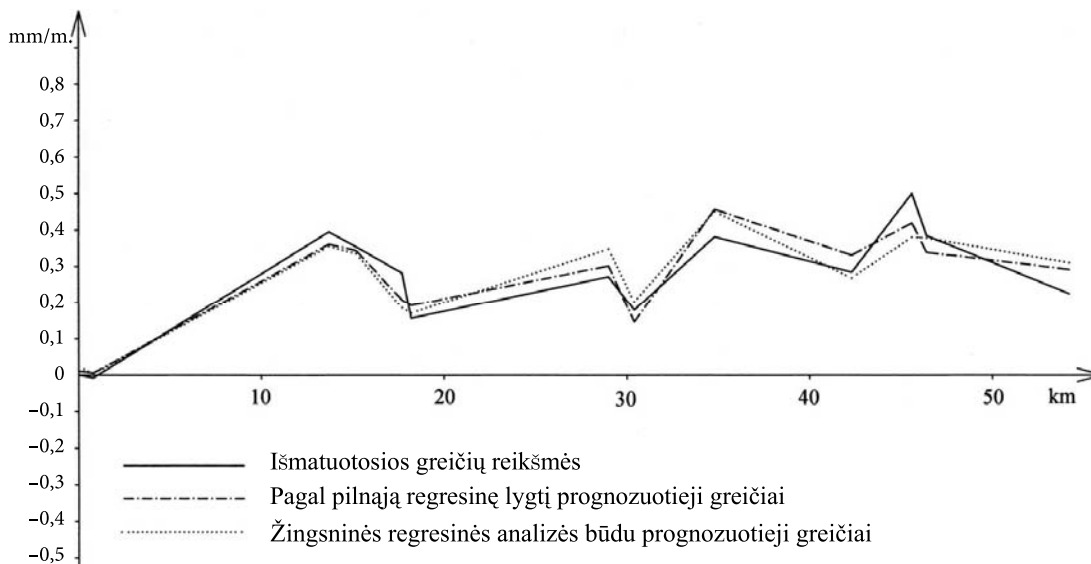
Remiantis gautais rezultatais galima teigti, kad Lietuvos pajūryje nustatytos nuosėdinės dangos savybių ir dabartinių Žemės plutos judesių sąsajos gali būti taikomos dabartiniams geodinaminiam procesams pajūrio zonoje prognozuoti. Prognozei galima taikyti regresinius modelius.

4. Išvados

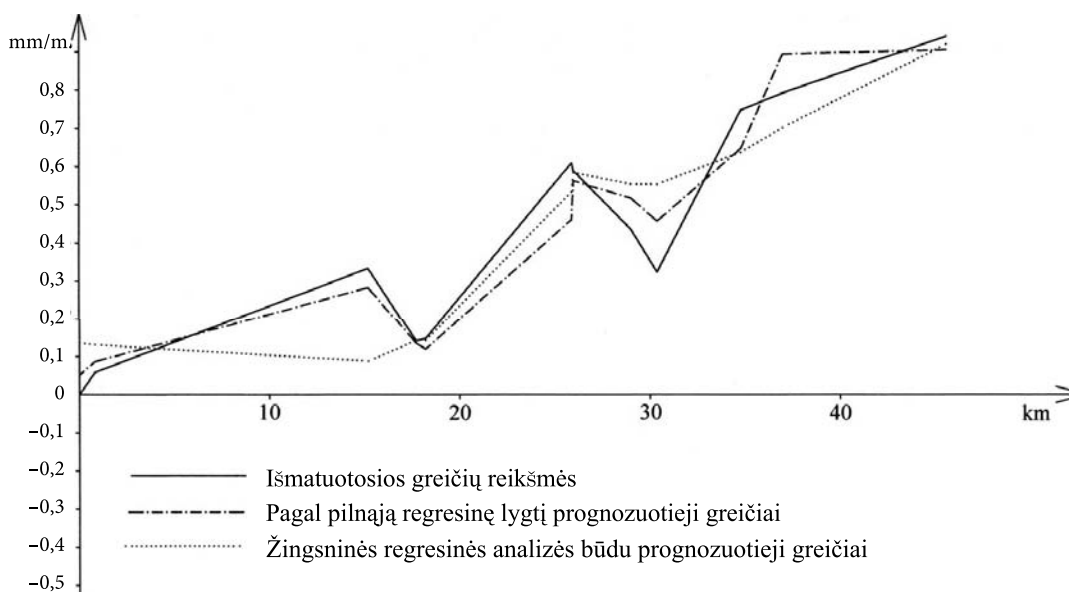
1. Remiantis Lietuvos pajūrio zonoje 1936–2003 m. atliktais kartotinių tikslųjų niveliacijų duomenimis nustatyta, kad dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių ir teritoriją apibūdinančių nuosėdinės dangos rodiklių koreliacijos koeficientų absoliučiosios reikšmės kinta nuo 0,31 iki 0,89 ir yra statistikai reikšmingos.

2. Išnagrinėta 1936–2003 metų aštuoni laikotarpiai (1936–1963, 1936–1975, 1936–2003, 1954–1963, 1954–1975, 1954–2003, 1963–2003, 1975–2003 m.) ir su tikimybe $p \geq 0,95$ nustatyta, kad visais laikotarpiais vertikaliųjų Žemės plutos judesių ir teritoriją apibūdinančių nuosėdinės dangos rodiklių koreliacinės priklausomybės statistiniu požiūriu yra tapačios.

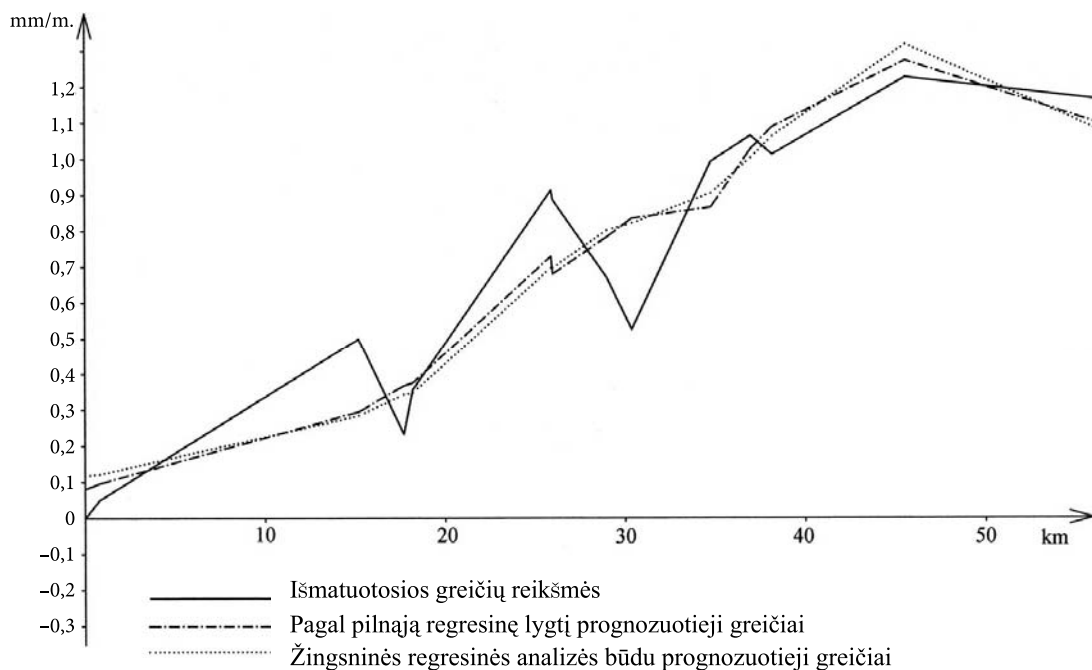
3. Su tikimybe $p \geq 0,95$ nustatyta, kad gautąsias koreliacines priklausomybes galima taikyti dabartiniam tektoniniam aktyvumui Lietuvos pajūrio zonoje prognozuoti.



1 pav. Išmatuoti ir prognozuoti 1936–1975 m. laikotarpio vertikaliųjų Žemės plutos judesių greičiai
 Fig 1. Prognoses and measured vertical movements of Earth surface during 1936–1975



2 pav. Išmatuoti ir prognozuoti 1954–2003 m. laikotarpio vertikaliųjų Žemės plutos judesių greičiai
 Fig 2. Prognoses and measured vertical movements of Earth surface during 1954–2003



3 pav. Išmatuoti ir prognozuoti 1975–2003 m. laikotarpio vertikaliųjų Žemės plutos judesių greičiai
Fig 3. Prognoses and measured vertical movements of Earth surface during 1975–2003

4. Tektoniniam fonui prognozuoti galima taikyti regresinius modelius. Sudarant regresinius modelius atvirkštinės žingsninės regresinės analizės būdu modelyje galima žymiai sumažinti priežastinių kintamųjų skaičių nepakenkiant modelio efektyvumui.

5. Darbe išnagrinėtą metodiką galima taikyti dabartinio tektoninio fono prognozei ir kituose regionuose, sudarant regresinius modelius pagal tose teritorijose atliktus geodezinius matavimus ir tas teritorijas apibūdinančius nuosėdinės dangos rodiklius.

Literatūra

- Aivazian, S. A.; Mchitarian, B. C. 1998. *Applied Statistics and Fundamentals of Econometry*. Moscow: JNITI, 1022.
- Joo, J. 2002. Recent Vertical Surface Movements in the Carpathian Basin, *Tectonophysics* 2–4: 129–134.
- Martisius, S. A.; Kedaitis, V. 2004. *Statistika* [Statistics, part II, The conclusions and solutions of statistics]. Vilnius: VU publishing, 341.
- Richter, B. et al. 1994. The Trial of a Realistic Approach for the Detection of Vertical Surface Motions, in *VEGENER 1994, Sixt General Ansambly Meeting, St. Petersburg, Russia, June 20–24, 1994*, SAO, NASA, 188–203.
- Zakarevičius, A. 2003. *Dabartinių geodinaminių procesų Lietuvos teritorijoje tyrimas* [Investigation of the recent geodynamic processes in the territory of Lithuania]. Vilnius: Technika. 195 p.
- Zakarevičius, A. 1994. *Dabartinių vertikaliųjų Žemės plutos judesių Lietuvos teritorijoje tyrimas* [The investigation of present vertical Earth crust's movements in the territory of Lithuania]. Vilnius: Technika. 276 p.
- Zakarevičius, A. et al. 2005. Tectonic Interpretation of Measured Recent Movements of the Earth Surface of Sedimentary Basin, in *The 6th International Conference Environmental*

Engineering, 26–27.05.2005, selected papers. Vilnius: Technika 2:1034–1040.

Zakarevičius, A.; Puzienė, R. 2005. Išmatuotų Lietuvos pajūrio žemės paviršiaus judesių ir teritorijos geologinių rodiklių sąsajos [Connection between measured movements of the Earth's surface and geological parameters in the Lithuania coast], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 31(3): 92–96.

Драпер, Н. Р.; Смит, Г. 1986. Прикладной регрессионный анализ [Applied regression analysis]. Москва: Финансы и статистика, 365.

Algimantas ZAKAREVIČIUS. Doctor Habil, Professor, Head of Dept of Geodesy and Cadastre, Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail: 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.

Ph +370 5 2744 703, Fax +370 5 2744 705, e-mail: rutapu@delfi.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.