

DABARTINIŲ ŽEMĖS PLUTOS JUDESIŲ ĮTAKOS VERTINIMAS EKSPLOATUOJANT NIVELIACIJOS TINKLUS

Rūta Puzienė

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas gkk@ap.vgtu.lt

Anotacija. Nagrinėjami Žemės paviršiumi būdingi horizontalieji ir vertikalieji judesiai. Dėl Žemės paviršiaus judesių einant laikui keičiasi geodezinių ženklų erdvinė padėtis. Keičiantis geodezinių ženklų padėčiai, einant laikui, mažėja geodezinių tinklų tikslumas. Niveliacijos tinklų tikslumo kaitai įtaką turi vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai. Dabartinių vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtaką niveliacijos tinklo tikslumo kaitai įvertinti siūloma taikyti vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių greičių gradientų planus. Pateikiama vertikalųjų judesių greičių gradientų planų sudarymo ir jų taikymo Žemės paviršiaus judesių įtakai įvertinti eksploatuojant niveliacijos tinklus metodika. Atliktas vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtakos vertinimas eksploatuojant Lietuvos niveliacijos tinklus.

Reikšminiai žodžiai: vertikalieji Žemės plutos judesių greičiai, horizontalieji gradientai, aukščių skirtumų matavimo paklaida, pirmosios klasės niveliacijos tinklas.

Įvadas

Žemės paviršiumi būdingi horizontalieji ir vertikalieji judesiai. Jų prigimtis įvairi, tačiau pagrindinis veiksnys – tektoninis. Geodeziniai matavimai – pagrindinis būdas įvertinti skaitmeninius Žemės paviršiaus judesių rodiklius. Vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai nustatomi pagal pakartotų tikslųjų niveliacijų rezultatus (Zakarevičius 1994, 2003).

Geodeziniai ženklai įrengti Žemės paviršiuje, todėl dėl vykstančių vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių einant laikui keičiasi geodezinių ženklų aukščiai (Zakarevičius, Buzienė 2005). Geodezinių ženklų aukščių pokyčiai daro įtaką niveliacijos tinklų tikslumui. Einant laikui, niveliacijos ženklų aukščių paklaidos didėja ir po tam tikro laiko tinklas praranda reikalingą tikslumą. Žemės paviršiaus judesių paveiktos aukščių paklaidos kritinę ribą pasieks greičiausiai tose teritorijose, kur didesni Žemės paviršiaus judesių greičiai ir didesnė greičių kaita, t. y. ten, kur didesnė greičių horizontaliųjų gradientų įtaka. Todėl, norint įvertinti vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtaką niveliacijos tinklams, reikia nustatyti vertikalųjų judesių lauko anizotropines savybes ir jų teritorinę kaitą. Tam reikia sudaryti vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių horizontaliųjų gradientų planus. Tokius planus galima sudaryti remiantis vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių greičių žemėlapišiais (Zakarevičius 1976, 1994).

Šio darbo tikslas – pateikti vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įvertinimo eksploatuojant niveliacijos

tinklų metodiką ir, ją taikant, atlikti vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtakos Lietuvos niveliacijos tinklų eksploatavimui tyrimus.

Tyrimo metodika

Vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai – nenutrūkstamas gamtinis procesas. Priklausomai nuo teritorijos, jų intensyvumas ir kryptis – skirtingi.

Į vertikaliosios Žemės paviršiaus judesius galima žiūrėti kaip į nenutrūkstamai tam tikroje plokštumoje vykstančius fizinius reiškinius. Jei turimą plokštumą suskaidytume į taškus, gautume skaliarinių dydžių aibę. Ši erdvės dalis sudarys skaliarinį lauką. Kiekviename šio lauko taške atitinkamas skaliarinis dydis apibūdins tam tikrą fizinį reiškinį, vykstantį tame taške tam tikru laiko momentu, mūsų atveju – vertikaliosios Žemės paviršiaus judesius. Laikysime, kad šis skaliarinis dydis kinta tik tuo atveju, kai pereinama iš vieno lauko taško į kitą jo tašką. Tuo atveju skaliarinis dydis bus erdvės, kurioje kinta laukas, taško funkcija (Zakarevičius 1976, 1994).

Vietovėje vykstančius vertikaliosios Žemės paviršiaus poslinkius galima aprašyti trijų nepriklausomų kintamųjų funkcija:

$$h = f(x, y, t), \quad (1)$$

čia: h – vertikalieji Žemės paviršiaus poslinkiai; x, y – stačiakampės koordinatės; t – laikotarpis tarp pakartotų niveliacijų.

Teigdami, kad laikotarpiu tarp kartotinių matavimų vertikalinių Žemės paviršiaus judesių kryptis ir greitis nesikeičia, ir diferencijuodami (1) formulę skaliarinio lauko kintamuoju t , gauname vertikalinių judesių greičių skaliarinę lauką

$$v = f(x, y). \quad (2)$$

Šį lauką galima atvaizduoti izolinijomis, t. y. sudaryti vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičių žemėlapi.

Diferencijuodami skaliarinio lauko (2) funkciją plokštuminių koordinatinių x, y atžvilgiu, gauname horizontalinių greičių gradientų modulių funkciją (Корн Г., Корн Т. 1970):

$$|\text{grad}V| = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f(x, y)}{\partial y}\right)^2}. \quad (3)$$

Atlikę skaičiavimus pagal (3) formulę, gausime vertikalinių Žemės paviršiaus judesių horizontalinių greičių gradientų modulių reikšmes konkrečiuose taškuose, kuriuos galima atvaizduoti grafiškai, sudarant planus.

Neturint vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičių skaliarinio lauko funkcijos (3) analitinės išraiškos, o turint tik lauką, atvaizduotą grafiškai (vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičių žemėlapi), arba skaitmenines reikšmes taškuose, judesių greičių horizontalinių gradientų reikšmes (3) galima apskaičiuoti taikant skaitmeninius diferencijavimo metodus (Zakarevičius 1976, 1994).

Vertikalinių Žemės paviršiaus judesių įtaką niveliacijos tinklo tikslumo kaitai einant laikui galima apskaičiuoti pagal judesių greičių horizontalinių gradientų reikšmes ir laiką, praėjusį po tinklo sudarymo.

Niveliacijos matavimo rezultatų tikslumas (GKTR... 2001) apibūdinamas vieno kilometro niveliacijos ėjimo, išmatuoto aukščių skirtumo paklaida milimetrais, t. y. mm/km. Vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičiai parastai apibūdinami mm/m (milimetrai per metus).

Jeigu teigtume, kad stačiakampės koordinatės išreiškiamos kilometrais, tuomet greičių horizontalinių gradientų dimensija būtų mm/m km.

Tuomet po t metų niveliacijos tinklo eksploatavimo išmatuotų aukščių skirtumų paklaidos 1 km niveliacijos ėjimo pasiektų dydžius Δ_h :

$$\Delta_h = |\text{grad}V| \cdot t, \quad (4)$$

čia: Δ_h – aukščių skirtumo paklaida dėl vertikalinių Žemės paviršiaus judesių; t – laikas, metais (Zakarevičius 1976, 1994).

Geodezijoje įprasta manyti, kad jei vienas iš dviejų paklaidos šaltinių nusakomas vidutine kvadratine paklaida, neviršijančia 1/3 dalies vidutinės kvadratinės paklaidos, charakterizuojančios kitą šaltinį, tai pirmą paklaidų šaltinį, įvertinant matavimų rezultatų tikslumą, galima ignoruoti (Гайдаев, Большаков 1969).

Taigi jeigu pagal techninius reikalavimus atitinkamos tikslumo klasės niveliacijose išmatuotų aukščių skirtumų paklaida M , mm/km, tai niveliacijos tinklas netenka tikslumo reikalavimų tuomet, kai

$$\Delta_M > \frac{M}{3}. \quad (5)$$

Iš (4) ir (5) formulių galima parašyti, kad niveliacijos tinklas netenkina tikslumo reikalavimų po eksploatacijos laiko:

$$t > \frac{M}{3|\text{grad}V|}. \quad (6)$$

Pagal Lietuvoje galiojančius reikalavimus (GKTR... 2001) pirmosios tikslumo klasės niveliacijai leidžiama paklaida 0,5 mm/km, antrosios klasės – 0,7 mm/km.

Atsižvelgus į tikslumo reikalavimus, iš (5) formulės gaunama, kad pirmosios klasės niveliacijos netenkina reikalavimų, kai paklaida (4) bus didesnė kaip 0,17 mm/km, o antrosios klasės – 0,23 mm/km.

Tyrimo rezultatai

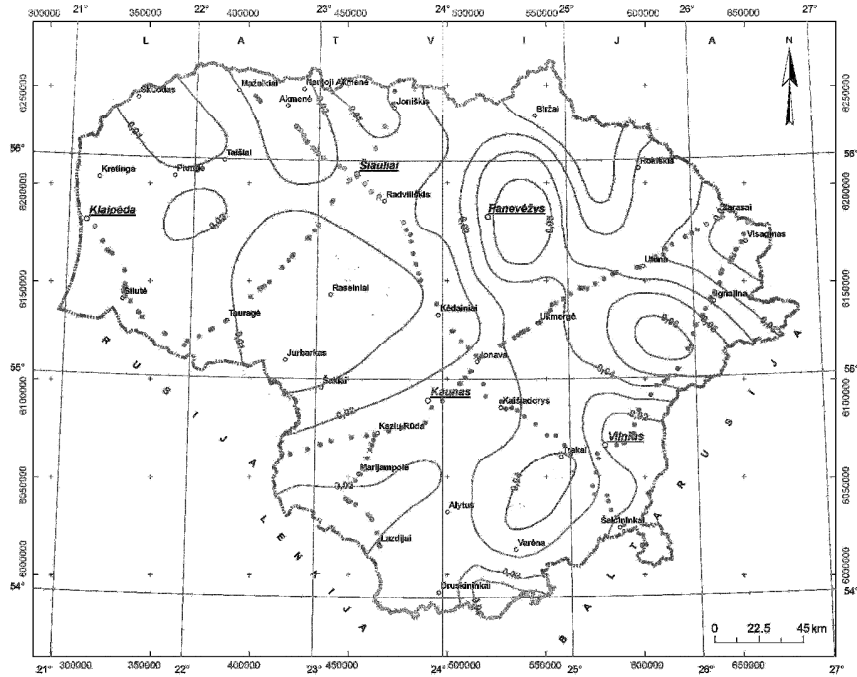
Tyrimams atlikti buvo naudotasi A. Zakarevičiaus, S. Šliaupos, A. Anikėnienės sudarytu Lietuvos teritorijos dabartinių vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičių žemėlapiu (Zakarevičius *et al.* 2008). Šis žemėlapis buvo sudarytas remiantis metodologiniais principais, kad dabartiniai vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai yra anksčiau geologinių periodų tektoninių procesų tęsinys, dabartiniai Žemės paviršiaus judesiai modeliuoti atsižvelgiant ne tik į geodezinius matavimų rezultatus, bet ir teritorijos georodiklius (Anikėnienė 2008).

Siekiant gauti gradientų reikšmes, atliktas teritorijos skaitmeninis diferencijavimas. Teritorija suskaidyta kvadratais kas 15 km, kampiniuose taškuose, nustatytos dabartinių vertikalinių judesių greičių reikšmės. Taip pat buvo atlikta duomenų generalizacija, siekiant gauti labiau apibendrintas vertikalinių greičių reikšmes. Atliekant duomenų generalizavimą, siekiant išvengti vienodos vertikalinių Žemės paviršiaus judesių greičių reikšmių įtakos generalizuotam dydžiui, taikytas slenkantis svoris vidurkis.

Turint šiuos duomenis, atliekant skaitmeninį diferencijavimą, apskaičiuotos vertikaliųjų judesių greičių horizontaliųjų gradientų modulių reikšmės.

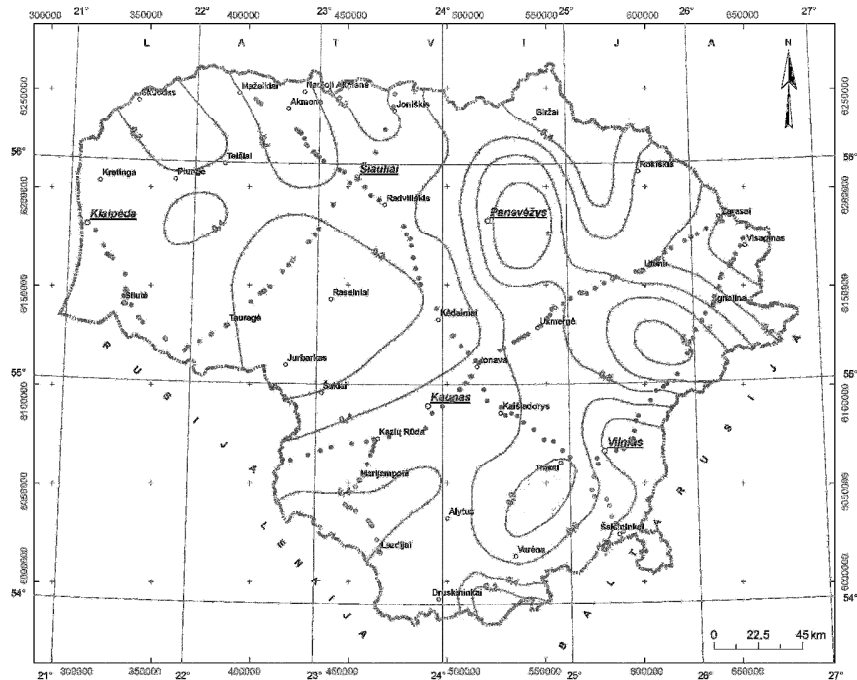
Sudarytas vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių horizontaliųjų gradientų modulių planas (1 pav.).

Turint horizontaliųjų gradientų modulių skaitines išraiškas, apskaičiuota, kokios būtų vidutinės kvadratinės aukščių skirtumų paklaidos vienam kilometrui po 20 tinklo eksploatavimo metų. Gautosios reikšmės izoliniomis pavaizduotos sudarytame plane (2 pav.).



1 pav. Vertikaliųjų Žemės paviršiaus judesių horizontaliųjų gradientų modulių planas

Fig. 1. Maps of vertical Earth's crust movements gradient modulus



2 pav. Aukščių skirtumų paklaidos po 20 metų

Fig. 2. High difference error after 20 years

Kaip matyti iš tyrimais gautų rezultatų, po 20 metų ne tik I klasės, bet ir II klasės niveliacijos tikslumo reikalavimų nebeatitiks niveliacijos linijos: Šiauliai–Kužiai–Mažeikiai–Lūšė, Jonava–Gaižiūnai–Palemonas–Kaunas–Kazlų Rūda–Kybartai, Vilnius–Jonava, Jonava–Zarasai–Turmantas, Turmantas–Vilnius, Jonava–Šiauliai–Joniškis, Kazlų Rūda–Šeštokai–Lazdijai–Lenkijos siena; I kl. keliamų reikalavimų netenkins linijos: Šiauliai–Tauragė–Mikytai, Mikytai–Šilutė–Klaipėda–Palanga–Būtingė.

Išvados

1. Remiantis vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių greičių žemėlapiu, sudarytas vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių greičių horizontalųjų gradientų planas Lietuvos teritorijai.

2. Iš tyrimų rezultatų matyti, kad praėjus po tinklo sudarymo dvidešimties metų laikotarpiui, II klasės niveliacijos tinklams keliamų tikslumo reikalavimų neatitiks 78 proc. Lietuvos teritorijoje esančių niveliacijos tinklų, o I klasės niveliacijos tinklams keliamų tikslumo reikalavimų neatitiks visos Lietuvos I klasės niveliacijos tinklas.

3. Atsižvelgiant į vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtaką niveliacijos tinklams, galima teigti, kad Lietuvos teritorijoje pirmosios ir antrosios klasės niveliacijos tinklų kartotinius matavimus būtina atlikti ne rečiau kaip kas 15–20 metų.

4. Remiantis tyrimų rezultatais, galima daryti išvadą, kad vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtaką reikia įvertinti ir apdorojant niveliacijos tinklų matavimo rezultatus. Matavimų rezultatus reikia redukuoti į vieną laiko momentą, skirtingu laiku apskaičiuojant atliktų matavimų duomenų pataisas dėl vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių įtakos.

Padėka

Dėkoju prof. habil. dr. Algimantui Zakarevičiui už pagalbą rengiant straipsnį.

Literatūra

Anikėnienė, A. 2008. *Dabartinių vertikalųjų Žemės plutos judesių tyrimas ir modeliavimas taikant geodezinius matavimus (Lietuvos teritorijos pavyzdžiu)* [Research and modeling of the recent vertical movements of the Earth's crust on the basis of geodetic measurements (samples on Lithuanian territory)]: daktaro disertacija. Vilnius: Technika. 127 p.

GKTR 2.12.01:2001 *Lietuvos valstybinis geodezinis vertikalusis tinklas. Techninių reikalavimų reglamentas*. 2001. Vilnius. 23 p.

Zakarevičius, A. 1976. Kai kurie vertikalųjų Žemės paviršiaus judesių gradientų planų sudarymo ir panaudojimo klausimai, *Geodezijos darbai* 8: 20–25.

Zakarevičius, A. 1994. *Dabartinių vertikalųjų Žemės plutos judesių Lietuvos teritorijoje tyrimas* [The research of the present vertical Earth's crust movements in Lithuania]. Vilnius: Technika. 276 p.

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.; Buzienė, R. 2005. Išmatuotų Lietuvos pajūrio Žemės paviršiaus judesių ir teritorijos geologinių rodiklių sąsajos, *Geodezija ir kartografija* 31(3): 92–96.

Zakarevičius, A.; Šliaupa, S.; Anikėnienė, A.; Dėnas, Ž.; Šliaupienė, R. 2008. A model of recent vertical movements of the earth's surface in Lithuania: integration of geodetic levelling data and geological parameters, *Geologija* 50(4(64)): 254–263.

Гайдаев, П. А.; Большаков, В. Д. 1969. *Теория математической обработки геодезических измерений* [Theory processing of mathematical for geodesy measurement]. Москва: Наука. 400 c.

Корн, Г.; Корн, Т. 1970. *Справочник по математике* [Mathematical handbook for scientists and engineers]. Москва: Наука. 720 c.

THE ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF CURRENT EARTH SURFACE MOVEMENTS ON THE LEVELLING NETWORKS

R. Puzienė

Summary

Horizontal and vertical movements are a typical feature of the Earth surface. The spatial location of geodesic marks constantly changes because of the Earth surface movement. The exactness of geodesic networks decreases as geodesic marks' location changes in the course of time. The vertical movement of the Earth surface influences the alternation of the exactness of levelling networks. It is suggested to apply gradient plans of vertical Earth surface movement speed in order to evaluate the influence of the present vertical Earth surface movement upon the alternation of the exactness of levelling networks during the course of time. This work presents the methodology of creating and applying vertical movement speed gradient plans in order to evaluate the influence of the Earth surface movement while exploiting levelling networks. The evaluation of vertical Earth surface movement influence while exploiting Lithuanian levelling networks has been carried out.

Keywords: vertical Earth crust movement, horizontal gradients, vertical levelling network, high difference measurement error.