

GRAVIMETRINIŲ TINKLŲ IŠLYGINIMAS, TAIKANT SKIRTINGUS  
IŠLYGINIMO MODELIUSJonas Skeivalas<sup>1</sup>, Petras Petroškevičius<sup>2</sup>, Romuald Obuchovski<sup>3</sup>, Evelina Zigmantienė<sup>4</sup>*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Geodezijos ir kadastro katedra,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva**El. paštas: <sup>1</sup>Jonas.Skeivalas@ap.vgtu.lt, <sup>2</sup>Petras.Petroskevicius@ap.vgtu.lt,  
<sup>3</sup>Romuald.Obuchovski@ap.vgtu.lt, <sup>4</sup>evelina@ap.vgtu.lt**Įteikta 2007-10-30; priimta 2008-04-16*

**Santrauka.** Analizuojama gravimetrinių tinklų išlyginimas, taikant papildomus parametrus ir sąlygines lygtis, kolokacijos metodą, bei išlyginant laisvo tinklo pavidalu. Taikant papildomus parametrus ir sąlygines lygtis gravimetrinių tinklų išlyginimo procedūrose galima analizuoti matavimų sistemingąsias klaidas, pavyzdžiui, gravimetrų nulio slinktį. Kadangi tokiai analizei atlikti naudojama tam tikra matavimų informacijos dalis, dėl šios operacijos sumažėja išlygintų pagrindinių parametru tikslumas. Gautos formulės išreiškia gravimetrinio tinklo išlygintųjų pagrindinių parametru kovariacijų matricių pokyčius tais atvejais, kai netaikomi ir kai taikomi papildomi parametrai. Iš kovariacijų matricos diagonalinių elementų didumo matyti, kaip pakinta išlygintųjų pagrindinių parametru dispersijos, išlyginimo procedūrose taikant papildomus parametrus. Tokia išlyginimo procedūra tikslinga atliekant išsamesnę gravimetrinių tinklų analizę, vertinant galimų klaidų šaltinius.

**Reikšminiai žodžiai:** gravimetrinis tinklas, pagrindiniai ir papildomi parametrai, mažiausių kvadratų metodas, kovariacijų matrica, sistemingosios klaidos.

## 1. Įvadas

Gravimetriniai tinklai sudaromi pagal gravimetrinių matavimų duomenis, siekiant detaliai nustatyti gravitacijos lauką. Šiuo metodu atliekami absoliutieji ir santykiniai sunkio pagreičio matavimai. Tai nūdienos gravimetrinis pagrindas tolesniems gravitacijos lauko tyrimams (Petroškevičius 1995, 2000; Petroškevičius, Paršeliūnas 2003; Sas-Uhrynowski *et al.* 2002).

Gravimetrinių matavimų rezultatuose visada esti klaidų – ir atsitiktinių, ir sistemingųjų (Skeivalas 1995, 2007). Gravimetriniams matavimams būdinga tam tikra specifika – gravimetrų nulio slinktis. Todėl būtini atitinkami matavimo rezultatų apdorojimo metodai, kuriuos taikant galima būtų efektyviau eliminuoti įvairias matavimų klaidas. Vienas iš metodų matavimų sistemingsioms klaidoms eliminuoti yra papildomų parametru taikymas išlyginimo procedūrose (Skeivalas 1995, 2007, Skeivalas, Stankevičius 2003; Skeivalas, Urbšys 1998).

Straipsnyje analizuojama papildomų parametru taikymas siekiant eliminuoti gravimetrinių matavimų sistemingąsias klaidas, gravimetrinio tinklo išlyginimas, įvertinant pradinių duomenų klaidų įtaką išlygintųjų dydžių bei parametru tikslumui, bei nelaisvojo ir laisvojo gravimetrinio tinklo išlyginimo variantai.

## 2. Sistemingųjų klaidų teorinis modelis

Sunkio pagreičio prieaugių gravimetriniuose tinkluose matavimo rezultatams apdoroti racionaliausia taikyti mažiausių kvadratų metodą su papildomais parametrais. Šiuo metodu galima atitinkama programine įranga automatiškai sudaryti kompiuterinę parametrinių lygčių sistemą. Matavimo rezultatų kokybė gravimetrinio tinklo eigose kontroliuojama pagal sunkio pagreičio prieaugių dvigubųjų matavimų duomenų skirtumus bei pagal tų pačių prieaugių nesutapimus poligonuose. Taikant papildomus parametrus gravimetrinių tinklų apdorojimo procedūrose galima pasirinktinai kontroliuoti ir, remiantis tikimybe, eliminuoti sistemingąsias klaidas pavienėse gravimetrinio tinklo eigose. Visose eigose to padaryti neįmanoma, nes turi būti paisoma nelygybės sąlygos, kad išmatuotų dydžių skaičius  $n$  būtų didesnis už bendrą parametru skaičių  $k + s$ , t. y.  $n > k + s$ , čia  $k$ ,  $s$  – atitinkamai pagrindinių ir papildomų parametru skaičius.

Panaudodami papildomus parametrus  $\delta$ , kaip gravimetrinių eigų sistemingąsias klaidas, ir sąlygines pataisų lygtis, galime parašyti šią pataisų ir sąlyginių lygčių sistemą (Petroškevičius 2000):

$$\left. \begin{aligned} V &= A\tau + C\delta + L \\ A_r\delta + \omega'' &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

čia  $V$  – pataisų vektorius ( $n \times 1$ ),  $\tau$  – sunkio pagreičių, kaip pagrindinių parametru, pataisų vektorius ( $k \times 1$ ),  $\delta$  – sunkio pagreičių prieaugių pataisų vektorius ( $n \times 1$ ),  $A$  – pataisų lygčių koeficientų matrica ( $n \times k$ ),  $C$  – papildomų parametru pataisų lygtys koeficientų matrica ( $n \times n$ ),  $A_r$  – sąlyginių pataisų lygčių koeficientų matrica ( $r \times n$ );  $L, \omega''$  – laisvųjų narių vektoriai,  $L = AT - B$ ,  $T$  – taškų sunkio pagreičių apytikrių reikšmių vektorius,  $B$  – išmatuotų sunkio pagreičio prieaugių vektorius. Vektoriuje  $\delta$  nulinių elementų skaičius yra lygus  $n - s$ . Sąlyginių lygčių laisvųjų narių vektorius  $\omega''$  apskaičiuojamas pagal formulę

$$\omega'' = A_r B + A_u T_u, \quad (2)$$

čia  $A_u$  – pradinių duomenų koeficientų matrica ( $r \times u$ ),  $T_u$  – pradinių duomenų vektorius,  $r$  – sąlyginių lygčių skaičius,  $u$  – pradinių duomenų skaičius.

Sąlyginių lygčių formavimo procedūros gali būti įvairios – pagal sunkio pagreičių tinklo sudėtingumą, sunkio pagreičio prieaugių matavimų tikslumą ir kt.

Lygčių sistemos (1) sprendinys, taikant mažiausiųjų kvadratų metodą:

$$\tau = \begin{pmatrix} \tau \\ \delta \\ k \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} N'_{11} & N'_{12} \\ N'_{21} & 0 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} \omega \\ \omega' \\ \omega'' \end{pmatrix} = -Q\omega_0, \quad (3)$$

čia  $\omega_0 = (\omega^T \ \omega'^T \ \omega''^T)^T$ ,  $\tau_0 = (\tau^T \ \delta^T \ k^T)^T$ ,  $\omega = A^T P L$ ,  $\omega' = C^T P L$ ,  $P$  – išmatuotų sunkio pagreičio prieaugių svorių matrica ( $n \times n$ ),  $k$  – koreliatų vektorius ( $r \times 1$ ).

Atitinkamų matricių išraiškos yra lygios:

$$N'_{11} = \begin{pmatrix} N_{11} & N_{12} \\ N_{21} & N_{22} \end{pmatrix}, \quad N'_{12} = \begin{pmatrix} 0 \\ A_r^T \end{pmatrix}, \quad N'_{21} = (0 | A_r),$$

$$N_{11} = A^T P A, \quad N_{12} = A^T P C, \quad N_{21} = C^T P A, \quad N_{22} = C^T P C.$$

Atvirkštinę blokinę matricę, taikydami K. R. Koch formulę, galime užrašyti šiuo pavidalu (Koch 2000):

$$Q = \begin{pmatrix} N'_{11} & N'_{12} \\ N'_{21} & 0 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N'_{11}{}^{-1} + F'H'^{-1}F'^T & -F'H'^{-1} \\ -H'^{-1}F'^T & H'^{-1} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

čia  $F' = N'_{11}{}^{-1}N'_{12}$ ,  $H' = N'_{22} - N'_{21}N'_{11}{}^{-1}N'_{12} = N'_{22.1} = -N'_{21}N'_{11}{}^{-1}N'_{12}$ .

Vektorių  $\tau$ ,  $\delta$  ir  $k$  tikslumas įvertinamas kovariacijų matrica  $K_{\tau_0}$  (Skeivalas 2007):

$$K_{\tau_0} = QK_{\omega_0}Q, \quad (5)$$

čia

$$K_{\omega_0} = \sigma_0^2 \begin{pmatrix} N_{11} & N_{12} & -A^T A_r^T \\ N_{21} & N_{22} & -C^T A_r^T \\ -A_r A & -A_r C & A_r P^{-1} A_r^T \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$\sigma_0$  – matavimo rezultato, kurio svoris lygus vienetui, standartinis nuokrypis.

Taikant papildomų parametru pataisais  $\delta$  ir sąlygines lygtis sumažėja pagrindinių parametru  $\tau$  tikslumas, nes tam tikra dalis matavimų procese gautos informacijos panaudo-

jama papildomiems parametrui nustatyti. Aišku, dėl to nukenčia pagrindinių parametru tikslumas, tačiau taikant šias papildomas procedūras galima atlikti išsamesnę geodezinių tinklų, šiuo atveju gravimetrinių tinklų, analizę.

Pateiksime kovariacijų matricių pokyčių rezultatus, kai netaikomi ir kai taikomi papildomi parametrai.

Iš lygčių (3) ir (4) matyti, kad pagrindinių sunkio pagreičio parametru pataisų vektoriaus  $\tau$  kovariacijų matrica  $K_{\tau}$ , kai netaikomi papildomi parametrai  $\delta$  ir sąlyginės lygtys, yra šios išraiškos:

$$K_{\tau} = \sigma_0^2 N'_{11}{}^{-1}. \quad (7)$$

Vektoriaus  $\tau$  kovariacijų matrica  $K'_{\tau}$ , taikant tik papildomus parametrus  $\delta$  be sąlyginių lygčių, yra lygi

$$K'_{\tau} = \sigma_0^2 (N'_{11}{}^{-1} + FH'^{-1}F'^T), \quad (8)$$

čia  $F' = N'_{11}{}^{-1}N'_{12}$ ,  $H' = N'_{22} - N'_{21}N'_{11}{}^{-1}N'_{12} = N_{22}$ .

Taigi iš formulių (7) ir (8) matyti, kad taikant papildomus parametrus  $\delta$  pagrindinių parametru  $\tau$  dispersijos padidėja dydžiu

$$\Delta K'_{\tau,ii} = \sigma_0^2 (FH'^{-1}F'^T)_{ii}. \quad (9)$$

Nors taikant papildomus parametrus sumažėja nustatomų pagrindinių parametru tikslumas, tačiau tokia procedūra padeda išsamiau atlikti geodezinių tinklų analizę, vertinti galimų klaidų šaltinius.

### 3. Išlyginimo modelių variantai ir eksperimento rezultatai

Teorinei bei praktinei atsitiktinių ir sistemingųjų klaidų analizei naudotasi Lietuvos gravimetrinio pirmosios klasės tinklo (1 pav.) matavimų duomenimis (Sas-Uhrynowski et al. 2002). Gravimetrinis tinklas buvo išlygintas mažiausiųjų kvadratų metodu taikant keturis modelius:

1. Tinklas išlygintas kaip nelaisvasis tinklas (rango defektas  $d = 0$ ), t. y. laikant pradinius duomenis neklaudingais.
2. Tinklas išlygintas įvertinant pradinių duomenų klaidų įtaką išlygintųjų dydžių ir parametru tikslumui.
3. Tinklas išlygintas kaip laisvasis tinklas (rango defektas  $d = 3$ ), t. y. pradiniai duomenys kaip išlyginimo parametrai taikomi išlyginimo procedūrose.
4. Tinklas išlygintas taikant papildomus parametrus matavimų sistemingsiems klaidoms eliminuoti.

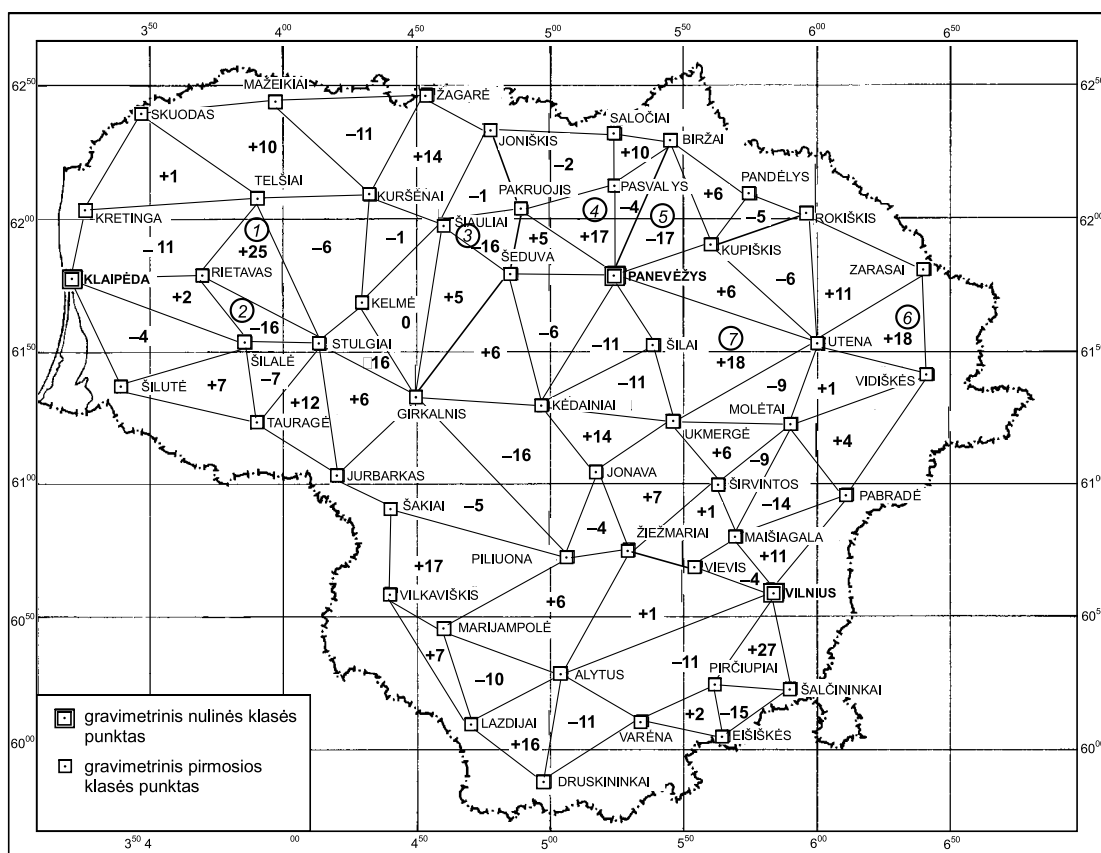
Skaičiavimai atlikti taikant mažiausiųjų kvadratų metodą pagal algoritmus, išdėstytus darbuose (Skeivalas 1995, 2007; Skeivalas, Stankevičius 2003; Skeivalas, Urbšys 1998) ir kompiuterinę programą „Tinparm“, sudarytą taikant „Matlab“ programinio paketo operatorius. Kiekvieno išlyginimo modelio atveju buvo apskaičiuoti matavimo rezultato, kurio svoris lygus vienetui, standartinio nuokrypio  $\sigma_0$  įverčiai  $m_0$ :

$m_0 = 6,3 \mu\text{Gal}$  – kai išlyginamas nelaisvasis tinklas,

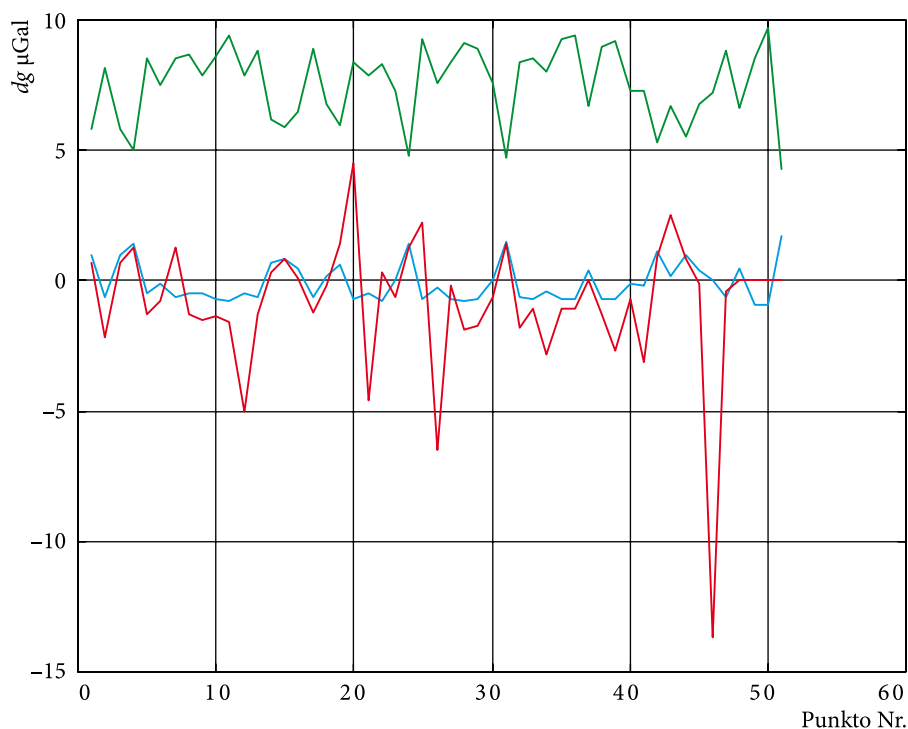
$m_{0u} = 6,2 \mu\text{Gal}$  – kai tinklas išlyginamas įvertinant pradinių duomenų klaidas,

$m_{0l} = 6,3 \mu\text{Gal}$  – kai išlyginamas laisvasis tinklas.

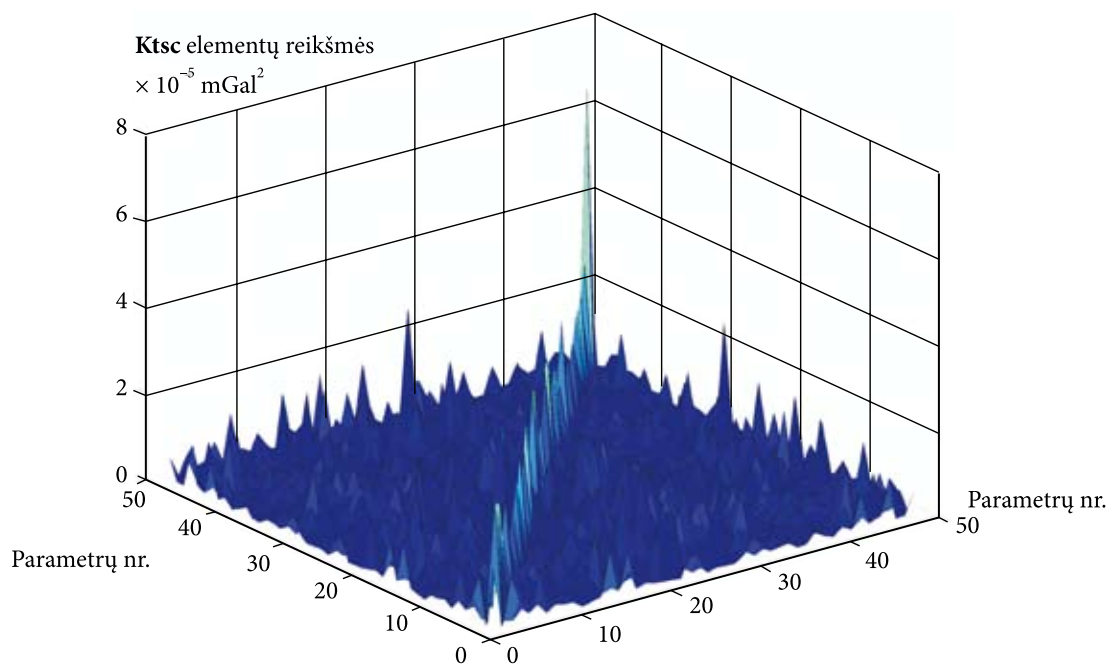
Matavimo rezultatu, kurio svoris lygus vienetui, buvo pripažintas gravimetrinio tinklo eigos sunkio



1 pav. Lietuvos gravimetrinis pirmosios klasės tinklas ir poligonų nesąryšiai,  $\mu\text{Gal}$   
 Fig. 1. Lithuanian National Gravimetric First Order Network and closing errors of polygons  $\mu\text{Gal}$



2 pav. Sunkio pagreičio reikšmių skirtumai ( $dg_{21}$  —,  $dg_{23}$  —,  $dg_{24}$  —)  
 Fig. 2. Difference of gravity value ( $dg_{21}$  —,  $dg_{23}$  —,  $dg_{24}$  —)



3 pav. Išlygintųjų parametrų (sunkio pagreičio) vektoriaus (4-asis modelis) kovariacijų matricos **Ktsc** grafinis vaizdas  
 Fig. 3. Graphic view of adjusted parameters of gravity value vector (4th model) of the covariance matrix **Ktsc**

Sunkio pagreičio reikšmių skirtumai,  $\mu\text{Gal}$   
 Differences of gravity value  $\mu\text{Gal}$

Punkto Nr.	Punktas	$dg_{21}$	$dg_{23}$	$dg_{24}$
1	Alytus	1,0	5,8	0,7
2	Biržai	-0,6	8,2	-2,2
3	Druskininkai	1,0	5,8	0,7
4	Eišiškės	1,4	5,0	1,3
5	Girkalnis	-0,5	8,5	-1,3
6	Jonava	-0,1	7,5	-0,8
7	Joniškis	-0,6	8,5	1,3
8	Jurbarkas	-0,5	8,7	-1,3
9	Kėdainiai	-0,5	7,9	-1,5
10	Kelmė	-0,7	8,6	-1,4
11	Kretinga	-0,8	9,4	-1,6
12	Kupiškis	-0,5	7,9	-5,0
13	Kuršėnai	-0,6	8,8	-1,3
14	Lazdijai	0,7	6,2	0,3
15	Maišiagala	0,8	5,9	0,8
16	Marijampolė	0,5	6,5	0,1
17	Mažeikiai	-0,6	8,9	-1,2
18	Molėtai	0,2	6,8	-0,2
19	Pabradė	0,6	6,0	1,4
20	Pakruojis	-0,7	8,4	4,5
21	Pandėlys	-0,5	7,9	-4,6
22	Pasvalys	-0,8	8,3	0,3
23	Pilūona	0,0	7,3	-0,6
24	Pirčiupiai	1,4	4,8	1,3
25	Rietavas	-0,7	9,3	2,2
26	Rokiškis	-0,3	7,6	-6,5

Punkto Nr.	Punktas	$dg_{21}$	$dg_{23}$	$dg_{24}$
27	Saločiai	-0,7	8,4	-0,2
28	Skuodas	-0,8	9,1	-1,9
29	Stulgiai	-0,7	8,9	-1,7
30	Šakiai	0,0	7,6	-0,6
31	Šalčininkai	1,5	4,7	1,4
32	Šeduva	-0,6	8,4	-1,8
33	Šiauliai	-0,7	8,5	-1,1
34	Šilai	-0,4	8,0	-2,8
35	Šilalė	-0,7	9,3	-1,1
36	Šilutė	-0,7	9,4	-1,1
37	Širvintos	0,4	6,7	0,0
38	Tauragė	-0,7	9,0	-1,3
39	Telšiai	-0,7	9,2	-2,7
40	Ukmergė	-0,1	7,3	-0,7
41	Utena	-0,2	7,3	-3,1
42	Varėna	1,1	5,3	0,9
43	Vidiškės	0,2	6,7	2,5
44	Vievis	1,0	5,5	0,8
45	Vilkaviškis	0,4	6,8	-0,1
46	Zarasai	0,0	7,2	-13,7
47	Žagarė	-0,6	8,8	-0,4
48	Žiežmariai	0,5	6,6	0,0
49	Panevėžys (nulinės klasės punktas)	-0,9	8,5	
50	Klaipėda (nulinės klasės punktas)	-0,9	9,7	
51	Vilnius (nulinės klasės punktas)	1,7	4,3	

pagreičio prieaugių aritmetinis vidurkis, apskaičiuotas pagal trijų gravimetrų matavimų rezultatus.

Sunkio pagreičio reikšmių  $g_1, g_2, g_3, g_4$ , gautų išlyginant skirtingais variantais, tarpusavio skirtumai  $dg_{21} = g_2 - g_1, dg_{23} = g_2 - g_3, dg_{24} = g_2 - g_4$ , yra pateikiami lentelėje ir 2 paveiksle. Jų absoliučiosios reikšmės neviršija tokių dydžių:  $dg_{21} \leq 1,7 \mu\text{Gal}, dg_{23} \leq 9,7 \mu\text{Gal}, dg_{24} \leq 6,5 \mu\text{Gal}$ , išskyrus punktą *Zarasai*, kuriame  $dg_{24} = -13,7 \mu\text{Gal}$ .

Tai byloja apie pavienių eigų sistemingąsias klaidas. Pagal ketvirtojo modelio variantą buvo atliekama 7 poligonų (1 pav. parodyta skrituliukais) eigų sunkio pagreičio prieaugių matavimo sistemingųjų klaidų paieška.

Tinklo eigų išlygintųjų sunkio pagreičio prieaugių reikšmės ir išlyginus gautos pataisos visų keturių modelių skiriasi tarpusavyje nuo  $0,6 \mu\text{Gal}$  iki  $8,9 \mu\text{Gal}$ . Didžiausi skirtumai (apie  $8,8 \mu\text{Gal}$ ) 3-ojoje, 66-ojoje, 81-ojoje tinklo eigose. Jos siejasi su poligonais, kurių didžiausi nesąryšiai šiaurinėje Lietuvos dalyje.

Gravimetrinių punktų išlygintųjų sunkio pagreičių standartinių nuokrypių įverčiai svyruoja nuo  $2,6 \mu\text{Gal}$  iki  $8,2 \mu\text{Gal}$  46-ajame taške.

Lietuvos gravimetrinio nulinės klasės tinklo punktai (Panevėžys, Klaipėda, Vilnius) buvo panaudoti gravimetrinio pirmosios klasės tinklo išlyginimo procedūrose kaip parametrai, taikant 2-ąjį ir 3-ąjį modelius. Šių dviejų modelių nulinės klasės punktų sunkio pagreičio reikšmių nuokrypiai nuo 1-ojo modelio reikšmių – nuo  $1 \mu\text{Gal}$  iki  $10 \mu\text{Gal}$ , o standartinių nuokrypių įverčiai – nuo  $2,5 \mu\text{Gal}$  iki  $4,0 \mu\text{Gal}$ .

3 pav. parodytas punktų išlygintųjų sunkio pagreičių vektorius kovariacijų matricos grafinis vaizdas, kai tinklas išlygintas taikant papildomus parametrus matavimų sistemingsioms klaidoms eliminuoti. Diagonalieji kovariacijų matricos elementai yra atitinkamų punktų sunkio pagreičių dispersijos.

#### 4. Išvados

1. Atlikta teorinė ir praktinė gravimetrinių tinklų išlyginimo mažiausių kvadratų metodu analizė, taikant keturis išlyginimo modelius: išlyginant tinklą kaip nelaisvąjį ir kaip laisvąjį, pagal pradinių duomenų klaidų įtaką bei taikant papildomus parametrus sistemingsioms klaidoms eliminuoti.
2. Nustatyta, kad išlyginimo procedūrose taikant papildomus parametrus galima tikimybine prasme eliminuoti išmatuotų sunkio pagreičių prieaugių sistemingąsias klaidas. Tai parodo ir šio modelio išlygintųjų sunkio pagreičių vektorius kovariacijų matricos elementų absoliučiosios reikšmės, kurios yra didesnės nei kitų modelių. Kadangi sistemingsioms klaidoms nustatyti naudojama tam tikra dalis matavimų informacijos, todėl taškų išlygintųjų sunkio pagreičių, kaip pagrindinių parametru, tikslumas taikant šį modelį sumažėja.

#### Literatūra

- Koch, K. R. 2000. *Einführung in die Bayes-Statistik*. Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag. 225 S.
- Petroškevičius, P. 1995. Gravimetrinės medžiagos Lietuvos teritorijos geoidui nustatyti parengimas [Gravity data preparation for geoid of the Lithuania territory], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 2(22): 30–44.

- Petroškevičius, P. 2000. Sunkio anomalijų ir pagreičio redukavimas [Reduction of gravity value and gravity anomalies], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 26(4): 167–170.
- Petroškevičius, P. 2000. Žemės normaliojo sunkio lauko analizė [Analysis of earth normal gravity field], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 26(3): 111–116.
- Petroškevičius, P.; Paršeliūnas, E. 2003. Lietuvos atraminio gravimetrinio tinklo statistika [Statistics of Lithuanian reference gravity network], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 29(2): 31–39.
- Sas-Uhrynowski, et al. 2002. Establishment of Lithuanian national gravimetric first order network, *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 28(3): 75–82.
- Skeivalas, J. 1995. *Koreliuotų geodezinių matavimų rezultatų matematinis apdorojimas* [Treatment of correlated geodetic measurements]. Vilnius: Technika. 272 p.
- Skeivalas, J. 2007. Geodezinio vertikaliojo tinklo išlyginimo modelis eliminuojant sistemines klaidas [Adjustment model of geodetic vertical network, eliminating systemic errors], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 33(2): 47–49.
- Skeivalas, J.; Stankevičius, Ž. 2003. Pradinių duomenų klaidų įtakos GPS tinklų tikslumui analizė [Analysis of influence of initial data errors in the GPS network], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 29(2): 45–50.
- Skeivalas, J.; Urbšys, A. 1998. Pradinių duomenų klaidų įtakos GPS tinkluose analizė [Analysis of influence of initial data errors in GPS networks], *Geodezija ir kartografija* [Geodesy and Cartography] 26(3): 146–155.

**Jonas SKEIVALAS.** Prof., Doctor Habil. Vilnius Gediminas Technical University. Dept. of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4703, Fax +370 5 274 4705, e-mail: [jonas.skeivalas@ap.vgtu.lt](mailto:jonas.skeivalas@ap.vgtu.lt).

Author of two monographs and more than 150 scientific papers. Participated in many intern conferences; research visits to the Finish Geodetic Institute.

Research interests: processing of measurements with respect to tolerances, adjustment of geodetic networks.

**Petras PETROŠKEVIČIUS.** Prof., Doctor Habil. Vilnius Gediminas Technical University. Dept. of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4705, Fax +370 5 274 4705, e-mail: [petras.petroskevicius@ap.vgtu.lt](mailto:petras.petroskevicius@ap.vgtu.lt).

Author of 1 monograph and more than 100 scientific publications. Participated in many intern conferences.

Research interests: determination of Earth satellites orbits, research of Earth gravity field by means of satellite geodesy and gravimetric methods, establishment of geodetic and gravimetric networks.

**Romuald OBUCHOVSKI.** Master of science. Vilnius Gediminas Technical University. Dept. of Geodesy and Cadastre, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 2744703, Fax +370 5 2744705, e-mail: [romuald.obuchovski@gmail.com](mailto:romuald.obuchovski@gmail.com).

Research interests: geomagnetic field.

**Evelina ZIGMANTIENĖ.** Master of science. Vilnius Gediminas Technical University. Institute of Geodesy, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lithuania. Ph +370 5 274 4705, Fax +370 5 274 4705, e-mail: [evelina@ap.vgtu.lt](mailto:evelina@ap.vgtu.lt).

A graduate of Vilnius Gediminas Technical University (Master of science 1997). Author of 9 publications.

Research interests: land management, cadastral surveying, geodetic networks.