ISSN 1392–1541 print
ISSN 1648–3502 online

Geodezija ir kartografija, 2006, XXXII t., Nr. 3
Geodesy and Cartography, 2006, Vol XXXII, No 3

UDK 528.14

PLOKŠTUMINIŲ IR ERDVINIŲ GEODEZINIŲ KOORDINAČIŲ TRANSFORMAVIMO ALGORITMŲ TIKSLUMO ANALIZĖ

Jonas Skeivalas[1], **Robertas Dargis**[2]

[1]*Geodezijos ir kadastro katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva, el. paštas: Jonas.Skeivalas@ap.vtu.lt*
[2]UAB *„Eika“, A. Goštauto g. 40A, LT-01112 Vilnius, Lietuva, el. paštas: robertas@eika.lt*

Įteikta 2006 02 20, priimta 2006 06 07

Santrauka. Nagrinėjamas geodezinių koordinačių, transformuojamų iš vienos koordinačių sistemos į kitą, tikslumas. Transformavimo parametrų reikšmės apskaičiuojamos mažiausiųjų kvadratų metodu, atsižvelgiant į identiškų taškų abiejose koordinačių sistemose tikslumą. Transformuotų į naują sistemą koordinačių tikslumas analizuojamas įvertinant transformavimo lygčių koeficientų bei transformavimo parametrų klaidų įtaką. Transformuotų koordinačių kovariacijų matrica sudaroma iš dviejų komponenčių. Viena komponentė įvertina transformavimo lygčių koeficientų klaidų įtaką, o antroji – transformavimo parametrų klaidų įtaką transformuotų koordinačių tikslumui. Pateikiamos formulės transformuotų koordinačių kovariacijų matricoms skaičiuoti.

Prasminiai žodžiai: transformavimo parametrai, kovariacijų matrica.

1. Įvadas

Geodezinės koordinatės iš vienos koordinačių sistemos į kitą transformuojamos geodezinių tinklų sudarymo, kartografavimo darbuose, geoinformacinių sistemų, skaitmeninių žemėlapių kūrimo, inžinerinės geodezijos, kadastro uždaviniuose ir kt. [1–6]. Transformavimo parametrų reikšmės apskaičiuojamos mažiausiųjų kvadratų metodu, taikant identiškus taškus, kurių koordinatės žinomos abiejose koordinačių sistemose. Straipsnyje nagrinėjamas transformuotų koordinačių tikslumas, įvertinant transformavimo parametrų klaidų įtaką. Kovariacijų matrica sudaroma iš dviejų komponenčių. Viena iš jų rodo transformavimo lygčių koeficientų, o antroji – transformavimo parametrų įtaką transformuotų koordinačių kovariacijų matricai.

2. Transformavimo parametrų ir lygčių koeficientų klaidų įtaka transformuotų plokštuminių koordinačių tikslumui

Plokštuminėms koordinatėms transformuoti iš vienos koordinačių sistemos į kitą dažniausiai taikomas konforminis Helmerto metodas. Transformavimo parametrų reikšmėms nustatyti mažiausiųjų kvadratų metodu, naudojant identiškų taškų koordinates senojoje ir naujoje sistemose, sudaroma pataisų lygčių sistema:

$$\begin{aligned} \boldsymbol{V} &= \boldsymbol{A\tau} + \boldsymbol{L}, \\ \boldsymbol{L} &= -\boldsymbol{T}', \end{aligned} \tag{1}$$

čia $\boldsymbol{V} = \left(V_{x_1}, V_{y_1}, ..., V_{x_n}, V_{y_n}\right)^T$ – naujosios sistemos identiškų taškų koordinačių pataisų vektorius, $\boldsymbol{T} = \left(x_1, y_1, ..., x_n, y_n\right)^T$ – koordinačių vektorius senojoje sistemoje, $\boldsymbol{T}' = \left(x_1', y_1', ..., x_n', y_n'\right)^T$ – koordinačių vektorius naujojoje sistemoje, $\boldsymbol{\tau} = \left(x_0, y_0, \varepsilon_x, \varepsilon_y\right)^T$ – transformavimo parametrų vektorius, $\left(x_0, y_0\right)$ – senosios koordinačių sistemos pradžios taško koordinatės naujojoje sistemoje, n – identiškų taškų skaičius, $n > k/2$, $k = 4$ – transformavimo parametrų skaičius.

Pataisų lygčių koeficientų matrica $\boldsymbol{A}$ sudaryta iš blokų:

$$\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{A}_1 \\ \vdots \\ \boldsymbol{A}_n \end{pmatrix}, \tag{2}$$

čia $\boldsymbol{A}_i = \left(\boldsymbol{E} \mid \boldsymbol{A}_i'\right) = \left(\begin{array}{cc|cc} 1 & 0 & x_i & -y_i \\ 0 & 1 & y_i & x_i \end{array}\right)$, $\boldsymbol{E}$ – vienetinė matrica.

Transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ reikšmė nustatoma mažiausiųjų kvadratų metodu kaip normalinių lygčių sistemos sprendinys:

$$\boldsymbol{\tau} = -\boldsymbol{N}^{-1}\boldsymbol{\omega} = -\boldsymbol{N}^{-1}\boldsymbol{A}^T\boldsymbol{Q}_{T'}^{-1}\boldsymbol{L}, \tag{3}$$

čia $\boldsymbol{N} = \boldsymbol{A}^T\boldsymbol{Q}_{T'}^{-1}\boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{\omega} = \boldsymbol{A}^T\boldsymbol{Q}_{T'}^{-1}\boldsymbol{L}$, $\boldsymbol{Q}_{T'}$ – naujosios sistemos identiškų taškų koordinačių svorinė matrica.

Kai pavienių taškų koordinatės nustatytos nepriklausomai viena nuo kitos,

$$Q_{T'} = \left(Q_{T'_1}, Q_{T'_2}, ..., Q_{T'_n}\right)_{diag},$$
$$Q_{T'_i} = \begin{pmatrix} p_{x'_i}^{-1} & Q_{x'_i y'_i} \\ Q_{y'_i x'_i} & p_{y'_i}^{-1} \end{pmatrix}, \; i = 1, 2, ..., n,$$

čia $p_{x'_i}$, $p_{y'_i}$ – i-ojo taško koordinačių naujojoje sistemoje svoriai, $Q_{x'_i y'_i} = r_{x'_i y'_i} p_{x'_i}^{-1/2} p_{y'_i}^{-1/2}$, $r_{x'_i y'_i}$ – koreliacijos koeficientas.

Išlygintųjų koordinačių vektorius $\tilde{T}'$ naujojoje sistemoje yra lygus

$$\tilde{T}' = T' + V = T' + AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1} T' - T' = AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1} T'. \quad (4)$$

Taikydami formulę (3), gauname apskaičiuotų transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ kovariacijų matricos išraišką:

$$K_\tau = \sigma_0^2 Q_\tau = \left(N^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\right) K_L \left(N^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\right) = \sigma_0^2 N^{-1}, \quad (5)$$

čia $K_L = K_{T'} = \sigma_0^2 Q_{T'}$, σ_0 – matavimo rezultato, kurio svoris lygus vienetui, standartinis nuokrypis.

Identiškų taškų išlygintųjų koordinačių vektoriaus $\tilde{T}'$ kovariacijų matricą $K_{\tilde{T}'}$, taikydami formulę (4), rašome

$$K_{\tilde{T}'} = \sigma_0^2 Q_{\tilde{T}'} = \left(AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\right) K_{T'} \left(AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\right)^T = \sigma_0^2 AN^{-1}A^T. \quad (6)$$

Vektorių $\tilde{T}'$ ir $\boldsymbol{\tau}$ kovariacijų matrica $K_{\tilde{T}'\tau}$ yra lygi

$$K_{\tilde{T}'\tau} = M\left\{\left(AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\delta T'\right)\left(N^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\delta T'\right)^T\right\} = \left(AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1}\right) M\left(\delta T' \delta T'^T\right)\left(Q_{T'}^{-1} AN^{-1}\right) = \sigma_0^2 AN^{-1}A^T Q_{T'}^{-1} Q_{T'} Q_{T'}^{-1} AN^{-1} = \sigma_0^2 AN^{-1}, \quad (7)$$

čia M – vidurkio (matematinės vilties) simbolis, $\delta T' = T' - MT'$.

Turėdami transformavimo parametrų vektorių $\boldsymbol{\tau}$, galime apskaičiuoti visų kitų naujosios sistemos taškų (neidentiškų) transformuotų koordinačių vektorių T'. Pavienio i-ojo taško koordinačių vektoriaus T'_i išraiška yra:

$$T'_i = A_i \boldsymbol{\tau}, \quad (8)$$

čia A_i – koordinačių transformavimo lygčių koeficientų matrica pagal išraišką (2).

Vektoriaus T'_i kovariacijų matrica $K_{T'_i}$ sudaryta iš dviejų komponenčių, iš kurių viena apibrėžia transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ dedamųjų klaidų įtaką vektoriaus T'_i tikslumui, o antroji – matricos A_i narių klaidų įtaką vektoriaus T'_i tikslumui:

$$K_{T'_i} = K_{T'_i(\tau)} + K_{T'_i(a)}, \quad (9)$$

čia $K_{T'_i(\tau)}$ – kovariacijų matricos komponentė esant vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ įtakai, $K_{T'_i(a)}$ – kovariacijų matricos komponentė esant matricos A_i narių įtakai.

Taikydami kovariacijų matricos $K_{T'_i}$ komponentę $K_{T'_i(\tau)}$, (5), gauname:

$$K_{T'_i(\tau)} = A_i K_\tau A_i^T = \sigma_0^2 A_i N^{-1} A_i^T. \quad (10)$$

Nustatysime kovariacijų matricos komponentės $K_{T'_i(a)}$ išraišką. Lygybę (8) transformuojame į kitokį pavidalą:

$$T'_i = T_0 + MT_i, \quad (11)$$

čia $T_0 = \left(x_0 y_0\right)^T$. Matrica M formuojama iš transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ komponenčių:

$$M = \begin{pmatrix} \varepsilon_x & -\varepsilon_y \\ \varepsilon_y & \varepsilon_x \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Taigi koeficientų matricos A_i blokinės dalies A'_i nariai tapo vektoriaus T_i komponentėmis. Pagal lygybę (11) galima parašyti:

$$K_{T'_i(a)} = MK_{T_i}M^T, \quad (13)$$

čia K_{T_i} – senos sistemos koordinačių vektoriaus kovariacijų matrica.

Vektoriaus T_0, kaip transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ komponentės, įtaka išreikšta formule (10).

3. Transformavimo parametrų ir lygčių koeficientų klaidų įtaka transformuotų erdvinių koordinačių tikslumui

Erdvinių koordinačių transformavimo lygčių sistema yra netiesinė, todėl praktiniuose skaičiavimuose ji linearizuojama ir rašoma taip (esant i-ojo taško koordinatėms):

$$\left.\begin{matrix} T'_i = T_i + A_i \tau \\ i = 1, 2, ..., n \end{matrix}\right\}, \quad (14)$$

čia $\boldsymbol{T}_i' = (x_i', y_i', z_i')^T$ – i-ojo taško koordinačių vektorius naujoje sistemoje, $\boldsymbol{T}_i = (x_i, y_i, z_i)^T$ – i-ojo taško koordinačių vektorius senojoje sistemoje, $\boldsymbol{\tau} = (x_0\, y_0\, z_0\, \varepsilon_x \varepsilon_y \varepsilon_z\, m)^T$ – transformavimo parametrų vektorius, m – linijinis mastelis, n – identiškų taškų skaičius, kai skaičiuojami transformavimo parametrai.

Matrica

$$\boldsymbol{A}_i = (\boldsymbol{E} \mid \boldsymbol{A}_i') = \left(\begin{array}{ccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & -z_i & y_i & x_i \\ 0 & 1 & 0 & z_i & 0 & -x_i & y_i \\ 0 & 0 & 1 & -y_i & x_i & 0 & z_i \end{array}\right). \quad (15)$$

Transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ reikšmė gaunama mažiausiųjų kvadratų metodu kaip normalinių lygčių sistemos sprendinys, taikant n identiškų taškų duomenis:

$$\tau = -\boldsymbol{N}^{-1}\omega, \quad (16)$$

čia $\boldsymbol{N} = \boldsymbol{A}^T \boldsymbol{Q}_{T'}^{-1} \boldsymbol{A}$, $\omega = \boldsymbol{A}^T \boldsymbol{Q}_{T'}^{-1} \boldsymbol{L}$, $\boldsymbol{L} = \left(L_1^T \ldots L_n^T\right)^T$ – laisvųjų narių vektorius, $L_i = T_i - T_i'$. Pataisų lygčių koeficientų matrica $\boldsymbol{A}$ sudaryta iš blokų

$$\boldsymbol{A} = \begin{pmatrix} \boldsymbol{A}_1 \\ \boldsymbol{A}_2 \\ \vdots \\ \boldsymbol{A}_n \end{pmatrix}. \quad (17)$$

Apskaičiuotų transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ kovariacijų matrica $\boldsymbol{K}_\tau$ yra lygi [7]:

$$\boldsymbol{K}_\tau = \sigma_0^2\left(\boldsymbol{N}^{-1}\boldsymbol{N}_1\boldsymbol{N}^{-1} + \boldsymbol{N}^{-1}\right), \quad (18)$$

čia $\boldsymbol{N}_1 = \boldsymbol{A}^T \boldsymbol{Q}_{T'}^{-1}, \boldsymbol{Q}_T \boldsymbol{Q}_{T'}^{-1} \boldsymbol{A}$, $\boldsymbol{Q}_T$ – senosios sistemos identiškų taškų koordinačių svorinė matrica.

Tuo atveju, kai naujosios ir senosios sistemų identiškų taškų koordinatės yra maždaug vienodo tikslumo, t. y. $\boldsymbol{Q}_{T'} \approx \boldsymbol{Q}_T$, tada $N_1 = N$, ir formulė (18) rašoma:

$$\boldsymbol{K}_\tau = 2\sigma_0^2 \boldsymbol{N}^{-1}. \quad (19)$$

Pavienio i-ojo taško erdvinių koordinačių vektoriui $\boldsymbol{T}_i$ transformuoti į naująją koordinačių sistemą taikysime transformavimo formulę, kuri iš pavidalo (14) pertvarkyta taip:

$$\boldsymbol{T}_i' = \boldsymbol{T}_0 + (\boldsymbol{E} + \boldsymbol{M})\boldsymbol{T}_i, \quad (20)$$

čia $\boldsymbol{T}_0 = (x_0\, y_0\, z_0)^T$ – viena transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ dedamoji. Matrica $\boldsymbol{M}$ sudaroma iš transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ antrosios dedamosios ir užrašoma taip:

$$\boldsymbol{M} = \begin{pmatrix} m & \varepsilon_z & -\varepsilon_y \\ -\varepsilon_z & m & \varepsilon_x \\ \varepsilon_y & -\varepsilon_x & m \end{pmatrix}. \quad (21)$$

Transformuojant erdvines koordinates naujojo vektoriaus $\boldsymbol{T}_i'$ kovariacijų matrica $\boldsymbol{K}_{T_i'}$ sudaryta iš dviejų komponenčių – $\boldsymbol{K}_{T_i'(\tau)}$ ir $\boldsymbol{K}_{T_i'(a)}$:

$$\boldsymbol{K}_{T_i'} = \boldsymbol{K}_{T_i'(\tau)} + \boldsymbol{K}_{T_i'(a)}. \quad (22)$$

Kovariacijų matricos komponentė $\boldsymbol{K}_{T_i'(\tau)}$ rodo transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ įtaką vektoriaus $\boldsymbol{T}_i'$ tikslumui. Antroji komponentė $\boldsymbol{K}_{T_i'(a)}$ apibūdina matricos $\boldsymbol{A}_i$ narių įtaką vektoriaus $\boldsymbol{T}_i'$ tikslumui.

Kovariacijų matricos komponentė $\boldsymbol{K}_{T_i'(\tau)}$, taikant formulę (14), rašoma:

$$\boldsymbol{K}_{T_i'(\tau)} = \boldsymbol{K}_{T_i} + \boldsymbol{A}_i \boldsymbol{K}_\tau \boldsymbol{A}_i^T = \boldsymbol{K}_{T_i} + 2\sigma_0^2 \boldsymbol{A}_i \boldsymbol{N}^{-1} \boldsymbol{A}_i^T, \quad (23)$$

kai identiškiems taškams galioja apytikrė lygybė $\boldsymbol{Q}_{T'} \approx \boldsymbol{Q}_T$, $\boldsymbol{K}_{T_i}$ – senos sistemos koordinačių vektoriaus kovariacijų matrica.

Kovariacijų matricos komponentė $\boldsymbol{K}_{T_i'(a)}$, taikant formulę (20), įgauna išraišką

$$\boldsymbol{K}_{T_i'(a)} = (\boldsymbol{E} + \boldsymbol{M})\boldsymbol{K}_{T_i}(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{M})^T. \quad (24)$$

Pateiksime pavyzdį transformuotų plokštuminių koordinačių tikslumui dėl transformavimo parametrų bei transformavimo lygčių koeficientų klaidų įtakos įvertinti. Transformavimo parametrų vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ reikšmė nustatyta pagal 7 identiškus taškus ir lygi:

$$\boldsymbol{\tau} = \begin{pmatrix} 6039264{,}438 \\ 553665{,}202 \\ 0{,}99979550316 \\ 1{,}83813 \cdot 10^{-6} \end{pmatrix}.$$

Vektoriaus $\boldsymbol{\tau}$ kovariacijų matricos $\boldsymbol{K}_\tau$ įvertis $\boldsymbol{K}_\tau'$ yra lygus

$$\boldsymbol{K}_\tau' = m_0^2 N^{-1} = 1{,}7 \cdot 10^{-6}\big(0{,}143;\ 0{,}143;\ 0{,}368 \cdot 10^{-9};\ 0{,}368 \cdot 10^{-9}\big)_{diag},$$

čia $\sigma_0 \approx m_0$, atvirkštinės matricos $\boldsymbol{N}^{-1}$ nediagonalieji nariai yra artimi nuliui.

Transformuotų koordinačių standartinių nuokrypių įverčiai
Estimations of standard deviations of transformed coordinates

Taško Nr.	Standartinių nuokrypių įverčiai, m					
	$m_{x'(\tau)}$	$m_{y'(\tau)}$	$m_{x'(a)}$	$m_{y'(a)}$	$m_{x'} = \sqrt{m_{x'(\tau)}^2 + m_{x'(a)}^2}$	$m_{y'} = \sqrt{m_{y'(\tau)}^2 + m_{y'(a)}^2}$
1	0,001	0,001	0,002	0,001	0,0022	0,0014
2	0,001	0,001	0,002	0,001	0,0022	0,0014

Transformuojamų 2 taškų koordinačių transformavimo lygčių koeficientų matrica yra lygi:

$$A = \begin{pmatrix} A_1 \\ A_2 \end{pmatrix} = \left(\begin{array}{cc|cc} 1 & 0 & 30993{,}640 & -21255{,}800 \\ 0 & 1 & 21255{,}800 & 30993{,}640 \\ 1 & 0 & 30869{,}460 & -21061{,}820 \\ 0 & 1 & 21061{,}820 & 30869{,}460 \end{array}\right).$$

Kovariacijų matricos komponentės $\boldsymbol{K}_{T'(\tau)}$ įvertį $\boldsymbol{K}'_{T'(\tau)}$ esant transformavimo parametrų klaidų įtakai gauname pagal formulę (10), kai $\sigma_0 \approx m_0$:

$$\boldsymbol{K}'_{T'(\tau)} = \boldsymbol{A}\boldsymbol{K}'_{\tau}\boldsymbol{A}^{T} = 1{,}7 \cdot 10^{-6}\left(0{,}658;\ 0{,}658;\ 0{,}657;\ 0{,}657\right)_{diag},$$

nediagonalieji nariai paprastai yra lygūs nuliui.

Kovariacijų matricos komponentės $\boldsymbol{K}_{T'(a)}$ įvertis $\boldsymbol{K}'_{T'(a)}$ esant transformavimo lygčių koeficientų klaidų įtakai nustatomas pagal formulę (13):

$$\boldsymbol{K}'_{T'(a)} = \boldsymbol{M}\boldsymbol{K}_{T}\boldsymbol{M}^{T} = 10^{-6}\begin{pmatrix} 4 & 4 \\ 4 & 1 \end{pmatrix}.$$

Šioje formulėje

$$\boldsymbol{M} = \begin{pmatrix} 0{,}99 & -1{,}8 \cdot 10^{-6} \\ 1{,}8 \cdot 10^{-6} & 0{,}99 \end{pmatrix},$$

$$\boldsymbol{K}_{T} = 10^{-6}\left(\begin{array}{c|c} \begin{matrix} 4 & 4 \\ 4 & 1 \end{matrix} & 0 \\ \hline 0 & \begin{matrix} 4 & 4 \\ 4 & 1 \end{matrix} \end{array}\right).$$

Į naują sistemą transformuotų taškų koordinačių standartinių nuokrypių įverčiai $m_{x'}, m_{y'}$ pateikti lentelėje.

4. Išvados

1. Gautos formulės į naują sistemą transformuotų plokštuminių ir erdvinių koordinačių tikslumui įvertinti kovariacijų matricos pavidalu, kai atsižvelgiama ne tik į transformavimo parametrų klaidų, bet ir transformavimo lygčių koeficientų klaidų įtaką.

2. Išvestosios formulės rodo, kad transformuotosios į naująją sistemą plokštuminės ir erdvinės koordinatės yra mažiau tikslios už senosios sistemos koordinates. Transformuotųjų koordinačių tikslumas labiausiai priklauso nuo transformavimo parametrų nustatymo tikslumo, o jis nuo identiškų taškų skaičiaus bei šių taškų koordinačių abiejose sistemose tikslumo. Skaičiavimų rezultatai rodo, kad transformavimo lygčių koeficientų klaidų įtaka transformuotų koordinačių tikslumui yra maždaug tos pačios eilės kaip ir transformavimo parametrų klaidų įtaka.

Literatūra

1. Koch, K.-R. Räumliche Helmert-Transformation variabler Koordinaten im Gauss-Helmert und im Gauss-Markoff Modell. *Z. f. Vermessungswessen*, No 3. Stuttgart: Verlag K. Witwer, 2002, S. 147–152.
2. Koch, K.-R. Einführung in die Bayes-Statistik. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2000. 225 S.
3. Fischer, B.; Hegland, M. Collocation, filtering and nonparametric regression, Part 1. *Z. f. Vermessungswessen*, No 1. Stuttgart: Verlag K. Witwer, 1999, S. 17–24.
4. Chitau, D. Über Koordinatentransformation in dreidimensionalen Systemen mit linearen Modellen. *Z. f. Vermessungswessen*, No 5, Stuttgart: Verlag K. Witwer, 1996, S. 203–211.
5. Skeivalas, J.; Putrimas, R. Accuracy analysis of planimetric coordinate transformation. *Geodesy and Cartography* (*Geodezija ir kartografija*), No 1 (23). Vilnius: Technika, 1996, p. 92–95 (in Lithuanian).
6. Markuze, J. J.; Bojko, E. G.; Golubev, V. V. Geodesy. Computation and adjustment of geodetic networks. Moscow: Kartgeocentr-Geodezizdat, 1994. 432 p. (in Russian).
7. Skeivalas, J. Accuracy of 3D geodetic coordinates transformation algorithmus. *Geodesy and Cartography* (*Geodezija ir kartografija*), Vol XXXI, No 2. Vilnius: Technika, 2005, p. 54–56 (in Lithuanian).

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.vtu.lt.

Author of two monographs and more than 130 scientific papers. Participated in many intern conferences and research visits to the Finish Geodetic Institute.

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

Robertas DARGIS. Engineer. UAB „Eika“, A. Goštauto g. 40A, LT-01112 Vilnius, Lietuva.

Research interests: engineering geodesy, adjustment of geodetic networks.