

Zna ajnost primjene devetoparametarske koordinatne transformacije u uslovima nehomogenosti postoje e državne mreže

KORNELIJA T. RISTI , Univerzitet u Banjoj Luci,

Arhitektonsko-gra evinsko-geodetski fakultet, Banja Luka,
Bosna i Hercegovina

SANJA S. TUCIKEŠI , Univerzitet u Banjoj Luci,

Arhitektonsko-gra evinsko-geodetski fakultet, Banja Luka,
Bosna i Hercegovina

ANKICA R. MILINKOVI , Vekom Geo, Beograd

Stru ni rad

UDC: 528.236

514.182

DOI: 10.5937/tehnika1605665R

Naj eš e koriš ena metoda za uspostavljanje matemati ke osnove premjera i prikupljanje prostornih podataka je metoda Globalnog navigacionog satelitskog sistema pozicioniranja (GNSS). Me utim, ovi podaci odnose se na Svjetski geodetski datum WGS84 koji se razlikuje od Državnog geodetskog datuma, zbog ega se javlja potreba za transformacijom koordinata. U sklopu realizacije projekta odre ivanja prostorne lokalne referentne mreže Mrkonji Grada izvršena su GNSS opažanja na 15 trigonometrijskih ta aka ije su pozicije poznate u Državnom koordinatnom sistemu (x, y, h). Za potrebe transformacije koordinata ta aka izme u Državnog koordinatnog sistema definisanog Bessel-ovim elipsoidom i sistema WGS84, koordinate u ravni prethodno su prevedene u trodimenzionalne pravouglo koordinatne (X, Y, Z). Pored Helmertove sedmoparametarske, primjenjena je i afina devetoparametarska transformacija. Upore ivanje ove dvije transformacije izvedeno je na osnovu odstupanja transformisanih koordinata sa aspekta ocjene uticaja ta nosti visina zajedni kih ta aka.

Klju ne rije i: transformacija, transformacioni parametri, identit etne ta ke, sedmoparametarska i devetoparametarska transformacija

1. UVOD

Geodetski datum u Republici Srpskoj definisan je Bessel-ovim elipsoidom koji je pozicioniran 1892. godine u ta ki Hermannskogel kod Be a, a kao kartografska projekcija koristi se Gauss-Krugerova projekcija trostepenih meridijanskih zona.

Me utim, sve više zemalja koristi WGS84 (World Geodetic System 1984) ili GRS80 (Geodetic Reference System 1980 i Svjetsku popre nu Merkatorovu kartografsku projekciju (Universal Transverse Mercator projection - UTM) šestostepenih meridijanskih zona.

Takvim rješenjima postiže se interoperabilnost i olakšava koriš enje savremenih sistema pozicioniranja kakav je, na primjer, sistem globalnog pozicioniranja (Global Positioning System - GPS). Svi korisnici GPS

u našoj zemlji nailaze na problem transformacije koordinata izme u ova dva sistema. Jedna od naj eš e koriš enih transformacija je tzv. Helmertova sedmoparametarska transformacija. U ovom radu, pored prethodno pomenute, primjenjena je i devetoparametarska transformacija. Cilj rada jeste da se ukaže i kroz prakti an primjer dokažu prednosti i nedostaci ove dve transformacije, te kojom transformacijom se postižu bolji rezultati.

2. TRANSFORMACIJA KOORDINATA TA AKA

Kada se koordinate geodetskih ta aka ra unaju u razli itim koordinatnim sistemima, neophodno je izvršiti transformaciju koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi. Ako su za jednu grupu ta aka sruinate koordinate u lokalnom koordinatnom sistemu, onda je neophodno odrediti njihove odgovaraju e vrijednosti koordinata u državnom koordinatnom sistemu (Gauss-Kruger-ova projekcija).

Prelaz iz jednih koordinata u druge, odnosno postupak preslikavanja koordinata iz jednog koordinatnog sistema u drugi naziva se transformacija koordinata.

Adresa autora: Kornelija Risti , Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-gra evinsko-geodetski fakultet, Banja Luka, Vojvode Stepe Stepanovi a 77, Bosna i Hercegovina

Rad primljen: 25.07.2016.

Rad prihva en: 16.08.2016.

Potreba za transformacijom javlja se:

- pri uklapanju lokalnih geodetskih mreža u državni koordinatni sistem (referentni sistem),
- u geodetskom premjeru gdje se koordinate geodetskih ta aka određuju globalnim pozicionim sistemom,
- pri rješavanju različitih inženjersko-tehničkih zadataka koji se izvode u primjenjenoj geodeziji,
- za uspostavljanje veze između u koordinatnog sistema fotogrametrijskih instrumenata i sistema u kojima se izražavaju planovi i karte,
- pri digitalizaciji geodetskih planova i karata.

Veza između dva koordinatna sistema je moguća ukoliko postoji neophodan broj zajedničkih (identičnih) tačaka, koje su koordinate poznate u oba koordinatna sistema. Poželjno je da postoji veći broj identičnih tačaka kako bi se sa većom tačnošću i pouzdanošću uspostavila veza odnosno odredili transformacioni parametri koji omogućavaju da se izvrši transformacija iz jednog koordinatnog sistema u drugi.

Postoje različiti matematički modeli koji se koriste pri transformaciji koordinata geodetskih tačaka. U ovom radu obrađeni su matematički modeli transformacije koji se odnose na trodimenzionalni koordinatni sistem.

3. TRANSFORMACIJE KOORDINATA GNSS TAČKA

Svjetski geodetski sistem WGS84 ne podudara se sa Državnim koordinatnim sistemom u Republici Srpskoj (*elipsoid Bessel-a*). Elipsoid WGS84 i elipsoid Bessel-a imaju različite dimenzije i orijentaciju u prostoru (odgovarajuće koordinatne ose nisu paralelne i koordinatni poseci se ne podudaraju), a uglovi rotacije γ_1 , γ_2 i γ_3 dva koordinatna sistema su veoma mali (nekoliko desetina sekundi), ali ipak značajni, te da se ne mogu zanemariti.

Za određivanje transformacionih parametara koriste se identične tačke koje su koordinate poznate u oba koordinatna sistema. Dovoljno je poznavati vrijednosti koordinata za najmanje tri identične tačke, mada je poželjno da broj identičnih tačaka bude što veći, kako bi tačnost ocjena transformacionih parametara bila pouzdanija. Identične tačke poželjno je da budu što ravnomernije raspoređene, a nikako na pravoj liniji. U slučaju postojanja većeg broja zajedničkih tačaka, transformacioni parametri se određuju primjenom metode najmanjih kvadrata. Sadržajni parametri mogu se koristiti samo unutar transformacione površi na koju se odnose. Izvan te površi parametri se ne smiju primjenjivati. Ukoliko se zahtjeva najviša tačnost, transformacija se može podijeliti na dvodimenzionalnu (2D) i jednodimenzionalnu (1D).

Tabela 1. Osobine pojedinih 3D transformacija

Transformacija	Oblik geodetske mreže	Razmjera
9 - parametarska	ne zadržava	ne zadržava
7 - parametarska	zadržava	ne zadržava
6 - parametarska	zadržava	zadržava

Prilikom uklapanja mreže iz jednog u drugi koordinatni sistem, može se promijeniti oblik mreže i njena razmjera (tabela 1). Transformacija kod koje se mijenja oblik mreže i njena razmjera poznata je kao afina devetoparametarska transformacija, a ukoliko se mijenja samo razmjera mreže poznata je kao Helmertova sedmoparametarska transformacija. Transformacija kojom se ne mijenja ni oblik mreže ni njena razmjera poznata je kao unimodalna šestoparametarska transformacija.

3.1 Devetoparametarska transformacija

Transformacija pravouglavih koordinata u 3D koordinatnom sistemu, kada se određuje devet parametara transformacije predstavlja opšti oblik transformacije iz koje slijede sve ostale transformacije u 3D, 2D i 1D koordinatnom sistemu. Transformacioni parametri su:

- 3 parametra translacije (t_x, t_y, t_z) kojima se po etak koordinatnog sistema WGS84 dovodi u koordinatni po etak Bessel-ovog elipsoida;
- 3 parametra rotacije ($\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$) kojima treba zarotirati koordinatni sistem oko sve tri ose, da bi se dovele do poklapanja;
- 3 parametra razmjere (s_x, s_y, s_z).

Vektor transformacionih parametara t i matrica transformacije C imaju sljedeći oblik [1]:

$$t_{(1 \times 9)}^T = (t_x \ t_y \ t_z \ \gamma_x \ \gamma_y \ \gamma_z \ s_x \ s_y \ s_z),$$

$$C_{(3 \times 9)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_1 & Y_1 & X_1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & Z_1 & 0 & -X_1 & 0 & Y_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -Y_1 & X_1 & 0 & 0 & 0 & Z_1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_n & Y_n & X_n & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & Z_n & 0 & -X_n & 0 & Y_n & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -Y_n & X_n & 0 & 0 & 0 & Z_n \end{pmatrix}$$

3.2 Sedmoparametarska transformacija

Sedmoparametarska transformacija slijedi iz devetoparametarske, kada se usvoji da je $s_x = s_y = s_z = s$.

Ova transformacija u literaturi je poznata kao Helmertova transformacija. Oblik geodetske mreže nakon transformacije ostaje nepromijenjen, dok se razmjera mreže mijenja. Promjena razmjere po koordinatnim osama je jednaka. Vektor transformacionih parametara t i matrica transformacije C imaju sljedeći oblik [1]:

$$\mathbf{t}_{(1 \times 7)}^T = (t_x \ t_y \ t_z \ r_x \ r_y \ r_z \ s)$$

$$\mathbf{C}_{(3 \times 7)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_1 & Y_1 & X_1 \\ 0 & 1 & 0 & Z_1 & 0 & -X_1 & Y_1 \\ 0 & 0 & 1 & -Y_1 & X_1 & 0 & Z_1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & -Z_n & Y_n & X_n \\ 0 & 1 & 0 & Z_n & 0 & -X_n & Y_n \\ 0 & 0 & 1 & -Y_n & X_n & 0 & Z_n \end{pmatrix}$$

Ako se usvoji da je $s = 1$ (nema promjene razmjere mreže) dobija se šestoparameterska transformacija.

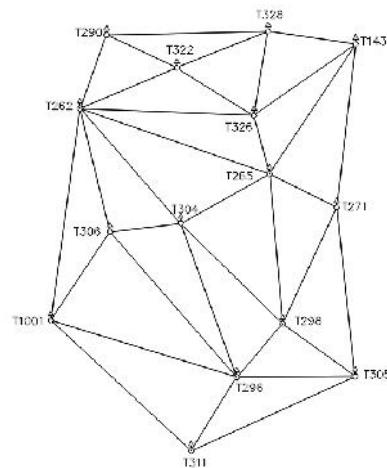
4. GNSS OPAŽANJA U MREŽI

U sklopu realizacije projekta uspostavljanja PLRM (Prostorna lokalna referentna mreža) Mrkonji Grada izvršena su GNSS opažanja na 15 trigonometrijskih tačaka (slika 2). Najpre je pristupljeno rekonosciranju terena i otkrivanju trigonometrijskih tačaka, kao i pripremi terenskih uslova (proišavanje terena oko tačaka kako bi se obezbjedilo nesmetano opažanje i zadovoljili terenski uslovi u pogledu prikupljanja podataka GNSS tehnologijom).



Slika 1 - Korišeni dvofrekventni GNSS prijemnici za opažanje u PLRM Mrkonji Grad

Opažanja na trigonometrijskim tačkama izvedena su klasičnom statičkom metodom, sa minimalnom dužinom mjerne sesije u trajanju od 30 min+2 min/km. Korišeni su dvofrekventni GNSS prijemnici sa tačnošću od 5 mm+1 ppm. Svi GNSS prijemnici su ispitani od strane ovlaštene laboratorije i posjeduju odgovarajuće sertifikate o ispravnosti mjerila. Centrisanje na tačkama vršeno je pomoću optičkog viska. Visine antena prijemnika mjerene su do na milimetar.



Slika 2 - Skica Prostorne lokalne referentne mreže na teritoriji Mrkonji Grada

5. TESTIRANJE ZNA AJNOSTI PRIMJENE DEVETOPARAMETARSKJE TRANSFORMACIJE

U Državnom koordinatnom sistemu, koordinate tačaka određene su u ravni Gauss-Krigerove projekcije (x_i, y_i) . Za razliku od DKS koordinata koje definišu položaj tačaka u ravni, GNSS koordinate definišu položaj tačaka u prostoru, i to u pravouglom koordinatnom sistemu $(X_{WGS84}, Y_{WGS84}, Z_{WGS84})$ ili geodetskom krivolinijskom koordinatnom sistemu $(\{_{WGS84}\}_{WGS84}, h_{WGS84})$. Prema tome, nije moguća direktna transformacija koordinata tačaka između dva koordinatna sistema.

Za potrebe transformacije, prvo su srušene elipsoidne koordinate tačaka $(\{x_i, y_i\})$ na osnovu podataka o položaju tačaka u horizontalnoj ravni (x_i, y_i) a zatim trodimenzionalne pravougule koordinate (X_i, Y_i, Z_i) u lokalnom koordinatnom sistemu (elipsoid Bessel-a) na osnovu elipsoidnih koordinata primjenom odgovarajućih projekcionih matematičkih izraza (1). Nakon određivanja vrijednosti odgovarajućih koordinata tačaka obrazovani su vektor transformacionih parametara i matrica transformacije za sedmoparametersku i devetoparametersku transformaciju. Vrijednosti transformacionih parametara srušene su primjenom metode najmanjih kvadrata [2] [3].

U tabelama 2 i 3 date su vrijednosti najvećeg odstupanja transformisanih koordinata od datih za sedmoparametersku i devetoparametersku transformaciju. Upoređivanjem vrijednosti odstupanja (tabele 2 i 3) i drugih statističkih veličina proizilazi zaključak da se devetoparameterska transformacija bolje prilagođava realnim uslovima i relativno slabijoj pouzdanosti državne mreže, a što je svakako posledica osobina dvaju različitih modela transformacije.

Tabela 2. Vrijednost najmanjeg, najveće i prosječne odstupanja transformisanih 3D pravougljih koordinata i visina tačaka (sve vrijednosti prikazane su u metrima)

Transformacija	ΔX_{\min} ΔX_{\max}	ΔX_{sr}	ΔY_{\min} ΔY_{\max}	ΔY_{sr}	ΔZ_{\min} ΔZ_{\max}	ΔZ_{sr}
7 - parametarska	0.020 0.196	0.070	0.000 0.229	0.063	0.003 0.170	0.067
9 - parametarska	0.017 0.149	0.068	0.002 0.212	0.048	0.002 0.161	0.058

Tabela 3. Vrijednost najmanjeg, najveće i prosječne odstupanja transformisanih 2D pravougljih koordinata i visina tačaka (sve vrijednosti prikazane su u metrima)

Transformacija	Δx_{\min} Δx_{\max}	Δx_{sr}	Δy_{\min} Δy_{\max}	Δy_{sr}	Δh_{\min} Δh_{\max}	Δh_{sr}
7 - parametarska	0.005 0.252	0.057	0.000 0.159	0.051	0.008 0.271	0.080
9 - parametarska	0.008 0.215	0.045	0.001 0.124	0.036	0.008 0.231	0.079

5.1. Još neki aspekti značajnosti primjene devetoparametarske transformacije

Značajnost primjene devetoparametarske transformacije može se posmatrati i sa aspekta uticaja tačaka na određivanje visina zajedničkih tačaka, budući da između ocena položaja i visina, izvesno postoji značajna razlika u njihovom uticaju na ocenu transformacionih parametara. U narednim redovima dat je prikaz ocjene tačaka za sedmoparametarsku i devetoparametarsku transformaciju koordinata tačaka.

Sistem jednačina veze između u pravougljih i krivolinijskih 3D koordinata tačaka ima sljedeći oblik:

$$\begin{aligned} X_i &= f_{X_i}(\xi_i, \eta_i, h_i) = (N_i + h_i) \cos \xi_i \cos \eta_i, \\ Y_i &= f_{Y_i}(\xi_i, \eta_i, h_i) = (N_i + h_i) \cos \xi_i \sin \eta_i, \\ Z_i &= f_{Z_i}(\xi_i, \eta_i, h_i) = \left(\frac{b^2}{a^2} N_i + h_i \right) \sin \xi_i, \quad i=1 \dots 15 \end{aligned} \quad (1)$$

pri čemu je:

ξ_i – elipsoidna širina (latituda), ugao koji obrazuju ravan ekvatora i normala kroz posmatranu tačku i ;

η_i – elipsoidna dužina (longituda), ugao koji obrazuju ravan po etnog meridijana i ravan meridijana posmatrane tačke i u ravni ekvatora;

h_i – elipsoidna visina, rastojanje od posmatrane tačke i na fizičkoj površi Zemlje, duž normale, do elipsoida; N – poluprečnik krivine elipsoida u pravcu prvog vertikala.

Primjenom zakona prenosa grešaka [4] na sistem jednačina (1) dobijaju se varijanse od X , Y , Z koordinata:

$$\begin{aligned} \sigma_{X_i}^2 &= \left(\frac{\partial X_i}{\partial \xi_i} \right)^2 \sigma_{\xi_i}^2 + \left(\frac{\partial X_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \sigma_{\eta_i}^2 + \left(\frac{\partial X_i}{\partial h_i} \right)^2 \sigma_{h_i}^2, \\ \sigma_{Y_i}^2 &= \left(\frac{\partial Y_i}{\partial \xi_i} \right)^2 \sigma_{\xi_i}^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \sigma_{\eta_i}^2 + \left(\frac{\partial Y_i}{\partial h_i} \right)^2 \sigma_{h_i}^2, \\ \sigma_{Z_i}^2 &= \left(\frac{\partial Z_i}{\partial \xi_i} \right)^2 \sigma_{\xi_i}^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \sigma_{\eta_i}^2 + \left(\frac{\partial Z_i}{\partial h_i} \right)^2 \sigma_{h_i}^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Matematički izrazi za parcijalne izvode u jednačinama (2) imaju sljedeći oblik:

$$\begin{aligned} \frac{\partial X}{\partial \xi} &= \left(N \frac{e^2 - 1}{1 - e^2 \sin^2 \xi} - h \right) \sin \xi \cos \eta, \\ \frac{\partial X}{\partial \eta} &= -(N + h) \cos \xi \sin \eta, \quad \frac{\partial X}{\partial h} = \cos \xi \cos \eta, \\ \frac{\partial Y}{\partial \xi} &= \left(N \frac{e^2 - 1}{1 - e^2 \sin^2 \xi} - h \right) \sin \xi \sin \eta, \\ \frac{\partial Y}{\partial \eta} &= (N + h) \cos \xi \cos \eta, \quad \frac{\partial Y}{\partial h} = \cos \xi \sin \eta, \\ \frac{\partial Z}{\partial \xi} &= \left(\frac{b^2}{a^2} N \frac{1}{1 - e^2 \sin^2 \xi} + h \right) \cos \xi, \quad \frac{\partial Z}{\partial \eta} = 0, \\ \frac{\partial Z}{\partial h} &= \sin \xi. \end{aligned}$$

Vrijednosti varijansi krivolinijskih koordinata određene su primjenom principa jednakih uticaja [4] na sistem jednačina (2):

$$\left(\frac{\partial X_i}{\partial \xi_i} \right)^2 \sigma_{\xi_i}^2 = \left(\frac{\partial X_i}{\partial \eta_i} \right)^2 \sigma_{\eta_i}^2 = \left(\frac{\partial X_i}{\partial h_i} \right)^2 \sigma_{h_i}^2 = \frac{\sigma_{X_i}^2}{3},$$

$$\left(\frac{\partial Y_i}{\partial \xi_i}\right)^2 \dagger_{\xi_i}^2 = \left(\frac{\partial Y_i}{\partial \eta_i}\right)^2 \dagger_{\eta_i}^2 = \left(\frac{\partial Y_i}{\partial h_i}\right)^2 \dagger_{h_i}^2 = \frac{\dagger_{Y_i}^2}{3},$$

$$\left(\frac{\partial Z_i}{\partial \xi_i}\right)^2 \dagger_{\xi_i}^2 = \left(\frac{\partial Z_i}{\partial \eta_i}\right)^2 \dagger_{\eta_i}^2 = \left(\frac{\partial Z_i}{\partial h_i}\right)^2 \dagger_{h_i}^2 = \frac{\dagger_{Z_i}^2}{3},$$

odnosno:

$$\dagger_{\xi_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial X_i}{\partial \xi_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{X_i},$$

$$\dagger_{\eta_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial X_i}{\partial \eta_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{X_i}, \quad \dagger_{h_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial X_i}{\partial h_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{X_i},$$

$$\dagger_{\xi_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Y_i}{\partial \xi_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Y_i}, \quad \dagger_{\eta_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Y_i}{\partial \eta_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Y_i},$$

$$\dagger_{h_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Y_i}{\partial h_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Y_i},$$

$$\dagger_{\xi_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Z_i}{\partial \xi_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Z_i}, \quad \dagger_{\eta_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Z_i}{\partial \eta_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Z_i},$$

$$\dagger_{h_i} = \left(\sqrt{3} \cdot \left|\frac{\partial Z_i}{\partial h_i}\right|\right)^{-1} \cdot \dagger_{Z_i}. \quad (3)$$

Za ta nost transformisanih pravougljih koordinata ta aka usvojena je ta nost dobijena primjenom MNK na odgovaraju i model transformacije. Vrijednosti varijansi odnosno standardnih odstupanja za $\{\xi_i\}$ su zanemarive, u pitanju je ak hiljaditi dio lu ne sekunde. Stoga, analizirani su samo standardi transformisanih visina ta aka. U tabeli 4 prikazane su prosje ne, minimalne i maksimalne vrijednosti standardnih odstupanja transformisanih visina ta aka za svaku od primjenih transformacija.

Tabela 4. Prosje na, minimalna i maksimalna vrijednost standardnog odstupanja transformisanih visina ta aka

Transformacija	$\dagger_{\bar{h}}$ [cm]	$\dagger_{h_{\min}}$ [cm]	$\dagger_{h_{\max}}$ [cm]
7 - parametarska	5.3	2.1	12.5
9 - parametarska	5.1	1.9	12.2

Na osnovu analize rezultata transformacija, predstavljanih u tabeli 4, proizilazi zaklju ak da prilikom ocene visina treba biti vrlo pažljiv i u slu aju zahteva za visokom ta noš u, poželjno je primeniti nivelman, umesto GPS merenja. Ako se uporede dve transformacije u navedenom primeru ne može se sa sigurnoš u tvrditi da su podaci afine transformacije zna ajno bolji,

ali svakako ukazuju na odre ene manjkavosti pretpostavke o jednakosti uticaja izvora grešaka po sve tri ose.

U tabeli 5 prikazano je kolika bi trebala biti standardna odstupanja transformisanih 3D pravougljih koordinata ta aka da bi ta nost visine iznosila 1cm, 3 cm ili 5 cm.

Tabela 5. Standardna odstupanja 3D pravougljih koordinata ta aka za zadatu ta nost visine

\dagger_{h} [cm]	\dagger_{X} [cm]	\dagger_{Y} [cm]	\dagger_{Z} [cm]
1	1.2	0.4	1.2
3	3.5	1.1	3.6
5	5.9	1.8	6.1

6. ZAKLJU AK

U prethodnim poglavljima diskutovano je o dvije vrste transformacija koordinata, Helmertovoj sedmoparametarskoj i Afinoj devetoparametarskoj transformaciji. Potreba za transformisanim koordinatama javlja se u cilju predstavljanja prostornih podataka u jedinstvenom zajedni kom referentnom sistemu. Afina devetoparametarska transformacija je definisana kao problem odre ivanja tri parametra translacije, tri parametra rotacije i tri parametra razmjere.

Rješenje devetparametarske transformacije privuklo je širok raspon istraživanja u raznim poljima geodezije [6] [7], navigaciji [8], medicini [9] [10] [11], ra unarskoj analizi slike [12] i modeliranju površina [13] i [14]. Kod tradicionalne sedamparametarske transformacije pored grešaka položaja zajedni kih ta aka u dva koordinatna sistema, javlja se i razli itost u razmeri, po tri ose.

Metodom najmanjih kvadrata, greška zajedni ke ta ke je obra ena kao neka vrsta slu ajnog signala, a uzima se zajedni ki parametar razmjere kako bi se riješio problem neujedna enih osa skaliranja.

Uspostava matemati ke veze izme u koordinata ta aka u razli itim geodetskim datumima danas je vema aktuelna. Naj eš e koriš ena trodimenzionalna transformacija je sedmoparametarska Helmertova transformacija. U programima za obradu GNSS opažanja, transformacija koordinata ta aka je bazirana na algoritmima sa transformacionim skupom od sedam parametara, i ne postoji mogu nost primjene devetoparametarske transformacije. U radu je testirana devetoparametarska transformacija. Razlike u odstupanjima po koordinatnim osama izme u transformacija postoje i ponekad mogu biti zna ajne. Nešto bolja prilagodljivost realnim uslovima kvaliteta postoje e mreže postignuta je devetoparametarskom transformacijom.

LITERATURA

- [1] Mihailovi K, Aleksi I, Kocepti mreža u geodetskom premjeru, Geokarta, Beograd, 2008.
- [2] Boži B, Ra un izravnjanja osnovni nivo, skripta, Beograd, 2012.
- [3] Boži B, Premer nepokretnosti primenom tehnologije globalnog sistema pozicioniranja, skripta, Beograd, 2013.
- [4] Perovi G, Precizna geodetska mjerenja, Beograd, 2007.
- [5] Bursa M, The theory for the determination of the non-parallelism of the minor axis of the reference ellipsoid and the inertial polar axis of the Earth, and the planes of the initial astronomic and geodetic meridians from the observation of artificial Earth satellites, Stud. Geophys. Geod., 1962.
- [6] Antonopoulos A, Scale effects associated to the transformation of a rotational to a triaxial ellipsoid and their connection to relativity, J. Planet. Geod., 2003.
- [7] Watson G. A, Computing Helmert transformations, J. Comp. Appl. Math., 2006.
- [8] Forsberg R, Experience with the ULISS-30 inertial survey system for local geodetic and cadastral network control, J. Geod, 1991.
- [9] Piperakis E. and I. Kumazawa, Affine transformation of 3D objects represented with Neural Network, Proceedings of 3-D Digital Imaging and Modeling (3DIM 01'), 2001.
- [10] Pfefferbaum A, M. J. Rosenbloom, T. Rohlfing E. Adalsteinsson, C. A. Kemper, S. Deresinski, and E. V. Sullivan, Contribution of alcoholism to brain dysmorphology in HIV infection: Effects on the ventricles and corpus callosum, Neuroimage, 2006.
- [11] Sun F. T, R. A. Schriber J. M. Greenia, J. He, A. Gitcho and J. W. Jagust, Automated template-based PET region of interest analyses in the aging brain, Neuroimage, 2007.
- [12] Ashburner J. and K. Friston, Multimodal Image Co-registration and Partitioning-A Unified Framework, NeuroImage, 1997.
- [13] Niederoest J, A bird's eye view on Switzerland in the 18th century: 3D recording and analysis of a historical relief model. The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing Spat. Inf. Sci., 2003.
- [14] Gruen A. and D. Akca, Least squares 3D surface and curve matching, ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing, 2005.

SUMMARY

SIGNIFICANCE OF APPLICATION OF THE NINE PARAMETRIC COORDINATE TRANSFORMATION WHERE LOCAL STATE NETWORK IS NOT ENOUGH RELIABLE

The most commonly used method for establishing the mathematical basis of surveying and spatial data collection is the method of Global Navigation Satellite Positioning System (GNSS). However, these data relate to the World Geodetic Date WGS84 which is different from the State geodetic network,. As a part of realization the project of determining spatial local reference network Mrkonji Grad the GNSS observations on 15 trigonometric points whose position is known to the State system of coordinates (x, y, h) were made. For the purpose of coordinate transformation between the two system two different transformation models were analyzed. Beside the most commonly used Helmert seven parameter transformation, afina nine parametric transformation was tested. Comparing the two transformations models, conclusion was made that shows some benefits of using affina nine parameter transformation models in Republic of Serpska .

Key words: *transformation, transformation parameters, identical points, seven parametric and nine parametric transformation*