

Porovnanie presnosti statickou metódou v reálnom čase pre prístroje globálnych navigačných satelitných systémov

Slavomír Labant¹, Lucia Kalatovičová¹, Pavel Kukučka¹ a Erik Weiss²

Precision of GNSS instruments by static method comparing in real time

Tablet paper describes comparison of measuring accuracy two apparatus from the firm Leica. One of them receive signals only from GPS satellites and another instrument is working with GPS and also with GLONASS satellites. Measuring is carry out by RTK static method with 2 minutes observations. Measurement processing is separated to X, Y (position) and h (height). Adjustment of direct observations is used as a adjusting method.

Key words: GNSS, static, Leica

Úvod

V geodetickej praxi sa čoraz častejšie stretávame s technológiou družicových navigačných a polohových systémov. Tieto systémy umožňujú určovať veľmi presne polohu objektu v 3D priestore a vykonávať navigáciu za akéhokoľvek počasia, kedykoľvek a kdekoľvek na zemskom povrchu, prípadne aj v priľahlom kozmickom priestore. Jedinou obmedzujúcou podmienkou ich úspešného využívania je priama viditeľnosť so satelitmi. V súčasnej dobe poznáme viacero satelitných systémov rôznych výrobcov s rôzne veľkými oblasťami prijmu týchto signálov. Rovnako je to aj s výrobcami geodetických prístrojov na príjem signálov zo satelitných navigačných signálov.

Globálne satelitné navigačné systémy

Najznámejší a najrozšírenejší systém je NAVSTAR GPS, ktorý sa vyvíja od roku 1973. Jeho "známy brat", ruský GLONASS, v minulosti zasiahnutý ťažkou ekonomickou situáciou Ruska, sa v súčasnej dobe vracia do normálu. Podľa vyhlásení hlavného konštruktéra ruského navigačného systému, bolo plné pokrytie územia Ruska dosiahnuté začiatkom roku 2008 (18 satelitov). Globálny dosah by mal systém dosiahnuť do začiatku roku 2010 (24 satelitov). V súčasnej dobe medzi nimi vyrastá navigačný systém Galileo, ktorého výstavbu realizuje EÚ. Prevádzkyschopný by mal byť od roku 2010. V budúcnosti by mal poskytovať vyššiu presnosť v porovnaní s existujúcimi navigačnými systémami dostupnými všetkým používateľom. Súhrn všetkých navigačných systémov sa označuje GNSS – globálne navigačné satelitné (družicové) systémy.

Kinematická metóda merania v reálnom čase – RTK

V súčasnej dobe je v ponuke viacero foriem merania pomocou globálneho navigačného satelitného systému (ďalej GNSS). Jednou z foriem relatívnych kinematických meraní je kinematická metóda merania v reálnom čase – RTK. Geodetické merania v reálnom čase sa zakladajú na synchronnom meraní minimálne dvoch GNSS prijímačov, ktoré medzi sebou komunikujú buď pomocou rádiodemou alebo funkciou referenčnej stanice preberá služba permanentných staníc GNSS, ktorá môže byť národná (na území SR je to SKPOS) alebo riadená iným prevádzkovateľom (napr. Leica Spider). Celá problematika šírenia diferenciálnych korekcií je podstatne zložitejšia.

Princíp RTK spočíva v okamžitom prenose odmeraných údajov referenčnej stanice, ktorá prijíma signál z družíc a spracúva ho do pohybujúceho sa roveru prostredníctvom rádiového spojenia. Tento má v sebe zabudovaný softvér na spracovanie fázových meraní, takže hneď po inicializácii sa z meraní prijatých z referenčného prijímača a z vlastných meraní môžu tvoriť diferencie a uskutočniť celkové spracovanie relatívneho určovania polohy s využitím vysielaných efemeríd (predpovedí dráhy pohybu družíc).

RTK merania možno vykonať dvoma metódami:

1. *Statické meranie v reálnom čase:* Najlepšie výsledky sú dosahované pri niekoľko minútovom pozorovaní. Výsledné súradnice sú priemernou hodnotou merania z intervalu, počas ktorého bol

¹ Ing. Slavomír Labant, PhD., Ing. Lucia Kalatovičová, Ing. Pavel Kukučka, Ústav geodézie, kartografie a GIS, Fakulta BERG Technickej Univerzity v Košiciach, Park Komenského 19, 042 00 Košice. slavomir.labant@tuke.sk, lucia.kalatovicova@tuke.sk, pavel.kukučka@tuke.sk.

² Ing. Erik Weiss, PhD., Ústav geoturizmu, Fakulta BERG Technickej Univerzity v Košiciach, 042 00 Košice, erik.weiss@tuke.sk
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 9. 9. 2009)

prijímač na určovanom bode. Polohovú presnosť bežne udáva výrobca podľa vzťahu: $5\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot b$, kde b je vzdialenosť medzi referenčným a pohybujúcim sa prijímačom vyjadrená v [km].

2. *Kinematické meranie v reálnom čase:* Pri tejto metóde sa rover plynule pohybuje, mení svoju polohu a okamžité súradnice sa registrujú do internej pamäte. Záznam súradníc môže byť v intervale 0,1 až niekoľko desiatok sekúnd. Polohová presnosť sa udáva podľa vzťahu: $10\text{mm} + 2\text{ppm} \cdot b$.

Softvéry pre metódu RTK ponúkajú okrem možnosti práce v geocentrickom systéme aj prácu v rovinnom systéme s tým, že umožňujú voľby kartografického zobrazenia. Pomocou nich je možné voliť transformačné parametre na základe merania identických bodov. Súčasťou výsledku merania, ktorý sa zobrazuje na displeji pohybujúceho sa rovera, sú okrem rovinných súradníc vo zvolenom súradnicovom systéme aj výšky a charakteristiky presnosti určenia okamžitej polohy (Hefty, 2003; Pisca, 2005).

Presnosť určovania polohy pomocou GNSS

Presnosť určovania priestorovej polohy pomocou GNSS je funkciou viacerých činiteľov, a preto nemožno uviesť jednoznačné údaje vzťahujúce sa na všetky situácie. Vo všeobecnosti platí, že určenie elipsoidických výšok je 1,5 až 3-násobne menej presné ako určenie horizontálnej polohy. Príčinou je nesymetrické rozloženie družíc z hľadiska určenia výšky a rozličný vplyv troposférickej refrakcie na meraných stanoviskách.

Z hľadiska geodetických aplikácií je rozhodujúca presnosť relatívneho určovania polohy. Najvýznamnejšími faktormi ovplyvňujúcimi skutočnú presnosť určenia súradníc pomocou relatívnych fázových meraní sú: dĺžka intervalu merania, dĺžka meranej základnice, počet družíc a ich poloha vzhľadom na merané body, metóda spracovania, použité modely, stupeň eliminácie systematických chýb, metódy riešenia ambiguit, meranie na jednej alebo dvoch frekvenciách, typ prijímača a antény, typ efemeríd družíc.

Je dôležité si uvedomiť, že pri zvyšovaní doby observácie nie je rozhodujúce dosiahnuť väčší počet meraní, ale získať dostatočnú zmenu geometrie družíc na vyriešenie ambiguit. K tomu dochádza po uplynutí určitého časového intervalu (Hefty, 2003; Pisca, 2005).

Použité prístroje

Na meranie boli použité prístroje Leica GPS900CS a Leica GPS1200. Tab. 1 obsahuje predovšetkým parametre, ktorými sa tieto dva prístroje odlišujú. Ďalšie parametre sú uvedené v manuáloch príslušných prístrojov.

Tab. 1. Parametre prístrojov Leica GPS1200 a Leica GPS900CS.
Tab. 1. Parameters of instruments Leica GPS1200 and Leica GPS900CS.

Typ	LEICA GPS1200	LEICA GPS900CS
	Dvojfrekvenčný, len GPS geodetický RTK prijímač	Dvojfrekvenčný, GNSS geodetický RTK prijímač
		
Kanály	12L1+12L2 GPS/WAAS/EGNOS	14L1+14L2 GPS/WAAS/EGNOS 12L1+12L2 GLONASS
Hmotnosť	anténa – 1,12kg, ovládač – 0,75kg	
Kapacita	Asi 90 000 RTK bodov s kódmi	Asi 1 400 000 RTK bodov s kódmi
Presnosť:	Kinematická: horizontálna: $10\text{ mm} + 1\text{ ppm} \cdot b$, vertikálna : $20\text{ mm} + 1\text{ ppm} \cdot b$, Statická: horizontálna: $5\text{ mm} + 0,5\text{ ppm} \cdot b$, vertikálna: $10\text{ mm} + 0,5\text{ ppm} \cdot b$.	
Komunikácia	Môžu byť pripojené jedno alebo dve nasledujúce zariadenia: rádio modem, GSM/GPRS, vysokorychlostný „wireless“.	

Demonštračné meranie

Meranie sa uskutočnilo v dňoch 12. 3. 2008 a 19. 3. 2008 na bode C20 na sídlisku Dargovských hrdinov. Tento bod patrí do bodového poľa pre geodetické a GNSS monitorovanie zosuvného územia sídliska Dargovských hrdinov. Je stabilizovaný združeným geodetickým bodom, na vrchu je zabetónovaná kovová doska. V jej strede je otvor s priemerom $\varnothing=16$ mm, ktorý sa používa na závislú centráciu. Keďže nebola k dispozícii podložka pre závislú centráciu, použila sa na urovanie pilierová a trojboká podložka a optický dosťredovač. Dňa 12.3.2008 sa použila na meranie aparátúra Leica GPS1200, ktorá prijíma údaje iba z družíc GPS. Poloha antény GNSS bola zaznamenaná 100 krát s 8 minútovými prestávkami. Z každej dvoj-minútovej observácie prístroj uložil do pamäte priemernú hodnotu.

Meranie dňa 19. 3. 2008 sa vykonalo rovnakým postupom ako 12. 3. 2008. Prístroj Leica GPS900CS, ktorá môže prijímať údaje aj z družíc GLONASS, preto sa striedavo nastavoval príjem údajov z družíc GNSS a GPS.



Obr. 1. Situácia bodu C-20.
Fig. 1. Situation of point C-20.

Spracovanie výsledkov observácií

Spracovanie nameraných dát sme vykonali pomocou softvéru Leica Geo Office v.5. Výstupné súradnice (tab. 4 a tab. 5) sa použili na ďalšie spracovanie. Spracovanie observácií bolo vykonané pre každú súradnicovú os samostatne. Observácie z 19. 3. 2008 sa rozdelili na merania GNSS a GPS a spracovávali sa oddelene rovnakým postupom spracovania.

Testovanie odľahlých hodnôt v súbore meraní

Testovanie odľahlých meraní bolo vykonané kvôli vylúčeniu pôsobenia hrubých chýb. Jednotlivé merania alebo odchýlky je nutné testovať ešte pred vyrovnaním. Testovanie sa vykonalo pomocou približného obojstranného testovania opráv, kde sa vzali do úvahy aj váhy meraných veličín. Testovacia hodnota podľa Studentovho rozdelenia je

$${}^j t_i = \frac{|{}^j v_i \cdot {}^j p_i|}{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n {}^j p_i \cdot {}^j v_i^2 - {}^j p_i \cdot {}^j v_i^2}{j n - 1}}} \quad (1)$$

Testovacia hodnota sa porovnávala s kritickou hodnotou $t_{\alpha, n}$ Studentovho rozdelenia na hladine významnosti $\alpha = 5\%$ a n početnosti skúmaného súboru (Böhm, 1990; Weiss, 1997; Gašincová et. Al, 2008). Pre vlastné testovanie je potrebné najskôr vypočítať váhy, vážený aritmetický priemer a opravy súborov meraných veličín.

3D spracovanie

V každom z troch spracovaní sa vypočítal vážený aritmetický priemer pre všetky ${}^j X_i, {}^j Y_i$ a ${}^j h_i$ (počet meraní $-j = 1, 2, 3$, počet observácií $-i = 1, 2, \dots, n$)

$${}^j X_{AP} = \frac{\sum_{i=1}^n {}^j X_i \cdot {}^j p_{X_i}}{\sum_{i=1}^n {}^j p_{X_i}}, \quad {}^j Y_{AP} = \frac{\sum_{i=1}^n {}^j Y_i \cdot {}^j p_{Y_i}}{\sum_{i=1}^n {}^j p_{Y_i}}, \quad {}^j h_{AP} = \frac{\sum_{i=1}^n {}^j h_i \cdot {}^j p_{h_i}}{\sum_{i=1}^n {}^j p_{h_i}} \quad (2)$$

kde príslušné váhy ${}^j p_i$ pre jednotlivé observácie a spracovania sa určovali za splnenia podmienky:

$$\sum_{i=1}^n {}^j p_i = {}^j n, \quad \text{v tvare } {}^j p_i = \frac{{}^j \sigma_0^2}{{}^j \sigma_i^2}, \quad \text{pričom } {}^j \sigma_0^2 = \frac{{}^j n}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{{}^j \sigma_i^2}} \quad (3)$$

Potom sa určili hodnoty opráv:

$${}^j v_{xi} = {}^j X_{AP} - {}^j X_i, \quad {}^j v_{yi} = {}^j Y_{AP} - {}^j Y_i, \quad {}^j v_{hi} = {}^j h_{AP} - {}^j h_i. \quad (4)$$

Testovanie ukázalo, že meranie č. 9 a potom č. 3 z “12.3.2008 – GPS“ musíme vylúčiť. Konečné výsledky testovania odľahlých hodnôt v meraniach pre X_i , Y_i a h_i sú v Tab. 2.

Tab. 2. Výsledky testovania odľahlých hodnôt v meraniach.
Tab. 2. Results of the outlier detection in the measuring.

Deň - Satelity	Poradie:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
	Test									
12.3.2008 - GPS	t_{xi}	0,199	2,226	$t_{xi} > t_{\alpha,n}$	0,786	0,146	0,615	1,095	0,811	$t_{xi} > t_{\alpha,n}$
	t_{yi}	0,796	1,107	1,865	0,183	0,125	0,443	1,289	0,763	1,505
	t_{hi}	0,062	0,204	0,588	1,614	0,164	1,818	0,055	0,679	2,107
	$t_{\alpha,n}$	n = 9	2,26	n = 7	2,36					
	Záver:	$t_i < t_{\alpha,n}$ - v meraniach sa nenachádza žiadna odľahlá oprava								
19.3.2008 - GNSS	t_{xi}	2,129	0,849	0,584	0,663	0,803				
	t_{yi}	0,973	0,569	1,071	2,023	0,148				
	t_{hi}	0,124	0,024	2,395	0,395	1,530				
	$t_{\alpha,n}$	n = 5	2,57							
	Záver:	$t_i < t_{\alpha,n}$ - v meraniach sa nenachádza žiadna odľahlá oprava								
19.3.2008 - GPS	t_{xi}	2,502	0,616	0,991	0,544	0,394				
	t_{yi}	0,284	0,518	2,306	1,428	0,192				
	t_{hi}	0,700	1,810	0,551	0,171	1,509				
	$t_{\alpha,n}$	n = 5	2,57							
	Záver:	$t_i < t_{\alpha,n}$ - v meraniach sa nenachádza žiadna odľahlá oprava								

Výpočet empirickej strednej chyby z opráv:

$${}^j m_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n {}^j p_{X_i} \cdot {}^j v_{xi}^2}{j n'}}, \quad {}^j m_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n {}^j p_{Y_i} \cdot {}^j v_{yi}^2}{j n'}}, \quad {}^j m_h = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n {}^j p_{hi} \cdot {}^j v_{hi}^2}{j n'}}, \quad (5)$$

kde n' je počet nadbytočných meraní, $n' = n - 1$.

Výpočet strednej chyby aritmetického priemeru z opráv:

$${}^j m_{XAP} = \frac{{}^j m_x}{\sqrt{{}^j n}}, \quad {}^j m_{YAP} = \frac{{}^j m_y}{\sqrt{{}^j n}}, \quad {}^j m_{hAP} = \frac{{}^j m_h}{\sqrt{{}^j n}}. \quad (6)$$

Výsledná hodnota z troch spracovaní sa vypočítala ako vážený aritmetický priemer ${}^3 X_{AP}$, ${}^3 Y_{AP}$, ${}^3 h_{AP}$:

$${}^3 X_{AP} = \frac{\sum_{j=1}^3 {}^j X_{AP} \cdot {}^j p_X}{\sum_{j=1}^3 {}^j p_X}, \quad {}^3 Y_{AP} = \frac{\sum_{j=1}^3 {}^j Y_{AP} \cdot {}^j p_Y}{\sum_{j=1}^3 {}^j p_Y}, \quad {}^3 h_{AP} = \frac{\sum_{j=1}^3 {}^j h_{AP} \cdot {}^j p_h}{\sum_{j=1}^3 {}^j p_h}, \quad (7)$$

kde ${}^j p_X$, ${}^j p_Y$, ${}^j p_h$ sú príslušné váhy vážených aritmetických priemerov vypočítaných podľa (3) (Sütti, 1997).

Výsledky spracovania súborov nameraných hodnôt X , Y a h sú v Tab. 3 Výškové spracovanie musíme ešte ošetriť o výškovú diferenciu, o ktorú je centrum antény prijímača vyššie ako výšková značka umiestnená na boku observačného piliera. Vertikálny rozdiel medzi výškovou značkou a anténou sa odmeral pomocou nivelačného prístroja a pravítka. Dňa 12.03.2008 bola výška antény 1,315 m a 19.03.2008 bola 1,316 m. O túto korekciu opravené namerané výšky sa spracovali.

Tab. 3. Výsledky spracovania meraní v 2D.

Tab. 3. Results of adjustment calculation in 2D.

Deň - Satelity	X _{AP} [m]	Y _{AP} [m]	h _{AP} [m]	m _X [mm]	m _Y [mm]	m _h [mm]	m _{X AP} [mm]	m _{Y AP} [mm]	m _{h AP} [mm]
12.3.2008 - GPS	1238055,1402	261451,2936	218,3433	3,21	7,78	8,80	1,21	2,59	2,93
19.3.2008 - GNSS	1238055,1433	261451,2881	218,3329	4,50	0,93	8,17	2,01	0,42	3,65
19.3.2008 - GPS	1238055,1426	261451,2877	218,3294	5,63	2,46	12,25	2,52	1,10	5,48
Vážený AP	1238055,1412	261451,2881	218,3378	1,71	1,02	7,16	0,99	0,59	4,14

Tab. 4. Výstup z Leica GPS1200 z 12.03.2008.

Tab. 4. Output from Leica GPS1200 at 12.03.2008.

Point Id	Northing X [m]	Easting Y [m]	Orth. height h [m]	Coordinate quality [m]	Std. deviation X [m]	Std. deviation Y [m]	Std. deviation h [m]	Ellipse a [m]	Ellipse b [m]	Orientation [° ' '']	Code
01	1238055.1382	261451.2993	219.6578	0.0133	0.0067	0.0041	0.0108	0.0069	0.0036	-18 28 06.886	GPS
02	1238055.1345	261451.3022	219.6601	0.0146	0.0074	0.0046	0.0118	0.0077	0.0040	-18 52 47.555	GPS
03	1238055.1276	261451.3063	219.6636	0.0150	0.0074	0.0045	0.0123	0.0075	0.0042	-14 32 10.420	GPS
04	1238055.1390	261451.2951	219.6454	0.0147	0.0067	0.0045	0.0123	0.0068	0.0042	-15 52 24.592	GPS
05	1238055.1428	261451.2944	219.6571	0.0114	0.0048	0.0035	0.0098	0.0049	0.0033	-17 34 52.730	GPS
06	1238055.1446	261451.2902	219.6440	0.0144	0.0057	0.0043	0.0125	0.0059	0.0041	-19 00 54.736	GPS
07	1238055.1389	261451.2849	219.6578	0.0139	0.0052	0.0041	0.0122	0.0054	0.0039	-19 51 26.784	GPS
08	1238055.1387	261451.2860	219.6665	0.0189	0.0071	0.0057	0.0166	0.0074	0.0053	-21 47 17.054	GPS
09	1238055.1602	261451.2835	219.6717	0.0125	0.0051	0.0042	0.0106	0.0055	0.0037	-29 50 25.397	GPS
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	h [m]	presnosť v 3D	štandardná odchýlka v osi: X Y h			chybové elipsy a b		orientácia elipsy	kód

Point Id	Northing X [m]	Easting Y [m]	Orth. height h [m]	Coordinate quality [m]	Std. deviation X [m]	Std. deviation Y [m]	Std. deviation h [m]	Ellipse a [m]	Ellipse b [m]	Orientation [° ' '']	Code
01	1238055.1502	261451.2889	219.6478	0.0139	0.0061	0.0041	0.0118	0.0065	0.0034	-23 49 53.209	GNSS
02	1238055.1326	261451.2869	219.6542	0.0150	0.0070	0.0047	0.0124	0.0074	0.0040	-23 08 11.384	GPS
03	1238055.1394	261451.2875	219.6491	0.0138	0.0065	0.0044	0.0114	0.0068	0.0039	-21 19 04.053	GNSS
04	1238055.1460	261451.2889	219.6614	0.0135	0.0064	0.0043	0.0111	0.0066	0.0040	-18 17 33.831	GPS
05	1238055.1409	261451.2889	219.6604	0.0121	0.0056	0.0038	0.0100	0.0057	0.0037	-13 31 33.333	GNSS
06	1238055.1475	261451.2841	219.6391	0.0132	0.0061	0.0041	0.0110	0.0061	0.0040	-7 22 56.875	GPS
07	1238055.1460	261451.2868	219.6459	0.0123	0.0055	0.0038	0.0103	0.0055	0.0038	-4 10 12.013	GNSS
08	1238055.1396	261451.2906	219.6432	0.0141	0.0062	0.0044	0.0119	0.0062	0.0044	-1 35 26.015	GPS
09	1238055.1445	261451.2881	219.6314	0.0127	0.0055	0.0040	0.0108	0.0055	0.0040	0 40 10.179	GPS
10	1238055.1401	261451.2882	219.6386	0.0132	0.0056	0.0040	0.0113	0.0056	0.0040	0 18 13.778	GNSS
Číslo bodu	X [m]	Y [m]	h [m]	presnosť v 3D	štandardná odchýlka v osi: X Y h			chybové elipsy a b		orientácia elipsy	kód

Tab. 5. Výstup z Leica GPS900CS z 19.03.2008.

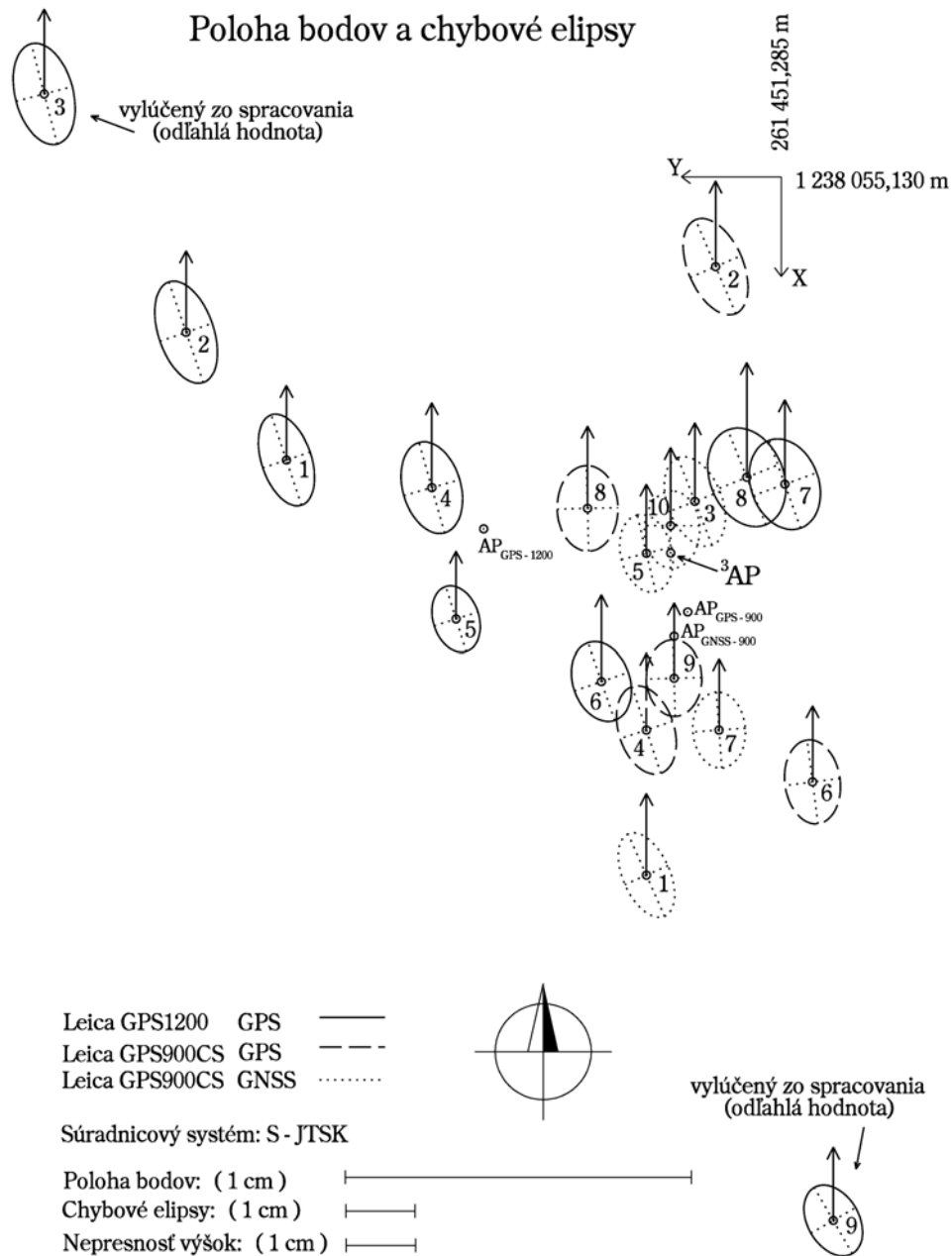
Tab. 5. Output from Leica GPS900CS at 19.03.2008.

Porovnanie presnosti meraných veličín

Observácie predstavujú $j=3$ súbory nameraných hodnôt rôznych veličín toho istého druhu tou istou metódou s rôznym počtom hodnôt. Testovanie homogenity presnosti meraných veličín sa vykonalo Cochranovým testom, pričom sa vykonala redukcia hodnôt empirických variácií m^2 na rovnaký počet meraní \bar{m}^2 . Testovacou štatistikou je náhodná premenná (Weiss, 1997):

$$G_X = \frac{\bar{m}_{X_{\max}}^2}{\sum_{i=1}^j \bar{m}_{X_i}^2}, \quad G_Y = \frac{\bar{m}_{Y_{\max}}^2}{\sum_{i=1}^j \bar{m}_{Y_i}^2}, \quad G_h = \frac{\bar{m}_{h_{\max}}^2}{\sum_{i=1}^j \bar{m}_{h_i}^2}, \quad (8)$$

ktorá sa porovnáva s kritickou hodnotou G_{α,j,n_r} určenou pre hladinu významnosti $\alpha = 5\%$. Testovacie štatistiky jednotlivých súborov v porovnaní s kritickou hodnotou $G_{X(Y,h)} < G_{\alpha,j,n_r}$ vypovedajú, že súbory meraných veličín boli namerané na rovnakej presnostnej úrovni.



Obr. 2. Grafické vizualizácia polohy bodov, presnosť v 2D a 1D.
 Fig. 2. Graphic visualisation points position, accuracy in 2D and 1D.

Spracovaním meraní v 3D priestore sa dajú vykresliť elipsoidy stredných chýb, lenže pre praktické použitie nie je čitateľnosť týchto elipsoidov dostatočná. S výhodou sa v spracovateľských softvéroch na vizualizáciu presnosti používajú elipsy stredných chýb v polohe – v rovine XY a stredná chyba výšky, ktorá sa sklopí do roviny XY s orientáciou na sever a na juh a jej veľkosť sa znázorní šípkou. Na obr. 2 je grafická vizualizácia výsledkov súborov nameraných hodnôt. Presnosť v 2D znázorňujú štandardné elipsy a presnosť v 1D znázorňujú štandardné odchýlky - šípky. Pre prehľadnosť kresby je znázornená presnosť výšky len v jednom smere. V grafickom zobrazení sú naznačené aj polohy vážených aritmetických priemerov z jednotlivých súborov nameraných hodnôt.

Záver

Výsledky spracovania preukazujú, že jednotlivé súbory meraní sú zo štatistického hľadiska na rovnakej presnostnej úrovni. To poukazuje na to, že výber príjmu signálov GPS, resp. GPS+GLONASS nemá významnejší vplyv na presnosť nameraných hodnôt súradníc. Pre nízky počet nadbytočných meraní ($n' = 4$) majú dosiahnuté výsledky a závery len orientačný charakter. Relevantnejšie a štatisticky hodnotnejšie výsledky by poskytovalo spracovanie s rozsiahlejšími súbormi nameraných hodnôt. Ďalšie spresnenie určovania súradníc metódou RTK možno očakávať od roku 2010, keď sa predpokladá spustenie nového systému GALILEO.

Príspevok vznikol v súvislosti s riešením grantového projektu VEGA, č. 1/3355/06: „Nové trendy monitorovania kinematiky svahových porúch sídliska Dargovských hrdinov s ohľadom na bezpečnosť obyvateľstva“ a č. 1/4188/07 „Možnosti využitia jednofrekvenčných družicových prijímačov na monitorovanie deformačných prejavov dynamicky zatažovaných vodných diel“ riešeného na ÚGKaGIS, Fakulta BERG, TU Košice.

Literatúra - References

- Bitterer, L.: Vyrovnávací počet. *Žilinská univerzita, Žilina 2005*. ISBN 80-8070-517-8.
- Böhm, J., Radouch, V., Hampacher, M.: Teorie chyb a vyrovnávací počet. 2. vydanie. *Praha: Geodetický a kartografický podnik, s. p., 1990*. ISBN 80-7011-056-2.
- Gašincová, S., Gašinec, J., Trembecká, E.: Vyrovnávanie 2D geodetických sietí pomocou robustných metod. In: Geodézia, kartografia a geografické informačné systémy 2008. 5. vedecko-odborná konferencia s medzinárodnou účasťou. 16.-19. september 2008, Vysoké Tatry - Stará Lesná. Košice. *GK a GIS, 2008*, ISBN 978-80-553-0079-5.
- Hefty, J., Husár, L.: Družicová geodézia/Globálny polohový systém, *Slovenská technická univerzita, 2003*, ISBN 8022718238.
- Klobušiak, M., a kol.: Slovenská permanentná služba využitia GNSS a inteligentné dopravné systémy. *Žilinská univerzita, ISBN 80-8070-363-9, Žilina, 31.1.- 1.2.2005*, dostupné na www stránke: <http://www.gku.sk/docs/referaty/2005/spsgnss.pdf>.
- Manuál Leica GPS900CS a Leica GPS1200.
- Pisca, P.: Globálne navigačné systémy. *Žilina 2005*, dostupné na www stránke: http://svf.utc.sk/kgd/skripta/gps/Globalne_navigacne_systemy.pdf cit. 27. jún 2007.
- Sütti, J.: Geodézia. Bratislava, *Alfa, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, n.p., 1987*.
- Weiss, G., Sütti, J.: Geodetické lokálne siete I. *Prvé vydanie. Košice: vydavateľstvo Štroffek, 1997*. ISBN 80-967636-2-8.