

Testovanie presnosti kinematických GPS meraní

Gabriela Nemcová¹ a Vladimír Sedlák²

GPS kinematics measurements accuracy testing

The accuracy of kinematic GPS measurements is analyzed. Several GPS apparatus were tested in the geodetic network stabilized in the Central Slovak Region. The GPS measurements were complemented by 2D terrestrial measurements using total stations. Possibilities of using the tested GPS apparatus and selected kinematic GPS methods were considered for their application for a purpose of the real estate register, geological survey and the GIS applications.

Key words: GPS, kinematics methods, accuracy, testing.

Úvod

Cieľom príspevku je prezentácia výsledkov z testovacích GPS (globálny polohový systém Global Positioning System) kinematických meraní v určovaní 2D polohy meračských bodov a posúdenie týchto družicových navigačných meračských technológií z hľadiska ich presnosti, najmä pre katastrálne a geologické mapovanie a GIS aplikácie (Sedlák et al. 2002; Sedlák et al., 2003; Blišťan, 2003; 2005; Kuzevičová a Kuzevič, 2003; Kozáková a Kuzevičová, 2005). Na testovanie bola z radu GPS kinematických metód zvolená metóda STOP and GO. Táto metóda sa radí do skupiny tzv. polokinematických GPS metód, čo znamená, že sa v nej prelnajú prvky z kinematickej aj statickej metódy (Sedlák, 2003). Družicové navigačné merania boli realizované vybranými GPS prístrojmi *Stratus* (Sokkia) a *ProMark2* (Ashtech), ktoré sa z hľadiska aplikácie kinematických metód javia vhodné, manipulácia s nimi je jednoduchá a operatívna. GPS merania boli doplnené polohovým 2D terestrickým meraním, s použitím totálnej stanice *Nikon 352*. Overovacie a testovacie merania boli realizované na bodoch geodetickej siete - testovacej stanice v katastri obce Badín pri Banskej Bystrici. Prístroje a príslušný software zapožičala firma Ornth, s.r.o., Banská Bystrica.

Parametre testovaných GPS aparátúr

GPS prijímač Stratus (Sokkia)

V anténe *Stratus* je plne integrovaný GPS prijímač, GPS anténa a batérie, čo eliminuje potrebu prepojujúcich exterierových káblov (obr. 1). Veľmi jednoducho ovládateľný software pre zber dát, ktorý je možné spustiť na väčšine zariadení pracujúcich s operačným systémom Windows CE, ešte umocňuje výhody *Stratusu*. Dobijateľné Li-Ion kamkordérové batérie alebo D-Cell batériový blok, veľmi odolný dizajn a nízka hmotnosť robia zo systému *Stratus* riešenie, ktoré zvýši produktivitu užívateľa a zníži náklady (Prospekty 2005, www - all).



Stratus má 12-kanálový (LI) prijímač s internou pamäťou 4 MB určený pre statické, alebo kinematické GPS merania. Anténová Pinwheel technológia poskytuje omnoho spoľahlivejšie rezistentné výsledky ako multipath. V prípade, že sa *Stratus* používa v kombinácii s kontrolórom na báze Windows CE, komunikácia môže prebiehať cez infračervené rozhranie alebo cez klasický komunikačný port.

Obr. 1. *Stratus* (Sokkia).

Fig. 1. *Stratus* (Sokkia).

¹ Ing Gabriela Nemcová, GEOFLEX, Gemerská 3, 040 11 Košice

² prof. Ing. Vladimír Sedlák, PhD., Katedra geografických informačných systémov, Ústav geodézie a geografických informačných systémov, Fakulta baníctva, ekológie, riadenia a geotechnológií, Technická univerzita v Košiciach, Park Koemnského 19, 043 84 Košice

(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 20. 3. 2006)

Veľkou výhodou prijímača *Stratus* je jeho jednoduchosť a presnosť práce. Prístroj jednoduchým odčítaním operatívne poskytuje presné výsledky. Či sa použije statická alebo kinematická GPS metóda, *Stratus* poskytuje presné a spoľahlivé informácie.

Pre napájanie *Stratusu* sa používajú najmodernejšie kamkordérové Li-Ion batérie, ktoré sú bežne dostupné. Tieto veľmi malé a ľahké batérie netrpia žiadnym pamäťovým defektom a sú kedykoľvek dobíjateľné. *Stratus* je vybavený vstupom pre externé napájanie, čiže je možné k nemu pripojiť D-cell blok. Keďže je obsluha prijímača veľmi jednoduchá, poskytuje dáta priamo v teréne. Patrí sem zvyšková kapacita batérie, počet sledovaných satelitov, zvyšková kapacita pamäte a zvyškový observačný čas, ktoré sú k dispozícii priamo na displeji prijímača. Tento jednoduchý odčítací systém umožňuje konfigurovať prijímač priamo v teréne pomocou kontrolóra s dotykovým displejom a cez IrDA prebieha výmena dát s prijímačom.

GPS prijímač ProMark2

Ashtech ProMark2 (L1) poskytuje vysoko kvalitné výsledky, pričom predstavuje najlacnejší geodetický GPS systém s vysokou presnosťou (obr. 2). Okrem toho je *ProMark2* prvý a zatiaľ jediný systém na trhu, ktorý poskytuje kombináciu post-processingových meraní s centimetrovou presnosťou v režime static, ako aj možnosť stand-alone merania v reálnom čase, spolu s navigačnými mapovacími funkciami, a to všetko v rámci jedného systému. *ProMark2* je vhodným doplnkom ku každej meracej výbave a dokonalým riešením aj pre geodetické práce, ktoré vykonáva len jeden pracovník (*Prospekty 2005, www - all*).

So systémom *ProMark2* je možnosť výberu medzi meracím a navigačným režimom. Pri navigačných aplikáciách poskytuje *ProMark2* v reálnom čase navigačnú presnosť 3 až 5 m, čo je možné vďaka novej technológii, založenej na využívaní korekčných signálov WAAS (Wide Area Augmentation System) a EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay System) – tieto korekcie sú poskytované zdarma.



Obr. 2. *ProMark2* (Ashtech).

Fig. 2. *ProMark2* (Ashtech).

Navigačný režim poslúži geodetom pri realizácii dvoch dôležitých úloh, ktorými sú lokalizácia a určovanie 3D polohy meračských bodov. Stačí zadať súradnice a *ProMark2* začne užívateľa navigovať s presnosťou 3 až 5 m k danému miestu alebo k známemu bodu. Okrem zobrazenia navigačných informácií obsahuje *ProMark2* aj vstavanú mapovú databázu, ktorá umožňuje užívateľovi vidieť svoju polohu vzhľadom na diaľnice, vodné toky a železnice so súčasným zobrazením smeru, rýchlosti, vzdialenosti a ďalších informácií. Pridaním máp až na úroveň ulíc sa užívateľ môže navigovať priamo na adresu, ktorú zadá do prístroja.

V režime merania pri použití novej Ashtech ProAntény a Ashtech Solutions GPS post-processing software (*L1*) merací systém *ProMark2* veľmi presne a s vysokou efektívnosťou umožní meranie nových alebo existujúcich bodov. Užívateľia môžu používať *ProMark2* v konfigurácii s dvomi prijímačmi, alebo pre zvýšenie produktivity rozšíriť systém na tri alebo viac prijímačov. *ProMark2* je možné používať aj s tradičnými optickými meračskými nástrojmi v prípadoch, keď použitie samotného GPS nie je realizovateľné. *ProMark2* je ideálnym nástrojom pre vybudovanie bodového poľa.

Ashtech Solution post-processing software umožňuje jednoduché a presné spracovanie dát v prostredí Windows. Hlavné funkcie softwaru sú:

1. Plánovanie meraní.
2. Automatické spracovanie vektorov.
3. Vyrovnávanie siete pomocou MNŠ.
4. Analýza dát a nástroje pre kontrolu kvality.
5. Transformácie súradníc.
6. Reporty a exportovanie.

PC systém pre Ashtech Solution version 2 si vyžaduje Windows 95/98/ME/NT 4.0 alebo vyššie /2000, Pentium 133 alebo vyššie, 32 MB RAM pamäte a 90 MB priestor na disku potrebný pre inštaláciu.

Terénne merania a spracovanie meraní

Jednou z podmienok úspešného merania technológiou GPS je meranie mimo husto zastavaných oblastí a mimo hustého porastu. Prezentované merania boli realizované v lokalite osady Badín v banskobystrickom kraji. Táto lokalita sa vyznačuje práve takýmto vhodným prostredím. Geodetická sieť – testovacia stanica Badín pozostáva zo štyroch bodov č. 5001 až č. 5004, na ktorých bolo realizované statické GPS meranie (referenčné body - bázy) a z pätnástich bodov č. 1 až č. 15 (objektové body), ktoré boli zamerané kinematickou GPS metódou. Samotná geodetická sieť – testovacia stanica Badín slúži k testovaniu GPS prístrojov a aj iných geodetických prístrojov pre terestrické merania. Stanica patrí firme Ornth, s.r.o., Banská Bystrica, pričom jej servis využíva aj niekoľko ďalších súkromných geodetických firiem v banskobystrickom kraji.

GPS a terestrické testovacie a overovacie merania boli uskutočnené 12. 11. 2005. V tento deň bola jasná obloha bez akýchkoľvek prekážok, čím bola splnená ďalšia podmienka úspešného GPS merania, t.j. tzv. „čistý“ príjem signálov z družíc. Počas merania bola hodnota *PDOP* (*polohový faktor zníženia presnosti, Positional Dilution Of Precision*) v rozmedzí 1,1 až 2,4, čo je veľmi dobrý ukazovateľ (obr. 3). Hodnoty *PDOP* do 3,0 sa považujú za výborné, nad 4,0 je kvalita GPS merania značne znížená.

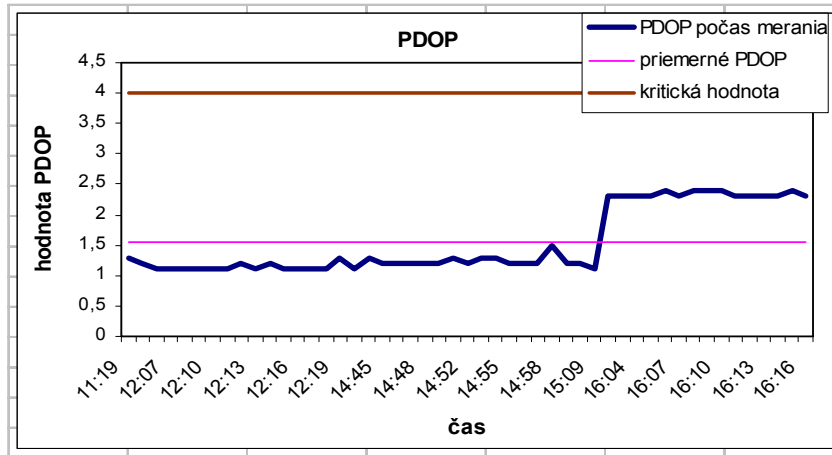
Počas GPS merania bola splnená aj podmienka nevyhnutnosti príjmu družicových signálov minimálne zo štyroch družíc prijímačom GPS. Počet družíc, z ktorých bol prijímaný signál počas merania, bol 7 až 10 (obr. 4).

Anténa prístroja *Stratus MSD01250144* bola počas prvej periódy GPS merania na bode č. 5001. Táto anténa bola 1. báza. Anténa prístroja *ProMark2 (PM 20 304 709)* bola na bode č. 5002 – 2. báza. Oba prístroje pracovali v režime statického GPS merania. Doba zberu dát bola cca 40 minút. Po uplynutí tohto časového limitu bola anténa *ProMark2* opatrne preložená zo stavu na výtyčku a boli zrealizované kinematické GPS merania. Prístrojom *ProMark2* bola postupne zameraná poloha všetkých pätnástich bodov (objektové body č. 1 až č. 15) kinematickou GPS metódou STOP and GO. Meranie na každom bode (č. 1 až 15) trvalo 30 sekúnd. Počas premiestňovania medzi jednotlivými bodmi nesmel byť prerušený príjem signálov z družíc. Z tohto dôvodu bolo potrebné počas premiestňovania držať výtyčku s anténou kolmo k zemi. Tým bola ukončená 1. perióda merania. Postup takéhoto merania bol zopakovaný ešte dvakrát (2. a 3. perióda meraní), pričom anténa *Stratus* zostala na bode č. 5001 a anténa *ProMark2* bola premiestnená postupne nad body č. 5003 a č. 5004. Opäť bola uskutočnená dvojica GPS meraní, t.j. statické (na objektových bodoch č. 5003 – 3. báza a č. 5004 – 4. báza) a na objektových bodoch (body č. 1 až č. 15) kinematické meranie.

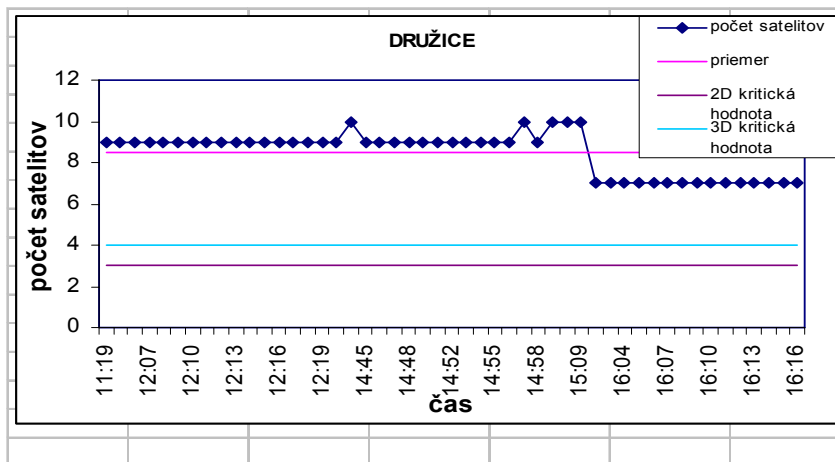
Výsledkom GPS merania boli 2D súradnice určených bodov geodetickej siete - testovacej stanice Badín vo WGS-84 (svetový geodetický systém z roku 1984 World Geodetic System 1984), ktorý bol pretransformovaný do nášho záväzného národného 2D súradnicového systému S-JTSK (Systém jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej) (Sedlák a Šimčák, 2005; Šimčák, 2005). Na transformáciu bol použitý software KŘOVAK. Situácia bodov geodetickej stanice – testovacej stanice Badín vo WGS-84 je na obr. 6.

Na záver GPS merania boli vykonané pripojovacie merania na tri identické (homologické) body (pod označením FLOS – č. 59140030, 59080300, 59080710, 59150110, ktoré boli špecifikované v databanke firmy Ornth, s.r.o., Banská Bystrica), t.j. bod, ktorého súradnice sú v S-JTSK aj vo WGS-84. Pripojenie bolo uskutočnené pomocou statickej GPS metódy, pričom báza *Stratus* bola na bode č. 5001 a *ProMark2* bol umiestnený na pripojovacích (homologických) bodoch.

S cieľom porovnať presnosť v určení 2D súradníc objektových bodov č. 1 až č. 15, ktoré boli dosiahnuté z GPS merania, bolo vykonané ešte klasické terestrické meranie (polárna metóda) použitím totálnej stanice *Nikon 352* (obr. 5). Stanovisko bolo na bode č. 5001 a polárne boli zamerané bázy - body č. 5002 až č. 5004 a objektové body č. 1 až 15. Meranie totálnou stanicou *Nikon 352* bolo realizované trikrát. Z terestrických meraní boli vypočítané súradnice všetkých zameraných bodov v S-JTSK pomocou software GEUS.



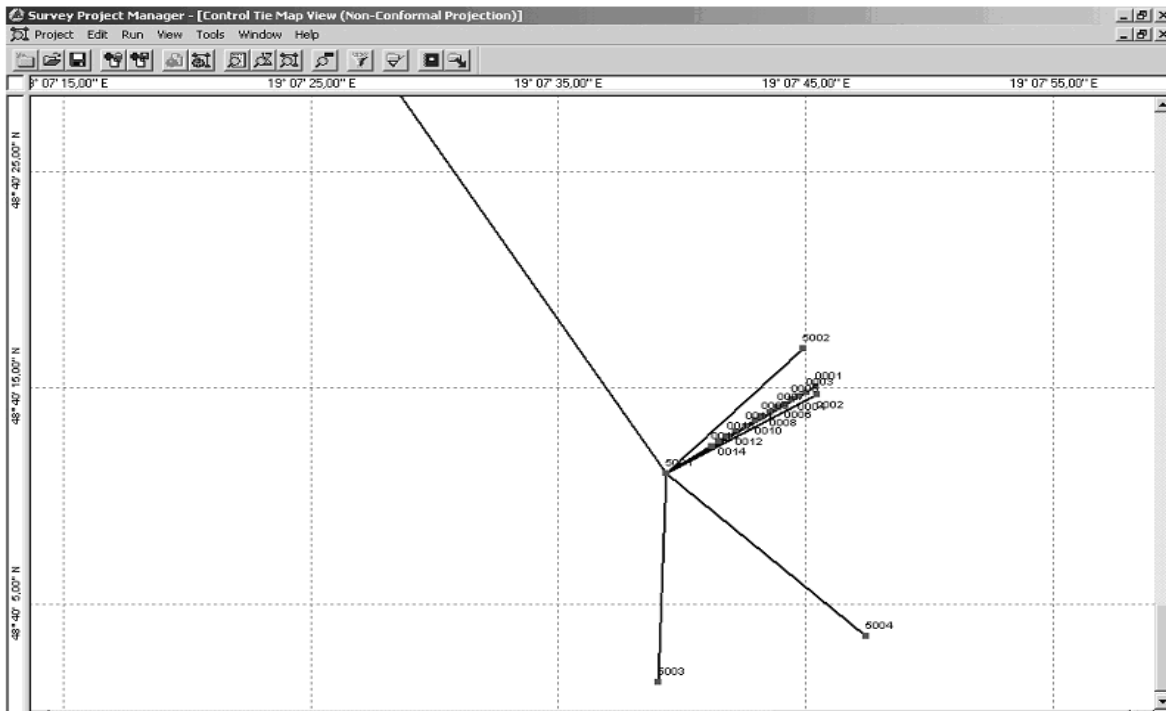
Obr. 3. Hodnota PDOP počas merania 12.11.2005.
 Fig. 3. The PDOP value during the measurement on the November 12, 2005.



Obr. 4. Počet družíc počas merania 12.11.2005.
 Fig. 4. Number of satellites during the measurement on the November 12, 2005.



Obr. 5. Totálna stanica Nikon 352.
 Fig. 5. Total Station Nikon 352.



Obr. 6. Geodetická sieť - testovacia stanica Badín.
 Fig. 6. Geodetic network - the testing station Badín.

Vyhodnotenie výsledkov testovacích meraní

Vypočítané 2D súradnicové rozdiely Δ_{XY} , ktoré vznikli meraním polohy bodov dvoma metódami merania – metódou GPS (STOP and GO) a polárnou terestrickou metódou, boli vyhodnotené podľa *Usmernenia Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky č. KO-4108/2003 zo dňa 4. novembra 2003*, ktorým sa stanovujú náležitosti a presnosť merania pomocou globálneho systému určovania polohy (metódou GPS), ak sa výsledky merania preberajú do katastra nehnuteľností.

V súčasnosti nie je ešte dobudovaná na celom území Slovenskej republiky Štátna priestorová sieť (ŠPS), reprezentujúca záväzný súradnicový systém WGS-84. Priestorové 3D súradnice karteziánske: X, Y, Z , resp. polárne (tiež geodetické alebo elipsoidické): B (geodetická šírka), L (geodetická dĺžka) a H (geodetická výška), získané meraním metódou GPS, sú odovzdávané v systéme WGS-84. Ako identické body sa prednostne použijú body ŠPS a až potom body Štátnej trigonometrickej siete (S-JTSK). Po vyhlásení platnosti systému WGS-84 prostredníctvom bodov ŠPS sa súradnice X, Y, Z , resp. B, L, H budú odovzdávať v systéme WGS-84.

Pre vektor opráv platia nasledujúce kritéria presnosti:

- Absolútna hodnota opravy polohy, t.j. hodnota horizontálnej 2D chyby Δ_{XY} musí byť menšia ako 3-násobok strednej chyby pripojovacieho bodu (tab.1).
- Ak absolútna hodnota opravy polohy prekročí hodnotu 3-násobku strednej chyby, ale je menšia ako jej 5-násobok, je možné takému bodu zmenšiť váhu a tým oslabiť jeho účinok na výsledný transformačný kľúč.
- Ak absolútna hodnota opravy polohy prekročí kritickú hodnotu 5-násobku strednej chyby, takýto bod sa z výpočtu vylúči a nahradí sa iným bodom tak, aby transformačný kľúč bol vypočítaný min. z 3 vyhovujúcich identických bodov.

Rád ŠTS/ Stredná chyba vyr. súraníc	3-násobok strednej chyby [m]	5-násobok strednej chyby [m]
1. rád	0,04	0,2
2. rád	0,035	0,175
3. rád	0,03	0,15
4. rád	0,025	0,125
5. rád	0,02	0,1

Tab. 1. Presnosť polohového merania pre potreby katastra nehnuteľností.
 Tab. 1. Accuracy of positional measurement for the real estate register requirements.

Na základe vzťahu: $\Delta_{XY} = (dB^2 + dL^2)^{1/2}$, resp. $\Delta xy = (dX^2 + dY^2)^{1/2}$ boli určené diferencie v polohových 2D súradniciach Δ_{XY} medzi GPS meraním kinematickou metódou (STOP and GO) a terestrickým meraním totálnou stanicou, ktoré sú uvedené v tab. 2. V tab. 3 sú uvedené polohové 2D odchýlky Δ_{XY} , ktoré vznikli medzi jednotlivými kinematickými GPS meraniami navzájom.

Tab. 2. Polohové diferencie medzi GPS meraním kinematickou metódou a terestrickým meraním s totálnou stanicou. (kin1 až kin3: GPS kinematické merania z 1. až 3. periódy merania; kinP: priemerná hodnota z GPS kinematických meraní v 1. až 3. perióde merania; TS1 až TS3: terestrické merania s TS v 1. až 3. perióde merania; TSP: priemerná hodnota z terestrických meraní s TS v 1. až 3. perióde merania).

Tab. 2. Positional differences between the kinematic GPS measurement and the terrestrial measurement using the total station. (kin1 up kin3: the kinematic GPS measurement from the 1. th. to 3. rd. measurement period; kinP: the average value from the kinematic GPS measurements in the 1. th. to 3. rd. measurement period; TS1 to TS3: the terrestrial measurements using TS in the 1. th. to 3. rd. measurement period; TSP: the average value from the terrestrial measurements using TS in the 1. th. to 3. rd. measurement period).

č. b.	ΔXY [m]			
	kin1-TS1	kin2-TS2	kin3-TS3	kinP-TSP
1	0,041	0,009	0,026	0,025
2	0,035	0,018	0,025	0,024
3	0,022	0,019	0,022	0,018
4	0,033	0,015	0,023	0,023
5	0,030	0,007	0,027	0,019
6	0,025	0,014	0,022	0,017
7	0,031	0,006	0,026	0,017
8	0,009	0,008	0,020	0,003
9	0,013	0,021	0,015	0,007
10	0,021	0,028	0,016	0,010
11	0,018	0,010	0,018	0,010
12	0,024	0,002	0,011	0,012
13	0,019	0,009	0,015	0,010
14	0,015	0,004	0,017	0,011
15	0,010	0,012	0,017	0,012

Tab. 3. 2D súradnicové diferencie Δ_{XY} medzi jednotlivými meraniami kinematickou metódou.

Tab. 3. Positional differences Δ_{XY} between individual kinematic GPS measurements.

č. b.	ΔXY [m]		
	kin1-kinP	kin2-kinP	kin3-kinP
1	0,004	0,003	0,007
2	0,007	0,006	0,004
3	0,004	0,003	0,003
4	0,008	0,007	0,001
5	0,010	0,013	0,007
6	0,012	0,011	0,007
7	0,013	0,018	0,007
8	0,009	0,010	0,015
9	0,013	0,019	0,008
10	0,014	0,019	0,006
11	0,006	0,009	0,003
12	0,007	0,009	0,002
13	0,009	0,011	0,001
14	0,006	0,009	0,004
15	0,003	0,003	0,002

Podľa výsledkov Δ_{XY} (tab. 2 a 3) a stredných chýb (tab. 1) je možné skonštatovať, že kinematická GPS metóda merania splnila požiadavky na presnosť polohového merania (*Usmernenia Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky.2003, Smernice na meranie a vykonávanie zmien.2000*).

Prezentovaný príspevok je zameraný hlavne na polohové 2D určenie súradníc. Zistené diferencie vo výške sú menej uspokojivé, čo je pretrvávajúci problém GPS merania. Na presné určenie Z-súradnice pomocou GPS technológií je potrebné vykonať isté opatrenia, napr. založiť lokálny geoid, príp. vykonať nivelačné meranie, alebo použiť vhodný software. Chyba vo výške sa prejaví v polohe bodu len veľmi nepatrne (100 m chyba vo výške spôsobí chybu v polohe niekoľko milimetrov), preto polohové meranie týmto nebolo negatívne ovplyvnené. Keďže v katastri nehnuteľností alebo v GIS aplikáciách, resp. v geologickom mapovaní výšková súradnica nie je určujúca (dominantná), tejto problematike nebola venovaná pozornosť a môže byť náplňou ďalšieho vedeckého bádania pri testovaní GPS technológií.

Záver

V rámci aplikácie družicových navigačných metód pri určovaní súradníc bodov geodetických sietí sa družicový navigačný systém GPS NAVSTAR výrazne uplatňuje v čoraz širšej miere aj v oblasti katastra nehnuteľností, geologického mapovania, GIS aplikácií, atď. Prvoradá výhoda meraní s GPS technológiami spočíva hlavne v operatívniosti a presnosti nielen vykonaných observácií, ale aj v operatívniosti spracovania GPS dát.

Cieľom tohto príspevku bolo overenie presnosti kinematických GPS meraní pri použití dvoch GPS prístrojov (*Stratus* a *ProMark2*). GPS meranie bolo vykonané polokinematickou metódou STOP and GO a výsledky z tohto merania, teda súradnice WGS-84 pretransformované do S-JTSK, boli porovnané s výsledkami z terestrických meraní pomocou totálnej stanice *Nikon 352*.

Meranie bolo uskutočnené vo vhodnej lokalite, ktorou je geodetická sieť - testovacia stanica Baďín pri Banskej Bystrici. Merania boli uskutočnené za priaznivých poveternostných podmienok a aj veľmi dobrá hodnota *PDOP* počas celej doby merania svedčila o kvalite nameraných údajov.

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že kinematická GPS metóda merania splnila požiadavky na presnosť polohových GPS meraní. Jednotlivé výsledky presnosti najmä pre polohové súradnice sú prijateľné pre rôzne aplikácie v geodetickej praxi, akými sú katastrálne a geologické mapovanie a GIS aplikácie. V blízkej budúcnosti sa teda dá očakávať, že GPS metóda merania úplne nahradí náročnejšie terestrické geodetické metódy, používané v doterajšej praxi aj v katastri nehnuteľností, geologickom prieskume a GIS.

Literatúra – References

- Blišťan, P.: Niektoré problémy aplikácie GIS systémov v geológii. *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 8., 1/2003, 30-35, ISSN 1335-1788.
- Blišťan, P.: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 10, č.3/2005, 296-299, ISSN 1335-1788.
- Kuzevičová, Ž., Kuzevič, Š.: Geografické informačné systémy I. *Vysokoškolské skriptá, Fakulta BERG TU Košice (vyd.)*, Košice, 2004.
- Kozáková, E., Kuzevičová, Ž.: Monitorovanie kvality ovzdušia v aglomerácii Košice. *AT&P Journal* 8/2005, 80-84.
- Sedlák, V., Hurčíková, V., Molčíková, S.: Possibilities of GPS Kinematic Measurements for Geological Survey in East Slovakia. *Geo-Spatial Information Science, Vol.5, Issue 4, December 5, 2002, 21-25.*
- Sedlák, V.: Kozmická geodézia, Globálny polohový systém. *ÚGaGIS, FBERG, TU Košice (vyd.)*, 2.vydanie, Košice, 2003.
- Sedlák, V., Molčíková, S., Hurčíková, V., Frajt, M., Mišovic, P.: Protection of the environment and modelling surface movements in GIS in the East Slovak Region. *2nd FIG Regional Conference and the 10 - th Anniversary of ONIGT - Urban-Rural Interrelationship for Sustainable Environment, Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003, (www.fig.net/figtree/pub/morocco)*.
- Sedlák, V., Šimčák, V.: Overenie transformačných parametrov a presnosti transformácie v reálnom čase v prístroji GPS RTK Z-MAX. In: *Sborník anotací a digitální sborník přednášek – 12. konf. Společnosti důlních měřičů a geologů měřické konference, Hustopeče, 18.-20. října 2005, (CD nosič, 22. referát)*.
- Šimčák, M.: Overenie transformačných parametrov a presnosti transformácie v reálnom čase v prístroji GPS RTK Z-Max. *ÚGaGIS, FBERG, TU Košice (vyd.)* Košice, 2005.
- Prospekty k prístrojom, 2005: Nikon DTM-352, Z-Max, ProMark2, Sokkia Stratus. Ornth (vyd.), Banská Bystrica, 2005.
- Smernice na meranie a vykonávanie zmien v súbore geodetických informácií katastra nehnuteľností, (S 74.20.73.43.20), *ÚGKK SR, Bratislava, 2000.*
- Usmernenie Úradu geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky č. KO-4108/2003. *ÚGKK SR, Bratislava, 2003.*
- www.fc.up.pt/lic_eg/imagens/gps-const.jpgwww.environmental-studies.de/a_TOC-GPS-4.gif
- www.products.thalesnavigation.com/en/solutions/land/
- www.products.thalesnavigation.com/en/products/product.asp?PRODID=943
- www.wgs.sk/z_max.htm
- www.th-ales.cz/images/gps/geodet/zmaxcz.pdf
- www.sokia.com
- www.products.thalesnavigation.com/en/products/aboutgps/rtk.asp
- www.com.uvigo.es/asignaturas/scvs/trabajos/curso0001/biblio/GPS/gps_archivos/image003.jpg
- www.geodesy.gov.sk/spravodaj/2004/r1/n03.htm
- <http://www.ornth.sk>
- www.thales-navigation.de
- www.geoserver.cz