

Použitie GPS na kontrolu kvality polohových bodových štruktúr

Janka Sabová¹, Gabriel Weiss² a Vincent Jakub³

Applying GPS to check horizontal control quality

GPS technologies can also be used for check quality in available horizontal point set with coordinates C^J of the frame S-JTSK. When survey and setting-out tasks should be performed in certain area, one can find in it allways some points of the fundamental and detail state controls. To use these points for some actual aims, it is necessary to investigate their compatibility (among the point mark positions and the point coordinate of control points). This can be done using GPS surveying that may be at the same time employed to determine the new point in the relevant area.

Principle of quality investigating an existing control is founded on determination of point coordinates C^{jt} from GPS measurements. Then, based on discrepancies among the "official" netpoint coordinates C^J and coordinates C^{jt} "given by GPS", it can be estimated the degree and the real compatibility dislocations in the network structure of the existing points.

Realisation procedure for the introduced investigation is demonstrated on GPS checking (by SOKKIA STRATUS receivers) horizontal control for reconstruction of a railway bridge on river Bodrog in East Slovakia. It can be shown from the results in Table 3, that points P3 and P7 are useless due to their incompatibility (inconsistency) in the inspected point set. For other 7 points (Table 7) the average measure of incompatibility reads 9.8 mm that make possible applying these points for precise setting-out.

Key words : horizontal network compatibility, measures of network inconsistency, network quality, GPS surveying.

Úvod

Riešenie najrozmanitejších polohových geodetických úloh v určitých lokálnych priestoroch a v systéme S-JTSK sa čoraz častejšie rieši pomocou technológií GPS. V každej lokalite sa spravidla pre tieto ciele nájde niekoľko bodov z existujúcich bodových polí (trigonometrické, podrobné z vyšších tried presnosti), ktoré je možné alebo potrebné zaradiť do riešenia aktuálnych úloh. Ich vhodnosť a kvalitu je však potrebné overiť (zistiť), aby z kvalitatívneho, predovšetkým presnostného hľadiska boli na úrovni nových, pomocou GPS určených bodov. Takéto overenie je možné vykonať v rámci samotného GPS zamerania a určenia S-JTSK súradníc nových bodov v príslušnej lokalite.

Možnými príčinami zníženej kvality jestvujúcich, spravidla len niektorých bodov z poľa, sú:

- nedostatočná presnosť súradníc z pôvodného určenia bodu,
- zmena fyzickej polohy bodu (z rôznych príčin) v období od ich založenia po súčasné použitie.

Tieto príčiny spôsobujú vznik a pretrvávajúce súradnicovej $C^J = [X \ Y]^J$ a fyzickej nekompatibility, nekonzistentnosti bodového poľa, resp. nekongruentnosti siete. Keby sa takéto body použili pri GPS meraniach a vyhodnoteniach, mohla by vzniknúť tiež neprijateľná súradnicová nekompatibilita u "starých" bodov medzi ich pôvodnými, "úradnými" súradnicami C^J a novými, z GPS meraní určenými súradnicami $C^{jt} = [X \ Y]^{jt}$ (4). Preto overenie kvality jestvujúcich bodov v danej lokalite sa zameriava predovšetkým na prešetrenie ich fyzickej a súradnicovej kompatibility (FSK), ktorého cieľom je vylúčiť z použitia tie body, u ktorých je táto vada neprijateľná. Prezentovaný príspevok nadväzuje a dopĺňa problematiku použitia a použiteľnosti jestvujúceho bodového poľa, získaného terestrickými meraniami, ktorá bola už analyzovaná a diskutovaná (Sutti, 1999; Sabová, Jakub, 1999; Sutti, Jakub, Sabová, 2000; Jakub, 2001).

Postup vyšetrenia FSK bodov

Algoritmus ako postupnosť prešetrenia FSK jestvujúcich bodov v danej lokalite je možné formulovať množinou následovných krokov a čiastkových úloh:

- zvoliť z jestvujúceho bodového poľa trigonometrické body alebo použiť všetky trigonometrické body (predpokladá sa vyhovujúca FSK aspoň u väčšiny bodov) pre funkciu identických (homologických) bodov (IB),
- zvoliť trigonometrický bod s predpokladanou dobrou FSK (spravidla sa použije jeden z IB) za vzťažný (referenčný) bod (RB) na vyhodnotenie vektorov (pôjde o relatívne určovanie polohy fázovými meraniami - postprocessing),
- zmerať potrebné množstvo vektorov medzi IB a novými, pre súčasné geodetické úlohy v lokalite založenými bodmi,

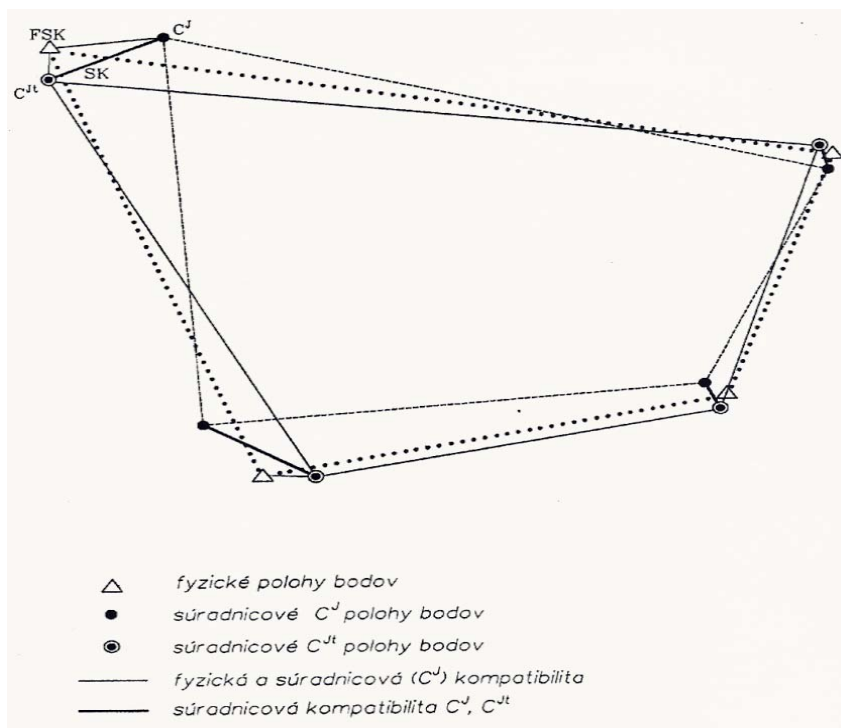
¹ prof. Ing. Gabriel Weiss, CSc., Katedra geodézie a geofyziky F BERG Technickej univerzity v Košiciach

² doc. Dr. Ing. Janka Sabová, Katedra geodézie a geofyziky F BERG Technickej univerzity v Košiciach

³ h.doc. Ing. Vincent Jakub, PhD, firma GEOMETRA, Košice
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 24.3.2004)

- vyrovnať vektory, resp. ich súradnicové zložky podľa Gaussovho – Markoffovho modelu s minimálnymi väzbami, t.j. s jedným dátumovým bodom (DB), spravidla identickým s RB, aby z GPS meraní vzniklá 3D kostra siete nebola geometricky deformovaná,
- určiť transformačné parametre (TP) pre transformáciu súradníc $C^W = [X^W Y^W Z^W]^T$ na C^{Jt} , pričom zohľadniť: vytvorenie čo najviac skupín (v počte s) z IB na určenie TP a vytvoriť čo najrovnomernejšie zastúpenie IB v skupinách,
- analyzovať diferencie medzi C^J a C^{Jt} , t.j. súradnicovú kompatibilitu (SK) identických bodov, pomocou ktorých sa bude posudzovať FSK, pritom mať na zreteli, že C^J a C^{Jt} určitého bodu sú ovplyvnené následovnými rušivými vplyvmi:
 - C^J - nepresnosťou samotného určenia C^J ,
 - zmenou svojej fyzickej polohy voči súradnicovej polohe za obdobie od založenia bodu, t.j. možnou prítomnosťou FSK,
 - C^{Jt} - nepresnosťou samotného určenia C^{Jt} použitou technológiou GPS,
- voľbou RB pre umiestnenie 3D sieťovej štruktúry do referenčného rámca WGS84, u ktorého sa môže prejaviť súradnicová a fyzická nekompatibilita formou skreslených, t.j. nepresných súradníc C^{Jt} ,
- nekompatibilitou niektorých IB použitých na určenie TP, čím sa TP a tiež C^{Jt} znepresňujú
- vyradiť tie "staré" body z použitia na riešenie plánovaných geodetických úloh v lokalite, u ktorých diferencie medzi C^J a C^{Jt} prekročia určité medzné tolerancie (priateľnú stochastickú kongruentnosť súradnicových štruktúr C^J a C^{Jt}).

Z hľadiska kongruentnosti troch možných štruktúr lokálnej polohovej siete je možné ich všeobecne vzťahy znázorniť podľa obr.1. Vyplýva z neho, že v danom prípade C^J štruktúra a C^{Jt} štruktúra nie sú stochasticky kongruentné.



Obr.1: Fyzická a súradnicová kompatibilita v polohovej sieti.

Fig.1: Compatibility of mark positions and coordinates of points in horizontal control.

Demonštrácia postupu

Naznačený postup bude demonštrovaný na jednej konkrétnej situácii, v ktorej sa uvedené riešenie použilo.

V súvislosti s rekonštrukciou železničného mosta na rieke Bodrog, ktorej realizáciu zabezpečovala fa GEOMETRA, Košice, bolo v danej oblasti pre tvorbu polohovej vytyčovacej siete (PVS) prevzatých od ŽSR už v r. 1997 založených a určených 9 bodov v S-JTSK a Bpv, v kategórii podrobných bodov II. triedy presnosti.

Na overenie vzájomnej FSK polohovej sieťovej štruktúry s 9 bodmi bolo vykonané ich GPS zameranie, realizované fy GEOMETRA, vyhodnotenie meraní, určenie súradníc $[X Y]^{Jt}$ bodov siete a kontrola kvality prevzatých bodov.

Tab.1: Súradnice C^I a normálne výšky bodov polohovej vytyčovacej siete.
 Tab.1: C^I coordinates and normal heights in the horizontal setting-out network.

BOD	S-JTSK		Bpv
	X [m]	Y [m]	h [m]
P1	1277542,386	228657,058	102,465
P3	1277560,750	228673,100	103,360
P4	1277360,924	228828,202	102,773
P5	1277301,190	228895,662	102,240
P7	1277400,560	228826,000	102,762
552	1277358,563	228805,145	101,836
901	1277500,455	228677,878	101,976
G1	1277482,035	228654,777	101,865
G2	1277316,654	228741,591	101,803

GPS meranie a vyhodnotenie výsledkov

Na meranie (príjmu družicových signálov) sa použilo 6 jednofrekvenčných prijímačov SOKKIA STRATUS (rok výroby 2002) pre presné merania. Presnosť merania v horizontálnom zmysle podľa výrobcu je: 5mm + 1ppm.D (Sokkia, 2002), reálnejšie je však uvažovať s presnosťou (5 – 10)mm + 1ppm.D (Leick, 1995 ; Hofman-Wellenhof,2002).

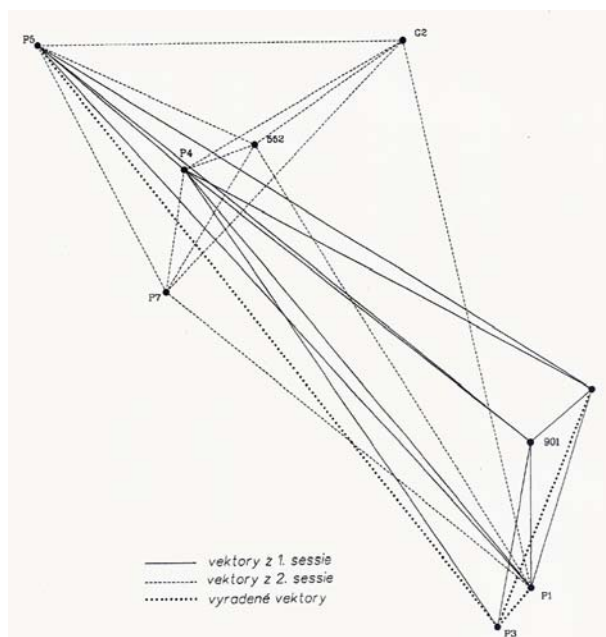
Určenie polohy bodov sa realizovalo s uplatnením princípu ich relatívneho určovania fázovými meraniami vzhľadom k zvolenému referenčnému bodu (za ktorý sa vybral bod P1) statickou metódou (post-processing).

Merania sa uskutočnili podľa parametrov :

- doba príjmu signálov na každom bode s prijímačom, t.j. dĺžka sessie : 40 minút
- observácie sa realizovali tak, že bolo možné vytvoriť 27 spojení (vektorov) medzi dvojicami bodov (tab.2),
- počet sessií bol 2, s usporiadaním podľa obr.2,
- počet vektorov použitých na ďalšie spracovanie bol 24, 3 vektory boli z vyhodnotenia vyradené pre nedostatočnú kvalitu.

Pri vyhodnotení údajov z merania v Sokkia firemnom softvéri SPECTRUM SURVEY 3.20 sa určili súradnice [XYZ]^W v 3D súradnicovom rámci WGS84, t.j. 9 bodov sieťovej štruktúry PVS s "meranými" 24 vektormi medzi nimi (tab.2) a so štandardnými odhadmi (strednými chybami) súradníc ako aj ďalšie parametre vektorov .

V určení vektorov a ich zložiek (súradnicových rozdielov medzi bodmi) sa dosiahla presnosť, ktorá odpovedá naznačenej apriórnej (základnej) presnosti pre prijímače Sokkia v referenčnom rámci WGS84.



Obr.2: Observácia vektorov v sessiách
 Fig.2: Vectors observations in session

Tab. 2: Vektory GPS použité na spracovanie
 Tab. 2: GPS vectors used in processing

Vektor	Dĺžka vektora [m]
552-P5	107,160
P4-P5	90,103
P1-P5	339,269
P5-P7	121,348
G1-P5	301,208
G2-P5	154,855
552-P4	23,200
901-P5	295,188
552-P1	236,061
552-P7	46,941
552-G2	76,130
P1-P4	249,438
P3-P4	252,906
P4-P7	39,707
G1-P4	211,524
G2-P4	97,288
901-P4	205,103
P1-P7	220,601
G1-P1	60,406
G2-P1	241,046
901-P1	46,822
901-P3	60,437
G2-P7	119,067
901-G1	29,540

Vyrovnanie 3D siete

Vyrovnanie 3D siete vytvorenej 3D súradnicami $[XYZ]^W$ v systéme WGS84, t.j. 9 bodov PVS sa vykonalo pomocou Sokkia firemného softvéru SPECTRUM SURVEY 3.20, s nasledovnými vlastnosťami :

- spôsob vyrovnanania : Gaussov – Markoffov model MNS vyrovnanania s minimálnymi väzbami a s iteračným algoritmom,
- dátumový bod : P1,
- kofaktory (váhy) : jednotkové.

Výsledkom boli nasledovné vyrovnané súradnice (tab.3), ich kovariančná matica a ďalšie ukazovatele vlastností vyrovnaných veličín.

Tab.3: Vyrovnané WGS súradnice bodov siete

Tab 3.: Adjusted WGS coordinates of control points

	\hat{X}	\hat{Y}	\hat{Z}
P1	3941405.1280	1571848.2490	4746100.5680
P3	3941423.9240	1571839.2920	4746087.9380
P4	3941350.2360	1571634.3850	4746216.6190
P5	3941336.1950	1571553.6070	4746254.0360
P7	3941376.2270	1571648.7940	4746190.2850
552	3941338.8740	1571654.5480	4746218.1210
901	3941384.6460	1571815.8750	4746127.4790
G1	3941362.8580	1571831.2260	4746140.2130
G2	3941285.0720	1571699.6520	4746247.5680

Dosiahnutá presnosť vyrovnaných súradníc bola v súlade s očakávanou apriórnu presnosťou pri použití prijímačov SOKKIA STRATUS.

Transformácia súradníc $[X^{\wedge}Y^{\wedge}Z^{\wedge}]^W$ bodov PVS na súradnice $[X Y]^t$

Transformácia vyrovnaných súradníc $[X^{\wedge}Y^{\wedge}Z^{\wedge}]^W$ sa vykonala pomocou špeciálneho softvéru vytvoreného v systéme SAS a realizovala sa 3D lineárnou podobnostnou transformáciou podľa Molodenského – Badeskasovho modelu.

Na určenie transformačných parametrov (TP) sa použilo 5 rôznych skupín (identických) bodov z bodového poľa PVS, t.j. 5 kombinácií nasledovných bodov s ich $[XY]^t$ súradnicami :

- P1, P5, G2
- P1, P5, P7, G1, G2
- P1, P3, P5, P7, G1, G2
- P1, P3, P7, 552, 901, G1, G2
- P1, P3, P4, P5, P7, 901, G1, G2

Pri použití každej kombinácie uvedených skupín bodov na určenie TP, po vykonaní transformácií sa získalo 5 súradníc $[X Y]^t$ pre každý bod (tab.4)

CJTP1	CJTP3	CJT901	CJTG1
1277542.3841 228657.06289 1277560.7118 228673.09617		1277500.4520 228677.87245 1277482.0325 228654.78262	
1277542.3824 228657.05762 1277560.7095 228673.09091		1277500.4508 228677.86630 1277482.0321 228654.77667	
1277542.3986 228657.05829 1277560.7261 228673.09302		1277500.4658 228677.86694 1277482.0475 228654.77578	
1277542.3999 228657.05956 1277560.7273 228673.09408		1277500.4674 228677.86836 1277482.0491 228654.77751	
1277542.3972 228657.06087 1277560.7248 228673.09554		1277500.4643 228677.86981 1277482.0458 228654.77871	
CJTP4	CJTP5	CJTG2	
1277360.9296 228828.19595 1277301.1936 228895.66997		1277316.6554 228741.58294	
1277360.9285 228828.18462 1277301.1928 228895.65664		1277316.6568 228741.57286	
1277360.9297 228828.18585 1277301.1904 228895.65935		1277316.6618 228741.56986	
1277360.9332 228828.18659 1277301.1947 228895.65997		1277316.6652 228741.57173	
1277360.9288 228828.18977 1277301.1896 228895.66377		1277316.6603 228741.57388	
CJTP7	CJT552		
1277400.5754 228826.03609 1277358.5529 228805.14515			
1277400.5737 228826.02544 1277358.5525 228805.13451			
1277400.5770 228826.02816 1277358.5569 228805.13576			
1277400.5802 228826.02875 1277358.5603 228805.13690			
1277400.5761 228826.03187 1277358.5557 228805.13969			

Tab.4: Súradnice C^j každého bodu siete z 5 riešení

Tab 4: C^j coordinates of each control point from 5 solutions

Tieto vypočítané súradnice sa od "daných" súradníc $[X Y]^t$ (tab.1) líšia o hodnoty difX a difY v zmysle

$$\text{dif}X = X^J - X^{Jt}, \text{ dif}Y = Y^J - Y^{Jt}$$

a ktorých veľkostí pre jednotlivé body udáva tab.5.

DifjX	DifjY	DifjX	DifjY	DifjX	DifjY
P1		P3		P4	
0.00190	-0.00489	0.03822	0.00383	-0.00559	0.00605
0.00362	0.00038	0.04051	0.00909	-0.00453	0.01738
-0.01264	-0.00029	0.02387	0.00698	-0.00571	0.01615
-0.01386	-0.00156	0.02272	0.00592	-0.00924	0.01541
-0.01118	-0.00287	0.02521	0.00446	-0.00480	0.01223
P5		P7		552	
-0.00361	-0.00797	-0.01539	-0.03609	0.01013	-0.00015
-0.00277	0.00536	-0.01365	-0.02544	0.01055	0.01049
-0.00036	0.00265	-0.01698	-0.02816	0.00611	0.00924
-0.00468	0.00203	-0.02018	-0.02875	0.00272	0.00810
0.00038	-0.00177	-0.01613	-0.03187	0.00725	0.00531
901		G1		G2	
0.00303	0.00555	0.00248	-0.00562	-0.00140	0.00806
0.00417	0.01170	0.00288	0.00033	-0.00276	0.01814
-0.01078	0.01106	-0.01248	0.00122	-0.00784	0.02114
-0.01242	0.00964	-0.01414	-0.00051	-0.01125	0.01927
-0.00929	0.00819	-0.01080	-0.00171	-0.00626	0.01712

Tab. 5: Súradnicové diferencie medzi C^J a C^{Jt}
Tab. 5: Coordinate differences between C^J and C^{Jt}

Kontrola kvality PVS

Podľa veľkosti odchýlok difX, difY (tab.5) medzi súradnicami $[X Y]^J$ (tab.1) a $[X Y]^{Jt}$ (tab.4) je možné formulovať výsledky a závery kontroly.

V danom prípade, keď GPS určenie súradníc $[X Y]^{Jt}$ bolo viazané na vlastné kontrolované body P1, ..., G2 so súradnicami $[X Y]^J$, bolo potrebné určiť $[X Y]^{Jt}$ z väčšieho počtu transformácií. Ako je uvedené, bolo použitých 5 rôznych riešení TP a s ich použitím boli určené $[X Y]^{Jt}$ (tab.4) a odpovedajúce difX, difY (tab.5). Keďže pre každý bod P1, ..., G2 sa takto získalo 5 hodnôt $[X Y]^{Jt}$, vytvorili sa z nich aj priemerné hodnoty $[X Y]^{Jto}$ (tab.6) a diferencie medzi $[X Y]^J$ a $[X Y]^{Jto}$ v zmysle

$$\text{difo} = [X Y]^{Jto} - [X Y]^J$$

pre každý bod. Hodnoty týchto diferencií (tab.7) v porovnaní s krajinou presnosťou určenia horizontálnych veličín Stratusom

$$\text{lim}C = 2 \cdot ((5 - 10) + 1 \cdot \text{ppmD}) \approx (2,8 = 16) \text{ mm}$$

poskytli podklady, na základe ktorého sa mohla posúdiť kvalita PVS. Týmito podkladmi sú hodnoty uvedené v tab.6 a tab.7, ktoré obsahujú z $[X Y]^{Jt}$ určené priemerné súradnice $[X Y]^{Jto}$ pre každý bod a diferencie medzi súradnicami $[X Y]^J$ a $[X Y]^{Jto}$.

Bod	Xjto	Yjto
P1	1277542.3924	228657.0599
P3	1277560.7199	228673.0939
P4	1277360.9300	228828.1886
P5	1277301.1922	228895.6619
P7	1277400.5765	228826.0301
552	1277358.5557	228805.1384
901	1277500.4601	228677.8688
G1	1277482.0414	228654.7783
G2	1277316.6599	228741.5743

Tab.6: Priemerné hodnoty C^{Jto} zo súradníc C^{Jt} bodov
Tab 6: Average values C^{Jto} of C^{Jt} point coordinates

Bod	difX[m]	difY[m]	$\sqrt{\text{dif}X^2 + \text{dif}Y^2}$ [m]
P1	-0.00644	-0.00185	0.00670
P3	0.03010	0.00606	0.03070
P4	-0.00596	0.01344	0.01470
P5	-0.00222	0.00006	0.00222
P7	-0.01648	-0.03006	0.03428
552	0.00734	0.00660	0.00987
901	-0.00506	0.00923	0.01053
G1	-0.00640	-0.00126	0.00652
G2	-0.00590	0.01675	0.01776

Tab.7. Rozpory medzi súradnicami C^J a C^{Jt}
Table 7. Discrepancies between C^J and C^{Jto}

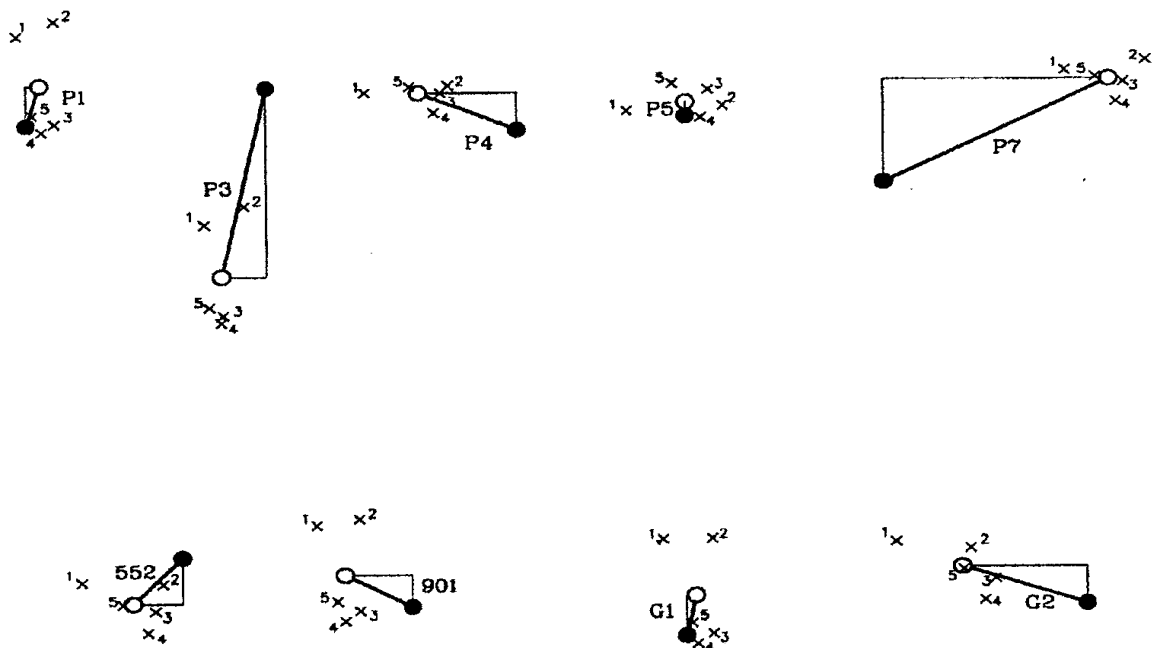
Z porovnania hodnôt difX a difY z tab.7 a hodnoty limC vyplýva, že P1, P4, P5, 552, 901, G1, G2 sú bodmi z PVS, medzi ktorými je dobrá fyzická a súradnicová kompatibilita, teda dobrá kompatibilita medzi ich

"úradnými" a "GPS súradnicami" v S-JTSK. Polohy bodov P3, P7 sa však nedajú považovať za vyhovujúce z hľadiska skúmaných vlastností a preto nie je možné ich použiť pre presné polohové vytyčovania. Priemerný súradnicový rozpor medzi C^J a C^{Jto} u bodov siete (bez uvažovania P3 a P7) je 9,76 mm, čo presvedčivo naznačuje oprávnenie prevziať ostatných 7 bodov do novovznikajúcej siete. Treba zdôrazniť, že na tvorbe diferencií difo sa tiež podieľala voľba referenčného bodu pre vyhodnotenie družicových signálov, ktorá pri použití identických bodov s málo vyhovujúcou kompatibilitou môže vplyvať tiež na veľkosť týchto diferencií v nezanedbateľnej miere. U všetkých bodov však GPS kontrolou získané súradnicové diferencie sú v súlade s presnosťami vlastnosťami C^J (2. trieda presnosti).

Doplňkovým ukazovateľom kvality PVS je aj posúdenie rozptylu súradníc $[X Y]^t$ z jednotlivých ich určení okolo priemerných hodnôt $[X Y]^{Jto}$ príslušného bodu. Rozptyl, ktorý sa určil v zmysle

$$DEV(\text{bod})_o = [XY]^{Jto} - [XY]^t,$$

je charakterizovaný odchýlkami (tab.8)



Obr. 3: Rozpory medzi polohami C^J , C^Jt a C^{Jto} M - polohy bodov - 1:1, ● - katastrálna súradnicová poloha, x - z GPS meraní určená súradnicová poloha, ○ - z GPS meraní určená priemerná súradnicová poloha
Fig. 3: Discrepancies among C^J , C^Jt and C^{Jto} positions

Tab.8: Odchýlky medzi súradnicami C^Jt a C^{Jto}
Tab 8: Coordinate differences of C^Jt and C^{Jto}

DEVP1o[m]			DEVP3o[m]			EVP4o[m]			DEV901o[m]			DEVG1o[m]			EVG2o[m]		
X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y	
-0.0080	0.0031	-0.0082	0.0022	-0.0001	0.0074				-0.0080	0.0037	-0.0090	0.0044	-0.0041	-0.0087			
-0.0103	-0.0020	-0.0111	-0.0030	-0.0012	-0.0040				-0.0090	-0.0020	-0.0091	-0.0022	-0.0030	0.0011			
0.0062	-0.0020	0.0062	-0.0002	0.0000	-0.0030				0.0057	-0.0020	0.0061	-0.0023	0.0019	-0.0044			
0.0075	-0.0003	0.0074	0.0001	0.0032	-0.0021				0.0073	0.0000	0.0077	-0.0002	0.0053	-0.0030			
0.0048	0.0010	0.0049	0.0016	-0.0010	0.0012				0.0042	0.0010	0.0044	0.0005	0.0004	-0.0002			
DEVP5o[m]			DEVP7o[m]			DEV552o[m]											
X	Y		X	Y		X	Y										
0.0014	0.0080	0.0014	0.0060	-0.0034	0.0067												
0.0006	-0.0050	-0.0030	-0.0050	-0.0031	-0.0040												
-0.0020	-0.0030	0.0005	-0.0020	0.0012	-0.0030												
0.0025	-0.0020	0.0037	-0.0010	0.0046	-0.0020												
-0.0030	0.0018	-0.0003	0.0018	0.0001	0.0013												

Grafické zobrazenie rozloženia $DifjX$, $DifjY$ a $DEV(\text{bod})_o$ pre jednotlivé body PVS je na obr.3. Z hodnôt tab.7 a 8, ako aj z obr.3 vyplýva aj kvalitné určenie súradníc $[X Y]^t$ pomocou GPS meraní pre všetky body

(rozptyl v 5 určeníach súradníc každého bodu, aj u P3 a P7, je malý a homogenný). Podľa získaných podkladov o kvalitatívnych vlastnostiach PVS bude možné pre rôzne druhy meračských a vytyčovacích úloh a príslušných presnostných požiadaviek na potrebné geodetické úlohy, vybrať a použiť tie najvhodnejšie body

Literatúra-References

- Hofmann and Wellenhof, B. et al.: GPS in der Praxis. *Springer, Wien 1994.*
- Hofmann and Wellenhof, B. et al.: GPS. Theory and Practice. 5th Ed., *Springer, Wien 2002.*
- Sutti, J., Jakub, V. and Sabová, J.: Skúmanie polohovej identity geodetických bodov. *Acta Montanistica Slovaca* 5, (2000), 2, 121 – 129.
- Jakub, V.: Posudzovanie stability geodetických bodov. *Dokt. diz. práca, F BERG Technická univerzita, Košice 2001.*
- Leick, A.: GPS Satellite Surveying. 2nd Ed., *J. Wiley & Sons Inc., New York 1995.*
- Sabová, J. and Jakub, V.: Analýza polohovej stability geodetických bodov. *Acta Montanistica Slovaca* 4 (1999), 4, 325 - 327.
- Sokkia, Stratus: Operations Manual, *2001 Point, Inc.*
- Sutti, J.: Kvalita polohovej siete z hľadiska homogenity bodov. *Acta Montanistica Slovaca*, 4 (1999), 1, 49 – 56.