

Výzkumný ústav geodetický, topografický a kartografický, v.v.i.
Geodetická observatoř Pecný

Zpracování GPS kampaně GEODYN 2014 - Pomezí boudy

Vratislav Filler, Jakub Kostecký

Technická zpráva č. 1249/2015

Ondřejov, listopad 2014

Obsah

Zpracování GPS kampaně GEODYN 2014 - Pomezní boudy	1
1. Úvod	3
2. Předzpracování kampaně	3
2.1 Zaměření kampaně	3
2.2 Předzpracování dat	3
3 Parametry výpočtu denních řešení	3
4 Zpracování kombinace	4
4.1 Formální přesnost zpracování	4
4.2 Přesnost zpracování ze srovnání denních řešení	4
5 Výpočet souřadnic v národní realizaci ETRS89.....	5
6 Závěr	8
7 Literatura	8

1. Úvod

Úkolem bylo zpracování GPS kampaně na nové stabilizaci bodu Základní geodynamické sítě (ZGS) Pomezí Boudy (POBO) s cílem získání přesných souřadnic bodu.

2. Předzpracování kampaně

2.1 Zaměření kampaně

Zaměření kampaně bylo realizováno ve dnech 20.10. - 23.10.2014., o zpracování referuje technická zpráva Zeměměřického úřadu Observační kampaň GEODYN 2014, GNSS observace, geodetický bod POBO 36 Pomezí boudy. [1]

2.2 Předzpracování dat

Observace dodané v jednom RINEX souboru byly rozčleněny do tří denních souborů pro zpracování po jednotlivých dnech, s intervalem 30 s.

Výpočet výškového offsetu stanice vyšel z náčrtku v technické zprávě. Z náčrtku nástavce vyplývá, že výška nástavce je rovna: $33,013 - 3,005 \text{ cm} = 30,008 \text{ cm}$. Dále se přičítá 2 mm mezera (nedolehl závit – informace ze zprávy). Výsledný výškový offset antény (začleněný do výpočtu) je tedy 0,3021 m.

Pro anténu na stanici POBO nebyla k dispozici individuální fázová centra, bylo tedy využito fázových center typových.

3 Parametry výpočtu denních řešení

Výpočet byl realizován v kampani vycházející z výpočtů národní kampaně CZECH. Z ní byly pro výpočet sítě vybrány pouze stanice tvořící národní referenční rámec (sítě CZEPOS a VESOG) a jako opěrné stanice pro denní řešení stanice sítě EPN (EUREF Permanent Network).

Tabulka 1 – Parametry výpočtu souřadnic v denním řešení v software Bernese V.5.0

Označení řešení	Kampaň POBO		
Síť - určované stanice	POBO		
Síť - opěrné stanice pro denní řešení	Vybrané stanice IGS: BOGO, BOR1, GANZ, GOPE, ONSA, POTS, WTZR.		
Síť - opěrné stanice pro referencování	Národní realizace ETRS – stanice sítě CZEPOS a VESOG		
Časový rozsah řešení	2014/293 – 2014/295		
Vstupní data	Měření GNSS ve formátu RINEX, maximální časový interval 30 sec.		
Použitý software	Bernese GPS software, V5.0 + Bernese Processing Engine Skripty odvozené z řešení lokálního analytického centra EPN, LAC GOP		
Způsob zpracování	Dvojitě diferencovaná měření, minimální počet základen.		
Fixování souřadnic v řešení	IGS5 [3], minimální navázání (pouze posuny, bez rotace a změny měřítka) na opěrné body		
Fixování rychlostí	Bez zavedení rychlostí.		
Řešení ambiguit	QIF	Satelitní systém (GPS/GLONASS)	Pouze GPS
Souřadnicový systém drah družic	ITRS	Model fázových center antén přijímačů (PCV)	Absolutní (APCV)
Elevační maska	3°	Fázová centra antén na určovaných stanicích	individuální EPN; kde nejsou, typová.
Dráhy družic	IGS Final – pro final řešení		
Model troposféry	ZTD 1/hod, Dry Niell apriori, Wet Niell estimated, troposférické gradienty 1x/den		
Způsob kombinace	Týdenní kombinace na úrovni normálních rovnic, se stejnými opěrnými stanicemi.		
Systém výsledných souřadnic	ETRS89 – národní realizace ETRS89 – ETRF2000 referenční epocha pro ITRS i ETRS řešení je datum měření		

4 Zpracování kombinace

Tři denní řešení byla zpracována do kombinace na úrovni systému normálních rovnic pomocí programu ADDNEQ2. Kombinace byla referencována (navázána) na stanice národní realizace plus opěrné stanice EUREF a IGS (opěrné stanice jsou patrné ze seznamu souřadnic v ITRF2005, jsou označeny „W“). Při řešení nebyly, vzhledem k délce kampaně v řádu dnů, uvažovány časové změny souřadnic (rychlosti).

4.1 Formální přesnost zpracování

Formální přesnost výsledných souřadnic uvádí část výpisu z programu ADDNEQ2:

Station coordinates and velocities:

Reference epoch: 2014-06-28 22:37:30

Station name	Typ	A priori value	Estimated value	Correction	RMS error
POBO XXXXXXXXX	X	3893053.2443	3893059.4688	6.2245	0.0007
	Y	1102325.3582	1102327.3565	1.9983	0.0003
	Z	4915228.1084	4915236.7675	8.6591	0.0008
	U	989.0670	999.9062	10.8392	0.0010
	N	50 43 41.620002	50 43 41.633699	0.4228	0.0003
	E	15 48 34.451085	15 48 34.462650	0.2259	0.0002

Je uváděna vnitřní přesnost cca 0,3 mm ve směru sever-jih a 0,2 mm ve směru východ – západ.

4.2 Přesnost zpracování ze srovnání denních řešení

Program ADDNEQ2 uvádí aposteriorní jednotkovou chybu kombinace je 1,41 mm. Další výsledky shrnuje následující tabulka.

	Sever - jih [mm]	Východ – západ [mm]	Svisle [mm]
Průměrné opakovatelnosti pro souřadnice denních řešení vypočtené ze tří denní kombinace (celá síť)	0,76	0,98	2,58
Denní opakovatelnosti pro stanici POBO, vypočtené ze tří hodnot.	0,82	1,13	2,09
Aposterioorní střední chyba určení jednotlivých souřadnic vypočtená z reziduí v kombinaci pro stanici POBO	0,46	0,64	1,20

Aposterioorní střední chyba z reziduí denních řešení je oproti vnitřní chybě asi trojnásobná.

Odstupy jednotlivých denních řešení ke kombinaci jsou u stanice v řádu mm, v poloze nepřesahují 1,5 mm a ve výšce 2,7 mm (viz následující tabulka):

	denní opakovatelnost	rezidua k vyrovnaným			směr
		20. 10.	21. 10.	22. 10.	
POBO N	0.82	0.02	0.49	-1.05	Sever
POBO E	1.13	-1.45	0.67	0.14	Jih
POBO U	2.09	-2.63	0.83	1.08	Svisle

5 Výpočet souřadnic v národní realizaci ETRS89

Výpočet kombinace byl realizován v souřadnicovém systému ITRF2005, ve střední epoše 21.10.2014 (soubor POBO_04.CRD).

 LOCAL GEODETIC DATUM: ITRF2005 EPOCH: 2014-10-21 12:00:00

NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
17	BISK 11520M001	3898945.7879	1223993.5192	4881826.5452	A
19	BOGO 12207M002	3633738.8077	1397434.2810	5035353.5708	W
21	BOR1 12205M002	3738358.2998	1148173.8632	5021815.8693	W
38	CDAC XXXXXXXXX	4035070.3110	1114232.3122	4796779.1908	W
40	CDOM XXXXXXXXX	4049956.0588	929357.6437	4823342.3478	W
42	CFRM XXXXXXXXX	3924572.6921	1301971.3872	4840464.7912	W
44	CHOD XXXXXXXXX	4018665.0388	1238535.3570	4779742.8813	W
46	CJIH XXXXXXXXX	4006712.6106	1117669.3279	4819598.0524	W
48	CKRO XXXXXXXXX	3976868.1904	1246286.3640	4812394.9768	W
49	CKVA XXXXXXXXX	3986036.5950	908669.9174	4879721.9260	W
51	CLIB XXXXXXXXX	3903195.0665	1050232.6325	4917869.9436	W
52	CLIT XXXXXXXXX	3938729.8818	992283.0946	4901389.1345	W
54	CMBO XXXXXXXXX	3935718.2201	1047652.8620	4892416.7211	W
59	CPAR XXXXXXXXX	3949918.6174	1116467.4283	4865832.8415	W
60	CPRA XXXXXXXXX	4067219.1259	1013765.8690	4792089.4692	W
61	CPRG XXXXXXXXX	3967685.0493	1022867.7125	4872004.4865	W
63	CPRI XXXXXXXXX	4011990.9243	1000172.6087	4840841.2572	W
65	CRAK XXXXXXXXX	3982250.8738	972921.7138	4870395.0818	W
68	CSUM XXXXXXXXX	3931871.4888	1200665.4646	4860559.2409	W
69	CSVI XXXXXXXXX	3959346.0718	1170655.8815	4845811.5967	W
70	CTAB XXXXXXXXX	4022509.8418	1053801.9980	4820712.5273	W
71	CTRU XXXXXXXXX	3904532.3164	1112858.2333	4903152.0172	W
72	CVSE XXXXXXXXX	3960645.3274	1286205.4211	4815446.2983	W
85	CZNO XXXXXXXXX	4040427.9128	1161565.0916	4780907.1822	W
116	GANP 11515M001	3929181.3621	1455236.8875	4793653.9979	W
119	GOPE 11502M002	3979315.9845	1050312.6389	4857067.2145	W
148	KUNZ 11524M001	4037497.6398	1097034.4220	4798909.4184	W
159	LYSH 11522M001	3934178.0042	1312357.5048	4831238.1505	W
164	MARJ 11517M001	3975132.5500	909950.7008	4888908.2507	A
185	ONSA 10402M004	3370658.4144	711877.2775	5349787.0627	W
194	PLZE 11523M001	4019840.7791	954005.8203	4843421.1590	W
197	POTS 14106M003	3800689.4918	882077.5398	5028791.4237	W
198	POUS 11518M001	4002424.5456	872513.1915	4873111.8954	A
267	TUBO 11503M001	4001470.1306	1192345.6949	4805795.6262	W
281	VACO 11516M001	4062325.7302	992104.7944	4800911.3769	A
291	VSB0 11521M001	3916835.7950	1285051.4820	4851126.2173	A
296	WTZR 14201M010	4075580.4049	931853.9639	4801568.2413	W
307	CJES XXXXXXXXX	3905299.8962	1209502.7557	4879776.1432	A
316	CBUD XXXXXXXXX	4062268.0792	1048704.1371	4788540.7973	A
326	POBO XXXXXXXXX	3893059.4688	1102327.3565	4915236.7675	A

Pro převod do národní realizace ETRS89 (definované oficiálními souřadnicemi stanic z kampaně EUREF CZECH 2009 [4], ověřovanými a v případě potřeby zpřesňovanými v rámci monitoringu permanentních stanic [3]) byl použit dvojstupňový převod přes realizaci ETRF2000(R05) obdobně jako při zpracování kampaní určených pro výpočet nových souřadnic stanic v kampani CZECH.

Pro převod z ITRF2005 do ETRF2000(R05) byly použity nejprve odpovídající parametry čtrnáctiprvkové prostorové transformace (sedmiprvková transformace s časovými změnami parametrů) z publikace [5]. Jedná se o období výpočtu kampaně EUREF CZECH 2009 [4], zde pochopitelně bez řešení rychlostí stanic. Pro úplnost uvádíme souřadnice v realizaci ETRF2000(R05) (soubor POBO04_E05.CRD):

```
mongop:/home/eurrap/GPSDATA/CZE_TST/CRD > cat POB004_E05.CRD
COMPUTED FROM FILE: POBO_04.CRD
```

LOCAL GEODETIC DATUM: ETRF2000 EPOCH: 2014-10-21 12:00:00

NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG
17	BISK 11520M001	3898946.2657	1223993.1371	4881826.2459	A
19	BOGO 12207M002	3633739.3117	1397433.9239	5035353.2898	W
21	BOR1 12205M002	3738358.7784	1148173.4954	5021815.5793	W
38	CDAC XXXXXXXXX	4035070.7729	1114231.9173	4796778.8819	W
40	CDOM XXXXXXXXX	4049956.5041	929357.2467	4823342.0362	W
42	GFRM XXXXXXXXX	3924573.1751	1301971.0031	4840464.4911	W
44	CHOD XXXXXXXXX	4018665.5120	1238534.9641	4779742.5747	W
46	CJIH XXXXXXXXX	4006713.0742	1117668.9355	4819597.7453	W
48	CKRO XXXXXXXXX	3976868.6663	1246285.9749	4812394.6729	W
49	CKVA XXXXXXXXX	3986037.0416	908669.5261	4879721.6182	W
51	CLIB XXXXXXXXX	3903195.5293	1050232.2493	4917869.6423	W
52	CLIT XXXXXXXXX	3938730.3379	992282.7079	4901388.8305	W
54	CMBO XXXXXXXXX	3935718.6811	1047652.4758	4892416.4178	W
59	CPAR XXXXXXXXX	3949919.0836	1116467.0411	4865832.5380	W
60	CPRA XXXXXXXXX	4067219.5776	1013765.4708	4792089.1573	W
61	CPRG XXXXXXXXX	3967685.5067	1022867.3233	4872004.1809	W
63	CPRI XXXXXXXXX	4011991.3776	1000172.2154	4840840.9486	W
65	CRAK XXXXXXXXX	3982251.3261	972921.3231	4870394.7748	W
68	GSUM XXXXXXXXX	3931871.9630	1200665.0794	4860558.9393	W
69	GSVI XXXXXXXXX	3959346.5422	1170655.4937	4845811.2931	W
70	CTAB XXXXXXXXX	4022510.2992	1053801.6040	4820712.2186	W
71	CTRU XXXXXXXXX	3904532.7845	1112857.8502	4903151.7165	W
72	CVSE XXXXXXXXX	3960645.8074	1286205.0336	4815445.9958	W
85	CZNO XXXXXXXXX	4040428.3784	1161564.6964	4780906.8734	W
116	GANP 11515M001	3929181.8574	1455236.5036	4793653.6990	W
119	GOPE 11502M002	3979316.4437	1050312.2488	4857066.9085	W
148	KUNZ 11524M001	4037498.1001	1097034.0268	4798909.1092	W
159	LYSH 11522M001	3934178.4877	1312357.1198	4831237.8499	W
164	MARJ 11517M001	3975132.9972	909950.3105	4888907.9436	A
185	ONSA 10402M004	3370658.8693	711876.9421	5349786.7913	W
194	PLZE 11523M001	4019841.2280	954005.4261	4843420.8495	W
197	POTS 14106M003	3800689.9446	882077.1654	5028791.1272	W

198	POUS	11518M001	4002424.9882	872512.7986	4873111.5862	A
267	TUBO	11503M001	4001470.6008	1192345.3033	4805795.3202	W
281	VACO	11516M001	4062326.1803	992104.3965	4800911.0651	A
291	VSBO	11521M001	3916836.2770	1285051.0985	4851125.9175	A
296	WTZR	14201M010	4075580.8491	931853.5646	4801567.9281	W
307	CJES	XXXXXXXXXX	3905300.3724	1209502.3729	4879775.8434	A
316	CBUD	XXXXXXXXXX	4062268.5342	1048703.7394	4788540.4861	A
326	POBO	XXXXXXXXXX	3893059.9366	1102326.9744	4915236.4674	A

Závěrečný převod byl proveden do národní realizace ETRS89, a to Helmertovou transformací na identické body národní realizace ETRS89, tedy dostupné stanice sítí VESOG a CZEPOS (při transformaci byly uvažovány pouze translace). Transformace proběhla s následujícími parametry:

	RMS / COMPONENT (MM)	N 1.8	E 1.9	U 4.3
RMS OF TRANSFORMATION :	2.9 MM			
TRANSLATION IN N :	0.5	+- 0.6	MM	
TRANSLATION IN E :	5.1	+- 0.6	MM	
TRANSLATION IN U :	-1.6	+- 0.6	MM	

Souřadnice POBO v E89 (soubor POBO04_ETCZ.CRD):

COMPUTED FROM FILE: POBO_04.CRD

LOCAL GEODETIC DATUM: ETRS89		EPOCH: 2014-10-21 12:00:00				
NUM	STATION NAME	X (M)	Y (M)	Z (M)	FLAG	
17	BISK	11520M001	3898946.2630	1223993.1416	4881826.2450	A
19	BOGO	12207M002	3633739.3090	1397433.9284	5035353.2889	W
21	BOR1	12205M002	3738358.7757	1148173.4999	5021815.5784	W
38	CDAC	XXXXXXXXXX	4035070.7702	1114231.9218	4796778.8810	W
40	CDOM	XXXXXXXXXX	4049956.5014	929357.2512	4823342.0353	W
42	CFRM	XXXXXXXXXX	3924573.1724	1301971.0076	4840464.4902	W
44	CHOD	XXXXXXXXXX	4018665.5093	1238534.9686	4779742.5738	W
46	CJIH	XXXXXXXXXX	4006713.0715	1117668.9400	4819597.7444	W
48	CKRO	XXXXXXXXXX	3976868.6636	1246285.9794	4812394.6720	W
49	CKVA	XXXXXXXXXX	3986037.0389	908669.5306	4879721.6173	W
51	CLIB	XXXXXXXXXX	3903195.5266	1050232.2538	4917869.6414	W
52	CLIT	XXXXXXXXXX	3938730.3352	992282.7124	4901388.8296	W
54	CMBO	XXXXXXXXXX	3935718.6784	1047652.4803	4892416.4169	W
59	CPAR	XXXXXXXXXX	3949919.0809	1116467.0456	4865832.5371	W
60	CPRA	XXXXXXXXXX	4067219.5749	1013765.4753	4792089.1564	W
61	CPRG	XXXXXXXXXX	3967685.5040	1022867.3278	4872004.1800	W
63	CPRI	XXXXXXXXXX	4011991.3749	1000172.2199	4840840.9477	W
65	CRAK	XXXXXXXXXX	3982251.3234	972921.3276	4870394.7739	W
68	CSUM	XXXXXXXXXX	3931871.9603	1200665.0839	4860558.9384	W
69	CSVI	XXXXXXXXXX	3959346.5395	1170655.4982	4845811.2922	W
70	CTAB	XXXXXXXXXX	4022510.2965	1053801.6085	4820712.2177	W
71	CTRU	XXXXXXXXXX	3904532.7818	1112857.8547	4903151.7156	W
72	CVSE	XXXXXXXXXX	3960645.8047	1286205.0381	4815445.9949	W

85	CZNO	XXXXXXXXXX	4040428.3757	1161564.7009	4780906.8725	W
116	GANP	11515M001	3929181.8547	1455236.5081	4793653.6981	W
119	GOPE	11502M002	3979316.4410	1050312.2533	4857066.9076	W
148	KUNZ	11524M001	4037498.0974	1097034.0313	4798909.1083	W
159	LYSH	11522M001	3934178.4850	1312357.1243	4831237.8490	W
164	MARJ	11517M001	3975132.9945	909950.3150	4888907.9427	A
185	ONSA	10402M004	3370658.8666	711876.9466	5349786.7904	W
194	PLZE	11523M001	4019841.2253	954005.4306	4843420.8486	W
197	POTS	14106M003	3800689.9419	882077.1699	5028791.1263	W
198	POUS	11518M001	4002424.9855	872512.8031	4873111.5853	A
267	TUBO	11503M001	4001470.5981	1192345.3078	4805795.3193	W
281	VACO	11516M001	4062326.1776	992104.4010	4800911.0642	A
291	VSBO	11521M001	3916836.2743	1285051.1030	4851125.9166	A
296	WTZR	14201M010	4075580.8464	931853.5691	4801567.9272	W
307	CJES	XXXXXXXXXX	3905300.3697	1209502.3774	4879775.8425	A
316	CBUD	XXXXXXXXXX	4062268.5315	1048703.7439	4788540.4852	A
326	POBO	XXXXXXXXXX	3893059.9339	1102326.9789	4915236.4665	A

6 Závěr

V rámci výpočetní kampaně byly určeny souřadnice stanice POBO a to jak v systému ITRF2005 v epoše měření (21. 10. 2014), tak v národní realizaci ETRS89.

Souřadnice stanice POBO jsou určeny s formální přesností cca 0,3 mm ve směru sever-jih, 0,2 mm ve směru východ – západ a cca 1 mm ve výšce. Aposteriorní střední chyba výsledných souřadnic je ve vodorovných složkách přibližně trojnásobná (0,46 a 0,64 mm), ve výšce je 1,2 mm. Výsledek nicméně může být zatížen systematickými vlivy vzhledem k tomu, že v rámci kampaně měřila na stanici pouze jedna anténa, ke které nebyla k dispozici individuální kalibrace fázových center.

7 Literatura

- [1] Zememěřický úřad Praha, odbor geodetických základů: Observační kampaň Geodyn 2014, GNSS observace, geodetický bod POBO 36 Pomezí boudy.
- [2] Dach, R.; Hugentobler, U.; Fridez, P; Meindl, M.: Bernese GPS Software, version 5.0, Astronomical Institute University of Bern, 1.2007.
- [3] Filler Vratislav, Kostecký Jakub: Metodika pro ověření polohy a monitoring kvality dat permanentních stanic GNSS sloužících k určování polohy technologií GNSS v závazných referenčních souřadnicových systémech. Technická zpráva VÚGTK 1132/2008. VÚGTK, Zdíby, 2008.
- [4] Jan Douša, Vratislav Filler, Jakub Kostecký, Jan Kostecký, Jaroslav Šimek: EUREF-Czech-2009 Campaign, Final Report, VÚGTK, září 2010. Technická zpráva VÚGTK č. 1158/2010.
- [5] Boucher, C; Altamini, Z.: Memo : Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. <http://etrs89.ensg.ign.fr/memo-V7.pdf>