

## Protokol z výpočtu a výškového vyrovnaní v programe Nivelácia v2015.5.1

### Vyrovnanie nivelačnej siete zameranej prístrojom Topcon DL-503 s nivelačnými latami hliníkové

Košícká futbalová aréna

Simultánný odhad výšok bodov, prevýšení medzi bodmi a systematickej chyby

Spracoval : Ing. T. Pribul

Držiteľ licencie : Ing. Tomáš Pribul, GEO-KOD s.r.o.

Výpočet vykonaný programom : Nivelácia verzia 2015.5.1  
© Maklo 2002-2015

Spracovanie výsledkov nivelačných meraní bolo vykonané prostredníctvom druhého regresného lineárneho modelu. Metóda spracovania je založená na združení efektívnym a nevychýlenom odhade parametrov nivelačnej siete generujúcom, v zmysle teórie metódy najmenších štvorcov, optimálne výsledky. V triede nevychýlených a združené efektívnych odhadov preto neexistuje lepší, to je taký, ktorý by rezultoval do menej rozptýleného odhadu. Výberom váh merania, prípadne voľbou apriórnej smerodajnej odchýlky metódy merania sa významne ovplyvňujú výsledné hodnoty parametrov nivelačnej siete. Každý z týchto odhadov je vždy združené efektívny a nevychýlený.

Metóda spracovania : voľná sieť ( výšky pripojovacích bodov sú náhodné veličiny, môžu sa zmeniť, ich nepresnosť sa pre určované body rešpektuje)

Výsledky sú uvedené v troch tabuľkách. Prvá obsahuje základné parametre úlohy odhadu (vyrovnaní), druhá odhady výšok nivelačných bodov lokálnej siete a tretia obsahuje odhady meraných prevýšení. Súčasne s výpočtom najpravdepodobnejších hodnôt sa vykonala diagnostika ich opráv. Tie, ktoré významne prekročili testovacie kritériá sú označené nasledujúco : '\*' - kritické merania, v ktorých absolútna hodnota normovanej opravy z vyrovnaní prekročila 3 násobok svojej strednej chyby, '!' - hrubé chyby a omyly, v ktorých absolútna hodnota opravy z vyrovnaní prekročila kritickú hodnotu 2.00 [mm]. Prevýšenia označené znakom '#' boli zo spracovania vylúčené.

Tab. 1 Základné parametre vyrovnaní

Parametre úlohy vyrovnaní	Hodnoty
Smerodajná odchýlka úlohy	0.75 [mm/jednotka merania]
Smerodajná odchýlka systematickej chyby $J$	0 [mikro m/jednotka merania]
Smerodajná odchýlka systematickej chyby $E$	17 [mikro m/jednotka merania]
Počet bodov nivelačnej siete	11
Počet pripojovacích bodov	1
Počet nameraných prevýšení	20
Počet stupňov voľnosti	10
Defekt úlohy	0
Konfidencia $t_{\alpha}$	3
Počet kritických meraní	0 *
Počet hrubých chýb a omylov	0 !
Počet vylúčených hrubých chýb a omylov	2 #
Kritérium na hrubú chybu	2.00 [mm]
Váha merania	jednotkové
Jednotková stredná chyba merania	1.71 [mm/km]

Tab. 2 Odhad normálnych výšok nivelačných bodov

i	Bod	H <sup>i</sup>	dH	H <sup>*</sup>	$\sigma(H^*)$	n	norm(dH)	P%	J <sup>A</sup>	$\sigma(J^A)$	E <sup>A</sup>	$\sigma(E^A)$	Poznámka
1	ZNSKE3-502	240.22890	0.00000	240.22890	0.75	4	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	Prip. bod, H° sa môže zmeniť
2	ZNSKE3-503	238.30140	-0.00441	238.29699	0.92	2	4.8	99.74	0.00	0.00	-0.04	0.02	
3	5006	237.57600	-0.01774	237.55826	1.28	4	13.9	100.00	0.00	0.00	-0.03	0.03	
4	5005	237.43900	-0.01290	237.42610	1.28	4	10.1	100.00	0.00	0.00	-0.03	0.03	
5	5004	237.60300	-0.02577	237.57723	1.26	4	20.5	100.00	0.00	0.00	-0.05	0.03	
6	5003	237.97300	-0.03553	237.93747	1.21	4	29.3	100.00	0.00	0.00	-0.05	0.03	
7	5002	237.92800	-0.01606	237.91194	1.15	3	14.0	100.00	0.00	0.00	-0.05	0.03	
8	5001	237.93900	-0.00880	237.93020	0.92	4	9.5	100.00	0.00	0.00	-0.05	0.02	
9	5008	237.84000	-0.01806	237.82194	1.15	3	15.7	100.00	0.00	0.00	-0.03	0.03	
10	5011	238.10800	-0.01733	238.09067	1.21	4	14.3	100.00	0.00	0.00	-0.04	0.03	
11	5007	237.84800	-0.01686	237.83114	1.26	4	13.4	100.00	0.00	0.00	-0.03	0.03	

kde znamená :

- i - poradové číslo nivelačného bodu,
- Bod - označenie nivelačného bodu,
- H<sup>i</sup> - pripojovacia, alebo približná normálna výška bodu v [m],
- dH - odhad výškového prírastku k približnej hodnote H<sup>i</sup> v [m],
- H<sup>\*</sup> - odhad výšky nivelačného bodu v [m],
- $\sigma(H^*)$  - smerodajná odchýlka odhadu výšky H<sup>\*</sup> v [mm]
- n - počet zameraní bodu,
- norm(dH) - normovaný prírastok výšky bodu,
- P% - pravdepodobnosť významnosti zmeny výšky bodu,
- J<sup>A</sup> - odhad korekcie výšky z pôsobenia systematickej chyby rozdielu dvojice čítaní v [mm],
- E<sup>A</sup> - odhad korekcie výšky z pôsobenia systematickej chyby excentrického postavenia prístroja v [mm].

Poznámka : Hodnota H<sup>\*</sup> nie je korigovaná o účinok J<sup>A</sup> a E<sup>A</sup>. Ich uplatnenie vo výslednej výške H<sup>\*</sup> = H<sup>i</sup> + J<sup>A</sup> + E<sup>A</sup> je na rozhodnutí spracovateľa. Hodnoty J a E nájdu uplatnenie pri analýze opakovaných meraní.

Tab. 3 vyrovnané hodnoty meraných prevýšení

$i$	$vb$	$kb$	$h$	$q$	$h\Delta$	$\sigma(h\Delta)$	$v$	$\sigma(v)$	$v_{norm}$	$P\%$	$j$	$j\Delta$	$v(j)$	$\sigma(j)$	$e$	$e\Delta$	$v(e)$	$\sigma(e)$
1	ZNSKE3-502		240.22890	1.000	240.22890	0.75	0.00	0.75	0.0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	17
2	ZNSKE3-502	ZNSKE3-503	-1.93086	1.000	-1.93192	0.53	1.06	0.53	2.0	80.83	0	0	0	0	-44	-40	-4	12
3	ZNSKE3-503	ZNSKE3-502	1.93297	1.000	1.93192	0.53	1.06	0.53	2.0	80.83	0	0	0	0	35	40	-5	12
4	5001	ZNSKE3-502	2.29894	1.000	2.29870	0.53	0.24	0.53	0.5	9.54	0	0	0	0	59	50	9	12
5	ZNSKE3-502	5001	-2.29846	1.000	-2.29870	0.53	0.24	0.53	0.5	9.54	0	0	0	0	-42	-50	8	12
6	5004	5005	-0.15069	1.000	-0.15114	0.51	0.45	0.56	0.8	26.89	0	0	0	0	-8	13	-21	11
7	5005	5004	0.15142	1.000	0.15114	0.51	0.28	0.56	0.5	11.91	0	0	0	0	-22	-13	-9	11
8	5004	5003	0.36051	1.000	0.36023	0.51	0.28	0.56	0.5	11.52	0	0	0	0	-6	-4	-2	11
9	5003	5004	-0.35979	1.000	-0.36023	0.51	0.44	0.56	0.8	26.39	0	0	0	0	-9	4	-13	11
10	5002	5003	0.02631	1.000	0.02552	0.51	0.79	0.56	1.4	59.83	0	0	0	0	-11	-1	-10	11
11	5003	5002	-0.02490	1.000	-0.02552	0.51	0.62	0.56	1.1	44.47	0	0	0	0	2	1	1	11
12	5001	5002	-0.01809	1.000	-0.01826	0.68	0.17	0.32	0.5	12.25	0	0	0	0	-12	0	-12	15
13	5008	5001	0.10843	1.000	0.10826	0.68	0.17	0.32	0.5	12.25	0	0	0	0	-33	-21	-12	15
14	5008	5011	0.26900	1.000	0.26873	0.51	0.27	0.56	0.5	10.76	0	0	0	0	-4	-7	3	11
15	5011	5008	-0.26830	1.000	-0.26873	0.51	0.43	0.56	0.8	25.41	0	0	0	0	-1	7	-8	11
16	5007	5011	0.25992	1.000	0.25953	0.51	0.39	0.56	0.7	21.55	0	0	0	0	-23	-6	-17	11
17	5011	5007	-0.25930	1.000	-0.25953	0.51	0.23	0.56	0.4	7.93	0	0	0	0	1	6	-5	11
18	5007	5006	-0.27219	1.000	-0.27288	0.51	0.69	0.56	1.2	50.78	0	0	0	0	-14	0	-14	11
19	5006	5007	0.27373	1.000	0.27288	0.51	0.85	0.56	1.5	65.12	0	0	0	0	-26	0	-26	11
20	5005	5006	0.13241	1.000	0.13217	0.51	0.24	0.56	0.4	8.98	0	0	0	0	-11	3	-14	11

kde znamená :

- $i$  - označenie nivelačného bodu,
- $vb$  - označenie východiskového bodu prevýšenia,
- $kb$  - označenie koncového bodu prevýšenia,
- $h$  - namerané prevýšenie v [m],
- $q$  - kofaktorový koeficient (prevrátená hodnota váhy merania),
- $h\Delta$  - odhad prevýšenia medzi bodmi v [m],
- $\sigma(h\Delta)$  - smerodajná odchýlka odhadu prevýšenia v [mm],
- $v$  - oprava meraného prevýšenia v [mm],
- $\sigma(v)$  - smerodajná odchýlka opravy prevýšenia v [mm],
- $v_{norm}$  - normovaná oprava vyrovnaní ( $v_{norm} = \text{abs}(v) / \sigma(v)$ ),
- $j$  - empirická hodnota rozdielu prevýšení určených z dvoch čítaní výšky horizontu nivelačného prístroja vzad a vpred v [mikro.m],
- $j\Delta$  - odhad korekcie prevýšenia z pôsobenia systematickej chyby rozdielu dvojice čítaní v [mikro.m],
- $v(j)$  - oprava empirickej hodnoty  $j$  v [mikro.m],
- $\sigma(j)$  - smerodajná odchýlka opravy  $v(j)$  v [mikro.m],
- $e$  - empirická hodnota korekcie získanej kumuláciou účinku excentrického postavenia prístroja v [mikro.m],
- $e\Delta$  - odhad korekcie prevýšenia z pôsobenia excentrického postavenia prístroja v [mikro.m],
- $v(e)$  - oprava empirickej hodnoty  $e$  v [mikro.m],
- $\sigma(e)$  - smerodajná odchýlka opravy  $v(e)$  v [mikro.m].