

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Tisovnik, M., 2013. Primerjava rezultatov izravnave prostorske mreže z rezultati izravnave horizontalne in višinske mreže. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Ambrožič, T., somentor Kregar, K.): 65 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Tisovnik, M., 2013. Primerjava rezultatov izravnave prostorske mreže z rezultati izravnave horizontalne in višinske mreže. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Ambrožič, T., co-supervisor Kregar, K.): 65 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ
GEODEZIJE
SMER GEODEZIJA V
INŽENIRSTVU

Kandidat:

MARTIN TISOVNIK

**PRIMERJAVA REZULTATOV IZRAVNAVE
PROSTORSKE MREŽE Z REZULTATI IZRAVNAV
HORIZONTALNE IN VIŠINSKE MREŽE**

Diplomska naloga št.: 395/GI

**SPATIAL GEODETIC NETWORK ADJUSTMENT IN
COMPARISON WITH THE POSITIONAL AND HEIGHT
NETWORK ADJUSTMENT**

Graduation thesis No.: 395/GI

Mentor:

izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič

Predsednik komisije:

viš. pred. mag. Samo Drobne

Somentor:

asist. Klemen Kregar

Član komisije:

doc. dr. Alma Zavodnik Lamovšek

viš. pred. mag. Mojca Foški

Ljubljana, 03. 07. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

Ta stran je namenoma prazna.

IZJAVE

Podpisani Martin Tisovnik izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »Primerjava rezultatov izravnave prostorske mreže z rezultati izravnave horizontalne in višinske mreže«.

Izjavljam, da je elektronska različica enaka tiskani.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 21. 06. 2013

Ta stran je namenoma prazna.

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	528.33(497.4)(043.2)
Avtor:	Martin Tisovnik
Mentor:	izr. prof. dr. Tomaž Ambrožič
Somentor:	asist. Klemen Kregar, univ. dipl. inž. geod.
Naslov:	Primerjava rezultatov izravnave prostorske mreže z rezultati izravnave horizontalne in višinske mreže
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	65 str., 28 pregl., 19 sl.
Ključne besede:	geodetske mreže, Moste, Dobravica, izravnava geodetske mreže

Izvleček

V diplomski nalogi so opisane prostorska, položajna in višinska izravnava. Obravnavan je teoretični del, ki zajema predhodna računanja in predstavitev postopka izravnave z vsemi pripadajočimi enačbami. Za prikaz razlik, ki nastanejo med rezultati prostorske izravnave v primerjavi s položajno in višinsko izravnavo, sta uporabljeni mreži Dobravica in Moste. Primerjane so izravnane koordinate in njihove natančnosti, dobljene z vsemi tremi vrstami izravnave. Uporabljeni vhodni podatki so bili enaki v vseh treh vrstah izravnave, zato so rezultati med seboj primerljivi. Za vse primere so primerjave prikazane tabelarično in grafično.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALIST INFORMATION

UDC: 528.33(497.4)(043.2)
Author: Martin Tisovnik
Supervisor: assoc. prof. Tomaž Ambrožič, Ph.D.
Co–advisor: Assist. Klemen Kregar B. Sc.
Title: Spatial geodetic network adjustment in comparison with the positional and height network adjustment
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Notes: 65 p., 28 tab., 19 fig.
Key words: geodetic networks, Moste, Dobravica, data adjustment of geodetic network

Abstract

This diploma thesis describes the spatial, positional and height data adjustment. The theoretical part covers the preliminary calculation and presentation of the data adjustment with all the associated equations. Geodetic networks Dobravica and Moste were used to show differences between the results of the spatial networks adjustment in comparison with the positional and height networks adjustment. The adjusted coordinates and their precisions, obtained with all three types of data adjustment, were compared. The input data was identical in all three types of adjustment, so the results are comparable against each other. For all cases the comparisons are displayed in tabular and graphical format.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis diplomske naloge.....	1
1.2	Cilji diplomske naloge	1
2	PREDHODNA RAČUNANJA	2
2.1	Redukcija dolžin	2
2.1.1	Meteorološki popravki.....	2
2.1.2	Geometrični popravki	3
2.1.3	Projekcijski popravki.....	3
2.1.4	Ocena natančnosti merjenih dolžin.....	4
2.2	Sredina smeri	5
2.2.1	Ocena natančnosti merjenja horizontalnih smeri po opravljenih meritvah	6
2.3	Izračun višinskih razlik	6
2.3.1	Izračun višinske razlike ob poznani poševni dolžini med obema točkama in enostransko merjeno zenitno razdaljo	8
2.3.2	Ocena natančnosti merjenja višinske razlike	10
2.4	Uteži merjenih količin.....	11
2.4.1	Uteži kotnih opazovanj.....	11
2.4.2	Uteži dolžinskih opazovanj	12
2.4.3	Uteži pri trigonometričnem višinomerstvu.....	13
2.5	Namen predhodnih računanj	15
3	IZRAVNAVA	16
3.1	Enačbe popravkov.....	17
3.1.1	Enačbe popravkov za horizontalne smeri.....	19
3.1.2	Enačbe popravkov za horizontalne dolžine	22
3.1.3	Enačbe popravkov za višinske razlike.....	24
3.1.4	Enačbe popravkov za prostorske dolžine	26
3.1.5	Enačbe popravkov za zenitne razdalje.....	29
3.2	Sestava normalnih enačb	33
3.3	Natančnost ocene	34

4	PODATKI O MREŽAH	37
4.1	Mreža Dobravica	37
4.2	Mreža Moste.....	38
5	VIŠINSKA IZRAVNAVA (1D)	39
5.1	Mreža Dobravica	39
5.1.1	Analiza rezultatov izravnave.....	39
5.1.2	Primerjava rezultatov	40
5.1.3	Komentar.....	40
5.2	Mreža Moste.....	41
5.2.1	Analiza rezultatov izravnave.....	41
5.2.2	Komentar.....	42
6	POLOŽAJNA IZRAVNAVA (2D).....	43
6.1	Mreža Dobravica	43
6.1.1	Analiza rezultatov izravnave.....	43
6.1.2	Primerjava rezultatov	47
6.1.3	Komentar.....	48
6.2	Mreža Moste.....	48
6.2.1	Analiza rezultatov izravnave.....	49
6.2.2	Komentar.....	50
7	PROSTORSKA IZRAVNAVA (3D).....	51
7.1	Mreža Dobravica	51
7.1.1	Analiza rezultatov izravnave.....	51
7.1.2	Primerjava rezultatov	54
7.1.3	Komentar.....	55
7.2	Mreža Moste.....	55
7.2.1	Analiza rezultatov izravnave.....	56
7.2.2	Komentar.....	57

8	PRIMERJAVA REZULTATOV IZRAVNAV MREŽ DOBRAVICA IN MOSTE.....	58
8.1	Mreža Dobravica.....	58
8.1.1	Komentar	60
8.2	Mreža Moste	61
8.2.1	Komentar	63
9	ZAKLJUČEK.....	64
VIRI	65

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin).....	39
Preglednica 2: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)	39
Preglednica 3: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine).....	40
Preglednica 4: Rezultati izravnave (vse dolžine).....	40
Preglednica 5: Primerjava rezultatov izravnave	40
Preglednica 6: Statistika vhodnih podatkov.....	41
Preglednica 7: Rezultati izravnave.....	41
Preglednica 8: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin).....	43
Preglednica 9: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)	44
Preglednica 10: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine)	44
Preglednica 11: Rezultati izravnave (vse dolžine).....	45
Preglednica 12: Statistika vhodnih podatkov (samo kotna opazovanja).....	46
Preglednica 13: Rezultati izravnave (samo kotna opazovanja)	46
Preglednica 14: Primerjava rezultatov izravnave	47
Preglednica 15: Statistika vhodnih podatkov.....	49
Preglednica 16: Rezultati izravnave.....	49
Preglednica 17: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin).....	51
Preglednica 18: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)	52
Preglednica 19: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine)	52
Preglednica 20: Rezultati izravnave (vse dolžine).....	53
Preglednica 21: Statistika vhodnih podatkov (samo kotna opazovanja).....	53
Preglednica 22: Rezultati izravnave (samo kotna opazovanja)	54
Preglednica 23: Primerjava koordinat.....	54
Preglednica 24: Primerjava natančnosti.....	55
Preglednica 25: Statistika vhodnih podatkov.....	56
Preglednica 26: Rezultati izravnave.....	56
Preglednica 27: Primerjava rezultatov izravnave	58
Preglednica 28: Primerjava rezultatov izravnave	61

KAZALO SLIK

Slika 1: Merjena zenitna razdalja iz točke A proti točki B.....	7
Slika 2: Enostransko merjena zenitna razdalja.....	8
Slika 3: Elipsa pogreškov (Ambrožič, Turk, 2000).....	35
Slika 4: Skica mreže Dobravica.....	37
Slika 5: Skica mreže Moste.....	38
Slika 6: Elipse pogreškov (aritmetične sredine dolžin).....	44
Slika 7: Elipse pogreškov (vse dolžine).....	45
Slika 8: Elipse pogreškov (samo kotna opazovanja).....	46
Slika 9: Elipse pogreškov (primerjava dveh možnosti uporabe dolžin).....	47
Slika 10: Elipse pogreškov (primerjava vseh treh uporabljenih možnosti).....	48
Slika 11: Elipse pogreškov.....	50
Slika 12: Elipsoidi pogreškov (aritmetične sredine dolžin).....	52
Slika 13: Elipsoidi pogreškov (vse dolžine).....	53
Slika 14: Elipsoidi pogreškov (samo kotna opazovanja).....	54
Slika 15: Elipsoidi pogreškov.....	57
Slika 16: Elipse pogreškov in natančnosti višin (aritmetične sredine dolžin).....	59
Slika 17: Elipsoidi pogreškov (aritmetične sredine dolžin).....	59
Slika 18: Elipse pogreškov in natančnosti višin.....	62
Slika 19: Elipsoidi pogreškov.....	62

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

1.1 Opis diplomske naloge

V primeru geodetske izmere, kjer je nujno doseganje visoke natančnosti, se poslužujemo postopka izravnave geodetske mreže. To metodo lahko uporabimo takrat, kadar imamo na voljo nadštevila opazovanja. Ker se geodetske mreže klasično delijo na položajne in višinske, tudi v postopku izravnave ločimo položajno in višinsko izravnavo geodetske mreže. Pri prostorski mreži se nam poveča število neznank, in sicer vsaka točka dobi še eno višinsko neznanko. Ker tehnologija omogoča tudi obdelavo prostorskih mrež, lahko postopka izravnave položajne in višinske mreže združimo. Namen diplomske naloge je primerjava rezultatov izravnave prostorske mreže z rezultati izravnave položajne in višinske mreže.

1.2 Cilji diplomske naloge

Za primerjavo bomo uporabili dve mreži, ki sta različni tako po velikosti kot po obliki. To sta mreži Dobravica, kjer so daljše dolžine in manjše višinske razlike, ter Moste, kjer so krajše dolžine, višinske razlike pa razmeroma velike. Poskušali bomo ugotoviti tudi, kakšen vpliv ima dimenzija mreže glede na uporabljeno metodo izravnave ter kako se oblika in velikost geodetske mreže odražata na rezultatih izravnave. S primerjavo hočemo prikazati razlike, ki nastanejo med koordinatami in natančnostmi določitve koordinat prostorske, položajne in višinske mreže. Cilj je tudi primerjava rezultatov izravnave položajne mreže, ko uporabimo vse dolžine ali aritmetične sredine dolžin in rezultate višinske mreže, ko uporabimo vse višinske razlike ali aritmetične sredine višinskih razlik.

2 PREDHODNA RAČUNANJA

Narava meritev zaradi različnih vplivov na meritve zahteva predhodno obdelavo podatkov oziroma pretvorbo merskih vrednosti v obliko, primerno za izravnavo. Podatke merjenj je treba urediti in izvesti predhodno oceno natančnosti teh meritev. Na podlagi nadštevilnih meritev izračunamo najverjetnejše merske vrednosti. V praksi se pojavljajo različni primeri, od računanja aritmetičnih sredin, spojitve skupin meritev, do stojiščne izravnave, redukcije dolžin, vpliva ukrivljenosti zemlje in vpliva refrakcije (Kogoj, Stopar, 2009).

2.1 Redukcija dolžin

V splošnem je redukcija postopek, kjer poševno dolžino preračunamo na horizont. Pri merjenju dolžin z elektrooptičnimi razdaljmeri gre za redukcijo poševno merjenih dolžin na horizont oziroma na ničelno nivojsko ploskev. Dolžino tako reduciramo za meteorološke, geometrične in projekcijske popravke (Kogoj, 2005).

Dolžine smo na enem stojišču zaradi girusne metode posledično merili dvakrat (v obeh krožnih legah). Dolžino D_o , ki predstavlja začetno, z vplivi obremenjeno dolžino, dobimo iz aritmetične sredine dveh dolžin, merjenih v obeh krožnih legah.

2.1.1 Meteorološki popravki

Žarek se giblje po refrakcijski krivulji, ki pa se zaradi različnih pogojev atmosfere giblje po drugačni krivulji od referenčne (dejanski lomni količnik je različen od predpisanega). Zaradi tega se žarek bolj ali manj lomi in dolžina se poveča. Rezultat upoštevanja meteoroloških popravkov je dolžina D , ki je del krožnega loka (Kogoj, 2005).

Grupni lomni količnik n_G je odvisen od efektivne valovne dolžine λ nosilnega valovanja razdaljmera. Izračunamo ga po Cauchyju:

$$(n_G - 1) \cdot 10^6 = A + 3 \cdot \frac{B}{\lambda^2} + 5 \frac{C}{\lambda^4}$$

Izračun dejanskega lomnega količnika:

$$n_D = 1 + \frac{(n_G - 1)}{1 + \alpha \cdot t} \cdot \frac{P}{1013,25} - \frac{4,1 \cdot 10^{-8}}{1 + \alpha \cdot t} \cdot e$$

Redukcija zaradi adicijske in multiplikacijske konstante:

$$D_a = D_o \cdot k_M + k_a$$

Prvi popravek hitrosti:

$$D' = k_n + D_a$$

$$k_n = D - D_a = D_a \frac{n_0}{n_D}$$

k_n ... prvi popravek hitrosti

Drugi popravek hitrosti:

$$D = D' - (k - k^2) \cdot \frac{D_a^3}{12R^2}$$

Drugi popravek pride v poštev predvsem pri daljših dolžinah, zato ga v praksi po navadi zanemarimo.

2.1.2 Geometrični popravki

Pri teh popravkih dolžino, popravljeno za meteorološke popravke, reduciramo na nivo kamen-kamen. Dejanska dolžina je merjena od objektiva inštrumenta do prizme, katerih višina ni enaka, zato je merjena dolžina daljša ali krajša. Na velikost geometričnih popravkov najbolj vpliva razlika med višino signala in višino inštrumenta (Kogoj, 2005).

Redukcija zaradi ukrivljenosti merskega žarka:

$$S_r = D - k^2 \frac{D^3}{24R^2}$$

Redukcija na nivo točk ob merjeni zenitni razdalji:

$$S_p = S_r - (l - i) \cdot \cos Z_r + \frac{[(l - i) \sin Z_r]^2}{2S_r}$$

Redukcija kamen-kamen:

$$S_k = S_p - \frac{i \cdot S_p}{R}$$

2.1.3 Projekcijski popravki

Upoštevamo višinsko razliko med točkama, absolutni višini obeh točk na izbran nivo in projekcijo. Izračune izvajamo v državni mreži. Da zmanjšamo deformacije, pomnožimo z $m_0 = 1 - 0,0001 = 0,9999$ (Kogoj, 2005).

Horizontalna dolžina:

$$S_m = S_k \cdot \sin(Z' + \varepsilon)$$

$$\varepsilon = \frac{S_k}{2R} (k - \sin z')$$

Dolžina na referenčni horizont:

$$S_0 = S_m \frac{R}{R + H_m}$$

$$H_m = \frac{H_a + H_b}{2}$$

Redukcija na referenčno ploskev:

$$S = 2R \arcsin \frac{S_0}{2R} \equiv S_0 + \frac{S_0^3}{24 \cdot R^2}$$

2.1.4 Ocena natančnosti merjenih dolžin

Ker smo meritve dolžin opravili v obeh smereh neodvisno, lahko natančnost dolžin ocenimo na podlagi razlik dvojnih merenj. Natančnost dolžin lahko podamo tudi z natančnostjo uporabljenega inštrumentarija. Ta nam podaja dva podatka, in sicer o sistematičnih in slučajnih vplivih pri merjenju dolžine z elektrooptičnim razdaljemerom. Sistematični vplivi so za razliko od slučajnih odvisni od velikosti dolžine (Ambrožič, 2009).

Odstopanje med dolžinama zapišemo kot:

$$d = S_{ij} - S_{ji}$$

Ločimo:

- vse dolžine v mreži so približno enako dolge (ni treba upoštevati uteži)

$$\sigma = \sqrt{\frac{[dd]}{2n}} \dots \text{standardna deviacija določitve posamezne dolžine v mreži}$$

n ... število dolžin v mreži

$$\sigma_{\text{obojestransko}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{[dd]}{n}} \dots \text{standardna deviacija določitve posamezne meritve obojestransko določene dolžine}$$

- dolžine v mreži se po velikosti razlikujejo

$$\sigma = \sqrt{\frac{[pdd]}{2n}}$$

p ... utež posamezne dolžine

$$\sigma_{\text{obojestransko}} = \frac{\sigma}{\sqrt{2}}$$

Standardno deviacijo merjene dolžine lahko torej zapišemo tudi na naslednji način:

$$\sigma_D = \sqrt{(bD)^2 + a^2}$$

a ... slučajni vpliv

b ... sistematični vpliv

D ... dolžina v kilometrih

σ_D ... standardna deviacija dolžine v milimetrih

2.2 Sredina smeri

Ker imamo po navadi več girusov, kar pomeni nadštevilne meritve, sta potrebna izračun sredin smeri ter določitev standardne deviacije oziroma ocena natančnosti meritev pred izravnavo (a priori).

Sredino smeri zapišemo kot aritmetično sredino:

$$\bar{\alpha} = \frac{[\alpha]}{n}$$

n ... število ponovitev oziroma girusov

2.2.1 Ocena natančnosti merjenja horizontalnih smeri po opravljenih meritvah

Za natančnost kotnih merjenj lahko privzamemo tudi standardno deviacijo, ki je navedena v tehničnih lastnostih inštrumenta. Standardne deviacije za kotna merjenja se izražajo v sekundah (") (Ambrožič 2009).

Lahko pa natančnost ocenimo po opravljenih meritvah. Potrebni so izračuni aritmetične sredine, odstopanja in standardne deviacije:

- odstopanje

$$\delta_i = \bar{\alpha} - \alpha_i \quad i = 1, \dots, n$$

- standardna deviacija merjenega kota v enem girusu

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{n-1}}$$

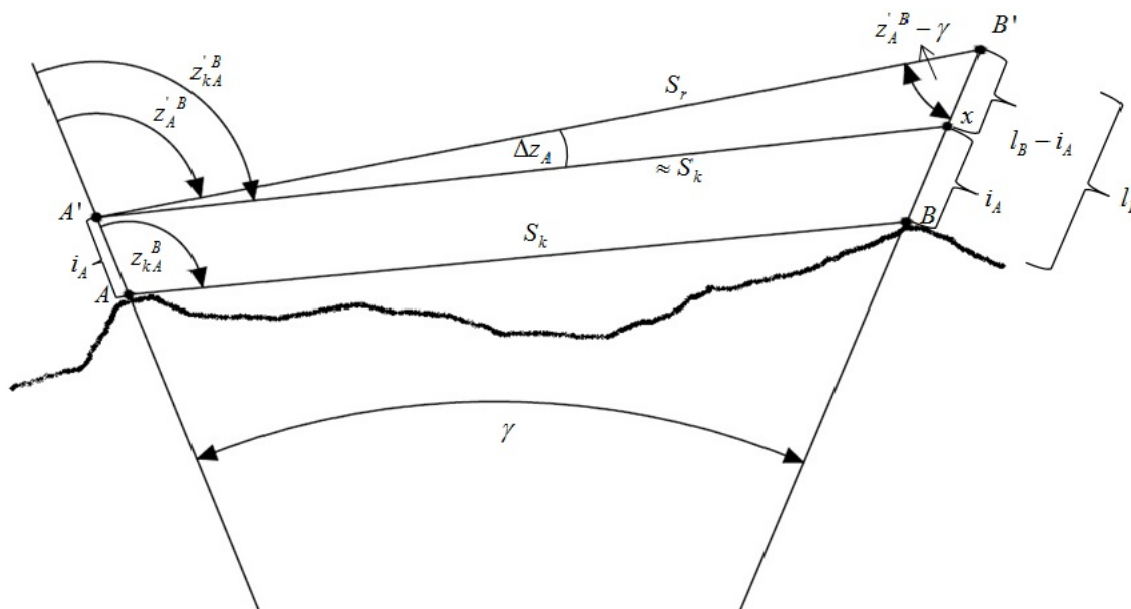
- standardna deviacija merjenega kota v n girusih

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{(n-1)n}} = \frac{\sigma_{\alpha}}{\sqrt{n}}$$

2.3 Izračun višinskih razlik

V splošnem velja, da višinske razlike računamo že pred izravnavo na podlagi merjenih in danih vrednosti. Vhodni podatek v izravnavo so tako višinske razlike. Predhodno računanje nam omogoča upoštevanje sistematičnih vplivov ukrivljenosti Zemlje, izbrane primerjalne ploskve ter sistematičnih vplivov okolja. Za izračun višinske razlike med dvema točkama uporabimo metodo trigonometričnega višinomerstva. Za razliko od izračuna položajnih koordinat uporabimo tu poševno dolžino. Pomembno je, da je dolžina, ki jo uporabimo, izmerjena dovolj natančno in da za izračun uporabimo čim bolj natančno enačbo. Velja, da v enačbah, ki jih uporabimo, uporabljamo predpostavke in poenostavitve, katerih zaokrožitvene napake ne smejo bistveno vplivati na rezultat (Kogoj, Stopar, 2009).

Merimo poševne dolžine, ki so reducirane za meteorološke in geometrične popravke (kamenkamen), zenitno razdaljo, višino inštrumenta in višino signala.



Slika 1: Merjena zenitna razdalja iz točke A proti točki B

Zenitna razdalja je na nivoju točk:

$$z_{kA}^B = z_A^B + \Delta z_A$$

Upoštevanje vpliva refrakcije:

$$z_{kA}^B = z_A^B + \delta / 2 \quad \text{in} \quad z_A^B = z_A^B + \delta / 2$$

$$\text{Dobimo: } z_{kA}^B = z_A^B + \Delta z_A$$

Δz_A lahko izračunamo z uporabo sinusovega stavka v trikotniku $A'B'x$:

$$\sin \Delta z_A = \frac{l_b - i_A}{S_k} \sin(z_A'^B - \gamma)$$

Če je $l_b > i_A \Rightarrow \Delta z_A > 0$

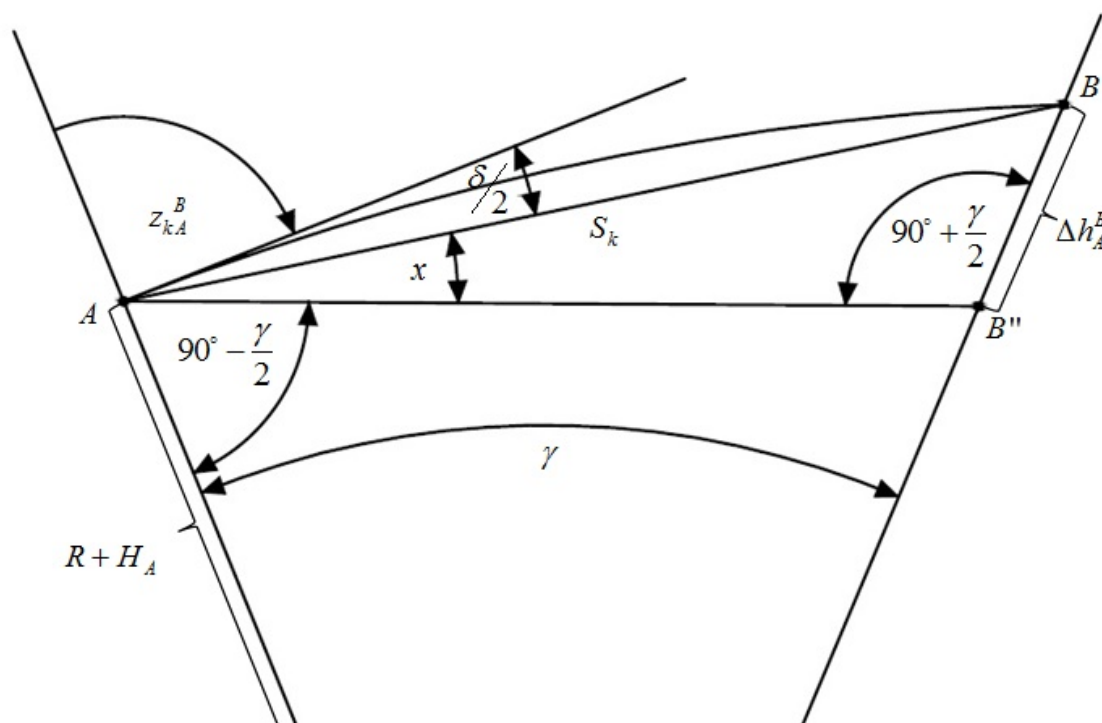
Če je $l_b < i_A \Rightarrow \Delta z_A < 0$

Ker je kot γ zelo majhen izraz, po navadi poenostavimo:

$$\sin \Delta z_A = \frac{l_b - l_A}{S_k} \sin z_A^B$$

2.3.1 Izračun višinske razlike ob poznani poševni dolžini med obema točkama in enostransko merjeno zenitno razdaljo

Pri tej metodi določitve višinske razlike merimo poševno dolžino z elektrooptičnim razdaljemerom, zenitno razdaljo na točki A proti točki B , višino inštrumenta in višino signala. Zenitna razdalja je v tem primeru merjena enostransko na obeh točkah, kar pomeni, da imamo dve enostranski meritvi, iz katerih lahko izračunamo odstopanje. Pri dvostranski meritvi, kjer je rezultat ena sama zenitna razdalja, gre namreč za čim bolj istočasne meritve na obeh točkah (Ambrožič, 2009).



Slika 2: Enostransko merjena zenitna razdalja

Višinsko razliko Δh_A^B izračunamo s pomočjo sinusovega stavka v trikotniku ABB'' :

$$\frac{\Delta h_A^B}{\sin x} = \frac{S_k}{\sin(90 + \frac{\gamma}{2})} \quad \text{oziroma}$$

$$\Delta h_A^B = S_k \frac{\sin x}{\sin(90 + \frac{\gamma}{2})} \quad (1)$$

Kot x izračunamo iz merjene zenitne razdalje, središčnega kota in refrakcijskega kota na točki A:

$$x = 180^\circ - \left(z_{kA}^B + \frac{\delta}{2} + 90 - \frac{\gamma}{2} \right)$$

$$x = 90^\circ - \left(z_{kA}^B + \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2} \right) \quad (2)$$

V enačbo (1) vstavimo enačbo (2) in dobimo:

$$\Delta h_A^B = S_k \frac{\cos\left(z_{kA}^B + \frac{\delta}{2} - \frac{\gamma}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)} \quad (3)$$

Upoštevamo, da $\sin(90^\circ \pm \alpha) = +\cos \alpha$

Horizontalno dolžino na horizontu H_m zapišemo kot $S \approx S_k \sin(z_{kA}^B)$, zato lahko zapišemo središčni kot γ tudi tako:

$$\gamma = \frac{S}{R} = \frac{S_k \sin(z_{kA}^B)}{R + H_m}$$

Pri manjših oddaljenostih med točkami in manj natančnih meritvah poenostavimo in zapišemo:

- $\cos\left(z_{kA}^B - \frac{\gamma - \delta}{2}\right) \underset{\cos(\alpha - \beta) = \cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta}{=} \underbrace{\cos(z_{kA}^B) \cos \frac{\gamma - \delta}{2}}_{\substack{\text{majhen} \\ \approx 1}} + \underbrace{\sin(z_{kA}^B) \sin \frac{\gamma - \delta}{2}}_{\text{majhen}}$
- $\approx \cos(z_{kA}^B) + \frac{\gamma - \delta}{2} \sin(z_{kA}^B);$
- $\gamma = \frac{S}{R} \approx \frac{S_k}{R};$
- $\delta = k \frac{S}{R} \approx k \frac{S_k}{R};$
- $\frac{\gamma}{2}$ je zelo majhen kot, zato je $\cos \frac{\gamma}{2} \approx 1$

Navedene poenostavitve vstavimo v enačbo (3) in dobimo končni izraz (4) za izračuna višinske razlike ob poznani poševni dolžini med obema točkama in enostransko merjeno zenitno distanco:

$$\Delta h_A^B = S_k \cos(z_{kA}^B) + \frac{S_k^2}{2R} (1-k) \sin(z_{kA}^B) + i_A - l_B \quad (4)$$

2.3.2 Ocena natančnosti merjenja višinske razlike

Za oceno natančnosti v tem primeru uporabimo metodo razlik dvojnih merjenj. To pomeni, da imamo dve neodvisni meritvi med dvema točkama, na podlagi katerih lahko izračunamo odstopanje (Ambrožič 2009).

Merimo višinsko razliko iz točke i na točko j , ki jo zapišemo kot Δh_i^j , in višinsko razliko iz točke j na točko i , ki jo zapišemo kot Δh_j^i .

Odstopanje δ izračunamo kot seštevek vrednosti ali razliko absolutnih vrednosti višinskih razlik:

$$\delta = \Delta h_i^j + \Delta h_j^i \quad \text{ali} \quad (|\Delta h_i^j| - |\Delta h_j^i|)$$

Standardna deviacija enostransko določene višinske razlike je:

$$\sigma_{\Delta h} = \sqrt{\frac{[\delta\delta]}{2n}} \quad \dots \text{ za meritve enake natančnosti}$$

$$\sigma_{0\Delta h} = \sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{2n}} \quad \dots \text{ za meritve različne natančnosti}$$

n ... število parov višinskih razlik

p_i ... utež višinske razlike Δh_i

To je standardna deviacija enote uteži enostransko določene višinske razlike (a priori referenčna standardna deviacija).

$$\sigma_{0\overline{\Delta h}} = \sqrt{\frac{[p\delta\delta]}{4n}} \quad \dots \text{ standardna deviacija enote uteži dvojnih merjenj (tja in nazaj)}$$

2.4 Uteži merjenih količin

Pri različnih meritvah z različnim natančnostmi se srečamo s problemom, kako ovrednotiti natančnost, s katero je bila meritev določena, da bo kakovost meritve čim bolj optimalno vpletena v izravnavo. Predvsem poskušamo doseči, da imajo meritve večje natančnosti večji vpliv na končni rezultat kot meritve manjše natančnosti in nasprotno. To lahko storimo z uporabo uteži. Utež je recipročna vrednost variance merjene količine. Variance merjenih količin dobimo z a priori oceno natančnosti meritev, kjer varianca predstavlja kvadrat vrednosti standardne deviacije (Ambrožič, 2009).

Utež merjene količine p_i zapišemo kot kvocient konstante in variance:

$$p_i = \frac{k}{\sigma_i^2}$$

σ_i^2 ... variance merjene količine

k ... konstanta

Utež ene meritve lahko določimo na več načinov, odvisno od načina določitve standardne deviacije in s tem posledično tudi variance. Kadar obravnavamo izravnavo kombinirane mreže, imamo možnost, da uteži uskladimo, kot na primer lahko to storimo pri položajni mreži, če imamo kotna in dolžinska opazovanja (Ambrožič, 2009).

Utež lahko določimo na podlagi:

- predhodne ocene popravljene meritve,
- natančnosti instrumentarija.

2.4.1 Uteži kotnih opazovanj

Pri kotnih opazovanjih imamo več možnosti. Utež lahko določimo s pomočjo analize oziroma ocene natančnosti po opravljenih meritvah ali pa jo določimo na podlagi deklarirane natančnosti inštrumenta (Ambrožič, 2009).

Če hočemo določiti standardno deviacijo na podlagi ocene natančnosti po opravljenih meritvah in imamo na voljo nadštevilne meritve, se lahko poslužimo več metod izračuna. Vsaka od njih ima prednosti in slabosti, ki jih moramo upoštevati, preden se odločimo za posamezno metodo.

Poznamo naslednje metode izračuna standardne deviacije:

- iz odstopanja aritmetične sredine,
- iz odstopanj pri zapiranju horizonta,
- iz odstopanj pri zapiranju trikotnikov.

2.4.2 Uteži dolžinskih opazovanj

Ker je natančnost dolžine podana s sistematičnimi in slučajnimi vplivi, je določitev natančnosti odvisna od velikosti dolžine (Ambrožič, 2009).

Pri dolžinskih opazovanjih imamo podobno izbiro določitve uteži kot pri kotnih opazovanjih:

- ocenimo jo na podlagi uporabljenega instrumentarija in pogojev meritev,
- izračunamo jo na podlagi rezultatov opravljenih meritev.

Enačba za določitev natančnosti merjene dolžine:

$$\sigma^2 = \sigma_{\text{slučajni}}^2 \cdot S + \sigma_{\text{sistematični}}^2 \cdot S^2$$

Če uporabimo to enačbo, imamo več možnosti:

- vse dolžine so izmerjene z isto natančnostjo

Ko imamo v mrežah manjših dimenzij podobno dolge dolžine, imajo vse dolžine enako utež.

Če izberemo $k = \sigma^2$, iz tega sledi, da $p = 1$.

- imamo kratke dolžine

Pri kratkih dolžinah prevladuje slučajni vpliv. Sistematični pogreški imajo minimalni vpliv.

$\sigma_i = \sigma_0 \sqrt{S}$... standardna deviacija za posamezno dolžino

σ_0 ... referenčna standardna deviacija

Če izberemo $k = \sigma_0^2 \Rightarrow p_i = \frac{1}{S_i}$

- imamo dolge dolžine

Pri dolgih dolžinah prevladuje sistematični vpliv. Slučajni pogreški imajo zanemarljiv vpliv.

$\sigma_i^2 = \sigma_0^2 \cdot S^2$... standardna deviacija za posamezno dolžino

σ_0 ... referenčna standardna deviacija

Če izberemo $k = \sigma_0^2 \Rightarrow p_i = \frac{1}{S_i^2}$

- dolžine so različno dolge

V tem primeru upoštevamo oba vpliva:

$$\sigma_i^2 = \sigma_{\text{slučajni } 0}^2 \cdot S_i + \sigma_{\text{sistematični } 0}^2 \cdot S_i^2$$

$$p_i = \frac{k}{\sigma_{\text{slučajni } 0}^2 \cdot S_i + \sigma_{\text{sistematični } 0}^2 \cdot S_i^2}$$

Enačbo preoblikujemo:

$$\sigma_{\text{slučajni } 0}^2 \cdot S_i + \sigma_{\text{sistematični } 0}^2 \cdot S_i^2 = \sigma_{\text{začetni vpliv}}^2 + \sigma_{\text{sistematični } 0}^2 \cdot S_i^2$$

$$p_i = \frac{k}{\sigma_{\text{začetni vpliv}}^2 + \sigma_{\text{sistematični } 0}^2 \cdot S_i^2}$$

2.4.3 Uteži pri trigonometričnem višinomerstvu

Ker so uteži določene z natančnostjo meritev, je pomembno, da poznamo omejitve, ki jih določa metoda trigonometričnega višinomerstva. Določitev natančnosti višinske razlike je odvisna od več dejavnikov, od katerih je najpomembnejša dolžina. Večjo natančnost je mogoče doseči samo pri krajših dolžinah, z večanjem dolžine pa natančnost hitro upada, za kar je razlog vertikalna refrakcija (Ambrožič, 2009).

Pri trigonometričnem višinomerstvu imamo dva primera določitve uteži za višinsko razliko:

- utež neposredno merjene višinske razlike,
- utež višinskega poligona – posredno merjena višinska razlika.

Utež neposredno merjene višinske razlike lahko določimo na dva načina, odvisno, na kakšen način je bila merjena zenitna razdalja.

Zenitna razdalja je lahko merjena:

- dvostransko,
- enostransko.

Uteži za dvostransko merjeno zenitno razdaljo določimo na naslednji način:

- Izhajamo iz enačbe za izračun standardne deviacije višinske razlike $\sigma_{\Delta h}$ na podlagi obojestranskih meritev:

– ne upoštevamo vpliva refrakcije

$$\sigma_{\Delta h_k}^2 = \frac{S_k^4}{4R^2} \sigma_k^2 \approx 0$$

– ne upoštevamo vpliva natančnosti dolžine

$$\sigma_{\Delta h_s}^2 = \frac{\cos^2 z}{2} \sigma_s^2 \approx 0$$

– če to dvoje upoštevamo, dobimo:

$$\sigma_{\Delta h_i \text{ obojestransko}}^2 = \frac{S_i^2}{2} \sigma_{z_i}^2 + \frac{\sigma_i^2}{2} + \frac{\sigma_l^2}{2}$$

- Predpostavimo, da sta višini instrumenta in signala določeni precej natančneje, kot je natančnost višinske razlike:

$$\sigma_i = \sigma_l \approx 0$$

Dobimo varianco obojestransko merjene zenitne razdalje:

$$\sigma_{\Delta h_i \text{ obojestransko}}^2 = \frac{S_i^2}{2} \sigma_{z_i}^2$$

Utež tako zapišemo kot recipročno vrednost variance:

$$P_{\Delta h_i \text{ obojestransko}} = \frac{2k}{S_i^2 \cdot \sigma_{z_i}^2}$$

- Po predpostavki, da izmerimo v mreži vse zenitne razdalje z enako natančnostjo ($\sigma_{z_i} = \sigma_z$) za vse $i = 1, \dots, n$, lahko izberemo konstanto $K = \frac{2k}{\sigma_z^2}$.

Dobimo:

$f_{\Delta h_i \text{ obojestransko}} = \frac{K}{S_i^2}$... utež obojestransko merjene višinske razlike Δh je enaka recipročni vrednosti kvadrata dolžine med točkama.

Uteži za enostransko merjeno zenitno razdaljo:

Standardno deviacijo za enostransko meritev lahko zapišemo kot:

$$\sigma_{\Delta h \text{ enostransko}} = \sigma_{\Delta h \text{ obojestransko}} \cdot \sqrt{2}$$

Kvadriramo, da dobimo varianco in določimo utež:

$$P_{\Delta h \text{ enostransko}} = \frac{2k}{2S_i^2 \cdot \sigma_{z_i}^2} = \frac{K}{2S_i^2}$$

Utež enostransko določene višinske razlike je dvakrat manjša od uteži obojestransko določene višinske razlike:

$$P_{\Delta h \text{ obojestransko}} = 2 \cdot P_{\Delta h \text{ enostransko}}$$

To velja ob predpostavki, da je $\sigma_{\Delta h_k} = 0$.

Dodatno poenostavimo, da pri izravnavi trigonometričnega višinomerstva, ko v izravnavi nastopajo istovrstne meritve, lahko konstanto K poljubno izberemo in izberemo $K = 1$.

Dobimo:

$$P_{\Delta h_i \text{ enostransko}} = \frac{1}{2S_i^2}$$

$$P_{\Delta h_i \text{ obojestransko}} = \frac{1}{S_i^2}$$

2.5 Namen predhodnih računanj

Rezultati predhodnih računanj so vstopni podatki za izravnavo. Poleg same vrednosti količine je pomembna tudi ocena natančnosti oziroma standardna deviacija merjene količine, ki nam poda natančnost merjene količine. Manjša kot je standardna deviacija, večja je natančnost. Z njimi si pomagamo tudi pri določevanju uteži merjenim količinam.

Namen ocene natančnosti merjenih količin pred izravnavo (a priori) je:

- odkrivanje grobih in sistematičnih pogreškov,
- ocena kakovosti in opravljenih meritev,
- določitev uteži merjenih količin (uteži so vhodni podatek v izravnavo).

3 IZRAVNAVA

Po predhodnih računanjih tako dobimo za izravnavo uporabne vrednosti opazovanj. Zdaj lahko vzpostavimo povezavo med opazovanimi in iskanimi količinami v geodetski mreži. Število opazovanj je lahko samo večje ali enako številu neodvisnih neznank. Če nimamo nadštevilnih opazovanj, grobo pogrešenih opazovanj ni mogoče odkriti. Zato je vedno treba zagotoviti ustrezno število nadštevilnih opazovanj. V primeru nadštevilnih opazovanj imamo torej opravka s predoločenim problemom, ki ga rešimo pod pogojem, da mora biti vsota kvadratov popravkov opazovanj minimalna. Izravnavo nadštevilnih opazovanj pod tem dodatnim pogojem imenujemo izravnavo po metodi najmanjših kvadratov (Kogoj, Stopar, 2009).

Za izravnavo potrebujemo tri vrste količin:

- merjene količine ali opazovanja,
- dane količine ali konstante,
- iskane količine ali neznanke.

Za izračun koordinat oziroma višin potrebujemo merjene in dane količine. S postopkom izravnave pridemo do izravnanih koordinat oziroma višin, ki predstavljajo rezultat (iskane količine). Zvezo med temi tremi količinami definira matematični model.

Matematični model je lahko:

- Poddoločen

Če je matematični model poddoločen, pomeni, da število meritev, ki jih imamo, ne zadostuje za izračun iskanih količin. Ker v tem primeru problem ni rešljiv, tudi izravnavo ni možna.

- Enolično določen

Pri enolično določenem matematičnem modelu imamo minimalno oziroma nujno potrebno število meritev, ki so potrebne za izračun približnih vrednosti neznank. Obstaja tudi možnost, da meritve vsebujejo grobi pogrešek. Ker je število meritev minimalno, tudi ocena natančnosti iskanih količin ni možna.

- Predoločen

Pri tej različici je bistveno, da imamo več merjenih količin, kot pa je nujno potrebnih. Posledično imamo zato več rešitev matematičnega modela, kar vodi do izbire kriterija, kjer se odločimo za optimalno rešitev. V primeru nadštevilnih opazovanj je enolična optimalna rešitev matematičnega modela metoda najmanjših kvadratov (MNK) popravkov merjenih količin.

Matematični model, ki opisuje količine, funkcijske zveze med njimi in njihove natančnosti, se dalje deli na dva modela:

- Funkcionalni model

Predstavlja funkcijske zveze med količinami, ki nastopajo v postopku izravnave. V funkcijskem modelu se definirajo funkcijske odvisnosti med danimi in iskanimi količinami ter opazovanji. To imenujemo tudi tvorjenje enačb popravkov.

- Stohastični model

Določa predpostavke o tipu porazdelitve opazovanj in njihovi medsebojni odvisnosti. To pomeni, da se v stohastičnem modelu definirajo natančnosti in uteži opazovanj ter njihove korelacije.

Funkcionalni model nam ponuja dve možnosti izravnave:

- Posredni način izravnave, za katerega je značilno, da je mogoča računalniška obdelava podatkov, ker je univerzalen za različne vrste trigonometričnih mrež. Prav tako je enostaven način izračuna ocene natančnosti iskanih in merjenih količin.
- Pogojni način izravnave se je v preteklosti uporabljal za izravnavo mrež 1. reda. Uporaben je predvsem v primerih, ko imamo samo eno nadštevilno opazovanje, kot je na primer višinski poligon. V zdajšnji dobi razvite računalniške in druge tehnologije se uporablja samo v posebnih primerih.

Treba je poudariti, da sta oba načina izravnave izpeljana iz splošnega funkcionalnega modela in podajata enake rezultate. Danes se zaradi prednosti računalniške obdelave uporablja večinoma posredni način. Včasih je bila izbira načina izravnave odvisna od števila normalnih enačb (Ambrožič, 2009).

Cilj celotnega postopka izravnave ni samo določitev vrednosti iskanih količin. Pomembna je tudi ocena natančnosti vseh merjenih in iskanih količin, ki v izravnavi nastopajo, pa tudi matematična definicija trigonometrične mreže.

3.1 Enačbe popravkov

Enačbe popravkov predstavljajo funkcijske odvisnosti med merjenimi količinami in iskanimi količinami, kar pomeni, da z njimi definiramo funkcionalni model. Definitivne vrednosti opazovanj \hat{L}_i lahko zapišemo kot funkcijo približnih vrednosti neznank in njihovih popravkov (Ambrožič, 2009).

Enačbe zapišemo v naslednji obliki:

$$\hat{L}_i = L_i + v_i = F(x_0 + \delta x, y_0 + \delta y, \dots, t_0 + \delta t)$$

$$\hat{x} = x_0 + \delta x, \hat{y} = y_0 + \delta y, \dots, \hat{t} = t_0 + \delta t$$

x_0, y_0, \dots, t_0 ... približne vrednosti neznank

$\delta x, \delta y, \dots, \delta t$... popravki približnih vrednosti neznank

$\hat{x}, \hat{y}, \dots, \hat{t}$... izravnane (definitivne) vrednosti neznank

Za nelinearne enačbe je potrebna linearizacija. Izračunamo približne vrednosti neznank na podlagi minimalnega števila opazovanj, nato razvijemo nelinearno enačbo s Taylorjevo vrsto in zadržimo le linearne člene. Členi so majhni, ker dobro poznamo približne vrednosti neznank. Če ne bi bilo tako, bi bil potreben iteracijski proces.

Splošna oblika enačbe za razvoj Taylorjeve vrste je naslednja:

$$f(a+h) = f(a) + \frac{h}{1!} f'(a) + \frac{h^2}{2!} f''(a) + \dots + \frac{h^n}{n!} f^{(n)}(a)$$

Predstavlja razvoj v Taylorjevo vrsto v okolici približne vrednosti a , kjer je:

- $f(a+h)$... funkcija v približnih vrednostih a in popravek približnih vrednosti h
- $f(a)$... funkcijska zveza v približnih vrednostih
- $f'(a)$... odvod funkcije v približnih vrednostih

Funkcijo v približnih vrednostih a v našem primeru predstavljajo približne vrednosti neznank, popravek približne vrednosti h , pa popravki približnih vrednosti neznank $\delta x, \delta y, \dots, \delta t$, zato lahko zapišemo:

$$L_i + v_i = F(x_0, y_0, \dots, t_0) + \frac{\partial F}{\partial x} \delta x + \frac{\partial F}{\partial y} \delta y + \dots + \frac{\partial F}{\partial t} \delta t$$

Iz te enačbe lahko izpeljemo splošno enačbo popravkov:

$$v_i = \left. \frac{\partial F_i}{\partial x} \right|_0 \delta x + \left. \frac{\partial F_i}{\partial y} \right|_0 \delta y + \dots + \left. \frac{\partial F_i}{\partial t} \right|_0 \delta t + F_i(x_0, y_0, \dots, t_0) - L_i$$

Iz splošne enačbe popravkov izrazimo koeficiente enačb popravkov in odstopanje, ki skupaj s popravki približnih vrednosti neznank tvorijo matrično obliko enačb popravkov. Zapišemo jih na naslednji način:

$$\left. \frac{\partial F_i}{\partial x} \right|_0 = a_i, \quad \left. \frac{\partial F_i}{\partial y} \right|_0 = b_i, \quad \dots, \quad \left. \frac{\partial F_i}{\partial t} \right|_0 = u_i \quad f_i = \underbrace{F_i(x_0, y_0, \dots, t_0)}_{\text{"mora"}} - \underbrace{L_i}_{\text{"je"}}$$

Člene a_i, b_i, \dots, u_i imenujemo koeficienti enačb popravkov, člen f_i pa odstopanje, ki se izračuna kot približno – merjeno («mora» – »je«). Ti členi skupaj tvorijo enačbe popravkov, kjer vsaka meritev predstavlja eno enačbo popravkov.

Matrični zapis enačb popravkov nam omogoča enostavnejši izračun neznank. Spodnja enačba je osnova za matrični zapis enačb popravkov:

$$v_i = a_i \delta x + b_i \delta y + \dots + u_i \delta t + f_i \quad i = 1, \dots, n$$

Kolikor imamo zgornjih enačb popravkov, toliko vrstic ima vektor popravkov opazovanj \mathbf{v} . Matrično obliko enačbe popravkov zapišemo na naslednji način:

$\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{f}$... to enačbo imenujemo Gauss-Markov model

\mathbf{v} ... vektor popravkov opazovanj
 $[nx1]$

\mathbf{A} ... matrika koeficientov enačb popravkov
 $[nxu]$

\mathbf{x} ... vektor neznank
 $[ux1]$

\mathbf{f} ... vektor odstopanj
 $[nx1]$

3.1.1 Enačbe popravkov za horizontalne smeri

Zanima nas določitev funkcionalnega modela oziroma oblika enačb popravkov v triangulaciji. V funkcijski zvezi se pri triangulaciji uporablja orientacijski kot z_r , ki predstavlja povezavo med merjenimi in iskanimi količinami (Ambrožič, 2009).

Definiramo količine, ki nastopajo pri izravnavi triangulacije:

- Neznanke:
 - definitivne trigonometrične koordinate trigonometričnih točk \hat{y} in \hat{x} ,
 - definitivni smerni kot \hat{v} .
- Opazovanja:
 - opazovane smeri oziroma merjeni koti α_{ri}
- Dane količine:
 - koordinate danih točk y in x

Funkcijska zveza :

$$\underbrace{\alpha_{ri}}_{\text{opazovanje}} + v_{ri} = \arctg \underbrace{\frac{\hat{y}_i - \hat{y}_r}{\hat{x}_i - \hat{x}_r}}_{\text{neznanke}} - \hat{z}_r = F_{ri}(\hat{x}_r, \hat{y}_r, \hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{z}_r)$$

α_{ri} ... enostransko opazovana smer s točke r na točko i

Uvedemo približne vrednosti neznank:

$$\hat{x}_r = x_r^0 + \delta x_r, \hat{y}_r = y_r^0 + \delta y_r, \hat{x}_i = x_i^0 + \delta x_i, \hat{y}_i = y_i^0 + \delta y_i, \hat{z}_r = z_r^0 + \delta z_r$$

Sledi razvoj v Taylorjevo vrsto, kjer zadržimo samo linearne člene. Če dovolj dobro poznamo vrednosti približnih neznank, so členi drugega in višjega reda majhne količine. V nasprotnem primeru je potrebna iteracija.

V Taylorjevi vrsti zadržimo samo prvi člen, preostale zanemarimo, ker so praviloma zelo majhne vrednosti. Tako dobimo:

$$\alpha_{ri} + v_{ri} = \arctg \frac{y_i^0 - y_r^0}{x_i^0 - x_r^0} - z_r^0 + \frac{1}{1 + \left(\frac{y_i^0 - y_r^0}{x_i^0 - x_r^0}\right)^2} \left[\frac{0 - (-1)(y_i^0 - y_r^0)}{(x_i^0 - x_r^0)^2} \delta x_r + \frac{(-1)(x_i^0 - x_r^0) - 0}{(x_i^0 - x_r^0)^2} \delta y_r + \right. \\ \left. + \frac{0 - 1(y_i^0 - y_r^0)}{(x_i^0 - x_r^0)^2} \delta x_i + \frac{1(x_i^0 - x_r^0) - 0}{(x_i^0 - x_r^0)^2} \delta y_i \right] + (-1) \delta z_r$$

Enačbo preoblikujemo in dobimo naslednji izraz, iz katerega izrazimo koeficiente enačb popravkov in približni smerni kot:

$$v_{ri} = \arctg \frac{y_i^0 - y_r^0}{x_i^0 - x_r^0} - z_r^0 + \frac{y_i^0 - y_r^0}{(S_{ri}^0)^2} \delta x_r - \frac{x_i^0 - x_r^0}{(S_{ri}^0)^2} \delta y_r - \frac{y_i^0 - y_r^0}{(S_{ri}^0)^2} \delta x_i + \frac{x_i^0 - x_r^0}{(S_{ri}^0)^2} \delta y_i - \delta z_r - \alpha_{ri}$$

Poimenujemo člene:

$$v_{ri}^0 = n_{ri} = \arctg \frac{y_i^0 - y_r^0}{x_i^0 - x_r^0} \dots \text{približni smerni kot}$$

$$\left. \begin{aligned} a_{ri} &= \rho'' \frac{y_i^0 - y_r^0}{S_{ri}^{02}} = \rho'' \frac{\sin v_{ri}^0}{S_{ri}^0} = \rho'' \frac{\sin n_{ri}}{S_{ri}^0} = -a_{ir} \\ b_{ri} &= -\rho'' \frac{x_i^0 - x_r^0}{S_{ri}^{02}} = -\rho'' \frac{\cos v_{ri}^0}{S_{ri}^0} = -\rho'' \frac{\cos n_{ri}}{S_{ri}^0} = -b_{ir} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Koficienti enačb} \\ \text{popravkov} \end{array}$$

S_{ri}^0 ... dolžina med točkama r in i

Splošna oblika enačbe popravkov za opazovano smer, izražena s koeficienti enačb popravkov in odstopanjem, se zapiše kot:

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i - \delta z_r + f_{ri}$$

δn_{ri} ... smerni koeficient enačbe popravkov

$$f_{ri} = n_{ri} - z_r^0 - \alpha_{ri} \text{ ... odstopanje med približno in merjeno vrednostjo}$$

Splošno enačbo popravkov lahko zapišemo v različnih skrajšanih oblikah:

$$v_{ri} = \delta n_{ri} - \delta z_r + f_{ri} = \delta n_{ri} - \delta z_r + n_{ri} - z_r^0 - \alpha_{ri} = \hat{v}_{ri} - \hat{z}_r - \alpha_{ri}$$

Splošna enačba popravkov za smer velja, kadar nastopata dve novi točki. Ker poznamo tri možnosti obravnavanja smeri med točkami, lahko nastopijo naslednji primeri:

- opazovana smer med dvema novima točkama

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i - \delta z_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = n_{ri} - z_r^0 - \alpha_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r - \delta z_i + f_{ir}$$

$$f_{ir} = n_{ir} - z_i^0 - \alpha_{ir}$$

- opazovana smer med dano i in novo točko r

$$\delta x_i = \delta y_i = 0$$

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r - \delta z_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = n_{ri} - z_r^0 - \alpha_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r - \delta z_i + f_{ir}$$

$$f_{ir} = n_{ir} - z_i^0 - \alpha_{ir}$$

- opazovana smer med dvema danima točkama

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta x_r = \delta y_r = 0$$

$$v_{ri} = -\delta z_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = n_{ri} - z_r^0 - \alpha_{ri}$$

$$v_{ir} = -\delta z_i + f_{ir}$$

$$f_{ir} = n_{ir} - z_i^0 - \alpha_{ir}$$

Opomba: če sta dani dve točki, velja: $n_{ir} = v_{ir}$ in $n_{ri} = v_{ri}$.

3.1.2 Enačbe popravkov za horizontalne dolžine

Postopek je enak kot pri triangulaciji, z izjemo izračuna približnih vrednosti. Pri trilateraciji nastopa ločni presek, kjer meritve predstavljajo samo horizontalne dolžine (Ambrožič 2009).

Znova je potrebna definicija količin, ki v postopku nastopajo.

- Neznanke:
 - definitivne koordinate novih točk \hat{y} in \hat{x}
- Opazovanja:
 - (reducirane) horizontalne dolžine S_{ri}
- Dane količine:
 - koordinate danih točk y in x

Funkcijska zveza :

$$\hat{S}_{ri} = S_{ri} + v_{ri} = \sqrt{(\hat{y}_i - \hat{y}_r)^2 + (\hat{x}_i - \hat{x}_r)^2} = F_{ri}(\hat{y}_r, \hat{x}_r, \hat{y}_i, \hat{x}_i)$$

S_{ri} ... reducirana horizontalna dolžina med točkama r in i

Ker je funkcijska zveza nelinearna, je potrebna linearizacija. To storimo z razvojem v Taylorjevo vrsto, kjer uvedemo približne vrednosti neznank.

Približne vrednosti neznank:

$$\hat{x}_r = x_r^0 + \delta x_r, \hat{y}_r = y_r^0 + \delta y_r, \hat{x}_i = x_i^0 + \delta x_i, \hat{y}_i = y_i^0 + \delta y_i$$

Funkcijsko zvezo odvajamo v približnih vrednostih in zadržimo samo linearne člene ob predpostavki, da imajo vsi naslednji členi zanemarljivo majhne vrednosti, kar je posledica ustrezno izbranih približnih vrednosti.

$$S_{ri} + v_{ri} = \underbrace{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}_{S_{ri}^0} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}} \cdot$$

$$\left[2(x_i^0 - x_r^0)(-1)\delta x_r + 2(y_i^0 - y_r^0)(-1)\delta y_r + 2(x_i^0 - x_r^0)\delta x_i + 2(y_i^0 - y_r^0)\delta y_i \right]$$

Enačbo preoblikujemo in dobimo naslednji izraz:

$$v_{ri} = -\frac{x_i^0 - x_r^0}{S_{ri}^0} \delta x_r - \frac{y_i^0 - y_r^0}{S_{ri}^0} \delta y_r + \frac{x_i^0 - x_r^0}{S_{ri}^0} \delta x_i + \frac{y_i^0 - y_r^0}{S_{ri}^0} \delta y_i + \underbrace{S_{ri}^0 - S_{ri}}_{f_{ri}}$$

Poimenujemo posamezne člene:

$$\left. \frac{\partial S_{ri}}{\partial x_r} \right|_0 = -\frac{x_i^0 - x_r^0}{S_{ri}^0} = -\cos n_{ri} = a_{ri} \quad \left. \frac{\partial S_{ri}}{\partial y_r} \right|_0 = -\frac{y_i^0 - y_r^0}{S_{ri}^0} = -\sin n_{ri} = b_{ri}$$

$$\left. \frac{\partial S_{ri}}{\partial x_i} \right|_0 = \frac{x_i^0 - x_r^0}{S_{ri}^0} \cos n_{ri} = a_{ir} \quad \left. \frac{\partial S_{ri}}{\partial y_i} \right|_0 = \frac{y_i^0 - y_r^0}{S_{ri}^0} \sin n_{ri} = b_{ir}$$

Splošno enačbo popravkov za dolžino zapišemo na naslednji način:

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + f_{ri}$$

f_{ri} odstopanje se izračuna kot razlika med približnim in merjenim ($S_{ri}^0 - S_{ri}$)

Nastopijo lahko naslednji primeri:

- opazovana horizontalna dolžina med dvema novima točkama

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + f_{ri}$$

$$f_{ri} = S_{ri}^0 - S_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + f_{ir}$$

$$f_{ir} = S_{ir}^0 - S_{ir}$$

- opazovana horizontalna dolžina med dano i in novo točko r

$$\delta x_i = \delta y_i = 0$$

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = S_{ri}^0 - S_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + f_{ir}$$

$$f_{ir} = S_{ir}^0 - S_{ir}$$

- opazovana horizontalna dolžina med dvema danima točkama

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta x_r = \delta y_r = 0$$

$$v_{ri} = f_{ri}$$

$$f_{ri} = S_{ri}^0 - S_{ri}$$

$$v_{ir} = f_{ir}$$

$$f_{ir} = S_{ir}^0 - S_{ir}$$

3.1.3 Enačbe popravkov za višinske razlike

Kot merjene količine v izravnavi trigonometričnega višinerstva so višinske razlike, izmerjene na podlagi merjene zenitne razdalje in dane horizontalne dolžine oziroma merjene poševne dolžine. Postopek izravnave v trigonometričnem višinerstvu se od tistega, ki se uporablja za geometrični nivelman, razlikuje samo v določitvi uteži (Ambrožič 2009).

Potrebna je definicija količin, ki nastopajo v postopku izravnave trigonometričnega višinerstva.

- Neznanke:
 - definitivne višine novih točk $\hat{H}_1, \hat{H}_2, \dots, \hat{H}_u$
- Opazovanja:
 - izračunane višinske razlike Δh_r^i
- Dane količine:
 - višine danih točk H_A, H_B, H_C, \dots

Funkcijska zveza:

$$\Delta \hat{h}_r^i = \Delta h_r^i + v_r^i = \hat{H}_i - \hat{H}_r = F_{ri}(\hat{H}_i, \hat{H}_r)$$

Δh_r^i ... višinska razlika med točkama r in i

Funkcijska zveza je linearna, zato razvoj v Taylorjevo vrsto ni potreben.

Uvedemo približne vrednosti neznank:

$$\hat{H}_i = H_i^0 + \delta H_i, \quad \hat{H}_r = H_r^0 + \delta H_r$$

Uvedba približnih vrednosti neznank ni nujna, vendar jo vseeno uporabimo z razlogom, da računamo z manjšimi števili.

Enačba popravkov za merjeno višinsko razliko:

$$v_r^i = (\hat{H}_i - \hat{H}_r) - \Delta h_r^i$$

Če namesto definitivnih vrednosti v enačbo vstavimo približne vrednosti s pripadajočimi popravki, dobimo:

$$v_r^i = \delta H_i - \delta H_r + (H_i^0 - H_r^0) - \Delta h_r^i$$

Odstopanje f_{ri} se izračuna kot razlika med približnim in merjenim $((H_i^0 - H_r^0) - \Delta h_r^i)$

Končna enačba popravkov za merjeno višinsko razliko ima tako naslednjo obliko:

$$v_r^i = \delta H_i - \delta H_r + f_r^i$$

Nastopijo lahko naslednji primeri:

- opazovana višinska razlika med dvema novima točkama

$$v_r^i = \delta H_i - \delta H_r + f_r^i$$

$$f_r^i = (H_i^0 - H_r^0) - \Delta h_r^i$$

$$v_i^r = \delta H_r - \delta H_i + f_i^r$$

$$f_i^r = (H_r^0 - H_i^0) - \Delta h_i^r$$

- opazovana višinska razlika med dano i in novo točko r

$$\delta H_i = 0$$

$$v_r^i = -\delta H_r + f_r^i$$

$$f_r^i = (H_i - H_r^0) - \Delta h_r^i$$

$$v_i^r = \delta H_r + f_i^r$$

$$f_i^r = (H_r^0 - H_i) - \Delta h_i^r$$

- opazovana višinska razlika med dvema danima točkama

$$\delta H_i = \delta H_r = 0$$

$$v_{ri} = f_{ri}$$

$$f_r^i = (H_i - H_r) - \Delta h_r^i$$

$$v_{ir} = f_{ir}$$

$$f_i^r = (H_r - H_i) - \Delta h_i^r$$

3.1.4 Enačbe popravkov za prostorske dolžine

Za prostorsko izravnavo se uporabljajo enačbe popravkov za prostorske dolžine. Poševno dolžino v prostoru izračunamo s tremi koordinatnimi razlikami, kar pomeni, da enačba za izračun vsebuje položajne in višinske koordinate. Poševne dolžine so reducirane samo za meteorološke popravke.

Definicija količin, ki v postopku nastopajo:

- Neznanke:
 - definitivne koordinate novih točk \hat{y} , \hat{x} in \hat{H}
- Opazovanja:
 - (reducirane) prostorske dolžine D_{ri}
- Dane količine:
 - koordinate danih točk y , x in H

Funkcijska zveza :

$$\hat{D}_{ri} = \hat{D}_{ri} + v_{ri} = \sqrt{(\hat{y}_i - \hat{y}_r)^2 (\hat{x}_i - \hat{x}_r)^2 + (\hat{H}_i - \hat{H}_r)^2} = F_{ri}(\hat{y}_r, \hat{x}_r, \hat{H}_r, \hat{y}_i, \hat{x}_i, \hat{H}_i)$$

D_{ri} ... reducirana prostorska dolžina med točkama r in i

Ker je funkcijska zveza nelinearna, je potrebna linearizacija. To storimo z razvojem v Taylorjevo vrsto, kjer uvedemo približne vrednosti neznank.

Približne vrednosti neznank:

$$\hat{x}_r = x_r^0 + \delta x_r, \hat{y}_r = y_r^0 + \delta y_r, \hat{H}_r = H_r^0 + \delta H_r, \hat{x}_i = x_i^0 + \delta x_i, \hat{y}_i = y_i^0 + \delta y_i, \hat{H}_i = H_i^0 + \delta H_i$$

Funkcijsko zvezo odvajamo v približnih vrednostih in zadržimo samo linearne člene ob predpostavki, da imajo vsi naslednji členi zanemarljivo majhne vrednosti, kar je posledica ustrezno izbranih približnih vrednosti.

$$D_{ri} + v_{ri} = \sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 (x_i^0 - x_r^0)^2 + (H_i^0 - H_r^0)^2} + \frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 (x_i^0 - x_r^0)^2 + (H_i^0 - H_r^0)^2}}$$

$$\left[2(x_i^0 - x_r^0)(-1)\delta x_r + 2(y_i^0 - y_r^0)(-1)\delta y_r + 2(H_i^0 - H_r^0)(-1)\delta H_r + 2(x_i^0 - x_r^0)\delta x_i + 2(y_i^0 - y_r^0)\delta y_i + 2(H_i^0 - H_r^0)\delta H_i \right]$$

Enačbo preoblikujemo in dobimo naslednji izraz:

$$v_{ri} = -\frac{x_i^0 - x_r^0}{D_{ri}^0} \delta x_r - \frac{y_i^0 - y_r^0}{D_{ri}^0} \delta y_r - \frac{H_i^0 - H_r^0}{D_{ri}^0} \delta H_r + \frac{x_i^0 - x_r^0}{D_{ri}^0} \delta x_i + \frac{y_i^0 - y_r^0}{D_{ri}^0} \delta y_i + \frac{H_i^0 - H_r^0}{D_{ri}^0} \delta H_i + \underbrace{D_{ri}^0 - D_{ri}}_{f_{ri}}$$

Poimenujemo posamezne člene:

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial x_r} \right|_0 &= -\frac{x_i^0 - x_r^0}{D_{ri}^0} = a_{ri} & \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial y_r} \right|_0 &= -\frac{y_i^0 - y_r^0}{D_{ri}^0} = b_{ri} & \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial H_r} \right|_0 &= -\frac{H_i^0 - H_r^0}{D_{ri}^0} = c_{ri} \\ \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial x_i} \right|_0 &= \frac{x_i^0 - x_r^0}{D_{ri}^0} = a_{ir} & \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial y_i} \right|_0 &= \frac{y_i^0 - y_r^0}{D_{ri}^0} = b_{ir} & \left. \frac{\partial D_{ri}}{\partial H_i} \right|_0 &= \frac{H_i^0 - H_r^0}{D_{ri}^0} = c_{ir} \end{aligned}$$

Splošno enačbo popravkov za prostorsko dolžino zapišemo na naslednji način:

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + c_{ri} \delta H_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + c_{ir} \delta H_i + f_{ri}$$

f_{ri} odstopanje se izračuna kot razlika med približnim in merjenim ($D_{ri}^0 - D_{ri}$)

Nastopijo lahko naslednji primeri:

- opazovana prostorska dolžina med dvema novima točkama

$$v_{ri} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + a_{ir}\delta x_i + b_{ir}\delta y_i + c_{ir}\delta H_i + f_{ri}$$

$$f_{ri} = D_{ri}^0 - D_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ir}\delta x_i + b_{ir}\delta y_i + c_{ir}\delta H_i + a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ir}$$

$$f_{ir} = D_{ir}^0 - D_{ir}$$

- opazovana prostorska dolžina med dano i in novo točko r

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta H_i = 0$$

$$v_{ri} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = D_{ri}^0 - D_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ri}$$

$$f_{ir} = D_{ir}^0 - D_{ir}$$

- opazovana prostorska dolžina med dvema danima točkama

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta x_r = \delta y_r = \delta H_r = \delta H_i = 0$$

$$v_{ri} = f_{ri}$$

$$f_{ri} = D_{ri}^0 - D_{ri}$$

$$v_{ir} = f_{ir}$$

$$f_{ir} = D_{ir}^0 - D_{ir}$$

3.1.5 Enačbe popravkov za zenitne razdalje

V prostorsko izravnavo lahko poleg horizontalnih smeri in poševnih dolžin vključimo tudi zenitne razdalje. Funkcijsko zvezo lahko zapišemo na podlagi prostorske ali horizontalne dolžine.

Definiramo količine, ki nastopajo pri funkcionalnem modelu zenitnih razdalj:

- Neznanke:
 - definitivne višine točk \hat{x} , \hat{y} in \hat{H}
- Opazovanja:
 - opazovane zenitne razdalje Z_{ri}
- Dane količine:
 - koordinate danih točk y , x in H

Funkcijska zveza :

$$\underbrace{Z_{ri}}_{\text{opazovanje}} + v_{ri} = \underbrace{\arctg \frac{\sqrt{(\hat{y}_i - \hat{y}_r)^2 + (\hat{x}_i - \hat{x}_r)^2}}{\hat{H}_i - \hat{H}_r}}_{\text{neznanke}} = F_{ri}(\hat{x}_r, \hat{y}_r, \hat{H}_r, \hat{x}_i, \hat{y}_i, \hat{H}_i)$$

Z_{ri} ... enostransko opazovana zenitna razdalja s točke r na točko i

Uvedemo približne vrednosti neznank:

$$\hat{x}_r = x_r^0 + \delta x_r, \hat{y}_r = y_r^0 + \delta y_r, \hat{H}_r = H_r^0 + \delta H_r, \hat{x}_i = x_i^0 + \delta x_i, \hat{y}_i = y_i^0 + \delta y_i, \hat{H}_i = H_i^0 + \delta H_i$$

Sledi razvoj Taylorjeve vrste, kjer zadržimo samo linearne člene. Če dovolj dobro poznamo vrednosti približnih neznank, so členi drugega in višjega reda majhne količine. V nasprotnem primeru je potrebna iteracija.

V Taylorjevi vrsti zadržimo samo prvi člen, preostale zanemarimo, ker so praviloma zelo majhne vrednosti. Tako dobimo:

$$Z_{ri} + v_{ri} = \arctg \frac{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{H_i^0 - H_r^0} + \frac{1}{1 + \left(\frac{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{H_i^0 - H_r^0} \right)^2} \cdot$$

$$\left[\left(\frac{2(-1)(x_i^0 - x_r^0)}{2\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}} H_i^0 - H_r^0 - 0 \right) \frac{\delta x_r + \left(\frac{2(-1)(y_i^0 - y_r^0)}{2\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}} H_i^0 - H_r^0 - 0 \right) \delta y_r + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{0 - (-1)\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{(H_i^0 - H_r^0)^2} \right) \delta H_r + \left(\frac{2(x_i^0 - x_r^0)}{2\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}} H_i^0 - H_r^0 - 0 \right) \delta x_i + \right.$$

$$\left. + \left(\frac{2(y_i^0 - y_r^0)}{2\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}} H_i^0 - H_r^0 - 0 \right) \delta y_i + \left(\frac{0 - \sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{(H_i^0 - H_r^0)^2} \right) \delta H_i \right]$$

Enačbo preoblikujemo in dobimo naslednji izraz, iz katerega izrazimo koeficiente enačb popravkov in približno zenitno razdaljo:

$$v_{ri} = \arctg \frac{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{H_i^0 - H_r^0} - \frac{(x_i^0 - x_r^0)(H_i^0 - H_r^0)}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} \delta x_r - \frac{(y_i^0 - y_r^0)(H_i^0 - H_r^0)}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} \delta y_r +$$

$$+ \frac{S_{ri}^0}{(D_{ri}^0)^2} \delta H_r + \frac{(x_i^0 - x_r^0)(H_i^0 - H_r^0)}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} \delta x_i + \frac{(y_i^0 - y_r^0)(H_i^0 - H_r^0)}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} \delta y_i - \frac{S_{ri}^0}{(D_{ri}^0)^2} \delta H_i - Z_{ri}$$

Poimenujemo posamezne člene:

$$\left. \begin{aligned} a_{ri} &= -\frac{\Delta x_{ri}^0 \Delta H_{ri}^0}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} = -a_{ir} \\ b_{ri} &= -\frac{\Delta y_{ri}^0 \Delta H_{ri}^0}{(D_{ri}^0)^2 S_{ri}^0} = -b_{ir} \\ c_{ri} &= \frac{S_{ri}^0}{(D_{ri}^0)^2} = -c_{ir} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Koefficienti} \\ \text{enačb popravkov} \end{array}$$

Kjer je:

$$Z_{ri}^0 = \arctg \frac{\sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2}}{H_i^0 - H_r^0} \dots \text{približna zenitna razdalja}$$

$$S_{ri}^0 = \sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2} \dots \text{horizontalna dolžina med točkama } r \text{ in } i$$

$$D_{ri}^0 = \sqrt{(y_i^0 - y_r^0)^2 + (x_i^0 - x_r^0)^2 + (H_i^0 - H_r^0)^2} \dots \text{prostorska dolžina med točkama } r \text{ in } i$$

$$\Delta x^0 = x_i^0 - x_r^0 \dots \text{koordinatna razlika}$$

$$\Delta H^0 = H_i^0 - H_r^0 \dots \text{višinska razlika}$$

$$\Delta y^0 = y_i^0 - y_r^0 \dots \text{koordinatna razlika}$$

Splošna oblika enačbe popravkov za opazovano zenitno razdaljo, izražena s koefficienti enačb popravkov in odstopanjem, se zapiše kot:

$$v_{ri} = a_{ri} \delta x_r + b_{ri} \delta y_r + c_{ri} \delta H_r + a_{ir} \delta x_i + b_{ir} \delta y_i + c_{ir} \delta H_i + f_{ri}$$

$$f_{ri} = Z_{ri}^0 - Z_{ri} \dots \text{odstopanje med približno in merjeno vrednostjo}$$

Splošna enačba popravkov za zenitno razdaljo velja, kadar nastopata dve novi točki. Ker poznamo tri možnosti obravnavanja zenitnih razdalj med točkami, lahko nastopijo naslednji primeri:

- opazovana zenitna razdalja med dvema novima točkama

$$v_{ri} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + a_{ir}\delta x_i + b_{ir}\delta y_i + c_{ir}\delta H_i + f_{ri}$$

$$f_{ri} = Z_{ri}^0 - Z_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ir}\delta x_i + b_{ir}\delta y_i + c_{ir}\delta H_i + a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ir}$$

$$f_{ir} = Z_{ir}^0 - Z_{ir}$$

- opazovana zenitna razdalja med dano i in novo točko r

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta H_i = 0$$

$$v_{ri} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ri}$$

$$f_{ri} = Z_{ri}^0 - Z_{ri}$$

$$v_{ir} = a_{ri}\delta x_r + b_{ri}\delta y_r + c_{ri}\delta H_r + f_{ir}$$

$$f_{ir} = Z_{ir}^0 - Z_{ir}$$

- opazovana zenitna razdalja med dvema danima točkama

$$\delta x_i = \delta y_i = \delta x_r = \delta y_r = \delta H_r = \delta H_i = 0$$

$$v_{ri} = f_{ri}$$

$$f_{ri} = Z_{ri}^0 - Z_{ri}$$

$$v_{ir} = f_{ir}$$

$$f_{ir} = Z_{ir}^0 - Z_{ir}$$

3.2 Sestava normalnih enačb

Popravke merjenih količin je treba določiti na način, ki zagotavlja optimalne rezultate. To pomeni, da moramo izbrati kriterij, ki nam to omogoča. Izberemo metodo najmanjših kvadratov, ki nam zagotavlja, da je vsota kvadratov popravkov opazovanj minimalna (Ambrožič, 2009).

Za meritve različne natančnosti kriterij zapišemo kot:

$$[\mathbf{pvv}] = \min = \begin{matrix} \mathbf{v}^T & \mathbf{P} & \mathbf{v} \\ [1xn] & [nxn] & [nx1] \end{matrix}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= \mathbf{v}^T \mathbf{P} \mathbf{v} \\ &= (\mathbf{Ax} + \mathbf{f})^T \mathbf{P} (\mathbf{Ax} + \mathbf{f}) & \mathbf{P}^T &= \mathbf{P} \\ &= (\mathbf{x}^T \mathbf{A}^T + \mathbf{f}^T) \mathbf{P} (\mathbf{Ax} + \mathbf{f}) \\ &= \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{f} + \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f} \Rightarrow \text{zadnji člen transponiramo} \\ &= \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{f} + \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} + \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} \end{aligned}$$

$$\Phi = \mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{f} + 2\mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax}$$

Funkcijo odvajamo po neznankah in odvod enačimo z 0:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi}{\partial \mathbf{x}} &= 2\mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{A} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A} + \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{Ax} \Rightarrow \text{zadnji člen transponiramo} \\ &= 2\mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{A} + 2\mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A} = \mathbf{0} / : 2 \end{aligned}$$

$$\mathbf{f}^T \mathbf{P} \mathbf{A} + \mathbf{x}^T \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A} = \mathbf{0}$$

$$\underbrace{\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A}}_{\mathbf{N}} \mathbf{x} + \underbrace{\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f}}_{\mathbf{n}} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{N} \mathbf{x} + \mathbf{n} = \mathbf{0}$$

$$\mathbf{N} = \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A} \dots \text{matrika koeficientov normalnih enačb}$$

$$[\mathbf{uxu}]$$

$$\mathbf{n} = \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f} \dots \text{vektor prostih členov}$$

Rešitev sistema normalnih enačb oziroma izračun vektorja popravkov približnih vrednosti neznank:

$$\mathbf{x}^T = [\delta x \quad \delta y \quad \dots \quad \delta t]$$

$$\mathbf{x} = -\mathbf{N}^{-1} \mathbf{n} = -(\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{f} = -\mathbf{Q}_{xx} \mathbf{n}$$

3.3 Natančnost ocene

Rezultat izravnave geodetske mreže sta vektor izravnanih opazovanj in vektor ocenjenih koordinat točke mreže. Ugotoviti moramo, ali so pridobljeni rezultati izravnave zanesljivi, kljub temu da smo pred izravnavo opazovanja popravili sistematične vplive in odstranili grobo pogrešena opazovanja. Preverjanje zanesljivosti je glavni namen ocenjevanja rezultatov izravnave (Kogoj, Stopar, 2009).

Oceno natančnosti rezultatov izravnave (a posteriori) lahko vrednotimo kot natančnost meritev in natančnost neznank:

- natančnost meritev
 - osnovni kriterij je referenčna standardna deviacija oziroma standardna deviacija enote uteži oziroma srednji pogrešek utežne enote

$$\hat{\sigma}_0 = \sqrt{\frac{v^T P v}{n-u}} = \sqrt{\frac{[pvv]}{r}}$$

- kaj nam pove $\hat{\sigma}_0$:
 - merilo za natančnost meritev, kadar so meritve istovrstne in imajo vse utež 1;
 - merilo za kakovost a priori ocene natančnosti meritev ($\hat{\sigma}_0$ naj bo čim bližje 1), kadar imamo istovrstne z različnimi utežmi;
 - merilo za oceno razmerja utežmi med skupinami meritev ($\hat{\sigma}_0$ naj bo čim bližje 1), kadar imamo v mreži heterogene meritve.
- natančnost neznank

Izračunamo jo iz kovariančne matrike neznank.

$$\mathbf{N}^{-1} = (\mathbf{A}^T \mathbf{P} \mathbf{A})^{-1} = \mathbf{Q}_{xx} \dots \text{matrika kofaktorjev neznank}$$

$$\Sigma_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 \mathbf{Q}_{xx}$$

Za oceno natančnosti ene točke zapišemo:

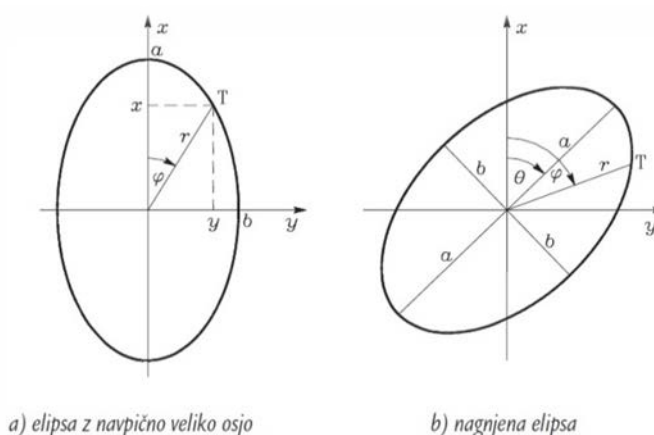
$$\Sigma_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 \begin{bmatrix} \mathbf{q}_{xx} & \mathbf{q}_{xy} \\ \mathbf{q}_{yx} & \mathbf{q}_{yy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sigma_{x^2} & \sigma_{xy} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{y^2} \end{bmatrix}$$

$\sigma_{x^2}, \sigma_{y^2}$... varianci določitve položaja točke v smeri x in y osi

$\sigma_{xy} = \sigma_{yx}$... kovarianci določitve položaja točke

$$Q_{xx} = \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} & x & x & x & x \\ \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} & x & x & x & x \\ x & x & \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} & x & x \\ x & x & \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} & x & x \\ x & x & x & x & \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} \\ x & x & x & x & \begin{bmatrix} x & x \end{bmatrix} \end{bmatrix}$$

Območje, v katerem leži nova točka, glede na verjetnost določitve, imenujemo standardna elipsa zaupanja oziroma elipsa pogreškov.



Slika 3: Elipsa pogreškov (Ambrožič, Turk, 2000)

Velikost in usmerjenost elipse določamo s tremi količinami. Velikost so določa z veliko polosjo a in malo polosjo b , usmerjenost pa s smernim kotom θ velike polosi.

$$a^2 = \hat{\sigma}_0^2 \frac{q_{xx} + q_{yy} + \sqrt{(q_{xx} - q_{yy})^2 + 4q_{xy}^2}}{2} \dots \text{velika polos elipse pogreškov}$$

$$b^2 = \hat{\sigma}_0^2 \frac{q_{xx} + q_{yy} - \sqrt{(q_{xx} - q_{yy})^2 + 4q_{xy}^2}}{2} \dots \text{mala polos elipse pogreškov}$$

$$\text{tg } 2\theta = \frac{2q_{xy}}{q_{xx} - q_{yy}} \dots \text{smerni kot velike polosi elipse pogreškov}$$

Po navadi se uporablja standardna elipsa, za katero velja, da je verjetnost, da točka leži znotraj elipse, 39,4-odstotna. Uporablja se tudi maksimalna elipsa pogreškov, za katero pa velja, da je verjetnost, da točka leži znotraj maksimalne elipse pogreškov, 95-odstotna. To določimo na podlagi maksimalnega pogreška $\sigma_{\max} = 2.447\sigma_0$.

Za elipso pogreškov sta pomembni predvsem oblika in velikost.

Kakšne oblike bo elipsa napak, je odvisno od:

- geometrije mreže,
- izbire danih točk,
- vrste opazovanj,
- razporeditev opazovanj.

Velikost elipse pa določa $\hat{\sigma}_0$, ki je odvisna od:

- natančnosti meritev,
- natančnosti danih količin.

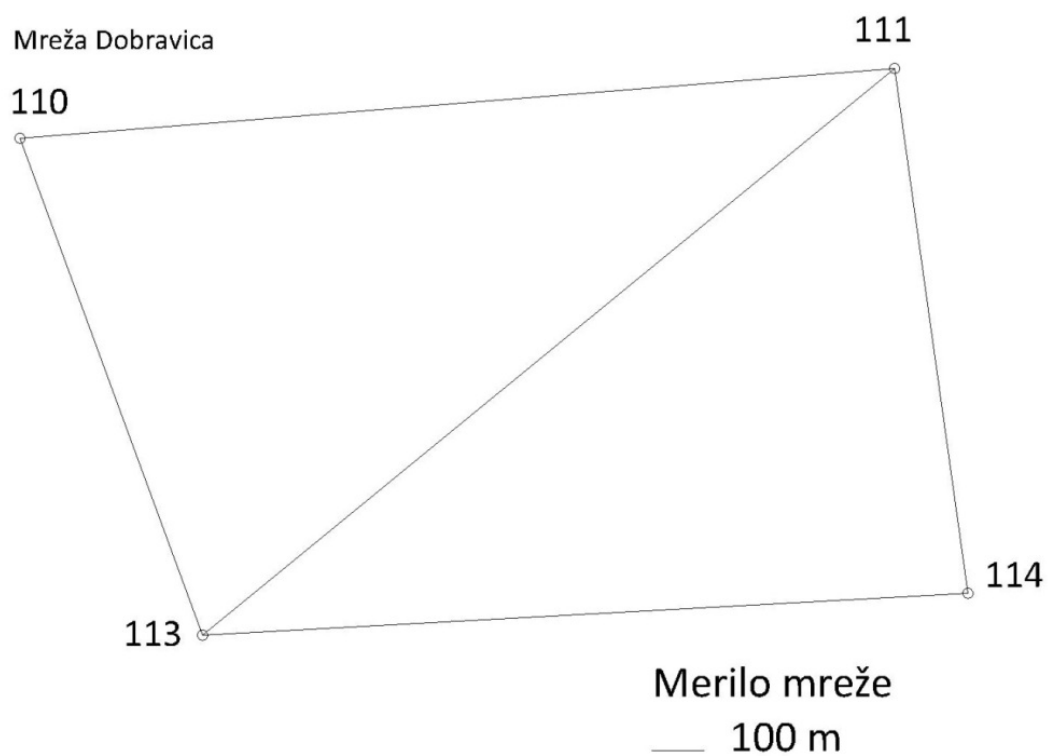
Kako kakovostna je oblika mreže, je razvidno iz oblike elipse zaupanja. Idealna je, če so elipse krogi. To poskušamo doseči s tem, da se držimo pravil, ki veljajo za razvijanje mreže.

4 PODATKI O MREŽAH

4.1 Mreža Dobravica

V mreži Dobravica imamo:

- štiri stojišča, ki predstavljajo vse točke v mreži;
- deset vizur.

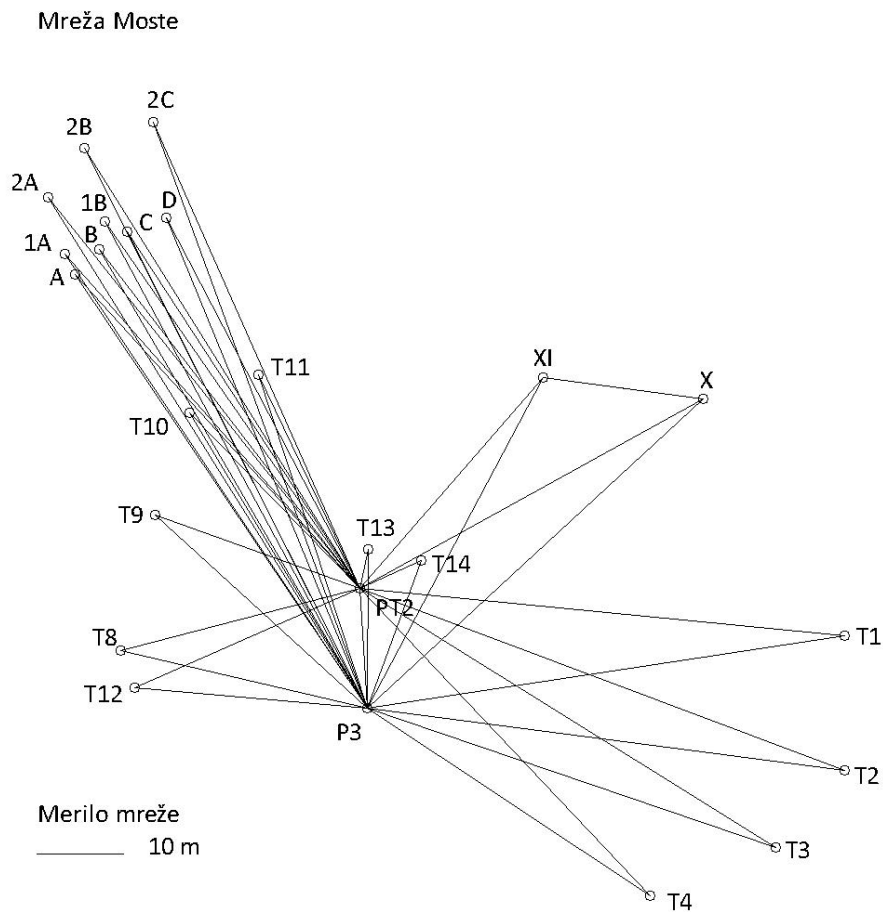


Slika 4: Skica mreže Dobravica

4.2 Mreža Moste

V mreži Moste imamo:

- 24 točk, od tega štiri točke predstavljajo stojišča;
- 52 vizur.



Slika 5: Skica mreže Moste

5 VIŠINSKA IZRAVNAVA (1D)

Za višinsko izravnavo so vhodni podatki višinske razlike približne koordinate in uteži merjenih količin. Višinske razlike so izračunane z enostransko merjenimi zenitnimi razdaljami in poševno merjeno dolžino. Za predhodna računanja, ki vključujejo redukcije dolžin na nivo kamen-kamen in izračun nadmorskih višin, je bil uporabljen program Microsoft Excel, za izravnavo pa VimWin 4.0.

5.1 Mreža Dobravica

Ker imamo vsako višinsko razliko določeno dvakrat, imamo na izbiro dve možnosti:

- uporabimo vse višinske razlike,
- izračunamo aritmetične sredine.

Vhodni podatki za višinsko izravnavo:

- deset ali pet merjenih višinskih razlik,
- štiri približne višine točk.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

5.1.1 Analiza rezultatov izravnave

Rezultati izravnave z uporabljenimi aritmetičnimi sredinami višin

Preglednica 1: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin)

Število enačb popravkov je	5
Število neznank je	4
Defekt mreže je	1
Število nadštevilnih opazovanj je	2

Preglednica 2: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)

Ime točke	Definitivna višina (m)	Srednji pogrešek višine σ_h (mm)
110	418.6914	2.9
111	409.8792	2.2
113	483.3545	2.2
114	448.0748	2.9

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0 = 0.00510$

Rezultati izravnave z vsemi višinskimi razlikami

Preglednica 3: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine)

Število enačb popravkov je	10
Število neznank je	4
Defekt mreže je	1
Število nadštevilnih opazovanj je	7

Preglednica 4: Rezultati izravnave (vse dolžine)

Ime točke	Definitivna višina (m)	Srednji pogrešek višine σ_h (mm)
110	418.6914	7.3
111	409.8792	5.6
113	483.3545	5.6
114	448.0748	7.3

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0 = 0.01840$

5.1.2 Primerjava rezultatov

V spodnji preglednici je samo primerjava natančnosti, saj so dobljene vrednosti izravnanih višin točk za obe možnosti enake.

Preglednica 5: Primerjava rezultatov izravnave

Ime točke	Aritmetične sredine	Vse dolžine
	Srednji pogrešek višine σ_h (mm)	Srednji pogrešek višine σ_h (mm)
110	2.9	7.3
111	2.2	5.6
113	2.2	5.6
114	2.9	7.3

5.1.3 Komentar

Ker sta bili za izravnavo uporabljeni dve različni možnosti obravnavanja višinskih razlik, dobimo različne rezultate. Skoraj enake v obeh tabelah so samo definitivne višine. Iz zgornje preglednice pa je razvidno, da je srednji pogrešek višine manjši pri izravnavi, kjer smo uporabili aritmetične sredine višin. Manjši je tudi srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$.

5.2 Mreža Moste

Vhodni podatki za višinsko izravnavo:

- 52 višinskih razlik,
- 24 približnih višin.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

5.2.1 Analiza rezultatov izravnave

Preglednica 6: Statistika vhodnih podatkov

Število enačb popravkov je	52
Število neznank je	24
Defekt mreže je	1
Število nadštevilnih opazovanj je	29

Preglednica 7: Rezultati izravnave

Ime točke	Definitivna višina (m)	Srednji pogrešek višine σ_h (mm)
P3	487.6001	0.1
X	487.6102	0.1
XI	487.5937	0.1
PT2	487.8936	0.1
T1	489.6402	0.2
T2	489.6800	0.2
T3	489.6255	0.2
T4	489.6365	0.2
T8	487.7876	0.2
T9	487.9849	0.2
T10	488.0623	0.2
T11	487.8546	0.2
T12	485.7855	0.2
T13	486.4368	0.2
T14	486.4009	0.2
A	500.4303	0.2
B	500.1922	0.2
C	500.0460	0.2
D	499.9818	0.2
1A	504.5674	0.2
1B	503.7965	0.2
2A	511.4878	0.2
2B	512.5719	0.2
2C	512.3611	0.2

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0 = 0.00028$

5.2.2 Komentar

Iz rezultatov izravnave je razvidno, da je natančnost določevanja položajnih koordinat in višin v mreži Moste zelo velika. Razlog za to so predvsem kratke dolžine, kjer meritve niso obremenjene s pogreški refrakcije, ki so značilni za meritve zenitnih razdalj med bolj oddaljenimi točkami. Za razliko od mreže Dobravica tu ni bila možna uporaba aritmetičnih sredin, ker so bile stojiščne točke samo štiri. Možna bi bila uporaba največ šestih aritmetičnih sredin, kar pomeni, da bi bilo število enačb popravkov manjše za šest, kar pa bi zanemarljivo malo vplivalo na rezultate izravnave.

6 POLOŽAJNA IZRAVNAVA (2D)

Za položajno izravnavo so vhodni podatki horizontalne smeri, dolžine, reducirane na nivo nadmorske višine stojišča, približne položajne koordinate in uteži. Predhodna računanja vključujejo redukcije dolžin, za katere je bil uporabljen program Microsoft Excel, za izravnavo pa sta bila uporabljena programa Gem4 in WinRam.

6.1 Mreža Dobravica

Podobno kot pri višinah je pri mreži Dobravica možno uporabiti:

- vse dolžine,
- aritmetične sredine.

Vhodni podatki za izravnavo:

- deset smeri,
- deset ali pet dolžin.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

Privzete a priori natančnosti:

- 1.00 sekunda za smeri,
- 1.000 mm za dolžine.

6.1.1 Analiza rezultatov izravnave

Rezultati izravnave z uporabljenimi aritmetičnimi sredinami dolžin

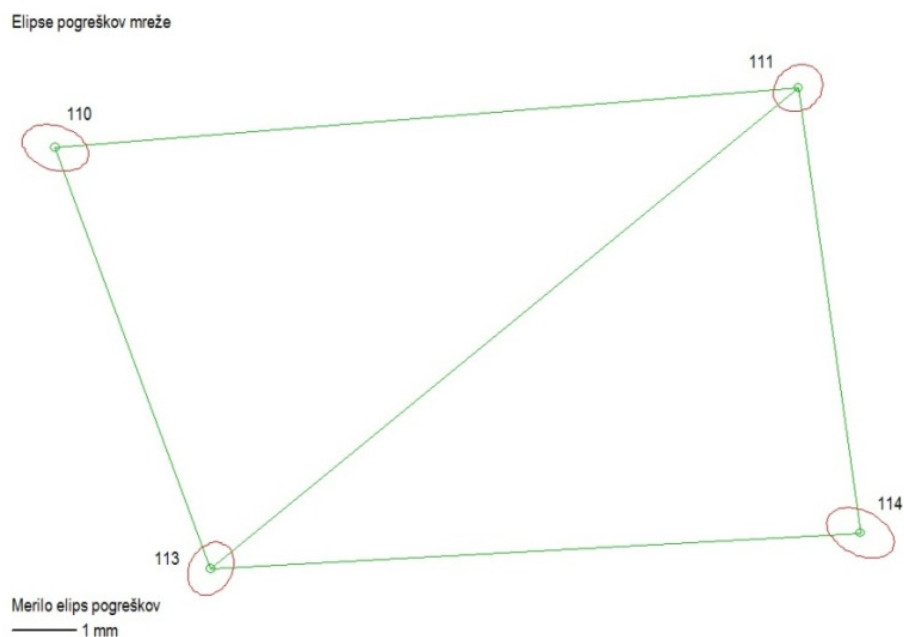
Preglednica 8: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin)

Število enačb popravkov je	15
Število enačb popravkov za smeri je	10
Število enačb popravkov za dolžine je	5
Število neznank je	12
Število koordinatnih neznank je	8
Število orientacijskih neznank je	4
Defekt mreže je	3
Število nadštevilnih opazovanj je	6

Preglednica 9: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_p (mm)
110	9293.4780	10273.4677	0.5	0.4	0.6
111	10972.1868	10407.7363	0.4	0.4	0.5
113	9645.0128	9323.0372	0.3	0.4	0.5
114	11112.9514	9404.1378	0.5	0.4	0.6

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 0.65586.



Slika 6: Elipse pogreškov (aritmetične sredine dolžin)

Rezultati izravnave z vsemi uporabljenimi dolžinami

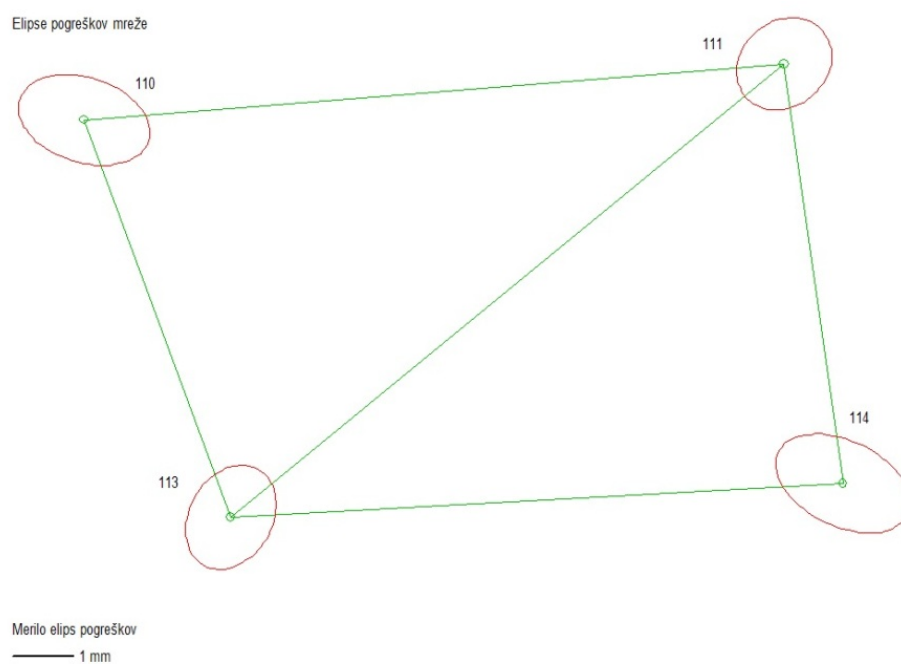
Preglednica 10: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine)

Število enačb popravkov je	20
Število enačb popravkov za smeri je	10
Število enačb popravkov za dolžine je	10
Število neznank je	12
Število koordinatnih neznank je	8
Število orientacijskih neznank je	4
Defekt mreže je	3
Število nadštevilnih opazovanj je	11

Preglednica 11: Rezultati izravnave (vse dolžine)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_p (mm)
110	9293.4781	10273.4677	1.1	0.7	1.3
111	10972.1868	10407.7363	0.8	0.7	1.1
113	9645.0128	9323.0371	0.7	0.8	1.1
114	11112.9514	9404.1379	1.1	0.8	1.3

Srednji pogrešek utežne enote je $\hat{\sigma}_0$ je 1.90421.



Slika 7: Elipse pogreškov (vse dolžine)

Rezultati izravnave, če uporabimo samo horizontalne smeri.

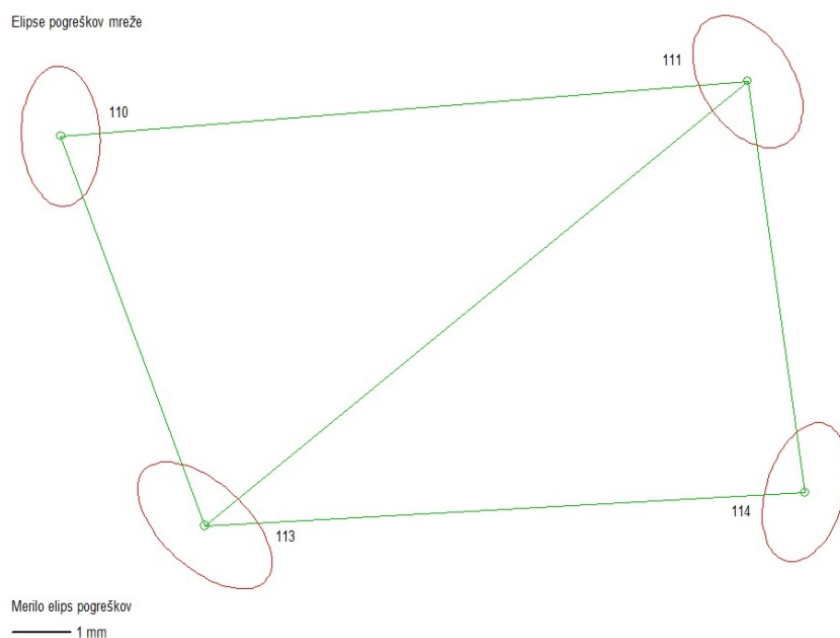
Preglednica 12: Statistika vhodnih podatkov (samo kotna opazovanja)

Število enačb popravkov je	10
Število enačb popravkov za smeri je	10
Število enačb popravkov za dolžine je	0
Število neznank je	12
Število koordinatnih neznank je	8
Število orientacijskih neznank je	4
Defekt mreže je	4
Število nadštevilnih opazovanj je	2

Preglednica 13: Rezultati izravnave (samo kotna opazovanja)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_p (mm)
110	9293.4759	10273.4654	0.6	1.1	1.3
111	10972.1883	10407.7351	0.9	1.1	1.4
113	9645.0146	9323.0404	1.1	1.0	1.5
114	11112.9502	9404.1381	0.7	1.1	1.3

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 0.28860.



Slika 8: Elipse pogreškov (samo kotna opazovanja)

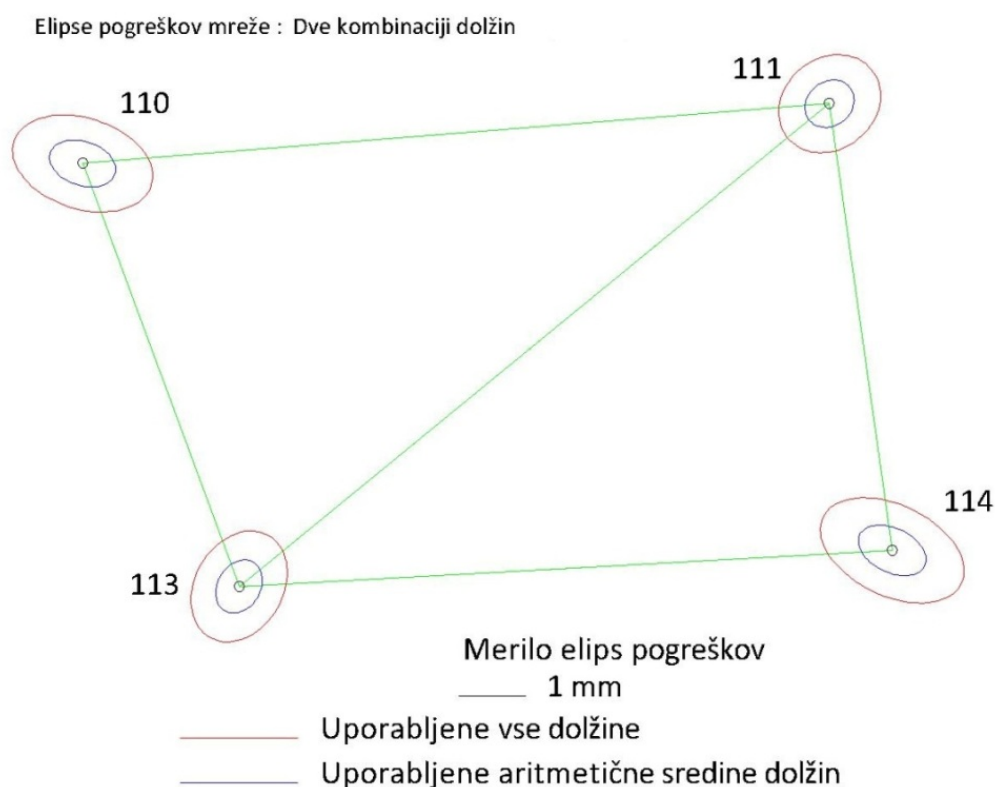
6.1.2 Primerjava rezultatov

Ker je eden od ciljev tudi primerjava rezultatov položajne izravnave, so v spodnji preglednici prikazane natančnosti in koordinatne razlike med posameznimi možnostmi vhodnih podatkov. Za primerjavo so uporabljene referenčne vrednosti koordinat izravnave z aritmetičnimi sredinami dolžin.

Preglednica 14: Primerjava rezultatov izravnav

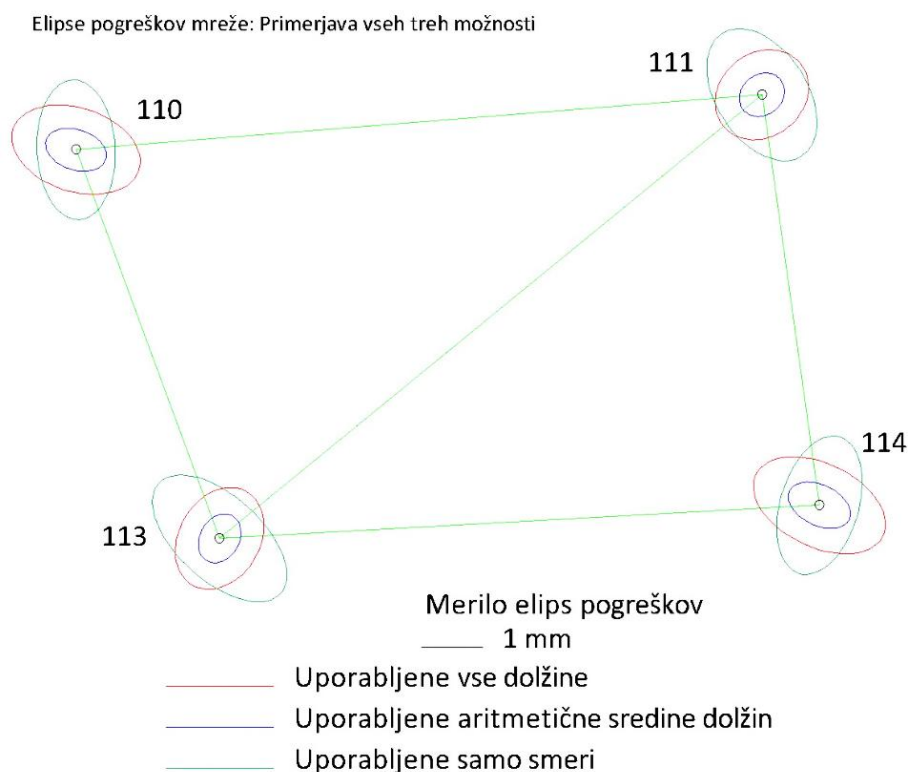
Ime točke	Aritmetične sredine dolžin	Vse dolžine			Samo smeri		
	σ_p (mm)	σ_p (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)	σ_p (mm)	Δx (mm)	Δy (mm)
110	0.6	1.3	-0.1	0.0	1.3	2.1	2.1
111	0.5	1.1	0.0	0.0	1.4	-1.5	-1.5
113	0.5	1.1	0.0	0.1	1.5	-1.8	-1.8
114	0.6	1.3	0.0	0.1	1.3	1.2	1.2

Ker so rezultati vrednosti koordinat obeh možnosti uporabe dolžin skoraj enake, lahko razlike med natančnostjo bolje prikazemo grafično.



Slika 9: Elipse pogreškov (primerjava dveh možnosti uporabe dolžin)

Na spodnji sliki so za boljšo predstavo, kakšno natančnost dobimo z določeno vrsto vhodnih podatkov, združeni vsi trije grafični rezultati položajne izravnave.



Slika 10: Elipse pogreškov (primerjava vseh treh uporabljenih možnosti)

6.1.3 Komentar

Za položajno izravnavo mreže Dobravica so bile tri možnosti uporabe vhodnih podatkov, kjer horizontalne smeri uporabimo vedno. Možna je uporaba vseh dolžin, aritmetičnih sredin dolžin in pa samo smeri. Najslabše rezultate podaja izbira samo horizontalnih smeri, kjer se odstopanje kaže že pri primerjavi koordinat z rezultati izravnave obeh kombiniranih mrež. Boljše rezultate dobimo z uporabo kombinirane mreže. Vrednosti koordinat, ob uporabi različnega števila dolžin, so skoraj enake, kar pa ne velja za natančnosti. Te so večje, če uporabimo aritmetične sredine dolžin, saj so elipse pogreškov precej manjše. Popravki so manjši, ker ni odstopanj med dvojnimi dolžinami, ki nastanejo predvsem pri daljših dolžinah. Po elipsah pogreškov opazimo, da sta v vseh možnostih z najmanjšo natančnostjo določeni točki 110 in 114, zato ker sta določeni samo z dveh točk.

6.2 Mreža Moste

Vhodni podatki za izravnavo:

- 52 smeri,
- 52 dolžin.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

Privzete a priori natančnosti:

- 1.50 sekunde za smeri,
- 0.300 milimetra za dolžine.

6.2.1 Analiza rezultatov izravnave

Preglednica 15: Statistika vhodnih podatkov

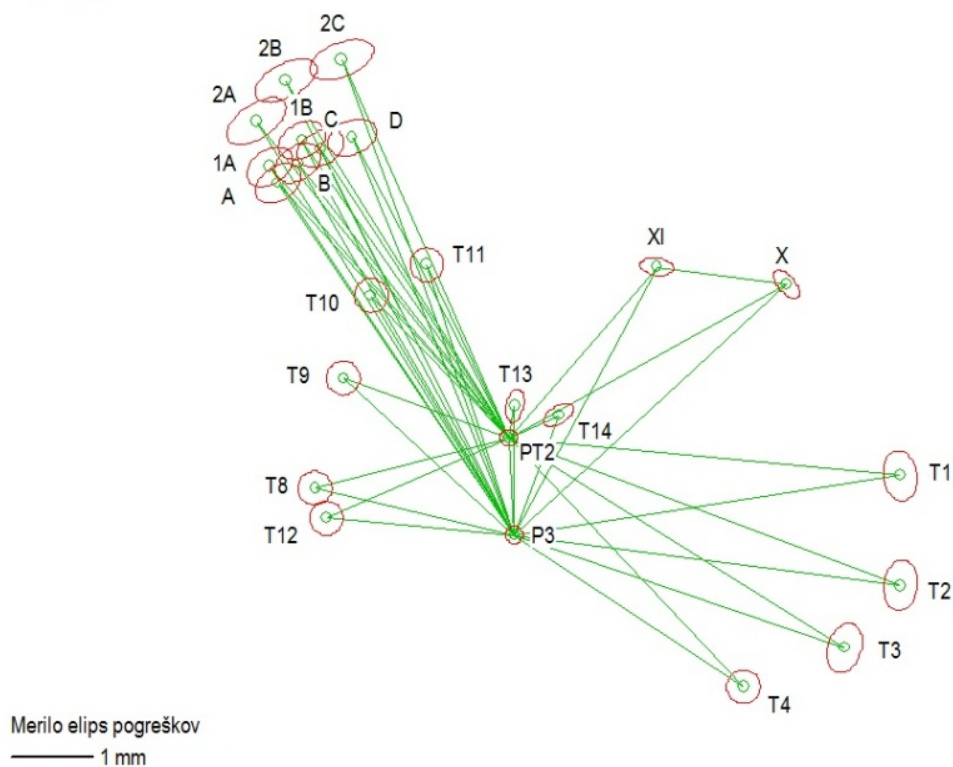
Število enačb popravkov je	104
Število enačb popravkov za smeri je	52
Število enačb popravkov za dolžine je	52
Število neznank je	52
Število koordinatnih neznank je	48
Število orientacijskih neznank je	4
Defekt mreže je	3
Število nadštevilnih opazovanj je	55

Preglednica 16: Rezultati izravnave

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	σ_x (m)	σ_y (m)	σ_p (m)
P3	33175.0238	41030.3069	0.1	0.1	0.1
X	33213.7020	41065.9021	0.2	0.2	0.3
XI	33195.2781	41068.4331	0.2	0.1	0.2
PT2	33174.2219	41044.1612	0.1	0.1	0.1
T1	33229.8814	41038.7466	0.2	0.3	0.4
T2	33229.9369	41023.1541	0.2	0.3	0.4
T3	33221.9591	41014.2788	0.2	0.3	0.4
T4	33207.6076	41008.7259	0.2	0.2	0.3
T8	33146.6832	41036.9528	0.2	0.2	0.3
T9	33150.6971	41052.6265	0.2	0.2	0.3
T10	33154.6657	41064.3591	0.2	0.2	0.3
T11	33162.5820	41068.7079	0.2	0.2	0.3
T12	33148.3015	41032.6892	0.2	0.2	0.3
T13	33175.1226	41048.6451	0.1	0.2	0.2
T14	33181.2501	41047.3635	0.2	0.1	0.2
A	33141.4853	41080.2336	0.3	0.3	0.4
B	33144.2575	41083.1062	0.3	0.3	0.4
C	33147.4643	41085.2104	0.3	0.3	0.4
D	33151.9843	41086.7663	0.3	0.3	0.4
1A	33140.2634	41082.6379	0.3	0.3	0.4
1B	33144.8476	41086.3942	0.3	0.3	0.4
2A	33138.3483	41089.1028	0.3	0.3	0.4
2B	33142.5138	41094.8610	0.3	0.3	0.4
2C	33150.4435	41097.8466	0.4	0.3	0.4

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 1.17673.

Elipse pogreškov mreže



Slika 11: Elipse pogreškov

6.2.2 Komentar

Položajna izravnava mreže Moste podaja zelo veliko položajno natančnost zaradi krajših dolžin med točkami. Podobno kot pri višinski izravnavi bi tu bila možna uporaba aritmetičnih sredin dolžin. Izračunati jih je možno med stojiščnimi točkami, kjer so dolžine merjene dvakrat (tja in nazaj). To bi pomenilo, da bi v izravnavi nastopalo šest enačb popravkov manj, kar bi na rezultate vplivalo zelo malo. Možna je tudi uporaba samo horizontalnih smeri, vendar je natančnost določitve položaja zelo majhna, ker imamo samo štiri stojiščne točke, zato ta možnost ni vključena v prikaz.

7 PROSTORSKA IZRAVNAVA (3D)

Prostorska izravnava ponuja neposredno izravnavo za položaj in višino. Vhodni podatki so poševne dolžine, horizontalne smeri in zenitne razdalje, uteži ter približne položajne koordinate in višine. Ker so vhodni podatek zenitne razdalje, ni računanja višinskih razlik, kot je treba to storiti pri višinski izravnavi. Predhodna računanja tako obsegajo samo redukcije dolžin za meteorološke popravke, za kar je bil uporabljen program Microsoft Excel. Za prostorsko izravnavo je bil uporabljen program Izravnava ver. 3.3, za izris elipsoidov pogreškov pa Matlab, in sicer v merilu 1 : 3000.

7.1 Mreža Dobravica

Vhodni podatki za izravnavo:

- deset smeri,
- deset ali pet dolžin,
- deset zenitnih razdalj.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

Privzete a priori natančnosti:

- 1.00 sekunda za smeri,
- 1.000 milimeter za dolžine,
- 20.00 sekund za zenitne razdalje.

7.1.1 Analiza rezultatov izravnave

Rezultati izravnave z uporabljenimi aritmetičnimi sredinami dolžin

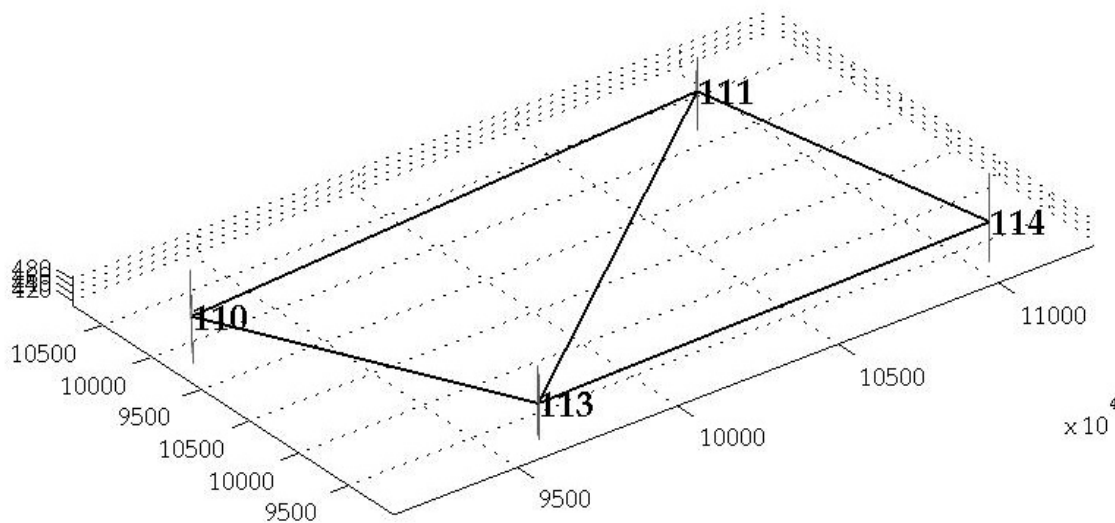
Preglednica 17: Statistika vhodnih podatkov (aritmetične sredine dolžin)

Število enačb popravkov	25
Število enačb popravkov za smeri	10
Število enačb popravkov za dolžine	5
Število enačb popravkov za zenitne razdalje	10
Število neznank	16
Število koordinatnih neznank	12
Število orientacijskih neznank	4
Defekt mreže	4
Število nadštevilnih opazovanj	13

Preglednica 18: Rezultati izravnave (aritmetične sredine dolžin)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	Koordinata z (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)
110	9293.4779	10273.4669	418.6901	0.95	1.92	47.03
111	10972.1865	10407.736	409.8662	1.00	1.48	37.38
113	9645.0134	9323.0385	483.3786	1.41	2.04	35.15
114	11112.9513	9404.1376	448.0650	1.06	1.25	46.41

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 1.04.



Slika 12: Elipsoidi pogreškov (aritmetične sredine dolžin)

Rezultati izravnave z uporabljenimi vsemi dolžinami

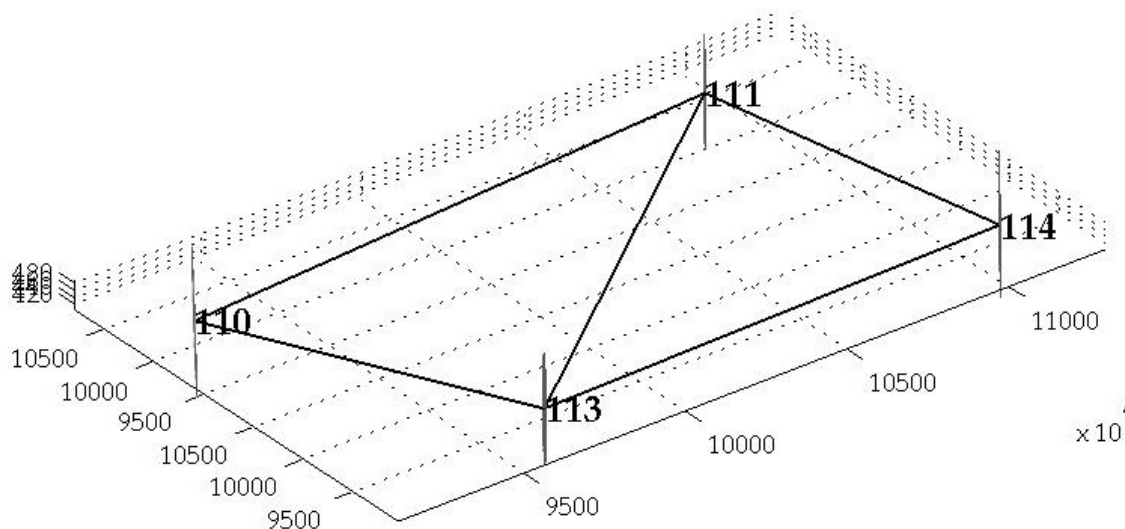
Preglednica 19: Statistika vhodnih podatkov (vse dolžine)

Število enačb popravkov	30
Število enačb popravkov za smeri	10
Število enačb popravkov za dolžine	10
Število enačb popravkov za zenitne razdalje	10
Število neznank	16
Število koordinatnih neznank	12
Število orientacijskih neznank	4
Defekt mreže	4
Število nadštevilnih opazovanj	18

Preglednica 20: Rezultati izravnave (vse dolžine)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	Koordinata z (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)
110	9293.4779	10273.4669	418.6903	1.2	2.9	71.2
111	10972.1864	10407.736	409.8657	1.4	2.2	56.2
113	9645.0133	9323.0385	483.3793	2.1	3.1	52.9
114	11112.9513	9404.1376	448.0646	1.4	1.8	70.3

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 1.57.



Slika 13: Elipsoidi pogreškov (vse dolžine)

Rezultati izravnave brez dolžin (samo kotna opazovanja)

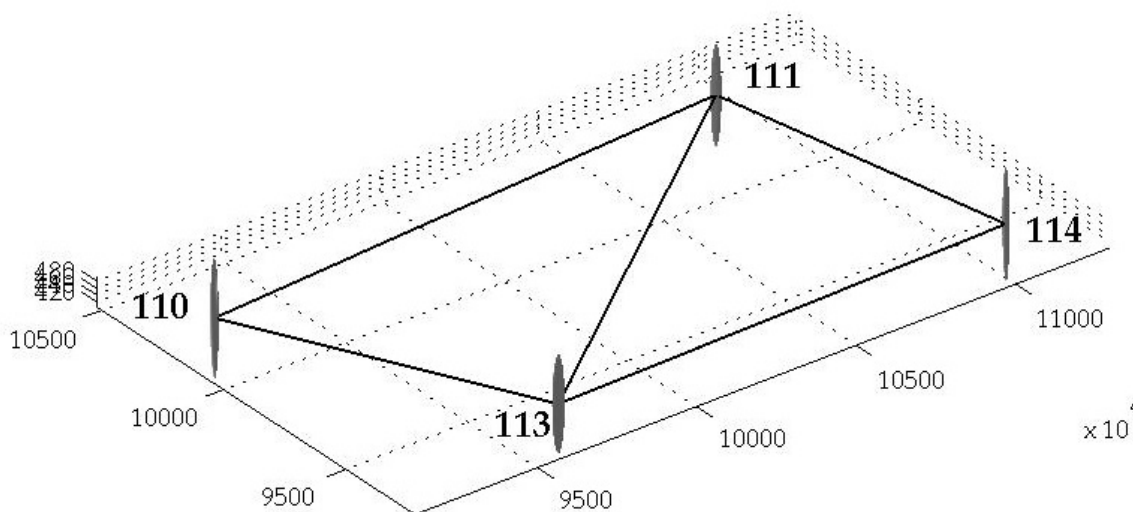
Preglednica 21: Statistika vhodnih podatkov (samo kotna opazovanja)

Število enačb popravkov	20
Število enačb popravkov za smeri	10
Število enačb popravkov za zenitne razdalje	10
Število neznank	16
Število koordinatnih neznank	12
Število orientacijskih neznank	4
Defekt mreže	5
Število nadštevilnih opazovanj	9

Preglednica 22: Rezultati izravnave (samo kotna opazovanja)

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	Koordinata z (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)
110	9293.4761	10273.4653	418.6918	2.7	4.6	57.6
111	10972.1882	10407.7350	409.8781	3.7	4.4	49.1
113	9645.0147	9323.0405	483.3544	4.4	4.2	47.1
114	11112.9500	9404.1382	448.0756	2.9	4.6	55.2

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 1.16.



Slika 14: Elipsoidi pogreškov (samo kotna opazovanja)

7.1.2 Primerjava rezultatov

Ker so rezultati izravnave, kadar uporabimo aritmetične sredine dolžin, najboljši, jih privzamemo za referenčne in primerjamo s preostalima dvema.

Preglednica 23: Primerjava koordinat

Ime točke	Aritmetične sredine (m)			Vse dolžine (mm)			Samo smeri (mm)		
	x	y	z	Δx	Δy	Δz	Δx	Δy	Δz
110	9293.4779	10273.4669	418.6901	0.0	0.0	-0.2	1.8	1.6	-1.7
111	10972.1865	10407.736	409.8662	0.1	0.0	0.5	-1.7	1.0	-11.9
113	9645.0134	9323.0385	483.3786	0.1	0.0	-0.7	-1.3	-2.0	24.2
114	11112.9513	9404.1376	448.0650	0.0	0.0	0.4	1.3	-0.6	-10.6

Preglednica 24: Primerjava natančnosti

Ime točke	Aritmetične sredine (mm)			Vse dolžine (mm)			Samo smeri (mm)		
	σ_x	σ_y	σ_z	σ_x	σ_y	σ_z	σ_x	σ_y	σ_z
110	1.0	1.9	47.0	1.2	2.9	71.2	2.7	4.6	57.6
111	1.0	1.5	37.4	1.4	2.2	56.2	3.7	4.4	49.1
113	1.4	2.0	35.2	2.1	3.1	52.9	4.4	4.2	47.1
114	1.1	1.3	46.4	1.4	1.8	70.3	2.9	4.6	55.2

7.1.3 Komentar

Za prostorsko izravnavo mreže Dobravica, sodeč po rezultatih, ugotovimo, da je slaba predvsem natančnost določevanja višinske koordinate z , na kar vplivajo dolge dolžine in manjša a priori natančnost merjenja zenitnih razdalj zaradi velikega vpliva refrakcije. Točki 110 in 114 imata manjšo višinsko natančnost, ker sta bili določeni samo z dveh stojišč. Če uporabimo samo kotna opazovanja, opazimo, da so koordinatne razlike višin velike, če pa jih primerjamo z višinsko (1D) izravnavo, pa so vse manjše od enega milimetra. Z uporabo aritmetičnih sredin dolžin dobimo največje natančnosti. Položajne koordinate, v različnih primerih uporabe dolžin, pa vidimo, da so pravzaprav enake.

7.2 Mreža Moste

Vhodni podatki za izravnavo:

- 52 smeri,
- 52 dolžin,
- 52 zenitnih razdalj.

Uteži so za vsa opazovanja enake, in sicer 1.

Privzete a priori natančnosti:

- 1.50 sekunde za smeri,
- 0.300 milimetra za dolžine,
- 2.00 sekundi za zenitne razdalje.

7.2.1 Analiza rezultatov izravnave

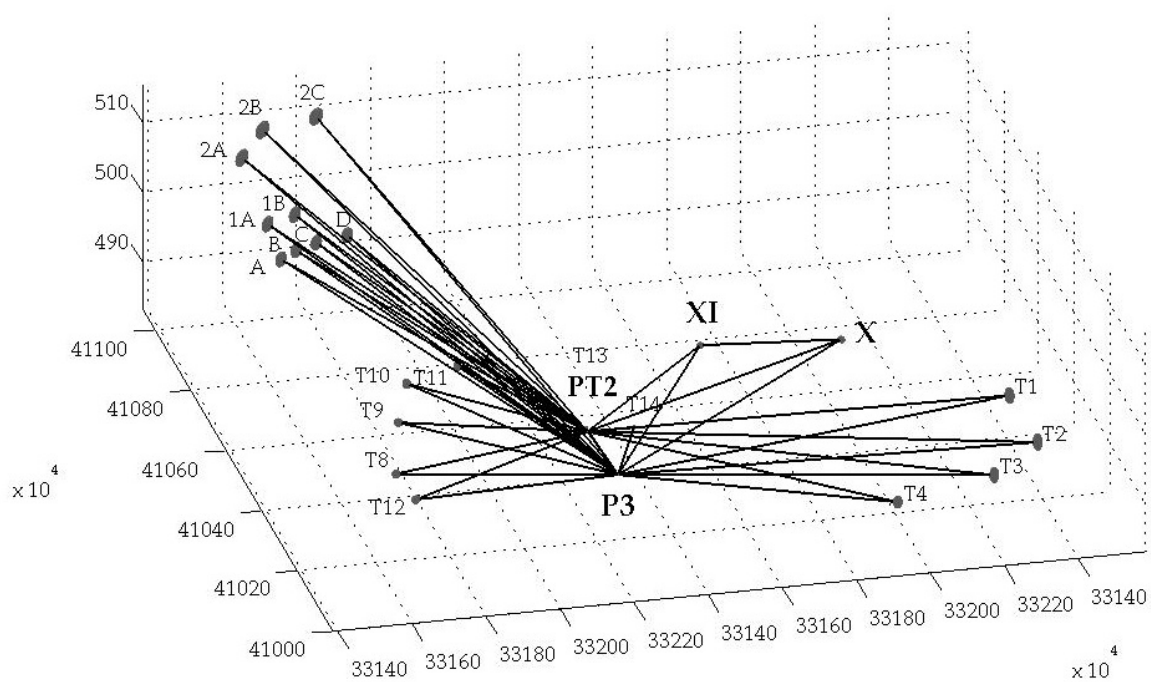
Preglednica 25: Statistika vhodnih podatkov

Število enačb popravkov	156
Število enačb popravkov za smeri	52
Število enačb popravkov za dolžine	52
Število enačb popravkov za zenitne razdalje	52
Število neznank	76
Število koordinatnih neznank	72
Število orientacijskih neznank	4
Defekt mreže	4
Število nadštevilnih opazovanj	84

Preglednica 26: Rezultati izravnave

Ime točke	Koordinata x (m)	Koordinata y (m)	Koordinata z (m)	σ_x (mm)	σ_y (mm)	σ_z (mm)
P3	33175.0238	41030.3069	487.6004	0.1	0.1	0.1
X	33213.7020	41065.9021	487.6104	0.2	0.2	0.2
XI	33195.2781	41068.4331	487.5938	0.2	0.1	0.2
PT2	33174.2219	41044.1612	487.8936	0.1	0.1	0.1
T1	33229.8814	41038.7466	489.6402	0.2	0.3	0.4
T2	33229.9369	41023.1541	489.6800	0.2	0.3	0.4
T3	33221.9591	41014.2788	489.6255	0.2	0.3	0.4
T4	33207.6076	41008.7258	489.6366	0.2	0.2	0.3
T8	33146.6832	41036.9528	487.7876	0.2	0.2	0.2
T9	33150.6971	41052.6264	487.9849	0.2	0.2	0.2
T10	33154.6657	41064.3591	488.0623	0.2	0.2	0.2
T11	33162.5820	41068.7079	487.8546	0.2	0.2	0.2
T12	33148.3015	41032.6891	485.7856	0.2	0.2	0.2
T13	33175.1226	41048.6451	486.4369	0.1	0.2	0.1
T14	33181.2501	41047.3635	486.4011	0.2	0.1	0.1
A	33141.4853	41080.2336	500.4302	0.3	0.3	0.4
B	33144.2575	41083.1062	500.1921	0.3	0.3	0.4
C	33147.4643	41085.2104	500.0459	0.3	0.3	0.4
D	33151.9843	41086.7664	499.9817	0.3	0.2	0.4
1A	33140.2634	41082.6379	504.5673	0.3	0.3	0.4
1B	33144.8475	41086.3943	503.7964	0.3	0.3	0.4
2A	33138.3483	41089.1029	511.4876	0.3	0.3	0.5
2B	33142.5138	41094.8611	512.5717	0.3	0.3	0.5
2C	33150.4435	41097.8466	512.3611	0.3	0.3	0.5

Srednji pogrešek utežne enote $\hat{\sigma}_0$ je 1.07.



Slika 15: Elipsoidi pogreškov

7.2.2 Komentar

Pri prostorski izravnavi mreže Moste dobimo rezultate, ki podajajo velike natančnosti, tako za položajne koordinate kot višine. Razlog za dobre rezultate so predvsem krajše dolžine ter veliko število nadštevilnih opazovanj. Na veliko natančnost višin pa vpliva tudi večja a priori natančnost merjenja zenitnih razdalj, ki je večja kot pri mreži Dobravica. Zaradi slabih rezultatov (predvsem natančnosti) je izpuščena možnost samo kotnih opazovanj.

8 PRIMERJAVA REZULTATOV IZRAVNAV MREŽ DOBRAVICA IN MOSTE

Za položajno in višinsko izravnavo obeh mrež so uporabljeni vhodni podatki, ki podajajo najboljše rezultate. Za položajno izravnavo mreže to pomeni kombinirano izravnavo z aritmetičnimi sredinami dolžin, za višinsko izravnavo pa uporabimo aritmetične sredine višin. Za izravnavo prostorske mreže so uporabljeni vhodni podatki z aritmetičnimi sredinami dolžin. Ker rezultati vsake izravnave zase ne podajajo dovolj jasne predstave o razlikah, ki nastanejo, je treba te rezultate primerjati in na podlagi natančnosti ter razlik ugotoviti kakovost posamezne izravnave. Razlike za primerjavo med rezultati prostorske izravnave z izravnavo položajne in višinske mreže so prikazane v preglednicah in grafično.

8.1 Mreža Dobravica

V spodnji preglednici so prikazane razlike med vrednostmi koordinat in natančnosti za vsako točko v mreži Dobravica. Za izračun rezultatov položajne izravnave (x, y) so uporabljene aritmetične sredine dolžin, za izračun rezultatov višinske izravnave (z) pa aritmetične sredine višinskih razlik.

Preglednica 27: Primerjava rezultatov izravnav

Ime točke	Koordinata x (mm)			Koordinata y (mm)			Koordinata z (mm)		
	Δx	σ_{2D}	σ_{3D}	Δy	σ_{2D}	σ_{3D}	Δz	σ_{1D}	σ_{3D}
110	-0.1	0.5	1.0	-0.8	0.4	1.9	-1.3	2.9	47.0
111	-0.3	0.4	1.0	-0.3	0.4	1.5	-13.0	2.2	37.4
113	0.6	0.3	1.4	1.3	0.4	2.0	24.1	2.2	35.2
114	0.1	0.5	1.1	-0.2	0.4	1.3	-9.8	2.9	46.4

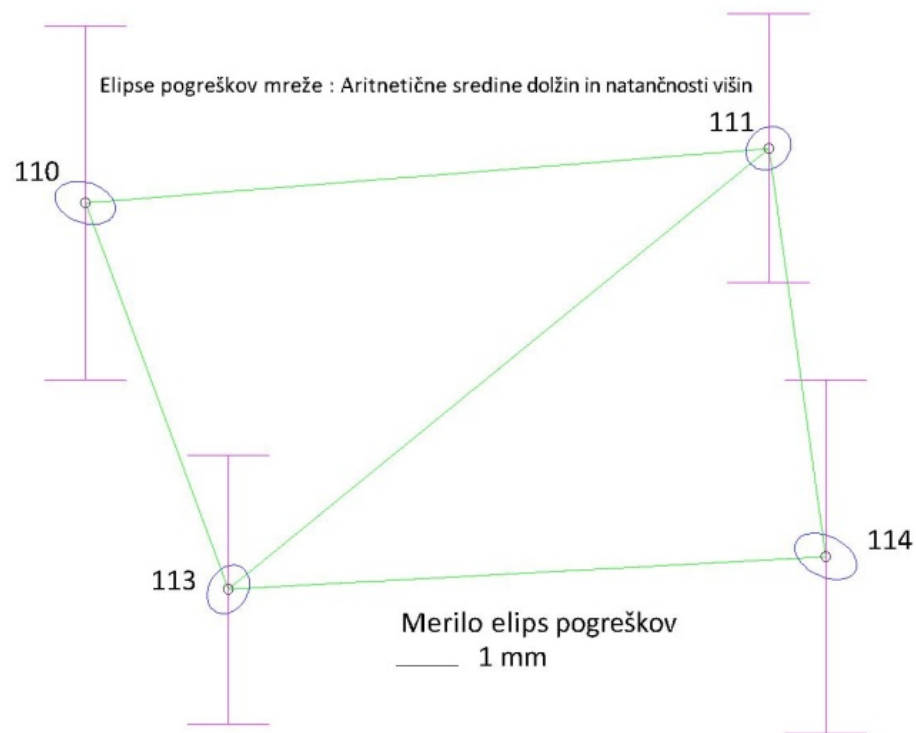
$\Delta x, \Delta y$... razlika med izravnanimi koordinatami prostorske in položajne izravnave

Δz ... razlika med izravnanimi višinami prostorske in višinske izravnave

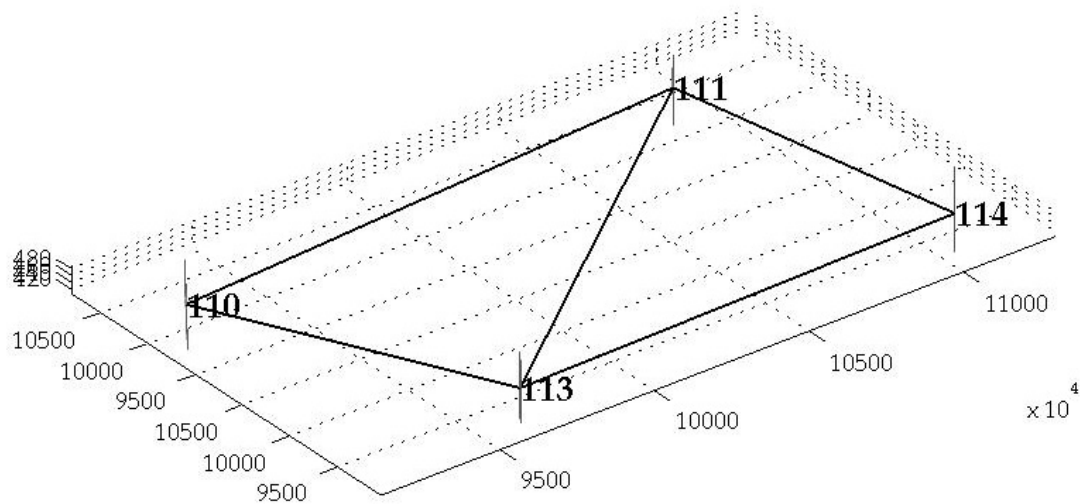
σ_{1D} ... natančnost, dobljena z višinsko izravnavo

σ_{2D} ... natančnost, dobljena s položajno izravnavo

σ_{3D} ... natančnost, dobljena s prostorsko izravnavo



Slika 16: Elipse pogreškov in natančnosti višin (aritmetične sredine dolžin)



Slika 17: Elipsoidi pogreškov (aritmetične sredine dolžin)

8.1.1 Komentar

S primerjavo dobljenih koordinat in natančnosti za mrežo Dobravica ugotovimo, da večjo natančnost dobimo z uporabo položajne izravnave v kombinaciji z višinsko izravnavo. Koordinatne razlike za položajne koordinate so v primerjavi z višinskimi manjše in ne presegajo vrednosti enega milimetra. To ne drži samo za točko 113, kjer so razlike koordinat največje. Natančnosti koordinat so pri položajni izravnavi večje kot pri prostorski izravnavi in ne presegajo vrednosti pol milimetra. Za natančnosti prostorske izravnave pa vidimo, da so natančnosti y koordinate skoraj enkrat manjše kot pri x koordinati. Če primerjamo višinske rezultate, nastanejo razlike večje od enega centimetra z izjemo točke 110. Velike razlike med višinami in majhne višinske natančnosti, nastanejo, ker dolžine uporabljene v prostorski izravnavi, niso modelirane za vse sistematične vplive, ki jih upoštevamo pri računanju višinskih razlik, kar vpliva predvsem na velike dolžine.

8.2 Mreža Moste

V spodnji preglednici so prikazane koordinatne razlike in natančnosti mreže Moste. Za izračun rezultatov položajne in višinske izravnave so uporabljene vse dolžine in vse višinske razlike.

Preglednica 28: Primerjava rezultatov izravnav

Ime točke	Koordinata x (mm)			Koordinata y (mm)			Koordinata z (mm)		
	Δx	σ_{2D}	σ_{3D}	Δy	σ_{2D}	σ_{3D}	Δz	σ_{1D}	σ_{3D}
P3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.1
X	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
XI	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
PT2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1
T1	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.4
T2	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.4
T3	0.0	0.2	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.4
T4	0.0	0.2	0.2	-0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3
T8	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2
T9	0.0	0.2	0.2	-0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2
T10	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2
T11	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2	0.0	0.2	0.2
T12	0.0	0.2	0.2	-0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2
T13	0.0	0.1	0.2	0.0	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1
T14	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1
A	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	-0.1	0.2	0.4
B	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	-0.1	0.2	0.4
C	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	-0.1	0.2	0.4
D	0.0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	-0.1	0.2	0.4
1A	0.0	0.3	0.3	0.0	0.3	0.3	-0.1	0.2	0.4
1B	-0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	-0.1	0.2	0.4
2A	0.0	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	-0.2	0.2	0.5
2B	0.0	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	-0.2	0.2	0.5
2C	0.0	0.4	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.2	0.5

Δx . Δy ... razlika med izravnanimi koordinatami prostorske in položajne izravnave

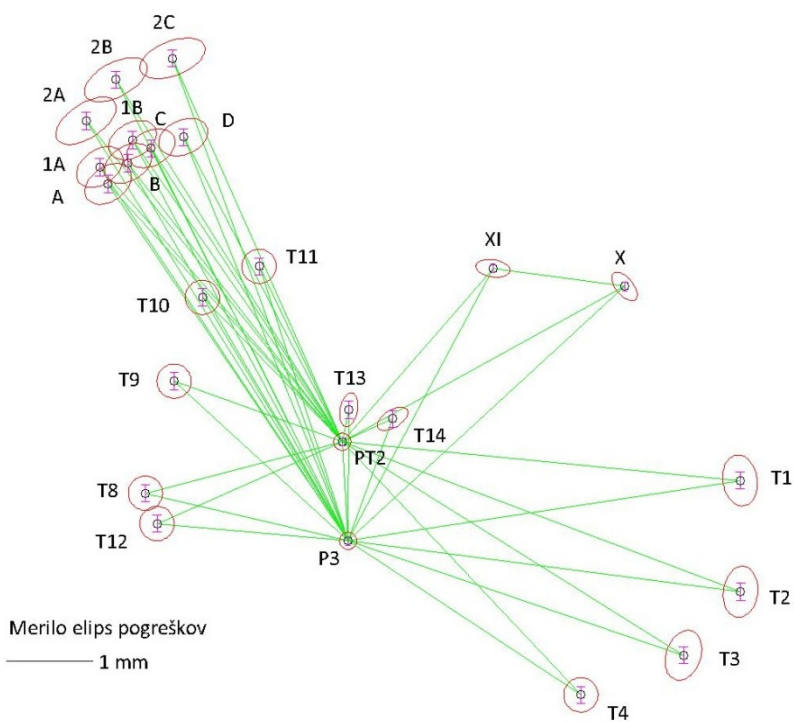
Δz ... razlika med izravnanimi višinami prostorske in višinske izravnave

σ_{1D} ... natančnost, dobljena z višinsko izravnavo

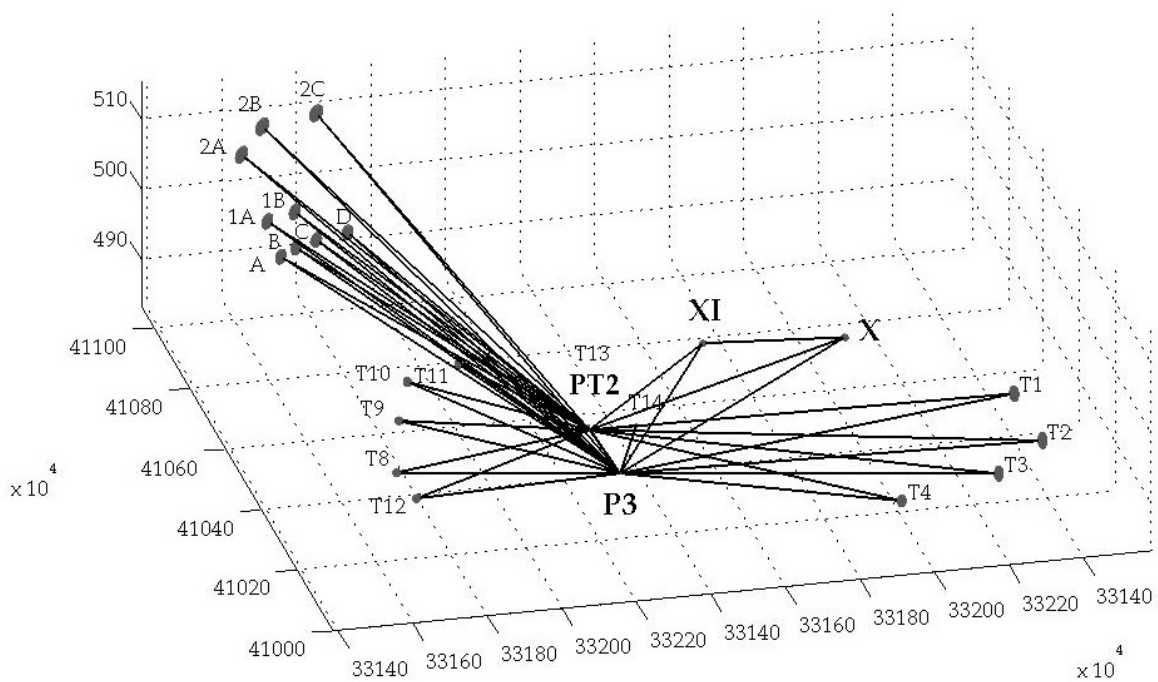
σ_{2D} ... natančnost, dobljena s položajno izravnavo

σ_{3D} ... natančnost, dobljena s prostorsko izravnavo

Elipse pogreškov mreže : Kombinirana mreža in natančnosti višin



Slika 18: Elipse pogreškov in natančnosti višin



Slika 19: Elipsoidi pogreškov

8.2.1 Komentar

Če primerjamo rezultate mreže Moste, dobimo povsem drugačne rezultate kot pri mreži Dobravica. Koordinatne razlike ne presegajo vrednosti treh desetink milimetra, tako za položajne kot višinske koordinate. Natančnosti vseh koordinat so v rangu pol milimetra za vse tipe izravnav. Razlog za to so kratke dolžine v mreži, veliko število nadštevilnih opazovanj in dobre a priori natančnosti, ki so manjše v primerjavi z mrežo Dobravica samo za horizontalne smeri.

9 ZAKLJUČEK

Kadar je v geodeziji nujno doseganje visokih natančnosti, uporabimo postopek izravnave opazovanj. Ker pa imamo na voljo več možnosti izravnave, smo v diplomski nalogi poskušali prikazati, kakšne razlike nastanejo, če za iste meritve uporabimo postopek prostorske izravnave ali položajne v kombinaciji z višinsko izravnavo.

V poglavjih 2 in 3 je opisan teoretični del izravnave, ki zajema predhodna računanja, katerih končni rezultat so vhodni podatki za izravnavo: od izpeljave enačb popravkov za posamezne tipe opazovanj, sestave normalnih enačb, do ocene natančnosti.

V nadaljevanju pa v praktičnem delu obravnavamo izravnavo dveh mrež, ki sta različni po obliki in dimenziji. Vsako mrežo posebej smo izravnali na vse tri načine, nato pa rezultate medsebojno primerjali. Ugotovili smo, da nastanejo večje razlike v natančnostih in koordinatah pri mreži Dobravica. Večje razlike nastanejo, ker v prostorski izravnavi, niso upoštevani sistematični vplivi iz poglavja 2.3 in 2.3.2. Najmanjša je natančnost določanja višin, kjer pa vidimo, če za prostorsko izravnavo uporabimo samo kotna opazovanja, so koordinatne razlike precej manjše. Primerjava rezultatov mreže Moste, pa je pokazala, da so si rezultati zelo podobni, kar kaže na to, da so v prostorski izravnavi nemodelirani vplivi zelo majhni.

Poskušali smo tudi prikazati, ali je bolj smiselna uporaba aritmetičnih sredin dolžin ali vseh izmerjenih dolžin. Ugotovili smo, da je primernejša uporaba aritmetičnih sredin dolžin, saj so koordinate skoraj enake, natančnosti pa veliko večje.

VIRI

Ambrožič, T. 2008/2009. Predavanja Geodezija 2. Neobjavljeno študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

Kogoj, D. 2005. Merjenje dolžin z elektronskimi razdaljemerji. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 159 str.

Kogoj, D., Stopar, B. 2009. Geodetska izmera. Materiali za pripravo na strokovni izpit iz geodetske stroke. Oddelek za geodezijo, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 42 f.

Ta stran je namenoma prazna.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: PODATKI O MREŽAH

Preglednica A.1: Meritve v mreži Dobravica	A1
Grafikon A.2: Natančnost merjenih dolžin v mreži Dobravica	A2
Grafikon A.3: Natančnost merjenih zenitnih razdalj v mreži Dobravica	A3
Grafikon A.4: Natančnost merjenih horizontalnih smeri v mreži Dobravica	A4
Preglednica A.5: Meritve v mreži Moste	A5
Grafikon A.6: Natančnost merjenih dolžin v mreži Moste	A6
Grafikon A.7: Natančnost merjenih zenitnih razdalj v mreži Moste	A7
Grafikon A.8: Natančnost merjenih dolžin v mreži Moste	A8

PRILOGA B: IZRAVNAVA MREŽE DOBRAVICA

Priloga B.1: Višinska izravnava mreže Dobravica	B1
Priloga B.2: Položajna izravnava mreže Dobravica	B2
Priloga B.3: Prostorska izravnava mreže Dobravica	B3

PRILOGA C: IZRAVNAVA MREŽE MOSTE

Priloga C.1: Višinska izravnava mreže Moste	C1
Priloga C.2: Položajna izravnava mreže Moste	C2
Priloga C.3: Prostorska izravnava mreže Moste	C3

Ta stran je namenoma prazna.

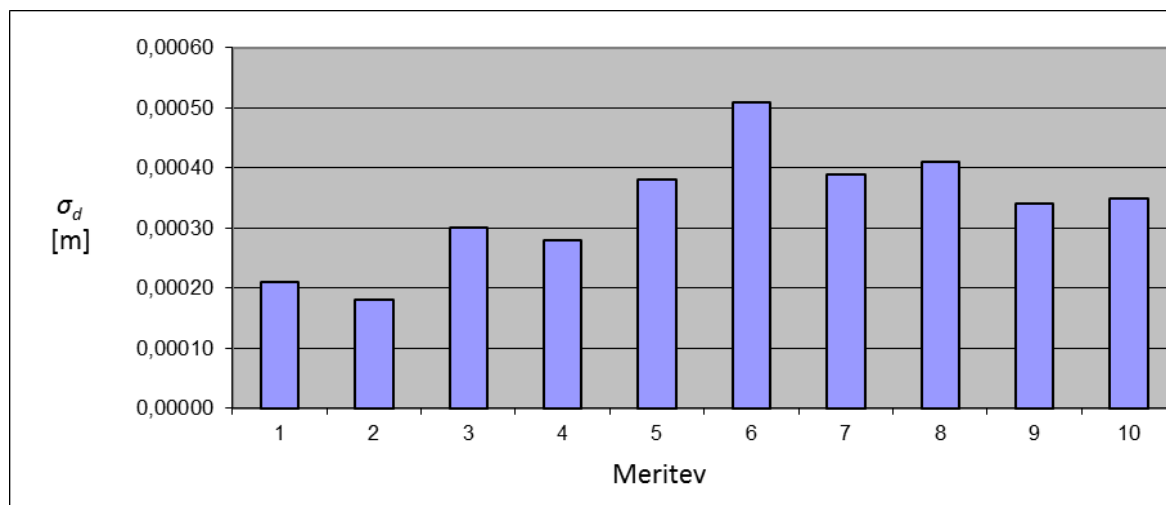
PRILOGE

PRILOGA A: PODATKI O MREŽAH

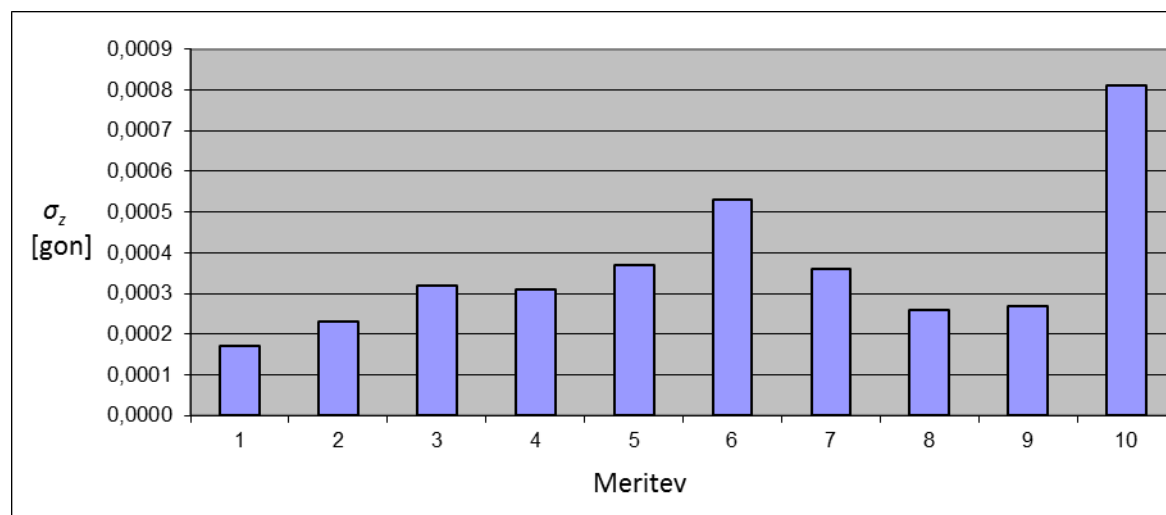
Preglednica A.1: Meritve v mreži Dobravica

Stojišče	Vizura	Poševna dolžina [m]	St. dev. dolžine [m]	Zenitna razdalja [gon]	St. dev. zen. razdalje [gon]	Horizontalna smer [gon]	St. dev. hor. smeri [gon]
110	111	1684,06123	0,00021	100,34080	0,00017	0	0
110	113	1015,40093	0,00018	95,94857	0,00023	82,52767	0,00031
111	114	1014,12230	0,00030	97,60757	0,00032	0	0
111	113	1715,58848	0,00028	97,28044	0,00031	65,25007	0,00023
111	110	1684,06067	0,00038	99,67466	0,00037	103,79017	0,00026
113	110	1015,40181	0,00051	104,06204	0,00053	0	0
113	111	1715,59052	0,00039	102,73481	0,00036	78,93249	0,00055
113	114	1470,57523	0,00041	101,53426	0,00026	119,04012	0,00036
114	113	1470,57290	0,00034	98,47908	0,00027	0	0
114	111	1014,12216	0,00035	102,40466	0,00081	94,64237	0,00058

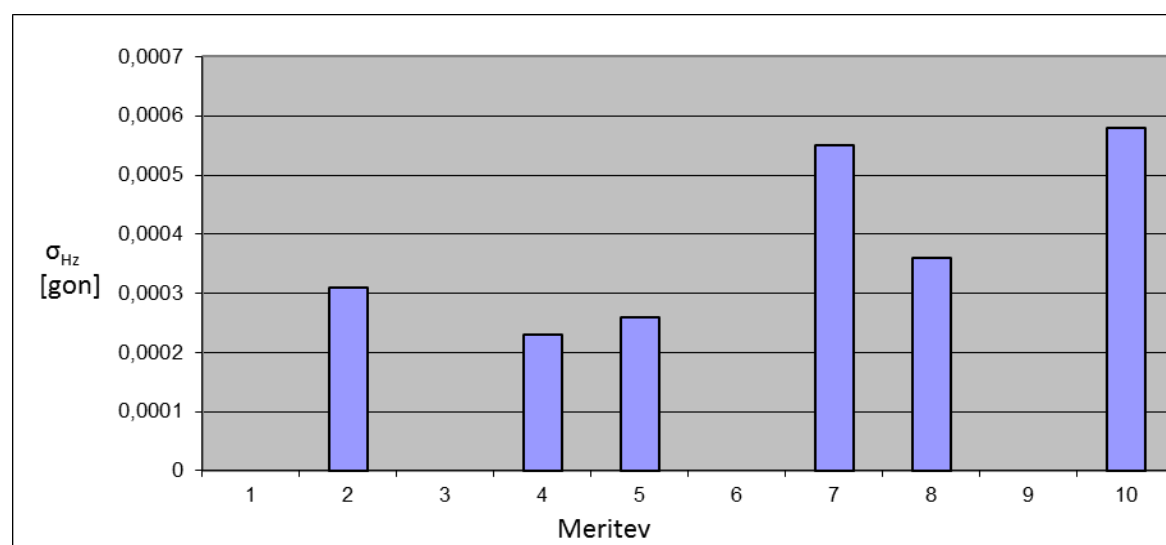
Grafikon A.2: Natančnost merjenih dolžin v mreži Dobravica



Grafikon A.3: Natančnost merjenih zenitnih razdalj v mreži Dobravica



Grafikon A.4: Natančnost merjenih horizontalnih smeri v mreži Dobravica

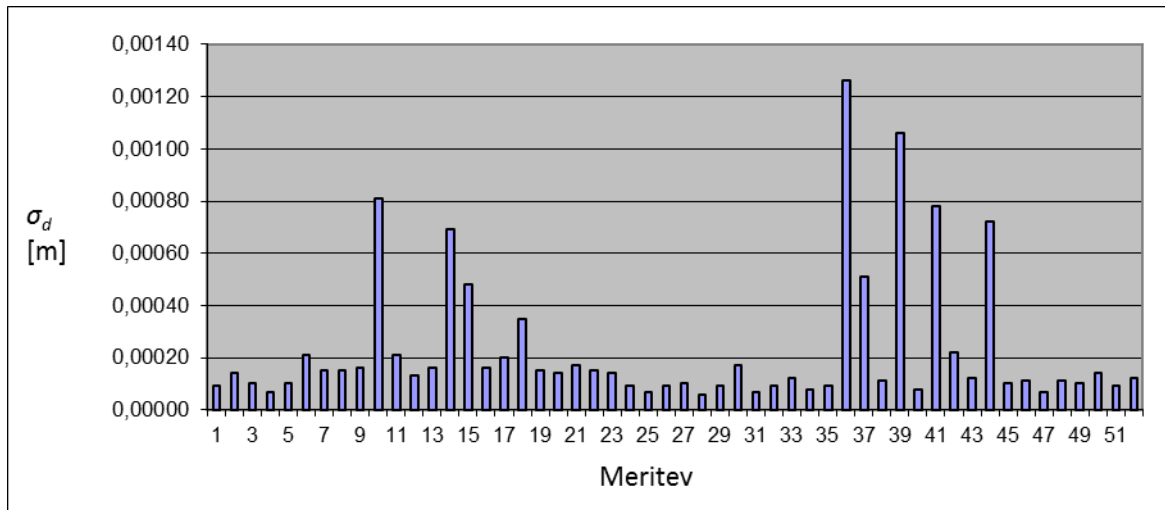


Preglednica A.5: Meritve v mreži Moste

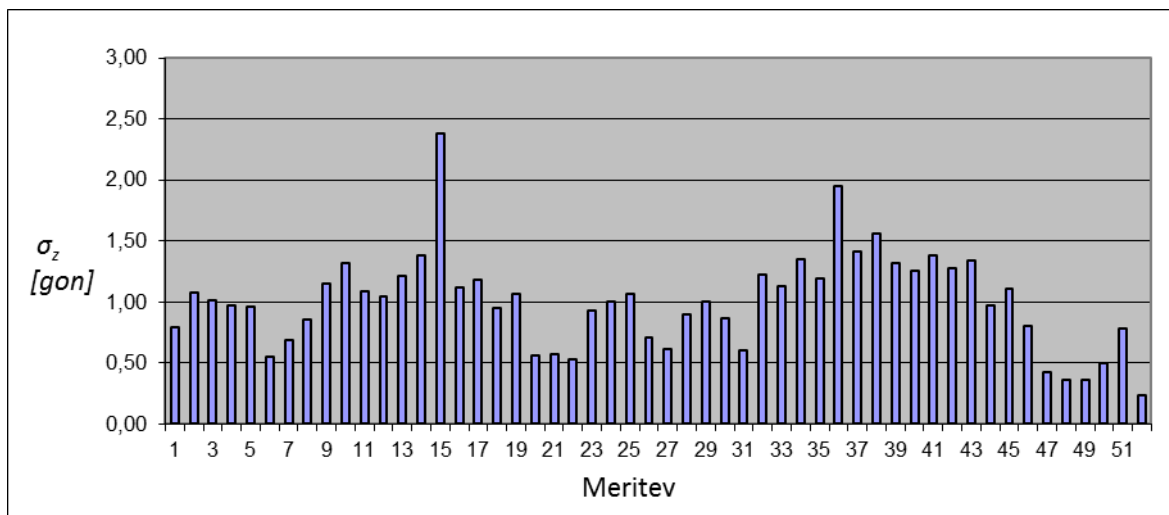
Stojišče	Vizura	Poševna dolžina [m]	St. dev. dolžine [m]	zenitna razdalja [st min sek]			St. dev. zen. razd. [sek]	Horizontalna smer [st min sek]			St. dev. hor. smer [sek]
P3	X	52,56337	0,00009	89	59	19,47	0,79	0	0	0,00	0,00
P3	T1	55,52099	0,00014	87	53	41,76	1,08	33	52	35,69	0,62
P3	T2	55,39651	0,00010	87	50	56,47	1,02	50	2	39,11	0,75
P3	T3	49,61855	0,00007	87	39	40,73	0,98	61	28	39,64	1,19
P3	T4	39,11632	0,00010	87	1	1,57	0,96	76	8	25,42	1,05
P3	T12	26,87075	0,00021	93	52	11,30	0,55	227	43	2,57	1,09
P3	T8	29,09115	0,00015	89	37	51,88	0,69	235	49	13,83	1,16
P3	T9	32,99755	0,00015	89	19	55,82	0,86	265	9	31,84	1,38
P3	A	61,47947	0,00016	77	57	29,97	1,15	278	43	53,23	0,86
P3	1A	65,03818	0,00081	74	53	11,82	1,32	279	1	44,78	1,95
P3	2A	73,26199	0,00021	70	58	49,89	1,09	280	40	5,37	1,02
P3	T10	39,65716	0,00013	89	19	57,07	1,04	281	44	58,52	1,47
P3	B	62,37359	0,00016	78	21	24,51	1,22	282	23	35,96	1,04
P3	1B	65,68031	0,00069	75	43	56,41	1,38	284	20	30,34	2,58
P3	2B	76,43374	0,00048	70	56	25,71	2,38	285	53	34,15	2,03
P3	C	62,66079	0,00016	78	32	50,43	1,12	285	58	4,30	0,97
P3	D	62,20425	0,00020	78	31	21,09	1,19	290	25	25,88	0,94
P3	2C	75,98130	0,00035	70	59	27,72	0,96	292	37	29,27	1,20
P3	T11	40,34783	0,00015	89	38	19,34	1,07	294	40	14,64	1,21
P3	PT2	13,88013	0,00014	88	47	20,71	0,57	309	18	34,43	1,70
P3	T13	18,35629	0,00017	93	37	48,35	0,57	312	55	52,91	2,20
P3	T14	18,17832	0,00015	93	46	44,71	0,53	332	40	34,35	2,51
P3	XI	43,17126	0,00014	90	0	29,17	0,93	340	36	7,60	1,62
PT2	X	45,07056	0,00009	90	21	37,42	1,00	0	0	0,00	0,00
PT2	T14	7,84808	0,00007	100	56	13,87	1,07	4	20	41,16	1,01
PT2	T1	55,93005	0,00009	88	12	41,21	0,71	34	23	48,81	0,68
PT2	T2	59,55096	0,00010	88	16	55,01	0,62	49	29	57,22	0,89
PT2	T3	56,32579	0,00006	88	14	20,57	0,90	60	53	9,90	0,74
PT2	T4	48,69714	0,00009	87	57	0,92	1,00	75	32	46,81	0,70
PT2	P3	13,88064	0,00017	91	12	32,86	0,86	115	31	45,71	1,95
PT2	T12	28,40469	0,00007	94	15	11,75	0,60	184	58	0,32	0,49
PT2	T8	28,44746	0,00009	90	12	49,01	1,23	194	10	19,01	0,42
PT2	T9	24,98266	0,00012	89	47	27,83	1,13	228	37	53,65	0,55
PT2	T10	28,09554	0,00008	89	39	23,83	1,35	254	45	55,66	0,52
PT2	A	50,28032	0,00009	75	34	3,97	1,19	256	36	57,69	0,58
PT2	1A	53,92326	0,00126	72	0	2,76	1,95	257	24	35,11	0,86
PT2	2A	62,11926	0,00051	67	41	29,01	1,42	260	14	33,24	1,85
PT2	B	50,63454	0,00011	75	56	55,19	1,56	261	15	57,00	0,93
PT2	1B	53,80969	0,00106	72	49	19,80	1,32	264	1	14,46	2,09
PT2	C	50,46504	0,00008	76	4	17,58	1,26	265	44	33,29	1,23
PT2	2B	64,65423	0,00078	67	34	29,17	1,38	266	49	5,77	1,16
PT2	D	49,53689	0,00022	75	52	54,03	1,27	271	16	42,34	1,11
PT2	T11	27,14766	0,00012	90	4	57,22	1,34	273	28	14,19	0,45

PT2	2C	63,57438	0,00072	67	22	41,70	0,97	274	57	3,31	0,85
PT2	T13	4,78136	0,00010	107	40	1,51	1,11	310	11	54,30	1,75
PT2	XI	32,13334	0,00011	90	32	4,17	0,81	339	46	55,80	1,85
XI	X	18,59649	0,00007	89	56	56,30	0,43	0	0	0,00	0,00
XI	P3	43,17202	0,00011	89	59	27,15	0,37	110	9	24,09	0,57
XI	PT2	32,13327	0,00010	89	27	55,40	0,36	123	7	9,21	0,39
X	P3	52,56408	0,00014	90	0	39,08	0,50	0	0	0,00	0,00
X	PT2	45,07044	0,00009	89	38	24,17	0,78	13	46	54,81	0,41
X	XI	18,59638	0,00012	90	3	2,44	0,24	50	26	40,25	0,60

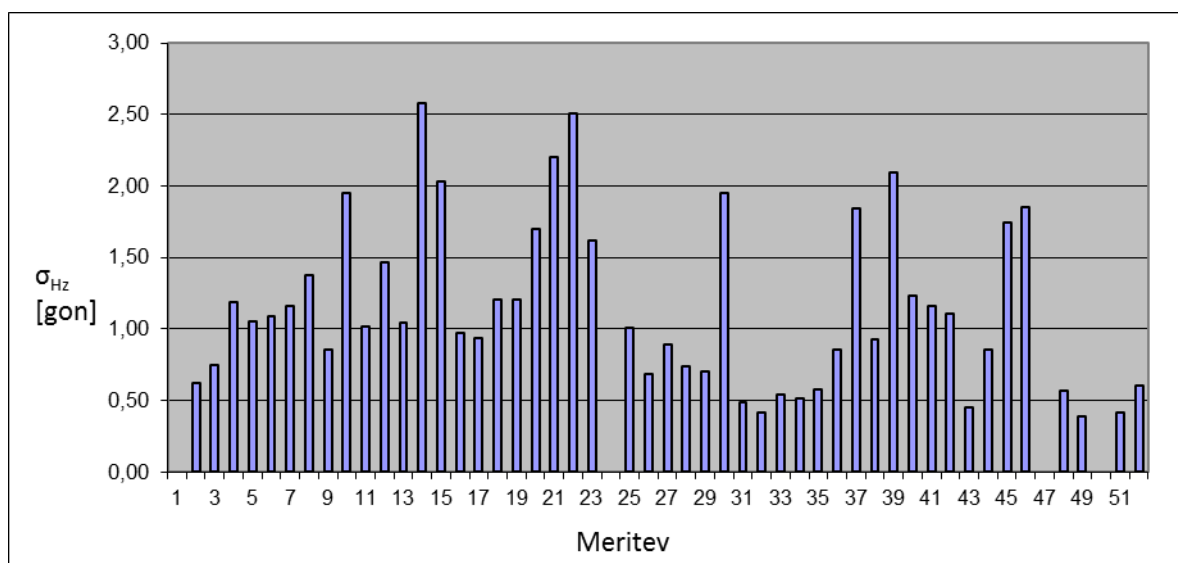
Grafikon A.6: Natančnost merjenih dolžin v mreži Moste



Grafikon A.7: Natančnost merjenih zenitnih razdalj v mreži Moste



Grafikon A.8: Natančnost merjenih horizontalnih smeri v mreži Moste



Ta stran je namenoma prazna.

PRILOGA B: IZRAVNAVA MREŽE DOBRAVICA

B.1: Višinska izravnava mreže Dobravica

Izravnava VIŠINSKE geodetske Mreže
Program: VIM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: Dobravica.pod
Ime datoteke za rezultate: Dobravica.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: Dobravica.def
Ime datoteke za S-transformacijo: Dobravica.str

Datum: 8. 5.2013
Čas: 13:24: 1

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
Reper          Nadm.viš.    Opomba
110            418.6912    Novi reper
111            409.8895    Novi reper
113            483.3524    Novi reper
114            448.0668    Novi reper
```

Število vseh reperjev = 4
Število danih reperjev = 0
Število novih reperjev = 4

Defekt mreže = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

```
=====
Reper          Reper          Merjena          Merjena
zadaj          spredaj        viš.razlika     dolžina
110            111            -8.8109         1.0000
110            113            64.6618         1.0000
111            114            38.2000         1.0000
111            113            73.4723         1.0000
114            113            35.2842         1.0000
```

Število opazovanj = 5

Vektor normalnih enačb je zaseden 0.00 %.

ENAČBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

```
=====
Št. Reper          Reper          Koeficienti
op. zadaj          spredaj        a1  a2  f      Utež
1 110            111            1. -1. -0.0092 1.0000
2 110            113            -1. 1. -0.0006 1.0000
3 111            114            -1. 1. -0.0227 1.0000
4 111            113            -1. 1. -0.0094 1.0000
5 114            113            -1. 1. 0.0014 1.0000
```

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

```
=====
```

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1 110	111	-8.8109	-0.0013	-8.8122
2 110	113	64.6618	0.0013	64.6631
3 111	114	38.2000	-0.0044	38.1956
4 111	113	73.4723	0.0031	73.4754
5 114	113	35.2842	-0.0044	35.2798

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00510$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
```

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
110	418.6912	0.0002	418.6914	0.0029
111	409.8895	-0.0103	409.8792	0.0022
113	483.3524	0.0022	483.3545	0.0022
114	448.0668	0.0080	448.0748	0.0029

B.2: Položajna izravnava mreže Dobravica

Izravnava ravninske GEodetske Mreže
Program: GEM4, ver.4.0, oktober 2005
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk & Zvonimir Jamšek

Datum : 23/5/2013
Cas : 14:20

Ime datoteke s podatki:	Dobravica_gem.pod
Ime datoteke za rezultate:	Dobravica_gem.gem
Ime datoteke z obvestili programa:	Dobravica_gem.obv
Ime datoteke za risanje slike mreže:	Dobravica_gem.ris
Ime datoteke za izracun premikov:	Dobravica_gem.koo
Ime datoteke z utežmi:	Dobravica_gem.ute
Ime datoteke za S-transformacijo:	Dobravica_gem.str
Ime datoteke za ProTra:	Dobravica_gem.ptr
Ime datoteke za izpis kovariančne matrike:	Dobravica_gem.S11
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Hannover):	Dobravica_gem.dah
Ime datoteke za deformacijsko analizo (Ašanin):	Dobravica_gem.daa
Ime datoteke za lastne vrednosti :	Dobravica_gem.svd
Ime datoteke za kvadrate popravkov opazovanj:	Dobravica_gem.pvv

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih točk
=====

Točka	Y (m)	X (m)
110	9293.4792	10273.4682
111	10972.1849	10407.7356
113	9645.0131	9323.0372
114	11112.9518	9404.1380

Vseh novih točk je : 4

Pregled opazovanih smeri
=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Opazov. smer (gradi)	W (")	Utež	Gr
1	110	111	0 0 0	0.000	1.00	1
2	110	113	82 52 77	0.000	1.00	1
3	111	114	0 0 0	0.000	1.00	1
4	111	113	65 25 1	0.000	1.00	1
5	111	110	103 79 2	0.000	1.00	1
6	113	110	0 0 0	0.000	1.00	1
7	113	111	78 93 25	0.000	1.00	1
8	113	114	119 4 1	0.000	1.00	1
9	114	113	0 0 0	0.000	1.00	1
10	114	111	94 64 24	0.000	1.00	1

Pregled opazovanih dolžin
=====

Štev.	Stojišče	Vizura	Dolžina	Du	Utež
11	110	111	1684.0696	0.0000	1.00
12	110	113	1013.3582	0.0000	1.00
13	111	114	1013.4222	0.0000	1.00
14	111	113	1714.0489	0.0000	1.00
15	114	113	1470.1773	0.0000	1.00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 1.00 sekund.
Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 1.000 mm.
Število enacb popravkov je 15
- Število enacb popravkov za smeri je 10
- Število enacb popravkov za dolžine je 5


```
Nova tocka: 113           Y =    9645.0128    X =    9323.0372
                          Orientacijski kot = 377 44 64
Vizura  Gr Utež    Opazov.smer  Orient.smer  Def. sm. kot  Popravek  Dolžina
110     1  1.00      0  0  0      377 44 64    377 44 68      4    1013.358
111     1  1.00      78 93 25     56 37 89     56 37 88     -2    1714.049
114     1  1.00     119 4  1      96 48 66     96 48 64     -2    1470.177

Nova tocka: 114           Y =    11112.9514    X =    9404.1378
                          Orientacijski kot = 296 48 63
Vizura  Gr Utež    Opazov.smer  Orient.smer  Def. sm. kot  Popravek  Dolžina
113     1  1.00      0  0  0      296 48 63    296 48 64      1    1470.177
111     1  1.00     94 64 24     391 12 87    391 12 86     -1    1013.422
```

PREGLED merjenih DOLŽIN
=====

Dolžine so izracunane iz nezaokroženih koordinat
Multiplikacijska konstanta ni bila izracunana (= 1).
Adicijska konstanta ni bila izracunana (= 0 metra).

Od tocke	Do tocke	Utež dolž	Merjena dolžina	Modulirana 'Mer.*Mk+Ak	Definitivna Proj.-Du	Popravek Mod.dolž.	Projekcij. iz koo.
110	111	1.000	1684.0696	1684.0696	1684.0699	0.0003	1684.0699
110	113	1.000	1013.3582	1013.3582	1013.3582	-0.0001	1013.3582
111	114	1.000	1013.4222	1013.4222	1013.4222	0.0001	1013.4222
111	113	1.000	1714.0489	1714.0489	1714.0486	-0.0002	1714.0486
114	113	1.000	1470.1773	1470.1773	1470.1772	-0.0001	1470.1772

PRILOGA B.3: Prostorska izravnava mreže Dobravica

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



POROČILO O IZRAVNAVI 3D GEODETSKE MREŽE:

DOBRAVICA – prosta mreža

PROGRAM: IZRAVNAVA VER. 3.3 - FEBRUAR 2013

COPYRIGHT (C) KLEMEN KREGAR - KATEDRA ZA GEODEZIJO - ODDELEK ZA GEODEZIJO

10-Jun-2013

14:38:21

SEZNAM Približnih koordinat

Točka	X[m]	Y[m]	Z[m]
110	9293.4792	10273.4682	418.6912
111	10972.1849	10407.7356	409.8895
113	9645.0131	9323.0372	483.3524
114	11112.9518	9404.1380	448.0668

SEZNAM merjenih količin

SMERI

Od	Do	s [°]	σ_s ["]
110	111	0.00000	1.00
110	113	74.27490	1.00
111	114	0.00000	1.00
111	113	58.72506	1.00
111	110	93.41115	1.00
113	110	0.00000	1.00
113	111	71.03924	1.00
113	114	107.13611	1.00
114	113	0.00000	1.00
114	111	85.17813	1.00

ZENITNE RAZDALJE

Od	Do	z ["]	σ_z ["]
110	111	90.30672	20.00
110	113	86.35371	20.00
111	114	87.84681	20.00
111	113	87.55240	20.00
111	110	89.70719	20.00
113	110	93.65584	20.00
113	111	92.46133	20.00
113	114	91.38083	20.00
114	113	88.63117	20.00
114	111	92.16419	20.00

POŠEVNE DOLŽINE

Od	Do	l [m]	σ_l [mm]
110	111	1684.0926	1.00
110	113	1015.4191	1.00
111	114	1014.1419	1.00
111	113	1715.6229	1.00
114	113	1470.6006	1.00

APRIORI NATANČNOSTI MERJENIH KOLIČIN

natančnost smeri: $\sigma_{0s}=1.00$ ["]
natančnost zenitnih razdalj: $\sigma_{0z}=20.00$ ["]
natančnost poševnih dolžin: $\sigma_{0l}=1.00$ [mm]

PODATKI O IZRAVNAVI

Mreža je 3 razsežna.

Geodetski datum: prosta mreža.

Uteži so enotne za vsak tip opazovanj (natančnosti predpisane z σ_{0s} , σ_{0l} , σ_{0z} in σ_{0i}).

POPRAVKI NEZNANK V 1. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
110	-0.0013	-0.0013	-0.0011
111	0.0016	0.0004	-0.0233
113	0.0003	0.0013	0.0262
114	-0.0005	-0.0004	-0.0018

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	$\Delta \alpha_i$ ["]
110	-0.34

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Točka	Δori ["]
111	0.15
113	-0.02
114	0.34

Po 1. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.035256

POPRAVKI NEZNANK V 2. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
110	0.0000	-0.0000	-0.0000
111	-0.0000	-0.0000	0.0000
113	0.0000	0.0000	0.0000
114	-0.0000	-0.0000	-0.0000

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	Δori ["]
110	-0.00
111	0.00
113	0.00
114	0.00

Po 2. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.000010

POPRAVKI NEZNANK V 3. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
110	-0.0000	-0.0000	0.0000
111	-0.0000	-0.0000	-0.0000
113	0.0000	0.0000	0.0000
114	-0.0000	-0.0000	-0.0000

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	Δori ["]
110	-0.00
111	-0.00
113	-0.00
114	0.00

Po 3. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.000000

POROČILO O IZRAVNAVI

Mreža je 3 razsežna.

Geodetski datum: prosta mreža.

Število iteracij: 3.

Norma vektorja popravkov 0.000000

Število opazovanj: 10 smeri
10 zenitnih razdalj
5 poševnih dolžin

25

Število neznank: 12 koordinat
4 orientacijskih

16

Nadštevilnost: 25 opazovanj
-16 neznank
+4 defekt datuma

13

Referenčna varianca apriori $\sigma_0^2 = 2.04e-007$

Referenčna varianca aposteriori $\hat{\sigma}_0^2 = 2.19e-007$

Globani test modela: 1.04

REZULTATI IZRAVNAVE

KOORDINATE

Točka	X[m]	Y[m]	Z[m]	σ_X [mm]	σ_Y [mm]	σ_Z [mm]	a[mm]	b[mm]	c[mm]
110	9293.4779	10273.4669	418.6901	0.95	1.92	47.03	47.05	0.81	1.20
111	10972.1865	10407.7360	409.8662	1.00	1.48	37.38	37.41	0.62	0.99
113	9645.0134	9323.0385	483.3786	1.41	2.04	35.15	35.19	0.66	1.57
114	11112.9513	9404.1376	448.0650	1.06	1.25	46.41	46.43	1.00	0.73

ORIENTACIJSKE SMERI

Točka	α [°]	σ_α ["]
110	85.42708	0.78
111	172.01582	0.61
113	339.70180	0.62
114	266.83772	0.78

IZRAVNANA OPAZOVANJA

SMERI

		Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest	$\tau_{krit} = 1.6495$
Od	Do	s ["]	σ_s ["]	v_s ["]	σ_{vs} ["]	s ["]	σ_s ["]	ω_s	
110	111	0.00000	1.00	-0.24	0.69	-0.00007	0.78	0.35	
110	113	74.27490	1.00	0.24	0.69	74.27497	0.78	0.35	
111	114	0.00000	1.00	-0.18	0.78	-0.00005	0.68	0.23	
111	113	58.72506	1.00	0.05	0.82	58.72508	0.64	0.06	
111	110	93.41115	1.00	0.13	0.77	93.41119	0.69	0.17	
113	110	0.00000	1.00	0.90	0.74	0.00025	0.73	1.21	
113	111	71.03924	1.00	-0.51	0.82	71.03910	0.63	0.62	
113	114	107.13611	1.00	-0.39	0.78	107.13600	0.68	0.50	
114	113	0.00000	1.00	0.29	0.70	0.00008	0.76	0.41	
114	111	85.17813	1.00	-0.29	0.70	85.17805	0.76	0.41	

ZENITNE RAZDALJE

		Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest	$\tau_{krit} = 1.6495$
Od	Do	z ["]	σ_z ["]	v_z ["]	σ_{vz} ["]	z ["]	σ_z ["]	ω_z	
110	111	90.30672	20.00	-23.45	18.74	90.30021	8.85	1.25	
110	113	86.35371	20.00	-22.62	17.06	86.34743	11.77	1.33	
111	114	87.84681	20.00	-19.56	16.80	87.84138	12.14	1.16	
111	113	87.55240	20.00	-29.53	19.35	87.54419	7.42	1.53	
111	110	89.70719	20.00	-26.64	18.74	89.69979	8.85	1.42	
113	110	93.65584	20.00	-11.76	17.06	93.65257	11.77	0.69	
113	111	92.46133	20.00	-19.88	19.35	92.45581	7.42	1.03	
113	114	91.38083	20.00	-17.48	18.31	91.37598	9.71	0.95	
114	113	88.63117	20.00	-25.74	18.31	88.62402	9.71	1.41	
114	111	92.16419	20.00	-20.07	16.80	92.15862	12.14	1.19	

POŠEVNE DOLŽINE

		Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest	$\tau_{krit} = 1.6495$
Od	Do	l [m]	σ_l [mm]	v_l [mm]	σ_{vl} [mm]	l [m]	σ_l [mm]	ω_l	
110	111	1684.09261	1.00	0.24	0.19	1684.09285	1.02	1.27	
110	113	1015.41915	1.00	-0.05	0.11	1015.41909	1.03	0.45	
111	114	1014.14187	1.00	0.02	0.14	1014.14190	1.03	0.17	
111	113	1715.62285	1.00	-0.13	0.27	1715.62272	1.00	0.50	
114	113	1470.60065	1.00	-0.10	0.20	1470.60055	1.02	0.48	

PRILOGA C: IZRAVNAVA MREŽE MOSTE

C.1: Višinska izravnava mreže Moste

Izravnava VIšinske geodetske Mreže
Program: VIM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: moste.pod
Ime datoteke za rezultate: moste.rez
Ime datoteke za deformacijsko analizo: moste.def
Ime datoteke za S-transformacijo: moste.str

Datum: 8. 5.2013
Eas: 15:14:34

NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

```
=====
Reper          Nadm.viš.   Opomba
P3              487.3937   Novi reper
X                487.4059   Novi reper
XI              487.3870   Novi reper
PT2             487.8496   Novi reper
T1              489.6738   Novi reper
T2              489.7134   Novi reper
T3              489.6579   Novi reper
T4              489.6659   Novi reper
T8              487.8265   Novi reper
T9              488.0208   Novi reper
T10             488.0964   Novi reper
T11             487.8894   Novi reper
T12             485.8058   Novi reper
T13             486.4644   Novi reper
T14             486.4304   Novi reper
A                500.4640   Novi reper
B                500.2260   Novi reper
C                500.0800   Novi reper
D                500.0152   Novi reper
1A              504.6021   Novi reper
1B              503.8316   Novi reper
2A              511.5230   Novi reper
2B              512.6082   Novi reper
2C              512.3964   Novi reper
```

Število vseh reperjev = 24
Število danih reperjev = 0
Število novih reperjev = 24

Defekt mreže = 1

MERITVE VIŠINSKIH RAZLIK IN DOLŽIN

```
=====
Reper          Reper      Merjena   Merjena
zadaj          spredaj    viš.razlika dolžina
P3              X           0.0105    1.0000
P3              T1          2.0403    1.0000
P3              T2          2.0801    1.0000
P3              T3          2.0257    1.0000
P3              T4          2.0366    1.0000
P3              T12         -1.8147    1.0000
P3              T8          0.1875    1.0000
P3              T9          0.3849    1.0000
P3              A           12.8304    1.0000
P3              1A          16.9672    1.0000
P3              2A          23.8876    1.0000
P3              T10         0.4623    1.0000
P3              B           12.5922    1.0000
```

P3	1B	16.1963	1.0000
P3	2B	24.9718	1.0000
P3	C	12.4459	1.0000
P3	D	12.3817	1.0000
P3	2C	24.7606	1.0000
P3	T11	0.2547	1.0000
P3	PT2	0.2933	1.0000
P3	T13	-1.1634	1.0000
P3	T14	-1.1994	1.0000
P3	XI	-0.0060	1.0000
PT2	X	-0.2834	1.0000
PT2	T14	-1.4926	1.0000
PT2	T1	1.7465	1.0000
PT2	T2	1.7862	1.0000
PT2	T3	1.7317	1.0000
PT2	T4	1.7426	1.0000
PT2	P3	-0.2929	1.0000
PT2	T12	-2.1080	1.0000
PT2	T8	-0.1061	1.0000
PT2	T9	0.0912	1.0000
PT2	T10	0.1685	1.0000
PT2	A	12.5366	1.0000
PT2	1A	16.6740	1.0000
PT2	2A	23.5943	1.0000
PT2	B	12.2985	1.0000
PT2	1B	15.9030	1.0000
PT2	C	12.1523	1.0000
PT2	2B	24.6784	1.0000
PT2	D	12.0882	1.0000
PT2	T11	-0.0391	1.0000
PT2	2C	24.4679	1.0000
PT2	T13	-1.4568	1.0000
PT2	XI	-0.2997	1.0000
XI	X	0.0166	1.0000
XI	P3	0.0070	1.0000
XI	PT2	0.2999	1.0000
X	P3	-0.0098	1.0000
X	PT2	0.2833	1.0000
X	XI	-0.0164	1.0000

Število opazovanj = 52

Vektor normalnih enažb je zaseden 0.03 %.

ENAŽBE POPRAVKOV VIŠINSKIH RAZLIK

Št. Reper op. zadaj	Reper spredaj	Koeficienti			Utež
		a1	a2	f	
1 P3	X	-1.	1.	0.0017	1.0000
2 P3	T1	-1.	1.	0.2398	1.0000
3 P3	T2	-1.	1.	0.2396	1.0000
4 P3	T3	-1.	1.	0.2385	1.0000
5 P3	T4	-1.	1.	0.2356	1.0000
6 P3	T12	1.	-1.	-0.2268	1.0000
7 P3	T8	-1.	1.	0.2453	1.0000
8 P3	T9	-1.	1.	0.2422	1.0000
9 P3	A	-1.	1.	0.2399	1.0000
10 P3	1A	-1.	1.	0.2412	1.0000
11 P3	2A	-1.	1.	0.2417	1.0000
12 P3	T10	-1.	1.	0.2404	1.0000
13 P3	B	-1.	1.	0.2401	1.0000
14 P3	1B	-1.	1.	0.2416	1.0000
15 P3	2B	-1.	1.	0.2427	1.0000
16 P3	C	-1.	1.	0.2403	1.0000
17 P3	D	-1.	1.	0.2398	1.0000
18 P3	2C	-1.	1.	0.2421	1.0000
19 P3	T11	-1.	1.	0.2410	1.0000
20 P3	PT2	-1.	1.	0.1626	1.0000
21 P3	T13	1.	-1.	-0.2341	1.0000
22 P3	T14	1.	-1.	-0.2360	1.0000
23 P3	XI	1.	-1.	0.0007	1.0000
24 PT2	X	1.	-1.	0.1603	1.0000

25	PT2	T14	1.	-1.	-0.0734	1.0000
26	PT2	T1	-1.	1.	0.0777	1.0000
27	PT2	T2	-1.	1.	0.0776	1.0000
28	PT2	T3	-1.	1.	0.0766	1.0000
29	PT2	T4	-1.	1.	0.0737	1.0000
30	PT2	P3	1.	-1.	0.1630	1.0000
31	PT2	T12	1.	-1.	-0.0642	1.0000
32	PT2	T8	1.	-1.	-0.0830	1.0000
33	PT2	T9	-1.	1.	0.0800	1.0000
34	PT2	T10	-1.	1.	0.0782	1.0000
35	PT2	A	-1.	1.	0.0778	1.0000
36	PT2	1A	-1.	1.	0.0785	1.0000
37	PT2	2A	-1.	1.	0.0791	1.0000
38	PT2	B	-1.	1.	0.0779	1.0000
39	PT2	1B	-1.	1.	0.0790	1.0000
40	PT2	C	-1.	1.	0.0781	1.0000
41	PT2	2B	-1.	1.	0.0802	1.0000
42	PT2	D	-1.	1.	0.0774	1.0000
43	PT2	T11	1.	-1.	-0.0789	1.0000
44	PT2	2C	-1.	1.	0.0789	1.0000
45	PT2	T13	1.	-1.	-0.0715	1.0000
46	PT2	XI	1.	-1.	0.1629	1.0000
47	XI	X	-1.	1.	0.0023	1.0000
48	XI	P3	-1.	1.	-0.0003	1.0000
49	XI	PT2	-1.	1.	0.1627	1.0000
50	X	P3	1.	-1.	0.0024	1.0000
51	X	PT2	-1.	1.	0.1604	1.0000
52	X	XI	1.	-1.	0.0025	1.0000

IZRAČUNANI POPRAVKI VIŠINSKIH RAZLIK

Št. op.	Reper zadaj	Reper spredaj	Merjena viš.razl.	Popravek viš.razl.	Definitivna viš.razlika
1	P3	X	0.0105	-0.0004	0.0101
2	P3	T1	2.0403	-0.0002	2.0401
3	P3	T2	2.0801	-0.0002	2.0799
4	P3	T3	2.0257	-0.0003	2.0254
5	P3	T4	2.0366	-0.0003	2.0364
6	P3	T12	-1.8147	0.0001	-1.8146
7	P3	T8	0.1875	-0.0001	0.1874
8	P3	T9	0.3849	-0.0001	0.3848
9	P3	A	12.8304	-0.0001	12.8302
10	P3	1A	16.9672	0.0001	16.9673
11	P3	2A	23.8876	0.0001	23.8877
12	P3	T10	0.4623	-0.0002	0.4622
13	P3	B	12.5922	-0.0001	12.5921
14	P3	1B	16.1963	0.0001	16.1964
15	P3	2B	24.9718	0.0000	24.9718
16	P3	C	12.4459	-0.0001	12.4459
17	P3	D	12.3817	0.0000	12.3817
18	P3	2C	24.7606	0.0004	24.7610
19	P3	T11	0.2547	-0.0001	0.2545
20	P3	PT2	0.2933	0.0001	0.2935
21	P3	T13	-1.1634	0.0000	-1.1634
22	P3	T14	-1.1994	0.0001	-1.1992
23	P3	XI	-0.0060	-0.0004	-0.0064
24	PT2	X	-0.2834	0.0000	-0.2833
25	PT2	T14	-1.4926	-0.0001	-1.4927
26	PT2	T1	1.7465	0.0002	1.7467
27	PT2	T2	1.7862	0.0002	1.7865
28	PT2	T3	1.7317	0.0003	1.7320
29	PT2	T4	1.7426	0.0003	1.7429
30	PT2	P3	-0.2929	-0.0006	-0.2935
31	PT2	T12	-2.1080	-0.0001	-2.1081
32	PT2	T8	-0.1061	0.0001	-0.1060
33	PT2	T9	0.0912	0.0001	0.0913
34	PT2	T10	0.1685	0.0002	0.1687
35	PT2	A	12.5366	0.0001	12.5368
36	PT2	1A	16.6740	-0.0001	16.6738
37	PT2	2A	23.5943	-0.0001	23.5942
38	PT2	B	12.2985	0.0001	12.2986
39	PT2	1B	15.9030	-0.0001	15.9029
40	PT2	C	12.1523	0.0001	12.1524

41	PT2	2B	24.6784	0.0000	24.6783
42	PT2	D	12.0882	0.0000	12.0882
43	PT2	T11	-0.0391	0.0001	-0.0390
44	PT2	2C	24.4679	-0.0004	24.4676
45	PT2	T13	-1.4568	0.0000	-1.4568
46	PT2	XI	-0.2997	-0.0002	-0.2999
47	XI	X	0.0166	-0.0001	0.0165
48	XI	P3	0.0070	-0.0006	0.0064
49	XI	PT2	0.2999	0.0000	0.2999
50	X	P3	-0.0098	-0.0004	-0.0101
51	X	PT2	0.2833	0.0000	0.2833
52	X	XI	-0.0164	-0.0001	-0.0165

Srednji pogrešek utežne enote, $m_0 = 0.00028$

IZRAVNANE NADMORSKE VIŠINE REPERJEV

Reper	Približna višina	Popravek višine	Definitivna višina	Sred.pog. višine
P3	487.3937	0.2064	487.6001	0.0001
X	487.4059	0.2043	487.6102	0.0001
XI	487.3870	0.2067	487.5937	0.0001
PT2	487.8496	0.0440	487.8936	0.0001
T1	489.6738	-0.0336	489.6402	0.0002
T2	489.7134	-0.0334	489.6800	0.0002
T3	489.6579	-0.0324	489.6255	0.0002
T4	489.6659	-0.0294	489.6365	0.0002
T8	487.8265	-0.0390	487.7876	0.0002
T9	488.0208	-0.0359	487.9849	0.0002
T10	488.0964	-0.0341	488.0623	0.0002
T11	487.8894	-0.0348	487.8546	0.0002
T12	485.8058	-0.0203	485.7855	0.0002
T13	486.4644	-0.0276	486.4368	0.0002
T14	486.4304	-0.0295	486.4009	0.0002
A	500.4640	-0.0337	500.4303	0.0002
B	500.2260	-0.0338	500.1922	0.0002
C	500.0800	-0.0340	500.0460	0.0002
D	500.0152	-0.0334	499.9818	0.0002
1A	504.6021	-0.0347	504.5674	0.0002
1B	503.8316	-0.0351	503.7965	0.0002
2A	511.5230	-0.0352	511.4878	0.0002
2B	512.6082	-0.0363	512.5719	0.0002
2C	512.3964	-0.0353	512.3611	0.0002

C.2: Položajna izravnava mreže Moste

Izravnava RAvninske geodetske Mreže
Program: RAM, ver.4.0, dec. 02
Copyright (C) Tomaž Ambrožič & Goran Turk

Ime datoteke s podatki: mosteram.pod
Ime datoteke za rezultate: mosteram.rez
Ime datoteke za risanje slike mreže: mosteram.ris
Ime datoteke za izraèun premikov: mosteram.koo

Datum: 23. 5.2013
Èas: 13:28: 6

Seznam PRIBLIŽNIH koordinat novih toèk
=====

Toèka	Y (m)	X (m)
P3	33175.0298	41030.3075
X	33213.7019	41065.9033
XI	33195.2762	41068.4340
PT2	33174.2267	41044.1623
T1	33229.8776	41038.7461
T2	33229.9348	41023.1540
T3	33221.9563	41014.2821
T4	33207.6049	41008.7314
T8	33146.6767	41036.9589
T9	33150.6886	41052.6379
T10	33154.6569	41064.3652
T11	33162.5754	41068.7114
T12	33148.3016	41032.7032
T13	33175.1244	41048.6453
T14	33181.2516	41047.3658
A	33141.4703	41080.2471
B	33144.2458	41083.1230
C	33147.4553	41085.2296
D	33151.9813	41086.7848
1A	33140.2799	41082.6151
1B	33144.8606	41086.3695
2A	33138.3632	41089.0790
2B	33142.5276	41094.8358
2C	33150.4537	41097.8196

Vseh toèk je 24.

Pregled OPAZOVANJ
=====

Štev.	Stojišèe	Vizura	Opazov. smer (stopinje)	W (")	Utež	Dolžina (m)	Du (m)	Utež Gr
1	P3	X	0 0 0.	0.000	1.00			1
2	P3	T1	33 52 36.	0.000	1.00			1
3	P3	T2	50 2 39.	0.000	1.00			1
4	P3	T3	61 28 40.	0.000	1.00			1
5	P3	T4	76 8 25.	0.000	1.00			1
6	P3	T12	227 43 3.	0.000	1.00			1
7	P3	T8	235 49 14.	0.000	1.00			1
8	P3	T9	265 9 32.	0.000	1.00			1
9	P3	A	278 43 53.	0.000	1.00			1
10	P3	1A	279 1 45.	0.000	1.00			1
11	P3	2A	280 40 5.	0.000	1.00			1
12	P3	T10	281 44 59.	0.000	1.00			1
13	P3	B	282 23 36.	0.000	1.00			1
14	P3	1B	284 20 30.	0.000	1.00			1
15	P3	2B	285 53 34.	0.000	1.00			1
16	P3	C	285 58 4.	0.000	1.00			1
17	P3	D	290 25 26.	0.000	1.00			1
18	P3	2C	292 37 29.	0.000	1.00			1
19	P3	T11	294 40 15.	0.000	1.00			1

20	P3	PT2	309	18	34.	0.000	1.00			1
21	P3	T13	312	55	53.	0.000	1.00			1
22	P3	T14	332	40	34.	0.000	1.00			1
23	P3	XI	340	36	8.	0.000	1.00			1
24	PT2	X	0	0	0.	0.000	1.00			1
25	PT2	T14	4	20	41.	0.000	1.00			1
26	PT2	T1	34	23	49.	0.000	1.00			1
27	PT2	T2	49	29	57.	0.000	1.00			1
28	PT2	T3	60	53	10.	0.000	1.00			1
29	PT2	T4	75	32	47.	0.000	1.00			1
30	PT2	P3	115	31	46.	0.000	1.00			1
31	PT2	T12	184	58	0.	0.000	1.00			1
32	PT2	T8	194	10	19.	0.000	1.00			1
33	PT2	T9	228	37	54.	0.000	1.00			1
34	PT2	T10	254	45	56.	0.000	1.00			1
35	PT2	A	256	36	58.	0.000	1.00			1
36	PT2	1A	257	24	35.	0.000	1.00			1
37	PT2	2A	260	14	33.	0.000	1.00			1
38	PT2	B	261	15	57.	0.000	1.00			1
39	PT2	1B	264	1	14.	0.000	1.00			1
40	PT2	C	265	44	33.	0.000	1.00			1
41	PT2	2B	266	49	6.	0.000	1.00			1
42	PT2	D	271	16	42.	0.000	1.00			1
43	PT2	T11	273	28	14.	0.000	1.00			1
44	PT2	2C	274	57	3.	0.000	1.00			1
45	PT2	T13	310	11	54.	0.000	1.00			1
46	PT2	XI	339	46	56.	0.000	1.00			1
47	XI	X	0	0	0.	0.000	1.00			1
48	XI	P3	110	9	24.	0.000	1.00			1
49	XI	PT2	123	7	9.	0.000	1.00			1
50	X	P3	0	0	0.	0.000	1.00			1
51	X	PT2	13	46	55.	0.000	1.00			1
52	X	XI	50	26	40.	0.000	1.00			1
53	P3	X				52.5640	0.0000	1.00		
54	P3	T1				55.5029	0.0000	1.00		
55	P3	T2				55.3769	0.0000	1.00		
56	P3	T3				49.5965	0.0000	1.00		
57	P3	T4				39.0825	0.0000	1.00		
58	P3	T12				26.8285	0.0000	1.00		
59	P3	T8				29.1096	0.0000	1.00		
60	P3	T9				33.0144	0.0000	1.00		
61	P3	A				60.1457	0.0000	1.00		
62	P3	1A				62.8237	0.0000	1.00		
63	P3	2A				69.2969	0.0000	1.00		
64	P3	T10				39.6737	0.0000	1.00		
65	P3	B				61.1092	0.0000	1.00		
66	P3	1B				63.6896	0.0000	1.00		
67	P3	2B				72.2781	0.0000	1.00		
68	P3	C				61.4322	0.0000	1.00		
69	P3	D				60.9794	0.0000	1.00		
70	P3	2C				71.8723	0.0000	1.00		
71	P3	T11				40.3662	0.0000	1.00		
72	P3	PT2				13.8772	0.0000	1.00		
73	P3	T13				18.3384	0.0000	1.00		
74	P3	T14				18.1577	0.0000	1.00		
75	P3	XI				43.1718	0.0000	1.00		
76	PT2	X				45.0704	0.0000	1.00		
77	PT2	T14				7.7240	0.0000	1.00		
78	PT2	T1				55.9224	0.0000	1.00		
79	PT2	T2				59.5438	0.0000	1.00		
80	PT2	T3				56.3188	0.0000	1.00		
81	PT2	T4				48.6854	0.0000	1.00		
82	PT2	P3				13.8778	0.0000	1.00		
83	PT2	T12				28.3456	0.0000	1.00		
84	PT2	T8				28.4664	0.0000	1.00		
85	PT2	T9				25.0016	0.0000	1.00		
86	PT2	T10				28.1142	0.0000	1.00		
87	PT2	A				48.7125	0.0000	1.00		
88	PT2	1A				51.3189	0.0000	1.00		
89	PT2	2A				57.5035	0.0000	1.00		

90	PT2	B	49.1383	0.0000	1.00
91	PT2	1B	51.4441	0.0000	1.00
92	PT2	C	49.0001	0.0000	1.00
93	PT2	2B	59.7987	0.0000	1.00
94	PT2	D	48.0594	0.0000	1.00
95	PT2	T11	27.1668	0.0000	1.00
96	PT2	2C	58.7169	0.0000	1.00
97	PT2	T13	4.5737	0.0000	1.00
98	PT2	XI	32.1324	0.0000	1.00
99	XI	X	18.5968	0.0000	1.00
100	XI	P3	43.1728	0.0000	1.00
101	XI	PT2	32.1324	0.0000	1.00
102	X	P3	52.5649	0.0000	1.00
103	X	PT2	45.0703	0.0000	1.00
104	X	XI	18.5967	0.0000	1.00

Podan srednji pogrešek utežne enote smeri (a-priori ocena): 1.50 sekund.
 Podan srednji pogrešek utežne enote dolžin (a-priori ocena): 0.300 mm.

Število enaèb popravkov je 104.
 - Število enaèb popravkov za smeri je 52.
 - Število enaèb popravkov za dolžine je 52.
 Število neznank je 52.
 - Število koordinatnih neznank je 48.
 - Število orientacijskih neznank je 4.
 Defekt mreže je 3.

POPRAVKI približnih vrednosti
 =====

Toèka	Dy (m)	Dx (m)	Do (")
P3	-0.0060	-0.0006	14.1
X	0.0001	-0.0012	11.9
XI	0.0019	-0.0009	23.9
PT2	-0.0048	-0.0011	13.2
T1	0.0038	0.0005	
T2	0.0021	0.0001	
T3	0.0028	-0.0033	
T4	0.0027	-0.0055	
T8	0.0065	-0.0061	
T9	0.0085	-0.0114	
T10	0.0088	-0.0061	
T11	0.0066	-0.0035	
T12	-0.0001	-0.0140	
T13	-0.0018	-0.0002	
T14	-0.0015	-0.0023	
A	0.0150	-0.0135	
B	0.0117	-0.0168	
C	0.0090	-0.0192	
D	0.0030	-0.0185	
1A	-0.0165	0.0228	
1B	-0.0130	0.0247	
2A	-0.0149	0.0238	
2B	-0.0138	0.0252	
2C	-0.0102	0.0270	

IZRAVNANE vrednosti koordinat in ANALIZA natanènosti
 =====

Toèka	Y (m)	X (m)	My (m)	Mx (m)	Mp (m)	a (m)	b (m)	Theta (st.)
P3	33175.0238	41030.3069	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	60.
X	33213.7020	41065.9021	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	140.
XI	33195.2781	41068.4331	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	99.
PT2	33174.2219	41044.1612	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	32.

T1	33229.8814	41038.7466	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	172.
T2	33229.9369	41023.1541	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	7.
T3	33221.9591	41014.2788	0.0002	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	19.
T4	33207.6076	41008.7259	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	157.
T8	33146.6832	41036.9528	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	87.
T9	33150.6971	41052.6265	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	115.
T10	33154.6657	41064.3591	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	136.
T11	33162.5820	41068.7079	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	155.
T12	33148.3015	41032.6892	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	81.
T13	33175.1226	41048.6451	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	10.
T14	33181.2501	41047.3635	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0001	58.
A	33141.4853	41080.2336	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	55.
B	33144.2575	41083.1062	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	58.
C	33147.4643	41085.2104	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	62.
D	33151.9843	41086.7663	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	67.
1A	33140.2634	41082.6379	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	55.
1B	33144.8476	41086.3942	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	60.
2A	33138.3483	41089.1028	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	56.
2B	33142.5138	41094.8610	0.0003	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	62.
2C	33150.4435	41097.8466	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004	0.0002	69.

Srednji pogrešek utežne enote /m0/ je 1.17673.
 [pvv] = 76.1583550669
 [xx] vseh neznank = 1087.7803364967
 [xx] samo koordinatnih neznank = 0.0064462451
 Srednji pogrešek aritmetične sredine /m_arit/ je 0.00005.

Srednji pogrešek smeri /m0*m0_smeri/ je 1.7651 sekund.
 Srednji pogrešek dolžin /m0*m0_dolžin/ je 0.3530 milimetrov.

Največji položajni pogrešek /Mp_max/ je 0.0004 metrov.
 Najmanjši položajni pogrešek /Mp_min/ je 0.0001 metrov.
 Srednji položajni pogrešek /Mp_sred/ je 0.0003 metrov.

PREGLED opazovanih SMERI
 =====

Smerni koti in dolžine so izračunani iz zaokroženih koordinat.
 Smeri in smerni koti so izpisani v stopinjah.

Nova točka: P3 Y = 33175.0238 X = 41030.3069
 Orientacijski kot = 47 22 38.

Vizura	Gr	Utež	Opazov.	smer	Orient.	smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
X	1	1.00	0	0	0.	47 22 38.	47 22 37.	-1.	52.564
T1	1	1.00	33	52	36.	81 15 13.	81 15 14.	0.	55.503
T2	1	1.00	50	2	39.	97 25 17.	97 25 17.	0.	55.377
T3	1	1.00	61	28	40.	108 51 17.	108 51 17.	0.	49.597
T4	1	1.00	76	8	25.	123 31 3.	123 31 3.	0.	39.083
T12	1	1.00	227	43	3.	275 5 40.	275 5 40.	0.	26.828
T8	1	1.00	235	49	14.	283 11 52.	283 11 51.	-1.	29.109
T9	1	1.00	265	9	32.	312 32 10.	312 32 10.	1.	33.014
A	1	1.00	278	43	53.	326 6 31.	326 6 31.	0.	60.146
1A	1	1.00	279	1	45.	326 24 23.	326 24 23.	0.	62.824
2A	1	1.00	280	40	5.	328 2 43.	328 2 42.	-1.	69.297
T10	1	1.00	281	44	59.	329 7 36.	329 7 37.	1.	39.674
B	1	1.00	282	23	36.	329 46 14.	329 46 14.	0.	61.109
1B	1	1.00	284	20	30.	331 43 8.	331 43 8.	-1.	63.690
2B	1	1.00	285	53	34.	333 16 12.	333 16 11.	-1.	72.278
C	1	1.00	285	58	4.	333 20 42.	333 20 42.	0.	61.432
D	1	1.00	290	25	26.	337 48 4.	337 48 4.	0.	60.979
2C	1	1.00	292	37	29.	340 0 7.	340 0 6.	-1.	71.874
T11	1	1.00	294	40	15.	342 2 52.	342 2 52.	0.	40.366
PT2	1	1.00	309	18	34.	356 41 12.	356 41 15.	2.	13.877
T13	1	1.00	312	55	53.	0 18 31.	0 18 31.	1.	18.338
T14	1	1.00	332	40	34.	20 3 12.	20 3 14.	2.	18.157
XI	1	1.00	340	36	8.	27 58 45.	27 58 45.	0.	43.172

Nova točka: PT2 Y = 33174.2219 X = 41044.1612
 Orientacijski kot = 61 9 34.

Vizura	Gr	Utež	Opazov.	smer	Orient.	smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina
X	1	1.00	0	0	0.	61 9 34.	61 9 33.	-1.	45.070
T14	1	1.00	4	20	41.	65 30 15.	65 30 15.	0.	7.723
T1	1	1.00	34	23	49.	95 33 23.	95 33 23.	0.	55.922

T2	1	1.00	49 29 57.	110 39 31.	110 39 31.	0.	59.544
T3	1	1.00	60 53 10.	122 2 44.	122 2 44.	0.	56.319
T4	1	1.00	75 32 47.	136 42 21.	136 42 21.	0.	48.685
P3	1	1.00	115 31 46.	176 41 20.	176 41 15.	-5.	13.877
T12	1	1.00	184 58 0.	246 7 34.	246 7 35.	1.	28.346
T8	1	1.00	194 10 19.	255 19 53.	255 19 54.	1.	28.466
T9	1	1.00	228 37 54.	289 47 28.	289 47 28.	0.	25.002
T10	1	1.00	254 45 56.	315 55 30.	315 55 29.	0.	28.114
A	1	1.00	256 36 58.	317 46 32.	317 46 32.	0.	48.712
1A	1	1.00	257 24 35.	318 34 9.	318 34 9.	0.	51.319
2A	1	1.00	260 14 33.	321 24 7.	321 24 8.	1.	57.504
B	1	1.00	261 15 57.	322 25 31.	322 25 31.	0.	49.138
1B	1	1.00	264 1 14.	325 10 48.	325 10 49.	0.	51.444
C	1	1.00	265 44 33.	326 54 7.	326 54 7.	0.	49.000
2B	1	1.00	266 49 6.	327 58 40.	327 58 40.	0.	59.799
D	1	1.00	271 16 42.	332 26 16.	332 26 16.	0.	48.059
T11	1	1.00	273 28 14.	334 37 48.	334 37 48.	0.	27.167
2C	1	1.00	274 57 3.	336 6 37.	336 6 38.	0.	58.716
T13	1	1.00	310 11 54.	11 21 28.	11 21 29.	1.	4.573
XI	1	1.00	339 46 56.	40 56 30.	40 56 31.	2.	32.132

Nova toëka: XI		Y =	33195.2781	X =	41068.4331	Orientacijski kot = 97 49 21.	
Vizura	Gr Utež	Opazov. smer	Orient. smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina	
X	1 1.00	0 0 0.	97 49 21.	97 49 20.	-1.	18.597	
P3	1 1.00	110 9 24.	207 58 45.	207 58 45.	0.	43.172	
PT2	1 1.00	123 7 9.	220 56 30.	220 56 31.	1.	32.132	

Nova toëka: X		Y =	33213.7020	X =	41065.9021	Orientacijski kot = 227 22 38.	
Vizura	Gr Utež	Opazov. smer	Orient. smer	Def. sm. kot	Popravek	Dolžina	
P3	1 1.00	0 0 0.	227 22 38.	227 22 37.	-1.	52.564	
PT2	1 1.00	13 46 55.	241 9 33.	241 9 33.	0.	45.070	
XI	1 1.00	50 26 40.	277 49 19.	277 49 20.	1.	18.597	

PREGLED merjenih DOLŽIN

=====

Dolžine so izračunane iz zaokroženih koordinat.
 Multiplikacijska konstanta ni bila izračunana (= 1).
 Adicijska konstanta ni bila izračunana (= 0 metra).

Od točke	Do točke	Utež dolž	Merjena dolžina	Modulirana Mer.*Mk+Ak	Definitivna Proj.-Du	Popravek Mod.dolž.	Projekcij. iz koo.
P3	X	1.00	52.5640	52.5640	52.5645	0.0004	52.5645
P3	T1	1.00	55.5029	55.5029	55.5030	0.0001	55.5030
P3	T2	1.00	55.3769	55.3769	55.3770	0.0001	55.3770
P3	T3	1.00	49.5965	49.5965	49.5966	0.0001	49.5966
P3	T4	1.00	39.0825	39.0825	39.0825	0.0000	39.0825
P3	T12	1.00	26.8285	26.8285	26.8283	-0.0002	26.8283
P3	T8	1.00	29.1096	29.1096	29.1094	-0.0002	29.1094
P3	T9	1.00	33.0144	33.0144	33.0144	0.0000	33.0144
P3	A	1.00	60.1457	60.1457	60.1457	0.0000	60.1457
P3	1A	1.00	62.8237	62.8237	62.8237	0.0000	62.8237
P3	2A	1.00	69.2969	69.2969	69.2968	-0.0001	69.2968
P3	T10	1.00	39.6737	39.6737	39.6737	0.0001	39.6737
P3	B	1.00	61.1092	61.1092	61.1092	0.0000	61.1092
P3	1B	1.00	63.6896	63.6896	63.6898	0.0001	63.6898
P3	2B	1.00	72.2781	72.2781	72.2782	0.0001	72.2782
P3	C	1.00	61.4322	61.4322	61.4322	0.0000	61.4322
P3	D	1.00	60.9794	60.9794	60.9794	0.0000	60.9794
P3	2C	1.00	71.8723	71.8723	71.8735	0.0012	71.8735
P3	T11	1.00	40.3662	40.3662	40.3663	0.0000	40.3663
P3	PT2	1.00	13.8772	13.8772	13.8775	0.0003	13.8775
P3	T13	1.00	18.3384	18.3384	18.3385	0.0001	18.3385
P3	T14	1.00	18.1577	18.1577	18.1575	-0.0002	18.1575
P3	XI	1.00	43.1718	43.1718	43.1723	0.0004	43.1723
PT2	X	1.00	45.0704	45.0704	45.0704	0.0001	45.0704
PT2	T14	1.00	7.7240	7.7240	7.7234	-0.0006	7.7234
PT2	T1	1.00	55.9224	55.9224	55.9222	-0.0001	55.9222
PT2	T2	1.00	59.5438	59.5438	59.5438	0.0000	59.5438
PT2	T3	1.00	56.3188	56.3188	56.3187	0.0000	56.3187
PT2	T4	1.00	48.6854	48.6854	48.6854	-0.0001	48.6854
PT2	P3	1.00	13.8778	13.8778	13.8775	-0.0003	13.8775
PT2	T12	1.00	28.3456	28.3456	28.3456	0.0001	28.3456
PT2	T8	1.00	28.4664	28.4664	28.4665	0.0001	28.4665
PT2	T9	1.00	25.0016	25.0016	25.0016	0.0000	25.0016
PT2	T10	1.00	28.1142	28.1142	28.1141	-0.0001	28.1141
PT2	A	1.00	48.7125	48.7125	48.7125	0.0000	48.7125
PT2	1A	1.00	51.3189	51.3189	51.3190	0.0001	51.3190
PT2	2A	1.00	57.5035	57.5035	57.5036	0.0000	57.5036
PT2	B	1.00	49.1383	49.1383	49.1384	0.0000	49.1384
PT2	1B	1.00	51.4441	51.4441	51.4439	-0.0002	51.4439
PT2	C	1.00	49.0001	49.0001	49.0001	0.0000	49.0001
PT2	2B	1.00	59.7987	59.7987	59.7986	-0.0001	59.7986
PT2	D	1.00	48.0594	48.0594	48.0594	0.0000	48.0594
PT2	T11	1.00	27.1668	27.1668	27.1667	-0.0001	27.1667
PT2	2C	1.00	58.7169	58.7169	58.7157	-0.0012	58.7157
PT2	T13	1.00	4.5737	4.5737	4.5735	-0.0003	4.5735
PT2	XI	1.00	32.1324	32.1324	32.1324	-0.0001	32.1324
XI	X	1.00	18.5968	18.5968	18.5969	0.0001	18.5969
XI	P3	1.00	43.1728	43.1728	43.1723	-0.0005	43.1723
XI	PT2	1.00	32.1324	32.1324	32.1324	-0.0001	32.1324
X	P3	1.00	52.5649	52.5649	52.5645	-0.0005	52.5645
X	PT2	1.00	45.0703	45.0703	45.0704	0.0002	45.0704
X	XI	1.00	18.5967	18.5967	18.5969	0.0003	18.5969

C.3: Prostorska izravnava mreže Moste

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo



POROČILO O IZRAVNAVI 3D GEODETSKE MREŽE:

MOSTE – prosta mreža

PROGRAM: IZRAVNAVA VER. 3.3 - FEBRUAR 2013

COPYRIGHT (C) KLEMEN KREGAR - KATEDRA ZA GEODEZIJO - ODDELEK ZA GEODEZIJO

03-Jun-2013

15:31:01

SEZNAM Približnih koordinat

Točka	X[m]	Y[m]	Z[m]
P3	33175.0298	41030.3075	487.3937
X	33213.7019	41065.9033	487.4059
XI	33195.2762	41068.4340	487.3870
PT2	33174.2267	41044.1623	487.8496
T1	33229.8776	41038.7461	489.6738
T2	33229.9348	41023.1540	489.7134
T3	33221.9563	41014.2821	489.6579
T4	33207.6049	41008.7314	489.6659
T8	33146.6767	41036.9589	487.8265
T9	33150.6886	41052.6379	488.0208
T10	33154.6569	41064.3652	488.0964
T11	33162.5754	41068.7114	487.8894
T12	33148.3016	41032.7032	485.8058
T13	33175.1244	41048.6453	486.4644
T14	33181.2516	41047.3658	486.4304
A	33141.4703	41080.2471	500.4640
B	33144.2458	41083.1230	500.2260
C	33147.4553	41085.2296	500.0800
D	33151.9813	41086.7848	500.0152
1A	33140.2799	41082.6151	504.6021
1B	33144.8606	41086.3695	503.8316
2A	33138.3632	41089.0790	511.5230
2B	33142.5276	41094.8358	512.6082

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Točka	X[m]	Y[m]	Z[m]
2C	33150.4537	41097.8196	512.3964

SEZNAM MERJENIH KOLIČIN

SMERI

Od	Do	s [°]	σ_s [°]
P3	X	0.00000	1.50
P3	T1	33.87658	1.50
P3	T2	50.04420	1.50
P3	T3	61.47768	1.50
P3	T4	76.14039	1.50
P3	T12	227.71738	1.50
P3	T8	235.82051	1.50
P3	T9	265.15885	1.50
P3	A	278.73145	1.50
P3	1A	279.02911	1.50
P3	2A	280.66816	1.50
P3	T10	281.74959	1.50
P3	B	282.39332	1.50
P3	1B	284.34176	1.50
P3	2B	285.89282	1.50
P3	C	285.96786	1.50
P3	D	290.42386	1.50
P3	2C	292.62480	1.50
P3	T11	294.67073	1.50
P3	PT2	309.30956	1.50
P3	T13	312.93136	1.50
P3	T14	332.67621	1.50
P3	XI	340.60211	1.50
PT2	X	0.00000	1.50
PT2	T14	4.34477	1.50
PT2	T1	34.39689	1.50
PT2	T2	49.49923	1.50
PT2	T3	60.88608	1.50
PT2	T4	75.54634	1.50
PT2	P3	115.52936	1.50
PT2	T12	184.96676	1.50
PT2	T8	194.17195	1.50
PT2	T9	228.63157	1.50
PT2	T10	254.76546	1.50
PT2	A	256.61603	1.50
PT2	1A	257.40975	1.50
PT2	2A	260.24257	1.50
PT2	B	261.26583	1.50
PT2	1B	264.02068	1.50
PT2	C	265.74258	1.50
PT2	2B	266.81827	1.50

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	s [°]	σ_s ["]
PT2	D	271.27843	1.50
PT2	T11	273.47061	1.50
PT2	2C	274.95092	1.50
PT2	T13	310.19842	1.50
PT2	XI	339.78217	1.50
XI	X	0.00000	1.50
XI	P3	110.15669	1.50
XI	PT2	123.11923	1.50
X	P3	0.00000	1.50
X	PT2	13.78189	1.50
X	XI	50.44451	1.50

ZENITNE RAZDALJE

Od	Do	z [°]	σ_z ["]
P3	X	89.98874	2.00
P3	T1	87.89493	2.00
P3	T2	87.84902	2.00
P3	T3	87.66131	2.00
P3	T4	87.01710	2.00
P3	T12	93.86981	2.00
P3	T8	89.63108	2.00
P3	T9	89.33217	2.00
P3	A	77.95833	2.00
P3	1A	74.88662	2.00
P3	2A	70.98053	2.00
P3	T10	89.33252	2.00
P3	B	78.35681	2.00
P3	1B	75.73234	2.00
P3	2B	70.94047	2.00
P3	C	78.54734	2.00
P3	D	78.52253	2.00
P3	2C	70.99103	2.00
P3	T11	89.63871	2.00
P3	PT2	88.78909	2.00
P3	T13	93.63010	2.00
P3	T14	93.77909	2.00
P3	XI	90.00810	2.00
PT2	X	90.36039	2.00
PT2	T14	100.93719	2.00
PT2	T1	88.21145	2.00
PT2	T2	88.28195	2.00
PT2	T3	88.23905	2.00
PT2	T4	87.95026	2.00
PT2	P3	91.20913	2.00
PT2	T12	94.25326	2.00
PT2	T8	90.21361	2.00
PT2	T9	89.79106	2.00

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	z [°]	σ_z ["]
PT2	T10	89.65662	2.00
PT2	A	75.56777	2.00
PT2	1A	72.00077	2.00
PT2	2A	67.69139	2.00
PT2	B	75.94866	2.00
PT2	1B	72.82217	2.00
PT2	C	76.07155	2.00
PT2	2B	67.57477	2.00
PT2	D	75.88168	2.00
PT2	T11	90.08256	2.00
PT2	2C	67.37825	2.00
PT2	T13	107.66709	2.00
PT2	XI	90.53449	2.00
XI	X	89.94897	2.00
XI	P3	89.99088	2.00
XI	PT2	89.46539	2.00
X	P3	90.01086	2.00
X	PT2	89.64005	2.00
X	XI	90.05068	2.00

POŠEVNE DOLŽINE

Od	Do	l [m]	σ_l [mm]
P3	X	52.5640	0.30
P3	T1	55.5404	0.30
P3	T2	55.4159	0.30
P3	T3	49.6379	0.30
P3	T4	39.1355	0.30
P3	T12	26.8898	0.30
P3	T8	29.1102	0.30
P3	T9	33.0167	0.30
P3	A	61.4990	0.30
P3	1A	65.0746	0.30
P3	2A	73.2985	0.30
P3	T10	39.6764	0.30
P3	B	62.3931	0.30
P3	1B	65.7168	0.30
P3	2B	76.4703	0.30
P3	C	62.6803	0.30
P3	D	62.2237	0.30
P3	2C	76.0179	0.30
P3	T11	40.3670	0.30
P3	PT2	13.8803	0.30
P3	T13	18.3752	0.30
P3	T14	18.1973	0.30
P3	XI	43.1718	0.30
PT2	X	45.0713	0.30
PT2	T14	7.8669	0.30

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	l [m]	σ_l [mm]
PT2	T1	55.9496	0.30
PT2	T2	59.5706	0.30
PT2	T3	56.3454	0.30
PT2	T4	48.7166	0.30
PT2	P3	13.8809	0.30
PT2	T12	28.4238	0.30
PT2	T8	28.4666	0.30
PT2	T9	25.0018	0.30
PT2	T10	28.1147	0.30
PT2	A	50.2998	0.30
PT2	1A	53.9597	0.30
PT2	2A	62.1558	0.30
PT2	B	50.6540	0.30
PT2	1B	53.8461	0.30
PT2	C	50.4845	0.30
PT2	2B	64.6908	0.30
PT2	D	49.5564	0.30
PT2	T11	27.1668	0.30
PT2	2C	63.6110	0.30
PT2	T13	4.8001	0.30
PT2	XI	32.1338	0.30
XI	X	18.5968	0.30
XI	P3	43.1728	0.30
XI	PT2	32.1338	0.30
X	P3	52.5649	0.30
X	PT2	45.0712	0.30
X	XI	18.5967	0.30

APRIORI NATANČNOSTI MERJENIH KOLIČIN

natančnost smeri: $\sigma_{0s}=1.50$ ["]
 natančnost zenitnih razdalj: $\sigma_{0z}=2.00$ ["]
 natančnost poševnih dolžin: $\sigma_{0l}=0.30$ [mm]

PODATKI O IZRAVNAVI

Mreža je 3 razsežna.

Geodetski datum: prosta mreža.

Uteži so enotne za vsak tip opazovanj (natančnosti predpisane z σ_{0s} , σ_{0d} , σ_{0z} in σ_{0l}).

POPRAVKI NEZNANK V 1. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
P3	-0.0059	-0.0010	0.2067

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
X	0.0002	-0.0013	0.2045
XI	0.0021	-0.0009	0.2068
PT2	-0.0048	-0.0011	0.0440
T1	0.0042	0.0003	-0.0336
T2	0.0024	-0.0001	-0.0334
T3	0.0032	-0.0036	-0.0323
T4	0.0031	-0.0060	-0.0293
T8	0.0060	-0.0063	-0.0389
T9	0.0081	-0.0113	-0.0359
T10	0.0086	-0.0059	-0.0342
T11	0.0065	-0.0033	-0.0348
T12	-0.0006	-0.0143	-0.0202
T13	-0.0016	0.0006	-0.0274
T14	-0.0010	-0.0020	-0.0292
A	0.0149	-0.0134	-0.0339
B	0.0116	-0.0167	-0.0340
C	0.0089	-0.0191	-0.0342
D	0.0029	-0.0184	-0.0336
1A	-0.0166	0.0228	-0.0347
1B	-0.0131	0.0248	-0.0352
2A	-0.0150	0.0239	-0.0354
2B	-0.0139	0.0253	-0.0365
2C	-0.0102	0.0271	-0.0353

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	Δori ["]
P3	14.13
PT2	13.09
XI	24.22
X	11.95

Po 1. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.397401

POPRAVKI NEZNANK V 2. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
P3	-0.0001	0.0004	-0.0000
X	-0.0002	0.0001	-0.0000
XI	-0.0002	0.0000	-0.0000
PT2	-0.0000	-0.0000	-0.0000
T1	-0.0003	0.0001	-0.0000
T2	-0.0003	0.0002	-0.0000
T3	-0.0003	0.0003	-0.0000

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Točka	$\Delta X[m]$	$\Delta Y[m]$	$\Delta Z[m]$
T4	-0.0004	0.0004	-0.0000
T8	0.0005	0.0001	0.0001
T9	0.0004	-0.0001	0.0001
T10	0.0002	-0.0002	0.0000
T11	0.0001	-0.0002	0.0000
T12	0.0005	0.0002	-0.0000
T13	-0.0001	-0.0008	-0.0001
T14	-0.0004	-0.0003	-0.0001
A	0.0001	-0.0000	0.0001
B	0.0001	-0.0000	0.0001
C	0.0001	-0.0000	0.0001
D	0.0001	-0.0001	0.0001
1A	0.0001	-0.0000	-0.0000
1B	0.0001	-0.0000	-0.0000
2A	0.0001	-0.0000	-0.0000
2B	0.0001	-0.0000	-0.0000
2C	0.0000	-0.0000	-0.0000

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	$\Delta ori ["]$
P3	-0.02
PT2	0.10
XI	-0.29
X	-0.11

Po 2. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.001679

POPRAVKI NEZNANK V 3. ITERACIJI IZRAVNAVE

POPRAVKI KOORDINAT

Točka	$\Delta X[m]$	$\Delta Y[m]$	$\Delta Z[m]$
P3	0.0000	-0.0000	0.0000
X	-0.0000	-0.0000	-0.0000
XI	-0.0000	-0.0000	-0.0000
PT2	-0.0000	-0.0000	-0.0000
T1	-0.0000	0.0000	-0.0000
T2	-0.0000	0.0000	-0.0000
T3	-0.0000	0.0000	-0.0000
T4	0.0000	0.0000	-0.0000
T8	0.0000	-0.0000	-0.0000
T9	0.0000	-0.0000	-0.0000
T10	-0.0000	-0.0000	-0.0000
T11	-0.0000	-0.0000	-0.0000
T12	0.0000	-0.0000	0.0000

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Točka	ΔX [m]	ΔY [m]	ΔZ [m]
T13	0.0000	0.0000	0.0000
T14	-0.0000	-0.0000	0.0000
A	0.0000	-0.0000	-0.0000
B	-0.0000	-0.0000	-0.0000
C	-0.0000	-0.0000	-0.0000
D	-0.0000	-0.0000	-0.0000
1A	-0.0000	-0.0000	-0.0000
1B	0.0000	0.0000	-0.0000
2A	0.0000	-0.0000	-0.0000
2B	0.0000	-0.0000	-0.0000
2C	0.0000	0.0000	-0.0000

POPRAVKI ORIENTACIJSKIH NEZNANK

Točka	Δori ["]
P3	-0.00
PT2	-0.00
XI	0.00
X	0.00

Po 3. iteraciji je norma vektorja popravkov 0.000000

POROČILO O IZRAVNAVI

Mreža je 3 razsežna.

Geodetski datum: prosta mreža.

Število iteracij: 3.

Norma vektorja popravkov 0.000000

Število opazovanj: 52 smeri
 52 zenitnih razdalj
 52 poševnih dolžin
 156

Število neznank: 72 koordinat
 4 orientacijskih
 76

Nadštevilnost: 156 opazovanj
 -76 neznank
 +4 defekt datuma
 84

Referenčna varianca apriori $\sigma_0^2 = 3.00e-008$

Referenčna varianca aposteriori $\hat{\sigma}_0^2 = 3.47e-008$

Globani test modela: 1.07

REZULTATI IZRAVNAVE

KOORDINATE

Točka	X[m]	Y[m]	Z[m]	σ_X [mm]	σ_Y [mm]	σ_Z [mm]	a[mm]	b[mm]	c[mm]
P3	33175.0238	41030.3069	487.6004	0.06	0.07	0.08	0.06	0.07	0.08
X	33213.7020	41065.9021	487.6104	0.16	0.18	0.17	0.13	0.20	0.17
XI	33195.2781	41068.4331	487.5938	0.16	0.12	0.16	0.12	0.16	0.16
PT2	33174.2219	41044.1612	487.8936	0.06	0.06	0.07	0.05	0.06	0.08
T1	33229.8814	41038.7466	489.6402	0.22	0.28	0.40	0.22	0.28	0.40
T2	33229.9369	41023.1541	489.6800	0.22	0.28	0.41	0.22	0.28	0.41
T3	33221.9591	41014.2788	489.6255	0.23	0.26	0.38	0.22	0.26	0.38
T4	33207.6076	41008.7258	489.6366	0.22	0.22	0.31	0.31	0.22	0.22
T8	33146.6832	41036.9528	487.7876	0.22	0.16	0.21	0.16	0.22	0.21
T9	33150.6971	41052.6264	487.9849	0.21	0.17	0.21	0.16	0.22	0.21
T10	33154.6657	41064.3591	488.0623	0.20	0.20	0.24	0.18	0.22	0.24
T11	33162.5820	41068.7079	487.8546	0.19	0.22	0.23	0.18	0.22	0.24
T12	33148.3015	41032.6891	485.7856	0.21	0.16	0.21	0.16	0.21	0.21
T13	33175.1226	41048.6451	486.4369	0.07	0.20	0.10	0.21	0.06	0.08
T14	33181.2501	41047.3635	486.4011	0.15	0.11	0.10	0.17	0.08	0.10
A	33141.4853	41080.2336	500.4302	0.27	0.25	0.39	0.22	0.28	0.39
B	33144.2575	41083.1062	500.1921	0.27	0.25	0.39	0.22	0.29	0.40
C	33147.4643	41085.2104	500.0459	0.28	0.25	0.39	0.22	0.29	0.40
D	33151.9843	41086.7664	499.9817	0.28	0.24	0.39	0.22	0.28	0.39
1A	33140.2634	41082.6379	504.5673	0.28	0.26	0.41	0.22	0.30	0.42
1B	33144.8475	41086.3943	503.7964	0.29	0.26	0.41	0.22	0.30	0.42
2A	33138.3483	41089.1029	511.4876	0.31	0.28	0.45	0.48	0.33	0.22
2B	33142.5138	41094.8611	512.5717	0.32	0.29	0.47	0.22	0.34	0.50
2C	33150.4435	41097.8466	512.3611	0.33	0.28	0.47	0.22	0.33	0.49

ORIENTACIJSKE SMERI

Točka	α [°]	σ_α ["]
P3	47.37717	0.45
PT2	61.15942	0.43
XI	97.82249	1.29
X	227.37734	1.36

IZRAVNANA OPAZOVANJA

SMERI

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		Tau Test	$\tau_{krit} = 1.6462$
		s ["]	σ_s ["]	v_s ["]	σ_{v_s} ["]	s ["]	σ_s ["]	ω_s	
P3	X	0.00000	1.50	-0.95	1.37	-0.00026	0.85	0.69	
P3	T1	33.87658	1.50	0.25	1.12	33.87665	1.16	0.22	
P3	T2	50.04420	1.50	0.00	1.08	50.04420	1.19	0.00	
P3	T3	61.47768	1.50	-0.35	1.05	61.47758	1.22	0.33	
P3	T4	76.14039	1.50	-0.29	0.98	76.14031	1.28	0.29	

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		Tau Test	$\tau_{krit} = 1.6462$
		$s [']$	$\sigma_s ['']$	$v_s [']$	$\sigma_{vs} ['']$	$s [']$	$\sigma_s ['']$	ω_s	
P3	T12	227.71738	1.50	-0.77	1.02	227.71717	1.25	0.76	
P3	T8	235.82051	1.50	-0.88	1.07	235.82026	1.21	0.82	
P3	T9	265.15885	1.50	0.19	1.21	265.15890	1.06	0.16	
P3	A	278.73145	1.50	-0.13	1.24	278.73141	1.03	0.11	
P3	1A	279.02911	1.50	-0.15	1.24	279.02907	1.04	0.12	
P3	2A	280.66816	1.50	-0.92	1.23	280.66790	1.04	0.75	
P3	T10	281.74959	1.50	0.51	1.28	281.74973	0.98	0.40	
P3	B	282.39332	1.50	0.18	1.24	282.39337	1.03	0.14	
P3	1B	284.34176	1.50	-0.65	1.24	284.34158	1.03	0.53	
P3	2B	285.89282	1.50	-0.61	1.23	285.89265	1.04	0.50	
P3	C	285.96786	1.50	0.10	1.25	285.96789	1.02	0.08	
P3	D	290.42386	1.50	0.01	1.25	290.42386	1.02	0.01	
P3	2C	292.62480	1.50	-1.20	1.24	292.62447	1.04	0.97	
P3	T11	294.67073	1.50	-0.01	1.31	294.67073	0.94	0.01	
P3	PT2	309.30956	1.50	2.73	1.39	309.31032	0.82	1.97	*
P3	T13	312.93136	1.50	0.81	1.41	312.93159	0.78	0.58	
P3	T14	332.67621	1.50	2.51	0.94	332.67690	1.31	2.69	*
P3	XI	340.60211	1.50	-0.39	1.40	340.60200	0.81	0.28	
PT2	X	0.00000	1.50	-0.68	1.30	-0.00019	0.96	0.52	
PT2	T14	4.34477	1.50	-0.86	0.44	4.34453	1.55	1.98	*
PT2	T1	34.39689	1.50	-0.06	1.12	34.39687	1.16	0.05	
PT2	T2	49.49923	1.50	0.17	1.16	49.49927	1.12	0.15	
PT2	T3	60.88608	1.50	0.49	1.18	60.88622	1.10	0.42	
PT2	T4	75.54634	1.50	0.44	1.21	75.54646	1.06	0.36	
PT2	P3	115.52936	1.50	-4.66	1.28	115.52807	0.98	3.65	*
PT2	T12	184.96676	1.50	1.09	1.07	184.96706	1.21	1.02	
PT2	T8	194.17195	1.50	1.14	1.04	194.17226	1.23	1.09	
PT2	T9	228.63157	1.50	-0.12	0.93	228.63153	1.32	0.13	
PT2	T10	254.76546	1.50	-0.40	0.92	254.76535	1.32	0.44	
PT2	A	256.61603	1.50	0.15	1.01	256.61607	1.25	0.15	
PT2	1A	257.40975	1.50	0.17	1.02	257.40980	1.25	0.17	
PT2	2A	260.24257	1.50	0.82	1.03	260.24279	1.24	0.80	
PT2	B	261.26583	1.50	-0.09	1.01	261.26581	1.26	0.09	
PT2	1B	264.02068	1.50	0.42	1.01	264.02080	1.26	0.42	
PT2	C	265.74258	1.50	-0.06	1.00	265.74256	1.26	0.06	
PT2	2B	266.81827	1.50	0.48	1.02	266.81840	1.24	0.47	
PT2	D	271.27843	1.50	0.02	1.00	271.27843	1.27	0.02	
PT2	T11	273.47061	1.50	-0.01	0.90	273.47061	1.34	0.01	
PT2	2C	274.95092	1.50	0.43	1.02	274.95104	1.25	0.42	
PT2	T13	310.19842	1.50	-0.19	0.40	310.19836	1.56	0.46	
PT2	XI	339.78217	1.50	1.30	1.25	339.78253	1.01	1.03	
XI	X	0.00000	1.50	-0.79	0.90	-0.00022	1.33	0.87	
XI	P3	110.15669	1.50	-0.04	1.24	110.15668	1.03	0.03	
XI	PT2	123.11923	1.50	0.83	1.20	123.11946	1.08	0.69	
X	P3	0.00000	1.50	-1.55	1.26	-0.00043	1.01	1.24	
X	PT2	13.78189	1.50	0.03	1.27	13.78190	0.99	0.02	
X	XI	50.44451	1.50	1.52	1.11	50.44494	1.17	1.38	

ZENITNE RAZDALJE

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest
		z [°]	σ_z ["]	v_z ["]	σ_{vz} ["]	z [°]	σ_z ["]	ω_z
P3	X	89.98874	2.00	1.33	2.03	89.98911	0.69	0.65
P3	T1	87.89493	2.00	1.18	1.51	87.89526	1.53	0.78
P3	T2	87.84902	2.00	1.20	1.46	87.84935	1.58	0.82
P3	T3	87.66131	2.00	1.54	1.41	87.66174	1.62	1.09
P3	T4	87.01710	2.00	1.75	1.34	87.01759	1.68	1.31
P3	T12	93.86981	2.00	0.28	1.45	93.86988	1.58	0.19
P3	T8	89.63108	2.00	1.19	1.51	89.63141	1.52	0.79
P3	T9	89.33217	2.00	1.66	1.69	89.33263	1.33	0.98
P3	A	77.95833	2.00	0.79	1.66	77.95855	1.37	0.48
P3	1A	74.88662	2.00	-0.27	1.65	74.88654	1.38	0.16
P3	2A	70.98053	2.00	-0.21	1.64	70.98047	1.39	0.13
P3	T10	89.33252	2.00	1.66	1.74	89.33298	1.27	0.96
P3	B	78.35681	2.00	0.67	1.66	78.35699	1.36	0.40
P3	1B	75.73234	2.00	0.02	1.66	75.73234	1.37	0.02
P3	2B	70.94047	2.00	0.13	1.64	70.94051	1.39	0.08
P3	C	78.54734	2.00	0.62	1.67	78.54751	1.35	0.37
P3	D	78.52253	2.00	0.31	1.68	78.52261	1.35	0.18
P3	2C	70.99103	2.00	-0.22	1.65	70.99097	1.38	0.13
P3	T11	89.63871	2.00	1.60	1.77	89.63915	1.23	0.90
P3	PT2	88.78909	2.00	1.48	1.87	88.78950	1.06	0.79
P3	T13	93.63010	2.00	0.41	1.88	93.63021	1.04	0.22
P3	T14	93.77909	2.00	-0.97	1.84	93.77882	1.11	0.53
P3	XI	90.00810	2.00	1.99	2.00	90.00866	0.79	1.00
PT2	X	90.36039	2.00	-1.15	2.00	90.36007	0.80	0.58
PT2	T14	100.93719	2.00	0.65	0.80	100.93737	1.99	0.81
PT2	T1	88.21145	2.00	-1.18	1.52	88.21112	1.52	0.78
PT2	T2	88.28195	2.00	-1.28	1.57	88.28159	1.47	0.82
PT2	T3	88.23905	2.00	-1.73	1.61	88.23857	1.43	1.08
PT2	T4	87.95026	2.00	-2.17	1.67	87.94965	1.36	1.30
PT2	P3	91.20913	2.00	4.95	1.87	91.21050	1.06	2.65
PT2	T12	94.25326	2.00	-0.24	1.54	94.25320	1.50	0.15
PT2	T8	90.21361	2.00	-1.18	1.48	90.21329	1.56	0.80
PT2	T9	89.79106	2.00	-1.26	1.28	89.79071	1.73	0.98
PT2	T10	89.65662	2.00	-1.17	1.23	89.65629	1.76	0.95
PT2	A	75.56777	2.00	-0.63	1.36	75.56760	1.67	0.46
PT2	1A	72.00077	2.00	0.24	1.37	72.00084	1.66	0.18
PT2	2A	67.69139	2.00	0.18	1.39	67.69144	1.64	0.13
PT2	B	75.94866	2.00	-0.49	1.35	75.94853	1.67	0.37
PT2	1B	72.82217	2.00	-0.14	1.36	72.82213	1.66	0.10
PT2	C	76.07155	2.00	-0.48	1.34	76.07142	1.68	0.36
PT2	2B	67.57477	2.00	-0.17	1.39	67.57472	1.64	0.12
PT2	D	75.88168	2.00	-0.22	1.34	75.88162	1.68	0.16
PT2	T11	90.08256	2.00	-1.07	1.19	90.08226	1.79	0.90
PT2	2C	67.37825	2.00	-0.89	1.38	67.37800	1.65	0.65
PT2	T13	107.66709	2.00	-0.05	0.49	107.66707	2.09	0.10
PT2	XI	90.53449	2.00	-0.01	1.89	90.53449	1.03	0.01

$\tau_{krit} = 1.6462$

*

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest
		$z [^\circ]$	$\sigma_z ['']$	$v_z ['']$	$\sigma_{vz} ['']$	$z [^\circ]$	$\sigma_z ['']$	ω_z
XI	X	89.94897	2.00	0.56	1.64	89.94913	1.39	0.35
XI	P3	89.99088	2.00	1.69	2.00	89.99134	0.79	0.84
XI	PT2	89.46539	2.00	0.44	1.89	89.46551	1.03	0.23
X	P3	90.01086	2.00	0.12	2.03	90.01089	0.69	0.06
X	PT2	89.64005	2.00	-0.43	2.00	89.63993	0.80	0.22
X	XI	90.05068	2.00	0.70	1.64	90.05087	1.39	0.43

$\tau_{krit} = 1.6462$

POŠEVNE DOLŽINE

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest
		$l [m]$	$\sigma_l [mm]$	$v_l [mm]$	$\sigma_{vl} [mm]$	$l [m]$	$\sigma_l [mm]$	ω_l
P3	X	52.56404	0.30	0.37	0.29	52.56441	0.14	1.26
P3	T1	55.54040	0.30	0.11	0.22	55.54051	0.23	0.48
P3	T2	55.41592	0.30	0.10	0.22	55.41602	0.23	0.44
P3	T3	49.63789	0.30	0.06	0.22	49.63795	0.23	0.28
P3	T4	39.13552	0.30	0.05	0.22	39.13558	0.23	0.24
P3	T12	26.88979	0.30	-0.22	0.23	26.88957	0.22	0.96
P3	T8	29.11022	0.30	-0.23	0.23	29.10999	0.22	1.00
P3	T9	33.01667	0.30	-0.01	0.23	33.01666	0.22	0.06
P3	A	61.49896	0.30	-0.07	0.22	61.49889	0.23	0.29
P3	1A	65.07461	0.30	-0.06	0.22	65.07455	0.23	0.28
P3	2A	73.29853	0.30	-0.08	0.22	73.29845	0.23	0.36
P3	T10	39.67637	0.30	0.07	0.23	39.67643	0.23	0.29
P3	B	62.39309	0.30	-0.08	0.22	62.39301	0.23	0.37
P3	1B	65.71675	0.30	0.14	0.22	65.71690	0.23	0.64
P3	2B	76.47032	0.30	0.03	0.22	76.47035	0.23	0.13
P3	C	62.68029	0.30	-0.04	0.22	62.68025	0.23	0.17
P3	D	62.22375	0.30	-0.06	0.22	62.22369	0.23	0.25
P3	2C	76.01787	0.30	1.20	0.22	76.01908	0.23	5.38
P3	T11	40.36705	0.30	0.03	0.23	40.36707	0.23	0.12
P3	PT2	13.88031	0.30	0.23	0.31	13.88054	0.08	0.74
P3	T13	18.37523	0.30	0.13	0.24	18.37536	0.21	0.55
P3	T14	18.19725	0.30	-0.19	0.28	18.19707	0.16	0.66
P3	XI	43.17181	0.30	0.47	0.29	43.17228	0.13	1.61
PT2	X	45.07126	0.30	0.02	0.29	45.07128	0.14	0.07
PT2	T14	7.86690	0.30	-0.63	0.27	7.86627	0.17	2.31
PT2	T1	55.94962	0.30	-0.11	0.22	55.94951	0.23	0.51
PT2	T2	59.57059	0.30	-0.10	0.22	59.57049	0.23	0.43
PT2	T3	56.34537	0.30	-0.05	0.22	56.34532	0.23	0.22
PT2	T4	48.71660	0.30	-0.04	0.23	48.71656	0.23	0.19
PT2	P3	13.88086	0.30	-0.32	0.31	13.88054	0.08	1.02
PT2	T12	28.42383	0.30	0.08	0.24	28.42392	0.22	0.35
PT2	T8	28.46660	0.30	0.09	0.23	28.46669	0.22	0.38
PT2	T9	25.00175	0.30	0.03	0.23	25.00178	0.23	0.12
PT2	T10	28.11468	0.30	-0.04	0.23	28.11464	0.23	0.18
PT2	A	50.29981	0.30	0.06	0.22	50.29987	0.23	0.29
PT2	1A	53.95970	0.30	0.06	0.22	53.95976	0.23	0.26

$\tau_{krit} = 1.6462$

*

*

Se nadaljuje

Nadaljevanje s prejšnje strani

Od	Do	Vhodni podatki		Popravki		Po izravnavi		TauTest	$\tau_{krit} = 1.6462$
		l [m]	σ_l [mm]	v_l [mm]	σ_{v_l} [mm]	l [m]	σ_l [mm]	ω_l	
PT2	2A	62.15583	0.30	0.07	0.22	62.15590	0.23	0.30	
PT2	B	50.65403	0.30	0.09	0.22	50.65412	0.23	0.39	
PT2	1B	53.84613	0.30	-0.15	0.22	53.84598	0.23	0.68	
PT2	C	50.48453	0.30	0.04	0.22	50.48457	0.23	0.18	
PT2	2B	64.69084	0.30	-0.03	0.22	64.69081	0.23	0.15	
PT2	D	49.55636	0.30	0.06	0.22	49.55642	0.23	0.25	
PT2	T11	27.16678	0.30	-0.03	0.22	27.16676	0.23	0.13	
PT2	2C	63.61097	0.30	-1.21	0.22	63.60977	0.23	5.40	*
PT2	T13	4.80014	0.30	-0.22	0.23	4.79992	0.22	0.94	
PT2	XI	32.13384	0.30	-0.05	0.29	32.13379	0.14	0.16	
XI	X	18.59681	0.30	0.11	0.27	18.59691	0.17	0.39	
XI	P3	43.17275	0.30	-0.47	0.29	43.17228	0.13	1.60	
XI	PT2	32.13382	0.30	-0.02	0.29	32.13379	0.14	0.07	
X	P3	52.56491	0.30	-0.51	0.29	52.56441	0.14	1.74	*
X	PT2	45.07116	0.30	0.13	0.29	45.07128	0.14	0.44	
X	XI	18.59668	0.30	0.24	0.27	18.59691	0.17	0.87	