UDŽBENICI SVEUČILIŠTA U ZAGREBU
MANUALIA UNIVERSITATIS STUDIORUM ZAGRABIENSIS

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU, GEODETSKI FAKULTET

Nevio Rožić

RAČUNSKA OBRADA GEODETSKIH MJERENJA

ZAGREB, 2007.

Izdavač:	Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet Kačićeva 26, Zagreb 10000
Glavni urednik:	Prof. dr. sc. Nevio Rožić
Tehnički urednik:	Prof. dr. sc. Nevio Rožić
Autor:	Prof. dr. sc. Nevio Rožić
Naslov:	Računska obrada geodetskih mjerenja
Recenzenti:	Prof. dr. sc. Ladislav Feil Prof. dr. sc. Tomislav Bašić Prof. dr. sc. Željko Bačić
Mjesto izdanja:	Zagreb
Godina izdanja:	2007.
Naklada:	300 primjeraka
Tisak:	KRATIS Dr. Franje Tuđmana 14a, Sveta Nedelja

Status sveučilišnog priručnika odobrio je Senat Sveučilišta u Zagrebu, Odlukom klasa: 032-01/06-01/39, ur.broj: 380-02/6-06-4, sa sjednice Senata od 12. 12. 2006.

Izdavanje sveučilišnog priručnika financirali su:

DRŽAVNA GEODETSKA UPRAVA
GEODETSKI ZAVOD d.d. - Osijek
GEODETSKI ZAVOD d.d. - Split
GEOMATIKA SMOLČAK d.o.o.
GEOWILD d.o.o.
HKAIG – Razred inženjera geodezije
HRVATSKI GEODETSKI INSTITUT
ZAVOD ZA FOTOGRAMETRIJU d.d. - Zagreb

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Nacionalne
i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 621633.

ISBN 978-953-6082-10-0

Copyright © Nevio Rožić, Zagreb 2007. – sva prava pridržana
Priručnik u cjelini ili njegovi pojedini dijelovi ne smije se analogno ili digitalno umnožavati, fotokopirati, skenirati i na bilo koji drugačiji način reproducirati, bez izričitog pisanog dopuštenja autora.

PREDGOVOR

Trinaest godina nakon izdavanja "Repetitorija i zbirke zadataka iz teorije pogrešaka i računa izjednačenja" priređen je za tisak priručnik "Računska obrada geodetskih mjerenja".

Slijedeći "Repetitorij" na razini metodološkog pristupa, strukture sadržaja, stručne tematike i pragmatičnosti inženjerskog pristupa, "Računska obrada geodetskih mjerenja“ je uz dio preuzetog te izmijenjenog i dopunjenog sadržaja „Repetitorija“, obogaćena posve novim cjelinama, teorijskim objašnjenjima i praktičnim komentarima. Namijenjena je studentima Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te geodetskim inženjerima praktičarima, kao izvornik za primjenu osnova i načela “teorije pogrešaka” i “izjednačenja geodetskih mjerenja” u rješavanju različitih geodetskih problema i zadaća. Sadržajno i metodološki je prilagođena novom studijskom programu geodezije i geoinformatike te može naći učinkovitu primjenu u nizu različitih stručnih kolegija preddiplomskog i diplomskog studija u kojima je neophodna računska obrada geodetskih mjerenja.

Temeljna vodilja u priređivanju "Računske obrade geodetskih mjerenja" bila je težnja da se razvidno i sustavno ukaže na jedan od ključnih elemenata znalačkog i kreativnog inženjerskog postupanja, a to je pravilna primjena teorijskih znanja i općih načela u rješavanju konkretnih inženjerskih problema. Temeljem dugogodišnjeg praćenja studenata u nastavnom procesu, a posebice pri provjerama znanja, upravo su u koraku aktivne primjene teorijskih znanja u eksplicitnim i konkretnim zadaćama zamijećene znatne teškoće. Razina teškoća je tim naglašenija što je problem ili zadaća koju treba riješiti složenija i različitija od teorijski i načelno definiranog standarda. Ova je pojavnost u suprotnosti s jednom od temeljnih odlika suvremenog inženjera geodezije, a to je "inženjerska kreativnost" i sposobnost aktivne primjene teorijskih znanja u problemima s kojima se inženjer susreće po prvi puta.

"Računska obrada geodetskih mjerenja" je pisana na moderan način, uz uporabu suvremene stručne terminologije, simbolike i matematičkih modela. Sadrži velik broj sustavno i razvidno riješenih stručnih problema i zadaća iz različitih područja geodezije. Također, sadrži preglede računskih algoritama i simbola na kojima se temelji suvremena računska obrada podataka geodetskih mjerenja. Terminologija, algoritmi i simboli usklađeni su s recentnim teorijskim osnovama ovog specijalističkog područja, a koriste se u inostranoj i domaćoj znanstvenoj i stručnoj literaturi.

U prvom poglavlju priručnika sadržan je zakon o prirastu varijanci, težina i kofaktora mjerenja. Drugo poglavlje sadrži izjednačenje direktnih mjerenja. Regularno i singularno izjednačenje posrednih mjerenja sadržano je u trećem poglavlju. Izjednačenje uvjetnih mjerenja sadržano je u četvrtom poglavlju. U petom su poglavlju izjednačenja kombiniranih mjerenja. U šestom su poglavlju korisni prilozi.

Rukovodeći se potrebom stvaranja osnove za ovladavanje temeljnim specijalističkim znanjima iz područja "teorije pogrešaka" i "izjednačenja geodetskih mjerenja" na razini praktične primjene, posebnu pozornost treba posvetiti prvom, drugom i trećem poglavlju. Primjena zakona o prirastu varijanci, težina i kofaktora, sadržana u prvom poglavlju, je nezaobilazna i temeljna pretpostavka za određivanje kvalitete (kriterija točnosti) funkcija direktnih mjerenja i sastavni je dio, ne samo elementarnih, već i složenih geodetskih zadaća, a vrlo je učestala u geodetskoj praksi. Izjednačenje direktnih mjerenja, sadržano u drugom poglavlju, početni je korak za rješavanje svih geodetskih problema i zadaća, jer sve se zadaće u geodeziji temelje na veličinama koje se neposredno mjere. Jednoznačni rezultati računske obrade direktnih mjerenja i kriterija točnosti osnova su za daljnju uporabu i početne su veličine za znatno složenije vrste računske obrade (izjednačenje: posrednih mjerenja, uvjetnih mjerenja i kombiniranih mjerenja). Izjednačenje posrednih mjerenja, sadržano u trećem poglavlju, osnova je suvremenog rješavanja geodetskih problema, posebice izjednačenja geodetskih mreža. Zbog brojnih korisnih svojstava posredna su se mjerenja i njihovo izjednačenje nametnuli u suvremenim uvjetima kao temeljni model računske obrade podataka mjerenja u geodeziji. Zbog cjelovitosti sadržaja, u četvrtom je poglavlju sadržano izjednačenje uvjetnih mjerenja, iako je u suvremenim uvjetima kada obujam računskog posla više ne predstavlja bitan problem, izgubilo značaj. Izjednačenja kombiniranih mjerenja, nisu manje važna ili nevažna, ali se u svakodnevnim ili rutinskim geodetskim aktivnostima znatno rjeđe primjenjuju.

Želim izraziti zahvalnost svima koji su pridonijeli da "Računska obrada geodetskih mjerenja" poprimi konačni oblik i postane dostupna za uporabu, posebice zbog oskudnog opsega recentne geodetske nastavne, stručne i specijalističke literature na hrvatskom jeziku.

Zahvaljujem recenzentima na recenziranju djela i korisnim diskusijama. Posebno se zahvaljujem državnim i javnim institucijama, ustanovama i geodetskim tvrtkama te njihovim čelnicima koji su pružanjem financijske potpore omogućili izdavanje djela, sukladno zajedničkoj težnji da se pridonese razvitku hrvatske geodezije.

Zahvaljujem obitelji, Eli i Mariji, na podršci, razumijevanju i ljubavi bez koje priručnik nikada ne bi bio dovršen.

Zagreb, siječanj 2007.

Prof. dr. sc. Nevio Rožić

SADRŽAJ

	UVOD	**1**
1.	**ZAKON O PRIRASTU VARIJANCI, TEŽINA I KOFAKTORA**	**5**
1.1.	**Zakon o prirastu varijanci**	**7**
1.1.1.	Točnost kuta u četverokutu	12
1.1.2.	Točnost površine kružnog prstena	12
1.1.3.	Točnost duljine mjerene Reichenbachovim daljinomjerom	13
1.1.4.	Točnost duljine određene pravokutnim koordinatama	14
1.1.5.	Točnost površine trokuta	14
1.1.6.	Točnost duljine određene daljinomjerom s konstantnom bazom	15
1.1.7.	Točnost smjernog kuta	15
1.1.8.	Točnost kuta u pravokutnom trokutu	16
1.1.9.	Točnost strane trokuta (dvije strane i jedan kut)	17
1.1.10.	Točnost strane trokuta (jedna strana i dva kuta)	18
1.1.11.	Točnost određivanja visine visokog objekta	18
1.1.12.	Točnost trigonometrijske visinske razlike	19
1.1.13.	Točnost kutova na stajalištu	20
1.1.14.	Točnost pravokutnih koordinata točke (duljina i smjerni kut)	20
1.1.15.	Točnost oplošja i obujma kvadra	21
1.2.	**Zakon o prirastu težina**	**22**
1.2.1.	Težina kuta u trokutu	25
1.2.2.	Težina visinske razlike u nivelmanskoj figuri	26
1.2.3.	Težina površine parcele	26
1.2.4.	Težina strane trokuta	27
1.2.5.	Težina kutova na stajalištu	28
1.3.	**Zakon o prirastu kofaktora**	**28**
1.3.1.	Kofaktor tigonometrijske visinske razlike	31
1.3.2.	Kofaktor duljine i visinske razlike	32
1.4.	**Dopunska objašnjenja uz primjenu zakona o prirastu varijanci, težina i kofaktora**	**33**
1.4.1.	Optimiranje linearnih mjerenja	34
1.4.2.	Optimiranje kutnih mjerenja	35
1.4.3.	Težine visinskih razlika u geometrijskom nivelmanu	36

1.4.4. Težine visinskih razlika u trigonometrijskom nivelmanu 38

2. IZJEDNAČENJE DIREKTNIH MJERENJA 41
2.1. Izjednačenje klasičnih direktnih mjerenja 42
2.1.1. Izjednačenje duljine poligonske strane 48
2.1.2. Izjednačenje čvornog repera 51
2.1.3. Stajališno izjednačenje kutova 52
2.2. Izjednačenje dvostrukih mjerenja 54
2.2.1. Izjednačenje duljine trilateracijske strane 56
2.2.2. Izjednačenje duljina poligonskih strana 57
2.2.3. Izjednačenje visinskih razlika u vlaku geometrijskog nivelmana 58
2.3. Izjednačenje višestruko mjerenih vektora 60
2.3.1. Izjednačenje visinskih razlika geometrijskog nivelmana 64

3. IZJEDNAČENJE POSREDNIH MJERENJA 67
3.1. Regularno izjednačenje posrednih mjerenja 69
3.1.1. Izjednačenje kutova u trokutu 84
3.1.2. Stajališno izjednačenje kutova 86
3.1.3. Izjednačenje kutova mjerenih sektorskom metodom 89
3.1.4. Izjednačenje kutova mjerenih Schreiberovom metodom 91
3.1.5. Izjednačenje kutova 94
3.1.6. Izjednačenje pravaca mjerenih girusnom metodom 96
3.1.7. Izjednačenje duljina mjerenih u svim kombinacijama 98
3.1.8. Izjednačenje podataka komparacije nivelmanskih letava 101
3.1.9. Aproksimacija fizikalnih mjerenja izjednačujućim pravcem 103
3.1.10. Izjednačenje mreže geometrijskog nivelmana 106
3.1.11. Izjednačenje gravimetrijske mreže 109
3.1.12. Izjednačenje GPS mreže 113
3.1.13. Izjednačenje parametara transformacije koordinata 121
3.1.14. Izjednačenje lučnog presjeka 124
3.1.15. Izjednačenje prostornog lučnog presjeka 126
3.1.16. Izjednačenje mikrotrilateracijske mreže 128
3.1.17. Izjednačenje presjeka vanjskih orijentiranih pravaca 132
3.1.18. Izjednačenje presjeka unutarnjih pravaca 135
3.1.19. Izjednačenje kombiniranog presjeka pravaca 138
3.1.20. Izjednačenje mikrotriangulacijske mreže 141
3.1.21. Izjednačenje trokuta (tri kuta i dvije strane) 147
3.1.22. Izjednačenje presjeka duljina i vanjskih orijentiranih pravaca 150
3.1.23. Izjednačenje triangulacijsko-trilateracijske mreže 153
3.1.24. Izjednačenje poligonskog vlaka 156
3.2. Singularno izjednačenje posrednih mjerenja 160
3.2.1. Stajališno izjednačenje pravaca 170
3.2.2. Izjednačenje duljina 172

3.2.3. Izjednačenje nivelmanske mreže 174
3.2.4. Izjednačenje mikrotrilateracijske mreže 176
3.2.5. Izjednačenje mikrotiangulacijske mreže 181
3.2.6. Izjednačenje prostorne mikrotrilateracijske mreže 186

4. IZJEDNAČENJE UVJETNIH MJERENJA 195
4.1. Izjednačenje kutova u trokutu 204
4.2. Izjednačenje kutova na horizontu 205
4.3. Izjednačenje visinskih razlika (trigonometrijski nivelman) 206
4.4. Izjednačenje strana pravokutnog trokuta 208
4.5. Izjednačenje duljina 209
4.6. Izjednačenje kutova mjerenih Schreiberovom metodom 210
4.7. Izjednačenje duljina mjerenih u svim kombinacijama 212
4.8. Izjednačenje kutova 214
4.9. Izjednačenje kutova mjerenih sektorskom metodom 215
4.10. Izjednačenje nivelmanske mreže (geometrijski nivelman) 218
4.11. Izjednačenje uvrštene triangulacijske mreže 221
4.12. Izjednačenje triangulacijske mreže (centralni sustav, kutovi) 225
4.13. Izjednačenje triangulacijske mreže (geodet. četverokut, kutovi) 228
4.14. Izjednačenje triangulacijske mreže (centralni sustav, pravci) 230
4.15. Izjednačenje triangulacijske mreže (geodet. četverokut, pravci) 234
4.16. Izjednačenje trilateracijske mreže (centralni sustav) 237
4.17. Izjednačenje trilateracijske mreže (geodetski četverokut) 239
4.18. Izjednačenje mjerenja u visinskom trokutu 241
4.19. Izjednačenje trokuta (jedan kut i tri strane) 243
4.20. Izjednačenje trokuta (tri kuta i dvije strane) 244
4.21. Izjednačenje trokuta (tri kuta i tri strane) 246
4.22. Izjednačenje poligonskog vlaka 248

5. IZJEDNAČENJE KOMBINIRANIH MJERENJA 253
5.1. Izjednačenje direktnih i posrednih mjerenja 253
5.1.1. Izjednačenje visina repera i nivelmanskih mjerenja 259
5.1.2. Izjednačenje duljina 263
5.1.3. Izjednačenje azimuta i kutova 265
5.1.4. Izjednačenje lučnog presjeka 268
5.1.5. Izjednačenje presjeka vanjskih orijentiranih pravaca 271
5.2. Izjednačenje posrednih mjerenja s uvjetima nepoznanica 274
5.2.1. Izjednačenje kutova s uvjetima fiksnog kuta 279
5.2.2. Izjednačenje kutova mjerenih sektorskom metodom 281
5.2.3. Izjednačenje duljina s uvjetima fiksne duljine 285
5.2.4. Izjednačenje lučnog presjeka s uvjetom fiksne duljine 288
5.2.5. Izjednačenje trilateracijske mreže 290
5.3. Izjednačenje uvjetnih mjerenja s nepoznanicama 294

5.3.1. Izjednačenje kutova u trokutu 298
5.3.2. Izjednačenje nivelmanske mreže 300
5.3.3. Izjednačenje duljina 302
5.3.4. Izjednačenje triangulacijske mreže 305
5.3.5. Izjednačenje lučnog presjeka 307

DODATAK **311**
I. Derivacije funkcija 311
II. Metoda Choleskog – posredna mjerenja 312
III. Metoda Choleskog – uvjetna mjerenja 313
IV. Schur-Frobeniusove relacije 314

LITERATURA **315**

KAZALO **317**

LITERATURA

Bačić, Ž., Bašić, T.: Satelitska geodezija II. Sveučilište u Zagrebu – Geodetski fakultet, skripta, Zagreb, 1999.

Barry, B. A.: Construction measurements. A Volume in the Wiley Series of Practical Construction Guides, ISBN 0-471-83663-X, John Wiley and Sons, New York, 1988.

Bauman, E.: Vermessungskunde, Lehr- und Übungsbuch für Ingenieure – Band 1, Einfache Lagemessung und Nivellement. Ferd. Dümmler Verlag, ISBN 3-427-79044-4, Bonn, 1994.

Bjerhammar, A.: Theory of errors and generalized matrix inverses. Elsevier scientific publishing company, New York, 1973.

Caspary, W. F.: Concepts of network and deformation analysis. The University of New South Wales, Kensington, 1988.

Čubranić, N.: Teorija pogrešaka s računom izjednačenja. Tehnička knjiga, Zagreb, 1967.

Čubranić, N.: Viša geodezija. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1974.

Gajdajev, P. A., Boljšakov, V. D.: Teorija matematičeskoj abrabotki geodezičeskih izmjerenij. Izdavateljstvo "Njedra", Moskva, 1969.

Feil, L.: Teorija pogrešaka i račun izjednačenja - prvi dio. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1989.

Feil, L.: Teorija pogrešaka i račun izjednačenja - drugi dio. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1990.

Harvey, B. R.: Practical Least Squares and Statistics for Surveyors. The University of New South Wales, Monograph 13, ISBN 0-85839-050-0, Sydney, 1998.

Höpcke, W.: Fehlerlehre und Ausgleichsrechnung. Walter de Gruyter, New York, 1980.

Huaan, F.: Theory of Errors and Least Squares Adjustment. Royal Institute of Technology, Department of Geodesy and Photogrammetry, ISBN 91-7170-200-8, Stockholm, Sweden, 1997.

Iliffe, J. C.: Datums and Map Projections for remote sensing, GIS, and surveying. Whittles Publishing, CRC Press, ISBN 0-8493-0884-4, New York, 2003.

Illner, I.: Freie Netze und S-transformation. AVN, 90, 157-170.

Janković, M.: Inženjerska geodezija - prvi dio. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1982.

Klak, S.: Teorija pogrešaka i račun izjednačenja. Sveučilišna naklada Liber, Zagreb, 1986.

Kreyszig, E.: Advanced Engineering Mathematics. Eight edition, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-33328-X, New York, 1999.

Kuang, S.: Geodetic Network analysis and Optimal Design. Ann Arbor Press, Inc., ISBN 1-57504-044-1, Chelsea, Michigan, 1996.

Macarol, S.: Praktična geodezija. Tehnička knjiga, Zagreb, 1978.

Mihailović, K.: Geodezija II - prvi dio. Građevinska knjiga, Beograd, 1974.

Mihailović, K.: Geodezija II - drugi dio. Građevinska knjiga, Beograd, 1987.

Mihailović, K., Vračarič, K.: Geodezija III. Naučna knjiga, Beograd, 1985.

Mikail, E.M., Ackerman, F.: Observations and least squares, Harper & Row Publishers, London, 1976.

Niemeier, W.: Ausgleichungsrechnung. Walter de Gruyter, ISBN 3-11-014080-2, Berlin – New York, 2002.

Pelzer, H.: Geodätische Netze in Landes und Ingenieurvermessung II. Konrad Wittwer, Stuttgart, 1985.

Ražnjević, K.: Fizikalne veličine i mjerne jedinice međunarodnog sustava (SI). Nakladni zavod Znanje, Zagreb, 1985.

Rožić, N.: Prilog izjednačenju geodetskih mreža posebnih namjena. Magistarski rad, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1991.

Rožić, N.: Datum geodetskih mreža i S-transformacije. Geodetski list, 1992, 4, 451-463.

Rožić, N.: Repetitorij i zbirka zadataka iz teorije pogrešaka i računa izjednačenja. Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, ISBN 953-6082-00-4, Zagreb, 1993.

Rožić, N.: Ispitivanje slučajnih i sistematskih pogrešaka u geometrijskom nivelmanu. Doktorska disertacija, Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1995.

Schofield, W.: Engineering Surveying 2. Butterworths, England, Kent, 1984.

Teunissen, P. J. G.: Adjustment theory – an introduction. Series on Mathematical geodesy and positioning, Delft University Press, ISBN 90-407-1974-8, Delft, 2000.

Vaniček, P.: Introduction to adjustment calculus. Lecture Notes No. 35, University of New Brunswick, Canada, Fredericton N.B., 1980.

Wells, D. E., Krakiwsky, E.J.: The method of last squares. Lecture Notes No. 18, University of New Brunswick, Canada, Fredericton N.B., 1971.

Wolf, H.: Ausgleichungsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, Bonn, 1968.

Wolf, H.: Ausgleichungs rechnung I – Formeln zur praktischen anwendung. Ferd. Dümmler Verlag, ISBN 3-427-78352-9, Bonn, 1994.

Wolf, H.: Ausgleichungs rechnung II – Aufgaben und beispiele zur praktischen anwendung. Ferd. Dümmler Verlag, ISBN 3-427-78362-9, Bonn, 1994.

Wolf, P. R., Ghilani D.: Adjustment Computations. Statistics and Least Squares in Surveying and GIS. Wiley series in surveying and boundary control, John Wiley & Sons, Inc., ISBN 0-471-16833-5, New york, 1997.

KAZALO

A
algoritam
- zakona o prirastu
  - kofaktora 29
  - težina 22
  - varijanci 7
- izjednačenja
  - direktnih i posrednih mjerenja 254
  - dvostrukih mjerenja 54
  - klasičnih direktnih mjerenja 42
  - uvjetnih mjerenja 195
  - višestruko mjerenih vektora 60
- regularnog izjednačenja posrednih mjerenja 69
- singularnog izjednačenja posrednih mjerenja 160

aritmetička sredina
- obična 45, 54
- opća 45

B
broj
- direktnih mjerenja 7, 23, 41, 62, 254, 257
- dvostrukih mjerenja 55
- nepoznanica 62, 73, 162, 257, 275
- posrednih mjerenja 43, 257
- prekobrojnih mjerenja 42, 44, 60, 63, 69, 73, 165, 196, 198
- uvjeta 195

C
Cholesky 70, 78, 196, 201, 255, 312, 313

D
daljinomjer s konstantnom bazom 15
defekt datuma 160, 165
definicija težine 25
derivacije funkcija 311
direktno mjerenje 5, 7
dvostruka mjerenja 42, 54

F
figurni uvjet 223, 227
funkcija
- direktnih mjerenja 5, 7, 8, 10, 22, 44, 61
- figurnog uvjeta 26
- posrednih mjerenja 69, 73
- uvjetnih mjerenja 198

funkcijski model
- posrednih mjerenja 67
- uvjetnih mjerenja 198

G
Gaussova redukcija 147
geometrijski nivelman 36, 58
girusna metoda 96

H
Helmertova transformacija 167
homogenizacija 78, 202

I
izjednačenje
- čvornog repera 51
- direktnih i posrednih mjerenja 253, 254-258
- direktnih mjerenja 41-42
- duljina 98, 172, 209, 212, 263, 286, 302
- duljine poligonske strane 48, 57
- dvostrukih mjerenja 54-55
- GPS mreže 113
- gravimetrijske mreže 110
- klasičnih direktnih mjerenja 42-47
- kombiniranih mjerenja 253
- kombiniranog presjeka pravaca 138
- kutova 52, 84, 86, 91, 94, 204, 210, 214, 265, 278, 281, 298
- lučnog presjeka 126, 268, 288, 307
- mikrotriangulacijske mreže 141, 181
- mikrotrilateracijske mreže 128, 176, 186

nivelmanske mreže 106, 174, 218, 300
poligonskog vlaka 157, 248
posrednih mjerenja 67-68
posrednih mjerenja s uvjetima nepoznanica 253, 274-278
pravaca 96, 170
presjeka vanjskih pravaca 271
triangulacijske mreže 221, 225, 227, 230, 234
trilateracijske mreže 237, 239, 290, 305
trilateracijske strane 56
trokuta 147, 208, 243, 244, 246
unutarnjih pravaca 135
uvjetnih mjerenja 195-203
uvjetnih mjerenja s nepoznanicama 253, 294-297
vanjskih pravaca 132
visinskih razlika 64, 206
višestruko mjerenih vektora 60-63
izjednačujući pravac 103

J

jednadžbe popravaka 42, 61

K

klasična direktna mjerenja 42
kofaktor 5
funkcije direktnih mjerenja 29
duljine 32
mjerenja 28, 31
izjednačenih mjerenja 198
visinske razlike 32
kontrola
izjednačenja 43, 62, 202
popravaka 43, 45, 62
kriteriji točnosti 5
kvaliteta mjerenja 6
koeficijenti smjera 134, 137
kombinirani presjek pravaca 138
koordinatni sustav 77
kut orijentacije 147

L

linearizacija funkcija 73, 199
lučni presjek 126

M

matrica
koeficijenata jednadžbi popravaka 72, 75
koeficijenata normalnih jednadžbi 63, 198
kofaktora
izjednačenih mjerenja 70, 198
mjerenja 30, 31, 197
nepoznanica 63, 70
težina
mjerenja 23, 25, 31, 43
nepoznanica 63
varijance mjerenja 7, 8, 25, 31
varijance-kovarijance
mjerenja 9
nepoznanica 86
metoda Choleskog 69, 78, 201,312-313
metoda najmanjih kvadrata 41, 67, 253
mjerni proces 5
modalna matrica 166
mreža
mikrotiangulacijska 141,181
mikrotilateracijska 56, 128, 176, 186
nivelmanska 106, 174, 218
triangulacijska 221, 225,228, 230, 234
trilateracijska 237, 239
multiplikacijska konstanta 13

N

nepoznate veličine 7
nesuglasica
dvostrukog mjerenja 54
nivelmanska figura 26
niz dvostrukih mjerenja 59
normalne jednadžbe 43, 61, 69, 196

O

optimiranje
kutnih mjerenja 35
linearnih mjerenja 34
mjerenja 33
orijentirani pravci 132

P

paralaktički
kut 15
trokut 15
parametri datuma 165
položajna točnost točke 70
popravak
mjerenja 41, 43
posredna mjerenja 6
prekobrojna mjerenja 44
presjek
unutarnjih pravaca 135
vanjskih pravaca 132
približna
nepoznanica 42, 44, 61

prikraćena
mjerenja 61
nepoznanica 44, 54
prirast
kofaktora 29
težina 26
varijanci 7, 10
pseudoinverzija 167

R

računske kontrole 11
referentna varijanca 25, 31
referentni sustav 76
referentno standardno odstupanje 41, 44, 56, 198
regularno izjednačenje posrednih mjerenja 69-83
Reichenbachov daljinomjer 13

S

sektorska metoda 89, 215, 281
Schreiberova metoda 91, 210
Schur-Frobeniusove relacije 314
singularno izjednačenje posrednih mjerenja 160-169
sinusni uvjet 224, 227, 230
spektralna matrica 166
stajališni uvjet 224
standardno odstupanje 5
funkcije direktnih mjerenja 7, 9
izjednačenih mjerenja 41, 44, 198
mjerenja 41, 44, 45, 54, 198
nepoznanica 41, 44, 45, 54
nivelmanska figura 220

T

Taylorov red 73
teodolit 19
težina 5
funkcije direktnih mjerenja 23, 25
mjerenja 22, 31
kuta 25, 28
površine parcele 26
strane trokuta 27
visinske razlike 26, 36, 37
težinska sredina 45
točnost
duljine 13, 14, 15
kuta 20
u četverokutu 12
u pravokutnom trokutu 16
koordinata točke 20
mjerenja 43
nepoznanica 43
oplošja i obujma kvadra 21
površine
kružnog prstena 12
trokuta 14
smjernog kuta 15
strane trokuta 17, 18
visine 18
visinske razlike 19
totalni diferencijal
funkcije direktnih mjerenja 7
trigonometrijska visinska razlika 19, 31
trigonometrijski nivelman 38
trilateracija 57

U

usklađivanje jedinica mjere 16
uvjet horizonta 239
uvjetna mjerenja 195
uvjetne jednadžbe 196

V

varijanca 5
funkcije direktnih mjerenja 7
mjerenja 8, 25
vektor
apsolutnih članova normalnih jednadžbi 72
funkcija
direktnih mjerenja 25
posrednih mjerenja 71
uvjetnih mjerenja 197
izjednačenih mjerenja 44
jedinica 44
mjerenja 43, 71
nesuglasica 197, 200
popravaka mjerenja 44, 73, 197
prikraćenih mjerenja 44, 73
težina 45
visinski kut 19
višestruko mjereni vektori 42

Z

zadane veličine 7
zakon
o prirastu kofaktora 6, 28-31
o prirastu pogrešaka 6
o prirastu težina 6, 22-25
o prirastu varijanci 6, 7-12

Bilješke

Bilješke