

OBSAH

I. ČÁST – ZEMĚ A GEODÉZIE

1 Úvod ... 1

- 1.1 Historie měření velikosti a tvaru Země ... 1
 - 1.1.1 První určení poloměru Zeměkoule ... 1
 - 1.1.2 Středověké měření Země ... 1
 - 1.1.3 Nové názory na tvar Země ... 1
 - 1.1.4 První stupňová měření na našem území ... 2
- 1.2 Vztah geodézie a ostatních vědních oborů ... 3
 - 1.2.1 Geodézie a ostatní přírodní vědy ... 3
 - 1.2.2 Obory, v kterých je geodézie aplikována ... 4
- 1.3 Definice vyšší geodézie a její úkoly ... 4
- 1.4 Vztahy mezi dvěma elipsoidy ... 7
 - 1.4.1 Besselův elipsoid ... 8
 - 1.4.2 Elipsoid WGS84 ... 8
 - 1.4.3 Odvození transformačních rovnic mezi dvěma souřadnicovými systémy ... 8

Literatura ... 10

2 Fyzikální charakteristiky Země ... 11

- 2.1 Země a její pohyb ... 11
 - Literatura ... 11
- 2.2 Tíhové pole Země ... 11
 - 2.2.1 Vliv přitažlivé síly ... 11
 - 2.2.2 Vliv odstředivé síly ... 12
 - 2.2.3 Složky celkové síly ... 13
 - 2.2.4 Tíhový potenciál a jeho vlastnosti ... 13
 - 2.2.5 Geoid a jeho rovnice ... 15

Literatura ... 15
- 2.3 Atmosféra ... 16
 - 2.3.1 Hustota atmosféry ... 16
 - 2.3.2 Změny v hustotě atmosféry ... 16
 - 2.3.3 Rotace atmosféry ... 18

Literatura ... 18

II. ČÁST – VYŠŠÍ GEODÉZIE MATEMATICKÁ

3 Referenční plochy a soustavy ... 21

- 3.1 Referenční koule a výpočty na referenční kouli ... 21
 - 3.1.1 Sférické zeměpisné souřadnice [U; V] ... 21
 - 3.1.2 Geodetická křivka. Geodetická křivost. Ortodroma a loxodroma na kouli ... 21
 - PŘÍKLAD 1 Obecně položená ortodroma ... 22
 - PŘÍKLAD 2 Průběh ortodromy ... 23
 - PŘÍKLAD 3 Průběh loxodromy ... 26
 - 3.1.3 Exces ... 26

3.1.4	Meridiánová konvergence ...	27
3.1.5	Řešení sférických trojúhelníků větami sférické trigonometrie ...	27
3.1.5.1	Řešení 1. základní geodetické úlohy (ve sférických zeměpisných souřadnicích) ...	27
PŘÍKLAD 4	1. základní geodetická úloha ...	28
3.1.5.2	Řešení 2. základní geodetické úlohy (ve sférických zeměpisných souřadnicích) ...	29
PŘÍKLAD 5	2. základní geodetická úloha ...	30
	<i>Literatura ...</i>	31
3.2	Referenční elipsoid a výpočty na referenčním elipsoidu ...	31
3.2.1	Souřadnicové soustavy a jejich transformace ...	32
3.2.1.1	Vybrané transformace souřadnic ...	34
PŘÍKLAD 6	Transformace B, L, H na X, Y, Z ...	37
PŘÍKLAD 7	Transformace X, Y, Z na B, L, H ...	38
3.2.2	Křivky na rotačním elipsoidu ...	38
3.2.3	Poloměry křivosti na elipsoidu ...	43
3.2.4	Základní výpočty na rotačním elipsoidu ...	46
3.2.5	Řešení sféroidických trojúhelníků ...	47
3.2.5.1	Řešení přechodem na náhradní kouli ...	47
	<i>Literatura ...</i>	48
3.3	Vztahy mezi dvěma elipsoidy ...	48
3.3.1	Úvod ...	48
3.3.2	Odvození transformačních rovnic mezi dvěma souřadnicovými soustavami dvou elipsoidů ...	49
3.3.3	Odvození zprostředkujících rovnic oprav pro určení transformačního klíče ...	52
3.3.4	Základní geometrické úlohy mezi dvěma rotačními elipsoidy ...	54
PŘÍKLAD 8	Výpočet $(X, Y, Z)_W$ a $(\alpha, \beta, \gamma)_W$...	55
PŘÍKLAD 9	Výpočet $(X', Y', Z')_B$ a $(\alpha', \beta', \gamma')_B$...	56
PŘÍKLAD 10	Výpočet $(B, L, H)_B$ a $(\alpha, \beta, \gamma)_B$...	56
PŘÍKLAD 11	Výpočet $(X, Y, Z)_{1B}$ a $(\alpha, \beta, \gamma)_{1B}$...	57
PŘÍKLAD 12	Výpočet $(X', Y', Z')_1$ a $(\alpha', \beta', \gamma')_1$...	58
PŘÍKLAD 13	Výpočet odlehlosti elipsoidu Besselova a WGS84 ...	59
	<i>Literatura ...</i>	61

III. ČÁST – VYROVNÁVACÍ POČET 1 - MNC

4 Základní poznatky MNC ... 63

4.1	Úvod ...	63
4.2	Vyrovnání metodou nejmenších čtverců ...	63
4.2.1	Výpočet odhadu přesnosti ...	65
4.2.2	Kontroly ...	66
4.3	Podmínková pozorování ...	67
4.3.1	Přímé řešení podmínkových pozorování ...	68
4.3.2	Postupné řešení podmínkových pozorování ...	69
4.4	Zprostředkující pozorování ...	69
4.5	Zprostředkující pozorování s neznámými parametry a podmínková pozorování s neznámými parametry ...	72

- 4.6 Zprostředkující pozorování s neznámými parametry a podmínková pozorování s neznámými parametry převedením podmínkových pozorování na zprostředkující ... 73
 - 4.7 Závěrem stručné, ale zásadní porovnání metody zprostředkujících a metody podmínkových pozorování, především s ohledem na vyrovnání geodetických sítí ... 76
- Literatura ... 76*

IV. ČÁST – GEODETICKÉ SÍTĚ

5 Geodetické sítě – 2D ... 77

- 5.1 Úvod ... 77
 - 5.1.1 Váhy měřených veličin ... 78
- 5.2 Vyrovnání geodetických sítí v 2D prostoru pomocí podmínkových měření/pozorování ... 78
 - 5.2.1 Vyrovnání triangulace ... 79
 - PŘÍKLAD 14 Vyrovnání rovinné trojúhelníkové sítě podle podmínkových pozorování ... 80
 - 5.2.2 Vyrovnání trilaterace ... 84
 - 5.2.3 Vyrovnání měření kombinovaných ... 84
 - PŘÍKLAD 15 Vyrovnání rovinného trojúhelníka podle podmínkových měření/ pozorování, jsou-li měřeny úhly a délky stran – vyrovnání měření kombinovaných ... 85
- 5.3 Vyrovnání geodetických sítí ve 2D prostoru pomocí zprostředkujících pozorování ... 87

Literatura ... 89

6 Trojrozměrná geodézie – 3D ... 91

- 6.1 Teoretické základy 3D geodézie ... 91
 - 6.1.1 Úvod ... 91
 - 6.1.2 Teoretické základy trojrozměrné geodézie ... 92
 - 6.1.2.1 Souřadnicové systémy a základní vztahy ... 93
 - 6.1.2.2 Vyjádření diferenciálů neznámých veličin v obzorníkovém systému ... 98
 - 6.1.2.3 Zprostředkující rovnice oprav ... 100
 - 6.1.2.4 Přehled výpočetního postupu ... 102
 - 6.1.3 Závěr ... 103

Literatura ... 103
- 6.2 Podmínka komplanarity ... 104

Literatura ... 105
- 6.3 Společné vyrovnání směrových a délkových veličin ... 105

Literatura ... 108
- 6.4 Vyrovnání sítě v 3D prostoru bez závislosti na svislici .. 108
 - 6.4.1 Sestavení podmínkových rovnic ... 108

Literatura ... 112
- 6.5 Vyrovnání prostorové sítě metodou družicové geodézie ... 113
 - 6.5.1 Stanovení základních vztahů pro určení směru strany prostorové sítě ... 113
 - 6.5.2 Sestavení podmínkových rovnic pro variantu A ... 115

- 6.5.3 Stanovení počtu podmínkových rovnic ... 117
- 6.5.4 Zhodnocení a závěr ... 118
- Literatura ... 119*
- 6.6 Vyrovnání prostorové trilaterační sítě objemovou podmínkou ... 119
 - 6.6.1 Úvod ... 119
 - 6.6.2 Tvar objemové podmínky a její úprava ... 119
 - 6.6.3 Číselná aplikace ... 123
 - 6.6.4 Závěr ... 123
 - Literatura ... 124*
- 6.7 Prostorové protínání z délek ... 124
 - 6.7.1 Úvod ... 124
 - 6.7.2 Teoretické řešení úlohy ... 124
 - 6.7.2.1 Řešení pro nadbytečný počet n měření ... 126
 - PŘÍKLAD 16 Prostorové protínání z délek s vyrovnáním... 126
 - 6.7.2.2 Řešení pro nutný počet n měření ... 128
 - PŘÍKLAD 17 Prostorové protínání z délek bez vyrovnání ... 129
 - Literatura ... 131*

7 Triangulace na vysoké cíle – síť 0-tého řádu – hvězdná triangulace ... 133

- 7.1 Úvodem několik slov na vysvětlenou ... 133
- 7.2 Dvě základní souřadnicové soustavy sférické astronomie ... 133
 - 7.2.1 Obzorníková souřadnicová soustava ... 134
 - 7.2.2 Rovníkové souřadnicové soustavy ... 135
- 7.3 Základní geometrické úlohy družicové geodézie (DG) ... 136
- 7.4 Teorie Väisälä-ho metody hvězdné triangulace – síť 0-tého řádu ... 139
 - 7.4.1 Část 1 – Určení směru strany sítě ... 139
 - 7.4.2 Část 2 – Vyrovnání celé sítě ... 140
- 7.5 Zobecnění Väisälä-ho metody hvězdné triangulace ... 142
- 7.6 Měření na velké vzdálenosti před „družicovou érou“ ... 144
- 7.7 Triangulace na vysoké cíle – síť 0-tého řádu ... 146
 - 7.7.1 Použití balónů k budování finské sítě 0-tého řádu ... 146
 - 7.7.2 Přenos směru a délky pomocí letadla ... 146
- Literatura ... 149*

8 Družicové sítě ... 153

- 8.1 Geometrické úlohy družicové geodézie (DG) ... 153
 - Literatura ... 154*
- 8.2 Družicové sítě z počátku „družicové éry“ ... 154
 - 8.2.1 Družicová síť Smithsoniánské astrofyzikální observatoře (SAO) ... 155
 - 8.2.1.1 Vyrovnání bloku Evropa – Asie ... 156
 - 8.2.1.2 Vyrovnání bloku Atlantik – Amerika – Pacifik ... 158
 - 8.2.2 Vyrovnání trojúhelníku východoevropské sítě ... 159
 - Literatura ... 161*
- 8.3 Celosvětová geometrická družicová síť BC-4 ... 161
 - Literatura ... 162*

8.4	Propojení pěti geodetických referenčních soustav pomocí celosvětové geometrické družicové sítě BC-4 ...	163
8.4.1	Směrové veličiny ...	163
8.4.2	Délkové veličiny ...	163
8.4.3	Vyrovnání světové sítě BC-4 jako celku ...	164
8.4.3.1	Úplné základnové podmínkové rovnice ...	164
8.4.3.2	Rozšířené základnové podmínkové rovnice ...	165
8.4.3.3	Výsledky vyrovnání družicové světové sítě BC-4 ...	166
8.4.4	Určení vzájemných posunutí středů referenčních elipsoidů, jejich stočení vzhledem k astronomickému systému a délkových měřítek ...	166
8.4.4.1	Určení pravoúhlých souřadnic ...	166
8.4.4.2	Sestavení zprostředkujících rovnic oprav ...	167
8.4.4.3	Výsledné hodnoty posunutí, stočení a délkových měřítek referenčních elipsoidů ...	168
	<i>Literatura ...</i>	<i>169</i>
8.5	Závěr ...	169
8.5.1	Metody a měřené veličiny – jejich využití v geodézii ...	170
	<i>Literatura ...</i>	<i>172</i>