

Valdis Vanags

Mūsdienu Latvijas topogrāfiskās kartes
Fotogrammetrija



LR Valsts zemes dienests,
2003

Saturs

1. Ievads	9
2. Fotogrammetrijas vēsture	11
3. Fotogrammetrijas ģeometriskie pamati	12
3.1. Koordinātu sistēmas fotogrammetrijā	12
3.1.1. Vispārīgi	12
3.1.2. Komparatora koordinātu sistēma	12
3.1.3. Ainas koordinātu sistēma	12
3.1.4. Modeļa koordinātu sistēma	13
3.1.5. Ģeodēziskā (objekta) koordinātu sistēma	13
3.2. Centrālā projekcija	14
3.2.1. Centrālās projekcijas elementi	14
3.2.2. Ainas mērogs	17
3.2.3. Iekšējā orientējuma elementi	20
3.2.4. Ārējā orientējuma elementi	21
3.2.5. Matemātiskā sakarība starp ainas un ģeodēziskajām koordinātām	22
3.3. Telpiskās rotācijas matricas	27
3.3.1. Vispārīgi	27
3.3.2. Rotācijas ar leņķiem ω, φ un κ	27
3.3.3. Rotācijas ar leņķiem α, ν un κ	31
3.3.4. Rotācijas ap fiksētām asīm	33
3.3.5. Diferenciālā rotācijas matrica	34
3.3.6. Rotācijas matricas īpašības	34
4. Fotogrammetrijas optiskie pamati	35
5. Fotogrammetrijas fotogrāfiskie pamati	40
5.1. Krāsas un filtri	40
5.2. Fotogrāfiskais process	41
5.3. Fotogrāfisko emulsiju īpašības	44
6. Fotokameras	49
6.1. Fotokameru iedalījums	49
6.2. Aerofotokameras	49
6.2.1. Vispārīgi	49
6.2.2. Aerofotokameru vispārēja uzbūve	50
6.2.3. Prasības metriskajām aerofotokamerām	51
6.3. Terrestriskās fotokameras	53
6.3.1. Vispārīgi	53
6.3.2. Prasības terrestriskajām metriskajām kamerām	53
6.3.3. Stereometriskā kamera	54
6.3.4. Neatkarīgās metriskās kameras	55
7. Attēla asums	56
8. Aerofotografēšanas plānošana	61
9. Terrestriskās fotografēšanas plānošana	71
10. Vienas ainas fotogrammetriskā apstrāde	74
10.1. Izlīdzināšana pēc mazāko kvadrātu metodes	74
10.2. Ģeodēzisko plaknes koordinātu aprēķins	76
10.3. Pretējais telpiskais krustojums	80
10.3.1. Princips	80
10.3.2. Labojumu vienādojumi un normālvienādojumi	80
10.4. Aina transformēšana	82
10.4.1. Analītiskā transformēšana	83

10.4.2. Grafiskā transformēšana	84
10.4.3. Optiski mehāniskā transformēšana	86
10.4.4. Diferenciālā transformēšana	91
10.4.5. Digitālais ortofoto	95
11. Divu ainu fotogrammetriskā apstrāde	96
11.1. Ģeodēzisko koordinātu aprēķins	96
11.1.1. Ģeodēzisko koordinātu aprēķins normālgadījumā	96
11.1.2. Aptuvens ģeodēzisko koordinātu aprēķins vispārējā gadījumā	98
11.1.3. Telpiskais krustojums	98
11.2. AINU PĀRA ORIENTĒŠANA	100
11.2.1. Kopīga ainu pāra orientēšana	100
11.2.2. AINU PĀRA RELATĪVĀ ORIENTĒŠANA	103
11.2.3. Modeļa koordinātu aprēķins	106
11.2.4. Modeļa absolūtā orientēšana	106
12. Fototriangulācija	111
12.1. Atbalstpunktu un saistpunktu mērījumi	111
12.2. Neatkarīgu modeļu bloka izlīdzināšana	112
12.2.1. Bloka planimetriskā izlīdzināšana	112
12.2.2. Bloka telpiskā izlīdzināšana	118
12.3. Neatkarīgu modeļu bloka izlīdzināšanas plaknes un augstumu precizitāte	119
12.3.1. Planimetriskā precizitāte	120
12.3.2. Augstumu precizitāte	123
12.3.3. Empīriskā planimetriskā un augstumu precizitāte	124
12.3.4. Maršruta triangulācijas planimetriskā un augstumu precizitāte	124
12.4. Kūļu bloka izlīdzināšana	125
12.4.1. Labojumu vienādojumi un normālvienādojumi	125
12.4.2. Normālvienādojumu atrisināšana	127
12.4.3. Iekšējā orientējuma nezināmie un papildus parametri	128
12.4.4. Kūļu izlīdzināšanas precizitāte, priekšrocības un trūkumi	128
12.5. GPS atbalstītā aerotriangulācija	129
12.6. Ainas ārējā orientējuma elementu noteikšana, izmantojot GPS/INS tehnoloģiju	132
13. Fotogrammetriskie instrumenti	133
13.1. Stereoskopiskā redze un mērīšana	133
13.2. Monokomparatori	142
13.3. Stereokomparatori	144
13.4. Punktu pārnesšanas ierīces	144
13.5. Stereometri	145
13.6. Analogie stereoinstrumenti	146
13.7. Analītiskie stereoinstrumenti	151
14. Digitālā fotogrammetrija	156
14.1. Digitālas ainas definīcija	156
14.2. Digitālās kameras	157
14.3. AINU SKENĒŠANA	157
14.4. Digitālās fotogrammetriskās darba stacijas	159
14.5. Automātiska punktu mērīšana	160
14.6. Digitālu ainu orientēšana	164
14.7. Digitālais augstumu modelis	166
14.8. Digitālā ortofoto izgatavošana	168
15. Vizuālā ainu interpretēšana (kamerālā dešifrēšana)	171
15.1. Interpretēšanas faktori jeb pazīmes	171

15.2. Interpretēšanas palīgīdzekļi	173
15.3. AINU interpretēšanas metodes	174
15.3.1. Darba norise	175
15.3.2. Ainas saturs iedalījums	176
15.3.3. Interpretēšanas atslēgas	177
15.3.4. AINU analīzes metodes	177
15.3.5. Interpretēšanas metožu salīdzinājums	178
15.4. AINU iegūšana interpretēšanas vajadzībām	178
16. Fotogrammetriskā ražošana	180
17. Kameru kalibrēšana	183
18. Īss pārskats par tālzpēti	187
18.1. Tālzpētes jēdziens	187
18.2. Aeroainu un satelītattēlu iegūšana	187
18.2.1. Fizikālie pamati	188
18.2.2. Fotogrāfiskās datu iegūšanas sistēmas	195
18.2.3. Datu iegūšana ar skeneru sistēmām	195
18.2.4. Datu iegūšana ar radaru sistēmām	200
18.3. Aeroainu un satelītattēlu īpašības	204
18.3.1. Ģeometriskās īpašības	204
18.3.2. Radiometriskās (fizikālās) īpašības	209
18.4. Attēlu apstrāde	209
18.4.1. Analogā datu apstrāde	209
18.4.2. Digitālā attēlu apstrāde	210
18.4.3. Multispektrālā klasificēšana	218
18.5. Aeroainu un satelītattēlu lietojums	226
18.5.1. Kartogrāfija	227
18.5.2. Ģeogrāfija	228
18.5.3. Ģeoloģija un ģeomorfoloģija	228
18.5.4. Augšņu zinātne	229
18.5.5. Mežsaimniecība un lauksaimniecība	230
18.5.6. Zooloģija	232
18.5.7. Teritoriju plānošana	232
18.5.8. Arheoloģija	232
18.5.9. Hidroloģija	233
18.5.10. Meteoroloģija un klimatoloģija	233
18.5.11. Planētu izpēte	233
Pielikumi	235
1. Atbalstpunkta apraksts	237
2. Kameras kalibrēšanas sertifikāts	238
3. Melnbalta aina mērogā 1 : 30 000	242
4. Krāsaina aina mērogā 1 : 30 000	243
5. Melnbalta aina mērogā 1 : 6 200	244
6. Krāsaina aina mērogā 1 : 6 200	245
7. Krāsaina aina, iegūta ar digitālo kameru	246
8. Krāsaina aina, eksperimentālos nolūkos iegūta ziemā ar digitālo kameru	247
9. Melnbaltas ortofotokartes mērogā 1 : 10 000 fragments	248
10. Krāsainas ortofotokartes mērogā 1 : 10 000 fragments	249
11. Melnbaltas ortofotokartes mērogā 1 : 2 000 fragments	250
12. Krāsainas ortofotokartes mērogā 1 : 2 000 fragments	251
13. Topogrāfiskā plāna mērogā 1 : 2 000 fragments	252
14. Vienkāršotās topogrāfiskās kartes mērogā 1 : 10 000 fragments	253

Mūsdienu Latvijas topogrāfiskās kartes - Fotogrammetrija

15. Pilnās topogrāfiskās kartes mērogā 1 : 10 000 fragments	254
16. Digitālā augstumu modeļa vizualizācija režģa veidā, Gaujas ieleja Cēsu rajonā.	255
Digitālā augstumu modeļa vizualizācija ēnota reljefa veidā, Gaujas ieleja Cēsu rajonā.	256
17. Nogruvums Turaidā. Krāsainas ainas fragments, iegūta ar digitālo kameru	257
18. Satelītattēla mērogā 1 : 10 000 fragments	258
19. Infrasarkanā aina mērogā 1 : 30 000, drukāts mērogā 1 : 40 000	259
Jēdzienu rādītājs un definīcijas	261
Literatūra	274
Atsauksme	275