

SPIS TREŚCI

WSTĘP	11
1. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z GEODEZJI	15
1.1. Kształt Ziemi	15
1.2. Fizyczna powierzchnia Ziemi, elipsoida, geoida	19
1.3. Geoida a średni poziom morza	20
1.4. Elipsoida	23
1.5. Krótka historia geodezji	26
1.6. Historia geodezji w Polsce	27
1.7. Podział geodezji	30
2. UKŁAD WSPÓŁRZĘDNYCH, SYSTEM I UKŁAD ODNIESIENIA	33
2.1. Kartezjański układ współrzędnych	33
2.2. Elipsoidalny (geodezyjny) układ współrzędnych	33
2.3. Płaski układ współrzędnych	35
2.3.1. Pojęcie obszaru niedużego	35
2.3.2. Współrzędne prostokątne i biegunowe	36
2.4. Geodezyjny system i układ odniesienia	37
2.5. Geodezyjny układ odniesienia WGS84	40
2.6. Geodezyjny układ odniesienia EUREF	41
3. MIARY I JEDNOSTKI	44
3.1. Od klasycznej definicji metra do systemu SI	44
3.2. Podstawowe zasady systemu SI	45
3.3. Podstawowe jednostki systemu SI	46
3.3.1. Jednostki odległości, powierzchni i objętości	46
3.3.2. Jednostki kątowe (na płaszczyźnie) według systemu SI	47
3.3.3. Związek między radianami a miarą stopniową	47
3.3.4. Związek między miarą radialną a miarą gradową	49
3.3.5. Związek między miarą stopniową a miarą gradową	49
3.3.6. Jednostki systemu SI rzadko stosowane w geodezji	50
4. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI Z TEORII BŁĘDÓW	51
4.1. Źródła błędów	51
4.2. Typy obserwacji	52
4.3. Błędy grube, systematyczne i przypadkowe	53
4.4. Błąd prawdziwy i pozorny	54
4.5. Właściwości błędów przypadkowych	56
4.6. Niezawodność pomiarów geodezyjnych	61
4.7. Miary dokładności	62
4.8. Obserwacje bezpośrednie jednej wielkości wykonane w różnych warunkach	67
4.8.1. Wagi	67
4.8.2. Ogólna średnia arytmetyczna	68
4.8.3. Obliczenie błędu średniego z pary pomiarów	69
4.9. Prawo przenoszenia się błędów	70
4.10. Linearyzacja funkcji	74
4.11. Wyrównanie obserwacji bezpośrednich spełniających warunek sumy	76
4.12. Wyrównanie obserwacji metodą parametryczną	77
5. ELEMENTY INSTRUMENTÓW MIERNICZYCH	81
5.1. Klasyczne libelle	81
5.1.1. Libella pudełkowa	81
5.1.2. Libella rurkowa	82
5.1.3. Wyznaczanie przewagi libelli	85

5.2. Elementy optyczne w instrumentach mierniczych	86
5.2.1. Podstawy optyki geometrycznej	86
5.2.2. Błędy obrazów tworzonych przez soczewki	90
5.2.3. Klin optyczny	91
5.2.4. Płytką płaskorównoległą	92
5.3. Lunety geodezyjne	93
5.3.1. Budowa lunety geodezyjnej	93
5.3.2. Krzyż kresek	94
5.3.3. Ogniskowanie lunety	95
5.3.4. Obiektyw i okular	96
5.3.5. Przysłony	97
5.4. Powiększenie, pole widzenia, jasność i rozdzielczość lunety	98
5.5. Praktyczne uwagi	101
6. NIWELACJA – METODY I INSTRUMENTY	102
6.1. Wstęp	102
6.2. Podstawowe linie w niwelacji	103
6.3. Klasyfikacja metod niwelacji	104
6.3.1. Zasada niwelacji geometrycznej	104
6.3.2. Niwelacja trygonometryczna	105
6.3.3. Niwelacja satelitarna	106
6.3.4. Barometryczny pomiar wysokości	108
6.3.5. Niwelacja hydrostatyczna	109
6.4. Sposoby niwelacji geometrycznej	111
6.4.1. Niwelacja w przód	111
6.4.2. Niwelacja ze środka	112
6.5. Znaki wysokościowe	113
6.6. Łaty niwelacyjne	115
6.7. Niwelatory libellowe	118
6.7.1. Wprowadzenie	118
6.7.2. Niwelator ze stałą lunetą	118
6.7.3. Niwelator ze śrubą elewacyjną	119
6.8. Niwelatory samopoziomujące	120
6.8.1. Zasady działania kompensatorów optyczno-mechanicznych	120
6.8.2. Niwelator cyfrowy	124
6.9. Sprawdzenie niwelatora	124
6.10. Źródła błędów niwelacji geometrycznej	127
6.10.1. Wpływ zakrzywienia powierzchni Ziemi	127
6.10.2. Wpływ refrakcji	129
6.10.3. Wpływ refrakcji i zakrzywienia powierzchni Ziemi	135
6.10.4. Wibracja powietrza	137
6.10.5. Wpływ refrakcji różnicowej	138
6.10.6. Wpływ nierównoległości (szczątkowej) osi celowej do osi libelli	139
6.10.7. Wpływ odchylenia łąty od pionu	141
6.10.8. Wpływ osiadania niwelatora i łąty w czasie pomiaru	143
6.10.9. Wpływ błędnej jednostki długości wniesionej na łątę	144
6.10.10. Wpływ błędnego miejsca zera pary łąt	145
6.10.11. Błąd przypadkowy podziału i odczytu łąty	146
6.10.12. Błąd przypadkowy poziomowania osi celowej	146
6.11. Dokładność niwelacji geometrycznej	147
6.11.1. Błąd średni pojedynczego odczytu	147
6.11.2. Błąd średni różnicy wysokości ΔH na stanowisku	148
6.11.3. Błąd średni różnicy wysokości dla odcinka o n stanowiskach lub długości L	149
6.11.4. Ocena przypadkowych i systematycznych błędów niwelacji	150
6.12. Niwelacja reperów	151
6.12.1. Ciąg niwelacyjny	151

6.12.2. Osnowa wysokościowa	153
6.12.3. Niwelacja techniczna	155
6.13. Wyrównanie ciągu niwelacyjnego zamkniętego	157
7. TEODOLIT – INSTRUMENT DO POMIARU KĄTÓW	159
7.1. Historia pomiaru kątów i definicje	159
7.2. Budowa teodolitu	161
7.2.1. Części składowe teodolitu	161
7.2.2. Limbus	163
7.2.3. Alidada	164
7.2.4. Luneta	164
7.2.5. Statywy i piony	165
7.2.6. Systemy osiowe teodolitów	167
7.2.7. Tradycyjne systemy odczytowe	170
7.2.8. Elektroniczne systemy odczytowe	174
7.2.9. Koło pionowe	182
7.2.10. Tarcze celownicze	183
7.3. Błędy konstrukcyjne i rektyfikacja teodolitów	184
7.3.1. Oś geometryczne teodolitu	184
7.3.2. Błąd spowodowany niedokładnym ustawieniem osi instrumentu w pionie	185
7.3.3. Błąd inklinacji	186
7.3.4. Błąd kolimacji	187
7.3.5. Błąd spowodowany mimośrodowym osadzeniem lunety	189
7.3.6. Błąd spowodowany ekscentrycznością alidady	190
7.3.7. Błędy podziału koła	191
7.3.8. Błąd indeksu koła pionowego	192
7.3.9. Błąd ustawienia siatki celowniczej	193
7.4. Pomiar kątów poziomych	194
7.4.1. Przygotowanie teodolitu do pomiaru	194
7.4.2. Metody pomiaru kątów poziomych	196
7.5. Wpływ błędów na pomiary katowe	200
7.5.1. Błąd centrowania sygnałów	200
7.5.2. Błąd centrowania teodolitu	203
7.5.3. Błąd celowania	209
7.5.4. Błąd odczytu	211
7.5.5. Wpływy zewnętrzne na pomiary katowe	212
7.5.6. Błąd pomiaru kąta	213
7.5.7. Planowanie pomiaru kąta metodą katową	214
7.6. Klasyfikacja teodolitów	216
7.6.1. Teodolity o małej dokładności	216
7.6.2. Teodolity o średniej dokładności	217
7.6.3. Teodolity o wysokiej dokładności	218
7.6.4. Teodolity o najwyższej dokładności	218
8. POMIARY LINIOWE – KLASYCZNE I WSPÓŁCZESNE	220
8.1. Zasady ogólne i klasyfikacja metod	220
8.2. Tyczenie linii prostych	221
8.3. Bezpośrednie pomiary długości taśmą i ruletką	224
8.3.1. Pomiar długości taśmą stalową	224
8.3.2. Pomiar odległości	226
8.4. Błędy występujące przy pomiarze taśmą	228
8.4.1. Rodzaje błędów systematycznych i przypadkowych	228
8.4.2. Błąd z powodu komparacji	229
8.4.3. Błąd z powodu temperatury	229
8.4.4. Błąd z powodu zwisu taśmy	230
8.4.5. Błąd z powodu niedokładnego układania taśmy w linii	231
8.4.6. Błąd z powodu nierówności terenu	231

8.4.7. Błąd z powodu niewłaściwego naciągnięcia taśmy	232
8.5. Redukcja pomierzonego odcinka do poziomu	233
8.6. Pomiar odległości drutami inwarowymi	234
8.7. Ocena dokładności bezpośrednich pomiarów długości	235
8.8. Pośrednie pomiary długości	236
8.8.1. Pośrednie pomiary długości za pomocą dowolnych konstrukcji geometrycznych	236
8.8.2. Optyczny pomiar długości	238
8.9. Elektroniczny pomiar odległości	245
8.9.1. Pomiar odległości za pomocą fal elektromagnetycznych	245
8.9.2. Fala nośna i pomiarowa	247
8.9.3. Fala modulowana	247
8.9.4. Dalmierze mikrofalowe	248
8.9.5. Dalmierze świetlne	249
8.9.6. Ogólne zasady elektronicznego pomiaru odległości	249
8.9.7. Wpływ atmosfery	254
8.9.8. Błędy elektronicznych pomiarów odległości	256
8.9.9. Testowanie i kalibracja	257
8.9.10. Dokładność pomiaru i zasięg	259
9. POZIOME SIECI GEODEZYJNE – OD TRIANGULACJI DO POLIGONIZACJI	260
9.1. Triangulacja	260
9.2. Klasyfikacja poziomych sieci geodezyjnych	264
9.2.1. Zasady klasyfikacji	264
9.2.2. Sieć EUREF w Polsce	265
9.2.3. Krajowa zintegrowana sieć podstawowa – POLREF	265
9.2.4. European Vertical GPS Reference Network (EUVN)	267
9.3. Ciągi poligonowe	268
9.3.1. Rodzaje ciągów poligonowych	268
9.3.2. Projektowanie, stabilizacja i pomiar ciągów	271
9.3.3. Obliczanie współrzędnych punktów ciągów poligonowych	276
9.3.4. Dokładność poligonizacji	282
10. PROSTE POMIARY SYTUACYJNE I ICH OPRACOWANIE	284
10.1. Szczegóły terenowe i ich klasyfikacja	284
10.2. Pozioma ośnowa pomiarowa	285
10.3. Klasyczny pomiar szczegółów terenowych	287
10.3.1. Metoda domiarów prostokątnych	287
10.3.2. Metoda biegunowa	292
10.3.3. Pomiary biegunowe ze stanowiska swobodnego	294
10.3.4. Metoda przedłużeń konturów sytuacyjnych	296
10.3.5. Metoda wcięcia liniowego	297
10.3.6. Metoda wcięcia kąтового	298
10.4. Analiza dokładności metod pomiaru szczegółów	299
11. KLASYCZNE I WSPÓŁCZESNE METODY PRZEDSTAWIANIA I POMIARU RZĘBY TERENU	301
11.1. Tradycyjne metody przedstawiania rzeźby terenu	301
11.1.1. Metoda punktów wysokościowych	301
11.1.2. Metoda kresek	303
11.1.3. Metoda warstwic	304
11.2. Tradycyjne metody pomiaru rzeźby terenu	308
11.2.1. Niwelacja punktów rozproszonych	308
11.2.2. Niwelacja siatkowa	310
11.2.3. Niwelacja podłużna i poprzeczna	312
11.3. Numeryczny model terenu	314
11.3.1. Pojęcie numerycznego modelu terenu	314
11.3.2. Model w postaci siatki kwadratów	315

11.3.3. Model w postaci nieregularnej siatki trójkątów	316
11.3.4. Metody generowania DTM	319
12. ODWZOROWANIA KARTOGRAFICZNE	327
12.1. Wiadomości wstępne	327
12.2. Wybrane odwzorowania	330
12.2.1. Odwzorowanie azymutalne	330
12.2.2. Odwzorowanie gnomoniczne	331
12.2.3. Odwzorowanie Merkatora	331
12.2.4. Odwzorowanie Gaussa-Krügera	332
12.2. Geometryczne zniekształcenia map	334
12.4. Odwzorowania stosowane w Polsce	337
12.4.1. Odwzorowanie Roussilhe'a	337
12.4.2. Odwzorowanie Gaussa-Krügera z 1947 roku	338
12.4.3. Odwzorowanie Gaussa-Krügera z 1953 roku	338
12.4.4. Odwzorowanie Roussilhe'a i Gaussa-Krügera, czyli układ „1965”	339
12.4.5. Kolejne odwzorowanie Gaussa-Krügera	339
13. MAPA TRADYCYJNA	341
13.1. Skala mapy	341
13.2. Rodzaje map	345
13.3. Tradycyjne metody sporządzania map sytuacyjnych i wysokościowych	347
13.3.1. Wiadomości wstępne	347
13.3.2. Materiały i przyrządy kreślarskie	350
13.3.3. Wykonanie siatki kwadratów	350
13.3.4. Nanoszenie punktów osnowy	351
13.3.5. Kartowanie punktów na domiarach prostokątnych	353
13.3.6. Kartowanie punktów na domiarach biegunowych	354
13.3.7. Dokładność mapy	354
14. OBLICZANIE PÓŁ POWIERZCHNI FIGUR GEOMETRYCZNYCH	357
14.1. Rys historyczny katastru	357
14.2. Obliczanie pól prostych figur geometrycznych	360
14.2.1. Trójkąt	360
14.2.2. Kwadrat	361
14.2.3. Prostokąt	361
14.2.4. Obliczenie pola dowolnego wieloboku zamkniętego	362
14.2.5. Pole wieloboku ze współrzędnych prostokątnych	362
14.2.6. Pole wieloboku ze współrzędnych biegunowych	363
14.3. Obliczanie pól metodą graficzną	364
14.4. Obliczanie pól metodą mechaniczną	364
14.5. Dokładność pomiaru pola powierzchni	367
14.5.1. Dokładność metody analitycznej	367
14.5.2. Dokładność metody graficznej	367
14.5.3. Dokładność pomiaru pola powierzchni planimetrem	368
15. GPS DLA POCZĄTKUJĄCYCH	369
15.1. Czy GPS jest całkowicie nową ideą?	369
15.2. Podstawowe składniki systemu GPS	369
15.3. Sygnały emitowane przez satelity systemu GPS	371
15.4. Zasada wyznaczania pozycji w systemie GPS	372
15.4.1. Przestrzenne wcięcie wstecz	372
15.4.2. Zasada pomiaru odległości od satelity	373
15.4.3. Zasada pomiaru czasu	373
15.4.4. Błędy, jakimi jest obciążona mierzona pseudoodległość	374
15.4.5. Jaka jest dokładność pozycji wyznaczonej techniką GPS?	375
15.5. Precyzyjne pomiary GPS	376
15.5.1. Wyznaczanie pozycji metodą różnicową	376

15.5.2. Pomiary fazowe GPS	377
15.5.3. Pomiary statyczne	379
15.5.4. Pomiary kinematyczne	379
15.5.5. Pomiary półkinematyczne	381
15.5.6. Pomiary dyferencjalne GPS	382
15.6. Zakładanie sieci geodezyjnych za pomocą techniki GPS	382
15.6.1. Projektowanie sieci GPS	382
15.6.2. Zasady wyboru boków sieci do pomiarów GPS	385
15.6.3. Planowanie sesji pomiarowej	388
15.7. GLONASS	389
15.8. EGNOS	391
15.9. Galileo	394
16. PODSTAWY FOTOGRAMETRII	396
16.1. Wprowadzenie	396
16.2. Geometryczne podstawy zdjęcia lotniczego	397
16.2.1. Rzut środkowy i jego elementy	397
16.2.2. Geometria zdjęcia pionowego	398
16.1.3. Elementy orientacji zdjęcia lotniczego	399
16.1.4. Punkty i linie charakterystyczne zdjęcia lotniczego	400
16.1.5. Skala zdjęcia lotniczego	403
16.2. Technika wykonywania zdjęć lotniczych	405
16.2.1. Kamery lotnicze	405
16.2.2. Rodzaje zdjęć lotniczych	408
16.2.3. Wykonywanie zdjęć lotniczych	409
16.3. Widzenie stereoskopowe	414
16.3.1. Naturalny efekt stereoskopowy	414
16.3.2. Sztuczny efekt stereoskopowy	415
16.3.3. Zniekształcenia na zdjęciach spowodowane deniwelacją terenu i nachyleniem zdjęcia ...	419
16.4. Przetwarzanie zdjęć lotniczych	421
16.4.1. Metoda graficzna	421
16.4.2. Metoda analityczna	422
16.4.3. Metoda fotomechaniczna	423
16.5. Fotoszkie, fotomapa i ortofotomapa	424
17. TELEDETEKCJA DLA CIEKAWYCH	426
17.1. Wprowadzenie	426
17.2. Istota teledetekcji	427
17.3. Promieniowanie elektromagnetyczne	428
17.3.1. Wiadomości wstępne	428
17.3.2. Zakres promieniowania elektromagnetycznego	429
17.3.3. Promieniowanie nadfioletowe	429
17.4. Podstawowe kolory zakresu widzialnego	431
17.5. Mikrofale	432
17.6. Oddziaływanie promieniowania z atmosferą	433
17.6.1. Rozpraszanie	433
17.6.2. Absorpcja	435
17.7. Promieniowanie i jego oddziaływanie na obiekty	436
17.7.1. Absorpcja	436
17.7.2. Odbicie	437
17.8. Sensory pasywne i aktywne	439
17.9. Charakterystyki obrazów teledetekcyjnych	440
LITERATURA	443