

Spis treści

PRZEDMOWA DO WYDANIA PIERWSZEGO	XI
1. WPROWADZENIE DO GEODEZJI WYŻSZEJ	1
Z historii geodezji	1
1.1. Kształt Ziemi. Powierzchnie odniesienia. Naukowe i praktyczne zadania geodezji. Podział geodezji wyższej	7
1.2. Wprowadzenie do geodezji fizycznej	11
1.2.1. Siła ciężkości	11
1.2.2. Powierzchnie poziome. Linie pionu	14
1.2.3. Pojęcie wysokości	14
1.2.4. Układ współrzędnych naturalnych	16
1.2.5. Umowny układ ziemski – CTS	18
2. ZAGADNIENIA GEOMETRYCZNE GEODEZJI WYŻSZEJ	22
2.1. Elipsoida obrotowa jako powierzchnia odniesienia	22
2.1.1. Elementarne związki pomiędzy parametrami elipsoidy	22
2.1.2. Układ współrzędnych geodezyjnych B, L	24
2.1.3. Przekroje normalne elipsoidy obrotowej i ich krzywizny	25
2.1.4. Szerokość geocentryczna i szerokość zredukowana	28
2.1.5. Równania parametryczne elipsoidy obrotowej	29
2.2. Linia geodezyjna na powierzchni elipsoidy obrotowej	31
2.2.1. Linia geodezyjna a przekroje normalne	31
2.2.2. Trójkąty geodezyjne i ich rozwiązywanie	34
2.3. Obliczanie współrzędnych na powierzchni elipsoidy obrotowej	36
2.3.1. Klasyfikacja metod	36
2.3.2. Metoda Clarke’a (zadanie wprost)	41
2.3.3. Wzory Clarke’a-Robbinsa	43
2.3.4. Metoda ‘średniej szerokości’ Gaussa	45
2.3.5. Rozwiązanie zadania ‘wprost’ metodą całkowania numerycznego. Algorytm Kivioja	49
2.4. Redukcja elementów podstawowej poziomej sieci geodezyjnej z elipsody odniesienia na płaszczyznę	51
2.4.1. Podstawowe wzory odwzorowania Gaussa-Krügera; odwzorowanie UTM	51
2.4.2. Redukcje długości i kierunków	59
2.4.3. Transformacja do sąsiednich pasów odwzorowawczych	61
2.5. Transformacja współrzędnych B, L	63
2.5.1. Ogólne omówienie zadania transformacji współrzędnych	63
2.5.2. Transformacja Helmerta-Hristowa	64

3. MODELE POLA SIŁY CIĘŻKOŚCI ZIEMI 68

3.1. Elementy teorii potencjału 68

- 3.1.1. Podstawowe definicje i związki matematyczne 68
- 3.1.2. Wzory całkowe Gaussa. Tożsamości Greena 73
- 3.1.3. Zagadnienia brzegowe teorii potencjału 76

3.2. Harmoniczne sferyczne i ich zastosowanie do rozwinięcia potencjału grawitacyjnego Ziemi w szereg 78

- 3.2.1. Harmoniczne sferyczne 78
- 3.2.2. Rozwinięcie potencjału grawitacyjnego Ziemi w szereg harmonicznych sferycznych 83

3.3. Pole normalne siły ciężkości Ziemi 90

- 3.3.1. Harmoniczne elipsoidalne 90
- 3.3.2. Elipsoida ekwipotencjalna jako model potencjału normalnego siły ciężkości Ziemi 94
- 3.3.3. Potencjał normalny siły ciężkości w postaci szeregu harmonicznych sferycznych 99
- 3.3.4. Przyspieszenie normalne siły ciężkości 100
- 3.3.5. Gradient pionowy siły ciężkości w polu rzeczywistym i w polu normalnym 105
- 3.3.6. Geodezyjny System Odniesienia 1980 (GRS'80) 109
- 3.3.7. Przyspieszenie siły ciężkości na sferoidzie normalnej 113
- 3.3.8. Satelitarne wyznaczanie współczynników harmonicznych strefowych J_n (w zarysie) 120

3.4. Zmiany pola siły ciężkości w czasie. Zjawiska pływowe i ich modelowanie 125

- 3.4.1. Potencjał sił pływowych 125
- 3.4.2. Zmiany pływowe przyspieszenia siły ciężkości na powierzchni 'sztywnej Ziemi' 130
- 3.4.3. Siły pływowe a elastyczność Ziemi. Potencjał deformacyjny 132
- 3.4.4. Geodezyjne efekty zjawisk pływowych 134

4. ELEMENTY GRAWIMETRII GEODEZYJNEJ 140

4.1. O metodach pomiarów przyspieszenia siły ciężkości 140

- 4.1.1. Metody 'swobodnego spadku' i 'podrzutu i spadku' 140
- 4.1.2. Pomiary względne przyspieszenia siły ciężkości metodą wahadłową 146
- 4.1.3. Grawimetry statyczne 148
- 4.1.4. Cechowanie grawimetrów 155
- 4.1.5. Metodyka pomiarów grawimetrami 160

4.2. Korygowanie wyników pomiarów grawimetrami 162

- 4.2.1. Poprawki ze względu na zmiany przyspieszenia siły ciężkości spowodowane przyciąganiem Księżyca i Słońca 162
- 4.2.2. Poprawki ze względu na dryft grawimetru 164

4.3. Gradientometria – pomiary drugich pochodnych potencjału siły ciężkości 166

- 4.3.1. Zasada pomiarów drugich pochodnych potencjału siły ciężkości za pomocą wagi skręceń 166
- 4.3.2. Inne metody pomiaru drugich pochodnych potencjału 168

5. WYZNACZANIE FIGURY ZIEMI METODAMI GRAWIMETRYCZNYMI I ASTRONOMICZNO-GEODEZYJNYMI 171

5.1. Zarys teorii figury Ziemi według koncepcji Stokesa 171

- 5.1.1. Potencjał zakłócający 172
- 5.1.2. Anomalie grawimetryczne i odchylenia pionu 173
- 5.1.3. Podstawowe równanie geodezji fizycznej 175
- 5.1.4. Zarys rozwiązania zagadnienia brzegowego geodezji fizycznej. Wzór Stokesa 178
- 5.1.5. Odchylenia pionu na geoidzie. Wzory Vening-Meinesza 183

5.1.6. Niektóre częściej stosowane redukcje grawimetryczne	186
5.1.7. Liczby geopotencjalne i wysokości dynamiczne. Wysokości ortometryczne	201
5.1.8. Krzywizna linii pionu	213
5.2. Orientacja elipsoidy najlepiej pasującej do geoidy na danym obszarze	217
5.2.1. Orientacja elipsoidy a sieć astronomiczno-geodezyjna	217
5.2.2. Wyznaczanie orientacji, wymiarów i kształtu elipsoidy najlepiej pasującej do geoidy na danym obszarze	218
5.2.3. Równanie Laplace’a – orientacja elipsoidy względem średniego układu ziemskiego – orientacja sieci geodezyjnej na powierzchni elipsoidy odniesienia	222
5.2.4. Uwzględnienie ruchu bieguna ziemskiego	225
5.3. Względne odchylenia pionu. Niwelacja astronomiczna i astronomiczno-grawimetryczna	226
5.3.1. Interpolacja względnych odchyleń pionu	226
5.3.2. Niwelacja astronomiczna i astronomiczno-grawimetryczna	230
5.4. Redukcje pomiarów astronomicznych i geodezyjnych na elipsoidę odniesienia w rzeczywistym polu siły ciężkości	232
5.4.1. Redukcja szerokości i długości astronomicznej	232
5.4.2. Redukcja azymutów i kątów poziomych	233
5.4.3. Redukcja długości	236
5.5. Koncepcja Mołodeńskiego wyznaczenia figury Ziemi	238
5.5.1. Sformułowanie zagadnienia brzegowego geodezji na fizycznej powierzchni Ziemi	238
5.5.2. Wysokości normalne. Normalne szerokości geograficzne	240
5.5.3. Zarys i wynik rozwiązywania zagadnienia brzegowego Mołodeńskiego	244
5.5.4. Odchylenia pionu na fizycznej powierzchni Ziemi	248
5.6. O metodach statystycznych w geodezji fizycznej	250
5.6.1. Predykcja anomalii grawimetrycznych	250
5.6.2. Kolokacja metodą najmniejszych kwadratów	252
6. WYBRANE ZAGADNIENIA GEODEZJI WYŻSZEJ W EPOCE SATELITARNEGO WYZNACZANIA POZYCJI	255
6.0. Globalny Geodezyjny System Obserwacyjny (GGOS)	255
6.1. Na czym polegały geodezyjne pomiary satelitarne przed epoką GNSS	257
6.1.1. Nota historyczna o pomiarach fotograficznych SSZ i sieciach triangulacji satelitarnej	257
6.1.2. Modele pola grawitacyjnego Ziemi	261
6.1.3. Laserowe pomiary satelitarne (SLR) i pomiary interferencyjne bardzo długich baz (VLBI)	269
6.1.4. Pomiary dopplerowskie	272
6.2. Globalny satelitarny system nawigacyjny (GNSS)	275
6.2.1. Ogólna charakterystyka systemu GPS	277
6.2.2. Jakie informacje docierają do nas z satelitów systemu GNSS	280
6.2.3. Ogólne wiadomości o geodezyjnych odbiornikach satelitarnych GNSS	284
6.2.4. Jak wyznacza się współrzędne satelity GNSS na podstawie danych efemerydalnych	289
6.2.5. Na czym polega pomiar pozycji w systemie GNSS	290
6.2.6. Wpływy refrakcji troposferycznej i jonosferycznej na wyniki pomiarów w systemie GNSS	308
6.2.7. Inne spojrzenie na wielkości obserwowane i ich kombinacje liniowe. Problem wyznaczania niejednoznaczności całkowitej liczby cykli fazowych	318
6.2.8. Różne procedury pomiarowe w systemie GNSS	324
6.2.9. Różne zagadnienia związane z pomiarami techniką GNSS	341
6.2.10. O redukcji obserwacji GNSS i zaawansowanych pakietach programów redukcyjnych	348

6.3. Teoria wysokości geometrycznych	355
6.3.1. Inny układ współrzędnych elipsoidalnych	356
6.3.2. Wysokości geometryczne	358
6.4. Problematyka lokalnych elipsoid odniesienia	364
6.4.1. Wyznaczanie położenia elipsoidy na podstawie pomiarów satelitarnych	365
6.4.2. Elipsoida odniesienia przechodząca przez średnią wysokość obszaru	369
6.5. Transformacje i redukcje wyników pomiarów satelitarnych do klasycznych układów geodezyjnych	373
6.5.1. Wprowadzenie do transformacji współrzędnych prostokątnych	374
6.5.2. Ogólny przypadek transformacji afinicznej w przestrzeni trójwymiarowej	376
6.5.3. Transformacja afiniczna współrzędnych płaskich	380
6.5.4. Transformacja przez podobieństwo	381
6.5.5. Transformacja quasi-afiniczna z iteracyjnym rzutowaniem punktów na powierzchnię elipsoidy	384
6.5.6. Redukcje współrzędnych wyznaczanych techniką GNSS na powierzchnię elipsoidy odniesienia	388
6.5.7. Transformacja odchyleń pionu i odstępów geoidy do układu GRS'80	397
6.6. Europejski system odniesienia – ETRS89	399
6.7. Niwelacja satelitarna	413
6.7.1. Wysokości geometryczne a wysokości ortometryczne. Co to jest 'niwelacja satelitarna'	413
6.7.2. Rozwiązanie problemu niwelacji satelitarnej przez wyznaczenie wysokości geoidy względem elipsoidy GRS'80/WGS-84	416
6.7.3. Uprozczone sposoby wyznaczania geoidy na małych obszarach	423
6.7.4. Podejście do systemu wysokości w Polsce	427
6.8. Powiązanie lokalnych układów obserwacyjnych z układem globalnym	429
6.8.1. Odchylenia pionu na fizycznej powierzchni Ziemi wyznaczane metodą astronomiczną	432
6.8.2. Możliwości wykorzystania niwelacji trygonometrycznej do wyznaczania odchyleń pionu na fizycznej powierzchni Ziemi	434
6.8.3. Ciągi sytuacyjno-wysokościowe pomiędzy punktami GNSS; przejście do tachimetrii	442
7. GEODEZJA WSPÓŁCZESNA A PROBLEMATYKA BADAŃ GEODYNAMICZNYCH	447
7.1. Krótkie wprowadzenie do dynamiki litosfery	448
7.2. O metodach badania ruchów skorupy ziemskiej	450
7.3. Układ odniesienia do prezentacji przemieszczeń powierzchni skorupy ziemskiej na podstawie pomiarów techniką satelitarną GNSS	453
7.4. Międzynarodowa Służba GNSS (<i>International GNSS Service</i>, – IGS)	456
7.5. Polski udział w badaniach geodynamicznych metodami geodezyjnymi	458
7.5.1. Geodynamiczne projekty badawcze w Polsce	459
BIBLIOGRAFIA	470
ZESTAWIENIE AKRONIMÓW	483
SKOROWIDZ	485
NOTA O AUTORZE	495