

# Spis treści

Przedmowa.....	11
1. Pojęcie powierzchni odniesienia jako powierzchni oryginału w odwzorowaniu kartograficznym.....	13
1.1. Elipsoida obrotowa spłaszczona jako powierzchnia oryginału w odwzorowaniu kartograficznym.....	14
1.1.1. Równania elipsoidy obrotowej spłaszczonej.....	14
1.1.2. Parametry określające kształt i wielkość elipsoidy obrotowej spłaszczonej.....	15
1.1.3. Przekroje normalne główne elipsoidy obrotowej spłaszczonej.....	16
1.2. Sfera jako powierzchnia oryginału w odwzorowaniu kartograficznym.....	16
1.2.1. Wyznaczanie promienia sfery.....	17
1.2.2. Równania sfery.....	17
1.3. Układy współrzędnych na powierzchniach odniesienia.....	17
1.3.1. Układ współrzędnych geodezyjnych elipsoidalnych.....	18
1.3.2. Szerokość geocentryczna elipsoidalna.....	18
1.3.3. Układ współrzędnych prostokątnych na elipsoidzie.....	20
1.3.4. Szerokość geodezyjna zredukowana.....	21
1.3.5. Układ współrzędnych Soldnera na elipsoidzie.....	22
1.3.6. Układ współrzędnych geograficznych na sferze.....	25
1.3.7. Układ współrzędnych prostokątnych na sferze.....	26
1.3.8. Układ współrzędnych azymutalnych na sferze.....	26
1.3.9. Układ współrzędnych Soldnera na sferze.....	28
1.4. Podstawy obliczeń na elipsoidzie obrotowej spłaszczonej i sferze.....	29
1.4.1. Pierwsza forma kwadratowa powierzchni.....	30
1.4.2. Pierwsza forma kwadratowa elipsoidy.....	32
1.4.3. Długość łuku południka elipsoidy obrotowej spłaszczonej.....	32
1.4.4. Pojęcie linii geodezyjnej.....	34
1.4.5. Równanie linii geodezyjnej na elipsoidzie obrotowej spłaszczonej.....	35
1.4.6. Długość łuku linii geodezyjnej na elipsoidzie.....	40
1.4.7. Pole płata elipsoidy obrotowej spłaszczonej.....	42
1.4.8. Pierwsza forma kwadratowa sfery i jej zastosowania.....	45

1.5. Pytania kontrolne	46
1.6. Przykładowe aplikacje	47
2. Pojęcie odwzorowania kartograficznego	49
2.1. Pojęcie powierzchni regularnej	49
2.1.1. Sfera jako powierzchnia regularna	49
2.1.2. Elipsoida jako powierzchnia regularna	50
2.2. Pojęcie odwzorowania powierzchni w powierzchnię	51
2.3. Pojęcie odwzorowania kartograficznego	52
2.4. Pytania i zadania kontrolne	55
3. Podstawy teorii zniekształceń odwzorowawczych	56
3.1. Skala poszczególna, skala główna i skala zniekształceń w odwzorowaniu kartograficznym	56
3.2. Skala zniekształceń długości, skala zniekształceń pól oraz zniekształcenia kątów	57
3.3. Skala zniekształceń długości w kierunkach linii parametrycznych oraz w funkcji kąta kierunkowego	59
3.4. I i II twierdzenie Tissota, pojęcie krzywych głównych oraz elipsy zniekształceń odwzorowawczych	64
3.5. Ekstremalne skale zniekształceń długości	68
3.5.1. Kąt ekstremalnych zniekształceń długości oraz ekstremalne skale zniekształceń długości	68
3.5.2. Zależność między skalami zniekształceń długości w kierunkach głównych a skalami zniekształceń długości w kierunkach linii parametrycznych	69
3.6. Zniekształcenia kątów w odwzorowaniach kartograficznych	73
3.6.1. Zależność pomiędzy kątem kierunkowym $A$ na powierzchni oryginału a jego obrazem $A'$ w odwzorowaniu kartograficznym	73
3.6.2. Ekstremalne zniekształcenia dowolnego kąta $\gamma$	74
3.7. Skala zniekształceń pól	75
3.8. Kąt między liniami parametrycznymi na powierzchni oryginału i na powierzchni obrazu w odwzorowaniu kartograficznym	76
3.9. Zbieżność południków w odwzorowaniu kartograficznym	77
3.10. Pytania i zadania kontrolne	78
3.11. Przykładowe aplikacje	78
4. Redukcje odwzorowawcze wieloboków geodezyjnych	83
4.1. Pojęcie redukcji odwzorowawczych	83
4.2. Wyznaczanie długości odpowiednika obrazowego i redukcyjnego odcinka linii geodezyjnej	85
4.2.1. Zastosowanie metody równomiernego podziału odcinka	86
4.2.2. Zastosowanie metody aproksymacji wielomianem $n$ -tego stopnia	86
4.2.3. Wykorzystanie elementarnych skal zniekształceń długości w punktach równomiernego podziału odcinka linii geodezyjnej	87
4.3. Wyznaczenie odpowiedników obrazowych i redukcyjnych azymutów	87
4.4. Redukcje odwzorowawcze pól powierzchni	88
4.5. Redukcje odwzorowawcze w odwzorowaniu elipsoidy w płaszczyznę	89
4.6. Redukcje odwzorowawcze w odwzorowaniu Gaussa-Krügera	90
4.6.1. Zadanie wprost	90
4.6.2. Zadanie odwrotne	93
4.6.3. Redukcje odwzorowawcze pól powierzchni w odwzorowaniu Gaussa-Krügera	94
4.7. Pytania kontrolne	95

5. Klasyfikacja odwzorowań kartograficznych ze względu na charakter zniekształceń odwzorowawczych .....	96
5.1. Odwzorowania izometryczne .....	96
5.2. Odwzorowania równokątne .....	97
5.3. Odwzorowania równopolowe .....	98
5.4. Odwzorowania równoodległościowe .....	98
5.5. Pytania i zadania kontrolne .....	101
6. Klasyfikacja odwzorowań kartograficznych ze względu na kształt siatek kartograficznych ..	102
6.1. Odwzorowania azymutalne .....	102
6.2. Odwzorowania walcowe .....	104
6.3. Odwzorowania stożkowe .....	105
6.4. Odwzorowania pseudoazymutalne .....	106
6.5. Odwzorowania pseudowalcowe .....	106
6.6. Odwzorowania pseudostożkowe .....	107
6.7. Odwzorowania wielostożkowe .....	108
6.8. Pytania i zadania kontrolne .....	114
7. Odwzorowania ukośne i poprzeczne .....	116
7.1. Wyznaczenie kształtu obrazów południków i równoleżników siatki kartograficznej ( $\varphi, \lambda$ ) na tle siatki układu azymutalnego ( $h, \alpha$ ) w płaszczyźnie odwzorowania .....	117
7.1.1. Pojęcie kanwy siatki kartograficznej .....	117
7.1.2. Określenie współrzędnych azymutalnych ( $h, \alpha$ ) punktów charakterystycznych kanwy .....	120
7.2. Pytania i zadania kontrolne .....	123
8. Odwzorowania rzutowe (perspektywiczne) .....	125
8.1. Odwzorowania rzutowe azymutalne .....	125
8.1.1. Odwzorowanie azymutalne ortograficzne .....	126
8.1.2. Odwzorowanie azymutalne środkowe .....	127
8.1.3. Odwzorowanie azymutalne stereograficzne .....	128
8.2. Odwzorowania rzutowe walcowe .....	130
8.2.1. Odwzorowanie walcowe ortograficzne .....	130
8.2.2. Odwzorowanie walcowe środkowe .....	132
8.2.3. Odwzorowanie walcowe stereograficzne .....	133
8.3. Pytania kontrolne .....	135
9. Odwzorowania wyznaczone w sposób analityczny .....	136
9.1. Odwzorowania azymutalne .....	136
9.1.1. Odwzorowania azymutalne równokątne .....	137
9.1.2. Odwzorowania azymutalne równopolowe .....	139
9.2. Odwzorowania walcowe .....	140
9.2.1. Odwzorowanie walcowe równokątne .....	141
9.2.2. Odwzorowanie walcowe równopolowe .....	142
9.3. Odwzorowania stożkowe .....	143
9.3.1. Odwzorowanie stożkowe równokątne .....	144
9.3.2. Odwzorowanie stożkowe równopolowe .....	145
9.4. Pytania kontrolne .....	147

10.	Odwzorowania konforemne	148
10.1.	Współrzędne izometryczne	148
10.1.1.	Współrzędne izometryczne na płaszczyźnie	149
10.1.2.	Współrzędne izometryczne na powierzchni kuli	150
10.1.3.	Współrzędne izometryczne na powierzchni elipsoidy	150
10.2.	Twierdzenie o odwzorowaniach konforemnych	151
10.3.	Elementarna skala zniekształceń długości w odwzorowaniach konforemnych	152
10.4.	Zbieżność południków w odwzorowaniach konforemnych	153
10.5.	Odwzorowanie kartograficzne konforemne powierzchni elipsoidy obrotowej spłaszczonej w płaszczyznę	153
10.6.	Pytania kontrolne	154
11.	Minimalizacja zniekształceń w odwzorowaniach kartograficznych	155
11.1.	Miary zniekształceń odwzorowawczych oraz kryteria minimalizacji zniekształceń odwzorowawczych	156
11.1.1.	Miary charakteryzujące zniekształcenia odwzorowawcze	156
11.2.	Kryteria minimalizacji zniekształceń odwzorowawczych	157
11.2.1.	Kryteria globalne	158
11.2.2.	Kryteria szczegółowe	158
11.3.	Sposoby minimalizacji zniekształceń odwzorowawczych	159
11.4.	Przykłady odwzorowań kartograficznych spełniających kryteria minimalizacji zniekształceń	165
11.4.1.	Odwzorowanie konforemne spełniające kryterium Czebyszewa	165
11.4.2.	Odwzorowania stożkowe równopolowe wyznaczone wg kryterium Kawraj-skiego	168
11.4.3.	Odwzorowanie azymutalne spełniające kryterium Airy'ego	171
11.5.	Pytania kontrolne	172
11.6.	Przykładowe aplikacje	172
12.	Charakterystyka wybranych odwzorowań stosowanych w geodezji i kartografii	174
12.1.	Odwzorowanie Mercatora	174
12.2.	Odwzorowanie Gaussa-Krügera	176
12.3.	Odwzorowanie UTM ( <i>Universal Transvers Mercator</i> )	178
12.4.	Odwzorowanie quasi-stereograficzne (odwzorowanie Roussilhe'a)	179
12.5.	Odwzorowanie stożkowe konforemne Lamberta	181
12.6.	Odwzorowanie azymutalne ukośne równopolowe Lamberta	182
12.7.	Pytania kontrolne	183
12.8.	Przykładowe aplikacje	184
13.	Wybrane metody konstruowania odwzorowania Gaussa-Krügera	185
13.1.	Odwzorowanie Gaussa-Krügera w postaci szeregu potęgowego zmiennej zespolonej	185
13.1.1.	Zadanie proste – wyznaczanie współrzędnych prostokątnych płaskich $x, y$ na podstawie współrzędnych geodezyjnych $B, L$	185
13.1.2.	Zadanie odwrotne – wyznaczanie współrzędnych geodezyjnych $B, L$ na podstawie współrzędnych prostokątnych płaskich $x, y$	187
13.2.	Odwzorowanie Gaussa-Krügera jako odwzorowanie potrójne	189
13.2.1.	Zadanie proste - przeliczanie współrzędnych geodezyjnych elipsoidalnych $B, L$ na współrzędne prostokątne płaskie $x, y$	191
13.2.2.	Zadanie odwrotne – przeliczanie współrzędnych prostokątnych płaskich $x, y$ na współrzędne geodezyjne elipsoidalne $B, L$	192

13.3.	Pytania kontrolne	193
13.4.	Przykładowe aplikacje	194
14.	Układy współrzędnych płaskich prostokątnych stosowane do opracowania map w Polsce oraz zasady transformacji między nimi	197
14.1.	Układ 1942	197
14.2.	Układ 1965	197
14.3.	Układ GUGiK 80	199
14.4.	Układ PL-1992	199
14.5.	Układ PL-2000	199
14.6.	Układ PL-UTM	200
14.7.	Układ PL-LCC	200
14.8.	Układ PL-LAEA	201
14.9.	Matematyczne zasady transformacji między układami współrzędnych odwzorowań kartograficznych	201
14.9.1.	Ogólne zasady przeliczania współrzędnych prostokątnych płaskich między układami 1965 i PL-1992	202
14.9.2.	Funkcje odwzorowawcze w układach 1965 i PL-1992	203
14.9.3.	Transformacje między elipsoidami odniesienia GRS 80 i Krasowskiego	205
14.9.4.	Obliczanie współrzędnych centrycznych elipsoidalnych $X, Y, Z$ na podstawie współrzędnych geodezyjnych elipsoidalnych $B, L, H$	205
14.9.5.	Obliczanie współrzędnych geodezyjnych elipsoidalnych $B, L, H$ na podstawie współrzędnych centrycznych elipsoidalnych $X, Y, Z$	206
14.9.6.	Obliczanie współrzędnych elipsoidalnych $X_{K'}, Y_{K'}, Z_{K'}$ na elipsoidzie Krasowskiego na podstawie współrzędnych $X_{G'}, Y_{G'}, Z_{G'}$ na elipsoidzie GRS 80	207
14.9.7.	Obliczanie współrzędnych elipsoidalnych $X_{G'}, Y_{G'}, Z_{G'}$ na elipsoidzie GRS 80 na podstawie współrzędnych $X_{K'}, Y_{K'}, Z_{K'}$ na elipsoidzie Krassowskiego	207
14.10.	Pytania kontrolne	208
14.11.	Przykładowe aplikacje	208
15.	Przegląd odwzorowań kartograficznych	211
15.1.	Odwzorowania walcowe	211
15.1.1.	Odwzorowanie walcowe normalne równokątne	211
15.1.2.	Odwzorowanie walcowe poprzeczne równokątne	214
15.1.3.	Odwzorowania walcowe równopolowe	218
15.1.4.	Odwzorowanie walcowe normalne równoodległościowe	221
15.1.5.	Odwzorowanie walcowe poprzeczne równoodległościowe Cassiniego-Soldnera	226
15.2.	Odwzorowania azymutalne	230
15.2.1.	Odwzorowanie azymutalne równokątne stereograficzne	230
15.2.2.	Odwzorowanie azymutalne równokątne ukośne	233
15.2.3.	Odwzorowania azymutalne ortograficzne równoodległościowe w kierunku równoleżników	235
15.2.4.	Odwzorowanie azymutalne środkowe (gnomoniczne)	237
15.2.5.	Odwzorowanie azymutalne równopolowe Lamberta	239
15.2.6.	Odwzorowania azymutalne równoodległościowe w kierunku południków	243
15.3.	Odwzorowania stożkowe	246
15.3.1.	Odwzorowania stożkowe równokątne	246
15.3.2.	Odwzorowania stożkowe równopolowe	250
15.3.3.	Odwzorowania stożkowe równoodległościowe	253

15.4. Odwzorowania pseudowalcowe .....	257
15.4.1. Odwzorowania pseudowalcowe równopolowe sinusoidalne Sansona .....	257
15.4.2. Odwzorowanie pseudowalcowe równopolowe Mollweidego .....	260
15.4.3. Odwzorowania pseudowalcowe równopolowe Eckerta .....	262
15.5. Odwzorowania pseudoazymutalne Wiechela .....	266
15.6. Odwzorowania pseudostożkowe równopolowe Bonne'a i Wernera .....	268
15.7. Odwzorowania wielostożkowe Hasslera .....	272
Literatura .....	276