

# Spis treści

WPROWADZENIE .....	7
1. AKTYWNE SIECI GEODEZYJNE GNSS .....	9
1.1. Geneza .....	9
1.2. Architektura i serwisy wybranych aktywnych sieci geodezyjnych .....	10
1.2.1. Amerykańska sieć CORS .....	10
1.2.2. Szwedzka sieć SWEPOS .....	11
1.2.3. Brytyjska sieć OS-AGN .....	13
1.2.4. Niemiecka sieć SAPOS .....	14
1.2.5. Polska sieć ASG-EUPOS .....	15
1.2.6. Sieć Leica SmartNet .....	18
1.2.7. Sieć TPI NETpro .....	19
1.2.8. Sieć VRSnet.pl .....	21
1.2.9. Porównanie wybranych aktywnych sieci geodezyjnych .....	23
1.3. Metody modelowania korekt PRC .....	26
1.3.1. Metoda VRS .....	26
1.3.2. Metoda MAC .....	27
1.3.3. Metoda FKP .....	28
2. MODELOWANIE DOKŁADNOŚCI OKREŚLENIA POZYCJI W POMIARACH GNSS ..	31
2.1. Niepewność pomiaru .....	31
2.2. Pojęcie dokładności współrzędnych w geodezji i nawigacji .....	33
2.2.1. Model wyznaczenia współrzędnych pozycji .....	36
2.2.2. Miary dokładności wyznaczenia współrzędnych pozycji – 2D .....	37
2.2.3. Miary dokładności wyznaczenia współrzędnych pozycji – 3D .....	47
2.3. Dostępność i niezawodność systemów nawigacyjnych – model klasyczny .....	49
2.3.1. Ewolucja terminologiczna .....	49
2.3.2. Kategorie dostępności .....	52
2.3.3. Wskaźniki oceny dostępności i niezawodności .....	53
2.3.4. Modelowanie matematyczne dostępności i niezawodności .....	56
2.4. Wiarygodność systemów nawigacyjnych – model klasyczny .....	66
2.5. Interpretacja nawigacyjna miar opisujących przestrzeń wektora stanu serwisów nawigacyjnych ASG-EUPOS .....	67
2.5.1. Dokładność określenia pozycji – dwustanowy model niezawodnościowy .....	67
2.5.2. Dostępność określonej wartości błędu wyznaczeń pozycji .....	71
2.5.3. Niezawodność określonej wartości błędu wyznaczeń pozycji .....	80
2.5.4. Ciągłość określonej wartości błędu wyznaczeń pozycji .....	82
2.5.5. Ocena charakterystyk niezawodnościowych na podstawie wartości granicznych kryteriów .....	83
3. MOBILNE POMIARY SATELITARNE DRÓG SZYNOWYCH .....	86
3.1. Opis przeprowadzonych pomiarów .....	86
3.2. Analiza dokładności wyznaczenia współrzędnych .....	89
3.3. Ocena dokładności w odniesieniu do pomierzonego układu geometrycznego .....	94
3.3.1. Przyjęta metodyka analizy .....	94
3.3.2. Filtrowanie sygnału .....	98
3.3.3. Ocena dokładności poziomej wybranej kampanii pomiarowej .....	99

3.3.4. Ocena dokładności poziomej pomiarów przeprowadzonych w latach 2009–2015 ...	103
3.3.5. Ocena dokładności pionowej wybranej kampanii pomiarowej .....	105
3.3.6. Ocena dokładności pionowej pomiarów przeprowadzonych w latach 2009–2015 ...	106
3.3.7. Zestawienie wyników analizy .....	108
4. MOŻLIWOŚCI APLIKACYJNE .....	110
4.1. Wykorzystanie wyników pomiarów do wizualizacji położenia toru .....	110
4.2. Ocena odcinków prostych toru .....	111
4.3. Tworzenie poligonu kierunków głównych trasy .....	114
4.4. Ocena odcinków trasy leżących w łuku .....	115
4.5. Nowa metodyka projektowania .....	117
4.6. Uniwersalna metoda regulacji osi toru .....	119
5. ANALIZA RÓWNAŃ PARAMETRYCZNYCH KRZYWYCH PRZEJŚCIOWYCH DLA DROG KOLEJOWYCH .....	121
5.1. Ogólna charakterystyka krzywych przejściowych .....	121
5.2. Metodyka wyznaczania równań krzywych przejściowych .....	122
5.3. Analiza wybranych postaci krzywych przejściowych .....	123
5.3.1. Klotoida .....	123
5.3.2. Parabola czwartego stopnia .....	124
5.3.3. Krzywa Blossa .....	127
5.3.4. Cosinusoida .....	127
5.3.5. Sinusoida .....	129
5.4. Analiza krzywych przejścia .....	130
5.4.1. Krzywa przejścia o krzywiznie liniowej .....	130
5.4.2. Krzywa przejścia o krzywiznie wielomianowej .....	131
5.4.3. Krzywa przejścia o krzywiznie trygonometrycznej klasy $C^1$ .....	133
5.4.4. Krzywa przejścia o krzywiznie trygonometrycznej klasy $C^2$ .....	135
5.5. Podsumowanie analizy krzywych przejściowych .....	136
6. ANALITYCZNA METODA PROJEKTOWANIA ŁUKÓW KOŁOWYCH .....	138
6.1. Podstawowe założenia .....	138
6.2. Projektowanie symetrycznego układu geometrycznego .....	142
6.2.1. Założenia ogólne .....	142
6.2.2. Lokalny układ współrzędnych .....	143
6.2.3. Określenie rzędnych krzywej przejściowej w układzie współrzędnych $(x_k, y_k)$ .....	144
6.2.4. Transformacja krzywej przejściowej do lokalnego układu współrzędnych .....	145
6.2.5. Określenie rzędnych łuku kołowego .....	146
6.2.6. Uzupełnienie rzędnych dla drugiej części projektowanego rejonu trasy .....	147
6.3. Projektowanie niesymetrycznego układu geometrycznego .....	148
6.3.1. Założenia ogólne .....	148
6.3.2. Wyznaczenie współrzędnych krzywej przejściowej KP1 .....	149
6.3.3. Wyznaczenie współrzędnych krzywej przejściowej KP2 .....	150
6.3.4. Określenie rzędnych łuku kołowego .....	150
6.3.5. Skompletowanie rzędnych całości układu geometrycznego .....	152
6.3.6. Przeniesienie rozwiązania do układu PUWG-2000 .....	152
6.3.7. Rozwiązanie dla przypadku symetrycznego .....	153
6.3.8. Przykłady obliczeniowe .....	153
7. ANALITYCZNA METODA PROJEKTOWANIA ŁUKÓW KOSZOWYCH .....	158
7.1. Podstawowe założenia .....	158
7.2. Wyznaczenie współrzędnych pierwszej krzywej przejściowej .....	159
7.3. Wyznaczenie współrzędnych pierwszego łuku kołowego .....	160
7.4. Wyznaczenie współrzędnych drugiej krzywej przejściowej .....	161
7.5. Wyznaczenie współrzędnych drugiego łuku kołowego .....	163

7.6. Wyznaczenie współrzędnych trzeciej krzywej przejściowej .....	164
7.7. Określenie współrzędnych pozostałych punktów charakterystycznych .....	165
7.8. Wybór wariantu projektowego .....	166
7.9. Przykład obliczeniowy .....	167
<b>8. ANALITYCZNA METODA PROJEKTOWANIA ŁUKÓW ODWROTNYCH .....</b>	<b>171</b>
8.1. Założenia ogólne .....	171
8.2. Dobór parametrów projektowanego układu geometrycznego .....	172
8.3. Wyznaczenie współrzędnych pierwszej krzywej przejściowej .....	173
8.4. Wyznaczenie współrzędnych pierwszego łuku kołowego .....	174
8.5. Wyznaczenie współrzędnych drugiej krzywej przejściowej .....	175
8.6. Wyznaczenie współrzędnych trzeciej krzywej przejściowej .....	176
8.7. Wyznaczenie współrzędnych drugiego łuku kołowego .....	177
8.8. Wyznaczenie właściwego położenia początku lokalnego układu współrzędnych .....	179
8.9. Przykłady obliczeniowe .....	180
<b>9. WSPOMAGANIE KOMPUTEROWE W PROJEKTOWANIU UKŁADU GEOMETRYCZNEGO Z WYKORZYSTANIEM POMIARÓW SATELITARNYCH .....</b>	<b>183</b>
9.1. Metoda mobilnych pomiarów satelitarnych a techniki CAD .....	184
9.2. Algorytmy i programy wspomagające projektowanie i ocenę układów geometrycznych linii kolejowej w planie sytuacyjnym .....	189
9.2.1. Wizualizacja trasy .....	193
9.2.2. Poligon trasy – analiza odcinków prostych .....	197
9.2.3. Ocena rejonu zmiany kierunków głównych trasy .....	206
<b>10. OKREŚLANIE PARAMETRÓW POMIARZONEGO UKŁADU GEOMETRYCZNEGO .....</b>	<b>209</b>
10.1. Założenia do uniwersalnego programu wspomagającego projektowanie osi toru .....	210
10.2. Analiza przypadków z zastosowaniem algorytmów wspomagających projektowanie i ocenę układów geometrycznych .....	211
10.2.1. Kierunki główne .....	211
10.2.2. Rejon zmiany kierunku trasy .....	214
10.2.3. Łuk koszowy .....	220
10.2.4. Złożony układ geometryczny .....	221
<b>11. NOWA METODA REGULACJI OSI TORU .....</b>	<b>224</b>
11.1. Pojęcie regulacji osi toru .....	224
11.2. Uwagi na temat metodyki regulacji osi toru .....	224
11.3. Stosowana metodyka regulacji osi toru .....	226
11.4. Uniwersalna metoda regulacji osi toru .....	229
11.4.1. Podstawowe założenia .....	229
11.4.2. Tworzenie poligonu kierunków głównych trasy .....	229
11.4.3. Ocena odcinków prostych trasy .....	231
11.4.4. Projektowanie trasy leżącej w łuku .....	232
11.4.5. Kryteria optymalizacji .....	232
11.4.6. Proces optymalizacji wyboru wariantu .....	233
11.4.7. Podsumowanie .....	237
<b>ZAKOŃCZENIE .....</b>	<b>239</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>242</b>
Streszczenie w języku polskim .....	249
Streszczenie w języku angielskim .....	249