

Spis treści

Wprowadzenie	7
1. Cel i przedmiot pracy	11
2. Źródła błędów pomiarów akwenów budowli hydrotechnicznych	12
2.1. Referencyjny poziom odniesienia wysokości	13
2.2. Pomiar akwenu elektrowni szczytowo-pompowej	15
2.3. Pomiar akwenu elektrowni rzecznej	17
2.4. Czasoprzestrzenne zmiany poziomu wody	18
2.5. Problem nawigacji satelitarnej podczas sondu hydroakustycznego	24
2.6. Model dna na podstawie niezredukowanych obserwacji	27
3. Systemy pozycjonowania w geodezji i hydrografii	29
3.1. GNSS	29
3.2. INS	30
3.3. RTS	32
4. Nowa metoda precyzyjnych pomiarów kształtu dna PIBM	33
5. Filtracja optymalna	39
5.1. Metoda najmniejszych kwadratów Gaussa-Legendre'a	41
5.2. Rozkład normalny Gaussa-Laplace'a	43
5.3. Prawdopodobieństwo warunkowe – teoria Bayesa	44
6. Filtr Kalmana	46
6.1. Klasyczny filtr Kalmana	46
6.2. Ciągły model układu dynamicznego	47
6.3. Dyskretny model układu dynamicznego	48
6.4. Filtracja liniowa	50
6.4.1. Inicjalizacja	51
6.4.2. Predykcja	52
6.4.3. Korekcja	53
6.5. Filtracja układów nieliniowych	57
6.6. Rekurencyjność algorytmu filtru Kalmana	60
6.7. Sposoby integracji systemów pomiarowych	60
7. Integracja systemów GNSS/RTS/INS	63
7.1. Model ruchu łodzi do pomiarów batymetrycznych	66
7.2. Dwuwymiarowy model ruchu w płaszczyźnie poziomej	67
7.2.1. Nawigacja zliczeniowa DR	68
7.2.2. Podstawowe modele ruchu pojazdów	69
7.3. Model PV	71
7.4. Model PVA	72
7.5. Proponowany dwuwymiarowy model ruchu łodzi dla metody PIBM	74
7.6. Wizualizacja dwuwymiarowego ruchu łodzi	78
7.7. Proponowany model pionowej trajektorii łodzi dla metody PIBM	81
7.7.1. Strategia I WVME	82
7.7.2. Strategia II PV VME	84
7.7.3. Strategia III PVA VME	85
7.8. Wizualizacja pionowego ruchu łodzi	87

8. Analiza dokładności wyznaczenia pozycji łodzi technikami GNSS, RTS i INS	89
8.1. Eksperyment I (Jezioro Kortowskie)	91
8.1.1. Wyznaczenie średniej pozycji łodzi z trzech stacji referencyjnych metodą OTF post-processing	93
8.1.2. Wyznaczenie pozycji poziomej metodą RTK i RTS	95
8.1.3. Wyznaczenie wysokości metodą RTK i RTS	97
8.1.4. Dokładność wyznaczenia wysokości technikami RTK i RTS	98
8.1.5. Podsumowanie wyników Eksperymentu I	112
8.2. Eksperyment II (Zatoka Gdańska)	113
8.2.1. Wyznaczenie średniej pozycji statku z trzech stacji referencyjnych metodą OTF post-processing	115
8.2.2. Wyznaczenie pozycji poziomej metodami RTN oraz RTS	117
8.2.3. Dokładność wyznaczenia wysokości metodą RTN, RTS, Hydrins oraz Xsens	118
8.2.4. Podsumowanie wyników Eksperymentu II	124
8.3. Eksperyment III (Olsztyn-Kortowo)	126
9. Praktyczne zastosowanie nowej metody PIBM oraz Strategii I, II, III	128
9.1. Aparatura pomiarowa	129
9.2. Aplikacja EchoConverterII	130
9.3. Obiekt testowy – rzeka Wisła za Elektrownią Włocławek	132
9.4. Modelowanie referencyjnej powierzchni wody. Pomiar 2009	133
9.4.1. Walidacja danych	135
9.4.2. Opracowanie modelu przestrzennego powierzchni wody	136
9.4.3. Kontrola wyników uzyskanych w 2009 r.	139
9.5. Wdrożenie Strategii I i II. Pomiar batymetryczny 2010	140
9.5.1. Etap II, 2010 r. Pomiary GNSS/RTS. Strategia II	141
9.5.2. Etap IV, 2010 r. Pomiary GNSS/RTS. Strategia I	143
9.5.3. Kontrola wyników uzyskanych w 2010 r.	145
9.6. Wdrożenie Strategii II i III. Pomiar batymetryczny 2011	145
9.6.1. Etap I, 2011 r. Pomiary GNSS/RTS/INS. Strategie II i III	146
9.6.2. Etap III, 2011 r. Pomiary GNSS/RTS. Strategia II	153
9.6.3. Kontrola wyników uzyskanych w 2011 r.	155
9.7. Praktyczne znaczenie wdrożonych metod i wykonanych prac eksperymentalnych	156
Podsumowanie i wnioski końcowe	159
Bibliografia	168
Spis rysunków	180
Spis tabel	182
Wykaz akronimów	183
Summary	185