

## SPIS TREŚCI

|                                                                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Przedmowa .....                                                                                                                      | 7  |
| Wstęp .....                                                                                                                          | 9  |
| 1. Źródła danych teledetekcyjnych .....                                                                                              | 12 |
| 1.1. Dane obrazowe w analizach zmian pokrycia terenu ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                              | 12 |
| 1.1.1. Fotogrametryczne i teledetekcyjne źródła danych SIP .....                                                                     | 12 |
| 1.1.2. Oczekiwania dokładnościowe odnośnie do obrazów terenu .....                                                                   | 14 |
| 1.2. Cyfrowe kamery lotnicze w fotogrametrii i teledetekcji ( <i>Artur Plichta</i> ) .....                                           | 15 |
| 1.2.1. Liniowy skaner lotniczy ADS40 .....                                                                                           | 15 |
| 1.2.2. Cyfrowa kamera lotnicza DMC .....                                                                                             | 17 |
| 1.2.3. Kamera UltraCam-D .....                                                                                                       | 19 |
| 1.2.4. Kamera DiMAC .....                                                                                                            | 21 |
| 1.2.5. Wnioski dotyczące stosowania cyfrowych kamer lotniczych .....                                                                 | 21 |
| 1.3. Wysokorozdzielcze optyczne systemy satelitarne ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                               | 26 |
| 1.3.1. Wprowadzenie .....                                                                                                            | 26 |
| 1.3.2. Wspólne cechy wysokorozdzielczych systemów satelitarnych .....                                                                | 26 |
| 1.3.3. Ikonos .....                                                                                                                  | 29 |
| 1.3.4. QuickBird .....                                                                                                               | 31 |
| 1.3.5. OrbView-3 .....                                                                                                               | 33 |
| 1.3.6. Zbiórce zestawienie geometrycznych i spektralnych parametrów<br>kamer VHRS .....                                              | 34 |
| 1.3.7. Najnowsze ogólnodostępne systemy VHRS .....                                                                                   | 35 |
| 1.3.8. Planowane systemy o rozdzielczości poniżej pół metra .....                                                                    | 36 |
| 1.4. Zdolność interpretacyjna obrazów satelitarnych ( <i>Artur Plichta, Elżbieta<br/>        Wyczalek, Ireneusz Wyczalek</i> ) ..... | 37 |
| 1.4.1. Miara oceny możliwości rozpoznawania obiektów obrazowych .....                                                                | 37 |
| 1.4.2. Ocena obrazu z QuickBirda o rozdzielczości 60 cm .....                                                                        | 38 |
| 1.4.3. Porównanie obrazów VHRS .....                                                                                                 | 39 |
| 1.4.4. Rozpoznanie obiektów urbanistycznych na obrazie z QuickBirda .....                                                            | 40 |
| 1.4.5. Rozpoznanie użytków rolnych na obrazie z Ikonosa .....                                                                        | 42 |
| 1.4.6. Wnioski .....                                                                                                                 | 45 |
| 2. Analiza technicznych rozwiązań obrazowania wysokorozdzielczego ( <i>Ireneusz<br/>    Wyczalek</i> ) .....                         | 46 |
| 2.1. Rozwiązania techniczne kamer VHRS .....                                                                                         | 46 |
| 2.1.1. Ogólne cechy cyfrowych sensorów satelitarnych .....                                                                           | 46 |
| 2.1.2. Kamera satelity Ikonos .....                                                                                                  | 47 |
| 2.1.3. Kamera QuickBird-2 .....                                                                                                      | 48 |
| 2.1.4. System obrazujący OrbView-3 .....                                                                                             | 48 |
| 2.2. Uwarunkowania i usprawnienia rejestracji sensorem liniowym .....                                                                | 49 |
| 2.2.1. Rozwiązania techniczne w sensorach CCD .....                                                                                  | 49 |
| 2.2.2. Integracja ładunków na liniijkach panchromatycznych .....                                                                     | 49 |
| 2.2.3. Zmiany orientacji kamery ze względu na opóźnienie rejestracji .....                                                           | 50 |
| 2.2.4. Sposoby skanowania terenu .....                                                                                               | 51 |
| 2.2.5. Korekta obrazu ze względu na przesunięte liniijki CCD .....                                                                   | 51 |
| 2.2.6. Skutki uboczne rejestracji za pomocą przesuniętych liniijek .....                                                             | 53 |

|                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2.2.7. Wpływ pochylenia kamery na terenowy wymiar piksela .....                                                                                                                                                                   | 54  |
| 2.2.8. Podsumowanie .....                                                                                                                                                                                                         | 56  |
| 3. Korekcje geometryczne obrazów satelitarnych .....                                                                                                                                                                              | 57  |
| 3.1. Wstępna kalibracja sensora ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                                                                                                                                                | 57  |
| 3.1.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                                                                                                         | 57  |
| 3.1.2. Elementy wewnętrznej orientacji kamery VHRS .....                                                                                                                                                                          | 57  |
| 3.1.3. Elementy orientacji zewnętrznej .....                                                                                                                                                                                      | 58  |
| 3.1.4. Przebieg wstępnej kalibracji kamery na przykładzie OHRIS .....                                                                                                                                                             | 58  |
| 3.2. Aproksymacyjne metody szczątkowej korekcji obrazów ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) ..                                                                                                                                           | 61  |
| 3.2.1. Podstawy korekcji obrazów .....                                                                                                                                                                                            | 61  |
| 3.2.2. Korekcja obrazów w rzucie na średnią powierzchnię terenu .....                                                                                                                                                             | 62  |
| 3.2.3. Metody aproksymacyjne transformacji obrazów źródłowych .....                                                                                                                                                               | 68  |
| 3.2.4. Obliczenia oparte na zrekonstruowanych parametrach obrazu .....                                                                                                                                                            | 69  |
| 3.2.5. Parametryczna metoda transformacji oparta na modelu kamery .....                                                                                                                                                           | 71  |
| 3.3. Wyrównanie ściśle bloków obrazów ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                                                                                                                                          | 72  |
| 3.3.1. Podstawy wyrównania ścisłego .....                                                                                                                                                                                         | 72  |
| 3.3.2. Wyrównanie współczynników ilorazów wielomianowych .....                                                                                                                                                                    | 73  |
| 3.4. Ortorektyfikacja obrazów ( <i>Ireneusz Wyczalek, Zbigniew Zdunek</i> ) .....                                                                                                                                                 | 75  |
| 3.4.1. Uwagi ogólne .....                                                                                                                                                                                                         | 75  |
| 3.4.2. Wpływ różnic wysokości obiektów terenowych na przesunięcie radialne                                                                                                                                                        | 75  |
| 3.4.3. Sposób topograficznej korekcji obrazów VHRS .....                                                                                                                                                                          | 77  |
| 3.4.4. Wyniki wybranych testów dokładnościowych ortorektyfikacji .....                                                                                                                                                            | 78  |
| 3.5. Analiza zależności wyników korekcji parametrycznej i ortorektyfikacji obrazu<br>z satelity QuickBird-2 od osnowy fotogrametrycznej ( <i>Artur Plichta, Elżbieta<br/>Wyczalek, Ireneusz Wyczalek, Zbigniew Zdunek</i> ) ..... | 80  |
| 3.5.1. Cel i zakres prac badawczych .....                                                                                                                                                                                         | 80  |
| 3.5.2. Wybór fotopunktów i ocena ich jakości .....                                                                                                                                                                                | 80  |
| 3.5.3. Pomiar osnowy i numerycznego modelu terenu .....                                                                                                                                                                           | 81  |
| 3.5.4. Przebieg korekcji i ortorektyfikacji oraz ocena wyników .....                                                                                                                                                              | 83  |
| 3.5.5. Ocena różnych wariantów doboru osnowy polowej .....                                                                                                                                                                        | 84  |
| 3.5.6. Wnioski .....                                                                                                                                                                                                              | 90  |
| 3.6. Badanie wpływu numerycznego modelu terenu na ortorektyfikację obrazu<br>z satelity QuickBird-2 ( <i>Jerzy Prajs, Zbigniew Zdunek</i> ) .....                                                                                 | 91  |
| 3.6.1. Opis testu .....                                                                                                                                                                                                           | 91  |
| 3.6.2. Numeryczne modele terenu .....                                                                                                                                                                                             | 91  |
| 3.6.3. Definicja fotopunktów i punktów kontrolnych .....                                                                                                                                                                          | 92  |
| 3.6.4. Metodyka opracowania .....                                                                                                                                                                                                 | 92  |
| 3.6.5. Wnioski .....                                                                                                                                                                                                              | 96  |
| 4. Korekcje radiometryczne .....                                                                                                                                                                                                  | 97  |
| 4.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                                                                                                           | 97  |
| 4.2. Ocena pojemności i jednorodności informacji barwnej zawartej w obrazie<br>( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                                                                                                 | 98  |
| 4.2.1. Wstęp .....                                                                                                                                                                                                                | 98  |
| 4.2.2. Histogramy obrazów obiektów testowych .....                                                                                                                                                                                | 98  |
| 4.2.3. Analiza niejednorodności obrazów .....                                                                                                                                                                                     | 100 |
| 4.2.4. Artefakty .....                                                                                                                                                                                                            | 101 |



|                                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.3. Korekcja atmosferyczna i jej wpływ na jakość interpretacyjną obrazów<br>( <i>Katarzyna Osińska-Skotak</i> ) ..... | 102 |
| 4.3.1. Wprowadzenie .....                                                                                              | 102 |
| 4.3.2. Wpływ atmosfery ziemskiej na rejestrację obrazów satelitarnych .....                                            | 102 |
| 4.3.3. Metody korekcji atmosferycznej .....                                                                            | 104 |
| 4.3.4. Wpływ korekcji atmosferycznej na wyniki przetwarzania obrazów .....                                             | 107 |
| 4.3.5. Podsumowanie .....                                                                                              | 109 |
| 4.4. Cyfrowa obróbka obrazów ( <i>Sławomir Królewicz, Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                    | 110 |
| 4.4.1. Działania matematyczne na danych radiometrycznych .....                                                         | 110 |
| 4.4.2. Rekonstrukcja obrazu .....                                                                                      | 110 |
| 4.4.3. Wzmocnienie obrazów przez filtrowanie .....                                                                     | 113 |
| 4.4.4. Wykrywanie krawędzi lub konturów obiektów obrazowych .....                                                      | 116 |
| 4.5. Wybrane metody transformacji informacji spektralnej ( <i>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                            | 121 |
| 4.5.1. Kompozycje barwne .....                                                                                         | 121 |
| 4.5.2. Transformacje przestrzeni barwnej .....                                                                         | 122 |
| 4.5.3. Kalibracja grupy obrazów z różnych źródeł .....                                                                 | 124 |
| 4.5.4. Łączenie danych obrazowych .....                                                                                | 125 |
| 4.5.5. Kalibracja grupy obrazów tworzących większą kompozycję<br>przestrzenną .....                                    | 129 |
| 4.6. Analizy radiometrycznej informacji obrazowej ( <i>Sławomir Królewicz,<br/>Ireneusz Wyczalek</i> ) .....           | 129 |
| 4.6.1. Analiza składowych głównych .....                                                                               | 129 |
| 4.6.2. Czasowe analizy Fouriera .....                                                                                  | 131 |
| 4.6.3. Analizy tekstury .....                                                                                          | 131 |
| 4.6.4. Wskaźniki roślinności .....                                                                                     | 134 |
| 4.6.5. Wnioski .....                                                                                                   | 138 |
| 5. Wykorzystanie danych teledetekcyjnych do bezpośredniej aktualizacji baz danych .....                                | 139 |
| 5.1. Wektoryzacja obrazów w systemie informacji przestrzennej .....                                                    | 139 |
| 5.2. Wektoryzacja obrazu z QuickBirda na potrzeby kolejowego SIP<br>( <i>Artur Plichta</i> ) .....                     | 139 |
| 5.2.1. Uzasadnienie i zakres prac .....                                                                                | 139 |
| 5.2.2. Utworzenie mapy cyfrowej dla obiektów infrastruktury kolejowej .....                                            | 140 |
| 5.2.3. Badanie dokładności położenia obiektów infrastruktury kolejowej<br>na mapie .....                               | 141 |
| 5.2.4. Wnioski .....                                                                                                   | 144 |
| 6. Wykorzystanie klasyfikacji w badaniach pokrycia terenu .....                                                        | 145 |
| 6.1. Klasyczne metody klasyfikacji ( <i>Sławomir Mikrut, Ewa Głowienka, Ireneusz<br/>Wyczalek</i> ) .....              | 145 |
| 6.1.1. Wprowadzenie .....                                                                                              | 145 |
| 6.1.2. Metody klasyfikacji nienadzorowanej .....                                                                       | 146 |
| 6.1.3. Klasyfikacja nadzorowana .....                                                                                  | 146 |
| 6.1.4. Analizy dokładności .....                                                                                       | 148 |
| 6.1.5. Przykłady wykorzystania VHRS do tworzenia map pokrycia lub<br>użytkowania terenu .....                          | 150 |
| 6.2. Klasyfikacja obrazu z Ikonosa dla obszaru testowego ( <i>Sławomir Mikrut, Ewa<br/>Głowienka</i> ) .....           | 151 |
| 6.2.1. Przedmiot badań .....                                                                                           | 151 |

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.2.2. Przebieg klasyfikacji .....                                                                                                                     | 152 |
| 6.3. Klasyfikacja obiektowa .....                                                                                                                      | 156 |
| 6.3.1. Wprowadzenie do klasyfikacji obiektowej .....                                                                                                   | 156 |
| 6.3.2. Klasyfikacja obiektowa obrazu z satelity QuickBird dla obszaru<br>testowego .....                                                               | 157 |
| 6.4. Podsumowanie .....                                                                                                                                | 160 |
| 7. Wybrane metody ekstrakcji pojedynczych klas obiektów .....                                                                                          | 161 |
| 7.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                                | 161 |
| 7.2. Metoda analizy przekrojów w detekcji tras komunikacyjnych ( <i>Krzysztof<br/>Krawiec, Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                               | 162 |
| 7.2.1. Przegląd dotychczasowych prac .....                                                                                                             | 162 |
| 7.2.2. Proponowane podejście klasyfikacyjne .....                                                                                                      | 162 |
| 7.2.3. Wyznaczanie cech z obrazu .....                                                                                                                 | 163 |
| 7.2.4. Proces decyzyjny wykorzystujący uczenie maszynowe .....                                                                                         | 165 |
| 7.2.5. Eksperyment .....                                                                                                                               | 167 |
| 7.2.6. Wnioski .....                                                                                                                                   | 169 |
| 7.3. Użycie metod krawędziowych do wykrywania zmian zabudowy ( <i>Jacek<br/>Jelonek, Ireneusz Wyczalek</i> ) .....                                     | 169 |
| 7.3.1. Wprowadzenie .....                                                                                                                              | 169 |
| 7.3.2. Procedura wykrywania przecinających się krawędzi .....                                                                                          | 170 |
| 7.3.3. Powiązanie procedury z informacją bazodanową .....                                                                                              | 171 |
| 7.3.4. Wnioski .....                                                                                                                                   | 173 |
| 8. Wykorzystanie systemu informacji przestrzennej w analizach i wizualizacji<br>zjawisk przestrzennych .....                                           | 174 |
| 8.1. Wyniki opracowania obrazu VHRS jako źródło danych do systemu<br>informacji przestrzennej ( <i>Aleksander Danielski, Ireneusz Wyczalek</i> ) ..... | 174 |
| 8.2. Ogólny opis systemu GEO-INFO .....                                                                                                                | 175 |
| 8.2.1. Podstawy organizacji danych przestrzennych .....                                                                                                | 175 |
| 8.2.2. Gromadzenie i kontrola danych oraz rejestracja zmian .....                                                                                      | 175 |
| 8.2.3. Selekcja obiektów i analizy przestrzenne .....                                                                                                  | 177 |
| 8.2.4. Dane topograficzne w bazie GEO-INFO .....                                                                                                       | 180 |
| 8.2.5. Redakcja kartograficzna .....                                                                                                                   | 182 |
| 8.3. Adaptacja metody ekstrakcji obiektów urbanistycznych .....                                                                                        | 183 |
| 8.3.1. Moduł analizy obrazu VHRS w systemie GEO-INFO .....                                                                                             | 183 |
| 8.3.2. Modelowanie i wizualizacja zmian pokrycia terenu .....                                                                                          | 185 |
| Podsumowanie .....                                                                                                                                     | 188 |
| Bibliografia .....                                                                                                                                     | 190 |
| Słownik wybranych skrótów i pojęć angielskich .....                                                                                                    | 199 |