

# SPIS TREŚCI

STRESZCZENIE .....	8
SUMMARY .....	9
I. WPROWADZENIE .....	10
II. OMÓWIENIE TEORETYCZNE I PRAKTYCZNE OBSZARU BADAŃ .....	16
1. Fotogrametria i skanowanie laserowe jako metody inwentaryzacji zabytków .....	17
1.1. Fotogrametryczne metody inwentaryzacji zabytków .....	17
1.1.1. Podstawowe produkty .....	17
1.1.2. Zalety i ograniczenia metody .....	18
1.2. Naziemne skanowanie laserowe .....	20
1.2.1. Skanery laserowe 3D – podział .....	20
A. Skanery wyposażone w dalmierz laserowy .....	20
B. Skanery optyczne .....	23
1.2.2. Dane skaningowe i ich przetwarzanie .....	26
A. Sterowanie skanerem .....	27
B. Podstawowe opracowanie chmury punktów .....	27
C. Dopasowywanie kształtów podstawowych .....	28
D. Tworzenie modelu przestrzeni .....	28
E. Opracowanie modelu przestrzeni pokrytego teksturą .....	29
F. Zarządzanie danymi i projektami .....	29
1.2.3. Podstawowe zastosowania skanowania .....	30
1.2.4. Zastosowanie skanowania laserowego przy inwentaryzacji zabytków .....	30
1.2.5. Produkty inwentaryzacji zabytków prowadzonej metodą skanowania laserowego .....	32
1.2.6. Zalety i wady stosowania metod skaningowych .....	32
1.3. Porównanie technologii fotogrametrycznej i skaningowej .....	33
1.4. Dane pozyskiwane metodami fotogrametrycznymi a dane pozyskiwane metodami skanowania laserowego .....	37
1.5. Kategoryzacja inwentaryzowanych obiektów pod kątem wyboru metody .....	38
2. Integracja danych jako próba rozszerzenia możliwości technologicznych metod fotogrametrycznych i skanerowych stosowanych indywidualnie .....	41
2.1. Podstawy teoretyczne procesu integracji danych .....	41
2.1.1. Definicja integracji danych .....	42
2.1.2. Cel stosowania integracji danych .....	42
2.1.3. Operacje elementarne procesu integracji danych .....	43

A. Operacje elementarne - obliczenie orientacji zdjęć i chmur punktów (grupy A: typu 1, 2 oraz 1-2).	44
Typ 1.	45
Typ 2.	45
Typ 1-2.	45
B. Operacje elementarne - generowanie półproduktów integracji (grupy B: typu 3 i 4).	45
Typ 3.	45
Typ 4.	47
C: Operacje elementarne - łączenie produktów fotogrametrycznych i skaningowych (grupy C: typu 5, 6, 7 i 8).	47
Typ 5.	48
Typ 6.	48
Typ 7.	48
Typ 8.	48
2.1.4. Dyskusja nad potencjalnymi problemami związanymi ze stosowaniem integracji	52
2.1.5. Fazy procesu integracji danych.	54
2.1.6. Wprowadzenie klasyfikacji metod integracji danych.	56
2.2. Integracja danych podczas wykonywania prac terenowych.	58
2.2.1. Równoczesna rejestracja danych geometrycznych i obrazowych.	58
2.2.2. Metoda nierównoczesna integracji terenowej.	59
2.3. Integracja analityczna.	60
2.3.1. Kryteria podziału metod integracji analitycznej.	60
A. Pierwsze kryterium – kryterium podziału według metody głównej.	61
B. Kryterium drugie – zależność obliczeń.	61
2.3.2. Omówienie opcji podziału metod integracji analitycznej według metody głównej.	62
A. Metody fotogrametryczne jako metody główne.	62
B. Metody skaningowe jako metody główne.	63
2.3.3. Omówienie opcji podziału metod integracji analitycznej wg kryterium zależności obliczeń (oraz drogi przenoszenia się błędów).	64
A. Orientacja niezależna.	64
Schemat przenoszenia się błędów w klasycznym procesie generowania ortofotogramu.	64
Kameralna integracja danych metodą obliczeń niezależnych -	
- przebieg procesu i przenoszenie się błędów.	65
B. Orientacja zależna.	67
Równoczesne wyrównanie chmury punktów i bloku zdjęć -	
- przebieg procesu i zagadnienia dokładnościowe.	67
Blok zdjęć wykorzystujący pomiary wykonane na chmurze punktów -	
- opis procesu i schemat przenoszenia się błędów.	68
Chmura punktów orientowana na wynik pomiarów fotogrametrycznych -	
- warianty analityczne i schematy przenoszenia się błędów.	69
2.4. Integracja przez łączenie produktów.	71
2.4.1. Łączenie danych wektorowych metody głównej z danymi wektorowymi metody pomocniczej.	71
2.4.2. Łączenie danych wektorowych metody głównej z danymi rastrowymi metody pomocniczej.	72
2.4.3. Łączenie danych rastrowych metody głównej z danymi wektorowymi metody pomocniczej.	72
2.4.4. Łączenie danych rastrowych metody głównej z danymi rastrowymi metody pomocniczej.	72
2.5. Produkty integracji danych.	73

2.5.1. Produkty płaskie. ....	74
A. Produkty wektorowe o symbolu 2D-1 i 2D-2 (tab. 2.2). ....	74
B. Produkty rastrowe 2D (symbol 2D-3) jako wynik stosowania operacji elementarnej typu 3 (tab. 2.2). ....	74
C. Produkty rastrowe 2D (symbol 2D-4) jako wynik stosowania operacji elementarnej typu 4 (tab. 2.2). ....	76
2.5.2. Produkty przestrzenne. ....	77
A. Produkty wektorowe 3D (symbol 3D-1 i 3D-2, tab. 2.3). ....	77
B. Numeryczny model powierzchni (symbol 3D-3 i 3D-4, tab. 2.3). ....	78
C. Kolorowa chmura punktów (3D-5, tab. 2.3). ....	79
D. Model przestrzenny pokryty teksturami (3D-6 i 3D-7, tab. 2.3). ....	80
2.5.3. Produkty płaskie zawierające informację o przestrzeni. ....	82
A. Ortofotogram 2.5D (2.5D-1, tab. 2.4). ....	82
B. Widok kolorowej chmury punktów 2.5D (2.5D-2, tab. 2.4). ....	83
C. Obraz bryłowy (2.5D-3, tab. 2.4). ....	83
2.6. Porównawcza analiza pracochłonności i jakości produktów integracji danych wygenerowanych na polach testowych. ....	84
2.6.1. Analiza porównawcza pracochłonności. ....	85
2.6.2. Rozważania teoretyczne dotyczące jakości produktów integracji. ....	86
A. Jakość geometryczna. ....	87
Wstępne omówienie zagadnienia dokładności produktów. ....	87
Wstępna analiza dokładności produktów ortorektyfikacji. ....	88
Średni błąd położenia punktu ortofotomapy. ....	89
Błąd numerycznego modelu powierzchni pozyskanego metodami fotogrametrycznymi. ....	89
Błąd określenia współrzędnej wysokościowej (głębokości) modelu mY przy pomiarze fotogrametrycznym. ....	90
Błąd numerycznego modelu powierzchni pozyskanego metodami skaningowymi. ....	95
Metoda oceny produktu polegająca na analizie zgodności pomiarów. ....	96
B. Jakość wizualna. ....	99
2.6.3. Przykłady praktycznego zastosowania wstępnej, przybliżonej analizy dokładności. ....	100
2.6.4. Podsumowanie dyskusji dotyczącej jakości produktów integracji danych. ....	103
2.7. Podsumowanie wprowadzenia teoretycznego. ....	103
3. Prace testowe prowadzące do wygenerowania produktów integracji danych. ....	105
3.1. Opracowanie pola testowego Anna Jagiellonka. ....	107
3.1.1. Pozyskanie danych fotogrametrycznych i skaningowych. ....	107
3.1.2. Orientacja chmur punktów. ....	109
3.1.3. Charakterystyka chmury punktów pod kątem wykorzystania przy ortorektyfikacji. ....	109
3.1.4. Filtrowanie chmur punktów. ....	111
A. Usunięcie punktów poza obiektem. ....	112
B. Usunięcie punktów leżących w drugim i dalszych planach. ....	114
C. Wygładzanie chmury punktów. ....	117
D. Metoda klasycznego generowania ortofotogramów z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu w postaci filtrowanej chmury punktów. ....	119
3.1.5. Metoda generowania widoków kolorowych chmur punktów. ....	122
3.1.6. Metoda wykonania ortofotogramów drogą ponownego próbkowania. ....	125
3.1.7. Porównanie otrzymanych wyników na polu testowym Anna Jagiellonka. ....	128

A. Porównanie jakości wizualnej. ....	128
B. Analiza jakości geometrycznej. ....	131
Przybliżona analiza dokładności. ....	132
Analiza zgodności długości. ....	132
C. Porównanie pracochłonności. ....	135
3.1.8. Wygenerowanie produktu typu ortofotogram 2.5D. ....	136
3.1.9. Podsumowanie opracowania pola testowego Anna Jagiellonka. ....	137
3.2. Opracowanie pola testowego Fahad bin Saud Palace. ....	139
3.2.1. Pozyskanie danych fotogrametrycznych i skaningowych. ....	140
3.2.2. Charakterystyka chmury punktów pod kątem wykorzystania przy ortorektyfikacji. ....	141
3.2.3. Filtrowanie chmur punktów. ....	142
A. Usunięcie punktów leżących poza pierwszym planem. ....	142
B. Wygładzanie chmury punktów. ....	144
C. Metoda generowania ortofotogramów z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu w postaci filtrowanej chmury punktów. ....	145
3.2.4. Metoda wykonania ortofotogramów drogą ponownego próbkowania kolorowanej chmury punktów. ....	147
3.2.5. Porównanie wyników powyższych metod. ....	151
A. Analiza jakości wizualnej ortofotogramów. ....	151
B. Analiza jakości geometrycznej ortofotogramów. ....	154
Przybliżona analiza dokładności. ....	154
Analiza zgodności pomierzonych długości. ....	156
C. Analiza pracochłonności. ....	157
3.2.6. Wygenerowanie produktu typu ortofotogram 2.5D. ....	158
3.2.7. Podsumowanie opracowania pola testowego Fahad bin Saud Palace. ....	158
3.3. Opracowanie pola testowego Ściana. ....	161
3.3.1. Pozyskanie danych skaningowych i fotogrametrycznych. ....	161
3.3.2. Wygenerowanie klasycznego ortofotogramu cyfrowego. ....	163
3.3.3. Charakterystyka chmury punktów pod kątem wykorzystania przy ortorektyfikacji. ....	164
3.3.4. Metoda generowania ortofotogramów z wykorzystaniem numerycznego modelu terenu w postaci filtrowanej chmury punktów. ....	164
A. Filtrowanie chmury punktów. ....	164
Usunięcie punktów leżących poza pierwszym planem. ....	164
Wygładzanie chmury punktów. ....	166
B. Generowanie ortofotogramów. ....	167
3.3.5. Metoda wykonania ortofotogramów drogą ponownego próbkowania kolorowanej chmury punktów. ....	168
3.3.6. Porównanie wyników powyższych metod. ....	169
A. Analiza jakości wizualnej ortofotogramów. ....	170
B. Analiza jakości geometrycznej ortofotogramów. ....	172
Przybliżona analiza błędów. ....	172
Analiza zgodności pomiarów. ....	173
C. Porównanie pracochłonności. ....	174
3.2.6. Wygenerowanie produktu typu ortofotogram 2.5D. ....	176
3.2.7. Podsumowanie opracowania pola testowego Ściana. ....	177
3.4. Dyskusja wyników prób zastosowania integracji danych na polach testowych. ....	178

4. Propozycje optymalizacji metod integracji danych. ....	181
4.1. Wprowadzenie. ....	181
4.2. Propozycje optymalizacji metod terenowej integracji danych. ....	182
4.3. Propozycje optymalizacji metod kameralnej integracji danych. ....	183
4.4. Podsumowanie. ....	184
III. PODSUMOWANIE I WNIOSKI. ....	185
BIBLIOGRAFIA. ....	192
ZAŁĄCZNIKI. ....	199
SŁOWNIK TERMINÓW. ....	208