

Zbigniew Sitek\*, Władysław Mierzwa\*\*, Krystian Pyka\*\*, Andrzej Wróbel\*\*

ROZWÓJ METOD OPRACOWANIA I ANALIZA PRZYDATNOŚCI ORTOFOTOMAP  
– DOŚWIADCZENIA ZAKŁADU FOTOGRAMETRII AGH\*\*\*

---

## 1. Wprowadzenie

Technologia przetwarzania zdjęć lotniczych do postaci ortofotomapy została zapoczątkowana w świecie w połowie lat 50. XX w. W Zakładzie Fotogrametrii<sup>1)</sup> AGH zainicjowano prace nad ortofotomapą na początku lat 70., a w 1972 r. opracowano – po raz pierwszy w Polsce – ortofotomapy w skalach 1:4000 i 1:10 000 przedstawiające obszar fotogrametrycznego pola testowego „Pečny” w Czechosłowacji.

Ortofotomapa jest obrazem fotograficznym przedstawionym w określonym odwzorowania kartograficznym. Ortofotomapa powstaje poprzez przetwarzanie obrazów zarejestrowanych – analogową lub cyfrową – techniką fotograficzną. Istotą tego przetwarzania jest przekształcenie źródłowej projekcji (np. rzut środkowy) do docelowej projekcji kartograficznej<sup>2)</sup>. Przedmiotem przetwarzania są najczęściej zdjęcia lotnicze, ostatnio także obrazy satelitarne. Ortofotomapy mogą powstawać także ze zdjęć naziemnych jako dokumentacja zabytków architektury.

Proces przetwarzania zdjęć do postaci obrazów odpowiadających rzutowi ortogonalnemu dawniej nazywano techniką ortofotografii (ten sam termin – ortofotografia – stoso-

---

\* kierownik Zakładu Fotogrametrii AGH w latach 1963–1992

\*\* Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej

\*\*\* Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH nr.11.11.150.459

1) Od 1991 r. Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej.

2) W literaturze często określa się ortofotomapę jako obraz, który powstałby, gdyby możliwe było rejestrowanie w rzucie ortogonalnym. W praktyce, z powodu zniekształceń wprowadzanych przez stosowane odwzorowania kartograficzne, relacja pomiędzy tymi samymi szczegółami na obrazie oryginalnym i ortofotomapą jest tylko pewnym przybliżeniem rzutu ortogonalnego.

wano jako określenie produktu przetwarzania), obecnie to przetwarzanie częściej nazywa się ortorektyfikacją. Obie nazwy dobrze charakteryzują sposób realizacji przetwarzania – dawniej analogowy, obecnie cyfrowy. Dawniej wynikiem przetwarzania był nowy obraz fotograficzny – ortofotografia lub ortofotogram, a przetwarzanie odbywało się na drodze optycznej (rzadziej – elektronicznej). Obecnie, nawet jeśli materiał pierwotny ma postać fotograficzną (coraz częściej od razu jest to obraz cyfrowy, który nie zawsze powstaje w rzucie środkowym), proces przetwarzania dotyczy obrazu cyfrowego, ma charakter cyfrowy i taką postać ma wynik przetwarzania, który nazywa się ortoobrazem.

Typowe ortofotomapy lotnicze lub satelitarne są kadrowane w kroju arkuszowym przyjętym dla map w określonej skali, posiadają siatkę kartograficzną i kilometrową, ortofotomapy analogowe są wyposażane w stosowny opis pozaramkowy, a cyfrowe – w metadane wpisane do odpowiedniego pliku. Ortofotomapa z reguły powstaje poprzez łączenie ortofotografii (ortoobrazów) wypełniających obszar arkusza (w przypadku wykonywania tzw. zdjęć celowanych na jeden arkusz ortofotomapy przypada jeden ortoobraz).

## **2. Technologie opracowania ortofotomapy – analogowa i cyfrowa**

Poprzednikami ortofotomapy były fotomapy opracowywane poprzez przetwarzanie fotomechaniczne. Można przypuszczać, że genezą techniki ortofotografii była chęć zastąpienia przetwarzania strefowego, którego uciążliwość wzrastała wraz ze wzrostem liczby stref.

Ortofotografia analogowa polegała na przetwarzaniu pasmami – zdjęcia były przetwarzane sukcesywnie pasmami o szerokości kilku milimetrów, których granice częstokroć były widoczne na obrazie przetworzonym – lub na przetwarzaniu segmentami.

W technologii analogowej stosowano kilka metod, które z punktu widzenia techniki przekształcania obrazu zdjęcia na ortofotografię dzielono na:

- optyczne,
- elektroniczne.

W metodach optycznych wykorzystywano projekcję optyczną, bezpośrednią lub pośrednią. Natomiast wg kryterium sprzężenia technologicznego dzielono technologie na on line i off line.

W połowie lat 90. ubiegłego wieku nastąpiło zarzucenie technologii analogowej na rzecz cyfrowej. Dzięki technologii cyfrowej ortofotomapa tylko nieznacznie ustępuje jakością radiometryczną obrazowi pierwotnemu, w analogowej jakość produktu znacznie ustępowała materiałowi źródłowemu.

## **3. Doświadczenia Zakładu Fotogrametrii w zakresie ortofotomapy analogowej**

### **3.1. Działalność naukowa i organizacyjna**

Rozpoczęte w końcu 1971 r. w Zakładzie Fotogrametrii AGH badania nad wykorzystaniem ortofotografii do sporządzania map były bardzo spóźnione w odniesieniu do

ośrodków zagranicznych. Było to spowodowane m.in. nałożeniem na zdjęcia lotnicze w Polsce klauzuli „tajne”. Wykorzystując dostępne w Polsce na początku lat 70. środki techniczne i zaplecze instrumentalne, przygotowano technologię i opracowano – pierwsze w kraju – sekcje ortofotomap. W większości wykonanych prac eksperymentalnych stosowano zakupiony w 1972 r. zestaw Topokart-Orthophot firmy Zeiss. Przeanalizowano możliwości tego przyrządu, sprawdzono działania poszczególnych podzespołów oraz oceniono dokładność systemu. Pozwoliło to ustalić zarówno błędy położenia na płaszczyźnie obrazu, jak i błędy wysokości, które nieco przekraczały wartości podane przez producenta. Jednym z pierwszych efektów tych prac było opracowanie instrukcji strojenia modelu na Topokarcie i podłączania Orthophotu [25].

Badania prowadzone w Zakładzie Fotogrametrii potraktowano kompleksowo, skupiając się głównie na technologii sporządzania ortofotomapy. Obejmowały one:

- metody wytwarzania ortofotografii,
- opracowanie rzeźby i pozyskiwanie danych wysokościowych przetwarzanego terenu,
- kompilację ortofotomapy,
- reprodukcję ortofotomap.

Rozważano także zagadnienia osnów pomiarowych dla ortofotografii, badania instrumentarium do sporządzania ortofotografii, badania dokładności ortofotomapy oraz dokonywano analiz związanych z wytwarzaniem i wykorzystaniem ortofotografii.

W Zakładzie Fotogrametrii wykonano szereg badań i opracowań eksperymentalnych dotyczących zastosowania ortofotografii dla potrzeb inwentaryzacji zabytków architektury. Ten kierunek badań był naturalną konsekwencją wcześniejszych doświadczeń w zakresie inwentaryzacji zabytków, które do działalności Zakładu włączył mgr inż. Jan Cisło, pierwszy jego Kierownik (1953–1961).

Pracownicy Zakładu Fotogrametrii opublikowali w latach 70. szereg prac dotyczących oceny przydatności ortofotomapy dla celów gospodarczych w tym w szczególności w górnictwie odkrywkowym [15, 16] oraz analizy dokładności ortofotomap i aspektu ekonomicznego ich wykonywania [30, 31]. Do badania dokładności ortofotomapy wykorzystywano, wobec braku dostępności do materiałów krajowych, zdjęcia testowych pól fotogrametrycznych w południowej Rodezji (ST. Faith) w skali 1:15 000 oraz w Czechosłowacji (Pečny) – w skali 1:12 000. Skala opracowanych ortofotomap wynosiła odpowiednio 1:5000 i 1:4000 [26].

W latach 1972–75 zrealizowano temat badawczy *Nowoczesne metody sporządzania map z zastosowaniem ortofotografii* w obrębie problemu węzłowego *Podstawy przestrzennego zagospodarowania kraju*, zlecone przez Instytut Geografii PAN w Warszawie [24, 26].

Do ciekawszych rezultatów można zaliczyć:

- określenie zasięgu stosowalności ortofotografii dla potrzeb inwentaryzacji architektonicznej (elewacje budowli, inwentaryzacja stropów, inwentaryzacja dachów bloków zespołów miejskich);
- ustalenie – wspólnie z zespołem kierowanym przez prof. Michała Odlanickiego-Poczobutta – przydatności ortofotografii do prac studialnych i projektowych w planowaniu przestrzennym (charakterystyka stanu zagospodarowania terenu,

studium sieci hydrograficznej, sporządzanie map tematycznych dla potrzeb planowania przestrzennego);

- opracowanie technologii wykonania kreskowej mapy zasadniczej na podstawie ortofotografii.

Pod koniec lat 70. prowadzono badania nt. *Zastosowanie ortofotografii w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego* (problem węzłowy *Kompleksowe zagospodarowanie złóż i regionów w górnictwie odkrywkowym*). W ramach tych badań, we współpracy z POLTEGOR we Wrocławiu, zrealizowano w Kopalni Węgla Brunatnego „Bełchatów” kilka zadań badawczych, których celem było wykorzystanie metod fotogrametrii (głównie naziemnej), tele-detekcji i fotointerpretacji do aktualizacji budowy geologicznej złoża i nadkładu, badania stateczności skarp wkopu, nadkładu i zwałowisk oraz postępu rekultywacji zwałowisk [32, 33]. Zdjęcia wykonywano głównie fototeodolitem Zeiss 19/1318 na wysokorozdzielczych kliszach TO1. Jednym z produktów opracowań były ortofotomapy wykonane w rzucie na płaszczyznę pionową, równoległą do głównych krawędzi skarp. W tym czasie stosowano technikę analogową z wykorzystaniem zestawu Topokart-Orthophot.

Interesującym, nowatorskim kierunkiem badań prowadzonych w Zakładzie Fotogrametrii była problematyka stereoskopii w ortofotografii, która została przedstawiona w monografii [7]. Chodziło o wykorzystanie zarówno szczątkowego efektu stereoskopowego, powstającego przy obserwacji stereoskopowej ortofotogramów wykonanych z obu zdjęć stereogramu [4, 7], jak i sztucznego efektu stereoskopowego powstałego przez opracowanie stereoortofotografii [6–8]. Dokonano specjalnej przeróbki zestawu Topokart-Orthophot B, co umożliwiło opracowanie pierwszych w Polsce stereoortofotogramów [5], które następnie poddano badaniom jakości [9].

Zakład Fotogrametrii zorganizował w Krakowie trzy międzynarodowe sympozja z zakresu ortofotografii. Pierwsze pod auspicjami ISP – Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii (Komisja II: Instrumentacja i Przekształcanie Danych) odbyło się w dniach 19–21 września 1974 r. Należy podkreślić aktywną współpracę przy organizacji tego sympozjum kierownika Sekcji Badan Fotogrametrycznych National Research Council of Canada dr. inż. Teodora Błachuta. W sympozjum zatytułowanym „Technika ortofotografii” uczestniczyło 120 osób z 20 krajów świata; wygłoszono 18 referatów, które opublikowano wraz z zapisem dyskusji panelowej w językach angielskim i polskim.

Drugie sympozjum pod auspicjami Międzynarodowego Komitetu Fotogrametrii Architektonicznej (ICAP) odbyło się w dniach 20–22 czerwca 1979 r, a tematyka dotyczyła udziału fotogrametrii i geodezji w rewaloryzacji zabytków. Brało w nim udział 170 osób z 16 krajów, wygłoszono i opublikowano 29 referatów. Kolejne sympozjum ICAP odbyło się w dniach 23–25 października 1990 r., brało w nim udział ponad 100 osób, na sympozjum wygłoszono i opublikowano 41 referatów.

### 3.2. Przykłady opracowań wykonanych w Zakładzie Fotogrametrii AGH

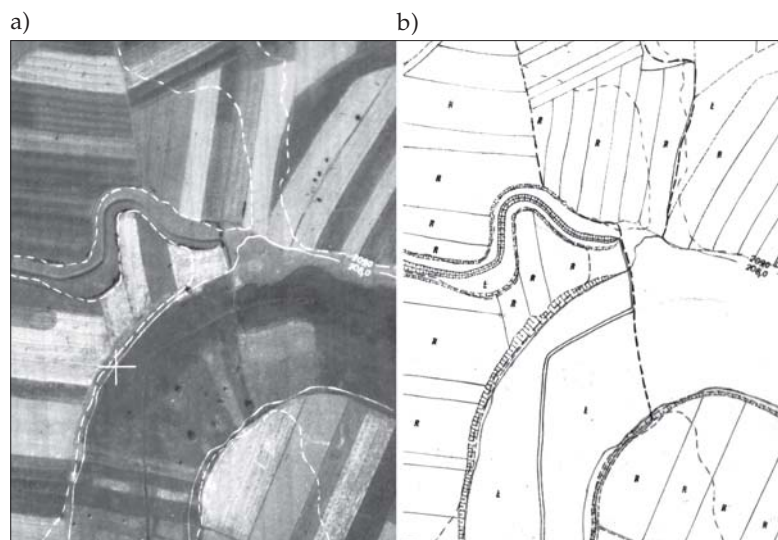
W Zakładzie Fotogrametrii zrealizowano szereg projektów wdrożeniowych z zakresu doskonalenia technologii opracowania ortofotomapy i jej późniejszego wykorzystania oraz

podejmowano się określonych opracowań, które czy to ze względu na nietypowe uwarunkowania, czy z powodu jednostkowego charakteru zamówienia nie były wykonywane przez firmy produkcyjne.

Bazując na technologii opracowanej w Zakładzie Fotogrametrii w 1973 r., sporządzono, na zlecenie Kombinatoru Kopalń i Zakładów Przetwórczych Siarki w Tarnobrzegu, pierwsze polskie sekcje ortofotomapy rejonu Machowa [24]. W planie były cykliczne obserwacje skarp i wkopu odkrywki, które jednak zrealizowano tylko częściowo, z uwagi na trudności w pozyskiwaniu zdjęć lotniczych.

W Zakładzie Fotogrametrii wykonano kilka sekcji ortofotomap dla potrzeb badań geologicznych prowadzonych przez „Polservice” w Libii. Ze zdjęć w skali 1:25 000 (152,31/230×230) wytworzono ortofotografię w skali 1:13 000 oraz wynikową ortofotomapę w skali 1:5000.

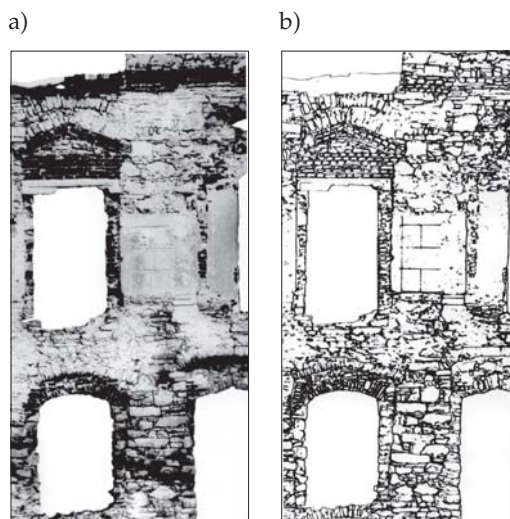
Innego rodzaju ortofotomapy opracowano, wykorzystując stare zdjęcia szkoleniowe okolic Tyńca koło Krakowa. Ze zdjęć w skali 1:8000 sporządzono ortofotografie w skali 1:2000. Posłużyły one do kompilacji ortofotomapy, a ta z kolei do opracowania mapy kreskowej [27]. Przykład ortofotomapy i opracowanej na jej podstawie mapy kreskowej przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Ortofotomapa rejonu podkrakowskiego (a) i mapa kreskowa (b)

Na podstawie naziemnych zdjęć stereoskopowych wykonywano ortofotoplany zabytkowych stropów, rzeźb, pomników, organów oraz dachów zespołów miejskich. W szerokim zakresie wykorzystano technikę ortofotografii przy sporządzaniu dokumentacji zamku Krzyżtopór w Ujeździe. W oparciu o ortofotoplany elewacji wykonano opracowania kreskowe o wysokiej szczegółowości [24].

Przykład opracowania przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Ortofotoplan muru zamku w Krzyżtoprze (a) i opracowanie kreskowe (b)

#### 4. Doświadczenia Zakładu Fotogrametrii AGH w zakresie ortofotomapy cyfrowej

##### 4.1. Działalność naukowa i organizacyjna

Zakład Fotogrametrii rozpoczął badania nad technologią cyfrową w końcu lat 80. ubiegłego wieku. Na podstawie specjalnie przygotowanego algorytmu, dostosowanego do możliwości obliczeniowych komputera Odra, opracowano – cyfrowo po raz pierwszy w Polsce – ortoobraz ze zdjęcia lotniczego w skali 1:15 000 [10].

Obok przetwarzania zdjęć lotniczych zajmowano się także geometryzacją lotniczych obrazów skanerowych, generowanych w tzw. dynamicznym rzucie środkowym [18], proponując wykorzystanie danych pokładowych o przestrzennej pozycji skanera, wówczas relatywnie mało dokładnych [19].

Kolejnym kierunkiem badań było wykorzystanie techniki ortofotografii do sporządzania rozwinięć sklepień budowli zabytkowych<sup>3)</sup>. W Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki teledetekcyjnej opracowano technologię sporządzania takich rozwinięć zarówno dla malowideł usytuowanych na powierzchniach rozwijalnych, jak i nierozwijalnych. Numeryczny

---

<sup>3)</sup> Rozwijanie sklepień wykonuje się w celu uzyskania metrycznej dokumentacji na potrzeby prac konserwatorskich. Techniki stosowane do rozwijania sklepień, pomimo pewnej odmienności, posiadają wiele cech wspólnych z techniką ortofotografii; w literaturze wynik rozwinięcia określa się często jako fotoplan.

model powierzchni (na ogół w postaci siatki trójkątów) budowany był na podstawie pomiarów geodezyjnych i opracowania stereofotogrametrycznego opartego na zdjęciach analogowych wykonanych kamerą metryczną (najczęściej stosowano kamerę UMK 10/1318) lub kamerami cyfrowymi z wykorzystaniem VSD (*Video Stereo Digitizer*). Przetwarzaniu na rozwinięcia poddawano barwne zdjęcia wykonane techniką fotograficzną przekształcone do postaci cyfrowej poprzez skanowanie lub w późniejszym okresie, gdy pojawiły się aparaty cyfrowe, barwne obrazy cyfrowe wykonane aparatami cyfrowymi (stosowano różne aparaty: od pierwszych, które pojawiły się na rynku, o rozdzielczości ok. 1M do nowych, o rozdzielczości >5M). Do przetworzenia obrazów oryginalnych na rozwinięcia wykorzystywano opracowanie fotogrametrycznych stacji cyfrowych do generowania ortofotomapy lub przetwarzania obrazów cyfrowych. Przekształcenie współrzędnych przestrzennych modelu obiektu dokonywano własnymi programami.

Technologia cyfrowa umożliwiła wytworzenie nowych produktów w postaci przekształconego obrazu fotograficznego, których otrzymanie było niemożliwe w technice analogowej, a przydatność do dokumentowania – zwłaszcza malowideł na sklepieniach kościołów czy innych zabytkowych budowli – jest dla konserwatorów zabytków bardzo cenna.

Istotnym problemem dotyczącym i tworzenia, i użytkowania ortofotomapy cyfrowej jest znalezienie kompromisu pomiędzy objętością plików obrazowych a stratą jakości, jaka występuje podczas kompresji obrazów. Problem ten był wnikliwie rozważany przez pracowników ZFiIT, analizowano wpływ kilku różnych metod kompresji na dokładność opracowań fotogrametrycznych [14].

Efektem badań nad doskonaleniem metody opracowania ortofotomapy była propozycja wprowadzenia do procesu ortorektyfikacji innowacji, polegającej na uprzednim wydzieleniu w obrazie krawędzi i pozostałej treści (tła), a następnie oddzielnej ich ortorektyfikacji. Uzyskane w ramach testów wyniki przekonują, że taka strategia podwyższa jakość radiometryczną ortofotomapy [22].

Ostatnio zostały podjęte badania nad możliwością waloryzacji strat radiometrycznych, jakie występują w procesie opracowania ortofotomapy [23]. Straty te powodują, że ortofotomapa ma gorszą jakość radiometryczną, a przez to i wizualną, od materiałów źródłowych, z których powstaje. Zajęcie się tym problemem wynika z faktu, że ortofotomapa cyfrowa staje się narzędziem wspomagającym pracę szerokiego grona użytkowników, spośród których wielu jest zadowolonych z jakości geometrycznej, ale chcieliby, aby ortofotomapa posiadała lepszą jakość radiometryczną. Ilościowe wskaźniki jakości radiometrycznej mogą przyczynić się do usprawnienia procesu technologicznego, ale co ważniejsze – do zapewnienia produktowi najwyższej z możliwych jakości.

W latach 1997–98 Zakład Fotogrametrii był współorganizatorem szkolenia „Kompleksowe wykorzystanie informacji ze zdjęć lotniczych”, PHARE Land Information System PL.9206-02004/II. W szkoleniu, które odbywało się w Krakowie i Sieradzu, szeroko prezentowano problematykę ortofotomapy, zarówno w aspekcie technologicznym, jak i w zakresie możliwości wykorzystania w szeroko rozumianych zagadnieniach gospodarczych.

Pracownicy Zakładu Fotogrametrii – dr inż. W. Mierzwa i dr inż. K. Pyka są współautorami wytycznych technicznych K-2.8 *Zasady wykonywania ortofotomap w skali 1:10 000* wydanych przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii.

#### 4.2. Przykłady opracowań wykonanych w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH

Początek lat 90. był w Polsce okresem pewnego zastoju w produkcji ortofotomap. Technologia analogowa została zaniechana, a nie wdrożono jeszcze nowej – cyfrowej. Grafika w rozpowszechniających się wówczas komputerach klasy PC charakteryzowała się zbyt małymi rozdzielczościami (geometryczną i radiometryczną), aby ukształtować zapotrzebowanie na ortofotomapy cyfrowe. Sytuacja ta jednak zaczęła się szybko zmieniać, a sprzyjał temu szybki rozwój sprzętu komputerowego oraz oprogramowania GIS. W połowie lat 90. pojawiły się pierwsze krajowe zamówienia na ortofotomapy cyfrowe, w pierwszej kolejności na potrzeby opracowania planów ochrony przyrody w parkach narodowych. Wkrótce potem z inicjatywy Remigiusza Piotrowskiego (Głównego Geodety Kraju w latach 1990–1996) rozpoczęto projekt wykonywania barwnych zdjęć lotniczych całego kraju, zakończony z dobrym rezultatem w 1999 r. (niewielkich uzupełnień dokonano w latach następnych).

Pod kierunkiem pracowników ZFiIT wdrożono cyfrową technologię opracowania ortofotomapy w kilku firmach produkcyjnych. W roku 1994 na zamówienie Krakowskiego Przedsiębiorstwa Geodezyjnego opracowano 30 ortofotomap w skali 1:2000 na podstawie zdjęć 1:8000 obszaru Konińskiego Zagłębia Węglowego, wykorzystując program GRASS [20]. W krakowskiej firmie Compass SA w 1997 r. zostały opracowane pierwsze opracowania o charakterze masowym, jednym z ciekawszych było seria 40 ortofotomap cyfrowych ze zdjęć spektrostrefowych, powstała na zamówienie dla Pienińskiego Parku Narodowego [21].

Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej sukcesywnie gromadził środki techniczne pozwalające na samodzielne wykonywanie ortofotomapy w technologii cyfrowej. W roku 2002 dla Zakładu Geomorfologii Instytutu Nauk o Ziemi UMCS w Lublinie wykonano ortofotomapę Ziemi Wedela Jarlsberga na Spitsbergenie. Do opracowania NMT (Numerycznego Modelu Terenu) i ortorektyfikacji wykorzystano zdjęcia lotnicze w skali 1:50 000.

W trakcie opracowania wystąpiły dwa poważne problemy:

- 1) brak szczegółów na jednolicie jasnej powierzchni lodowców,
- 2) głębokie cienie na zdjęciach.

Utrudniały one zasadniczo pomiar punktów do NMT, jak też wpływały niekorzystnie na jakość wizualną ortofotografii. Do ich rozwiązania wykorzystano program generujący NMT i oprogramowanie do korekcji radiometrycznej zdjęć.

W trakcie prac badawczo-rozwojowych, prowadzonych w ZFiIT w ramach projektu celowego KBN *System Informacji Przestrzennej w Powiecie Stalowowolskim w aspekcie możliwości jego wykorzystania przez samorządową administrację zespoloną* wykonano ortofotomapę gminy Zaleszany [3]. Opracowanie wykonano na podstawie specjalnie zamówionych zdjęć lotniczych w skali 1:10 000 oraz częściowo w skali 1:13 000 (znana była już wtedy koncepcja wykonywania zdjęć w skali 1:13 000 na potrzeby systemu LPIS – *Land Parcel Identification System*).

Pracownicy Zakładu mieli istotny wkład w zorganizowaniu i nadzorowaniu projektu ROPSIM (*Registration of Polluted Sites in the Malopolska Region*) zrealizowanego przez Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego we współpracy z partnerskim regionem duń-



skim Fionii. W ramach projektu, którego celem była inwentaryzacja składowisk odpadów i terenów przemysłowych, opracowano w latach 2001–2003 blisko 800 ortofotomap (ze zdjęć w skali 1:26 000/29 000). Za pomocą ortofotomap wskazywano tereny, na których była prowadzona w przeszłości działalność gospodarcza i przemysłowa, wskutek czego istniało domniemanie, że do gruntu zostały wprowadzone substancje zanieczyszczające (stałe, płynne lub gazowe). Efektem projektu było ustalenie listy miejsc potencjalnie zanieczyszczonych, która była weryfikowana przez społeczność lokalną, a następnie została wykorzystana w ustaleniu strategii działań naprawczych. Wszystkie opracowane ortofotomapy zostały udostępnione w portalu internetowym *Wrota Małopolski*, w dziale *Małopolska z lotu ptaka* ([www.malopolska.pl](http://www.malopolska.pl)).

Największym opracowaniem wykonanym w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej było wykonanie ortofotomapy dla Bieszczadzkiego Parku Narodowego i jego otoczenia w okresie październik 2002 – czerwiec 2003. Ortofotomapa powstała z 285 przetworzonych zdjęć spektrostrefowych w skali 1:10 000. Duży problem przy wykonaniu aerotriangulacji i opracowaniu numerycznego modelu terenu stanowił fakt, iż większość obszaru pokryta była gęstym lasem. Powodowało to powstawanie różnego typu błędów obrazu na ortofotogramach i problemy przy łączeniu sąsiednich ortofotografii. Doświadczenia zebrane przy tej okazji posłużyły do opracowania zasad przetwarzania zdjęć obszarów o dużym stopniu zalesienia oraz kontroli dokładności geometrycznej i jakości wizualnej ortofotomapy [1, 2].

Opracowaną w ZFiIT technologię sporządzania rozwinięć sklepień obiektów zabytkowych wykorzystano do opracowania dokumentacji zamawianych przez konserwatorów sztuki i zabytków.

Wśród najciekawszych prac należy wymienić [11–13]:

- dokumentację malowideł na sklepieniu biblioteki opactwa Cystersów w Lubiążu,
- dokumentację malowideł na sklepieniu w kościele Pijarów,
- dokumentację malowideł na sklepieniu w Kaplicy Zygmuntowskiej na Wawelu.

Pod opieką pracowników Zakładu wykonano również kilkadziesiąt prac dyplomowych związanych z problematyką ortofotomapy.

## 5. Podsumowanie

Problematyka ortofotomapy była od dawna przedmiotem badań i wdrożeń prowadzonych w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH. W latach 70. prace miały charakter prekursorki w skali krajowej a osiągnięcia były doceniane na arenie światowej. Potwierdzeniem tego faktu była organizacja przez Zakład sympozjów międzynarodowych i wysoka pozycja profesorów Zbigniewa Sitka i Józefa Jachimskiego w towarzystwach międzynarodowych International Society for Photogrammetry (obecnie International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) i ICAP (International Committee for Architectural Photogrammetry).

Godna podkreślenia jest wieloletnia, systematyczna i konsekwentna praca na rzecz doskonalenia technologii opracowania, a także sposobów wykorzystania ortofotomapy.

Z pewnością przyczyniła się ona do podjęcia w Polsce ogólnokrajowych programów wykonywania ortofotomapy [17] i jej zastosowania do opracowania bazy działek rolnych oraz kontroli powierzchni użytków deklарowanych przez rolników w ramach dopłat unijnych. Za sukces należy także uznać przekonanie wielu konserwatorów sztuki do korzystania z dokumentacji opracowanej technologią pokrewną do ortofotografii.

W działalności ZFiIT dotyczącej metod opracowania ortofotomapy widoczne są dwa okresy, jeden związany z technologią analogową a drugi – z cyfrową. Niewątpliwie okres pierwszy miał charakter prekursorski w skali kraju i w pewnych aspektach – w skali międzynarodowej. Okres drugi nie był tak spektakularny, jednak podtrzymał znaczącą rolę Zakładu w zakresie znajomości techniki ortofotografii. Interesujące z badawczego punktu widzenia są ostatnio podejmowane projekty dotyczące opracowania ortofotomapy pozbawionej przesunięć radialnych obiektów budowlanych wystających ponad poziom terenu (tzw. „prawdziwa ortofotomapa”) oraz waloryzacji spadku jakości radiometrycznej, jaka ma miejsce w procesie opracowania ortofotomapy. Tak wysublimowana problematyka badawcza jest wyrazem dążenia do podwyższenia jakości ortofotomapy i świadczy o tym, że ten specyficzny rodzaj mapy został zaakceptowany przez odbiorców i wypełnia wiele potrzeb życia gospodarczego.

## Literatura

- [1] Boroń A., Borowiec M.: *Aerotriangulacja archiwalnego, nieregularnego bloku zdjęć zalesionych terenów górskich*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 13B, 2003
- [2] Boroń A., Borowiec M., Wróbel A.: *Uwagi o wykonywaniu cyfrowych ortofotomap terenów zalesionych*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 14, 2004
- [3] Hejmanowska B., Winiarczyk A., Głowienka E.: *System Informacji Przestrzennej w Powiecie Stalowowolskim w aspekcie możliwości jego wykorzystania przez administrację zespoloną*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 12b, 2002
- [4] Jachimski J.: *Analiza geometrycznych własności szcztkowego efektu stereoskopowego ortofotomap*. Sprawozdanie z badań w ramach tematu międzyresortowego I/28.07.5 za rok 1976
- [5] Jachimski J.: *Przystosowanie Topocartu z Orthophotem B do wykonywania stereortofotomap i wykonanie próbnych przetworzeń*. Sprawozdanie z badań w ramach tematu międzyresortowego I/28.07.5 za rok 1977
- [6] Jachimski J.: *Stereortofotografia w planowaniu przestrzennym*. Zbiór referatów IV Sesji Naukowo-Technicznej SGP-NOT z cyklu „Aktualne zagadnienia geodezji”, Nowy Sącz 1977
- [7] Jachimski J.: *Problem stereoskopii w ortofotografii*. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, z. 54, 1978
- [8] Jachimski J., Wróbel A.: *Stereortofotografia w procesie weryfikacji poprawności wkomponowania projektu inżynierskiego w krajobraz*. Materiały V Sesji Naukowo-Technicznej z cyklu „Aktualne zagadnienia geodezji”, Nowy Sącz 1979

- [9] Jachimski J., Wróbel A.: *The estimation of accuracy of stereoorthophotography production using a modified Topocart with Orthophot B Zeiss Jena*. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN w Krakowie, Geodezja, 30, 1983
- [10] Jachimski J., Mierzwa W., Pyka K., Boroń A., Zieliński J.: *Digital image rectification on microcomputers for orthophoto production*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Part B1, ISPRS Congress Kyoto, 1988, 135–144
- [11] Jachimski J., Mierzwa W.: *Metodyka sporządzania cyfrowego fotoplanu rozwinięcia sklepienia na przykładzie malowideł biblioteki opactwa Cystersów w Lubiążu*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 8, 1998, 18–1:18–9
- [12] Jachimski J., Mierzwa W.: *Warping methods for producing a development of historical frescos*. XIXth Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Working Group V/10, Amsterdam 2000
- [13] Jachimski J., Mierzwa W.: *Representation of historical frescos using digital photogrammetry*. PAN Oddział Kraków, Prace Komisji Geodezyjnej i Inżynierii Środowiska, Geodezja, 39, 2002
- [14] Mikrut S., Pyka K., Jachimski J.: *Współczesne tendencje w zakresie kompresji zdjęć lotniczych i obrazów teledetekcyjnych*. Geoinformatica Polonica, z. 6, 2004
- [15] Mularz S.: *Ortofotomapa jako podkład do prowadzenia kompleksowych studiów fotointerpretacyjnych*. Materiały VI Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji, Warszawa, 1973
- [16] Mularz S.: *Rola metod fotogrametrii i fotointerpretacji zdjęć w problematyce zwałowisk kopalń odkrywkowych*. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, z. 28, 1974, 93–100
- [17] Preuss R.: *Zakres zastosowań cyfrowej ortofotomapy w Polsce*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 14, 2004, 479–489
- [18] Pyka K., Sitek Z.: *An Application of Attitude and Terrestrial Data to Geometric Correction of Aerial Scanner Imagery*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 27, part B1, ISPRS Congress Kyoto, 1988, 120–128
- [19] Pyka K.: *A Geometric Correction of Aerial Scanner Images using Attitude and Ground Data*. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN w Krakowie, Geodezja, 34, 1991
- [20] Pyka K.: *GRASS – program GIS z sieci komputerowej*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 5, 1994, 15–1:15–5
- [21] Pyka K., Waluś L.: *Doświadczenia firmy Compass SA w zakresie fotogrametrii cyfrowej*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, vol. 8, 1998, 7–1:7–7
- [22] Pyka K.: *The new Orthorectification Strategy as a Way for Visual Quality Improvement*. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. XXXV, part B3, 2004, 638–640
- [23] Pyka K.: *Falkowe wskaźniki zmian radiometrycznych zachodzących w procesie opracowania ortofotomapy*. Seria Rozprawy Monografie nr 152, Kraków, UWND AGH 2005
- [24] Sitek Z.: *Uwagi o sporządzaniu map na podstawie ortofotografii*. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, z. 32, 1974, 67–74
- [25] Sitek Z.: *Uwagi o strojeniu zdjęć na topokarcie i o podłączeniu ortofototu*. Przegląd Geodezyjny, nr 11, 1974, 482–486

- 
- [26] Sitek Z.: *Badania nad wykorzystaniem ortofotografii do sporządzania ortofotomap w Polsce*. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN Oddział w Krakowie, z. 21, 1975, 65–73
- [27] Sitek Z.: *Sporządzanie map z wykorzystaniem ortofotografii*. Materiały II Sesji Naukowo-Technicznej SGP „Mapa zasadnicza kraju”, Nowy Sącz 1975, 157–158
- [28] Sitek Z.: *Technologia ortofotografii w aspektach analizy ekonomicznej*. Geodezja i Kartografia PAN, Rocz. XXV, z. 2, 1976, 135–140
- [29] Sitek Z.: *Ortofotografia w architekturze*. Zeszyty Naukowe AGH, Geodezja, z. 39, 1977, 133–146
- [30] Sitek Z.: *Przydatność ortofotomap w planowaniu przestrzennym*. Materiały Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej SGP „Mapa zasadnicza kraju”, Nowy Sącz 1977, 62–74
- [31] Sitek Z.: *Analiza fotograficznych i geometrycznych właściwości ortofotomap*. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN Oddział w Krakowie, Geodezja, 25, 1978, 23–31
- [32] Sitek Z.: *Uwagi o wykorzystaniu procedury ortofotografii w kopalniach odkrywkowych węgla brunatnego*. Materiały Komisji Ochrony i Kształtowania Terenów Górniczych, Bełchatów 1980, 1–8
- [33] Sitek Z.: *Attempt of application of orthophoto Technique to surveying Purposes in Open-Pit Mines*. Prace Komisji Górniczo-Geodezyjnej PAN Oddział w Krakowie, Geodezja, 30, 1980, 91–98