

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Zakład Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej

**Sprawozdanie z badań statutowych
realizowanych w roku 2006**

Nr tematu: 11.11.150.459

Tytuł tematu: Cyfrowe systemy obrazowej rejestracji, przetwarzania
i udostępniania informacji o terenie i o środowisku

Kierownik tematu: prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik

Kraków, luty 2007

Skład osobowy Zakładu

Kierownik

prof. dr hab. inż. Jerzy Bernasik - profesor

Pracownicy naukowo-dydaktyczni

prof. dr hab. inż. Józef Jachimski - profesor

dr hab. inż. Stanisław Mularz - prof. n. AGH

dr hab. inż. Beata Hejmanowska - adiunkt

dr hab. inż. Krystian Pyka - adiunkt

dr inż. Władysław Mierzwa - adiunkt

dr inż. Regina Tokarczyk - adiunkt

dr inż. Adam Boroń - adiunkt

dr inż. Andrzej Wróbel - adiunkt

dr inż. Wojciech Drzewiecki - adiunkt

dr inż. Sławomir Mikrut - adiunkt

dr inż. Tomasz Pirowski - adiunkt

dr inż. Urszula Marmol - adiunkt

mgr inż. Barbara Zabrzaska-Gąsiorek - asystent

mgr inż. Michał Majewski - asystent

Pracownicy techniczni

mgr inż. Marta Borowiec - specj. nauk.-techn.

Zygmunt Starek - technik

Grażyna Binczycka - technik

Andrzej Kmiecński - technik

Przedstawiane sprawozdanie dotyczy prac realizowanych w roku 2006 w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH w ramach tematu badań statutowych: „Cyfrowe systemy obrazowej rejestracji, przetwarzania i udostępniania informacji o terenie i o środowisku” (Nr 11.11.150.459). Praca stanowi kontynuację tematu badawczego z lat poprzednich i będzie kontynuowana w roku przyszłym, w związku z czym przedstawiane sprawozdanie dotyczy tylko ostatniego roku jej realizacji (wg pisma Prodziekana ds. Nauki z dn. 18.01.2006). Publikacje powstałe w ramach badań statutowych realizowanych w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej AGH w roku 2005 i wymienione w poprzednim sprawozdaniu jako przyjęte do druku w Zeszytach Naukowych AGH – Geodezja (Bernasik J., Mikrut S. - *Automatyzacja fotogrametrycznych pomiarów odkształceń dachowych dźwigarów hal przemysłowych*; Kosecka M, Tokarczyk R. - *Propozycja metody ekonomicznej fotogrametrycznej inwentaryzacji zabytków polskiej wsi z wykorzystaniem do rejestracji cyfrowych aparatów fotograficznych*; Hejmanowska B. – *Metodyka kalibracji pomiaru powierzchni działki rolnej na ortofotomapie*; Jachimski J, Mikrut S., Majewski M. - *Rozwój Geoinformatycznego Słownika PAU*) nie ukazały się z przyczyn niezależnych od Autorów (opóźnienia w druku kolejnych Zeszytów).

W roku 2006 w ramach tematu badawczego realizowanego w ramach prac statutowych („Cyfrowe systemy obrazowej rejestracji, przetwarzania i udostępniania informacji o terenie i środowisku”) realizowano jedno zadanie („Doskonalenie metod fotogrametrycznych i teledetekcyjnych”), w którym wydzielono cztery zadania cząstkowe:

1. Fotogrametria i teledetekcja bliskiego zasięgu.
2. Optymalizacja wykorzystania systemów informacji przestrzennej dla potrzeb analizy i przetwarzania informacji o terenie i środowisku.
3. Fotogrametria i teledetekcja w społeczeństwie informacyjnym XXI wieku.
4. Fotogrametria i teledetekcja rolnicza i satelitarna.

Zadanie cząstkowe:

Fotogrametria i teledetekcja bliskiego zasięgu

Prace z tej grupy zagadnień skupiały się na wykorzystaniu metod cyfrowych do dokumentowania zabytków architektury i sztuki oraz dla potrzeb inżynieryjno-budowlanych. Zaowocowały one szeregiem przedsięwzięć, opracowań i publikacji. Wpisują się one w światowy nurt stosowania nowoczesnych metod cyfrowych do dokumentowania dziedzictwa kulturowego ludzkości, jak i wynikają z zapotrzebowania krajowej nauki i techniki.

W ramach badań poświęconych wykorzystaniu fotogrametrii cyfrowej do pomiarów inżynieryjnych wykonano pracę *Wykonywanie naziemnych zdjęć cyfrowych o ściśle określonej orientacji* (Bernasik J., Mikrut S.). Istotą opisanego w tej pracy problemu było opracowanie takiej metodyki wykonywania zdjęć standardową kamerą cyfrową, aby możliwe było określenie ich orientacji, bez posiadania punktów dostosowania. Rozwiązania te mają umożliwić zautomatyzowany, szybki i tani pomiar odchyłeń od pionowości i określania innych anomalii kształtu wysokich budowli, takich jak kominy przemysłowe, wieże wiertnicze, wieże kopalniane oraz znalezienie efektywnych algorytmów pozwalającego na automatyczne czyli szybkie pomiary badanych odkształceń, naprężeń lin odciągowych na drodze analizy obrazów cyfrowych.

Metodyka pomiaru odchyłeń od pionowości i określania innych odchyłeń kształtu i pionowego usytuowania wysokich budowli, takich jak kominy przemysłowe, wieże wiertnicze, wieże kopalniane, maszty itp., jest w wariacie analogowym znana i w pewnym okresie była szeroko stosowana. Nie chcąc zaprzepaścić tego dorobku w dobie dynamicznego i nieodwracalnego trendu rozwojowego fotogrametrii cyfrowej, należy przygotować takie rozwiązania, które dadzą szansę fotogrametrii w warunkach, gdy ze względu na koszty, metody fotogrametryczne – pomimo niepodważalnych zalet – przegrywają ekonomicznie z innymi metodami. Te zalety to:

- rejestracja całego obiektu w tym samym momencie – nieodzowne w przypadku pomiaru obiektów odkształcających się w trakcie pomiaru rozciągniętego w czasie,
- dokumentalna wartość fotogramu,
- skrócenie czasu prac polowych,

zaś w przypadku opracowania omawianej metody, także radykalne skrócenie całkowitego czasu opracowania. Można oczekiwać że wraz z obniżeniem cen kamer cyfrowych, będzie to również metodyka najtańsza. Uważamy bowiem, że najpoważniejszym obecnie składnikiem, którego pracochłonność ogranicza wachlarz uzasadnionych ekonomicznie zastosowań cyfrowej fotogrametrii inżynieryjnej, jest konieczność dostarczania danych do przekształcenia DLT lub do orientacji zdjęć. Przyczyną jest niemetryczność kamer cyfrowych i ich nieprzystosowanie do potrzeb fotogrametrii

naziemnej. Stosując zdjęcia wykonywane kamerą zamocowaną na lunecie zrektyfikowanego teodolitu będziemy mogli znać wszystkie elementy orientacji zdjęcia. To stanowi pierwszy podstawowy element dzięki któremu uzyskamy podwyższenie efektywności, skrócenie czasu pomiaru i obniżenie kosztów.

Wykonywanie zdjęć naziemnych o precyzyjnie znanych (na poziomie dokładnościowym teodolitu) elementach orientacji zewnętrznej, to rzadko wykorzystywana szansa terrofotogrametrii. Zazwyczaj wykorzystuje się punkty kontrolne, aby podwyższyć dokładność opracowania zdjęć o orientacji znanej nie dość precyzyjnie. Szczególnie utrudnione jest to – z pozoru – w przypadku zdjęć wykonywanych niemetrycznymi aparatami fotograficznymi. Rozwiązanie zastosowane przez autorów- do pomiarów anomalii kształtu wysmukłych budowli – zostało oparte o prototypowe urządzenie umożliwiające instalowanie kamery KODAK DCS 760 na teodolicie Theo 010. W opracowaniu przedstawiono wyniki badań, które pozwoliły ocenić dokładnościowo poziom orientacji zdjęć. Opisane rozwiązanie stwarza fotogrametrii cyfrowej bliskiego zasięgu nową szansę, rozszerzając wachlarz uzasadnionych ekonomicznie zastosowań tej metody w inżynierii i budownictwie.

Efekty kolejnych prac konstrukcyjnych oceniano na podstawie zdjęć pola testowego. Pole składało się z 6 punktów kontrolnych, obieranych w narożnikach pilastrów budynku C2 (AGH); z wybranego stanowiska pomiarowego pomierzono teodolitem Theo 010B kąty poziome i pionowe do tych punktów. Po wyznaczeniu elementów mimośrodowości wierzchołka wiązki kierunków teodolitowych względem wierzchołka wiązki promieni fotogrametrycznych, wyliczono prawdziwe kąty poziome i pionowe (fotogrametryczne).

Wykonane i pomierzone zdjęcia dostarczyły odpowiedzi na podstawowe pytania:

- jaka jest powtarzalność orientacji kątowej kamery, po niezależnym jej mocowaniu (i zorientowaniu z pomocą teodolitu),
- jaki wpływ na poszczególne elementy orientacji wywierają powyższe niedoskonałości zestawu,
- jakie są parametry nowego fotogrametrycznego zestawu pomiarowego.

Dalsze prace będą kontynuowane w ramach przyznanego autorom GRANTU KBN.

W pracy *Badanie jakości radiometrycznej ortofotogramów sporządzonych na drodze integracji fotogrametrii bliskiego zasięgu i skaningu laserowego* (Pyka K., Rzońca A) zaprezentowano doświadczenia nabyte przy inwentaryzacji obiektu architektonicznego, którym był nagrobek Anny Jagiellonki. Inwentaryzacja została wykonana równoległe techniką fotogrametryczną i poprzez skanowanie laserowe. Dało to możliwość opracowania ortofotoplanów w trzech wariantach: klasycznym fotogrametrycznym, metodą kombinowaną z wykorzystaniem chmury punktów jako modelu powierzchni oraz z nałożeniem obrazu fotograficznego na dane laserowe. Tak uzyskane ortofotogramy poddano analizie jakości radiometrycznej poprzez obliczanie parametrów wynikających z falkowej transformacji

obrazów. Stwierdzono porównywalną jakość ortofotogramu uzyskanego metodą kombinowaną w stosunku do klasycznego przetwarzania fotogrametrycznego. Natomiast dla trzeciej z badanych metod uzyskano jakość odbiegającą od standardów i wskazano konieczność modyfikacji tego postępowania.

Tematyka związana z opracowywaniem fotoplanów dla celów dokumentowania obiektów architektury stanowiła również temat pracy *Metoda wytwarzania barwnych fotoplanów rozwinięć malowideł z powierzchni kolebkowych z wykorzystaniem kamery fotogrametrycznej i aparatu cyfrowego* (Boroń A., Kocierz R., Wróble A.). Z prowadzonych w Zakładzie Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej prac nad cyfrowymi rozwinięciami wynika, że najkorzystniejszym rozwiązaniem jest wykorzystanie do tego celu stereogramów zdjęć, z których jedno (lub oba) służyć będą później do przetwarzania. W wyniku pomiaru takich stereogramów na autografie cyfrowym otrzymuje się dla mierzonych punktów zarówno współrzędne obrazowe jak i współrzędne przestrzenne. Po określeniu geometrii sklepienia przelicza się współrzędne przestrzenne na współrzędne w układzie rozwinięcia.

O jakości geometrycznej dokumentacji cyfrowej decyduje jej rozdzielczość terenowa umożliwiająca przedstawienie najdrobniejszych szczegółów obiektu. Przyjmuje się, że dla malowideł ściennych piksel terenowy nie powinien być większy niż 1mm. Zakładając, że przeciętna matryca CCD w lustrzance cyfrowej zawiera 6 mln pikseli, to przy maksymalnej rozdzielczości terenowej 1mm użyteczna powierzchnia stereogramu wyniesie 4.8 m². Niestety sklepienia o takiej powierzchni zdarzają się bardzo rzadko. Najczęściej powierzchnia sklepienia jest wielokrotnie większa. Wtedy występuje konieczność wykonania kilku, kilkunastu lub kilkudziesięciu stereogramów dla pokrycia całego sklepienia.

Powyższych ograniczeń wynikających ze stosowania aparatów cyfrowych można uniknąć wykorzystując wielkoformatową kamerę fotogrametryczną UMK 10/1318. Niestety w dobie rozwijających się technik rejestracji cyfrowej zdobycie barwnych błon fotograficznych formatu 13x18 jest prawie niemożliwe

Zaproponowano więc metodę pośrednią łączącą zalety aparatów cyfrowych i możliwości kamery fotogrametrycznej UMK. Metoda ta polega na opracowaniu rozwinięcia sklepienia kolebkowego z wykorzystaniem pojedynczego czarno białego stereogramu z kamery fotogrametrycznej UMK 10/1318 a następnie, na „udrapowaniu” na wynikowym czarnobiałym rozwinięciu cyfrowym wielu przetworzonych wysokorozdzielczych, barwnych zdjęć cyfrowych sklepienia. Technologia ta zapewnia bardzo wysoką dokładność pomiarów na stereogramie. To z kolei umożliwia określenie z dużą dokładnością parametrów geometrycznych sklepienia oraz zdefiniowanie układu przestrzennego powierzchni walcowej.

Powyższą metodą wykonano rozwinięcia sklepień kolebkowych w krużgankach klasztoru O.O. Karmelitów w Krakowie.

Stwierdzono że najkorzystniejsza dla znalezienia zależności pomiędzy zdjęciem a układem rozwinięcia jest metoda wielomianowa. Z wykonanych doświadczeń wynika, że możliwa jest do uzyskania dokładność transformacji wielomianowej na poziomie $\pm 3 - 5$ mm, co jest wynikiem bardzo dobrym biorąc pod uwagę nieregularność powierzchni sklepienia wykonywanej prymitywnymi metodami parę wieków temu. Program Autodesk Raster Design 3 on AutoCad jako jedyny podołał transformacji wielomianowej 9 tego stopnia przy 500 punktach dostosowania i 100 MB pliku rastrowym.

Zastosowanie transformacji „image to image” umożliwia w stosunkowo prosty sposób wykonanie transformacji wielomianowej barwnych zdjęć cyfrowych na czarno białe rozwinięcie. O poprawności zastosowanej metody świadczy duża dokładność uzyskana podczas mozaikowania składowych przetworzonych obrazów barwnych.

Z tematyką inwentaryzacji architektonicznej wiąże się również praca *Uwagi o wykorzystaniu tachimetrów bezlustrowych w inwentaryzacji architektonicznej* (Klimkowska H., Wróbel A.).

Dalmierze do pomiaru odległości bezpośrednio do powierzchni obiektu, bez użycia lustra czy też folii odblaskowej, stosowane są od dłuższego czasu, ale ostatnio nastąpił ich szybki rozwój. Stosowane są zarówno w skanerach laserowych jak i niektórych typach tachimetrów. Dokładność pomiaru odległości bez użycia lustra umożliwia wykorzystanie tych przyrządów do inwentaryzacji architektonicznej. Doświadczenia zebrane przy wykorzystaniu tachimetrów z bezlustrowym pomiarem odległości wskazują iż należy z pewną ostrożnością podchodzić do wyników pomiaru odległości.

Postanowiono przeprowadzić badania aby określić rzeczywistą dokładność pomiaru odległości do powierzchni naturalnych, a także sprawdzić zachowanie się dalmierza w niektórych specyficznych dla pomiarów inwentaryzacyjnych warunkach. Szczególnie istotne było określenie dokładności pomiaru takich elementów jak narożniki i załamania ściany. Związane to jest z faktem, iż pomiar odległości odbywa się za pomocą wiązki lasera, która daje na obiekcie plamkę o średnicy zależnej od odległości. W tym celu wykorzystano jako pole testowe ścianę z dużą ilością okien. Pomiar wykonywano wewnątrz budynku i wybrano ścianę na której jakość wykonania tynków dawała możliwość identyfikacji narożnika z dokładnością $1 \div 2$ mm. Rzeczywiste położenie narożnika określano na podstawie pomiaru wcięciem kątowym wprzód i z nim porównywano wynik uzyskany na podstawie pomiaru biegunowego. Oprócz narożników z klasycznego tynku wykorzystano też elementy drewniane i lastrykowe

W przeprowadzonych badaniach dla każdego narożnika oprócz krawędzi przecięcia ścian mierzono dodatkowo kilka punktów po jej lewej i prawej stronie. Umożliwiły one potem aproksymację położenia płaszczyzn ścian. Przeprowadzona analiza pomiaru kilkunastu narożników wklęsłych wykazała że wpływ

generalizacji mierzonej powierzchni jest niewielki i powoduje skrócenie odległości o wartość od 2 do 6 mm.

Dla narożników wypukłych sprawa się nieco komplikuje. Wiązka lasera może się bowiem cała odbić od narożnika lub tylko część wiązki może trafić w narożnik a reszta odbije się od elementów położonych dalej. Zależy to od wzajemnego położenia stanowiska pomiarowego i punktu na który celujemy. Jeżeli cała wiązka lasera odbije się od bliskiego otoczenia narożnika nastąpi tylko uśrednienie odległości z całej powierzchni plamki. Spowoduje to powiększenie wartości mierzonej odległości. W przeprowadzonym eksperymencie otrzymano średnią wartość odchyłki liniowej spowodowanej tym błędem 2 mm, a największa wynosiła niecałe 6 mm.

Jeżeli część wiązki lasera omija narożnik to błąd pomiaru odległości przeważnie wyraźnie wzrasta. Prawie połowa odległości pomierzona była z błędem mniejszy niż 10 mm. Wiele odległości pomierzono jednak z błędem znacznie większym, stąd średnia wartość odchyłki wynosiła 36 mm, a wartość maksymalna aż 126mm. Przy bardzo gładkich materiałach (laski, marmur) przy małych kątach padania promienia lasera mogą wystąpić bardzo duże błędy

Dokładność pomiaru narożników w niektórych przypadkach można podnieść przykładając do nich nawet kawałek kartki papierowej tak, aby część wiązki lasera omijająca cel odbiła się od kartki. Jeżeli jest to niemożliwe można zmierzyć odległość nie celując dokładnie na narożnik, ale tuż obok tak, aby wiązka całym przekrojem trafiła na ścianę.

Załączniki:

1. Bernasik J., Mikrut S.: *Wykonywanie naziemnych zdjęć cyfrowych o ściśle określonej orientacji*. ZN AGH, Geodezja, T 12, 2006
2. Pyka K., Rzońca A.: *Badanie jakości radiometrycznej ortofotogramów sporządzonych na drodze integracji fotogrametrii bliskiego zasięgu i skaningu laserowego*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji (w druku)
3. Boroń A., Wróbel A.: *Metoda wytwarzania barwnych fotoplanów rozwinięć malowideł na powierzchniach kolebkowych z zastosowaniem kamery fotogrametrycznej i aparatów cyfrowych*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji (w druku)
4. Klimkowska H., Wróbel A.: *Uwagi o wykorzystaniu tachimetrów bezlustrowych w inwentaryzacji architektonicznej*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji (w druku)

Zadanie cząstkowe:

Optimalizacja wykorzystania systemów informacji przestrzennej dla potrzeb analizy i przetwarzania informacji o terenie i środowisku

W roku 2006 w ramach podtematu: „Optimalizacja wykorzystania systemów informacji przestrzennej dla potrzeb analizy i przetwarzania informacji o terenie i środowisku” przeprowadzono badania dotyczące:

- modelowania procesów i zjawisk w systemach GIS,
- ryzyka związanego z podejmowaniem decyzji w oparciu o analizy przestrzenne GIS.

Modelowanie procesów przestrzennych wykonuje się z wykorzystaniem narzędzi dostępnych w różnych pakietach GIS. W artykule: „*Automaty komórkowe jako narzędzie modelowania i symulacji procesów przestrzennych w systemach informacji geograficznej*”, (Drzewiecki W.) przedstawiono definicję i zasadę funkcjonowania automatu komórkowego oraz sposoby integracji automatów komórkowych z systemami informacji geograficznej. Zaprezentowano również zaczerpnięte z literatury przykłady zastosowań automatów komórkowych jako narzędzia modelowania i symulacji dynamicznych procesów przestrzennych w systemach informacji geograficznej. Artykuł stanowi początek przyszłych badań w tym kierunku.

W modelowaniu GIS niezwykle istotną warstwę stanowi mapa użytkowania terenu. Dane teledetekcyjne w połączeniu z danymi i narzędziami GIS mogą być z powodzeniem wykorzystywane do jej tworzenia. Ciekawe podejście zostało zaprezentowane w artykule: (Drzewiecki W.): „*Zastosowanie GIS i danych teledetekcyjnych do oceny środowiskowych uwarunkowań sposobu użytkowania terenu*”. Artykuł przedstawia próbę zastosowania metody wykorzystującej koncepcję potencjałów częściowych krajobrazu dla oceny środowiskowych uwarunkowań sposobu użytkowania terenu na posiadającym charakter wyżynny obszarze zlewni Prądnika i Dłubni. Zadanie zrealizowano w systemie GIS z wykorzystaniem przede wszystkim istniejących danych cyfrowych uzupełnianych danymi teledetekcyjnymi i w razie konieczności danymi pozyskiwanymi na drodze cyfryzacji istniejących materiałów kartograficznych.

Na etapie wstępnego przetwarzania danych wykonano m.in. ortorektyfikację zobrazowań satelitarnych, aktualizację mapy pokrycia/użytkowania terenu oraz interpolację przestrzennego rozkładu opadów z danych punktowych. Zestaw oszacowanych funkcji i potencjałów krajobrazu dobierano tak, by znalazły się w nim zarówno funkcje regulacyjno-odpornościowe (funkcja odporności gleb na erozję

wodną, funkcja gleby jako filtra i buforu, funkcja odtwarzania wód podziemnych, funkcja regulacji odpływu, funkcja ochrony wód podziemnych) jak i potencjały użytkowe (rekreacyjny, produktywności biotycznej, przydatności do zabudowy). W artykule przedstawione zostały szczegóły dotyczące sposobu oceny funkcji odporności gleb na erozję wodną oraz potencjału produktywności biotycznej. Pokazano również przykładowe możliwości wykorzystania oszacowanych funkcji i potencjałów krajobrazu do wspomagania decyzji o sposobie użytkowania terenu.

Drugie realizowane w ramach podtematu zadanie dotyczyło zagadnienia ryzyka związanego z wykorzystaniem GIS we wspomaganiu decyzji. Prace w tym zakresie opublikowano w dwóch artykułach (Hejmanowska B.): „*Wpływ jakości danych na modelowanie stref zagrożenia powodziowego*”, „*Wspomaganie decyzji z wykorzystaniem narzędzi GIS – ryzyko związane z dokładnością danych źródłowych*”.

Systemy GIS oferują w ogólności bardzo bogate narzędzia analityczne do przetwarzania danych, które również w Polsce stopniowo zaczynają być wykorzystywane do wspomagania decyzji. Pojawia się w związku z tym pytanie: jakie jest ryzyko związane z decyzją podjętą na podstawie analiz GIS.? Na ryzyko podjęcia nieprawidłowej decyzji ma wpływ na pewno jakość danych źródłowych znajdujących się w bazie. Zwykle jednak nie tylko dane są podstawą podjęcia decyzji, ale wyniki ich przetworzeń. Dane źródłowe podlegają przekształceniom, są wykorzystywane jako dane wejściowe w różnych modelach. Wynik analizy jest obciążony zarówno niedokładnością danych źródłowych, jak również niedokładnością wykorzystywanych algorytmów i nieadekwatnością modeli do rzeczywistości. W systemach GIS, tworzonych w Polsce, rzadko gromadzi się informacje o dokładności danych źródłowych. Z kolei wykorzystywane oprogramowanie GIS tylko sporadycznie umożliwia analizę wpływu dokładności danych na wynik przeprowadzonej analizy. Problem ten jest pozostawiony do rozwiązania indywidualnemu użytkownikowi. W niektórych narzędziach GIS ma on do wyboru najbardziej, popularną obecnie, metodę Monte Carlo. Metoda ta po mimo, że jest uniwersalna, tzn. może być wykorzystywana właściwie we wszystkich analizach GIS, ma dwie wady: analizy trzeba wykonywać setki razy, żeby oszacować dokładność wyniku analizy, a poza tym nie pozwala ona na określanie przestrzennego rozkładu dokładności analizy. Alternatywą są metody analityczne lub empiryczne, o ile znane są wykorzystywane w systemie GIS algorytmy obliczeniowe. Przedstawiona powyżej problematyka, dotycząca wpływu dokładności danych na ryzyko podejmowania decyzji z wykorzystaniem systemów GIS, została omówiona na dwóch przykładach. Jeden dotyczy generowania stref zagrożenia powodziowego, a drugi wyboru lokalizacji pod nową zabudowę.

Treści zawarte w pierwszym artykule zostały zaprezentowane na konferencji INSPIRE, która odbyła się w maju 2006 r. w Krakowie. Celem programu INSPIRE jest zapewnienie łatwego dostępu do

wiarygodnych informacji przestrzennych. Dane przestrzenne powinny być, zatem wiarygodne i stopień wiarygodności powinien być znany, a informacja o nim powinna znajdować się w bazie danych. O wiarygodności danych świadczy ich jakość, którą należałoby uwzględnić podczas wykorzystywania systemów GIS dla wspomagania decyzji, na przykład dla modelowania stref zagrożenia powodziowego. Ośrodki Koordynacyjno-Informacyjne (OKI) ochrony przeciwpowodziowej w Regionalnych Zarządach Gospodarki Wodnej powstałe w ramach projektu Banku Światowego „Usuwanie skutków powodzi” zajmują się między innymi kartowaniem zagrożeń powodziowych [<http://oki.krakow.rzgw.gov.pl>]. Strefy zagrożenia powodziowego nazywane są także strefami zalewów powodziowych, a ich zasięg jest wyznaczany na podstawie danych historycznych lub hipotetycznych (przyjmując określone prawdopodobieństwo występowania danego poziomu wody, np. dla wody 1%, czyli poziomu występującego prawdopodobnie raz na 100 lat). Wyróżniane są dwa rodzaje stref zagrożenia: strefy bezpośrednie i potencjalne. Strefy bezpośrednie, to strefy przylegające do cieków oraz obejmujące tereny zalane w przypadku przelania wałów. Strefy potencjalne to strefy zagrożone w przypadku awarii wału. Zasięg przestrzenny strefy wyznacza się w wyniku analizy GIS-owskiej, przecięcia powierzchni zwierciadła wody z Numerycznym Modelem Terenu (NMT, lub DTM – Digital Terrain Model). Dokładność DTM jest zróżnicowana, od +/-0.2 m dla wałów przeciwpowodziowych, do +/-2.5m w obszarze o urozmaiconej rzeźbie (nachylenia większe niż 60). Ryzyko związane z wystąpieniem powodzi jest zwykle kojarzone z prawdopodobieństwem wystąpienia określonego poziomu wody. Istnieje jednak inny rodzaj ryzyka, związany z analityczną stroną wyznaczania strefy zalewowej, w tym przede wszystkim z jakością danych źródłowych. Jeśli dane są kompletne i aktualne to głównym parametrem charakteryzującym jakość danych jest dokładność. W tym przypadku dokładność danych źródłowych może być rozumiana jako dokładność DTM i dokładność wyznaczenia poziomu zwierciadła wody (np. na podstawie modelowania hydrologicznego). Ryzyko związane z nieuwzględnieniem jakości danych źródłowych w modelowaniu stref zalewowych można wyznaczyć w oparciu o wzór [Kaplan S., Garrick B.J, 1981 – „On the quantitative definition of risk”, Risk Analysis 1981]:

$$R = S \cdot P \cdot C$$

gdzie:

S – scenariusz,

P – prawdopodobieństwo zajścia zdarzenia S,

C – miara skutków wywołanych przez S.

Kluczową sprawą jest, więc prawdopodobieństwo (P) zajścia zdarzenia (S). Załóżmy przykładowo scenariusz S (np. woda 1%). Na podstawie rozkładu przestrzennego: niedokładności DTM oraz

zwierciadła wody można wygenerować mapę rozkładu prawdopodobieństwa, że dany teren zostanie zalany, zamiast linii zalewowej wyznaczanej tradycyjnie. Analizując obiekty potencjalnie zagrożone można przypisać im „miarę skutków” spowodowanych powodzią, np. miarę finansową. Następnie w wyniku analizy przestrzennej można wygenerować, w oparciu o powyższy wzór, mapę rozkładu ryzyka związanego w wyznaczaniu danej strefy zalewowej w oparciu o dane źródłowe o określonej na wstępie dokładności. W publikacji został przedstawiony przykład modelowania strefy zalewowej uwzględniając oraz zaniedbując niedokładność danych źródłowych. Na tej podstawie można przeanalizować ryzyko związane z nieuwzględnieniem jakości danych źródłowych w modelowaniu stref zagrożenia powodziowego.

Omawiana powyżej analiza GIS jest stosunkowo prosta ponieważ polega na wykorzystaniu algebry map (operacji odejmowania poziomu zwierciadła wody od DTM). Bardziej zaawansowane analizy wykorzystują mapy pochodne DTM: mapy nachyleń i ekspozycji. Wpływu dokładności DTM na dokładność nachyleń został przeanalizowany na przykładzie analizy przestrzennej związanej z wyborem lokalizacji pod zabudowę. W drugim z artykułów porównano wyniki analizy przestrzennych wykonanej z uwzględnieniem wpływu dokładności danych źródłowych oraz bez uwzględnienia tego faktu. Umożliwiło to oszacowanie ryzyka związanego z podjęciem decyzji wyboru lokalizacji i koniecznością wykonania nieplanowanych prac ziemnych w celu wyrównaniem terenu.

Załączniki:

5. Drzewiecki W., - „Automaty komórkowe jako narzędzie modelowania i symulacji procesów przestrzennych w systemach informacji geograficznej”, ZN AGH, Geodezja, T 12, 2006
6. Hejmanowska B.– „Wspomaganie decyzji z wykorzystaniem narzędzi GIS – ryzyko związane z dokładnością danych źródłowych” – Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji (w druku)
7. Drzewiecki W. – „Zastosowanie GIS i danych teledetekcyjnych do oceny środowiskowych uwarunkowań sposobu użytkowania terenu” – Geoinformatica Polonica (w druku)
8. Hejmanowska B. – „Wpływ jakości danych na modelowanie stref zagrożenia powodziowego” – Roczniki Geomatyki, 2006, T. IV, z. 1

Zadanie cząstkowe:

Fotogrametria i Teledetekcja w Społeczeństwie Informacyjnym XXI wieku

W ramach prac statutowych Zakładu powstała publikacja pt.: „*Interdyscyplinarna współpraca w zakresie edukacji na rzecz ochrony krajobrazu kulturowego na przykładzie Parku Narodowego Cinque Terre (Włochy)*” (Dobrowolski J. W., Jachimski J., Hejmanowska B., Wagner A., Boroń A., Drzewiecki W., Mikrut S., Śliwka M., Mazur R., Jakubiak M., Patuła B.) Porusza ona zagadnienia zastosowania systemów GIS dla potrzeb promocji zrównoważonego rozwoju Parku Narodowego Cinque Terre. Przedstawiono między innymi możliwość wykorzystania obrazów teledetekcyjnych dla kartowania pokrycia terenu i oceny stanu roślinności. Omówiono także metody dokumentacji fotogrametrycznej, które stanowią optymalne pod względem ekonomicznym i projektowym narzędzia zbierania informacji o cennych historycznych zabytkach architektury i elementach architektonicznych krajobrazu. Opracowano także koncepcję wykorzystania tych danych w ramach strategii informacyjnej Parku.

Publikacja stanowi efekt prac wykonanych w ramach projektu UE "SMART HISTORY" (Program Culture 2000). Pełna nazwa projektu brzmiała "From Smart History towards common European Heritage by a preservation model of Cinque Terre National Park - Italy". Celem projektu było opracowanie modelowych rozwiązań w celu ochrony parków narodowych obciążonych ruchem turystycznym w stopniu zagrażającym środowisku przyrodniczemu i krajobrazowi kulturowemu. Obszarem, na którym realizowano projekt był Park Narodowy Cinque Terre we Włoszech. W pracach brały udział zespoły z Włoch, Polski (pod kierunkiem prof. Dobrowolskiego), Belgii, Słowacji, Ukrainy i Serbii oraz konsultanci z Kanady i Czech. Ze strony Zakładu Fotogrametrii i Informatyki Teledetekcyjnej w pracach uczestniczyli: prof. Jachimski, dr Drzewiecki, dr Hejmanowska, dr Mikrut, dr Boroń oraz doktorantka mgr Piechocka.

Załącznik:

9. Dobrowolski J. W., Jachimski J., Hejmanowska B., Wagner A., Boroń A., Drzewiecki W., Mikrut S., Śliwka M., Mazur R., Jakubiak M., Patuła B., 2006. *Interdyscyplinarna współpraca w zakresie edukacji na rzecz ochrony krajobrazu kulturowego na przykładzie Parku narodowego Cinque Terre (Włochy)*. Zeszyty Naukowe AGH, Półrocznik Geodezja t.12 z. 2/1 Kraków.

Zadanie cząstkowe:

Fotogrametria i teledetekcja lotnicza i satelitarna

Badania przeprowadzone w roku 2006 skupiały się wokół trzech zagadnień z zakresu fotogrametrii i teledetekcji lotniczej i satelitarnej. Pierwsze zagadnienie jest związane z optymalizacją wykorzystania informacji przesyłanych przez satelitarne obrazy wielospektralne, rozważano zarówno aspekt metodyczny jak i użytkowy. Drugie i trzecie z podjętych zagadnień dotyczą geometryzacji danych rejestrowanych z pokładu statków powietrznych, przy czym w jednym wypadku chodzi o ortorektifikację obrazów (zarówno satelitarnych jak i lotniczych) a w drugim – o geometryczną rekonstrukcję budynków na podstawie skaningu laserowego.

Jak wykazano w publikacji *Aspekty metodyczne integracji danych teledetekcyjnych w oparciu o metodę IHS i jej modyfikacje* (Mularz S., Pirowski T) oraz w pracy *Integracja danych teledetekcyjnych pochodzących z różnych sensorów - propozycja kompleksowej oceny scalonych obrazów* (Pirowski T.), integracja obrazów o różnej rozdzielczości spektralnej i geometrycznej, może, w sposób istotny, poprawić walory interpretacyjne obrazów satelitarnych. Autorzy zaproponowali modyfikację formuły IHS stosowanej do scalania obrazów i udowodnili płynące z niej korzyści prowadząc eksperymenty z wykorzystaniem obrazów LANDSAT ETM+ oraz IRS 1C/D. Stopień poprawy walorów interpretacyjnych badali zarówno na drodze analizy formalnej jak i wizualnej, osiągając daleko zbliżone rezultaty co jednoznacznie potwierdza korzyści płynące z integracji obrazów satelitarnych pozyskiwanych różnymi sensorami.

Interesujący kierunek wykorzystania obrazów satelitarnych został przedstawiony w pracy *Wstępna ocena możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych ASTER w monitorowaniu lodowców Svalbardu* (Błaszczak M., Drzewiecki W.). Szukano odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu, na podstawie obrazu satelitarnego ASTER, można określić stopień uszczelinienia powierzchni lodowców Svalbardu. Przetestowano metody stosowane w tym celu w ramach projektu GLIMS (Global Land Ice Measurement from Space) oraz zaproponowano własne podejście oparte o wykorzystanie obrazu nasycenia uzyskanego na drodze transformacji IHS kompozycji barwnej z kanałów 345. Następnie, na drodze klasyfikacji nadzorowanej, wzmocnionej obrazami tektury, próbowano oddzielić lodowce od obszaru kry lodowej. Wobec niezadowalających rezultatów Autorzy zaproponowali zastosowanie klasyfikacji obiektowej. Dokonali wstępnej segmentacji obrazu w oparciu o jeden z kanałów spektralnych i parametry teksturalne, co pozwala przypuszczać, że kolejny etap – klasyfikacja obiektowa przy wykorzystaniu programu eCognition pozwoli wydzielić, jako osobną klasę, obszary uszczelinione.

Kolejnym z podjętych zagadnień była ortorektyfikacja zdjęć lotniczych i wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych. W pracy *Rozwój metod opracowania i analiza przydatności ortofotomap - doświadczenia Zakładu Fotogrametrii AGH* (Sitek, Mierzwa, Pyka, Wróbel)) dokonano przeglądu wieloletnich doświadczeń zarówno w zakresie technologii analogowej jak i cyfrowej. Zwrócono uwagę na fakt, że technologia analogowa, aczkolwiek już zarzucona, w dalszym ciągu może być inspiracją do doskonalenia powszechnie stosowanej obecnie technologii cyfrowej. Wyrazem kontynuacji problematyki ortorektyfikacji w odniesieniu do najnowocześniejszych satelitarnych systemów obrazowania jest publikacja *Wpływ jakości Numerycznego Modelu Terenu na wynik ortorektyfikacji wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych IKONOS-2* (Wężyk, Pyka, Jędrychowski). Zebrano w niej wnioski dotyczące jaki wpływ na wynik ortorektyfikacji ma jakość (dokładność, postać) NMT.

Ostatnim z podjętych w ramach zadania zagadnieniem było badanie możliwości nowej technologii jaka jest skaning laserowy prowadzony ze statków powietrznych (helikopter, samolot). Wyniki badań przedstawiono w pracy: *Wykrywanie budynków na podstawie lotniczego skanowania laserowego* (Bucior M., Borowiec N., Jędrychowski I., Pyka K.). Przeprowadzone eksperymenty badawcze potwierdziły, że dostępne oprogramowanie komercyjne spisuje się poprawnie przy wykrywaniu budynków w terenach o rozproszonej zabudowie, przy czym występują kłopoty z odseparowaniem rozłożystych drzew o podobnej, jak budynki, wysokości. Zaproponowano i przetestowano inne rozwiązanie o charakterze (pseudo) rastrowym, wykorzystujące standardowe narzędzia GIS. Skuteczność zaproponowanego postępowania jest podobna jak z użyciem programu komercyjnego. Jak wynika z doświadczeń autorów pracy, dla potrzeb modelowania 3D nie jest konieczne dokładne ustalenie obrysu budynków lecz pewne jego przybliżenie – w trakcie modelowania dane analizowane są na nowo i określany jest obrys 3D.

Załączniki:

10. Sitek Z., Mierzwa W., Pyka K., Wróbel A., 2006: *Rozwój metod opracowania i analiza przydatności ortofotomap - doświadczenia Zakładu Fotogrametrii AGH*. Półrocznik AGH Geodezja, t.12, z.2/1.

11. Mularz S., Pirowski T.: *Aspekty metodyczne integracji danych teledetekcyjnych w oparciu o metodę IHS i jej modyfikacje*. Półrocznik AGH Geodezja, t.12, z.2/1

12. Wężyk P., Pyka K., Jędrychowski I: *Wpływ jakości Numerycznego Modelu Terenu na wynik ortorektyfikacji wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych IKONOS-2*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, (w druku)

13. Błaszczuk M., Drzewiecki W.: *Wstępna ocena możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych ASTER w monitorowaniu lodowców Svalbardu*. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, (w druku)

14. Pirowski T.: *Integracja danych teledetekcyjnych pochodzących z różnych sensorów - propozycja kompleksowej oceny scalonych obrazów*. Geoinformatica Polonica, z. 7, w druku

15. Bucior M., Borowiec N., Jędrychowski I., Pyka K.: *Wykrywanie budynków na podstawie lotniczego skanowania laserowego*. Roczniki Geomatyki, 2006, tom IV, zeszyt 3

Wyniki prac realizowanych w ramach badań statutowych przedstawiane były poza opisanymi powyżej publikacjami również w formie referatów wygłaszanych na licznych konferencjach i sympozjach naukowych:

- Posiedzenia naukowe Komisji Geoinformatyki PAU: **3 referaty**
- 7 Geokinematischertag, 11-12 Mai, 2006, TU Freiberg, Niemcy: **1 referat**
- II Ogólnopolska Konferencja "Krakowskie spotkania z INSPIRE" nt. Informacja przestrzenna w zarządzaniu kryzysowym. 8-10 czerwca 2006 Kraków: **1 referat**
- 11 Międzynarodowa Konferencja nt. Zrównoważonego Rozwoju Euro-Eco 2006 Interdyscyplinarna współpraca na rzecz zrównoważonego rozwoju miast historycznych i obszarów chronionych, a perspektywy ekoturystyki Kraków AGH, 18-19.09.2006: **1 referat**
- XVI Konferencja Polskiego Towarzystwa Informacji Przestrzennej GEOINFORMACJA W POLSCE 4-6 października 2006: **1 referat**
- Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe. „Opracowania cyfrowe w Fotogrametrii, Teledetekcji i GIS”. Stare Jabłonki k/Ostródy, 12 – 14 października 2006: **6 referatów**
- "Attualità della politica agricola comunitaria: l'importanza della variabile ambientale per la competitività delle imprese verdi" Benevento , Włochy- 11 – 12 Dicembre 2006: **1 referat**

Prowadzono ponadto prace studialne, które zaowocowały trzema wnioskami o granty KBN:

- „Automatyzacja wyznaczania imperfekcji kształtu wysmukłych budowli oparta o komputerową analizę zdjęć cyfrowych o znanej orientacji przestrzennej” (rekomendowany do finansowania)
- „Badanie zmian przestrzennych struktury użytkowania i funkcji krajobrazu w oparciu o wieloczasowe obrazy teledetekcyjne jako wsparcie dla planowania krajobrazu” (rekomendowany do finansowania)
- „Badanie stanu i postępu rekultywacji obszarów pogórnich z wykorzystaniem nowoczesnych metod teledetekcyjnych na przykładzie kopalni węgla brunatnego Bełchatów”

ZAŁĄCZNIK Nr 1

Bernasik Jerzy, Mikrut Sławomir

„Wykonywanie naziemnych zdjęć cyfrowych o ściśle określonej orientacji”

ZAŁĄCZNIK Nr 2

Pyka Krystian, Rzońca Antoni

**„Badanie jakości radiometrycznej ortofotogramów sporządzonych na drodze integracji
fotogrametrii bliskiego zasięgu i skaningu laserowego”**

ZAŁĄCZNIK Nr 3

Boroń Adam, Wróbel Andrzej

**„Metoda wytwarzania barwnych fotoplanów rozwinięć malowideł na powierzchniach
kolebkowych z zastosowaniem kamery fotogrametrycznej i aparatów cyfrowych”**

ZAŁĄCZNIK Nr 4

Klimkowska Hanna, Wróbel Andrzej

„Uwagi o wykorzystaniu tachimetrów bezlustrowych w inwentaryzacji architektonicznej”

ZAŁĄCZNIK Nr 5

Drzewiecki Wojciech

**„Automaty komórkowe jako narzędzie modelowania i symulacji procesów
przestrzennych w systemach informacji geograficznej”**

ZAŁĄCZNIK Nr 6

Hejmanowska Beata

„Wspomaganie decyzji z wykorzystaniem narzędzi GIS – ryzyko związane z dokładnością danych źródłowych”

ZAŁĄCZNIK Nr 7

Drzewiecki Wojciech

„Zastosowanie GIS i danych teledetekcyjnych do oceny środowiskowych uwarunkowań sposobu użytkowania terenu”

ZAŁĄCZNIK Nr 8

Hejmanowska Beata,

„ Wpływ jakości danych na modelowanie stref zagrożenia powodziowego”

ZAŁĄCZNIK Nr 9

*Dobrowolski J. W., Jachimski J., Hejmanowska B., Wagner A., Boroń A., Drzewiecki W.,
Mikrut S., Śliwka M., Mazur R., Jakubiak M., Patuła B.*

**„Interdyscyplinarna współpraca w zakresie edukacji na rzecz ochrony krajobrazu
kulturowego na przykładzie Parku narodowego Cinque Terre (Włochy)”**

ZAŁĄCZNIK Nr 10

Sitek Zbigniew, Mierzwa Władysław, Pyka Krystian, Wróbel Andrzej

**„Rozwój metod opracowania i analiza przydatności ortofotomap - doświadczenia
Zakładu Fotogrametrii AGH”**

ZAŁĄCZNIK Nr 11

Mularz Stanisław, Pirowski Tomasz

„Aspekty metodyczne integracji danych teledetekcyjnych w oparciu o metodę IHS i jej modyfikacje”

ZAŁĄCZNIK Nr 12

Wężyk Piotr, Pyka Krystian, Jędrychowski Ireneusz

**„Wpływ jakości Numerycznego Modelu Terenu na wynik ortorektifikacji
wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych IKONOS-2”**

ZAŁĄCZNIK Nr 13

Błaszczyk Małgorzata, Drzewiecki Wojciech

**„Wstępna ocena możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych ASTER
w monitorowaniu lodowców Svalbardu”**

ZAŁĄCZNIK Nr 14

Pirowski Tomasz

„Integracja danych teledetekcyjnych pochodzących z różnych sensorów - propozycja kompleksowej oceny scalonych obrazów”

ZAŁĄCZNIK Nr 15

Bucior M., Borowiec N., Jędrychowski I., Pyka K.

„Wykrywanie budynków na podstawie lotniczego skanowania laserowego”