

OBIEKTOWA ANALIZA OBRAZÓW OBJECT-BASED IMAGE ANALYSIS

Joanna Adameczyk

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny SGGW

Słowa kluczowe: obiektowa analiza obrazów, teledetekcja, GIS
Keywords: object based image analysis, remote sensing, GIS

Wstęp

W ostatnich latach zespół czynników związany z zaawansowaniem metod geomatyki oraz zwiększającym się zapotrzebowaniem na informację o środowisku przyczynił się do integracji technologii pozyskiwania i przetwarzania danych obrazowych o odmiennych charakterystykach, pochodzących z różnych źródeł. Powstały nowe metody dotyczące obiektowej analizy obrazów teledetekcyjnych, zmieniającej sposób podejścia do przetwarzania obrazów oraz pozwalającej na osiągnięcie nowych możliwości.

Podejście obiektowe w analizie obrazu cyfrowego polega na modelowaniu szczegółowych obiektów przestrzennych, na podstawie danych pochodzących z połączonych metod analizy empirycznej i analitycznej. Ma ono na celu przezwycięzenie trudności, które występują przy integracji i klasyfikacji obrazów satelitarnych i lotniczych przy użyciu metod *klasycznych*, opierających się na analizie wartości zarejestrowanych w pikselach obrazu i korzystających z prostych procedur klasyfikacji. Ujawnia się przy tym ogólna tendencja do zacierania się podziałów metodycznych na GIS i teledetekcję. W analizie obiektowej następuje silne powiązanie metod właściwych obu tym dziedzinom w ramach geomatyki¹.

Istota analizy obiektowej

W niniejszym artykule przez obiektową analizę obrazów rozumie się podział zobrazowania teledetekcyjnego na konkretne, mające swoje znaczenie obiekty obrazowe oraz określenie ich właściwości w sensie przestrzennym, spektralnym, czasowym i tematycznym. Wymaga to segmentacji, klasyfikacji, określenia atrybutów i zdolności do realizowania operacji na obiektach.

¹ Znaczenie terminu geomatyka przyjęto za Gaździckim (2001).

Podejście obiektowe jako technologia

Istotą metody klasyfikacji obiektowej jest zdolność do rozpoznawania obiektów na podstawie analizy danych zapisanych w treści obrazów teledetekcyjnych z innymi warstwami informacyjnymi o charakterze tematycznym. W procedurze rozpoznawania obiektów wykorzystywana jest logika rozmyta i baza wiedzy, a przy tym uwzględnia się określony układ struktur przestrzennych w celu stworzenia hierarchii obiektów. Wśród możliwych rodzajów zastosowań wymienić można następujące:

- integracja danych teledetekcyjnych i GIS pochodzących z różnych źródeł i zarejestrowanych w różnym czasie,
- interaktywne (nadzorowane i nienadzorowane) rozpoznawanie i klasyfikacja obiektów na obrazach rastrowych, oparte na logice rozmytej,
- segmentacja obrazów o różnej rozdzielczości przestrzennej,
- automatyzacja z możliwością ingerencji w proces przetworzeń oraz kontroli wyników.

Realizowane postępowanie może być przedstawione na przykładzie znanego oprogramowania eCognition. Wyróżnia się tam następujące etapy:

1. Tworzenie projektu – przez wprowadzenie do systemu danych obrazowych (kanały obrazów cyfrowych) i tematycznych (warstwy wektorowe lub rastrowe zawierające informację uzupełniającą treść danych obrazowych). Wprowadzane dane mogą mieć różną rozdzielczość i zasięg przestrzenny, jeżeli tylko związane są z układem współrzędnych.

2. Generowanie obiektów na podstawie treści obrazu, oparte na jego segmentacji – obrazy są wstępnie klasyfikowane na podstawie różnic w odpowiedzi spektralnej obiektów oraz ich kształtu. W każdym z cykli segmentacji, w procesie iteracyjnym, wybierane jest najlepsze odwzorowanie obiektów obrazu przez optymalizację: zestawu kanałów i wstępnych przetworzeń, skali segmentacji; parametrów segmentacji.

3. Tworzenie hierarchii klas – stanowiącej bazę dla właściwej klasyfikacji. Może ona zawierać jeden lub wiele poziomów zależności funkcjonalnej obiektów. Hierarchia klas również rozwijana jest drogą iteracji. Określanie klas opiera się na wiedzy operatora o określonym obszarze, najczęściej są one związane z pokryciem terenu – możliwym do identyfikacji na podstawie interpretacji treści obrazu cyfrowego, bądź może być wyrazem złożonego systemu zależności prowadzącego do wyodrębnienia klas o charakterze specjalistycznym (np. dla potrzeb sporządzania map siedlisk).

4. Wybór obiektów wzorcowych – pól pokrycia terenu stanowiących przykłady, na podstawie których system „uczony” jest (przy wykorzystaniu bazy wiedzy) rozróżniania klas pokrycia terenu. Każdy z wybranych obiektów zostaje przypisany do określonej klasy. Obiekty te mają spełniać następujące warunki: (i) reprezentatywności dla danej klasy – z punktu widzenia odpowiedzi spektralnej, jak i kształtu, tekstury i struktury wewnętrznej; (ii) wystarczająco duże, żeby mogły dostarczyć danych statystycznych; (iii) powinno być ich tak dużo, jak to konieczne, ale jednocześnie tak mało, jak to możliwe. Jednoznaczność wyboru obiektów może zostać zweryfikowana za pomocą narzędzi (histogramy, wartości liczbowe) pozwalających na porównanie z wzorcami w tej samej klasie oraz innych.

5. Wybór klasyfikatorów² – charakterystyk, służących jako podstawa metody klasyfikacji, używanych do rozróżniania wyznaczonych wcześniej obiektów wzorcowych. Proce-

² Terminu klasyfikator użyto w znaczeniu charakterystyki, która może zostać użyta do budowy opisu klasy za pomocą logiki rozmytej (Definiens Imaging, 2004).

dura ta może zostać przeprowadzona przez: (i) ręczne wybranie cech dla każdej z klas; (ii) wybór cech dla całej przestrzeni obiektów wzorcowych – automatycznie przypisywanych do każdej klasy; (iii) istnieje również możliwość optymalizacji przestrzeni klasyfikatorów – automatycznego wynalezienia zestawu cech najlepiej separujących obiekty z różnych klas.

6. Klasyfikacja i jej udoskonalanie – drogą iteracji przeprowadzane jest doskonalenie efektów klasyfikacji przez zmiany w: strukturze klas, obiektach wzorcowych, przestrzeni klasyfikatorów.

7. Ocena dokładności klasyfikacji – ten kluczowy etap bywa zakończeniem procedury, ale również punktem zwrotnym iteracyjnego procesu doskonalenia klasyfikacji. Może ona zostać przeprowadzona zarówno przy użyciu metod tradycyjnych – bazujących na ocenie zgodności obiektów kontrolnych z wynikami klasyfikacji za pomocą indeksów m.in. Kappa. Istnieje też możliwość zastosowania metod wykorzystujących filozofię logiki rozmytej: oceny stopnia prawdopodobieństwa właściwej przynależności do klasy (*Classification Stability*) oraz wizualizację najlepszego wyniku klasyfikacji (*Best Classification Result*) – posiadającego najwyższą wartość przynależności do określonej klasy.

Podejście obiektowe jako paradygmat

Podejście to jest rozumiane jako możliwość traktowania każdego ze składników przestrzeni jako obiektu, niezależnie od jego rodzaju, np. zarówno budynku, jak i zbiorowiska roślinnego. Podstawą do wydzielenia obiektów jest kontekst wynikający z potrzeb użytkownika, kształtującego według nich atrybuty i hierarchie jednostek przestrzennych. Ten sposób rozumowania nie traktuje przestrzeni jako całości lub zespołu znaków kartograficznych i jest znacznie bliższy sposobowi działania systemów informacyjnych.

Metoda ta pozwala na swobodne wykorzystanie wyznaczonych obiektów w zaawansowanych analizach przestrzennych. Jednym z przykładów możliwości stwarzanych przez wykorzystanie podejścia obiektowego w analizach przestrzennych są potrzeby ekologii krajobrazu. Przyjmując odpowiednie parametry klasyfikacji oraz budując zgodną z potrzebami hierarchię klas i obiektów, można wyznaczyć zgodne z metodyką przyjętą w tej dyscyplinie przestrzenne jednostki przyrodnicze (geokompleksy³). Podstawą struktury hierarchicznej jest delimitacja jednostek podstawowych, które charakteryzują się określonym (zależnym od przyjętych kryteriów) poziomem homogeniczności tworzących je komponentów⁴. Jednostki te, wraz z przypisanymi im atrybutami oraz ich hierarchią, stanowią bazę dla opisu krajobrazu oraz dalszych analiz: zależności „poziomych” zachodzących pomiędzy geokompleksami oraz „pionowych” pomiędzy geokomponentami.

Poniżej wymieniono przykłady analiz struktury przestrzennej krajobrazu wykorzystujących rozumienie krajobrazu jako mozaiki obiektów:

- Wyznaczanie miar i wskaźników określających cechy krajobrazu (np. bioróżnorodności) – opiera się na opisie zależności zachodzących pomiędzy płatami w krajobrazie.
- Ocena charakteru granic w krajobrazie – najczęściej stosowane jednostki przestrzenne odzwierciedlają pokrycie terenu.

³ W niniejszym opracowaniu zastosowano klasyczne rozumienie tego pojęcia, jako określony wycinek przyrody, stanowiący całość dzięki zachodzącym w nim procesom i współzależności budujących go komponentów.

⁴ Przez komponent krajobrazu (geokomponent) rozumie się tu czynnik kształtujący właściwości określonej jednostki przestrzennej (np. geokompleksu) w interakcji z innymi czynnikami, np. podłoże litologiczne.

- Model strefowo-pasmowo-węzłowy – opiera się na całościowym podejściu do krajobrazu i wyraża się w ocenie funkcji spełnianej przez układy płatów w krajobrazie.
- Model hierarchiczny – pozwala na rozpatrywanie krajobrazu jako systemu przyrodniczego pod kątem oceny jego struktury funkcjonalno-przestrzennej. Obiekty wyznaczane są na poziomie podstawowym, a ich agregacja prowadzi do utworzenia jednostek coraz wyższego rzędu.

Zalety stosowania podejścia obiektowego

Do zalet podejścia obiektowego zalicza się:

- stosunkowo wysoką dokładność wyników,
- możliwość uzyskania dodatkowych informacji o obiektach,
- efektywność w zastosowaniach związanych z przetwarzaniem obrazów wysokorozdzielczych – satelitarnych, lotniczych i radarowych, których klasyfikacja metodami tradycyjnymi stwarzała trudności pod względem praktycznym,
- możliwość integracji danych z różnych źródeł, np. z obrazów o różnej rozdzielczości,
- łatwość interpretacji i poprawiania wyników.

W sensie ogólnym obiektowy sposób rozumienia przestrzeni powoduje traktowanie krajobrazu jako zestawu obiektów posiadających swoje położenie w przestrzeni, miejsce w hierarchii oraz przypisane atrybuty. Rozumienie takie jest bardzo uniwersalne, dzięki niemu otrzymujemy możliwość rozpatrywania przestrzeni przyrodniczej w wielu wymiarach. Jednocześnie zastosowanie podejścia obiektowego w analizach przestrzennych pozwala na poszerzenie zakresu dostępnych metod przez połączenie sposobów działania teledetekcji i GIS. Jest to istotny krok naprzód w modelowaniu środowiska przyrodniczego w GIS (Adamczyk, 2004).

Rozwój analizy obiektowej jako dyscypliny geomatyki

Rys historyczny

Rozwój podejścia obiektowego do analizy obrazów teledetekcyjnych ma stosunkowo krótką historię. Istotne znaczenie miało wprowadzenie w 2000 roku, przez firmę Definiens Imaging pakietu oprogramowania eCognition. Po nim na rynku pojawiły się również inne produkty oferujące tego typu funkcjonalności, np. Feature Analyst, rozszerzenie do ArcGIS firmy Visual Learning Systems. Możliwości oferowane przez te programy bardzo szybko zyskały uznanie użytkowników.

Mimo, że dyscyplina ta nadal jest uważana za nową, dawno już wyszła poza początkowe stadium uzasadnień, porównań i testów. Tematyka ta została wprowadzona w roku 1999, m.in. przez takich autorów jak:

- Baatz i Schäpe (1999) – wyjaśniających sposób funkcjonowania podejścia obiektowego przez rozpoznanie semantyki obiektów i budowy sieci zależności między nimi;
- Buck i in. (1999), De Kok i in. (1999) – w artykułach przedstawionych na kongresach IUFRO (w Rogowie) oraz ISPRS omawiających pierwsze zastosowania klasyfikacji obiektowej dla potrzeb leśnictwa.

Wtedy też, oprócz szeregu publikacji opisujących zalety podejścia obiektowego (np. Blaschke, 2000b), w literaturze pojawiły się liczne artykuły testujące jego możliwości w praktyce przy użyciu zobrazowań wysokorozdzielczych, np. Hofmann, Reinhardt (2000). Porównano też efektywność tej metody z *tradycyjnym* podejściem do klasyfikacji obrazów, np. Manakos i inni (2000), Willhauck i inni (2000). Autorzy ci zgodnie podkreślają zalety podejścia obiektowego, przez zwiększenie dokładności wykonywanych przy jego pomocy analiz i ułatwienie operowania danymi. Podkreślana jest efektywność tego oprogramowania w, trudnej do tej pory dziedzinie, integracji danych pochodzących ze źródeł o różnej rozdzielczości (np. Baatz, Schäpe, 2000). Szeroko omawiane są aspekty przetwarzania i integracji różnego rodzaju danych obrazowych, np. pochodzących z satelity Landsat, z innymi danymi (De Kok i in., 2000), czy też nowe możliwości przetwarzania danych radarowych (Benz i in., 2001).

W tym czasie pojawiają się też publikacje rozwijające metodykę zastosowań analizy obiektowej w nowych dziedzinach związanych między innymi z: detekcją obszarów zabudowanych (Hofmann, 2001), oceną strat poniesionych w wyniku powodzi i predykcją zagrożenia powodziowego (Van der Sande, 2001), czy ekologią krajobrazu i analizą opartą na metodzie płatów i korytarzy (Blaschke, 2000a). Można powiedzieć, że obecnie dziedzina zastosowań podejścia obiektowego jest na tyle rozwinięta, że trudno by było znaleźć takie zastosowanie analiz przestrzennych w GIS, w których by jej nie wypróbowano. Zakres zastosowań jest tak szeroki, jak potrzeby dotyczące informacji pochodzących z obrazów satelitarnych: ocena zasobów naturalnych, leśnictwo, rolnictwo, obronność, monitoring rurociągów, telekomunikacja, dokumentacja obszarów zabudowanych, kartografia, naturalne zagrożenia, badania stref przybrzeżnych, kopalnictwo i pozyskiwanie źródeł energii, zarządzanie kryzysowe i wiele innych.

Analiza obiektowa jako dziedzina badań

W ostatnim roku rozwój analizy obiektowej wkroczył w następny etap. Zaawansowane zastosowania spowodowały potrzebę doskonalenia metodyki. Coraz częściej pojawiające się w literaturze zagadnienia metodyczno-problemowe i zainteresowanie coraz większej liczby osób analizą obiektową spowodowały potrzebę utworzenia specjalistycznego forum, które pozwoli na wymianę doświadczeń w omawianej dyscyplinie. W związku z tym w lipcu 2006 roku w ramach istniejącego od lat na rynku sympozjum i targów geoinformatyki AGIT, pracownicy Uniwersytetu w Salzburgu, zorganizowali konferencję towarzyszącą pod nazwą *1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA)*. Hasłem przewodnim konferencji było „*Bridging Remote Sensing and GIS*” – łączenie teledetekcji i GIS. Wydarzenie to było formalizacją wydzielenia się w geomatyce nowej dziedziny badawczej określanej akronimem OBIA, co na potrzeby niniejszego artykułu zostało przetłumaczone na język polski jako obiektowa analiza obrazów. Zakres tematyczny konferencji został określony następująco (OBIA 2006):

1. Potencjał i problemy reprezentacji w różnych skalach:
 - homogeniczność a obiekty w segmentacji,
 - strategie segmentacji w wielu skalach: hierarchie ścisłe a elastyczne,
 - segmentacja bazująca na wzmocnieniu krawędzi,
 - segmentacja bazująca na punktach, krawędziach i regionach.

2. Techniki klasyfikacji automatycznej, mapowania⁵ i aktualizacji:
 - klasyfikacja bazująca na regule,
 - wykorzystanie danych uzupełniających (np. NMT) dla zaawansowanych klasyfikacji,
 - automatyczna aktualizacja map dróg, informacji katastralnej, map stanu lasu, itp.,
 - nowe możliwości i wyzwania monitoringu,
 - automatyczna detekcja obiektów dla specyficznych celów (drogi, chmury, osadnictwo, itp.).
3. Adaptacja i przyszły rozwój standardowych metodologii:
 - nowe wyzwania i podejścia do obiektowej analizy zmian,
 - wymagania dokładności dla analizy obiektowej.

Wyżej przedstawiona lista zagadnień świadczy o wysokim poziomie rozwoju metody analizy obiektowej w ciągu sześciu lat od cytowanych powyżej początkowych etapów jej istnienia. W założeniach organizatorów konferencji nie ma już potrzeby uzasadniania istnienia metody, czy też wyszukiwania jej zastosowań. Widoczna jest potrzeba omówienia problemów związanych z: nowymi możliwościami, oceną dokładności oraz aspektami metodycznymi.

Odpowiedź społeczności GIS na wyżej wymienione tematy wyrażała się w liczbie i tematyce zgłoszonych referatów (program konferencji zawierał 83 wystąpienia). Tematykę referatów oraz statystykę wystąpień przedstawiono w tabeli. Analizując jej zawartość można stwierdzić, że oczekiwania organizatorów związane z wystąpieniami o treści metodycznej napotkały na jedynie częściową odpowiedź. Najpopularniejszym tematem, zawartym w około połowie referatów (42), były zastosowania automatycznej klasyfikacji obrazów teledetekcyjnych. Zjawisko to jest prawdopodobnie spowodowane relatywną nowością omawianej metody oraz różnicami w czasie jej stosowania.

Cytowane powyżej pionierskie publikacje pochodzą z zaledwie kilku instytucji, których pracownicy zajmowali się analizą obiektową od samego początku. Do nich między innymi należy zespół Uniwersytetu w Salzburgu. W innych instytucjach dyscyplina ta znajduje się najczęściej na wcześniejszych etapach rozwoju, związanych z zastosowaniami.

W treści referatów o tematyce ogólnej szczególnie zwraca uwagę artykuł zespołu organizującego konferencję (Lang, Blaschke, 2006b), poświęcony określeniu paradygmatu analizy obiektowej na tle historycznego jej rozwoju. Interesująca jest też analiza SWOT (Hay, Castilla, 2006), wyznaczająca kierunki dalszych badań związanych z niewyjaśnionymi problemami lub słabościami metody.

Większość artykułów o charakterze metodycznym prezentowała silne dążenie do rozwoju metodyki analizy obiektowej. Warto zwrócić uwagę na próbę znalezienia nowego podejścia do danych wieloskalowych przez wynalezienie metody reprezentacji subpikselowej (Kaiser, Bauer, 2006) polegającej na zastosowaniu specjalnego typu map, które zawierają wyniki segmentacji obrazów, wykonanej m.in. na podstawie kształtu obiektów, pozwalające na częściowe pokonanie problemów związanych z niewystarczającą rozdzielczością obrazu satelitarne.

W artykułach omawiających metodykę automatycznej klasyfikacji, mapowania i technik aktualizacji zwraca uwagę kilka zjawisk widocznych we współczesnej geomatyce:

- Zauważono utrzymanie się tendencji integracji metod geomatyki we wspólnym wykorzystaniu danych teledetekcyjnych i GIS w oprogramowaniu analizy obiektowej. Po-

⁵ Termin mapowanie został użyty jako odpowiednik angielskiego słowa *mapping* w rozumieniu podanym przez Gaździckiego (2001).

Tabela. Podsumowanie tematyki i liczebności wystąpień dotyczących analizy obiektowej na konferencji OBIA w roku 2006, opracowane na podstawie programu konferencji (OBIA 2006)

Tematyka		Liczba wystąpień
1.	Artykuły o charakterze ogólnym i podsumowującym, przedstawiające problematykę i perspektywy ogólne analizy obiektowej	6
2.	Wystąpienia o charakterze metodycznym wnoszące nowe treści w różne aspekty techniki analiz obiektowych:	25
2.1.	Potencjał i problemy reprezentacji danych wieloskalowych	3
2.2.	Techniki automatyczne klasyfikacji, mapowania i aktualizacji - omówione szczególnie w kontekście ich specyfiki w dziedzinach:	16
2.2.1.	leśnictwa	3
2.2.2.	rozpoznawania pokrycia terenu (najczęściej krajobrazu rolniczego);	4
2.2.3.	rozpoznawania elementów osadnictwa i obszarów zurbanizowanych;	3
2.2.4.	przetwarzania danych LIDAR	3
2.2.5.	innych podejść metodycznych	3
2.3.	Adaptacje i dalszy rozwój metod analizy obiektowej	6
3.	Metodyka analizy obiektowej w rozumieniu ogólnym oraz prace o charakterze podsumowującym i przeglądowym	10
4.	Zastosowania i studia przypadków automatycznej klasyfikacji obiektowej w poszczególnych dziedzinach:	42
4.1.	użytkowanie/pokrycie terenu	10
4.2.	leśnictwo	8
4.3.	osadnictwo i infrastruktura	6
4.4.	rolnictwo	4
4.5.	geologia, gleby i zasoby naturalne	5
4.6.	siedliska, gatunki i rezerваты	6
4.7.	podmokłości	3

woduje to również coraz częstsze włączanie innych technik, jak np. transformacja falkowa (Hwang, Lee, 2006), zwiększenie dokładności klasyfikacji za pomocą włączenia dodatkowych danych do klasyfikacji obiektowej (Förster, Kleinschmit, 2006), wspólne wykorzystanie danych ze skanera laserowego i obrazowych (Kressler, Steinnocher, 2006).

- Większość opracowań zostało wykonanych na podstawie analiz przeprowadzonych za pomocą oprogramowania eCognition, nadal wiodącego prym na rynku. Inne podejścia były rzadsze. Omówiono między innymi metodykę przeprowadzania analizy obiektowej za pomocą oprogramowania Feature Analyst (Blundell, Opitz, 2006), jak również zastosowania metod „tradycyjnych”, np. analizy dokładności klasyfikacji ISODATA przeprowadzonej w połączeniu z transformacją falkową, wykorzystaną do celów analiz tekstury (Hwang, Lee, 2006). Warte zainteresowania jest również wykorzystanie oprogramowania *open source* (GRASS) do analizy obiektowej (Rutzinger i in., 2006).

- Najistotniejszym źródłem danych wykorzystywanym do analizy obiektowej są wysokorozdzielcze zobrażenia satelitarne. Dotyczy to przede wszystkim zastosowań wymagających wysokiego poziomu szczegółowości, jak leśnictwo (np. Tiede i in., 2006), czy komunikacja (np. Ricny, 2006).
- Rośnie znaczenie nieobrazowych źródeł danych, jak np. LIDAR. Rozwijane są metody analizy obiektowej obrazów pochodzących z takich sposobów rejestracji (np. Rutzinger i in., 2006). Podkreślono też potrzebę równoczesnego wykorzystywania danych obrazowych (wysokorozdzielczych) i pochodzących ze skanerów laserowych w celu uzyskania dodatkowej informacji (Kressler, Steinnocher, 2006).
- Nie ustają badania dotyczące dokładności klasyfikacji obiektowej, motyw ten pojawia się w treści większości artykułów. Z poświęconych specjalnie temu zagadnieniu, na uwagę zasługują artykuły problemowe wyznaczające kierunki dalszych badań, takie jak: niedokładność tematyczna sklasyfikowanych obrazów związaną z występowaniem obiektów o charakterze naturalnym (Schiewe, Gähler, 2006); przegląd metod ilościowej oceny jakości segmentacji, połączony z zaleceniami związanymi z dalszym rozwojem w tej dziedzinie (Neubert i in., 2006).

Wnioski z konferencji – obecny stan dyscypliny

Jednym z podstawowych celów konferencji było określenie aktualnego stanu: informacji geograficznej, wiedzy i zastosowań analizy obiektowej, oraz wyznaczenie dalszych kierunków rozwoju dyscypliny. Wyniki konferencji podsumowano w trakcie końcowego wystąpienia członków komitetu organizacyjnego (Lang, Blaschke, 2006a), którego główne myśli przedstawione są poniżej.

Analiza obiektowa jako dyscyplina geomatyki jest na etapie dynamicznego rozwoju. W trakcie konferencji zaproponowano zdefiniowanie kilku nowych zjawisk, zastanowiono się również nad głównymi czynnikami kształtującymi rozwój dyscypliny (w dziedzinie danych, polityk i nauki). Zidentyfikowane zostały następujące komponenty stanowiące podstawowe zagadnienia problemowe analizy obiektowej: segmentacja, klasyfikacja relacji pomiędzy obiektami, integracja wiedzy, metody oceny jakości, proces cykliczny, koncepcje przestrzenne, łączenie metod teledetekcji i GIS. Zastanawiano się, czy OBIA jest dobrą nazwą dla tej dyscypliny. Zgłaszane dotychczas propozycje nazwy w języku angielskim są następujące: *object-based*, *object-oriented*, *net-oriented*, *object-based remote sensing image analysis* i inne. Określono mocne i słabe strony, możliwości i zagrożenia związane z rozwojem dziedziny. Podkreślono wysoki potencjał segmentacji połączony z problemami w jej właściwym wykorzystaniu. Wyrażono potrzebę przyjęcia koncepcji działania i komunikowania się w sprawie rozwoju dyscypliny. W kwestii komunikowania się poczyniono pierwsze kroki: rozpowszechniona została lista adresowa uczestników konferencji, jako osób zainteresowanych dziedziną; najważniejsze zagadnienia poruszone na konferencji zostaną wydane w postaci książkowej; w przygotowaniu jest materiał edukacyjny, który ma być wprowadzeniem do analizy obiektowej; założona została strona OBIA w internetowej Wikipedii. Podkreślono również brak standardów w zakresie analizy obiektowej.

Poruszone zostały zagadnienia związane z integracją wiedzy potrzebnej w analizie obiektowej. Zastanawiano się nad sposobami posługiwania się informacją zawartą w danych teledetekcyjnych i uzupełniających – czy powinno się formułować reguły o charakterze ogólnym, czy też należy postawić na zdolność systemów do uczenia się na podstawie analizowa-

nych przypadków? Pełne zrozumienie obrazu zawiera cykliczne uzupełnianie i poprawianie posiadanej wiedzy. Szczególnie podkreślono potrzebę komunikowania się w sprawie metodyk i ontologii oraz ich integracji. Podkreślono istotność współpracy operatora z systemem i jego odpowiedzialność za wyniki badań.

Jednym z najważniejszych działań jest optymalizacja i zastosowanie metod związanych z różnymi elementami analizy obiektowej. Istotnym problemem jest podejście metodologiczne do segmentacji różnego typu danych ciągłych. Potrzebna jest podstawa teoretyczna dla optymalizacji oraz zdefiniowanie poszczególnych metod segmentacji. Powinny one również zostać przetestowane z punktu widzenia osiąganych rezultatów. Istotny jest rozwój metod zaawansowanej klasyfikacji obrazów, bazującej na ontologii, w celu osiągnięcia możliwości dalszych analiz (np. miar i wskaźników procesów w krajobrazie) przeprowadzonych na danych stanowiących jednostki przestrzenne spełniające parametry zapotrzebowania określonej dziedziny wiedzy. Wykorzystane powinny zostać osiągnięcia psychologii poznawczej. Rozpoznawanie obiektów i modelowanie klas jest zależne od sposobu percepcji treści obrazu. Istotna jest potrzeba zbliżenia się do formalizmu w tym zakresie. Rozwinięcia wymagają metody radzenia sobie z rozmyciem (niepewnością) danych przyrodniczych, zarówno w zakresie lokalizacji przestrzennej, jak i atrybutów.

Najpilniejsze potrzeby dalszego rozwoju i badań związane są z następującymi problemami:

- Rozwijanie dotychczas istniejących metod oraz osiągnięcie nowych standardów, między innymi w dziedzinach analiz zmian i ocenie jakości.
- Rozwój metod wykorzystania efektów segmentacji dla wstępnego przetwarzania obrazów, szczególnie w integracji obrazów.
- Uwiarygodnienie i parametryzacja procesów i danych. Stają się one coraz bardziej kompleksowe, co powoduje powstanie takiej potrzeby. Istnieje też potrzeba wyboru elementów, które powinny być parametryzowane – prawidłowość działania, efektywność, automatyzacja.

W podsumowaniu wskazano na znaczne zaawansowanie w rozwoju analizy obiektowej jako dyscypliny. Otrzymała ona krytyczną ocenę użytkowników, co przyczynia się do jej dalszego doskonalenia. Podkreślono istnienie bardzo szerokiego zakresu zastosowań metody. Wiele z tych zastosowań wiąże się z rutynowym stosowaniem metod analizy obiektowej do celów np. monitoringu. Istnieje też wiele nowych koncepcji, które nadal nie zostały wystarczająco rozwinięte i ciągle wymagają dyskusji. Podkreślono, że obecny stan dyscypliny jest dobrym momentem do rozwoju podejścia interdyscyplinarnego w analizach przestrzennych, łączącego wiedzę ekspertów z takich dziedzin, jak: systemów komputerowych, psychologii, GIS i teledetekcji, fotogrametrii i związanych z zastosowaniami.

Zakończenie

Jak wykazano powyżej, powstanie dyscypliny zwanej obiektową analizą obrazów jest identyfikowane z nową jakością w analizach przestrzennych, zarówno od strony podejścia technologicznego, jak i sposobu rozumienia rzeczywistości. Posiada ona znaczne zalety związane z ominięciem niektórych dotychczas spotykanych problemów w podejściu do przestrzeni przyrodniczej. Traktowanie krajobrazu jako zbioru obiektów posiadających swoje położenie w przestrzeni, miejsce w hierarchii oraz przypisane atrybuty jest bardzo uniwersalne, dzięki niemu otrzymujemy możliwość rozpatrywania przestrzeni przyrodniczej w wielu wymiarach.

O wzrastającej popularności metody świadczy bardzo duże zainteresowanie pierwszą konferencją poświęconą wyłącznie temu tematowi. Większość osób uczestniczących w konferencji jest reprezentantami krajów niemieckojęzycznych Europy Zachodniej. Jest to związane ze specyfiką sympozjum AGiT odbywającego się w Salzburgu. Osoby z innych krajów, (również takich jak Korea, czy Afryka Południowa) uczestniczyły w konferencji w niewielkich grupach.

Również w Polsce dziedzina ta zaczyna budzić coraz większe zainteresowanie, o czym świadczy fakt, że w konferencji uczestniczyły 4 osoby z polskich instytucji naukowych. Istnieje kilka ograniczeń rozwoju tej metody, między innymi związanych z wysoką ceną oprogramowania. Wiadomo jednak, że kilkanaście instytucji w Polsce posiada je i wykorzystuje. Na polskim rynku geoinformacji nadal niewiele jest publikacji dotyczących tej dyscypliny, a z treści wystąpień na konferencji OBIA można sądzić, że znajdujemy się obecnie na etapie zastosowań. Być może impulsem do rozwoju będzie rodząca się konkurencja na rynku oprogramowania do analizy obiektowej, która zwiększy dostępność tych metod. Impulsem rozwoju jest również coraz większa dostępność wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych, których analiza metodami tradycyjnymi jest nieefektywna.

Otwarta jest również kwestia polskiej nazwy tej dziedziny. Zaproponowana w niniejszym artykule nazwa *obiektowa analiza obrazów* jest skróconą wersją innych propozycji *obiektowa analiza obrazów teledetekcyjnych* lub *analiza obrazów teledetekcyjnych bazująca na podejściu obiektowym*.

Literatura

- Adamczyk J., 2004: System Informacji Przestrzennej o Rezerwatach Biosfery, Rozprawa doktorska, Katedra Urządzenia Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa, Wydział Leśny SGGW.
- Baatz M., Schäpe A., 2000: Multiresolution Segmentation – an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. [W:] Strobl, J. i in. (red.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg*, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag.
- Baatz M., Schäpe A., 1999: Object-Oriented and Multi-Scale Image Analysis in Semantic Networks. [W:] *Proc. of the 2nd International Symposium on Operationalization of Remote Sensing*, Enschede, ITC, August 16–20.
- Benz U.C., Baatz M., Schreier G., 2001: OSCAR – object oriented segmentation and classification of advanced radar allows automated information extraction. [W:] *Proceedings of IGARSS 2001*, July 2001, Sydney, Session, Visualisation, GIS And Data Fusion.
- Blaschke T., 2000a: Operationalisation of the patch-concept in landscape ecology. [W:] Winter S. (red.) *Geographical Domain and Geographical Information Systems. GeoInfo 19*, Vienna.
- Blaschke T., 2000b: Ohne Salz und Pfeffer. Objektorientierte Bildanalyse – eine Revolution in der Fernerkundung. [W:] *GeoBIT 2/2000*.
- Blundell J. S., Opitz D. W., 2006: Object-recognition and feature extraction from imagery, The Feature Analyst Approach, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), *1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006)*, Workshop proceedings, Salzburg.
- Buck A., De Kok R., Schneider T., Ammer U., 1999: Improvement of a forest GIS by integration of remote sensing data for the observation and inventory of “protective forests” in the Bavarian Alps. [W:] *Proc. IUFRO Conference on Remote Sensing and Forest Monitoring*, Rogów: Poland, June 1-3, 1999.
- De Kok R., Buck A., Schneider T., Ammer U., Baatz M., 2000: Data Fusion With Landsat 7 imagery. [W:] Strobl J. i in. (red.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999*, Karlsruhe, Herbert Wichmann Verlag, 90-97.
- De Kok R., Schneider T., Baatz M. Ammer U., 1999: Object based image analysis of high resolution data in the alpine forest area. [W:] *Joint WSf ISPRS WG I/1, I/3 and IV/4, Sensors and Mapping From Space 1999*, Hannover, September 27-30, 1999.

- Definiens Imaging, 2004: eCognition Users Guide – dokumentacja oprogramowania.
- Förster M., Kleinschmit B., 2006: Integration of ancillary information into object-based Classification for Detection of Forest Structures and habitats, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Gaździcki J., 2001: Leksykon geomatyczny, Polskie Towarzystwo Informatyki Przemysłowej.
- Hay G., Castilla G., 2006: Object-based image analysis, strengths, weaknesses, opportunities and threats (SWOT), [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Hofmann P., 2001: Detecting urban features from IKONOS data using an object-oriented approach. [W:] Remote Sensing & Photogrammetry Society (red.), Proceedings of the First Annual Conference of the Remote Sensing & Photogrammetry Society 12-14 September 2001.
- Hofmann P., Reinhardt W., 2000: The extraction of GIS features from high resolution imagery using advanced methods based on additional contextual information – first experiences. [W:] ISPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam, 2000.
- Hwang H.J., Lee K., 2006: Classification accuracy of wavelet-based fusion image with texture filtering using high resolution satellite images, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Schiewe J., Gähler M., 2006: Modelling uncertainty in high resolution remotely sensed scenes using a fuzzy logic approach, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Kaiser G., Bauer T., 2006: Multiscale landscape representation derived from remote sensing images using spatial subpixel models and combinatorial maps, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Kressler F., Steinnocher K., 2006: Image data and LiDAR – an ideal combination matched by object-oriented analysis, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Lang S., Blaschke T., 2006a: Wrap up, niepublikowane materiały podsumowujące 1. międzynarodową konferencję OBIA 2006.
- Lang S., Blaschke T., 2006b: Bridging Remote Sensing and GIS – which are the main supportive pillars?, W: Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Manakos I., Schneider T., Ammer U., 2000: A comparison between the ISODATA and the eCognition classification methods on basis of field data. [W:] ISPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam.
- Neubert M., Herold H., Meinel G., 2006: Evaluation of remote sensing image segmentation quality – further results and concepts, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- OBIA, 2006: Strona internetowa konferencji, www.agit.at/obia/.
- Ricny J., 2006: A-priori information driven model for road segmentation in high resolution images, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Rutzinger M., Höfle B., Pfeifer N., Geist T., Stötter J., 2006: Object based analysis of airborne laser scanning data for natural hazard purposes using open source components, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Tiede D., Lang S., Hoffmann Ch., 2006: Supervised and forest type-specific multi-scale segmentation for a one-level-representation of single trees, [W:] Lang S., Blaschke T., Schöpfer E., (red.), 1st International Conference on Object-based Image Analysis (OBIA 2006), Workshop proceedings, Salzburg.
- Van der Sande C.J., 2001: River Flood Damage Assessment Using IKONOS Imagery. Natural Hazards Project-Floods. Space Applications Institute, Joint Research Centre, European Commission, Ispra. http://natural-hazards.jrc.it/documents/floods/2001-docs/2001-reports/flooddamage_report.pdf
- Willhauck G., Schneider T., De Kok R., Ammer U., 2000: Comparison of object oriented classification techniques and standard image analysis for the use of change detection between SPOT multispectral satellite images and aerial photos. [W:] ISPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam, 2000.

Summary

In the last years a set of factors related to the progress in geomatics and increasing need for spatial information about environment have led to emerging field of object-based image analysis. This technique became the relevant innovation among other "traditional" methods of image classification. Recently the object-based analysis has become a new paradigm in geomatics, not only a classification technique.

In the article the object based approach is discussed as a technology of object-based image classification and a new paradigm for object-based spatial analyses. The historical developments are also presented. Attention is paid to results of the first conference in this field (1st International Conference on Object-Based Image Analysis, OBIA 2006), which took place in Salzburg. Finally, some recommendations are presented.

dr Joanna Adamczyk
Joanna.Adamczyk@wl.sggw.pl