

**ZASTOSOWANIE PODEJŚCIA OBIEKTOWEGO W BADANIACH
TRANSGRANICZNYCH NA WSCHODNIEJ GRANICY
UNII EUROPEJSKIEJ**

**APPLICATION OF OBJECT BASED APPROACH IN TRANSBOUNDARY
RESEARCH ON THE EASTERN BORDER OF THE EUROPEAN UNION**

Joanna Adameczyk

Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

SŁOWA KLUCZOWE: obiektowa analiza obrazów, teledetekcja, GIS, rezerwaty biosfery, UNESCO

STRESZCZENIE: Artykuł porusza problem strategii budowy bazy danych transgranicznych dla obszaru znajdującego się na wschodniej granicy Unii Europejskiej, charakteryzującego się wysokimi walorami przyrodniczymi, częściowo wykraczającego poza zasięg inicjatyw związanych z tworzeniem ESDI (European Spatial Data Infrastructure). Przedstawiona została specyfika oraz problemy dokumentacji GIS dla celów prowadzenia przyrodniczych badań naukowych na tego typu obszarze. Rozwiązania zagadnienia integracji danych transgranicznych podjęto się przy zastosowaniu techniki opartej na budowie bazy danych GIS przy użyciu: materiałów obrazowych, jako referencyjnych oraz krajobrazowej jednostki przestrzennej, jako obiektu odniesienia dla opisu krajobrazu, integracji i gromadzenia danych oraz pozwalającej na dalsze analizy przyrodnicze. W celu delimitacji takiej jednostki zastosowano podejście obiektowe. W artykule przedstawiono rekomendacje, ograniczenia oraz perspektywy dalszych badań w zakresie omawianej metodyki. Przedstawiono również propozycje dotyczące możliwych kierunków dalszego rozwoju Infrastruktury Danych Przestrzennych w kierunku opisu przestrzeni przyrodniczej.

1. WPROWADZENIE

Zmiany w środowisku, zachodzące na poziomie globalnym i kontynentalnym powodują, że narasta potrzeba analizowania zjawisk przyrody w zakresach związanych z prowadzeniem wspólnej polityki dotyczącej działań związanych z ochroną środowiska lub mogących wywrzeć wpływ na jego stan. Potrzeba takich badań dotyczy też jednostek przyrodniczych, zjawisk przyrodniczych, jak np. kłęski żywiolowe, występujących na wielkich obszarach, przekraczających sztucznie wprowadzone przez człowieka granice administracyjne. Zwiększa się zatem znaczenie współpracy międzynarodowej w badaniach przyrodniczych, a co za tym idzie konieczność prowadzenia wspólnej dokumentacji przy pomocy metod geoinformacji. Jest to zadanie, którego rozwiązanie staje się coraz łatwiejsze w realizacji, dzięki wprowadzeniu dyrektywy INSPIRE i rozbudowie Infrastruktury Danych Przestrzennych (SDI). Istnieją jednak obszary, w których skład wchodzi kraje obecnie nie objęte tą inicjatywą. Dotyczy to między innymi wschodnich

sąsiadów Polski, której granica jest jednocześnie częściowym ograniczeniem zasięgu działań niektórych istotnych inicjatyw związanych z SDI. Pomiędzy krajami znajdującymi się na tych obszarach istnieją znaczne różnice dotyczące w szczególności: polityki ochrony środowiska, liczby obszarów chronionych, poziomu degradacji środowiska, gospodarki zasobami środowiska, zjawisk społecznych. Uwarunkowania te powodują znaczne utrudnienie w prowadzeniu badań transgranicznych, ale też jednocześnie są uzasadnieniem konieczności ich prowadzenia, ze względu na fakt, że przyroda tych obszarów należy do jednych z najbardziej wartościowych w Europie.

W niniejszym artykule opisana jest propozycja sposobu pokonania trudności związanych ze wspólnym prowadzeniem dokumentacji i analiz w GIS dla potrzeb współpracy transgranicznej. Jednocześnie zwraca on propozycję sposobu podejścia do standaryzacji danych transgranicznych w celu, przynajmniej częściowego, ujednoczenia metodyki dokumentowania badań transgranicznych.

2. OBIEKT BADAŃ

Szczególnym przypadkiem obszaru transgranicznego charakteryzującego się wyżej wymienionymi cechami jest teren Polesia Zachodniego, podzielony granicami trzech państw Białorusi, Polski i Ukrainy. Jest on objęty inicjatywami UNESCO prowadzącymi do wyznaczenia na tym terenie transgranicznego rezerwatu biosfery oraz włączenie tego obszaru w przyszłości do sieci monitoringu globalnych zmian biosfery w Europie Wschodniej. Będzie się ona składała z obecnych i planowanych rezerwatów biosfery, znajdujących się w znacznej części na wschodniej granicy Polski. Międzynarodowe działania, zmierzające między innymi do dokumentacji stanu przyrody na tych terenach zostały zapoczątkowane inicjatywą „Powołanie transgranicznego rezerwatu biosfery oraz regionalnej sieci ekologicznej na Polesiu”. W ramach tego projektu istniała konieczność rozwoju metodyki prowadzenia wspólnej, transgranicznej dokumentacji stanu przyrody oraz wyników otrzymanych w badaniach szczegółowych z zakresu różnych dziedzin. Ustalono, że istnieje potrzeba rozwinięcia systemu GIS dedykowanego możliwie najbardziej adekwatnej reprezentacji struktury i relacji zachodzących pomiędzy elementami krajobrazu (Adamczyk, 2005). Rozwój tej bazy koordynowany jest przez jednostkę stworzoną w ramach struktury organizacyjnej MaB UNESCO. Istnieje szeroki zakres problemów związanych z aspektami organizacyjnymi, takimi jak chęć i zdolność do współpracy obu stron. Potrzebny jest szeroki zakres skoordynowanych działań: uzgodnień dotyczących zagadnień technicznych, uregulowań prawnych oraz nakładów finansowych.

3. SPOSÓB PODEJŚCIA DO SPORZĄDZANIA DOKUMENTACJI GIS DLA POTRZEB BADAŃ TRANSGRANICZNYCH

3.1. Specyfika i potrzeby

Potrzeby, których spełnienie ma zapewnić zaangażowanie GIS w tworzeniu dokumentacji dla potrzeb badań transgranicznych zostały zdefiniowane (Brey Meyer, Adamczyk, 2005) jako posiadanie zwartej, powtarzalnej bazy danych pozwalającej na:

- jednolitość materiałów referencyjnych i porównywanie różnych rodzajów danych,
- wykorzystanie bazy danych w celach tak różnorodnych, jak wiele jest zakresów w których badana jest przyroda obszaru,
- stosowanie ujednoliconej metodyki dokumentacji wyników badań transgranicznych we wszystkich zainteresowanych krajach oraz zgodności struktur baz danych,
- całościowe spojrzenie na krajobraz, z możliwością uszczegółowienia,
- analizowanie informacji w różnych przedziałach czasowych,
- przyspieszenie aktualizacji bazy danych,
- zwiększenie zgodności geometrycznej i dokładności posiadanych danych,
- optymalizację kosztów uzyskania danych oraz ich przetwarzania.

GIS dla obszarów transgranicznych, spełniający wyżej wymienione potrzeby, posiada następujące cechy:

1. Dane wykorzystywane są w celach badawczych o charakterze przyrodniczym, co powoduje duże zapotrzebowanie na ich wysoką jakość i nacisk na szczegółowe przedstawienie pewnych aspektów przyrody (m. in. komponentów krajobrazu).
2. Informacja integrowana jest z: wielu źródeł, wielu skal, różnej jakości i różnych typów danych.
3. Szczególny nacisk kładzie się na dane w skalach służących do celów przeglądowych, np. 1:100 000, jednak istnieje możliwość integrowania danych o większej szczegółowości.
4. Dane muszą zostać zintegrowane w taki sposób, żeby istniała możliwość skorzystania z nich poprzez połączenie z innymi rodzajami informacji, również wprowadzanymi przez użytkownika.
5. Istnieje potrzeba utworzenia bazy metadanych, w celu usprawnienia przeszukiwania informacji.

Na terenie Rezerwatu Biosfery Polesie Zachodnie rzeczywisty stan istniejących danych w momencie rozpoczynania projektu, stoi w sprzeczności z wyżej wymienionymi potrzebami. Istnieje bardzo ograniczony zakres danych cyfrowych charakteryzujących się wystarczającą jakością, by mogły zostać zintegrowane. Dotyczy to, w różnym stopniu, wszystkich zaangażowanych krajów. Strona polska posiada podstawowe dane ogólnogeograficzne oraz ograniczone przestrzennie dane przyrodnicze (np. w granicach Poleskiego Parku Narodowego). Część osiągalnych danych jest niskiej jakości i aktualności. Integrowane są bazy danych tworzone w różnych krajach według innych standardów: schematów semantycznych, metodyk badań naukowych, klasyfikacji obiektów przyrodniczych, specyfiki narodowych odwzorowań kartograficznych. Dane pochodzące z dotychczasowych badań naukowych praktycznie nie istnieją w cyfrowym odniesieniu przestrzennym. Istnieją za to duże bazy zawierające dane atrybutowe z monitoringu zjawisk przyrodniczych. Metody stosowane w badaniach z tych samych dziedzin w różnych krajach znacznie się różnią – stan ten jest związany z historycznymi uwarunkowaniami rozwoju metod naukowych w Związku Radzieckim oraz Polsce. Na spotkaniach roboczych ustalono, że pełna ich integracja nie jest możliwa. W związku z tym potrzeby naukowców z różnych krajów, związane z wykorzystaniem utworzonej bazy danych są różne. Na dodatek w omawianych krajach nadal istnieją konsekwencje tajności materiałów mapowych, wyrażające się przede wszystkim w braku ich dokładności geometrycznej. Obserwowane są znaczne różnice w treści map w stosunku do zobrazowań satelitarnych –

dotyczy to zarówno map topograficznych, jak i tematycznych, m.in. geologicznych i glebowych, które w niektórych przypadkach są trudne do zastąpienia innymi danymi. Jak wynika z powyższej charakterystyki, oprócz różnic w mentalności i podejściu do danych GIS istnieją poważne problemy związane z niekompatybilnością danych pomiędzy zainteresowanymi krajami. Podstawowym celem niniejszego artykułu jest opisanie zaproponowanego podejścia pozwalającego na, przynajmniej częściowe, poradzenie sobie z tym problemem i umożliwienie prowadzenia wspólnych badań transgranicznych.

3.2. Możliwości rozwiązania problemu integracji danych transgranicznych

Integracja istniejących danych była priorytetem przed tworzeniem nowych warstw. Niektóre z wyżej wymienionych problemów np. różne systemy odniesienia map, zostały pokonane przy pomocy automatycznych algorytmów. Istniała konieczność dokonania wielu korekcyj i dopasowania. Jednak niska dokładność warstw oraz różnice semantyczne spowodowały, że integracja znacznej części istniejących danych nie została przeprowadzona – pozostały one w formie niezmienionej, ze względu na możliwość popełnienia błędów oraz pracochłonność ręcznej integracji.

Wyżej wymienione problemy spowodowały, że rozpoczęto poszukiwania metody służącej dokumentacji danych przyrodniczych w GIS, opierającej się jednak na utworzeniu bazy danych od podstaw. Wykorzystano metodę opracowaną w ramach wcześniejszych badań autorki (Adamczyk, 2005), dotyczących adekwatności opisu przestrzeni przyrodniczej w GIS:

1. Kompletność bazy danych w czterech wymiarach: przestrzenna, tematyczna (w kontekście opisu przyrody), skalowa (pełna hierarchia skal) i czasowa (porównania wieloczasowe).
2. Wyróżnienie podstawowego zestawu danych referencyjnych, dla kompletnego tematycznie opisu całości przyrodniczych w GIS.
3. Standaryzacja nazewnictwa i schematów bazy danych dla obiektów przyrodniczych.
4. Zastosowanie szeroko rozumianego podejścia obiektowego w przyrodniczym GIS, co wyraża się w traktowaniu krajobrazu jako zestawu obiektów przestrzennych, posiadających swoje atrybuty oraz poszukiwaniu rodzaju obiektu podstawowego.

3.3. Wybór rodzaju danych referencyjnych

Wyżej wymienione charakterystyki istniejącego zasobu danych referencyjnych spowodowały, że podstawą sposobu „ominięcia” problemu niekompatybilności danych transgranicznych stało się utworzenie bazy danych referencyjnych nie posiadających wad pochodzących ze źródeł zewnętrznych. Wzięto pod uwagę następujące możliwości:

1. Wykorzystanie bazy danych wektorowych pochodzącej z Europejskiej Infrastruktury Danych Przestrzennych, połączonej z danymi obrazowymi, w celu zapewnienia podstawowych jednostek przestrzennych służących identyfikacji pokrycia terenu.
2. Budowa bazy danych na podstawie danych obrazowych (pochodzących z SDI), służących jako referencyjne, jako podstawa do wyznaczania jednostek podstawowych oraz warstwy podkładowe dla dokumentacji wyników badań w formie map

obrazowych. Uzupełnienie tego źródła danych, w miarę możliwości integracji, innymi posiadanymi danymi wektorowymi i obrazowymi.

Pierwsze z rozwiązań wydaje się bardziej praktyczne. Pozwala ono na wykorzystanie danych już istniejących, a co za tym idzie minimalizację kosztów budowy bazy danych. Jest praktycznym zastosowaniem idei Infrastruktury Danych Przestrzennych, która ma na celu dostarczenie danych spójnych transgranicznie, budowanych według standaryzowanej metodyki. Przykładem bazy danych, którą można by zastosować w omawianych celach jest *Corine Land Cover*. Jednak nie może stać się ona poziomem odniesienia dla takich regionów, jak Polesie Zachodnie, ze względu na: rozdrobnienie użytkowania terenu oraz zasięg danych ograniczony na tym obszarze do Polski.

Druga z proponowanych metod nie posiada wyżej wymienionych wad, a możliwości oferowane przez nią, w kontekście rozwiązania opisanych wyżej problemów są bardzo szerokie. Zapewnienie pokrycia terenu zobrazowaniami satelitarnymi może być też jedyną metodą na uzyskanie informacji o strukturze przyrodniczej obszarów nie posiadających własnych SIP oraz nie objętych żadnymi, zapewniającymi ciągłość danych, programami europejskimi. Projekt będący przykładem w niniejszych rozważaniach obejmuje dwa takie kraje: Ukrainę i Białoruś. O ile wszelkiego rodzaju wielkoskalowe zobrazowania powierzchni terenu, takie jak zdjęcia lotnicze, wykonywane są najczęściej wycinkowo i na indywidualne zamówienie, to zastosowanie materiału pochodzącego z rejestracji powierzchni Ziemi przez satelity, daje duże możliwości prowadzenia rozważań transgranicznych (Adamczyk, 2006):

1. Analizowanie zjawisk i obiektów transgranicznych w sposób ciągły.
2. Dostarczenie informacji o terenie, niezależnie od kompletności pokrycia warstwami wektorowymi.
3. Pozyskanie informacji specjalistycznej, bezpośrednio z obrazu teledetekcyjnego.
4. Uzyskanie zgodności geometrycznej dla obszarów o dużej rozpiętości przestrzennej bez konieczności stosowania pracochłonnych procedur integracji.
5. Stosunkowo niski koszt uzyskania danych w porównaniu z procesem tworzenia warstw wektorowych.
6. Zapewnienie wyższej jakości dzięki automatyzacji procesu integracji danych.

W projekcie realizowanym na terenie Polesia Zachodniego wykorzystano dane pochodzące z europejskiej bazy danych IMAGE2000. Jest ona dostępna bezpłatnie i pozwala na wykonanie analiz zmian w czasie dla ostatnich 30 lat. Te dwie zalety stanowią o jej przewadze nad danymi pochodzącymi z innych satelitów. Materiał obrazowy w rozdzielczości wzmocnionej do 15 m, posłużył jako baza do utworzenia obiektów podstawowych dostosowanych do analiz w zakresie skal 1:50 000÷1:100 000. Jednak założona w projekcie 10 letnia aktualizacja danych referencyjnych będzie wymagała zastosowania nowego zestawu danych. Pomimo doniesień z 2005 roku o wznowieniu pracy satelity Landsat 5, nie ma pewności dotyczącej możliwości dalszego korzystania z tego zasobu. Rozważane jest zastosowanie do aktualizacji danych pochodzących z satelity rejestrującego w podobnym zestawie kanałów spektralnych, ale o wyższej rozdzielczości, z możliwością budowy modeli 3D, np. SPOT-5. Będzie to droższe rozwiązanie, ale też pozwoli na uszczegółowienie opracowań.

3.4. Jednostka podstawowa

Z doświadczeń wyniesionych z początkowej fazy realizacji projektu wynika, że koncepcja ujednoczenia metodyki badań transgranicznych jest jedynie częściowo możliwa do zrealizowania. Naukowcy z zainteresowanych krajów posługują się różnymi metodami badawczymi, z dyskusji wynika, że dopuszczają możliwość zmiany jedynie niektórych sposobów badania przyrody, np. stosować międzynarodowe standardy oznaczania zespołów roślinnych. Jednak z punktu widzenia porównywalności wyników badań, za przydatne uznano określenie uniwersalnej jednostki podstawowej, która: (i) będzie spełniała funkcję obiektu, do którego odniesione zostaną wyniki badań terenowych, (ii) pozwoli na jednolitą charakterystykę krajobrazu, (iii) umożliwi szerokie wykorzystanie tak zdefiniowanego modelu danych do analiz zgodnych z potrzebami użytkowników.

W literaturze temat ten podejmowany jest dość często. Wydaje się jednak, że przy dużej rozpiętości zainteresowań badaczy nie istnieje możliwość zbudowania takiej hierarchii jednostek podstawowych tak, żeby służyły one jako podstawowe dla wszelkiego rodzaju badań. Wyróżnia się (Richling, Solon, 1996) dwa podejścia do tego typu obiektów:

1. Wyznaczenie jednostek częściowych, które będą podstawowymi dla badań przeprowadzonych w określonej dziedzinie – tzn. zajmujących się np. badaniem jednego komponentu krajobrazu.
2. Traktowanie jako podstawowe jedynie tych z poziomu podstawowego, w którym wyznaczone jednostki są homogeniczne. Tego typu obiekt może zostać w pewnym stopniu traktowany i wykorzystany jako uniwersalny. Późniejsze łączenie jednostek w ich hierarchie może zostać przeprowadzone z punktu widzenia różnych kryteriów. Wydaje się, że takie rozwiązanie może być przydatne w badaniach transgranicznych.

Do wyznaczania obiektów podstawowych wykorzystano obrazy satelitarne, zastosowano przy tym podejście oparte o analizę obiektową. Wcześniejsze doświadczenia (Adamczyk, Będkowski, 2006) wskazywały na fakt, że będzie ona najbardziej efektywną metodą pozyskiwania danych o krajobrazie. Można zauważyć duże podobieństwo metody klasyfikacji obiektów na podstawie danych obrazowych, do teorii przestrzennych jednostek przyrodniczych. Zbieżność sposobu delimitacji opiera się najczęściej na rozpoznaniu pokrycia terenu, które jest powiązane z podejściem ekosystemowym ekologii krajobrazu.

Wyżej opisane cechy zasobu danych i specyfika danych obrazowych skłaniają do rozważenia dwóch podejść do tworzenia obiektu będącego obowiązującą jednostką podstawową: wyznaczenie geokompleksów lub poprzestanie na określeniu homogenicznych płatów pokrycia terenu. Geokompleks rozumiany jest klasycznie jako relatywnie zamknięty wycinek przyrody, stanowiący całość dzięki zachodzącym w nim procesom i współzależności budujących go komponentów (Richling, Solon, 1996). Oba podejścia łączą się ze sobą, gdyż, że względu na specyfikę danych teledetekcyjnych muszą one bazować na informacji o pokryciu terenu. W ramach testów utworzono obydwa typy jednostek podstawowych:

1. Klas pokrycia terenu jako punktu odniesienia dla dalszych badań z każdej dziedziny.
2. Geokompleksów w rozumieniu przyjętym przez Chmielewskiego (Chmielewski, 2001) – przestrzennej jednostki podstawowej w wersji uproszczonej, ograniczonej do

realnie możliwych do zintegrowania lub szybkiego wygenerowania danych cyfrowych do następujących komponentów: (i) pokrycie terenu – pochodzące z klasyfikacji obiektowej, (ii) ukształtowanie terenu – mapa form terenu utworzona na podstawie numerycznego modelu terenu SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), osiągalnego w ramach SDI, (iii) hydrologia – klasyfikacja obiektowa wspomagana analizą map hydrologicznych oraz wiedzą współpracujących ekspertów, (iv) podłoże geologiczne – zintegrowane mapy geologiczne cyfrowe i analogowe.

3.5. Zastosowanie podejścia obiektowego

Technika obiektowa stanowi istotną innowację w metodyce klasyfikacji krajobrazu na podstawie obrazów teledetekcyjnych. Rozpoznanie obiektów odbywa się w niej na analizie większego zakresu cech, niż w metodach tzw. tradycyjnych: natężenia jasności, kształtu, tekstury, powierzchni, tła tematycznego oraz innych informacji zapisanych w treści obrazów cyfrowych. Postępowanie w tej procedurze podąża za określonym układem struktur przestrzennych, w celu stworzenia hierarchii obiektów rozumianych jako płyty pokrycia terenu. Została ona podzielona na etapy, pozwalające na przetestowanie sposobu wyznaczenia dwóch typów jednostek podstawowych:

1. Optymalizacja metody wyznaczenia klas pokrycia terenu („spektralnych”), czyli odzwierciedlających charakterystyki obiektów reprezentowane przez obraz satelitarny.
2. Rozwinięcie hierarchii klas w celu wyznaczenia geokompleksów – będących rodzajem klas „interpretacyjnych”, oprócz fizjonomii obiektów wprowadzających inne znaczenie, czy funkcję dla danej klasy.

Metodyka klasyfikacji obiektowej posiada istotne zalety w porównaniu do innych metod. Zostały one zilustrowane poniżej na przykładzie wyznaczenia jednostek podstawowych, które jest możliwe dzięki wykorzystaniu następujących możliwości oprogramowania eCognition v.4:

1. Szeroki zakres danych, zarówno obrazowych, jak i tematycznych – w systemie zostały zintegrowane potrzebne kanały obrazu z satelity Landsat, warstwy tematyczne (wektorowe) zawierające informacje o komponentach krajobrazu trudnych do uzyskania za pomocą interpretacji obrazu satelitarnego: podłoże geologiczne oraz mapy spadków – wygenerowane na podstawie numerycznego modelu terenu.
2. Możliwość przeprowadzenia segmentacji obrazu – wstępne określenie granic obiektów, na podstawie różnic w odpowiedzi spektralnej oraz ich kształcie – metoda ta pozwala na optymalizację parametrów segmentacji i dopasowanie ich do specyfiki struktury krajobrazu. Cenną cechą procesu segmentacji jest możliwość uwzględnienia dodatkowych czynników charakteryzujących obiekty zgodnie z zasadami ekologii krajobrazu poprzez ustawienia pozwalające na określenie przewidywanego poziomu homogeniczności obiektów, istotności kształtu ich granic, barwy oraz informacji o innych komponentach krajobrazu. Segmentacja obrazu przeprowadzona została na różnych poziomach homogeniczności i generalizacji. Pozwala to na uwzględnienie pełnego kontekstu przestrzenno-strukturalnego obiektów przyrodniczych.
3. Metoda tworzenia hierarchii klas, pozwala na sprostanie wymogom scharakteryzowania zależności pomiędzy geokompleksami na różnych poziomach

organizacji przyrody. Prosta hierarchia klas pozwala na rozróżnienie płatów pokrycia terenu. Bardziej złożonym procesem jest tworzenie klas o charakterze, interpretacyjnym. Ich specyfika jest związana z przypisywanym znaczeniem, niemożliwym do wykrycia na podstawie samej analizy obrazu teledetekcyjnego. Prosty schemat klas został rozbudowany w celu przygotowania do utworzenia klas interpretacyjnych, np. dotychczasowa klasa podmokłości została rozdzielona w celu uwzględnienia dodatkowego czynnika przy wyznaczaniu geokompleksów – warunków hydrologicznych.

4. Szczególnie przydatną właściwością podejścia obiektowego była możliwość precyzyjnego określenia cech obiektów i na tej podstawie zdefiniowanie algorytmów pozwalających na ich zindywidualizowanie.
5. Różne metody przeprowadzania klasyfikacji, dopasowanych do potrzeb – różne rodzaje klasyfikacji nadzorowanej oraz różne metody budowania i „uczenia” bazy wiedzy i zastosowanie logiki rozmytej. Klasyfikacja przeprowadzona została dwoma metodami: (i) na podstawie wybranych obiektów wzorcowych i przestrzeni cech – w celu wyznaczenia klas pokrycia terenu; (ii) na podstawie już wykonanej klasyfikacji pokrycia terenu oraz cech uzupełniających, w celu zbudowania jednostek przyrodniczych.
6. Zastosowanie logiki rozmytej w procesie klasyfikacji – odzwierciedlające charakter obiektów przyrodniczych, pozwalające na interpretację wyników. Właściwość ta pozwala na rozpoznanie niektórych obiektów o charakterze rozmytym np. stref ekotonalnych.

Następnym etapem rozwoju bazy danych było utworzenie przykładowego zestawu danych oraz przeprowadzenie konsultacji i testów pozwalających na ocenę następujących jej właściwości:

- dokładności uzyskanych danych,
- uniwersalności wyznaczonych jednostek podstawowych.

4. WYNIKI

Dokładność uzyskanych danych oceniono na podstawie analizy jakości klasyfikacji obiektowej oraz efektów integracji danych, w odniesieniu do komponentów krajobrazu:

- Procedura klasyfikacji obiektowej pokrycia terenu zawierała iteracyjny proces poprawiania wyników, co pozwoliło na uzyskanie dokładności obrazu wyjściowego, która wyrażona w postaci indeksu *Kappa* wynosi: 0.9599 – dla obrazu z roku 2000 oraz 0.9731 – dla obrazu z lat 1970-tych. Jest to stosunkowo dobry wynik, biorąc pod uwagę rozległość klasyfikowanej sceny. Dokładność klasyfikacji oceniano przy użyciu próby 5 % obiektów testowych, w stosunku do całościowej liczby obiektów wyznaczonych w obrazie.
- Powyższe dokładności odnoszą się również do warstwy obiektów hydrologicznych, tutaj zasób informacji został wzmocniony informacjami od ekspertów, poprzez: wspomaganie procesu wstępnej interpretacji obrazu dla potrzeb klasyfikacji obiektowej oraz wprowadzenie obiektów trudnych do sklasyfikowania na podstawie obrazu satelitarnego.

- Ukształtowanie terenu zostało określone na podstawie numerycznego modelu terenu SRTM o rozdzielczości około 90 m, o błędzie wysokościowym około 16 m. Dokładność ta została uznana za niewystarczającą dla obszaru Polesia, ze względu na małe różnice wysokościowe, dlatego też dane o formach terenu uzupełniono odczytami wysokości z map topograficznych, a w przyszłości planuje się wygenerowanie dokładnego NMT.
- Sytuacja geologiczna została przedstawiona na podstawie szczegółowej mapy geologicznej Polski w skali 1:50 000, w integracji danych dotyczących tego komponentu napotkano na istotne problemy związane z: (i) niezgodnościami pomiędzy sytuacją topograficzną przedstawioną na mapach geologicznych oraz wynikającą z obrazu satelitarnego (potraktowanego jako materiał referencyjny); (ii) pracochłonnością integracji danych geologicznych dotyczących obszarów Ukrainy i Białorusi, posiadających liczne niedokładności i koniecznością konsultacji przebiegu granic jednostek z ekspertami.

Uniwersalność wyznaczonych jednostek podstawowych oceniana była z punktu widzenia potrzeb użytkowników, a w szczególności zapewnienia możliwości:

- Wykorzystania ich w dalszych analizach – na podstawie testów oraz konsultacji z przyszłymi użytkownikami bazy stwierdzono, że istnieje możliwość przeprowadzenia najważniejszych analiz struktury krajobrazu (Adamczyk, 2006), o charakterze „poziomym” i „pionowym”, np. takich, jak: (i) wyznaczanie miar i wskaźników różnorodności biologicznej krajobrazu – zależności pomiędzy płacami w krajobrazie rozumianymi jako agregacje jednostek podstawowych; (ii) ocena charakteru granic w krajobrazie; (iii) budowa modelu strefowo-pasmowo-węzłowego; (iv) budowa modeli hierarchicznych w celu oceny struktury funkcjonalno-przestrzennej krajobrazu.
- Integracji danych pochodzących z badań naukowych: (i) dane w formie obiektowej stanowią dobry punkt odniesienia dla integracji badań naukowych, ze względu na usystematyzowany schemat bazy danych oraz łatwo identyfikowane rodzaje obiektów przyrodniczych; (ii) istnieje konieczność dostarczenia danych w postaci obiektowej, zarówno zawierających jednostki podstawowe, jak i tworzących je komponentów.

Ogólna ocena użytkowników jest dobra. Zestaw danych wymaga jednak ulepszeń w wyżej wymienionych słabych punktach, w celu zapewnienia pełnego jego wykorzystania.

Wszystkie dane są integrowane w systemie GIS, który został zbudowany według wcześniej opracowanych założeń (Adamczyk, 2005), i może w przyszłości działać w postaci portalu internetowego udostępniającego dane transgraniczne dla potrzeb badań naukowych oraz innych. Uruchomienie tego typu serwisu wymaga działań o charakterze prawno-polityczno-finansowym i jest obecnie kwestią przyszłości. Obecnie uzyskane rezultaty potwierdzają jednak możliwość zbudowania tego typu bazy danych oraz funkcjonowanie jej dla potrzeb naukowych.

5. PODSUMOWANIE

Zaproponowana metoda może zapewnić stosunkowo adekwatną aproksymację zjawisk przyrodniczych w GIS. Istnieją jednak ograniczenia związane z dokładnością uzyskanych danych oraz sposobem opisu przestrzeni przyrodniczej w GIS, który odbiega od charakteru zjawisk i obiektów w przyrodzie. Według opinii użytkowników tak skonstruowana baza danych może cechować się dużą uniwersalnością. Wydaje się, że jest to dobry krok w kierunku poprawy sposobu opisu przestrzeni przyrodniczej w GIS. Jednak temat ten wymaga rozwinięcia w kierunku zagadnień związanych m.in. z dokładnością oraz doskonaleniem zakresu tematycznego danych.

Przewidywana w przyszłości praktyczna realizacja idei Infrastruktury Danych Przestrzennych gromadzonych na różnych poziomach szczegółowości wydaje się zapewniać realizację działań transgranicznych dotyczących przyrody, bez konieczności tworzenia baz danych od podstaw. Wydaje się jednak potrzebnym zastanowienie nad dostosowaniem zawartych w nich danych do specyfiki poszczególnych krajów, aby zapewnić taką użyteczność w szerszym zakresie (wielkość obiektów podstawowych, zakres tematyczny bazy danych i inne). Istnieje również potrzeba zapewnienia możliwości integracji w SDI danych przestrzennych pochodzących z badań naukowych prowadzonych na terenach objętych inicjatywą SDI. Wynika z tego konieczność wprowadzenia standaryzacji sposobu zbierania danych. Zadanie to może się okazać niełatwym i metodyka jego realizacji niewątpliwie wymaga rozwinięcia.

Istotnym wydaje się również zagadnienie zdefiniowania zakresu przestrzennego danych gromadzonych w ramach SDI, które obecnie (lub w przyszłości) mają pozwolić na prowadzenie inicjatyw transgranicznych jedynie wewnątrz Unii Europejskiej. Nie ma jednak możliwości prowadzenia takich analiz na pograniczach Wspólnoty, na terenach bardzo istotnych z punktu widzenia przyrodniczego, czego najlepszym przykładem jest obszar Polesia Zachodniego. Sprawa ta wymaga poruszenia zagadnienia wycinkowości danych ujmujących przyrodę w granicach administracyjnych i ograniczających się do ich zakresu. Na omawianym przykładzie widoczna jest potrzeba poszerzenia zakresu danych dostępnych w ramach tego typu inicjatyw o umożliwiających prowadzenie analiz w ramach całości przyrodniczych.

System, będący praktyczną realizacją opisywanej we wcześniejszych publikacjach (Adamczyk, 2005) koncepcji GIS o Rezerwach Biosfery znajduje się obecnie w stadium implementacji dla wybranych terenów Polesia Zachodniego. Będzie on rozwijany w miarę możliwości realizacji dalszych projektów w tym zakresie. Perspektywa stworzenia portalu danych przestrzennych i udostępniania danych zawartych w systemie jest uzależniona od uwarunkowań międzynarodowych.

6. LITERATURA

Adamczyk J., 2005. Koncepcja systemu informacji przestrzennej o rezerwach biosfery. *Roczniki Geomatyki*, Tom. III, zeszyt 1, s. 9-19.

Adamczyk, 2006. Gathering information about history and evolution of the landscape pattern. Patterns and processes in forest landscapes. Consequences of human management, IUFRO.

Adamczyk J., Będkowski K., 2006. Porównanie metod klasyfikacji obrazów teledetekcyjnych. Geoinformacja w dydaktyce i gospodarce, XXI Konferencja Katedr i Zakładów geodezji na Wydziałach Niegodezyjnych, Politechnika Częstochowska, Częstochowa.

Breymeyer A., Adamczyk J., 2005. Transboundary Biosphere Reserves at the Eastern End of European Union. People and Ecological Dilemmas, Polish Academy of Sciences, UNESCO MAB Committee Poland.

Chmielewski T. J., 2001. *System planowania przestrzennego harmonizującego przyrodę i gospodarkę*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin.

Richling A., Solon A., 1996. *Ekologia krajobrazu*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

APPLICATION OF OBJECT BASED APPROACH IN TRANSBOUNDARY RESEARCH ON THE EASTERN BORDER OF THE EUROPEAN UNION

KEY WORDS: object based analysis, remote sensing, GIS, biosphere reserves

Summary

The article presents a strategy for creating a transboundary database for the region on the eastern border of the European Union, partially exceeding European initiatives regarding the establishment of ESDI (European Spatial Data Infrastructure). The motivation for the research was the environmental value of the existing areas, and their role in joining five countries: Belarus, Lithuania, Poland, Russia, Ukraine. These territories are currently covered by the Man and Biosphere UNESCO Programme, which is performing some initiatives in this region regarding environment and local communities.

The first is the international project "Establishment of a Transboundary Biosphere Reserve and a Regional Ecological Network in Polesie". Geoinformation technologies are one of most important methods involved in all project objectives and are used for documentation and analysis purposes. From the GIS point of view, the project has a broad extent because of these characteristics: small scale result maps, multisource, multiscale and different quality source data integration, necessity of using the universal documentation and analysis technology and the need for comparability of research results.

Full integration of data available for this area has been impossible to achieve. For this reason, it was proposed using remote sensing data as reference and application of object based automatic techniques for feature detection, as the main tool for mapping the environment. The article describes the main problems of transboundary research using GIS methods and proposes solutions in the following fields: (i) data integration for landscape mapping purposes; (ii) delimitation of the spatial base unit. Results of research showed the adequacy and usefulness of the proposed methodology. The article also presents limitations of the discussed approach and propositions regarding further research in this field. Finally, some propositions for further development of SDI (Spatial Data Infrastructure) in the representation of environmental objects is discussed.

Dr Joanna Adamczyk
Joanna.Adamczyk@wl.sggw.pl
tel. +22 5938219