

ELŻBIETA BIELECKA
ANDRZEJ CIOŁKOSZ

**METODYCZNE I REALIZACYJNE ASPEKTY
AKTUALIZACJI BAZY CORINE LAND COVER**

ZARYS TREŚCI: Zgodnie z zaleceniami Europejskiej Agencji Środowiska co dziesięć lat powinna być aktualizowana baza danych odnoszącą się do pokrycia terenu. Ponieważ pierwsza baza danych zawierała informacje o pokryciu terenu na obszarze Europy Zachodniej i Środkowej w 1990 r., tak więc w 2000 r. należało przystąpić do jej aktualizacji. W artykule przedstawiono zagadnienia korekty starej bazy danych oraz sposobu jej aktualizacji. Poprzez porównaniu zawartości obu baz określono zmiany pokrycia terenu, jakie zaszły na obszarze Polski w ostatniej dekadzie XX w.

WPROWADZENIE

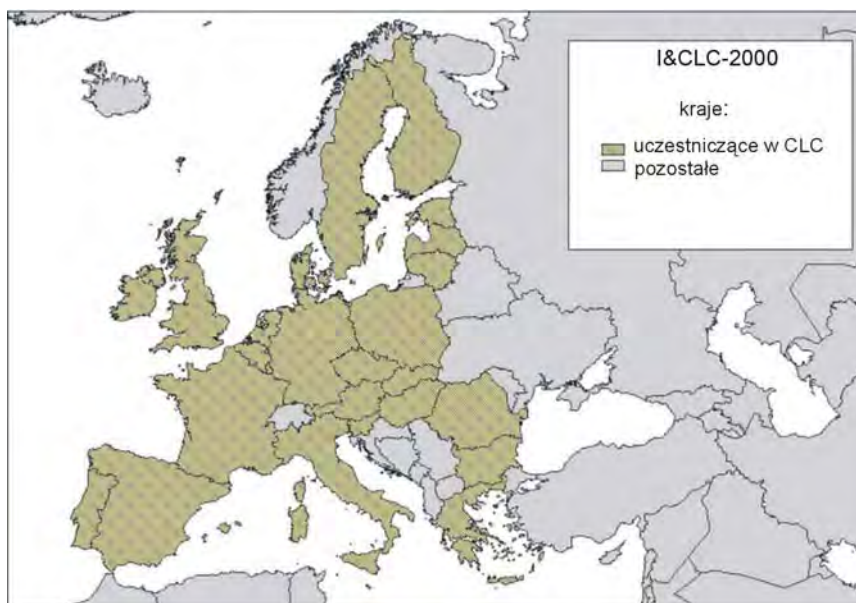
W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie inwentaryzowaniem pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Ograniczając się tylko do terytorium Europy, informacje o pokryciu terenu można pozyskać z wielu różnych projektów badawczych, m.in.: **Global Terrestrial Observing System (GTOS 1989)**, **Land Use and Land Cover Changes (LUCC 2004)**, **Pan-European Land Use and Land Cover Monitoring – PELCOM (PELCOM 2001)**, **Land Use/Cover Area Frame Statistics of Europe – LUCAS (Kayadjanian 2003)** oraz **CORINE Land Cover**. Dzieje się tak dlatego, że informacje o pokryciu terenu są niezwykle istotne z punktu widzenia kształtowania i prowadzenia polityki środowiska oraz polityki rolnej. Opracowywane na ich podstawie wskaźniki rolno-środowiskowe pozwalają na ocenę stopnia rozwoju obszarów wiejskich, a także na ocenę wpływu rodzaju pokrycia terenu na przeobrażenia środowiska i, co za tym idzie, właściwe rozdysponowanie środków finansowych przeznaczonych na wspomoczenie zrównoważonego rozwoju oraz zniwelowanie różnic w rozwoju gospodarczym regionów.

Począwszy od lat 90. XX w., Unia Europejska prowadzi politykę odnośnie do środowiska, rolnictwa i rozwoju regionalnego bazującą na aktualnych i wiarygodnych danych o zagospodarowaniu i wykorzystaniu terenu. Znalazło to swój wyraz w wielu aktach prawnych i programach dotyczących gromadzenia zharmonizowanej i porównywalnej informacji na temat środowiska. Do jednego z takich programów należy projekt Image&CLC–2000 (I&CLC–2000). Jego celem była aktualizacja danych o pokryciu terenu zgromadzonych w bazie CORINE Land Cover na początku lat 90. XX w. (CLC–90) i opracowanie bazy zmian, jakie zaszły w pokryciu terenu w latach 1990–2000. Odpowiedzialność za prawidłową realizację projektu I&CLC2000 powierzono Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) i Wspólnotowemu Instytutowi Badawczemu (JRC) w Isprze (Włochy). Ze względów organizacyjno-technicznych projekt został podzielony na dwie części:

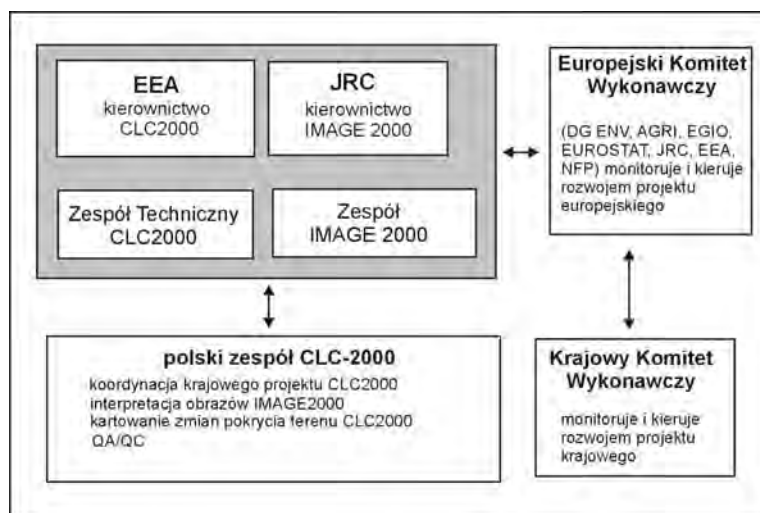
- projekt IMAGE–2000, realizowany pod kierunkiem JRC, w ramach którego pozyskano i przetworzono zdjęcia satelitarne, będące podstawowym źródłem informacji o pokryciu terenu
- projekt CLC–2000, koordynowany przez Europejską Agencję Środowiska (EEA), dotyczący aktualizacji danych o pokryciu terenu w Europie.

Projekt CORINE Land Cover 2000 (CLC–2000) objął swoim zasięgiem dwadzieścia osiem państw europejskich (dwadzieścia pięć krajów członkowskich UE oraz Liechtenstein, Rumunię i Bułgarię (rys. 1). Jak już wspomniano, koordynacją prac w projekcie zajmowała się EEA. Technicznego wsparcia, niezbędnego do prawidłowej realizacji projektu, udzieliły europejskie komitety techniczne, utworzone oddzielnie dla części IMAGE–2000 i CLC–2000. One też sprawowały kontrolę nad jakością uzyskanych wyników. Zespoły narodowe były natomiast odpowiedzialne za interpretację, wewnętrzną weryfikację, budowę baz danych i kontrolę jakości baz danych o pokryciu terenu.

W Polsce odpowiedzialność za realizację projektu CLC–2000 spoczywała na Głównym Inspektoracie Ochrony Środowiska, który zlecił aktualizację bazy o pokryciu terenu Instytutowi Geodezji i Kartografii. Instytut przystąpił do jej opracowania wyposażony w doświadczenia zdobyte w toku realizacji projektu CORINE Land Cover w latach 90. XX w. (CLC–90), co w dużym stopniu wpłynęło na jakość prac i wiarygodność danych. Schemat organizacji prac w projekcie został przedstawiony na rysunku 2.



Rys. 1. Kraje biorące udział w realizacji projektu I&CLC-2000



Rys. 2. Schemat organizacji prac w projekcie I&CLC-2000

Tak jak w innych dużych projektach Unii Europejskiej, nadzór nad prawidłowym przebiegiem projektu na poziomie Europy sprawował Europejski Komitet Sterujący, natomiast w poszczególnych krajach krajowe komitety sterujące. W Polsce Główny Inspektor Ochrony Środowiska powołał Komitet Sterujący Projektem CLC–2000, który liczył 18 osób, głównie przedstawiciele Ministerstwa Środowiska i innych urzędów centralnych.

ZAŁOŻENIA METODYCZNO-TECHNICZNE DOTYCZĄCE REALIZACJI PROJEKTU CLC–2000

W projekcie CORINE Land Cover przyjęto, że obszary o różnym pokryciu terenu zostaną wydzielone na podstawie zdjęć satelitarnych. Jednakże, jak wynika z przeglądu dostępnych opracowań (Jankowski 1976; Jakkola, Mikkola 1999; Poławski 2002), nie zawsze jest zasadne i możliwe precyzyjne rozdzielanie między pojęciami pokrycia terenu i użytkowania ziemi. Również w przypadku projektu CORINE Land Cover mamy do czynienia z pewną niekonsekwencją. Nomenklatura zastosowana w tym projekcie zawiera bowiem wydzielania, które odnoszą się zarówno do pojęć z zakresu pokrycia terenu, jak i użytkowania ziemi.

Termin „pokrycie terenu” jest utożsamiany z cechami biofizycznym danego fragmentu powierzchni ziemi i odnoszony do fizycznego opisu, czyli określenia jego fizycznych właściwości (CORINE 1993). Wskazuje on, że dany obszar jest zajęty np. przez roślinność (drzewa, trawy, uprawy rolne), albo że pokrywają go odkryte skały (piasek, lita skała), czy też wreszcie, że na jego powierzchni występuje woda (stawy, jeziora, morze). Może też oznaczać, że to, co znajduje się na powierzchni danego terenu jest efektem działalności człowieka. Są to zatem powierzchnie sztuczne, utworzone np. przez budynki czy drogi. Natomiast termin „użytkowanie ziemi” bywa najczęściej odnoszony do funkcjonalnej charakterystyki terenu i jest utożsamiany z opisem jego powierzchni w aspekcie społeczno-ekonomicznym (Kostrowicki 1959). Użytkowanie ziemi, traktowane jako cel przeznaczenia ziemi, można więc rozumieć jako wynik pewnego świadomego, racjonalnego bądź nie, działania człowieka odnoszącego się do danego obszaru (Jankowski 1976). Zatem użytkowanie ziemi jest wynikiem połączenia pokrycia terenu z wykorzystaniem terenu (Jakkola, Mikkola 1999).

W nomenklaturze CORINE Land Cover przeważają formy pokrycia terenu, niemniej jednak wśród 44 form kilka należy raczej do

użytkowania niż pokrycia terenu. Są to m.in. tereny przemysłowe i handlowe, budowy, wyrobiska, pastwiska.

Źródłem informacji wykorzystanych do aktualizacji bazy danych „pokrycie terenu” były zdjęcia wykonane przez satelitę Landsat za pomocą skanera ETM+. O wyborze tych zdjęć zdecydowało kilka przyczyn natury technicznej i ekonomicznej. Skaner ETM+ wykonuje zdjęcia w siedmiu kanałach spektralnych i kanale panchromatycznym, co pozwala na dogłębną analizę form pokrycia terenu w różnych zakresach spektralnych. Dzięki kanałowi panchromatycznemu przestrzenna zdolność rozdzielcza zdjęć wielospektralnych (wynosząca 30 m) może zostać zwiększona do 15 m. Nie bez znaczenia pozostawała także cena zdjęć. Obrazowanie powierzchni ziemi przez satelitę Landsat jest znacznie tańsze od zdjęć wykonywanych przez inne satelity środowiskowe. Aby zachować spójność czasową bazy dla wszystkich krajów Europy biorących udział w projekcie, zdecydowano, że zdjęcia powinny być wykonane w 2000 r. Niemniej jednak, z powodu dużego zachmurzenia, zwłaszcza Europy Centralnej i Wschodniej, dopuszczono także wykorzystanie zdjęć wykonanych w latach 1999 i 2001 (CLC Technical Guide-Addendum 2000). W celu zapewnienia wysokiej dokładności geometrycznej danych o pokryciu terenu przyjęto, że zdjęcia będą transformowane do narodowych systemów odniesień przestrzennych na podstawie punktów kontrolnych pozyskanych z map topograficznych w skali 1:25 000 lub większej, a dokładność położenia punktów po transformacji powinna wynosić co najmniej 25 m dla kanałów wielospektralnych i 12,5 m dla kanału panchromatycznego. Spełnienie tych wymagań wiązało się z koniecznością uwzględnienia w trakcie przeliczania współrzędnych danych o ukształtowaniu powierzchni terenu.

Metodyka aktualizacji pokrycia terenu bazowała na wizualnej interpretacji zdjęć satelitarnych, ale już nie na odbitce fotograficznej, jak to miało miejsce w latach 90., lecz na ekranie monitora. Zmiana technologii z analogowo-cyfrowej, stosowanej w przypadku opracowywania bazy CLC-90, na całkowicie komputerową umożliwiła przede wszystkim zapewnienie pełnej harmonizacji baz krajowych CLC opracowywanych przez poszczególne państwa, zwiększenie wiarygodności informacji o pokryciu terenu oraz znaczne skrócenie czasu aktualizacji bazy danych. Zastosowanie technologii cyfrowej ułatwiło również proces interpretacji, poprzez możliwość dowolnego doboru kanałów spektralnych do utworzenia barwnej kompozycji, stosowania wielu procedur wzmacniających kontrast obrazu, czy podkreślających dany obiekt,

a także dało możliwość powiększenia skali zdjęcia oraz bezwzględnego utrzymania kryterium wielkości wyznaczonej formy pokrycia terenu. Dostępne narzędzia pomiaru odległości pozwoliły natomiast na kontrolowanie szerokości wyznaczanych wieloboków.

Podstawowe założenia dotyczące szczegółowości bazy danych CLC pozostały niezmienione w stosunku do założeń pierwotnych, sprecyzowanych w momencie opracowywania podstaw metodycznych kartowania pokrycia terenu w ramach projektu CORINE Land Cover. I tak: powierzchnia najmniejszego wydzielenia zarejestrowanego w bazie danych wynosi co najmniej 25 ha, minimalna szerokość kartowanych form jest równa 100 m, dokładność prowadzenia granic wydzieleni wyższa niż 100 m (CORINE 1993; CLC Technical Guide-Addendum 2000). Bazując na doświadczeniu zdobytym w trakcie kartowania form pokrycia terenu, nieznacznie zmodyfikowano definicje niektórych klas. Zmieniono przynależność szkółek leśnych (z klasy „las” do klasy „las w stanie zmian”), wyłączono z klasy „wrzosowiska i zakrzaczenia nadrzeczne” zbiorowiska łągowe, zaliczając je do klasy lasów. Klasa „lotniska” została ograniczona tylko do lotnisk z betonowymi pasami startowymi. Lotniska aeroklubowe zostały zaliczone do klasy „tereny sportowe i wypoczynkowe”.

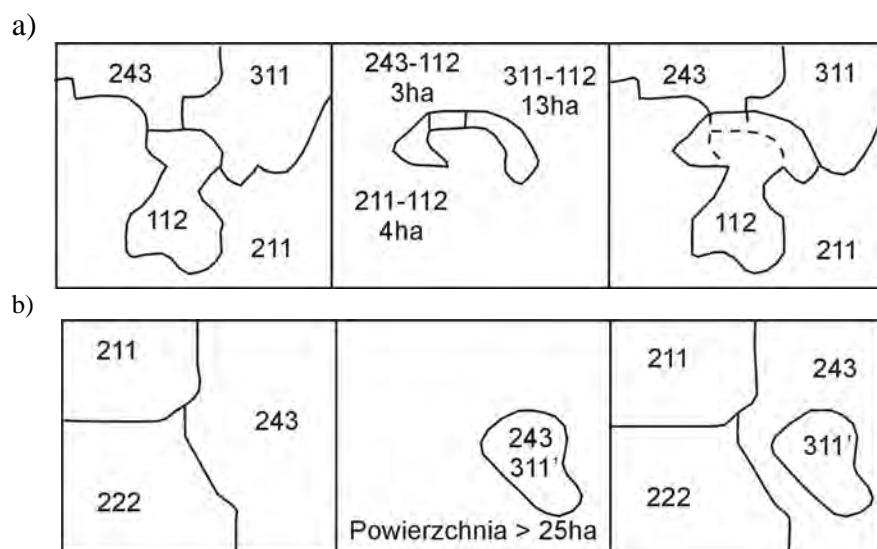
Baza danych CLC-2000 powstała w wyniku aktualizacji danych o pokryciu terenu zgromadzonych w latach 90. XX w. Wobec tego przyjęto, że na pierwszym etapie zostanie wykonana korekta bazy CLC-90 (Perdigao, Annoni 1997). Korekta ta miała na celu ujednoczenie baz krajowych i zapewnienie ich spójności zarówno od strony metodycznej, jak i technicznej, tak aby utworzona na ich podstawie baza CLC-90, obejmująca zasięgiem całą Europę, była jednolita co do jakości. Korekta dotyczyła poprawności identyfikacji poszczególnych form pokrycia terenu (zgodność ze zmodyfikowaną legendą), dokładności położenia granic wydzieleni oraz zgodności formalnych dotyczących topologii i formatu danych i została przeprowadzona na zgeometryzowanych zdjęciach landsatowskich z lat 90. XX w. (IMAGE-90). Zdjęcia te zostały przetransformowane do właściwego układu współrzędnych oraz poddane odpowiednim korektom, tak aby błąd położenia punktu w stosunku do zdjęć z 2000 r. nie przekraczał 1 piksela.

Jak już wspomniano, zmiany w pokryciu terenu w latach 1990–2000 były obserwowane wizualnie na ekranie monitora, a ich zasięg rejestrowany w bazie zmian pokrycia terenu (CLC-Change). Zgodnie z metodyką aktualizacji bazy danych CORINE Land Cover rejestrowane były tylko te zmiany w pokryciu terenu, których powierzchnia prze-

kraczała 5 ha w przypadku zmiany zasięgu wydzielenia (rys. 3a) lub 25 ha, gdy pojawiła się nowa forma pokrycia (rys. 3b). Dodatkowo, szerokość wydzieleni nie mogła być mniejsza niż 100 m. Oznaczało to, że nie wszystkie widoczne na zdjęciach satelitarnych zmiany były interpretowane. Celem takiego podejścia było uzyskanie jednolitych danych o pokryciu terenu i jego zmianach w ostatniej dekadzie XX w. w poszczególnych krajach europejskich biorących udział w projekcie. Spójne wyznaczenie mniejszych obszarowo zmian wymagałoby utworzenia bazy danych CLC-90 o wyższym stopniu szczegółowości i przeznaczenia na ten cel większych środków finansowych oraz dłuższego czasu niezbędnego do kartowania mniejszych zmian.

Baza danych CLC-2000 powstała w wyniku połączenia baz CLC-90 i CLC-Changes zgodnie z równaniem:

$$\text{CLC-2000} = \text{CLC-90}_{\text{rev}} + \text{CLC-Changes}$$



Rys. 3. Zasady wyznaczania zmian w pokryciu terenu i tworzenia bazy CLC-2000

a) zmiana większa niż 5 ha – przyrost powierzchni istniejącego wydzielenia

b) zmiana większa niż 25 ha – pojawienie się nowego wydzielenia

Wszystkie trzy bazy danych przechowujące informacje o pokryciu terenu (CLC-90, CLC-2000, CLC-Changes) są bazami wektorowymi o topologii poligonowej. Oznacza to, że poprawna topologicznie baza danych nie zawiera ani linii podwójnych, ani linii wiszących, a każdy wielobok, reprezentujący określoną formę pokrycia terenu, posiada unikalny identyfikator oraz jest zakodowany zgodnie z obowiązującym systemem kodów. Kod pokrycia terenu zapisywany jest w postaci znakowej o długości trzech znaków. Sąsiadujące ze sobą wieloboki nie mogą mieć identycznych kodów, sytuacja taka traktowana jest jako błąd bazy. Współrzędne punktów zapisywane są z podwójną precyzją, tzn. do piętnastu cyfr znaczących. Powierzchnia najmniejszego wieloboku w bazach CLC-90, CLC-2000 wynosi 25 ha, natomiast w bazie zmian 5 ha. W bazach nie ma linii rozgraniczających jednostki robocze, ani żadnych innych linii niebędących granicami form pokrycia terenu.

Zbirom CLC-90, CLC-2000 oraz CLC-Change towarzyszą metadane zgromadzone zgodnie z międzynarodową normą ISO 19115: Geographic information – Metadata opracowaną przez Komitet Techniczny ISO/TC 211 ds. Informacji Geograficznej / Geomatyki i opublikowaną w maju 2003 r. Metadane dotyczące projektu CLC-2000 gromadzone są na dwóch poziomach. Poziom szczegółowy zawiera wszystkie informacje odnoszące się do jednostek roboczych, natomiast poziom ogólny – informacje o bazach danych CLC.

REALIZACJA PROJEKTU CLC-2000 W POLSCE

3.1. Wybór i przetworzenie zdjęć satelitarnych

Warunki meteorologiczne panujące nad naszym krajem w 2000 r. uniemożliwiły wykonanie zdjęć pokrywających obszar całej Polski. Stąd, po uzgodnieniach z Europejskim Zespołem Technicznym przyjęto, że pod uwagę zostaną wzięte również zdjęcia wykonane w 2001 r., jak też, w przypadku braku zdjęć z odpowiednich terminów, zdjęcia wykonane w 1999 r. Zdjęcia powinny być wykonane w takim okresie, aby umożliwiły rozróżnienie jak największej ilości obiektów i różnych form pokrycia terenu. Z doświadczeń wiadomo, że o przydatności zdjęć do interpretacji decyduje przede wszystkim stan rozwoju roślin w momencie wykonania zdjęć oraz warunki pogodowe panujące nad danym obszarem. Optymalne warunki wykonania zdjęć, z punktu widzenia rozpoznawania poszczególnych form użytkowania ziemi, istnieją

w drugiej połowie maja, drugiej połowie lipca, oraz w okresie sierpień–wrzesień. Analiza katalogu zdjęć satelitarnych wykazała, że w tak sprecyzowanych okresach satelita Landsat 7 nie wykonał nad Polską wszystkich zdjęć. Stąd też pod uwagę wzięto zdjęcia wykonane w okresie maksymalnie zbliżonym do optymalnego w warunkach bezchmurnego nieba. W wyniku analizy katalogu zdjęć wybrano 28 zdjęć satelitarnych, spośród których 4 zdjęcia zostały wykonane w 1999 r., 19 zdjęć w 2000 r. i 5 zdjęć w 2001 r. Terminy wykonania zdjęć wybranych do opracowania bazy danych CORINE Land Cover 2000 zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1. Terminy wykonania zdjęć wybranych do opracowania bazy danych CORINE Land Cover 2000 (IMAGE–2000)

Pas Słup	192	191	190	189	188	187	186
22	24.09.00	19.10.00	24.05.01	21.10.00	10.05.01	16.05.00	-----
23	24.09.00	15.09.99	24.05.01	31.07.99	07.05.00	07.10.00	-----
24	24.09.00	15.09.00	05.05.00	28.04.00	07.05.00	16.05.00	12.09.99
25	-----	13.06.00	24.05.01	14.05.00	07.05.00	20.08.00	16.08.01
26	-----	-----	-----	-----	26.05.01	20.08.00	10.06.00

Wybrane zdjęcia satelitarne (IMAGE–2000) zostały poddane ortorektyfikacji i przetransformowane do układu „1992” na podstawie zestawu punktów kontrolnych pozyskanych w IGiK. Do ortorektyfikacji wykorzystano numeryczny model powierzchni terenu MONA Pro Europe, opracowany przez francuską firmę Geosys. W modelu tym wysokości punktów zapisane są w regularnej siatce, o rozmiarach 100×100 m z dokładnością 4–13 m (Lodin i in. 2002). Model powstał na podstawie danych kartograficznych (map topograficznych w skali 1:50 000 wydanych US Defence Mapping Agency Topographic Center) i zdjęć stereoskopowych wykonanych przez satelitę SPOT. Warto zaznaczyć, że arkusze map z terenu Polski zostały opracowane na podstawie niemieckich przedruków polskiej mapy topograficznej w skali 1:25 000 WIG. Ortorektyfikację zdjęć satelitarnych przeprowadzono za pomocą programu OrthoEngine Satellite Models firmy PCI Geomatics. Obliczenie nowej wartości pikseli wykonano metodą transformacji splotu sześciennego, przyjmując 12,5 m za wymiar piksela dla kanału panchromatycznego i 25 m dla kanałów wielospektralnych. Dokładność transformacji zdjęć satelitarnych (IMAGE–2000) wynosiła 18,62 m dla kanału panchromatycznego i 17,54 m dla kanałów wielo-

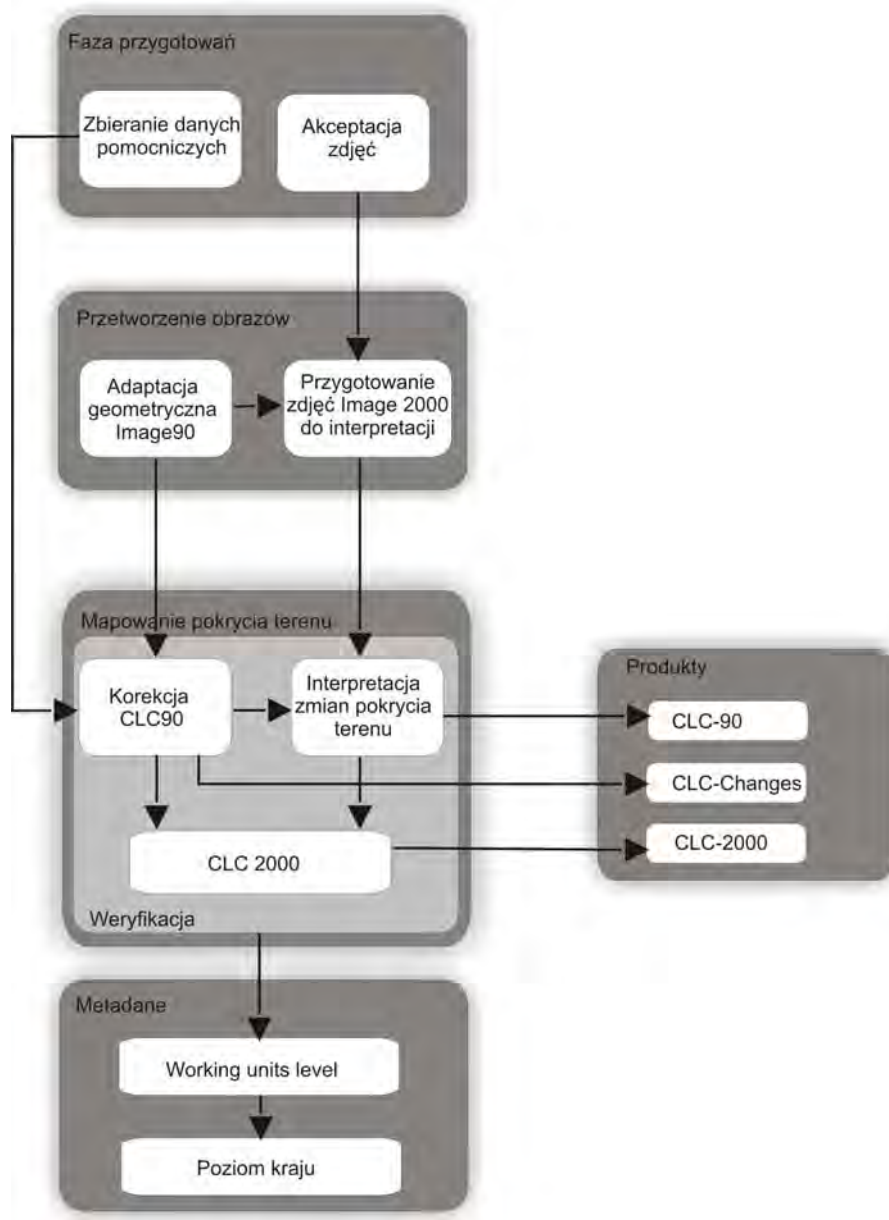
spektralnych. Niezależna kontrola dokładności transformacji została wykonana dla sceny oznaczonej godłem 189–23, dla której średni błąd położenia punktów był mniejszy niż 1 piksel.

Zdjęcia satelitarne z lat 90. (IMAGE–90) zostały przetransformowane metodą *image-to-image* do układu „1992” na podstawie szesnastu równomiernie rozłożonych punktów kontrolnych. Zastosowano transformację pierwszego i drugiego rzędu oraz próbkowanie oparte na funkcji splotu sześciennego. W efekcie uzyskano geometryczną zgodność obrazów IMAGE–90 z obrazami IMAGE–2000 (średni błąd położenia punktu był poniżej 25 m), co umożliwiło wyznaczenie form pokrycia terenu z wymaganą dokładnością oraz określanie rzeczywistych zmian pokrycia terenu (Bielecka, Ciołkosz 2004a).

3.2. Weryfikacja i aktualizacja bazy CLC90

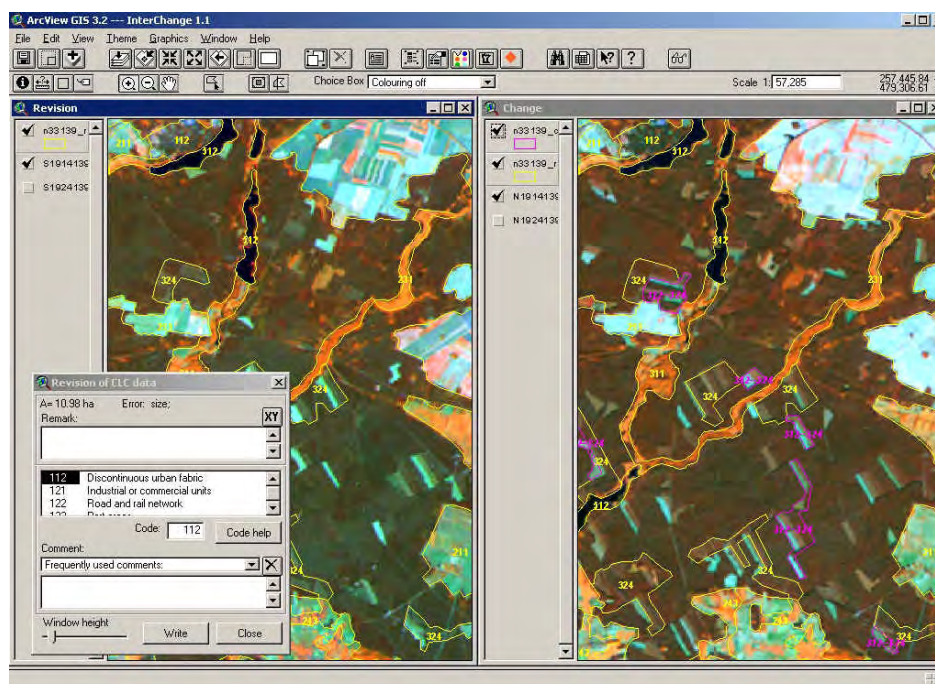
Ze względów techniczno-operacyjnych aktualizacja bazy danych CLC była wykonywana w tzw. jednostkach roboczych, którymi w przypadku Polski były arkusze mapy topograficznej w skali 1:100 000. Kolejność postępowania przy aktualizacji bazy schematycznie została pokazana na rysunku 4.

W trakcie korekty danych CLC–90 usunięto błędy dotyczące geometrii i treści bazy o charakterze systematycznym i przypadkowym. Do błędów systematycznych zaliczono przesunięcia granic wydzieleń spowodowane technologią budowy bazy CLC–90 (interpretacja na wydrukach analogowych, skanowanie nakładek interpretacyjnych i ich wektoryzacja) oraz zmianą zasad interpretacji niektórych form pokrycia terenu. Do błędów przypadkowych zaliczono przede wszystkim błędy w interpretacji, takie jak pominięcie wydzieleń czy błędne kody. Należało również sprawdzić i skorygować topologię bazy CLC–90. Generalizację ilościową przeprowadzono, usuwając wieloboki o powierzchni mniejszej niż 25 ha. Warto nadmienić, że generalizacja wydzieleń pokrycia terenu była jednym z najzwyklejszych etapów pracy. Średnia liczba wieloboków o powierzchni mniejszej niż 25 ha w jednostce roboczej wynosiła 180, a na terenie Górnego Śląska dochodziła do 300. Zgodnie z założeniami technicznymi (CORINE Land Cover Update 2002) generalizacja była wykonywana przez interpretatora, który analizował każdy wielobok niespełniający kryterium wielkości powierzchni i decydował o zmianie jego granic lub kodu. Wydatną pomoc w generalizacji stanowiła tzw. tabela priorytetów pokazująca, do którego z sąsiadujących wydzieleń można włączyć dany wielobok.



Rys. 4. Schemat ideowy przedstawiający kolejność prac wykonywanych w trakcie realizacji projektu CLC-2000 w Polsce

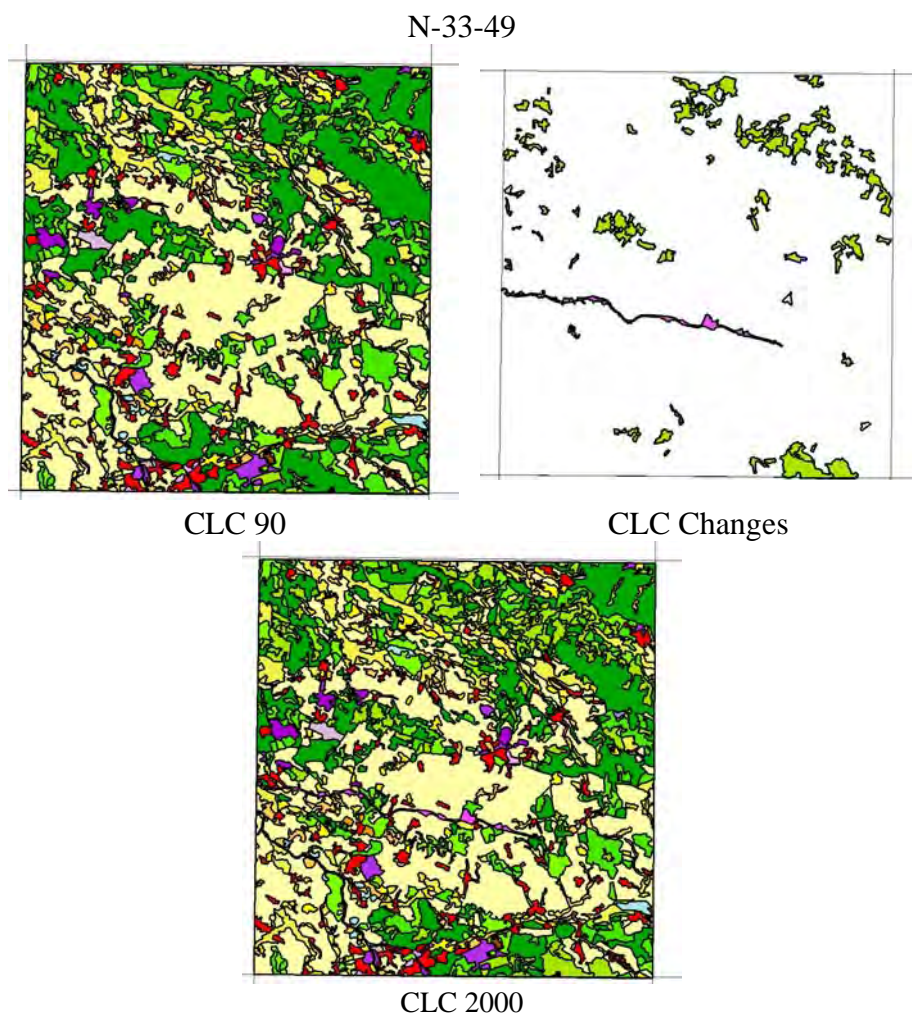
Poprawiona baza CLC-90 oraz zdjęcia satelitarne IMAGE-90 i IMAGE-2000 były podstawą interpretacji zmian w pokryciu terenu. Do korekty bazy CLC-90 i interpretacji zmian wykorzystano oprogramowanie ArcView GIS ver.3.2 i działającą w jego środowisku aplikację InterChange ver.1.1¹. Aplikacja umożliwiała jednoczesną obserwację zdjęć archiwalnych i nowych, wyświetlonych w dwóch sąsiadujących oknach oraz rejestrowania granic tych form pokrycia terenu, których granice uległy zmianie. Widok interfejsu użytkownika został pokazany na rysunku 5. Warto zaznaczyć, że baza danych zmian (CLC-Changes) nie ma charakteru ciągłego, jak baza CLC-90, lecz wyspowy, ponieważ znajdują się w niej tylko te obiekty, w których zmieniło się pokrycie terenu.



Rys. 5. Widok interfejsu użytkownika aplikacji wykorzystywanej do korekty i aktualizacji bazy danych CLC

¹ Aplikacja wchodzi w skład większego pakietu o nazwie CLC-2000 Support Package, opracowanego przez Węgierski Instytut Geodezji, Kartografii i Teledetekcji (FÖMI). Pakiet ten jest przeznaczony do wspomaganie realizacji projektu CLC-2000 i ma za zadanie ułatwić procesy aktualizacji, wykrywania zmian, kontroli jakości interpretacji oraz korygowania błędów w bazach pokrycia terenu (CLC-90, CLC-Changes, CLC-2000).

Jak już wcześniej wspomniano, interpretacja pokrycia terenu była wykonywana osobno dla każdego arkusza mapy topograficznej w skali 1:100 000. Po kontroli i zatwierdzeniu interpretacji poszczególne arkusze robocze zostały połączone i w efekcie otrzymano bazy danych o pokryciu terenu w roku 1990 oraz bazę zmian w pokryciu terenu. Baza danych o pokryciu terenu w roku 2000 powstała w wyniku połączenia baz CLC-90 i CLC-Change, jak zostało pokazane na rysunku 6.



Rys. 6. Baza danych CLC-2000 powstała w wyniku połączenia baz CLC-90 i CLC-Changes

Bazy o wektorowej topologii poligonowej obejmują obszar całego kraju. W celu uzgodnienia wydzielen na obszarach granicznych interpretacja była prowadzona także poza granicami kraju w pasie o szerokości około 1 km. Miała ona jednak charakter czysto roboczy i ostateczne bazy ograniczone są tylko do obszaru Polski.

Finalna kontrola zgodności baz ze specyfikacjami technicznymi była przeprowadzona zarówno przez zespół krajowy, jak i Europejski Komitet Techniczny. Kontrola ta dotyczyła topologii baz danych oraz aspektów formalnych związanych ze strukturą zbioru i formatem zapisu.

3.3. Metadane

W metadanych dotyczących zbiorów CLC zapisywana jest informacja o przeznaczeniu danych, ich pochodzeniu i wykorzystaniu. Przeznaczenie informuje użytkownika, w jakim celu zbiór został utworzony. Pochodzenie zawiera opis materiałów źródłowych i historii zbioru danych geograficznych. Charakteryzując pochodzenie danych, należy uwzględnić datę utworzenia zbioru, sposób pozyskania danych, wykonane przetworzenia, instytucję odpowiedzialną za dane. Wykorzystanie informuje użytkownika o poprzednich zastosowaniach bazy danych. Często podaje się również informację o jednorodności zbioru danych, która mówi czy miary jakości danych są jednolite dla całego zbioru.

Metadane dotyczące baz danych o pokryciu terenu CORINE Land Cover udostępniane będą w sieci internet za pomocą Geo-Portalu stanowiącego element europejskiej infrastruktury danych przestrzennych INSPIRE. Dotyczyć będą zarówno baz danych o zasięgu europejskim, jak i produktów krajowych.

3.4. Aplikacja do gromadzenia metadanych w projekcie CLC-2000

Do gromadzenia metadanych dotyczących jednostek roboczych została utworzona baza metadanych i aplikacja do jej obsługi CLC2000-metadata, działająca w środowisku MS Windows i obsługiwana jest przez program MS Access. W bazie zostały rejestrowane wszystkie istotne fakty dotyczące projektu CLC-2000 odniesione do poszczególnych jednostek roboczych. Baza CLC-2000-metadata składa się z tabel, kwerend, formularzy i raportów. Każda tabela jest repre-

zestawiona w bazie przez formularz i związaną z nią kwerendę. W bazie CLC-2000-metadata tabele są dostępne pośrednio, tj. poprzez formularz główny („frmAkcje”, pokazany na rys. 7), za pomocą którego następuje również zalogowanie użytkownika oraz określenie jednostki roboczej (arkusza mapy), dla której są wprowadzane metadane.

The screenshot shows a software interface for managing metadata. The window title is "frmAkcje : Formularz". The main heading is "Określenie AKCJI i wybór OPCJI dla bazy CLC2000-metadata". The interface includes a sidebar with buttons for "Wykonaj Logowanie", "Wskaż Arkusz", "Wybierz Tabele", "Operacja: Odczyt, Zapis", "Pokaż rek. (dostępne)", and "Wyprowadź na: Ekran, Drukarkę". The main area contains fields for "Uzytkownik: Ewa Witkowska", "Sposób wskazania: Z listy, Wpis", "Arkusz: n-33-48", "Rekordy: Własne, Wszystkie", "Tabela: B2_CLC90_corr", "Edytowanie rekordów (niezapisane): Poprawianie, Dopisywanie, Usuwanie", "Forma pokazu: Formatka, Siatka", and "Aktualny obiekt bazy (kwerenda)". At the bottom, there are buttons for "Raport dla Tabeli", "Raport dla Arkusza", "Raport dla Bazy", and "Wyjście". The footer text is "Baza CLC2000-metadata (v.1) @ r.jankowski, IGiK - Zakład STP".

Rys. 7. Interfejs aplikacji do wprowadzania metadanych dla jednostek roboczych

Podstawowym założeniem przyjętym przy organizacji bazy metadanych było stworzenie, dla wielu osób biorących udział w realizacji projektu, warunków do wygodnego i bezpiecznego wprowadzania danych oraz korzystania z informacji już zapisanych w bazie. Metabaza została umiejscowiona na serwerze IGiK, dzięki czemu istniała możliwość śledzenia zaawansowania prac na poszczególnych etapach pro-

jektu, sporządzania raportów i wygodnego dokonywania kopii zasobów.

JAKOŚĆ BAZ DANYCH O POKRYCIU TERENU

Mówiąc o jakości danych geograficznych, z punktu widzenia producenta danych, mamy na myśli ich zgodność ze specyfikacjami technicznymi. Dla użytkownika jakość danych geograficznych jest pojęciem subiektywnym i jest zawsze rozpatrywana w kontekście ich wykorzystania w konkretnych aplikacjach i do konkretnych celów. Użytkownik określa jakość na podstawie zestawu cech, zapisanych w metadanych, charakteryzujących zbiór danych. Do oceny jakości danych według norm ISO19113: Geographic information – Quality principles oraz ISO19114: Geographic information – Quality evaluation procedures niezbędna jest znajomość: kompletności, spójności logicznej, dokładności położenia, dokładności tematycznej, aktualności, szczegółowości i wiarygodności zbioru danych. Ocena jakości zbiorów danych CLC z obszaru Polski została przedstawiona w tabeli 2. Ocena została wykonana na podstawie ostatecznego raportu technicznego (Soukup 2004).

Kompletność oznacza stosunek danych zgromadzonych w systemie do danych, które powinny być zgromadzone i dotyczy zarówno obszaru jak i atrybutów. Brak obiektów lub ich atrybutów określa się jako pominięcie. Nadmiar danych spowodowany np. podwójną digitalizacją nazywany bywa przeładowaniem. Kompletność wyrażana jest najczęściej w procentach. Spójność logiczna dotyczy wzajemnej zgodności danych zdefiniowanej w modelu danych. Spójność może odnosić się do semantyki (zasad zdefiniowanych w schemacie pojęciowym np. zgodności wydzielen z legendą), dziedziny (przynależności wartości do uprzednio zdefiniowanej dziedziny²), topologii (zgodności z zasadami topologicznymi) i formatu. Dokładność położenia może być określana w sposób bezwzględny poprzez podanie błędu położenia lub w sposób względny. Dokładność tematyczna dotyczy atrybutów danych ilościowych, jakościowych i poprawności klasyfikacji. Aktualność oznacza zgodność danych ze stanem faktycznym, natomiast szczegółowość informuje użytkownika, jaki najmniejszy lub najniższy w hierarchii obiekt jest zapisany w bazie. Wiarygodność dotyczy całej bazy i oznacza stopień zaufania do informacji, jaką możemy uzyskać z bazy danych.

² W przypadku baz CLC dziedzinę stanowiły kody klas pokrycia terenu.

Tabela 2. Ocena jakości zbiorów danych CLC według norm ISO19113 i ISO19144

Element jakości	CLC-90	CLC-2000	CLC-change
Kompletność:	100%	100%	100%
– pominięcia danych	0	0	0
– przeładowanie	0	0	0
Spójność logiczna:			
– semantyczna	pełna	pełna	pełna
– dziedziny	pełna	pełna	pełna
– topologii	pełna	pełna	pełna
– formatu	pełna	pełna	pełna
Dokładność położenia ^a – precyzja wyznaczania granicy	większa niż 100 m	większa niż 100 m	większa niż 100 m
Dokładność tematyczna:			
– poprawność klasyfikacji	minimum 85%	minimum 85%	minimum 85%
– liczba błędnych kodów	0	0	0
Aktualność	1989–1993	1999–2001	1992–2000
Szczegółowość	25 ha	25 ha	5 ha
Wiarygodność ^b założona	85%	85%	85%

^a W specyfikacji technicznej dotyczącej realizacji projektu CLC-2000 podawana jest tylko precyzja prowadzenia granic form pokrycia terenu.

^b Wiarygodność danych o pokryciu terenu CLC zostanie oceniona przez Europejski Zespół Techniczny po zakończeniu prac przez wszystkie kraje biorące udział w projekcie.

WIZUALIZACJA DANYCH O POKRYCIU TERENU

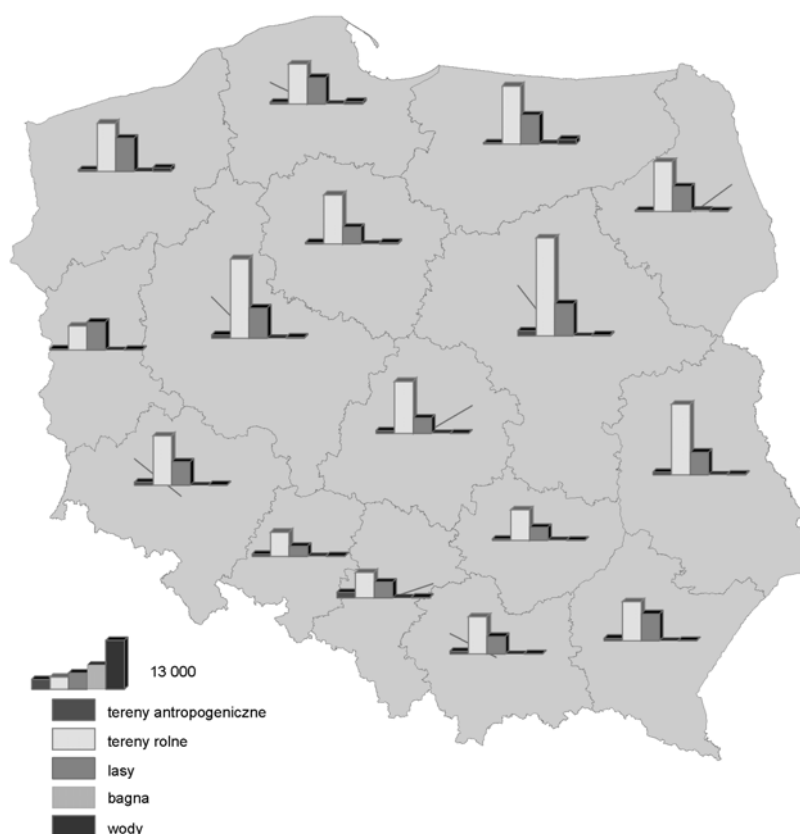
Dane zgromadzone w bazach CLC są danymi geograficznymi, co oznacza, że w bazie zarejestrowane jest ich położenie w odniesieniu do powierzchni Ziemi. Dzięki systemom narzędziowym typu GIS dane te można przetworzyć z formy zapisanej w bazie danych do postaci graficznej widocznej na ekranie monitora, a następnie utworzyć różnego rodzaju mapy tematyczne.

Dane o pokryciu terenu mają charakter jakościowy dlatego przedstawiamy je za pomocą metody chorochromatycznej z wykorzystaniem takich zmiennych graficznych jak jasność, ziarnistość, barwa i orientacja. Legenda CORINE Land Cover zawiera 44 znaki barwne nawiązujące kolorem do typowych skojarzeń dotyczących wyglądu poszczególnych form pokrycia terenu w rzeczywistości i na mapach topogra-

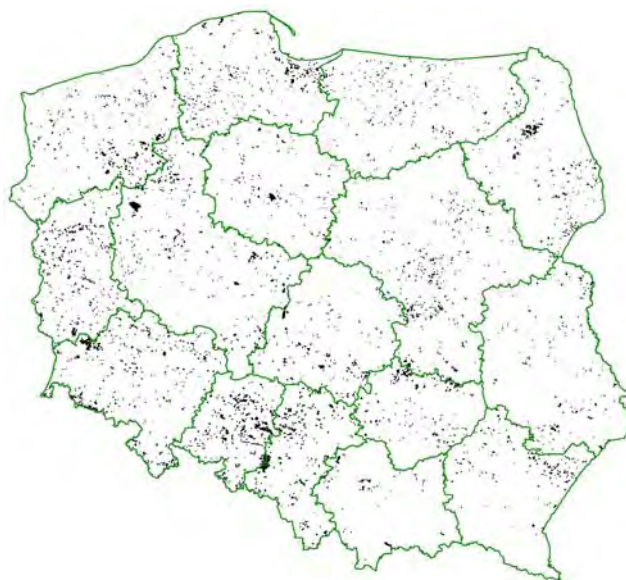
ficznych. Mapa obrazująca przestrzenne rozmieszczenie wszystkich 31 form pokrycia terenu występujących w Polsce została opublikowana przez Instytut Geodezji i Kartografii w skali 1:1 000 000 w niewielkiej liczbie egzemplarzy. Mamy nadzieję, że zostanie ona zamieszczona w nowej edycji Narodowego Atlasu Polski.

Analiza danych o pokryciu terenu w jednostkach administracyjnych umożliwia stworzenie wielu map statystycznych. Na rysunku 8 została pokazana struktura głównych form pokrycia terenu w województwach.

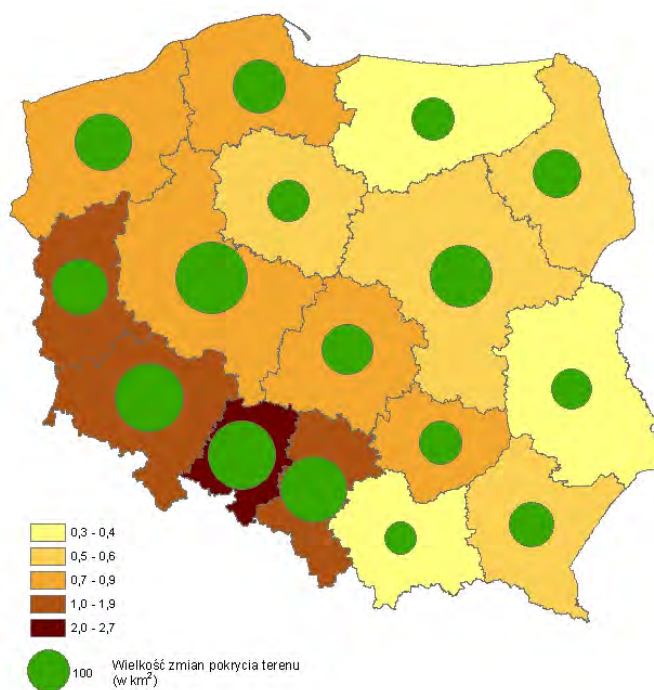
Zmiany w pokryciu terenu można zwizualizować w postaci mapy chorochromatycznej, pokazującej dokładne położenie i rodzaj każdej zmiany (rys. 9) lub w formie syntetycznej pokazującej na kartogramie procent terenów objętych zmianami w latach 1990–2000 i na kartodiagramie powierzchnię terenów o zmienionym pokryciu (rys. 10).



Rys. 8. Struktura głównych form pokrycia terenu



Rys. 9. Przestrzenne rozmieszczenie zmian w pokryciu terenu w latach 1990–2000



Rys. 10. Udział terenów objętych zmianami w latach 1990–2000 w ogólnej powierzchni województwa oraz powierzchnia terenów o zmienionym pokryciu

PRODUKTY PROJEKTU I&CLC–2000

W wyniku realizacji projektu I&CLC–2000 powstało wiele produktów o zasięgu krajowym i europejskim. Wszystkie produkty zostały wymienione w tabeli 3. Są one dostępne do celów niekomercyjnych nieodpłatnie, za pośrednictwem Krajowego Punktu Kontaktowego (National Focal Point), którym w Polsce jest Główny Inspektorat Ochrony Środowiska lub Europejskiej Agencji Środowiska (EEA).

Tabela 3. Wykaz produktów dostępnych w ramach projektu I&CLC–2000

Nr produktu	Produkt
1	Zdjęcia satelitarne ^a zgeometryzowane do narodowych systemów odniesień przestrzennych
2	Satelitarna mapa kraju ^b (Mozaika IMAGE–2000 dla każdego kraju oddzielnie)
3	Wektorowa baza CLC–2000 kraju, układ „1992”
4	Wektorowa baza zmian pokrycia terenu w kraju w latach 1990–2000, układ „1992”
5	Satelitarna mapa Europy (IMAGE–2000 Europe), współrzędne geograficzne GRS-80
6	Wektorowa baza CLC–2000 dla Europy, współrzędne geograficzne GRS-80
7	Wektorowa baza zmian w pokryciu terenu Europy w latach 1990–2000, współrzędne geograficzne GRS-80
8	Rastrowa baza CLC–2000 Europy o rozdzielczości przestrzennej 250 m, współrzędne geograficzne GRS-80
9	Rastrowa baza CLC–2000 Europy o rozdzielczości przestrzennej 100 m, współrzędne geograficzne GRS-80
10	Statystyki dotyczące pokrycia terenu CLC–2000w Europie w siatce o rozmiarach 1 km ²
11	Metadane poziomu krajowego
12	Metadane poziomu Europy

^a Zdjęcia satelitarne dostępne są tylko u bezpośredniego dystrybutora zdjęć satelitarnych, firmy EURIMAGE.

^b Satelitarne mapy poszczególnych krajów oraz Europy, a także bazy Europejskie CLC dostępne będą po zakończeniu realizacji projektu, na początku roku 2005, za pośrednictwem EEA.

LITERATURA

- Baranowski M., Ciołkosz A., 1994, *Mapa Pokrycia Terenu w Polsce opracowywana w ramach programu CORINE*. Fotointerpretacja w Geografii t.24, s. 28–37.
- Baranowski M., Ciołkosz A., 1996, *Opracowanie bazy danych pokrycie terenu Polski*. Prace IGiK t. XLIV, z. 95, s. 7–28.
- Bielecka E., Ciołkosz A., 2004a, *CORINE Land Cover 2000 in Poland. Final Report*, czerwiec 2004, www.igik.edu.pl
- Bielecka E., Ciołkosz A., 2004b, *Land cover structure in Poland and its changes in the last decade of 20th century*. Annals of Geomatics vol. 2 nr 1, wydawca PTIP, Warszawa, s. 81–88.
- CEC. *CORINE Land Cover. Technical Guide*, 1994, Luxembourg (Office for Official Publications of European Communities).
- CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000*, Technical report No 40, May 2000, prepared by M. Bossard, J. Feranec, J. Otahel, EEA.
- CORINE Land Cover update I&CLC2000 project. Technical Guidelines 2002*, European Environment Agency & European Topic Center, Terrestrial Environment. Final version, August 2002.
- GTOS – Global Terrestrial Observing System, 1998. www.fao.org/gtos/tems
- Jakkola O., Mikkola A., 1999, *Data integration: Land cover in Finland, an example*. Land cover and land use information systems for European Union policy needs. Proceedings of seminar. Luxembourg
- Jankowski W., 1976, *Działalność Komisji Światowego Zdjęcia Użytkowania Ziemi MUG w latach 1949–1976*. Przegląd Geograficzny t. XLIX z. 4.
- Kayadjanian M., 2003, *Land Use/Cover Area Frame Statistic of Europe*. LUCAS. European pilot project. Eurostat, F-2.
- Kostrowicki J., 1959, *Badania nad użytkowaniem ziemi w Polsce*. Przegląd Geograficzny t. XXXI, z. 3–4.
- Lodin M., Kirstuka I., Romulus S., 2002, *Orto-correction of Satellite Images as Part of I&CLC2000 Project for the Ten PHARE Candidate Countries. Final Report*. www.eionet.eu.int z dnia 31 maja 2002 r.
- LUCC – Land Use and Land Cover Change, 2004, www.geo.ucl.ac.be/LUCC/lucc

- PELCOM – Pan-European Land Use and Land Cover Monitoring, 2001. www.geo-informatie.nl/projects/pelcom
- Perdigao V., Annoni A., 1997, *Technical and Methodological Guide for updating CORINE Land Cover Database*. Luxembourg.
- Poławski F.Z., 2002, *Od mapy użycia ziemi do mapy użytkowania ziemi czwartego poziomu szczegółowości CORINE Land Cover*. W: Baranowska i in. *Koncepcja mapy użytkowania ziemi w skali 1:50 000 dla obszaru Polski*. Instytut Geodezji i Kartografii. Seria monograficzna nr 4.
- Poławski Z., 2002: *Od mapy użycia ziemi do mapy użytkowania ziemi czwartego poziomu szczegółowości (CORINE Land Cover)*. W: Baranowska T., Gronet R., Poławski Z.: *Koncepcja mapy użytkowania ziemi w skali 1:50 000 dla obszaru Polski*. Instytut Geodezji i Kartografii, Seria Monograficzna nr 4, 105 s.
- Soukup T., 2004, *CLC 2000 Database Technical Acceptance Poland*. Ref.: Barcelona, Spain.
- Stamp L.D., 1960, *Applied Geography*. Penguin Books, 16.

ELŻBIETA BIELECKA
ANDRZEJ CIOŁKOSZ

METHODICAL AND ACCOMPLISHING ASPECTS OF CORINE LAND COVER DATABASE REVISION

S u m m a r y

There are presently numerous international programmes aiming at acquisition of information on land use and land cover. The following programs can be mentioned: Global Terrestrial Observing System (GTOS), International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), Pan-European Land Use and Land Cover Monitoring (PELCOM) or UE CORINE Land Cover (CLC). At the beginning of nineties database containing information on land cover in Europe was prepared within CLC programme. According to assumptions of this programme the database is to be updated in 10-year's cycle. So, in the beginning of 21st century this database started to be updated. As a result of its revision CLC-2000 database, as well as database of land cover changes 1990–

–2000 were prepared. Landsat satellite images collected at the turn of 20th century were used as a source material for CLC90 updating. In 2002 Poland joined programme of CORINE Land Cover database revision; execution of this work was granted to the Institute of Geodesy and Cartography.

Criteria of preparation of new database (CLC-2000) have not been changed, comparing to previous database, but new method of preparation, based on visual interpretation of images displayed on monitor screen, was applied. Methodology of CLC-90 revision assumed first of all correction of database prepared in nineties. This correction was aimed at uniforming database at European level and at ensuring its consistency. It concerned correctness of identification of particular land cover forms (compatibility to the modified legend), precision of location of polygon boundaries and formal conformabilities related to topology and data formats. Correction of CLC-90 database was made on the basis of images taken in nineties, which were transformed to “1992” coordinate system. New satellite images were also transformed to this system.

According to methodology of database revision only these land cover changes were entered to new database, which had area larger than 5 ha (in case of change of land cover extent) or 25 ha (if new form of land cover appeared). Comparison of databases containing land cover information from 1990 (CLC 90) and from 2000 (CLC 2000) enabled to detect changes which occurred in the last decade of 20th century. In most cases these changes appeared to be slight. In total they covered area of about 2500 km², i.e. only 0.80 % of Poland’s territory.

There are also the other products within CORINE Land Cover programme like satellite orthophotomaps, mosaics covering particular countries and the whole Europe, as well as raster and vector land cover databases with various spatial resolutions.

The Institute of Geodesy and also prepared the map presenting distribution of all 31 land cover forms, in Poland. This map was published at the scale of 1:1 000 000 in a limited number of copies.

Translation: Zbigniew Bochenek

