

**MONITORING ZMIAN POKRYCIA  
I UŻYTKOWANIA TERENU  
NA PODSTAWIE WIELOCZASOWYCH  
OBRAZÓW TELEDETEKCYJNYCH<sup>1</sup>**

LAND-USE / LAND COVER MONITORING BASED  
ON MULTITEMPORAL REMOTE SENSING IMAGES

**Wojciech Drzewiecki**

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

**Słowa kluczowe: teledetekcja, pokrycie terenu, użytkowanie terenu, monitoring środowiska**  
Keywords: remote sensing, land use, land cover, environmental monitoring

## **Wprowadzenie**

Rozpoznanie kierunków zmian pokrycia i użytkowania terenu wraz z określeniem ich dynamiki stanowi istotny element wspomagający racjonalne gospodarowanie przestrzenią. Jest to jednakże zadanie trudne, zarówno ze względu na złożoność badanego problemu, jak i z uwagi na brak odpowiednich materiałów kartograficznych. To ostatnie ograniczenie może zostać skutecznie przezwyciężone dzięki wykorzystaniu wieloczasowych obrazów teledetekcyjnych.

Obrazowe dane teledetekcyjne stanowią obiektywny zapis krajobrazu, kompleksową rejestrację jego komponentów i zachodzących pomiędzy nimi relacji, zwłaszcza przestrzennych (por. Mularz i in., 2007). Posiadają one zróżnicowany potencjał kartometryczny i fotointerpretacyjny, determinowany przede wszystkim przez charakter i rozdzielczość obrazowania, umożliwiając ich wykorzystanie do opracowywania map pokrycia i użytkowania terenu w różnych skalach i o różnym stopniu szczegółowości wydzieleni.

Zdalne obrazowanie tego samego fragmentu terenu może być powtarzane w różnych odstępach czasowych. Pozyskany w ten sposób zestaw danych obrazowych określany jest mianem obrazów wieloczasowych bądź multitemporalnych. Interpretacja wieloczasowych obrazowych danych teledetekcyjnych stwarza możliwość wykrycia i prześledzenia zmian, jakie zaszły w przestrzeni pomiędzy datami ich rejestracji. Badanie zmian pokrycia i użytko-

---

<sup>1</sup> Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2009 jako projekt badawczy „Badanie zmian przestrzennych struktury użytkowania i funkcji krajobrazu w oparciu o wieloczasowe obrazy teledetekcyjne jako wsparcie dla planowania krajobrazu” (N526 029 32/2621).

wania terenu w oparciu o wieloczasowe obrazy teledetekcyjne (zwłaszcza zdjęcia lotnicze) jest powszechnym podejściem w badaniach krajobrazu, zarówno za granicą jak i w Polsce (por. np. Dramstad i in., 2002; Hietel i in., 2004; Bielecka i Ciołkosz, 2001; Białach, 2001).

O zapotrzebowaniu na aktualne bazy danych przestrzennych o pokryciu i użytkowaniu terenu świadczy między innymi szerokie wykorzystanie baz CORINE Land Cover. Wykonane zostały one w oparciu o obrazowe dane satelitarne według jednolitych zasad we wszystkich niemal krajach europejskich (por. Ciołkosz i Bielecka, 2005). Pierwsza z nich (CLC90) obrazuje stan pokrycia i użytkowania terenu w roku 1990, druga (CLC2000) – w roku 2000. W programie CORINE opracowanie bazy danych pokrycia terenu prowadzone było z dokładnością odpowiadającą mapie w skali 1:100 000 (wydzielano obszary o wielkości min. 25 ha i szerokości co najmniej 100 m). Opracowano również bazę (CLC-Change) przedstawiającą obszary, na których zidentyfikowano zmiany pokrycia terenu (w tym przypadku minimalna wielkość wydzielanych obszarów wynosiła 5 ha). Bazy te pozostają do dnia dzisiejszego jedynym spójnym źródłem informacji o pokryciu i użytkowaniu terenu o zasięgu europejskim, a w przypadku wielu krajów (w tym również Polski) – również o zasięgu krajowym. Jako takie znajdują one szereg zastosowań w analizach prowadzonych na potrzeby szeroko rozumianego zarządzania przestrzenią, zarówno w Polsce (por. np. Ciołkosz i Bielecka, 2005) jak i w Europie (np. European Environment Agency, 2005; European Environment Agency, 2006).

Racjonalne gospodarowanie przestrzenią wymaga posiadania informacji o pokryciu i użytkowaniu terenu (oraz jego zmianach) o skali, poziomie szczegółowości i horyzoncie czasowym dostosowanym do specyfiki realizowanego zadania. Szczegółowość baz danych CORINE wystarczająca dla wspierania polityki przestrzennej w skali europejskiej czy krajowej nie jest wystarczająca dla skali lokalnej czy nawet regionalnej. Rozwiązaniem może być tworzenie baz danych o większej rozdzielczości przestrzennej i większym stopniu szczegółowości wydzieleni. Niestety, informacja zawarta na klasycznych mapach użytkowania i pokrycia terenu nie zawsze jest wystarczająca dla oceny procesów zachodzących w przestrzeni. Mapy takie stanowią zobrazowanie przestrzennego układu form pokrycia i użytkowania terenu zgodnych z przyjętym schematem (strukturą) wydzieleni, odpowiednim dla przyjętej skali. Pewne procesy zachodzące w krajobrazie wymykają się jednak stosowanym schematom klasyfikacyjnym. Dobry przykład stanowią procesy urbanizacji. Z jednej strony przejawiać mogą się one w przeznaczaniu pod zabudowę nowych obszarów, a zmiany tego rodzaju mogą zostać zidentyfikowane na klasycznych mapach pokrycia i użytkowania terenu. Z drugiej jednak strony mogą one również przybierać postać „dogęszczania” zabudowy, rozwoju infrastruktury, itp. Zmianie w tym przypadku ulega nie tyle kategoria użytkowania, do której zaliczony jest dany fragment terenu (np. zabudowa jednorodzinna typu miejskiego czy wiejskiego), co raczej proporcje pokrycia terenu wewnątrz tej kategorii. Dla uchwycenia tego rodzaju procesów konieczna staje się zmiana podejścia do konstrukcji map przedstawiających pokrycie terenu.

Prowadzenie skutecznego teledetekcyjnego monitoringu procesów urbanizacji w skali regionalnej czy lokalnej wymaga zatem jednoczesnego stosowania rozwiązań dwojakiego rodzaju. Z jednej strony polegają one na zwiększaniu szczegółowości tworzonych map pokrycia i użytkowania terenu, z drugiej zmierzają w kierunku alternatywnego sposobu przedstawiania informacji o pokryciu terenu – w postaci map przedstawiających procentowy udział określonych rodzajów pokrycia na obszarze klasyfikowanego piksela.

## MOLAND – przykład programu monitoringu w skali lokalnej

Jako przykład wykorzystania obrazów teledetekcyjnych do monitorowania przekształceń przestrzeni na obszarach zurbanizowanych w skali lokalnej służyć może realizowany przez Centrum Badań Wspólnotowych UE projekt MOLAND (*Monitoring Land Cover /Land Use Dynamics*). Program ten stanowi kontynuację realizowanego wcześniej (od roku 1998) programu MURBANDY (*Monitoring Urban Dynamics*). Celem programu MOLAND jest *ocena, monitorowanie i modelowanie przeszłego, obecnego i przyszłego rozwoju miast i regionów, z punktu widzenia rozwoju zrównoważonego* (Barredo i in., 2003). Z technicznego punktu widzenia określono dla programu trzy cele szczegółowe (Lavallo i in., 2002):

- uzyskanie dla obszarów testowych informacji o charakterze ilościowym dotyczących zmian sposobu użytkowania terenu i rozwoju sieci transportowej, począwszy od lat 50. XX wieku;
- opracowanie metod analizowania historycznych trendów rozwojowych, przy uwzględnieniu aspektów społeczno-ekonomicznych, wpływu obowiązujących rozwiązań prawnych, itp.;
- opracowanie modeli pozwalających na symulowanie scenariuszy dalszego rozwoju w skali regionalnej i lokalnej.

Realizacja projektu przebiega w trzech fazach odpowiadających wymienionym celom szczegółowym.

Prace rozpoczynają się od opracowania dla badanych obszarów przestrzennych baz danych dotyczących użytkowania terenu i sieci transportowej. Zazwyczaj opracowywane były cztery stany czasowe: stan referencyjny (pomiędzy rokiem 1998 a 2000) i trzy stany historyczne (połowa lat pięćdziesiątych, koniec sześćdziesiątych i lata osiemdziesiąte). Używany w projekcie MOLAND schemat klasyfikacyjny stanowi uszczegółowienie wydzieleni stosowanych w bazach CORINE (odpowiada czwartemu poziomowi CORINE Land Use). Minimalna powierzchnia wydzielanych obszarów wynosi 1 ha dla terenów antropogenicznych i 3 ha dla pozostałych, a dokładność opracowywanych map odpowiada skali 1:25 000. Mapy użytkowania dla poszczególnych stanów czasowych opracowywane są na drodze fotointerpretacji obrazów teledetekcyjnych – dla lat 90. są to obrazy satelitarne (IRS, SPOT lub IKONOS), dla stanów wcześniejszych zwykle wykorzystywane są zdjęcia lotnicze lub zdjęcia z satelitów wojskowych.

Oparcie procesu budowy baz danych o wieloczasowe obrazy teledetekcyjne pozwala na pokrycie znacznego przedziału czasu przy jednoczesnym zapewnieniu jednolitych kryteriów klasyfikacyjnych. Dzięki temu możliwe jest nie tylko prowadzenie analiz dotyczących zmian użytkowania w poszczególnych badanych obszarach, ale również dokonywanie porównań pomiędzy obszarami (Lavallo i in., 2002). W ramach programu MOLAND wykonano dotychczas bazy danych o użytkowaniu terenu dla ponad dwudziestu europejskich miast i kilku większych obszarów (regionów, korytarzy transportowych). Żaden z obszarów badawczych nie znajdował się na terytorium Polski.

Opracowane bazy danych przestrzennych dotyczących użytkowania terenu i sieci transportowej oraz odpowiadające im (tzn. odnoszące się do tych samych lat) dane o charakterze społeczno-ekonomicznym, poddawane są w drugiej fazie projektu analizom mającym na celu uzyskanie różnorodnych wskaźników stanu przestrzeni i jej zmian. Używanych jest około 50

indykatorów (European Environment Agency, 2006), przy czym jedynie część z nich opracowano w ramach projektu, a pozostałe zaczerpnięto z innych źródeł (np. Europejska Agencja Środowiska czy EUROSTAT). Wykorzystywane wskaźniki podzielić można na trzy kategorie (Lavalle i in., 2002):

- podstawowe wskaźniki obliczane dla poszczególnych punktów czasowych, np. procentowe udziały poszczególnych klas użytkowania w całości analizowanego obszaru, indeksy rozczłonkowania krajobrazu;
- wskaźniki dynamiki odnoszące się do zachodzących zmian, np. wielkości obszarów, na których zaszły określonego rodzaju zmiany użytkowania;
- wskaźniki rozwoju zrównoważonego uzyskiwane poprzez połączenie danych o użytkowaniu z danymi społeczno-ekonomicznymi oraz danymi odnoszącymi się do stanu środowiska.

Sposób konstruowania wskaźników wykorzystywanych w ramach programu MOLAND, ilustrują przykładowe indykatory, wykorzystane na potrzeby raportu o rozprzestrzenianiu się miast (European Environment Agency, 2006):

- procentowy przyrost powierzchni obszarów zurbanizowanych (z wyłączeniem terenów zieleni miejskiej) pomiędzy latami 50. a 90.;
- roczny procentowy przyrost powierzchni obszarów zurbanizowanych (z wyłączeniem terenów zieleni miejskiej) pomiędzy latami 50. a 90. Wskaźnik obliczono poprzez określenie przyrostów pomiędzy latami, dla których wykonano mapy użytkowania terenu, a następnie podzielenie ich przez liczbę lat;
- procentowy udział powierzchni terenów zabudowy mieszkaniowej o niskiej gęstości (luźnej) w całkowitej powierzchni terenów zabudowy mieszkaniowej powstałych od lat 50. Obszary zabudowy mieszkaniowej w bazie danych MOLAND dzielone są na dwie główne kategorie – zwartą i luźną. Czynnikiem decydującym o zaklasyfikowaniu do poszczególnych klas jest gęstość zabudowy. Teren klasyfikowany jest jako pokryty zabudową zwartą, jeśli budynki i inne obiekty o charakterze powierzchni nieprzepuszczalnych zajmują ponad 80% jego powierzchni;
- procentowy wskaźnik przyrostu powierzchni terenów zabudowy mieszkaniowej, terenów przemysłowych, handlowych i sieci transportowej, pomiędzy latami 50. a 90.;
- wzrost liczby mieszkańców i przyrost powierzchni terenów zantropogenizowanych pomiędzy latami 50. a 90.;
- gęstość zaludnienia mierzona jako stosunek liczby mieszkańców do wyrażonej w kilometrach kwadratowych powierzchni obszarów zabudowy mieszkaniowej.

Wyniki uzyskane w pierwszej (bazy danych przestrzennych) i drugiej (wyniki analiz przestrzennych, trajektorie zmian użytkowania, zidentyfikowane trendy) fazie działań, wykorzystywane są następnie do stanowiącego fazę trzecią modelowania dalszego rozwoju analizowanego obszaru. W tym celu stosowane jest podejście oparte na integracji narzędzi GIS i automatów komórkowych (Barredo i in., 2003). Model pomyślany jest jako narzędzie planistyczne umożliwiające porównywanie skutków alternatywnych scenariuszy polityki przestrzennej (European Environment Agency, 2006).

## Aktualne programy ogólnoeuropejskie

Doświadczenia uzyskane w trakcie realizacji programu MOLAND wykorzystane zostały podczas formułowania założeń do ogólnoeuropejskiego programu monitoringu powierzchni ziemi realizowanego w ramach programu GMES (*Global Monitoring for Environment and Security*). GMES jest inicjatywą Unii Europejskiej, realizowaną wspólnie przez Komisję Europejską i Europejską Agencję Kosmiczną, której celem ma być wsparcie realizacji polityki rozwoju zrównoważonego (por. Lewiński, 2007). Realizację programu rozpoczęto od zainicjowania tzw. „szybkich ścieżek” (*Fast Track Services, FTS*) dotyczących trzech obszarów zastosowań: monitoringu powierzchni ziemi, monitoringu morza oraz nadzwyczajnych zagrożeń środowiska (GMES Fast Track ..., 2007).

Program, którego realizację rozpoczęto w ramach szybkiej ścieżki dla tzw. komponentu kontynentalnego stanowi kontynuację programu CORINE Land Cover. W jego ramach ma powstać nowa baza CLC2005 obrazująca stan pokrycia i użytkowania ziemi w Europie w roku 2005. Podobnie jak poprzednie będzie ona wykonana z zastosowaniem jednostki odniesienia o powierzchni 25 ha (5 ha dla bazy CLC Change). Jednocześnie jednak przewidziano wykonanie dwóch nowych warstw tematycznych o zwiększonej dokładności (minimalna wielkość powierzchni kartowanych obiektów wynosząca 1 ha) przedstawiających obszary zabudowy (z podaniem stopnia pokrycia powierzchni terenu powierzchniami o charakterze nieprzepuszczalnym) i lasy. Zakłada się, iż docelowo na tym samym poziomie dokładności kartowane będzie 20 klas pokrycia terenu, a nowe bazy danych będą opracowywane co trzy do pięciu lat (GMES Fast Track ..., 2007).

Należy zaznaczyć, iż podobne rozwiązanie stosuje się w będącym odpowiednikiem europejskiego CORINE Land Cover amerykańskim programie National Land Cover Database. W jego ramach dla każdego ze stanów USA oraz Portoryko wykonano mapy pokrycia terenu oraz mapy przedstawiające dla każdego piksela klasyfikowanego obrazu satelitarnego (w tym przypadku posiadającego rozdzielczość przestrzenną wynoszącą 30 m obrazu z satelity Landsat) procentowy (w skali od 1 do 100%) udział powierzchni pokrytych roślinnością drzewiastą oraz powierzchni nieprzepuszczalnych (Homer i in., 2007). Szacowana dokładność wyników klasyfikacji dla warstw „ciągłych” wyniosła, w zależności od obszaru, od kilku do siedemnastu procent (błąd średni).

Szybka ścieżka przewidziana w ramach komponentu lokalnego LMCS polega na realizacji opartego na doświadczeniach programu MOLAND projektu o nazwie Urban Atlas (GMES Fast Track ..., 2007). W jego ramach dla 305 miast w Europie, w oparciu o obrazy satelitarne o rozdzielczości przestrzennej wynoszącej co najmniej 2,5 m zarejestrowane w latach 2005–2007, wykonane mają zostać bazy danych przestrzennych o pokryciu i użytkowaniu terenu. Podobnie jak w przypadku projektu MOLAND przyjęty schemat klasyfikacyjny stanowi uszczegółowienie schematu CORINE Land Cover dla terenów zantropogenizowanych (tab. 1).

Zakładany poziom dokładności produktu końcowego odpowiadać ma skali 1:10 000 – dokładność położenia powinna wynieść 5 m, a minimalna powierzchnia kartowanego obszaru 0,25 ha dla obiektów należących do kategorii 1 (powierzchnie zantropogenizowane) i 1,0 ha dla pozostałych. Dla terenów zurbanizowanych wymagana dokładność klasyfikacji wynosi 85%, dla pozostałych – 80% (Mapping Guide ..., 2008).

Zgodnie z założeniami przetargu ogłoszonego przez Komisję Europejską kompletny atlas powinien powstać do końca 2009 roku (Call for tenders ..., 2008). Wśród trzystu pięciu

**Tabela 1.** Klasy użytkowania i pokrycia terenu przewidziane w projekcie Urban Atlas (Mapping Guide ..., 2008)

| Kod     | Nazwa klasy   |
|---------|---|
| 1       | Powierzchnie zantropogenizowane (sztuczne)  |
| 1.1     | Strefy zurbanizowane  |
| 1.1.1   | Zabudowa zwarta (udział powierzchni nieprzepuszczalnych > 80%)                          |
| 1.1.2   | Zabudowa luźna  |
| 1.1.2.1 | Zabudowa luźna o dużym zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (50–80%))   |
| 1.1.2.2 | Zabudowa luźna o średnim zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (30–50%)) |
| 1.1.2.3 | Zabudowa luźna o małym zagęszczeniu (udział powierzchni nieprzepuszczalnych (10–30%))   |
| 1.1.3   | Pojedyncze obiekty zabudowy   |
| 1.2     | Strefy przemysłowe, handlowe, usług publicznych, wojskowe i komunikacyjne               |
| 1.2.1   | Strefy przemysłowe, handlowe, usług publicznych i wojskowe                              |
| 1.2.2   | Tereny komunikacyjne i związane z komunikacją   |
| 1.2.2.1 | Szybkie drogi tranzytowe i tereny z nimi związane                                       |
| 1.2.2.2 | Pozostałe drogi i tereny z nimi związane  |
| 1.2.2.3 | Koleje i tereny kolejowe  |
| 1.2.3   | Porty   |
| 1.2.4   | Lotniska  |
| 1.3     | Kopalnie, wysypiska i budowy  |
| 1.3.1   | Miejsca eksploatacji odkrywkowej, wysypiska i zwałowiska                                |
| 1.3.3   | Place budów   |
| 1.3.4   | Tereny bez określonego użytkowania  |
| 1.4     | Zantropogenizowane tereny zielone nie użytkowane rolniczo                               |
| 1.4.1   | Miejskie tereny zielone   |
| 1.4.2   | Tereny sportowe i wypoczynkowe  |
| 2       | Grunty rolne, obszary roślinności semi-naturalnej, podmokłości                          |
| 3       | Lasy  |
| 5       | Wody  |

miast europejskich, które obejmie, znalazło się 27 miast polskich: Warszawa, Łódź, Kraków, Wrocław, Poznań, Gdańsk, Szczecin, Bydgoszcz, Lublin, Katowice, Białystok, Kielce, Toruń, Olsztyn, Rzeszów, Opole, Gorzów Wielkopolski, Zielona Góra, Jelenia Góra, Nowy Sącz, Suwałki, Konin, Częstochowa, Radom, Płock, Kalisz, Koszalin (Urban Atlas LUZ ..., 2007). Przewiduje się, iż powstała baza będzie utrzymywana jako jeden z elementów tzw. komponentu lokalnego programu monitoringu ziemi (LMCS – *Land Monitoring Core Service*) w ramach GMES i aktualizowana w cyklu trzyletnim, a podobne bazy danych powstaną również dla innych obszarów, zwłaszcza tzw. obszarów wrażliwych (np. tereny chronione, strefy brzegowe) (GMES Fast Track ..., 2007).



## Zdjęcia satelitarne systemów CORONA i KH-7 – cenne dane z lat 60. XX wieku

Doświadczenia projektu MOLAND wskazują, iż w wielu przypadkach, równie cenne jak monitorowanie zmian zachodzących obecnie w przestrzeni jest posiadanie wiedzy o jej przekształceniach, jakie miały miejsce w przeszłości. Dla uzyskania tego rodzaju informacji o porównywalnej z bazą Urban Atlas dokładności i szczegółowości wykorzystane mogą zostać np. ortofotomapy lotnicze wykonane ze zdjęć pochodzących z realizowanego w Polsce w połowie lat 90. programu PHARE. O ile jednak w ramach tego projektu wykonano do końca lat 90. prawie na całym obszarze kraju barwne zdjęcia lotnicze w skali 1:26 000 (umożliwiające wykonanie ortofotomap w skali 1:10 000), to na wykonanie ortofotomap zdecydowały się jedynie niektóre województwa (np. małopolskie i śląskie).

Możliwość wykonania porównywalnych baz danych przedstawiających wcześniejsze stany przestrzeni uzależniona jest praktycznie od istnienia dla analizowanego obszaru archiwalnych materiałów fotolotniczych. Pozyskanie, przetworzenie do postaci ortofotomapy i opracowanie archiwalnych zdjęć lotniczych jest niestety przedsięwzięciem czasochłonnym i stosunkowo kosztownym. Ponadto w latach 1940–1970 zdjęcia lotnicze w Polsce wykonywane były niemal wyłącznie na potrzeby wojska i w praktyce do dziś pozostają niedostępne dla zastosowań cywilnych. Wymienione powyżej przyczyny powodują, iż za niezwykle cenne w kontekście prowadzenia studiów dotyczących przekształceń przestrzeni w dłuższym okresie czasu uznać należy odtajnione zdjęcia satelitarne pochodzące z amerykańskich misji wywiadowczych (por. Mularz i Drzewiecki, 2008).

W roku 1995 odtajniono zdjęcia pochodzące z realizowanych w latach 1960–1972 programów rozpoznania obrazowego CORONA, ARGON i LANYARD. Spośród nich na szczególną uwagę zasługują zdjęcia programu CORONA wykonane kamerami serii KH-4B (rys. 1), posiadającymi terenową zdolność rozdzielczą wynoszącą 1,8 m, co umożliwiało wykonywanie powiększeń nawet do skali 1:7500. Zdjęciami tego rodzaju pokryto w latach 60. całe terytorium Polski, przy czym wiele obszarów zarejestrowano wielokrotnie w różnych terminach. Przydatność fotointerpretacyjna materiałów pochodzących z programu CORONA została obszernie omówiona w publikacji Skockiego (2004).

Siedem lat później odtajniono zdjęcia wykonywane przez dwa kolejne systemy satelitarne o kryptonimach KH-7 i KH-9. KH-9 był działającym w latach 1973–1980 systemem przeznaczonym do zastosowań kartograficznych, pozyskującym zdjęcia porównywalne z późniejszymi panchromatycznymi obrazami satelitów SPOT i IRS. W kontekście wykonywania map pokrycia i użytkowania terenu obszarów zurbanizowanych o wiele bardziej interesujące są jednak materiały zarejestrowane kamerami systemu KH-7 (rys. 2–4). Przeznaczony przede wszystkim do pozyskiwania zdjęć obiektów o znaczeniu strategicznym system ten działał na przestrzeni lat 1963–1967. Terenowa zdolność rozdzielcza stosowanych w nim kamer wynosiła początkowo 1,2 m, a od roku 1966 – 0,6 m. Zdjęcia rejestrowane przez te kamery pod względem potencjału kartometrycznego i interpretacyjnego można uznać za porównywalne z obrazami panchromatycznymi pozyskiwanymi przez współczesne wysokorozdzielcze cywilne systemy satelitarne (por. np. Drzewiecki i in., 2007). Niestety bezchmurne zdjęcia systemu KH-7 wykonane zostały na obszarze Polski jedynie dla niektórych miast, w tym Warszawy, Krakowa, Wrocławia i Trójmiasta. Istnieją również zdjęcia obejmujące wybrane

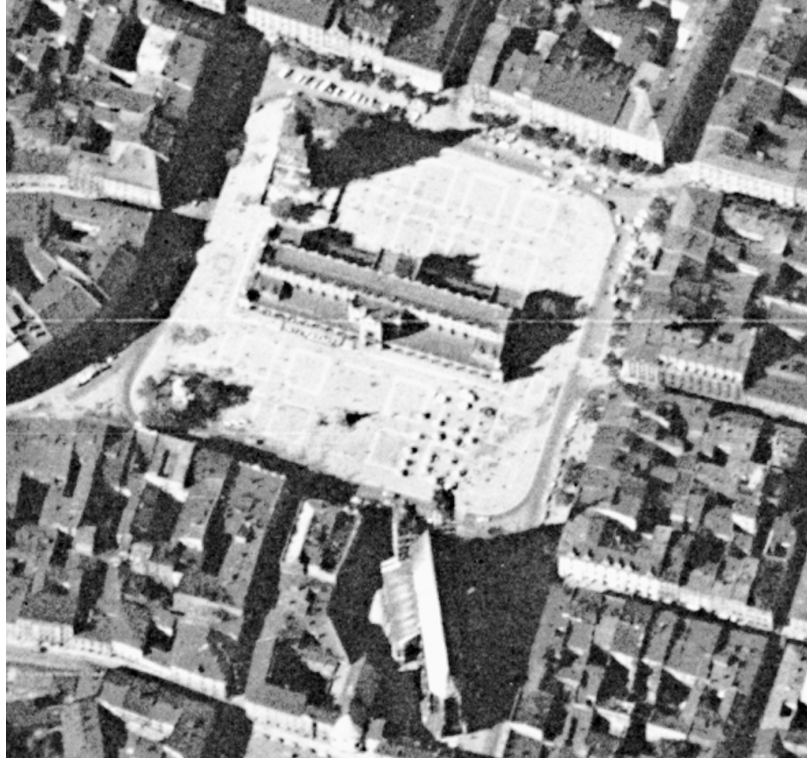


Rys. 1. Fragment zdjęcia satelitarnego systemu CORONA serii KH-4B; centrum Krakowa

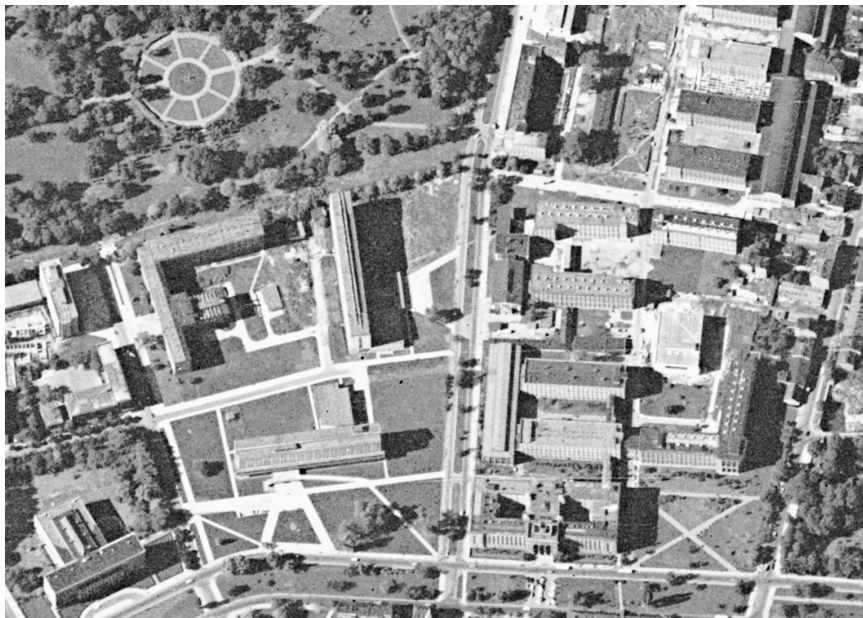


Rys. 2. Fragment zdjęcia satelitarnego systemu KH-7; centrum Krakowa





Rys. 3. Fragment zdjęcia satelitarnego systemu KH-7; Rynek Główny w Krakowie



Rys. 4. Fragment zdjęcia satelitarnego systemu KH-7; AGH w Krakowie

obszary poza głównymi miastami, jak należy domniemywać interesujące wówczas Amerykanów ze względów wojskowych.

Wszystkie wymienione powyżej odtajnione materiały z amerykańskich zwiadowczych misji satelitarnych pozyskać można za pośrednictwem serwisu internetowego EROS Data Center. Zdjęcia zamawiać można w postaci odbitek lub skanów, po kosztach udostępnienia.

## Podsumowanie

Racjonalne gospodarowanie przestrzenią wymaga posiadania wiarygodnej informacji o pokryciu i użytkowaniu terenu oraz zachodzących w tym zakresie zmianach. Mający w ostatnich latach miejsce znaczący wzrost dostępności obrazów teledetekcyjnych (zwłaszcza pojawienie się nowych sensorów wysokorozdzielczych) oraz rozwój metod przetwarzania i analizowania zarejestrowanej na nich informacji, stwarzają nowe możliwości wykorzystania wieloczasowych obrazów teledetekcyjnych w monitorowaniu zmian sposobu wykorzystania przestrzeni. Znajduje to swój wyraz w rozwoju programów monitoringu. Rysujące się w tym zakresie tendencje polegają z jednej strony na zwiększaniu rozdzielczości przestrzennej i dokładności tworzonych baz danych (np. Urban Atlas), a z drugiej na wprowadzaniu do szerszego zastosowania alternatywnych sposobów przedstawienia informacji dotyczącej pokrycia terenu (np. w postaci map przedstawiających procentowy udział określonych rodzajów pokrycia terenu na obszarze stanowiącego jednostkę odniesienia piksela obrazu).

W kontekście analizowania zmian pokrycia i użytkowania terenu ogromne znaczenie posiada również dostępność wiarygodnych archiwalnych materiałów kartograficznych, których treść topograficzna i tematyczna stanowić mogłaby tło referencyjne. Pożądane jest przy tym zachowanie jednolitości zasad ich opracowania. W przypadku wysokorozdzielczych baz danych o pokryciu i użytkowaniu terenu wykorzystane mogą w tym celu zostać zarówno archiwalne zdjęcia lotnicze, jak i odtajnione zdjęcia satelitarne pochodzące z amerykańskich misji wojskowych.

Wieloczasowe obrazy teledetekcyjne nie tylko stanowią trudne do przecenienia narzędzie monitorowania zmian zachodzących na powierzchni ziemi, ale jak pokazują m.in. studia przeprowadzone w ramach programu MOLAND, dostarczyć mogą również danych niezbędnych do budowy zaawansowanych modeli wspierających prowadzenie polityki przestrzennej, zarówno w skali lokalnej, krajowej, jak i europejskiej.

## Literatura

- Barredo J. I., Lavallo C., Demicheli L., Kasanko M., McCormick N., 2003: Sustainable urban and regional planning: The MOLAND activities on urban scenario modelling and forecast. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Białach M., 2001: Analiza pokrycia terenu Basenu Środkowego Biebrzy na podstawie interpretacji zdjęć satelitarnych wykonanych w latach 1979–1991. Fotointerpretacja w geografii, 31.
- Bielecka E., Ciołkosz A., 2001: Zmiany użytkowania ziemi w dorzeczu Odry w świetle zdjęć satelitarnych i archiwalnych materiałów kartograficznych. Fotointerpretacja w geografii, 31.
- Call for tenders No ENTR/08/029, 2008: GMES Land Monitoring Core Services – Urban Atlas: delivery of land use/cover maps of major European urban agglomerations. Open procedure specifications. European Commission, Enterprise and Industry Directorate General. [http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08\\_029/specs.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08_029/specs.pdf)

- Ciołkosz A., Bielecka E., 2005: Pokrycie terenu w Polsce. Bazy danych CORINE Land Cover. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Dramstad W. E., Fjellstad W. J., Strand G.-H., Mathiesen H. F., Engan G., Stokland J. N., 2002: Development and implementation of the Norwegian monitoring programme for agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*, Vol. 64, 1.
- Drzewiecki W., Głowienka E., Tokarczyk P., 2007: Ocena możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych systemu KH-7 do badań zmian użytkowania na terenach zurbanizowanych. *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, Vol. 17a.
- European Environment Agency, 2005: The European Environment. State and outlook 2005. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- European Environment Agency, 2006: Urban sprawl in Europe. The ignored challenge. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- GMES Fast Track Land Monitoring Core Service. Strategic Implementation Plan. Final Version, 24-04-07. [http://www.gmes.info/fileadmin/user\\_upload/Docs\\_Files/LMCS\\_Strategic\\_Implementation\\_Plan\\_Final.pdf](http://www.gmes.info/fileadmin/user_upload/Docs_Files/LMCS_Strategic_Implementation_Plan_Final.pdf).
- Hietel E., Waldhardt R., Otte A., 2004: Analysing land-cover changes in relation to environmental variables in Hesse, Germany. *Landscape Ecology*, 19.
- Homer C., Dewitz J., Fry J., Coan M., Hossain N., Larson C., Herold N., McKerrow A., VanDriel J. N., Wickham J., 2007: Completion of the 2001 National Land Cover Database for the Conterminous United States. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 73.
- Lavalle C., McCormick N., Kasanko M., Demicheli L., Barredo J., Turchini M., 2002: Monitoring, planning and forecasting dynamics in European areas – the territorial approach as key to implement European policies. 7th Symposium on Information technology in Urban and Spatial Planning and Impacts of ICT on Physical Space. CORP2002. 27.2- 1.3.2002, Vienna.
- Lewiński S., 2007: Obiektowa klasyfikacja zdjęć satelitarnych jako metoda pozyskiwania informacji o pokryciu i użytkowaniu ziemi. Instytut Geodezji i Kartografii, Seria monograficzna nr 12. Warszawa.
- Mapping Guide for a European Urban Atlas, 2008: Issue 1.02. GSE Land Information Services. [http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08\\_029/guide.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08_029/guide.pdf).
- Mularz S., Drzewiecki W., Pirowski T., 2007: Teledetekcyjne metody rejestracji krajobrazu. *Roczniki Geomatyki*, T. V, Z. 8.
- Mularz S., Drzewiecki W., 2008: Interpretacja głównych elementów krajobrazu na teledetekcyjnych obrazach lotniczych i satelitarnych. *Czasopismo Techniczne*, 24, Seria Architektura Z. 1-A/2008 (w druku).
- Skocki K., 2004: Analiza pojemności informacyjnej i przydatności obrazów satelitarnych programu CORONA do badań stanu środowiska przyrodniczego Polski i jego zmian. *Teledetekcja Środowiska*, 33.
- Urban Atlas LUZ Priority List, 2007: European Commission, DG-REGIO. [http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08\\_029/priority\\_list.xls](http://ec.europa.eu/enterprise/calls/files/08_029/priority_list.xls)

#### Abstract

*Optimal land management needs information about land cover and land use scale, level of detail and time period proper for the given project. In many cases, the information about the changes, which the land in question underwent in the past, is as important as monitoring the changes at present. In recent years, we witness an increase in the availability of remotely sensed images (including the appearance of new high-resolution sensors) and development of methods of processing and analyzing the information covered by them. All this creates new possibilities to use multitemporal remote sensing images in land-use monitoring programs. There are tendencies to increase the spatial resolution and detail-level of databases. Other tendencies introduce different ways of presenting land cover, like maps showing the percentage of a given type of land cover on every image pixel. The availability of reliable archive cartographic materials plays also an important role in analysing the changes of land cover and land-use. They can provide a referential background, as long as they were created according to the same methodological rules. In case of high-resolution land-use and land cover databases, both archive air photos and declassified satellite photographs from US military missions serve this aim.*

*The paper presents an example of application of multitemporal remote sensing images to monitor land-use changes on local scale based on MOLAND (Monitoring Land Cover / Land Use Dynamics), a project run by Joint Research Centre in Ispra. The European land cover monitoring programs realised within GMES Fast Track Services have also been presented. Details of the archive remote sensing materials from declassified US satellite reconnaissance missions are given, too. In case of Poland, they provide a rich source of land-use information from the 1960s.*

dr inż. Wojciech Drzewiecki  
drzewiec@agh.edu.pl  
tel. +48 12 617 39 93