Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Vol. 23, 2012, s. 477–488
ISSN 2083-2214 | ISBN 978-83-61576-19-8

AKTUALIZACJA MAPY GLEBOWO-ROLNICZEJ Z WYKORZYSTANIEM KLASYFIKACJI OBIEKTOWEJ (OBIA) ZOBRAZOWAŃ TELEDETEKCYJNYCH ORAZ ANALIZ PRZESTRZENNYCH GIS

UPDATE OF THE DIGITAL SOIL MAP USING OBJECT BASED IMAGE ANALYSIS (OBIA) OF REMOTE SENSING DATA AND GIS SPATIAL ANALYSES

Piotr Wężyk [1], Marcin Pierzchalski [2], Beata Szafrańska [3, 4], Gustaw Korta [4]

[1] Laboratorium GIS i Teledetekcji, KEkL, Wydział Leśny UR w Krakowie
[2] ProGea Consulting Kraków
[3] Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
[4] Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego

SŁOWA KLUCZOWE: mapa glebowo-rolnicza, klasyfikacja obiektowa (OBIA), aktualizacja, analizy przestrzenne GIS

STRESZCZENIE: Aktualność map glebowo-rolniczych w Polsce sięga najczęściej lat sześćdziesiątych poprzedniego wieku, stąd wymagają one nie tylko konwersji z formy analogowej (papierowej) do cyfrowej, ale przede wszystkim weryfikacji treści w stosunku do rzeczywistych klas pokrycia i użytkowania terenu. Rozwój miast, wsi, dróg i innych inwestycji infrastrukturalnych, jaki nastąpił w minionych 50 latach oraz nasilenie się w ostatniej dekadzie procesów socjoekonomicznych skutkujących porzucaniem upraw rolnych i zajmowania tych terenów przez lasy, spowodował dużą dezaktualizację treści geometrycznej mapy glebowo-rolniczej. Przeprowadzenie weryfikacji treści geometrycznej mapy glebowo-rolniczej dla skali województwa małopolskiego wymagało zastosowania obiektowej klasyfikacji (OBIA, ang. *Object Based Image Analysis*) aktualnych zobrazowań teledetekcyjnych. Proces OBIA realizowano w oprogramowaniu eCognition Developer 8.64 (Trimble GeoSpatial). Należało go możliwie daleko zautomatyzować ze względu na dużą powierzchnię opracowania (ok. 15000 km^2). Otrzymane wyniki skontrolowano na podstawie kilkuset powierzchni referencyjnych (wektoryzacja ekranowa dokonana przez operatora). Analizy przestrzenne GIS aktualizujące przebieg poligonów mapy glebowo-rolniczej o nowe powstałe obiekty zrealizowano w trybie wsadowym (*Model Builder*, Esri). Uzyskane wyniki wykazały, iż największe zmiany, tj. przyrost powierzchni (procentowo) zanotowano w przypadku klas: „Las" (Ls; +8.2%) oraz „Tereny zabudowane" (Tz; +6.3%), przy jednoczesnym ubytku wszystkich kompleksów (ID 1÷13) wykorzystywanych pod uprawy rolne o -10.5% (z czego -4.9% w rejonach górskich). Ubytek trwałych użytków zielonych (1z, 2z oraz 3z) na zaktualizowanej mapie glebowej oceniona na około (-4.2%). Zastosowane algorytmy weryfikacyjne oraz aktualizacyjne pozwalają stwierdzić, iż klasyfikacja obiektowa OBIA aktualnych zobrazowań teledetekcyjnych (satelitarnych i lotniczych) w połączeniu z daleko zautomatyzowanymi analizami przestrzennymi GIS może być wykorzystywana w procesie aktualizacji mapy glebowo-rolniczej.

1. WSTĘP

Treść mapy glebowo-rolniczej przedstawia przestrzenną zmienność siedliska glebowego oraz zawiera informacje dotyczące ważniejszych właściwości fizycznych (np. miąższość

i skład granulometryczny poszczególnych poziomów profilu glebowego) oraz przydatność rolniczą gleby. W rozumieniu GIS, podstawowymi obiektami (encjami) na mapie glebowo-rolniczej są kompleksy rolniczej przydatności gleb stanowiące typy siedliskowe tzw. rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Nazwy kompleksów nadano na podstawie roślin wskaźnikowych najbardziej dostosowanych do warunków siedliskowych. Kompleksy w założeniu stanowią homogeniczne zespoły gleb o zbliżonej przydatności rolniczej i właściwościach wodnych, żyzności oraz produktywności. Odpowiednio zrównoważona ochrona przestrzeni rolniczej oraz planowanie nowych funkcji (np. w planach zagospodarowania przestrzennego) dla wybranych obszarów rolniczych powinna być prowadzona właśnie w oparciu o aktualne mapy glebowo-rolnicze. Szczególnie ważne w tym aspekcie są działania związane z zalesieniami w Polsce (odpowiedni dobór gatunków lasotwórczych na podstawie kompleksów) czy też wyznaczaniem użytków ekologicznych i obszarów chronionych (np. Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000). Aktualność map glebowo-rolniczych jest również ważna z punktu widzenia zrównoważonej gospodarki rolnej. Stosowanie precyzyjnych zbiegów agrotechnicznych chroni bioróżnorodność i zapewnia wyższe plony. Przemiany ekonomiczno-gospodarcze zachodzące dynamicznie w Polsce nie pozostają bez śladu w kształtowaniu się krajobrazu przestrzeni rolniczej. Gwałtowny rozwój: miast, wsi, budowa nowych dróg i realizacja licznych inwestycji infrastrukturalnych w minionych 50 latach oraz nasilenie się procesów przemieszczania się ludności z obszarów rolniczych do zurbanizowanych, skutkuje porzucaniem upraw rolnych i zajmowania tych terenów przez lasy bądź inną roślinność o charakterze sukcesji. W całej Polsce obserwuje się zaniechanie produkcji rolnej lub odłogowania gleb kompleksów, szczególnie tych słabszych w górach.

Aktualność map glebowo-rolniczych w Polsce, w zależności od regionu, sięga najczęściej lat sześćdziesiątych XX wieku. W przeważającej liczbie województw mapy glebowo rolnicze wciąż występują w postaci analogowych map w kroju obrębowym, stąd pilna potrzeba ich konwersji ale jednocześnie i aktualizacji treści klas pokrycia i użytkowania terenu. W roku 2010 Województwo Małopolskie przystąpiło do sporządzenia mapy glebowo-rolniczej w postaci cyfrowej (format Esri Shapefile), głównie w celu zabezpieczenia przed zniszczeniem analogowych oryginałów mapowych (krój obrębowy, skala 1:5000) znajdujących się w zasobach biur geodezji, urzędów gmin lub starostw powiatowych. Opracowanie wzbogaciło także Wojewódzki Zasób Geodezyjno-Kartograficzny, stanowiąc tym samym, cenne źródło informacji w procesie tworzenia warstw pochodnych (np. map zagrożeń erozją wodną i wietrzną, map dostępności wód gruntowych dla roślin, map sozologicznych i innych). Zaktualizowana numeryczna mapa glebowo-rolnicza powinna być podstawą do zadań planistycznych związanych z modernizacją terenów wiejskich.

Celem prezentowanego projektu było opracowanie i przeprowadzenie procedury weryfikacji treści geometrycznej mapy glebowo-rolniczej dla skali całego województwa małopolskiego (ok. 15 000 km^2). Projekt wymagał zaangażowania dużych środków technicznych i technologicznych, w tym pozyskania aktualnych zobrazowań teledetekcyjnych (wysokorozdzielczych scen satelitarnych i ortofotomap lotniczych) oraz ze względu na krótki okres opracowania danych – zautomatyzowanych procedur klasyfikacji obiektowej (OBIA).

2. TEREN BADAŃ

Aktualizację mapy glebowo-rolniczej przetworzonej do postaci numerycznej (Esri Shapefile) z map analogowych 1:5 000 przeprowadzono dla obszaru całego województwa małopolskiego o powierzchni 15 182.87 km^2 w skład, którego wchodzą: 22 powiaty (w tym

3 grodzkie) złożone z 182 gmin. Na obszarze województwa małopolskiego występuje obecnie 6 Parków Narodowych, dla których mapa glebowo-rolnicza w zasadzie nie przewiduje informacji o kompleksach glebowych. Na oryginalnej mapie glebowo-rolniczej, brak było naturalnie granic Magurskiego PN (fragment zachodni), Gorczańskiego PN oraz Babiogórskiego PN, stąd wprowadzono jako warstwę wektorową w oparciu o dane z Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska w Warszawie. Granice: Tatrzańskiego PN, Ojcowskiego PN i Pienińskiego PN zaktualizowano do dzisiejszego stanu posiadania tych terenów chronionych.

3. METODYKA BADAŃ

Proces technologiczny aktualizacji mapy glebowo-rolniczej przebiegał z wykorzystaniem licznych technologii geoinformacyjnych, które wymagały zasilania wektorowych i rastrowych baz danych warstwami informacyjnymi dla całego obszaru województwa małopolskiego, w postaci:

- aktualnych (lata: 2010–2011 okres wegetacji) zobrazowań satelitarnych systemu RapidEye, zbudowanego z konstelacji 5 satelitów, poruszających się po wspólnej orbicie i wykonujących zobrazowania w 5 kanałach spektralnych w zakresie od 400 do 800 nm, z czego w dwóch w bliskiej podczerwieni NIR (Krischke *et al.*, 2000; Sandau *et al.*, 2010);
- cyfrowych ortofotomap lotniczych (RGB) o rozdzielczości terenowej 0.25 m, stan aktualności lata: 2009–2010 (źródło: WODGiK, LPIS);
- mapy glebowo-rolniczej w formie cyfrowej w postaci pliku Esri Shapefile (źródło WODGiK);
- warstw budynków oraz dróg pochodzących z Topograficznej Bazy Danych (źródło: WODGiK).

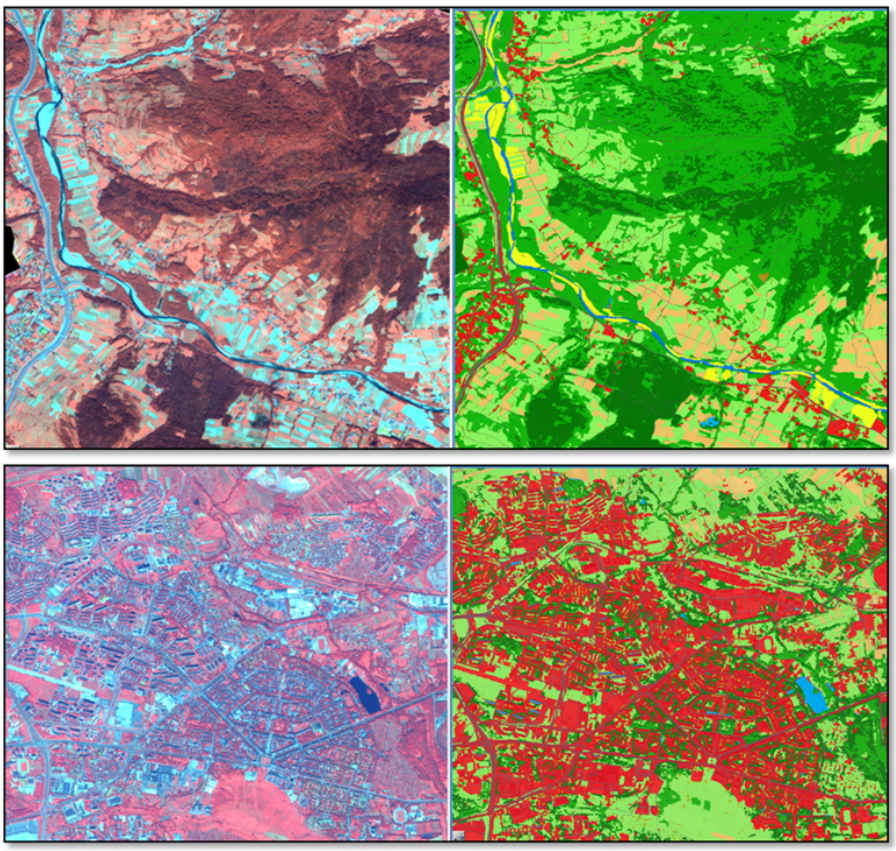
Zobrazowania satelitarne RapidEye w pierwszej kolejności poddane zostały korekcji geometrycznej (produkt 3A) a następnie przetwarzaniu w programie Erdas Imagine pod kątem wygenerowania warstw pochodnych, niezbędnych do zwiększenia dokładności klasyfikacji obiektowej. W tym celu wygenerowano warstwy rastrowe o rozdzielczości 5.0 m głównych składowych PCA (ang. *Principal Component Analysis*) ze wszystkich pięciu kanałów spektralnych oraz znormalizowany wskaźnik roślinności – NDVI (ang. *Normalized Difference Vegetation Index*), który wzmacnia wyniki klasyfikacji roślinności na obrazie satelitarnym (Wang, Tenhunen, 2004). Wygenerowano także obrazy rastrowe z wykorzystaniem filtrów krawędziowych Laplace, poprawiające wykrywalność terenów zabudowanych (Jelonek, Wyczałek, 2006).

Cyfrowe ortofotomapy lotnicze pochodzące najczęściej z programu LPIS, ze względu na zbyt wysoką rozdzielczość terenową (0.25 m) w stosunku do zobrazowań satelitarnych RapidEye (rozdzielczość terenowa 5.0 m) zostały przepróbkowane (ang. *resampling*) dziesięciokrotnie, tj. do 2.5 m. Dopiero taki rozmiar piksela umożliwił realizację analizy obiektowej na zintegrowanych ze sobą zestawach danych (ang. *data fusion*),tj. ortoobrazach RapidEye i ortofotomapach lotniczych, poprawiając tym samym wykrywanie krawędzi obiektów.

Podstawą analizy obiektowej, różniącą ją od metod klasycznych (tzw. pikselowych), jest operowanie nie pojedynczym pikselem, ale ich homogenicznymi zbiorami, tworzącymi tzw. segmenty (obiekty), które zdecydowanie lepiej niż piksele odzwierciedlają encje świata rzeczywistego. Podejście takie pozwala na przybliżenie algorytmicznego przetwarzania danych do sposobu, w jaki ludzka percepcja rozpoznaje dane obiekty, czy też

jednostki przestrzenne (Benz *et al.*, 2004; Aldred, Wang, 2007; de Kok, Wężyk, 2008). Dużą zaletą klasyfikacji obiektowej jest także możliwość tworzenia równocześnie różnych poziomów hierarchii obiektów, osiągając w ten sposób sieć powiązań pomiędzy obiektami zarówno w poziomie jak i pionie (Benz *et al.*, 2004, Wężyk *et al.*, 2007).

Proces segmentacji danych rastrowych w oprogramowaniu eCognition Developer przebiegał wieloetapowo. Łączny czas generowania homogenicznych segmentów trwał około 50 godzin (komputer klasy PC, procesor i7, 16 GB RAM). Proces klasyfikacji obiektowej trwający około 30 dni, rozpoczął się od segmentacji danych rastrowych. Proces segmentacji polega podziale obrazów na pierwotne, homogeniczne oraz niesklasyfikowane obiekty. Zastosowano segmentację typu *Multiresulution* o następujących parametrach: skala (ang. *scale*) 50, kształt (ang. *shape*) 0.5, zwartość (ang. *compactness*) 0.5. Po wykonaniu pierwszej segmentacji zastosowano kolejną segmentację typu *Spectral Defference* o parametrze *Maximum Spectral Difference* równym 200. Segmentacja ta pozwala na połączenie segmentów wydzielonych błędnie podczas pierwszej segmentacji na podstawie różnic w określonym kanale spektralnym. Parametr segmentacji *Spectral Difference* dobierany jest po uprzedniej weryfikacji wyników segmentacji *Multiresolution*.



Rys. 1. Przykłady klasyfikacji OBIA fragmentów scen RapidEye (z lewej: kompozycja RapidEye – CIR 521; z prawej: obraz po klasyfikacji)

W kolejnym kroku przystąpiono do skonstruowania hierarchii klasyfikatorów. Utworzenie struktury klas polegało na łączeniu ich w logiczne grupy funkcyjne (np. grupa „Las" zawierała w sobie klasy „Las liściasty", „Las iglasty" oraz „Gniazda i zręby"). Tworzenie hierarchii klas pozwala na szersze zastosowanie warunków, jakie musiał spełnić konkretny segment, aby mógł zostać przyporządkowany do właściwej klasy. Dla ilustracji, podczas klasyfikacji obiektów „Gniazda i zręby", jednym z warunków było otoczenie potencjalnych kandydatów tej klasy przez „Las" („Las liściasty" oraz „Las iglasty"). Podczas tworzenia warunków klasyfikacyjnych zastosowano zarówno wykonane wcześniej warstwy pochodne (PCA oraz NDVI) jak i przeprowadzono nowe analizy, bezpośrednio w programie eCognition. W klasyfikacji obiektowej zastosowano warstwy reprezentujące stosunek wartości poszczególnych kanałów do ich sumy (np. *Ratio Red, Ratio Green, Ratio NIR*), reguły wielkości segmentów (ang. a*rea*) oraz ich kształtu (ang. *compactness*). W trakcie prac klasyfikacyjnych zastosowano także funkcje sąsiedztwa obiektów, takie jak odległość (ang. *distance to*) oraz graniczenie (ang. *relative boarder to*).

Po zdefiniowaniu warunków tworzenia klas przystąpiono to zdefiniowania reguł klasyfikacyjnych, określających kolejność realizacji warunków (np. klasa „LAS" musiała powstać przed klasą „Gniazda i zręby"). W wyniku utworzenia i uruchomienia wszystkich reguł klasyfikacyjnych nastąpiło końcowe sklasyfikowanie segmentów, które następnie skonwertowano do postaci wektorowej. Kontrola jakości wyników klasyfikacji obiektowej polegała na wygenerowaniu regularnej siatki punktów, a następnie przypisaniu każdemu z nich im odpowiedniego kodu klasy pochodzącego z fotointerpretacji przeprowadzonej przez operatora.

Wygenerowane na podstawie obrazów teledetekcyjnych i warstw GIS aktualne warstwy klas pokrycia terenu posłużyły do procesu aktualizacji cyfrowej mapy glebowo-rolniczej województwa małopolskiego.

W pierwszym etapie aktualizacji dane wektorowe poddano kontroli topologicznej w oprogramowaniu ArcGIS ver. 10 (Esri), która miała na celu wykrycie występowania błędów w postaci „dziur" oraz nakładaniu się sąsiednich poligonów. Z racji bardzo dużej ilości poligonów w warstwie (ok. 3 miliony obiektów), ewentualne błędy wykryte, mogły być poprawiane w eCognition na drodze modyfikacji reguł, co było procesem mniej czasochłonnym niż edycja warstwy w programie ArcGIS. Warstwa końcowa została poddana, kontroli merytorycznej na drodze oceny wzrokowej dokonanej przez doświadczonego fotointerpetatora. Na tym etapie weryfikacji wykorzystano ortofotomapy lotnicze zintegrowane z bazą opisową. Dodatkową dokumentację fotograficzną, stanowiącą klucz fotointerpretacyjny, wykonano w terenie wykorzystując zestaw GPS-Photo-Asset-Management (aparat cyfrowy RicohG700SE zintegrowany z odbiornikiem GPS i kompasem elektronicznym). Zdjęcia z polem GeoTag oraz atrybutami (pola MEMO) umieszczone na serwerze mapowym (aplikacja Photo Mapper Server; alta 4) posłużyły zarówno treningowi operatorów OBIA jak i osobom kontrolującym wyniki klasyfikacji obrazów teledetekcyjnych.

Procedura aktualizacyjna warstw GIS prowadzona była osobno dla każdej grupy (klas) obiektów. Dla klasy terenów zabudowanych (Tz), warstwę wynikową pochodzącą z klasyfikacji obiektowej scalono z budynkami pochodzącymi z TBD, a następnie w celu generalizacji granic, poddano ją konwersji do warstwy rastrowej. Tą z kolei poddano generalizacji przy wykorzystaniu narzędzi *Expand/Shrink* programu ArcGIS (Esri). Tak

przetworzoną warstwę rastrową poddano odwrotnej konwersji, tj. przeprowadzono wektoryzację jednocześnie usuwając z niej poligony o powierzchni poniżej 0.5 ha (GUGIK 2008).

Tereny leśne (Ls) oraz warstwy reprezentujące grunty będące w posiadaniu Państwowego Gospodarstwa Leśnego Lasy Państwowe (PGL LP) scalono w jedną warstwę tematyczną oraz wypełniono rekordy w bazie atrybutowej. Poligony przedstawiające zadrzewienia oraz tereny leśne mniejsze niż 0.5 ha zostały usunięte z analiz przestrzennych GIS zgodnie z przyjętą metodyką (GUGIK 2008).

W celu wyznaczenia powierzchni, na których wykryto nowy rodzaj pokrycia/użytkowania terenu, mapę oryginalną oraz pochodzącą z klasyfikacji OBIA, przecięto ze sobą (analiza *Intersect*). Wyznaczone w ten sposób poligony otrzymały komentarz „do weryfikacji", który został zapisany w odpowiedniej kolumnie tabeli atrybutowej. Określono także powierzchnię i obwód poligonów „do weryfikacji".

Dodatkowo na warstwie wektorowej mapy glebowo-rolniczej zaktualizowano przebieg granicy Tatrzańskiego Parku Narodowego oraz wprowadzono granice innych nowo powołanych parków narodowych, które na danych źródłowych (arkusze map analogowych w kroju obrębowym) nie występowały, tj.: Gorczańskiego Parku Narodowego (powołanego w 1981 r. o powierzchni 69.42 km^2), Magurskiego Parku Narodowego (powołanego w 1995 r., o powierzchni 194.39 km^2, w tym na obszarze województwa małopolskiego zaledwie 18.97 km^2) oraz Babiogórskiego Parku Narodowego – utworzonego w 1954 r. o powierzchni 34.01 km^2.

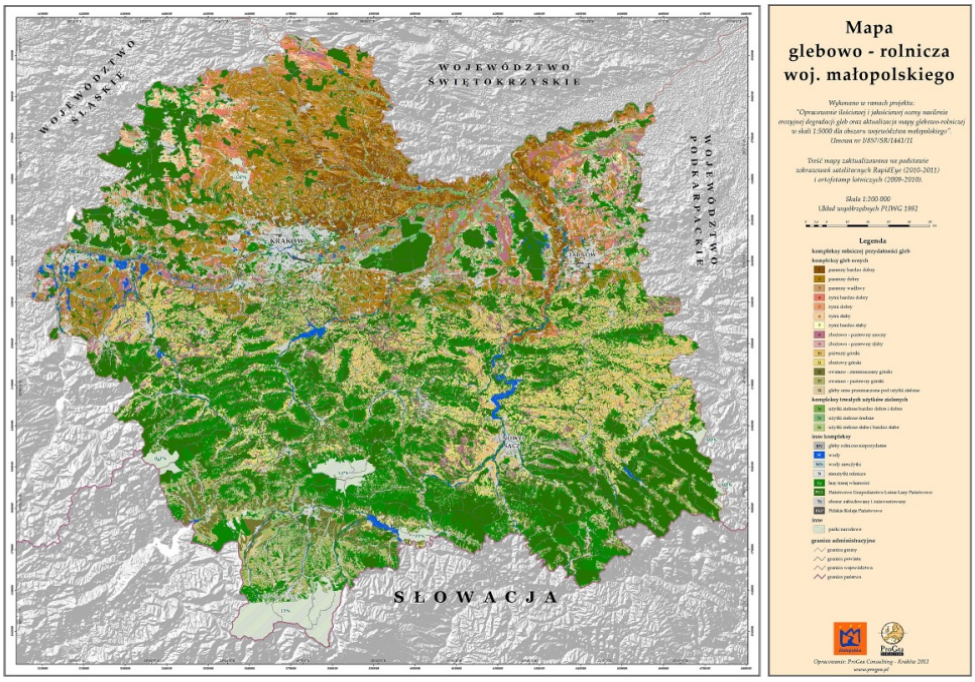
Po zakończonej procedurze aktualizacyjnej GIS poligonów mapy glebowo-rolniczej, warstwy zostały ponownie sprawdzone pod kątem poprawności topologicznej w oprogramowaniu ArcGIS (Esri). Sprawdzono także poprawność atrybutów obiektów warstwy wektorowej. Po zakończeniu procesów aktualizacyjnych przystąpiono do opracowania kartograficznego zaktualizowanej cyfrowej mapy glebowo-rolniczej (Rys. 2).

4. WYNIKI

Po przeprowadzeniu procesu aktualizacji baz danych geometrycznych i opisowych mapy glebowo-rolniczej, sporządzono zestawienia statystyczne (udział powierzchniowy w ha oraz procentowy) dla poszczególnych kompleksów glebowych i innych obiektów występujących na mapie (Tab. 1). Porównano też ze sobą informację z bazy geometrycznej dla poszczególnych obiektów przed i po aktualizacji i zestawiono je tabelarycznie (Tab. 2). Pozwoliło to na syntetyczną ocenę przemian krajobrazu województwa małopolskiego jakie dokonały się w ostatnich kilkudziesięciu latach. Należy jednak nadmienić, iż w nielicznych przypadkach podczas konwersji zasobu analogowego do cyfrowego mapy glebowo-rolniczej, pewne informacje (np. zasięg zbiornika wodnego Czorsztyn) zaktualizowano prawdopodobnie w oparciu o mapy topograficzne. Stąd aktualność warstwy wektorowej mapy glebowo-rolniczej bywa różna, w zależności od miejsca i czasu wprowadzania uzupełnień przez operatorów wektoryzujących zasób. Uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, iż największe zmiany w udziale poszczególnych klas kompleksów zaszły przede wszystkim w obrębie terenów leśnych (Ls) oraz obszarów zabudowanych (Tz). W przypadku lasów w Małopolsce, mamy do czynienia przede wszystkim z ich wkraczaniem na opuszczone tereny rolnicze, a szczególnie na słabsze kompleksy glebowe w górach. Przyrost powierzchni lasów (Ls) o +8.2% (+125 tys. ha; Tab. 1 i 2) w Małopolsce towarzyszył teoretyczny spadek areału PGL LP o około 1%, ale należy pamiętać, że większość

utraconych przez administrację Lasów Państwowych gruntów, „przeszła" do trzech, nowo utworzonych parków narodowych (łącznie ok. 12 000 ha) lub została przeznaczona na poszerzenie trzech innych istniejących PN (o ponad 15 000 ha; Tab. 1).

Wzrost powierzchni o ponad 100 tyś ha (+6,7%; Tab. 2) odnotowano w przypadku klasy terenów zabudowanych (Tz). Być może w rzeczywistości wzrost ten nie był aż tak duży, ale różnica ta wynika z przyjętej w latach 50-tych lub późniejszych, zasad kartograficznej reprezentacji tej klasy na mapach glebowo-rolniczych. Tylko zwarte fragmenty zabudowy były brane pod uwagę w momencie tworzenia mapy glebowo-rolniczej, a zabudowę luźną pomijano niemal całkowicie. Areał zmiany tej klasy można porównać do około 3 krotności obszaru administracyjnego Krakowa w chwili obecnej.



Rys. 2. Kompozycja zaktualizowanej mapy glebowo-rolniczej województwa małopolskiego (stan na lata: 2010/11)

Większą sumarycznie powierzchnię zmian, wynosząca około 166 tys. ha, ale utraty areału, zanotowano w przypadku kompleksów użytkowanych rolniczo (grunty orne; zmiana -10.4%; Tab. 2). Trwałe użytki zielone zmniejszyły swój areał o około 63 tys. ha (-4.2%; Tab. 2). Dla klasy „Gleby rolniczo nieprzydatne" (RN) oraz „Nieużytki rolnicze" (N) nie zanotowano znacznych wahań (odpowiednio -4.5 tys. ha oraz -8 tys. ha). Klasa „Wody" (W) zwiększyła swoją powietrznię o około 5 tys. ha co przekłada się na zmianę rzędu +0.3%.

Tab. 1. Zestawienie powierzchniowego i procentowego udziału poszczególnych typów kompleksów glebowo-rolniczych oraz innych obiektów na oryginalnej i zaktualizowanej mapie glebowo-rolniczej

ID kompleksu	Opis kompleksu /obiektu	Oryginalna mapa glebowo-rolnicza (stan lata 60-te XX w.)		Zaktualizowana cyfrowa mapa glebowo-rolnicza (stan 2010/11)	
		Sumaryczna powierzchnia kompleksu [ha]	Procentowy udział kompleksu [%]	Sumaryczna powierzchnia kompleksu [ha]	Procentowy udział kompleksu [%]
1	Pszenny bardzo dobry	58 691.79	3.9	49 966.45	3.3
2	Pszenny dobry	162 642.45	10.7	135 420.91	8.9
3	Pszenny wadliwy	39 412.91	2.6	33 638.2	2.2
4	Żytni bardzo dobry	25 439.47	1.7	20 846.96	1.4
5	Żytni dobry	30 961.04	2.0	22 767.27	1.5
6	Żytni słaby	33 192.35	2.2	22 298.49	1.5
7	Żytni bardzo słaby	10 383.28	0.7	5 492.78	0.4
8	Zbożowo-pastewny mocny	83 223.57	5.5	67 831.08	4.5
9	Zbożowo-pastewny słaby	9 541.94	0.6	6 427.11	0.4
10	Pszenny górski	96 031.92	6.3	76 737.71	5.1
11	Zbożowy górski	112 095.79	7.4	85 539.27	5.6
12	Owsiano-ziemniaczany górski	87 924.95	5.8	67 734.08	4.5
13	Owsiano-pastewny górski	44 820.33	3.0	35 851.77	2.4
14	Gleby orne przeznaczone pod użytki zielone	22 819.92	1.5	15 570.45	1.0
1z	Użytki zielone bardzo dobre i dobre	3 846.59	0.3	3 221.45	0.2
2z	Użytki zielone średnie	109 793.88	7.2	74 537.71	4.9

ID kompleksu	Opis kompleksu /obiektu	Oryginalna mapa glebowo-rolnicza (stan lata 60-te XX w.)		Zaktualizowana cyfrowa mapa glebowo-rolnicza (stan 2010/11)	
		Sumaryczna powierzchnia kompleksu [ha]	Procentowy udział kompleksu [%]	Sumaryczna powierzchnia kompleksu [ha]	Procentowy udział kompleksu [%]
3z	Użytki zielone bardzo słabe i słabe	56 999.71	3.8	29 461.65	1.9
Babiogórski PN	Babiogórski Park Narodowy	brak na mapie oryginalnej, powołany w 1954 r.		3 401.26	0.2
Gorczański PN	Gorczański Park Narodowy	brak na mapie oryginalnej, powołany w 1981 r.		6 941.68	0.5
Magurski PN	Magurski Park Narodowy	brak na mapie oryginalnej, powołany w 1995 r.		1 897.18	0.1
Ojcowski PN	Ojcowski Park Narodowy	779.52	0.1	2 147.05	0.1
Pieniński PN	Pieniński Park Narodowy	480.57	0.0	2 327.23	0.2
Tatrzański PN	Tatrzański Park Narodowy	8 931.63	0.6	21 303.10	1.4
Ls	Lasy	217 258.78	14.3	341 610.70	22.5
PGL	Państwowe Gospodarstwo Leśne	225 492.49	14.9	209 822.22	13.8
RN	Gleby rolniczo nieprzydatne	10 863.36	0.7	2 712.14	0.2
N	Nieużytki rolnicze	7 667.86	0.5	3 011.05	0.2
Tz	Tereny zabudowane i zainwestowane	32 279.76	2.1	137 974.64	9.1
PKP	Polskie Koleje Państwowe	4 261.59	0.3	4 286.32	0.3
W	Wody	19 465.23	1.3	24 519.07	1.6
WN	Wody nieużytki	1 067.59	0.1	1 073.44	0.1
SUMA		**1 516 370.42**	**100.0**	**1 516 370.42**	**100.0**

Tab. 2. Różnice powierzchniowe i procentowe pomiędzy kompleksami na mapie glebowo-rolniczej (stan lata 60-te XX w.) oraz po jej aktualizacji (stan 2010/11)

ID kompleksu	Opis kompleksu / obiektu	Różnica w powierzchni kompleksu [ha]	Różnica procentowa udziału kompleksu [%]
1	Pszenny bardzo dobry	-8 725.34	-0.57
2	Pszenny dobry	-22 185.80	-1.46
3	Pszenny wadliwy	-5 774.71	-0.38
4	Żytni bardzo dobry	-4 592.51	-0.31
5	Żytni dobry	-8 193.78	-0.54
6	Żytni słaby	-10 893.87	-0.72
7	Żytni bardzo słaby	-4 890.51	-0.32
8	Zbożowo-pastewny mocny	-15 392.49	-1.02
9	Zbożowo-pastewny słaby	-3 114.83	-0.21
10	Pszenny górski	-19 294.22	-1.27
11	Zbożowy górski	-26 556.52	-1.75
12	Owsiano-ziemniaczany górski	-20 190.87	-1.33
13	Owsiano-pastewny górski	-8 968.57	-0.60
14	Gleby orne przeznaczone pod użytki zielone	-7 249.48	-0.47
1z	Użytki zielone bardzo dobre i dobre	-625.14	-0.04
2z	Użytki zielone średnie	-35 256.18	-2.32
3z	Użytki zielone bardzo słabe i słabe	-27 538.06	-1.82
Babiogórski PN	Babiogórski Park Narodowy	utworzony w 1954 r. (brak na mapie)	
Gorczański PN	Gorczański Park Narodowy	utworzony w 1981 r. (brak na mapie)	
Magurski PN	Magurski Park Narodowy	utworzony w 1994 r. (brak na mapie)	
Ojcowski PN	Ojcowski Park Narodowy	+1 367.53	0.09
Pieniński PN	Pieniński Park Narodowy	+1 846.65	0.12
Tatrzański PN	Tatrzański Park Narodowy	+12 371.47	0.81
Ls	Lasy	+124 351.91	8.20
PGL	Państwowe Gospodarstwo Leśne	-15 670.28	-1.03
N	Gleby rolniczo nieprzydatne	-4 656.82	-0.31
RN	Nieużytki rolnicze	-8 151.22	-0.54
Tz	Tereny zabudowane i zainwestowane	+102 073.81	6.73
W	Wody	+5 053.84	0.34
WN	Wody nieużytki	+5.84	0.00
PKP	Polskie Koleje Państwowe	+24.73	0.00

5. DYSKUSJA I WNIOSKI

Zaprezentowana praca wykazała jednoznacznie, iż wykorzystanie nowoczesnych technologii geoinformacyjnych, w tym: teledetekcyjnych – w postaci aktualnych zobrazowań wielospektralnych i wysokorozdzielczych, a także automatycznych procedur klasyfikacji obrazów, pozwala przy wykorzystaniu GIS na dokonanie w stosunkowo krótkim czasie, złożonej aktualizacji numerycznych baz danych geometrycznych i opisowych mapy glebowo-rolniczej w skali całego województwa. Cel jaki stawiali sobie autorzy, polegający na wzmocnieniu analizy OBIA scen satelitarnych RapidEye obrazami ortofotomap lotniczych (LPIS) a także innymi warstwami pochodnymi (np. filtrów krawędziowych czy NDVI) oraz danymi z PZGiK, w procesie aktualizacji mapy glebowo-rolniczej, został osiągnięty w satysfakcjonujący sposób w stosunkowo krótkim czasie. Należy podkreślić, iż klasyfikacja OBIA realizowana była przy możliwie wysokim stopniu automatyzacji procesów klasyfikacji i segmentacji obrazów odbywających się bez dużego udziału operatora.

Zapewnienie aktualności map glebowo-rolniczych wydaje się być jednym z kluczowych zadań stojących przed administracją publiczną, na której spoczywa odpowiedzialność tworzenia i realizacji regionalnej polityki i rozwoju regionalnego, szczególnie w aspekcie planowania produkcji rolnej czy planowania przestrzennego.

Aktualność treści mapy glebowo-rolniczej ma także bardzo istotne znaczenie przy modelowaniu terenów zagrożonych erozją gleby powodowaną opadami atmosferycznymi z wykorzystaniem modelowania GIS, tak jak w przypadku algorytmu (R)USLE (ang. *Revised Universal Soil Loss Equation*).

Informacje jakie można czerpać z analizy statycznej zmian zachodzących w bazie geometrycznej (powierzchnie, obwód) i atrybutowej (kategorie, inne opisowe cechy) cyfrowej mapy glebowo-rolniczej, dają też przestrzenne i czasowe spojrzenie na przemiany zachodzące w krajobrazie poszczególnych regionów Małopolski. Oczywiście dynamika ich zmian ma ścisły związek z przemianami życia społeczno-gospodarczego i infrastruktury w skali regionalnej i lokalnej.

Wykorzystując możliwości wysokiej rozdzielczości czasowej (w przypadku systemu RapidEye – 1 dzień), spektralnej a także terenowej, systemów teledetekcyjnych oraz analiz przestrzennych GIS, przeprowadzanie aktualizacji numerycznej mapy glebowo-rolniczej w oparciu o automatyczne procedury klasyfikacji OBIA oraz wsadowe przetwarzanie GIS, nie powinno nastręczać żadnych problemów w skali całego kraju.

6. LITERATURA

Aldred D., Wang J., 2011. A method for obtaining and applying classification parameters in object-based urban rooftop extraction from VHR multispectral images. International Journal of Remote Sensing, Volume 32, Issue 10, p. 2811–2823.

Benz U. C., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder I., Heynen M., 2004. Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 58, pp. 239–258.

de Kok R., Wężyk P., 2008. Principles of full autonomy in image interpretation. The basic architectural design for a sequential process with image objects. In: Object-Based Image Analysis. Blaschke Th., Lang S., Hay G.J. (Eds.). Series: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer Berlin Heidelberg. p. 697–710.

GUGIK, 2008. Wytyczne techniczne. Baza Danych Topograficznych (TBD). Wersja 1 uzupełniona. Warszawa 2008.

Jelonek J., Wyczałek I., 2006. Automatyczna detekcja zmian urbanistycznych na zdjęciach lotniczych. Archiwum Fotogrametrii i Teledetekcji, Vol.16, s. 249–257.

Krischke M., Niemeyer W., Scherer S., 2000. RapidEye satellite based geo-information system. Acta Astronautica, Vol. 46, s. 307–312.

Sandau R., Brieß K., D'Errico M., 2010. Small satellites for global coverage: Potential limits. *ISPRS Journal of photogrammetry and Remote Sensing*, 65, p. 492–504.

Wang Q., Tenhunen D.J., 2004. Vegetation mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation,* 6, s. 17–31.

Wężyk P., de Kok R., Szombara S., 2007. Zastosowanie obiektowo zorientowanej analizy obrazu (GEOBIA) wysokorozdzielczych obrazów satelitarnych w klasyfikacji obszaru miasta Krakowa. *Roczniki Geomatyki*, 17b, s. 791–800.

UPDATE OF SOIL-FARMING DIGITAL MAP USING OBJECT BASED IMAGE ANALYSIS (OBIA) OF REMOTE SENSING DATA AND APATIAL ANALYSIS

KEY WORDS: soil map, Object Based Image Analysis (OBIA), map up-date, spatial GIS analysis

SUMMARY: The analogue soil maps (paper sheets; scale 1:5000) were made in Poland most likely in the 60-ties of XX century. Today, they need not only conversion from analogue form to digital (raster or vector) format but also quick and objective map revision. Soil maps become outdated and they don't represent actual land use or land cover (LULC). Rapid growth of cities and the country side development as well as infrastructure constructions have to be included in up-dated soil map. During the last 50 years in Małopolska Voivodeship, many hectares of arable land were abandoned and changed in natural way (succession) in to the class forest. In year 2010 the Marshal office of Małopolska Voivodeship decide to convert the archive of analogue soil map to shape file with connected database. In 2011 another project was started with main goal of up-date of the soil map (about 15 000 km^2). The special work-flow of geoinformation technologies was used for fulfill this goal. Object Based Image Analysis (OBIA) meets the criteria for fast and accurate Land Use & Land Cover (LULC) classification method of the RapidEye (from years 2010/2011) high resolution satellite images. Application of this object based classification method, together with GIS analysis ensures very high degree of work automation. The results obtained shows, that the most changes in a land cover were observed in urban areas (Tz; +6.3%) and forests (Ls; + 8.2%). The area of all other agricultural used soil complexes decreased in the same time about -10.5% (in the mountainous areas approx. -4.9%). The class pastures and meadows also decrease during the last 50 years about -4.2%. This project demonstrates success story of using the modern GIS techniques to verify and update soil map of Małopolska Voivodeship based on the OBIA of RapidEye satellite imaginary and aerial orthophotomaps (RGB).

dr inż. Piotr Wężyk
e-mail: rlwezyk@cyf-kr.edu.pl
telefon: +48-12-662-5082
fax: +48-12-662-5082