

ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII GEOMATYCZNYCH DO ZARZĄDZANIA DANYMI PRZY ROZPOZNAWANIU UPRAW NA SATELITARNYCH ZDJĘCIACH MIKROFALOWYCH

APPLICATION OF GEOMATICS TO DATA MANAGEMENT IN THE PROJECT ON CROP RECOGNITION ON SATELLITE MICROWAVE IMAGES

Krystyna Stankiewicz, Emilia Wiśniewska, Agata Hościło

Instytut Geodezji i Kartografii

Słowa kluczowe: zdjęcia satelitarne, klasyfikacja nadzorowana, pola treningowe, SIP
Keywords: satellite images, supervised classification, training samples, GIS

Wprowadzenie

Zastosowanie technologii geomatycznych w projektach badawczych, w których aspekt przestrzenny danych jest istotny, przynosi szereg korzyści. Narzędzia oferowane przez systemy informacji przestrzennej usprawniają gromadzenie, edycję i analizę danych przestrzennych (Laurini R., Thompson D., 1992). Wykorzystanie metod geomatyki jest wręcz niezbędne wtedy, gdy mamy do czynienia z dużymi zasobami różnorodnych danych przestrzennych, takimi jak: cyfrowe materiały kartograficzne, satelitarne, lotnicze lub naziemne zdjęcia, bazy danych opisowych bądź dane multimedialne odnoszące się do obiektów geograficznych. Tak różne dane można gromadzić w geobazach, które pozwalają na spójne zarządzanie zasobami projektu. Ponadto, jeśli istnieje konieczność pozyskiwania lub sprawdzania danych w terenie, geomatyka dostarcza narzędzi ułatwiających to zadanie. Artykuł prezentuje przykład wykorzystania narzędzi geomatyki do realizacji projektu badawczego dotyczącego rozpoznawania upraw na mikrofalowych zdjęciach satelitarnych (Stankiewicz K., 2004). W projekcie stosowano systemy informacji przestrzennej przeznaczone dla urządzeń stacjonarnych i przenośnych w celu zbierania danych, a także do ich analizy.

Rozpoznawanie upraw na mikrofalowych zdjęciach satelitarnych jest zagadnieniem, któremu poświęca się od kilku lat wiele uwagi w różnych ośrodkach teledetekcyjnych na świecie (Brisco B., Brown R. J., 1998; Ferrazzoli P., 2001). Zainteresowanie tym tematem wynika z praktycznego zapotrzebowania. Obserwacja rozległych obszarów rolniczych z poziomu satelitarnego w celu określenia aktualnego stanu upraw jest bardzo ważnym zagadnieniem gospodarczym. Zdjęcia satelitarne wykonywane w zakresie widzialnym i podczerwieni nie mogą stanowić w tym przypadku jedyne źródła informacji niezależnie od liczby i roz-

mieszczenia kanałów spektralnych, ze względu na niemożność pozyskiwania takich zdjęć w okresach zachmurzenia. Stąd duże zainteresowanie satelitarnymi zdjęciami mikrofalowymi, które obrazują powierzchnię Ziemi niezależnie od występowania powłoki chmur.

Ze względu na trudności techniczne stosowane dotychczas satelitarne anteny radarowe mogły służyć do wykonywania zdjęć tylko w pojedynczym zakresie długości fali elektromagnetycznej i co najwyżej przy dwu różnych układach polaryzacji tej fali. Otrzymuje się więc zdjęcia jednokanałowe (zdjęcia z satelitów ERS, JERS, RADARSAT) lub dwukanałowe (z satelity ENVISAT). Ogranicza to niewątpliwie zakres informacji jaki można uzyskać na podstawie takiego zdjęcia. Z tego powodu rozwijane są metody, które mają na celu podniesienie walorów interpretacyjnych zdjęć mikrofalowych. Analizuje się na przykład serie zdjęć wykonanych w różnych terminach. Możliwość rozpoznawania różnych skupisk roślinnych na zdjęciach mikrofalowych jest zależna od parametrów zdjęcia (długości fali, polaryzacji, kąta padania mikrofal na obrazowaną powierzchnię), od fazy fenologicznej roślin i szeregu czynników środowiskowych, w tym przede wszystkim od zawartości wody w roślinach i w glebie. To tłumaczy dlaczego zagadnienie rozpoznawania upraw na zdjęciach mikrofalowych wciąż jest przedmiotem badań. Z jednej strony zmiany w parametrach pozyskiwania tych zdjęć np. poprzez wprowadzanie nowych zakresów długości fal, a także zwiększenie dostępności zdjęć pozwala na uzyskiwanie lepszych rezultatów. Z drugiej strony wielość czynników środowiskowych wpływających na jakość zdjęć mikrofalowych oraz różnorodność upraw typowych dla różnych regionów wymagają prowadzenia badań na różnych obszarach w przedziale czasu obejmującym co najmniej kilka sezonów wegetacyjnych.

Rozpoznawania upraw na zdjęciach mikrofalowych z satelity ENVISAT jest od 2003 roku przedmiotem prac prowadzonych w Instytucie Geodezji i Kartografii w ramach kolejnych projektów badawczych¹. W kolejnych latach analizowane są serie zdjęć mikrofalowych pozyskiwane w różnych terminach w sezonie wegetacyjnym. Jednym z najważniejszych zadań jest przeprowadzenie klasyfikacji treści zdjęć pod kątem wyróżniania upraw występujących na badanym obszarze. Zadanie to wiąże się między innymi ze zgrupowaniem odpowiednich danych terenowych. Sposób wykonania klasyfikacji zdjęć zależy od wyboru jednej z dwu podstawowych metod klasyfikacji: nadzorowanej bądź nienadzorowanej (Brandt T., Mather P.M., 2001). Klasyfikacja nadzorowana wymaga wskazania na zdjęciu przykładowych reprezentacji wszystkich wyróżnianych klas. Wskazanie to powinno opierać się na wiarygodnych danych sprawdzonych w terenie. Natomiast, w klasyfikacji nienadzorowanej klasy wyróżniane są na podstawie struktury wewnętrznej danych, a następnie poszukiwane są ich odpowiedniki w terenie. Ocena dokładności klasyfikacji dokonywana jest na podstawie porównania otrzymanych wyników ze stanem faktycznym dla losowo wybranej próby. Zatem, niezależnie od wyboru metody klasyfikacji, dane terenowe są zarówno niezbędnym elementem wykonania klasyfikacji, jak i kontroli jej jakości.

W omawianym projekcie zdjęcia mikrofalowe są klasyfikowane z zastosowaniem metody nadzorowanej. Dla każdej wyróżnianej klasy należy zatem zebrać dane, które mogą posłużyć jako dane treningowe oraz jako niezależne dane walidacyjne. W tym celu wybrano ponad 700 różnych pól, dla których w terenie sprawdzano rodzaj uprawy oraz dokonywano oceny lub pomiaru kilku parametrów określających aktualny stan uprawy. Pola wizytowane były w czasie zbliżonym do czasu rejestracji zdjęć satelitarnych i kampanie takie powtarzano kilkukrotnie w ciągu danego sezonu wegetacyjnego. Realizacja tego zadania wymaga zastosowania narzędzi, które ułatwiają lokalizację odpowiednich pól w terenie i usprawniają rejestrację danych.

¹ Projekty badawcze finansowane przez Ministerstwo Nauki i Informatyzacji: 8T12E01621 (w latach 2001-2003), a od 2004 roku 4T12E01027.

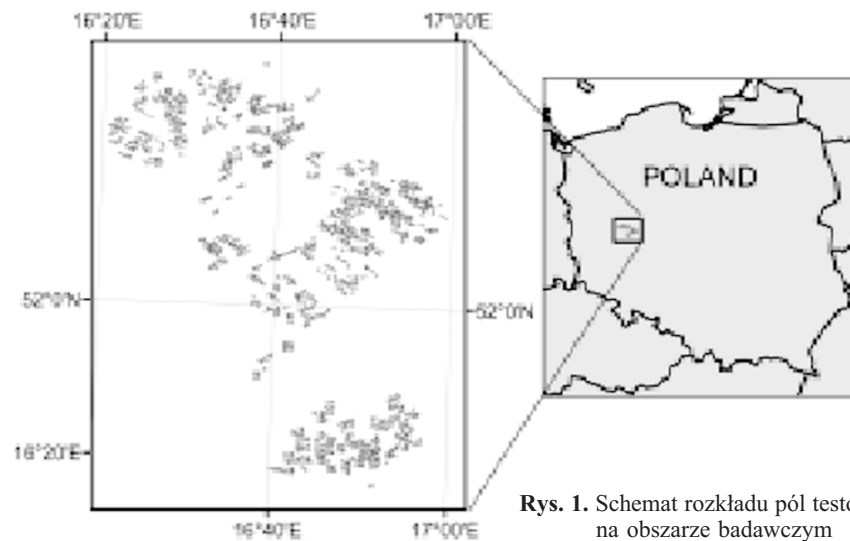
Wykorzystanie systemu informacji przestrzennej ułatwiło nie tylko pozyskiwanie danych terenowych, ale także szereg innych czynności wykonywanych w ramach projektu na różnych jego etapach. System informacji przestrzennej służył do przygotowania prac w terenie, do zbierania danych terenowych oraz do opracowywania danych i oceny wyników. Do realizacji poszczególnych zadań stosowane były funkcje dostarczane obecnie przez większość komercyjnych systemów przetwarzania danych przestrzennych. Do realizacji projektu wykorzystano między innymi oprogramowanie ARCVIEW i ARCPAD firmy ESRI (ESRI White Papers, 2004).

Gromadzenie danych terenowych do klasyfikacji zdjęć mikrofalowych

W fazie gromadzenia danych terenowych niezbędnych do realizacji projektu można wyróżnić następujące etapy:

- identyfikacja pól testowych na obszarze badawczym;
- określanie typu uprawy dla każdego pola testowego;
- rejestracja wybranych cech uprawy na polach testowych w momencie pozyskiwania zdjęcia satelitarnego na podstawie ogólnej oceny stanu pól;
- punktowe pomiary parametrów, które mają istotny wpływ na wartość sygnału mikrofalowego rejestrowanego na zdjęciu.

Jednym z założeń projektu było prowadzenie badań na polach o powierzchni powyżej 5 ha. Wybrany obszar badawczy leży w Wielkopolsce, gdzie stosunkowo łatwo można odnaleźć skupiska pól o dużej powierzchni. W praktyce okazało się jednak, że pozyskanie odpowiednio licznej próby pól, które dobrze reprezentują najczęściej występujące w tym regionie uprawy wymaga zbierania danych na dość dużym obszarze. Obszar ten zawiera się w prostokącie o wymiarach 40 na 50 km (rys. 1), a pola testowe występują w nim w trzech oddzielonych od siebie skupiskach. Słowo „pole” użyte zostało w specyficznym znaczeniu i



Rys. 1. Schemat rozkładu pól testowych na obszarze badawczym

określa w tym przypadku obszar jednorodnej uprawy. Granice pól testowych mogą ulegać zmianie nie tylko w kolejnych latach, ale także w trakcie jednego sezonu wegetacyjnego, kiedy po zbiorach jednej uprawy dany obszar może zostać zagospodarowany w innym układzie przestrzennym. Zdarza się, że pole, które spełniało kryterium powierzchni zostanie w innym sezonie podzielone tak, że żadna z jego części nie będzie miała dostatecznie dużej powierzchni. W efekcie zbiór pól testowych ulega większym lub mniejszym zmianom z sezonu na sezon i zmiany te muszą być dokładnie rejestrowane. Każde pole testowe ma swój unikalny numer identyfikacyjny w tworzonej dla projektu bazie.

Granice pól testowych są określane na podstawie zdjęć satelitarnych i kontrolowane w terenie. Ustalenie granic pól polega na utworzeniu warstwy wektorowej na podkładzie warstwy rastrowej, którą jest zdjęcie satelitarne. Pierwotna digitalizacja granic upraw była wykonywana na podkładzie zdjęcia z satelity Landsat ETM o rozdzielczości przestrzennej 30 m i odnosiła się do stanu z 2002 roku. W kolejnych latach korekty tych granic oraz wprowadzanie nowych pól były przeprowadzane na podstawie zdjęć mikrofalowych pozyskiwanych w różnych terminach. Na rysunku 2 przedstawiony został fragment kompozycji barwnej uzyskanej na podstawie zdjęć mikrofalowych z trzech terminów z nałożoną na wierzch warstwą wektorową granic pól. Można zauważyć, że sama kompozycja barwna nie wystarcza na ogół do rozdzielenia sąsiadujących ze sobą pól z tą samą uprawą. Występują także inne utrudnienia, z powodu których pojedyncza kompozycja barwna, a tym bardziej pojedyncze zdjęcie są niewystarczające do jednoznacznego wydzielenia pól. Pojawiają się np. niejednorodności obrazu w granicach pola spowodowane zmiennością parametrów roślinnych i glebowych. Zdarza się też, że wydzielenie poszczególnych upraw nie jest możliwe na podstawie trzech zdjęć, ale wymaga dodatkowych zdjęć, nie włączonych do kompozycji barwnej.

Dokładność klasyfikacji nadzorowanej zależy w istotny sposób od prawidłowego określenia pól treningowych, czyli od wybranych przykładów pól dla każdej wyróżnianej klasy. Z tego powodu korekta granic upraw na podstawie rzeczywistej sytuacji jest niezbędna. Do sprawdzania poprawności granic w terenie wykorzystywany jest palmtop wyposażony w odbiornik GPS. Odpowiednie oprogramowanie (ARCPad) umożliwia wyświetlanie warstw wektorowych i rastrowych odniesionych przestrzennie wraz z bieżącą pozycją określaną przez GPS (rys. 3). Wyświetlanie obiektów w zależności od ich atrybutów opisowych i/lub lokalizacji z jednoczesną możliwością nadawania etykiet i doboru parametrów wizualizacji było bardzo przydatne przede wszystkim w trakcie prac terenowych. Możliwa była również bezpośrednia edycja warstwy wektorowej na podstawie wskazań położenia. Dokładności wyznaczenia położenia na podstawie zdjęć satelitarnych i wykorzystywanego odbiornika GPS były tego samego rzędu, tzn. około 10 m. Warto zwrócić uwagę, że w zadaniu rozpoznawania upraw na satelitarnych zdjęciach mikrofalowych jest to dokładność wystarczająca, ponieważ celem nie jest precyzyjne określenie granic działek, ale badanie możliwości rozpoznawania upraw na dużych powierzchniach.

Dane opisowe poszczególnych warstw wektorowych były uzupełniane na bieżąco wynikami rozpoznania upraw w terenie oraz wynikami niektórych pomiarów. W tym celu korzystano z palmtopa wyposażonego w odbiornik GPS oraz w odpowiednie oprogramowanie do zarządzania danymi przestrzennymi. Te urządzenia i programy pozwoliły na wprowadzanie danych do tabeli powiązanej z warstwą wektorową. Własności charakteryzujące pola w całości, takie jak kod uprawy, jakościowa ocena stanu roślin, zachwaszczenie, bądź uwagi ogólne dowiązywane są do warstwy elementów powierzchniowych – wieloboków reprezentujących pola. Wyniki pomiarów punktowych (wysokość roślin, wilgotność gleby, bio-

masa) oraz zdjęcia naziemne dowiązywane były do warstwy punktowej, której elementy wprowadzane są na podstawie pozycji wskazywanej przez odbiornik GPS. W tym przypadku wystarcza dokładność pomiaru położenia rzędu kilku metrów ponieważ bok kwadratowego piksela zdjęcia mikrofalowego wynosi 12,5 m, a pomiary punktowe konfrontowane są z wartościami odczytanymi ze zdjęcia i uśrednionymi na podstawie kilkunastu pikseli.

Baza danych przestrzennych w projekcie

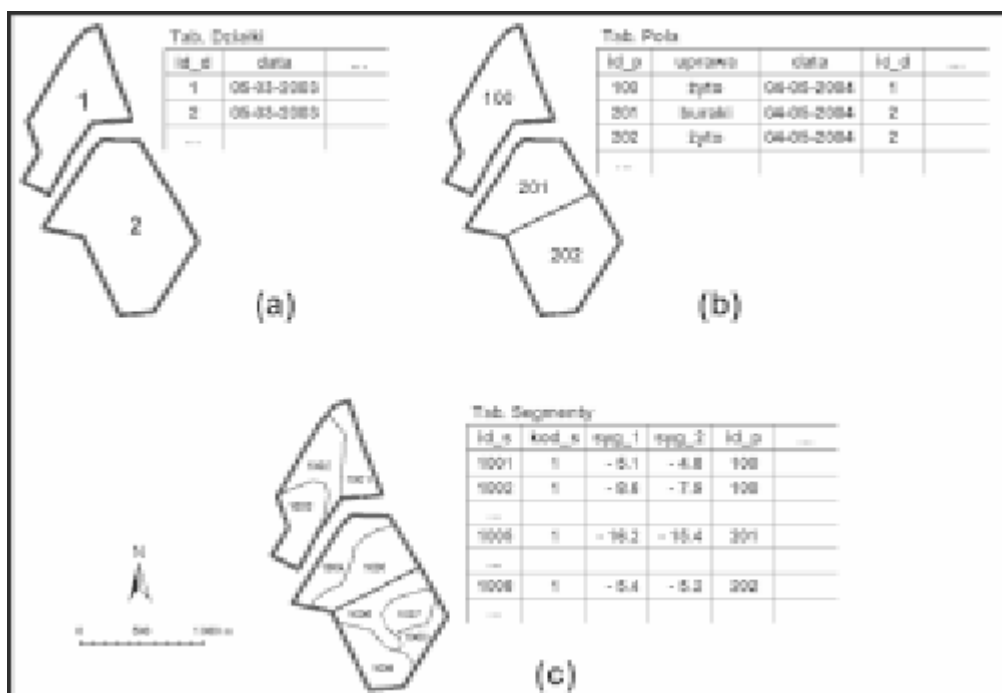
W projekcie wykorzystywane są dane różnych typów. Zdjęcia satelitarne oraz niektóre mapy tematyczne, numeryczny model rzeźby terenu i jego pochodne stanowią przykład danych rastrowych. Dane wektorowe występują w postaci danych powierzchniowych (np. pola testowe, mapa glebowa) i punktowych (np. punkty pomiarowe). Dane opisowe towarzyszą nie tylko odpowiednim danym geometrycznym w poszczególnych warstwach tematycznych, ale także przechowywane są osobno w relacyjnej bazie danych.

Wprowadzenie tych zasobów do systemu informacji przestrzennej ułatwia zarządzanie danymi i przyspiesza dalsze analizy. Wśród zalet wykorzystania SIP w projekcie na pierwszym miejscu należy wymienić możliwość uporządkowania danych zgodnie z ich odniesieniem przestrzennym w odpowiednich warstwach tematycznych. Zgromadzenie w systemie zdjęć satelitarnych, które zostały pozyskane w różnych terminach jest możliwe dopiero po zorientowaniu każdego z nich względem mapy w odpowiedniej skali i w wybranym odwzorowaniu. Te czynności przygotowawcze wykonywane są w systemie przetwarzania zdjęć satelitarnych. Poza tym do systemu dołączone zostały mapy tematyczne obszaru badawczego w odpowiednim odwzorowaniu. Służą one do określania różnych czynników wpływających na sygnał mikrofalowy zarejestrowany na zdjęciu satelitarnym. Jedną z takich warstw jest numeryczny model terenu. Teren badawczy jest w przeważającej części płaski, ale niektóre pola znajdują się w terenie pofałdowanym, co może wpływać na intensywność odbicia mikrofal od powierzchni Ziemi. W sytuacji, gdy wpływ ukształtowania terenu staje się zbyt wyraźny należy odpowiednio korygować wartości odczytywane ze zdjęć mikrofalowych. Kontrola tego efektu jest więc konieczna i odbywa się w oparciu o numeryczny model terenu (NMT) oraz jego pochodne, takie jak nachylenie stoków i kierunek maksymalnego spadku. System SIP umożliwia wyznaczenie warstw pochodnych na podstawie NMT. Pozostałe warstwy tematyczne pozwalają sprawdzać wpływ różnych cech środowiska na poprawność wyników klasyfikacji.

W systemie znajdują się też pewne warstwy robocze, które odgrywają rolę w klasyfikacji, ale dodatkowo są analizowane w zestawieniu z innymi warstwami tematycznymi. Chodzi tu o warstwy segmentów pól testowych o jednorodnej charakterystyce opartej na wybranych parametrach. Problem podziału pól na segmenty jest związany z przyjętą technologią klasyfikacji, w której klasyfikowane są nie wartości pojedynczych pikseli, ale wartości reprezentujące segmenty obrazu. Segmenty te są w miarę jednorodne pod względem cech spektralnych. Są one generowane przez niezależne oprogramowanie na podstawie zestawów zdjęć mikrofalowych dobranych w szczególnie sposób i po ustaleniu pewnych parametrów, które decydują o rozmiarze i kształcie segmentów. Stosuje się taki podział na segmenty, w którym żaden segment nie należy równocześnie do więcej niż jednego pola. Niektóre cechy opisowe pól traktowanych jako całość charakteryzują również segmenty leżące wewnątrz danego pola. Dotyczy to np. typu uprawy. Jednak pewne charakterystyki szczegółowe mogą być różne dla segmentów tego samego pola. Najważniejsze dla klasyfikacji są wartości śred-

nie pewnych wielkości obliczonych na podstawie zdjęć mikrofalowych. Zakłada się, że te wartości zwane dalej sygnaturami są skorelowane z typem uprawy i mogą być podstawą rozróżniania upraw na zestawach zdjęć mikrofalowych. Ze względu na pewną dowolność w doborze zestawu zdjęć służącego do definiowania segmentów, jak również ze względu na badanie zależności wyników klasyfikacji od wielkości i kształtu segmentów, istnieje szereg różniących się między sobą warstw segmentów dla ustalonego sezonu wegetacyjnego. Oprogramowanie SIP ułatwia zarządzanie warstwami segmentów, z których każda musi być jednoznacznie identyfikowana w systemie. Hierarchia rozpatrywanych elementów powierzchniowych jest podsumowana na rysunku 4. Obszarami wyjściowymi powinny być w zasadzie działki z systemu ewidencji LSIP. Na razie nie posiadamy takich danych, więc jako warstwę podstawową stosujemy warstwę pochodzącą z digitalizacji powierzchni upraw na zdjęciu z satelity Landsat ETM. W miarę dopływu nowych danych warstwa ta podlega edycji, aby likwidować zbędne podziały. Jest to warstwa, która zawiera powierzchnie maksymalne (rys. 4a). Do nich dowiązywane są powierzchnie o ustalonym typie uprawy w określonym sezonie (rys. 4b). Warstwy segmentów znajdują się na najniższym poziomie tej hierarchii (rys. 4c).

Poza bazą danych w ramach systemu informacji przestrzennej wygodne jest również posługiwanie się relacyjną bazą danych opisowych. Tabele z tej bazy mogą być łączone w miarę potrzeby z tabelami dowiązanymi do warstw tematycznych. W bazie znajdują się wyniki pomiarów punktowych i ocen jakościowych dla pól. W osobnej tabeli przechowywana jest np. ewidencja zdjęć naziemnych wraz z danymi o miejscu i dacie ich wykonania. Dowiązanie zdjęć naziemnych do odpowiednich pól testowych jest możliwe poprzez połączenie tej tabeli z tabelą warstwy pól.



Rys. 4. Przykłady różnych elementów powierzchniowych rozpatrywanych w trakcie klasyfikacji zdjęć mikrofalowych wraz z odpowiadającymi im tabelami.

Analizy przestrzenne

Wykorzystując funkcje wbudowane w system informacji przestrzennej wykonuje się szereg analiz przestrzennych, które dostarczają danych do klasyfikacji i umożliwiają ocenę uzyskanych wyników. Najważniejszym etapem jest obliczanie sygnatur upraw z wykorzystaniem funkcji strefowych. Sygnatury są obliczane na podstawie mikrofalowych zdjęć satelitarnych. Są one wynikiem uśredniania wartości reprezentujących te piksele, które znajdują się w granicach pól lub segmentów. Wartości sygnatur przechowywane są w zasadzie w tabelach relacyjnej bazy danych, ale mogą być także dołączane do odpowiednich warstw wektorowych. Wartości sygnatur mogą być więc wykorzystane do nadawania odpowiedniej reprezentacji barwnej polom lub segmentom, co pozwala na wizualną ocenę rozkładu ich wartości.

System danych przestrzennych umożliwił także znajdowanie powierzchni o ustalonych wartościach wybranego zestawu parametrów opisowych oraz badanie statystycznych własności wybranych parametrów w zależności od położenia. W tym celu zastosowane zostały funkcje geostatystyczne dostępne w module Geostatistics działającym w systemie ArcView.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono kolejne etapy prac wykonywanych z wykorzystaniem technologii geomatycznych w projekcie dotyczącym rozpoznawania upraw na zdjęciach mikrofalowych. Okazało się, że nawet użycie samych standardowych funkcji systemów informacji przestrzennej, dostępnych w większości komercyjnych pakietów oprogramowania SIP, pozwoliło na osiągnięcie dużych korzyści w sferze uporządkowania danych, ułatwienia prac terenowych, przyspieszenia analiz i wnioskowania. Podobny schemat tworzenia bazy danych przestrzennych może być zastosowany w dowolnym projekcie, w którym przeprowadzana jest klasyfikacja zdjęć satelitarnych.

Literatura

- Brandt T., Mather P.M., 2001: Classification Methods for Remotely Sensed Data, Taylor & Francis, London, New York.
- Brisco B., Brown R. J., 1998: Agricultural Applications with Radar [W:] *Principles & Applications of Imaging Radar; Manual of Remote Sensing* Vol. 2, 3rd ed., wyd. F.M. Henderson and A. J. Lewis.
- ESRI White Papers, 2004: ESRI Cartography: Capabilities and Trends, <http://support.esri.com>
- Ferrazzoli P., 2001: SAR for Agriculture: Advances, Problems and Prospects, 3rd Int. Symp. on Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications, 11-14 Sept. 2001, Sheffield, UK
- Laurini R., Thompson D., 1992: Fundamentals of Spatial Information Systems, Academic Press, San Diego.
- Stankiewicz K., 2004: Rozpoznawanie upraw na zdjęciach mikrofalowych pozyskanych z satelitów ENVISAT i ERS, *Prace IGiK*, 2004, tom L, zeszyt 106, str. 73-101.

Summary

It is the most beneficial to apply geomatics to research projects for which the spatial aspect of data is important. Tools offered by GIS improve collection of spatial data, their modifications and analysis. Moreover, when large spatial data sets of various types are considered, it becomes even more important to refer to geomatics. Simultaneous analysis of digital maps, satellite images, aerial photos, feature data base and multimedia, requires special tools which are offered by GIS software. The aim of this paper is to present an example of the application of geomatics to a research project. The project is aimed at an investigation of crop recognition on microwave satellite images. In this project, GIS software on desktop and mobile platforms were applied to spatial data collection and analysis.

One of the most important tasks of the project is to classify the content of satellite images. This task is related to the collection of appropriate ground data. The classification method used in the project belongs to supervised methods. In supervised approach it is necessary to collect samples representing each class on the image. These samples allow to train the classifier and help to determine the decision boundaries in the feature space defined by satellite images. The quality of final classification results depends on how adequately these training samples are selected. In the case of crop recognition on satellite images, training samples for various crops are initially specified in the study area. Next, pixels representing selected sample areas are identified on satellite images. More than 30 training samples are needed for each crop class in order to satisfy statistical requirements. Moreover, the validation of classifier requires a set of independent validation samples.

On the whole, 700 fields covered by unique crops were selected in the study area. It has been assumed that only fields with an area larger than 5 hectares can form training and validation sets. The record of crop type and several parameters characterizing crop condition or its phenological phase for each of these fields were taken during the visits to the test site. Data collection was correlated with satellite overpasses and repeated during the consecutive acquisitions of images within the whole crop growth season. The project started in 2003 and was continued in 2004 and 2005. Each year the set of sample fields was slightly different. Due to crop rotation and other farming practices, the selection of crop representation varied from one year to another. Moreover, the boundaries of some of the fields had to be modified and a full record of these modifications was kept in the project database. The initial version of field geometry was obtained by digitization of crop boundaries on a LANDSAT ETM image. This initial layer was updated during the field campaign using a palmtop with GPS receiver and ARCPad software. GIS tools helped to define the boundaries of sample fields and to register all estimated or measured parameters which characterized crops in the fields. GIS tools were used during the initial phase of the project, as well as at the subsequent steps of spatial data handling. The following tasks were completed using GIS ARCMAP software:

- collection of spatially oriented microwave satellite images which were acquired during the crop growth season;*
- collection of thematic maps for the study area – DTM, soil map etc.;*
- processing of thematic maps aimed on derivation of some useful products like for example maps of slope and aspect based on DTM;*
- management of images showing various phases of crop development in the study area;*
- creation of the relational database which contains descriptive data referring to the fields.*

Crop recognition on microwave images is based on the assumption that different types of crops backscatter microwave uniquely, giving a «spectral signature». Average values of microwave response registered in satellite image within the boundaries of the training fields were used as crop signatures in the project. These signatures were calculated using zonal functions available in GIS software. Afterwards, crop signatures were assembled in the relational database and classified using other software.

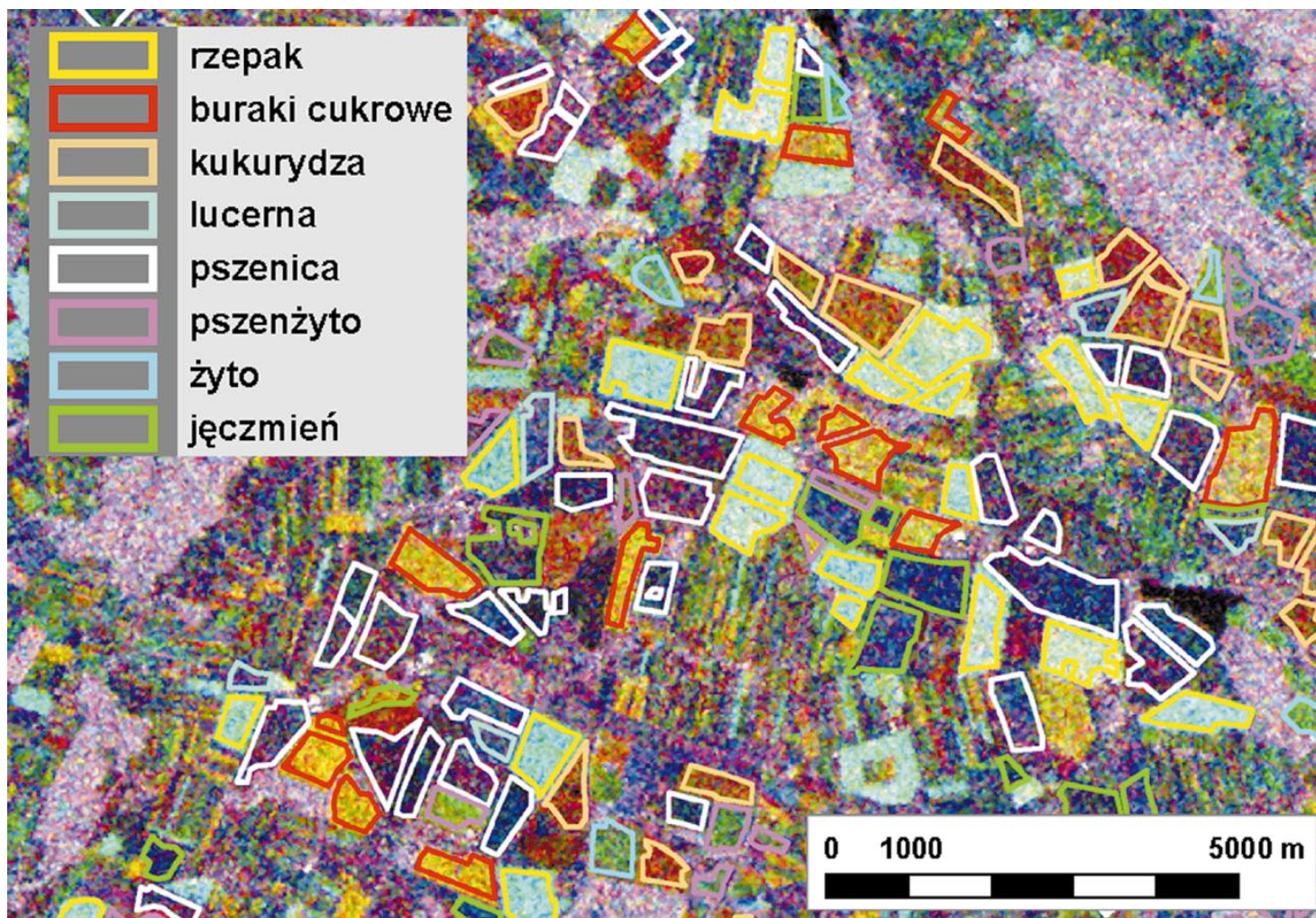
GIS tools were also used for the assessment of classification results. Geostatistical analysis made it possible to look for any spatial bias of crop recognition results. Geostatistical tools also help to investigate the influence of spatially distributed factors on crop classification.

Krystyna Stankiewicz
tel. (22) 32 91 978, krystyna.stankiewicz@igik.edu.pl

Emilia Wiśniewska,
tel. (22) 32 91 971, emilia.wisniewska@igik.edu.pl

Agata Hościło*
tel. 44 (0)116 252 5148, ah165@leicester.ac.uk

* czasowo w Department of Geography, University of Leicester, University Road, Leicester, UK, LE1 7RH



Rys. 2. Fragment kompozycji trzech zdjęć mikrofalowych z satelity ENVISAT pozyskanych 17 maja, 21 czerwca i 26 lipca 2004 roku. Na kompozycji zaznaczono granice zasięgu upraw na polach testowych.



Rys. 3. Palmtop z odbiornikiem GPS wykorzystywany w trakcie badań terenowych. Na monitorze widoczny jest fragment mapy topograficznej, granice zasięgów upraw na polach testowych oraz znacznik aktualnego położenia podawanego przez odbiornik GPS