

Marek Mróz
Małgorzata Ciołkowska

PORÓWNANIE MOŻLIWOŚCI IDENTYFIKACJI UPRAW ROLNICZYCH NA PODSTAWIE SERII OBRAZÓW RADAROWYCH ENVISAT/ASAR/ IMG I APG ORAZ WIELOSPEKTRALNYCH OBRAZÓW SPOT XS/XI

***Streszczenie.** Obrazy radarowe stanowią już ważną część metod fotogrametrii i teledetekcji służących potrzebom geodezji i kartografii, w tym kartowaniu upraw rolniczych. W referacie zaprezentowane zostaną wyniki projektu ENVISAT – AO 783 finansowanego również przez KBN w formie grantu indywidualnego (5T12E 038 22), dotyczącego możliwości wykorzystania obrazów mikrofalowych ASAR jako alternatywy dla zobrazowań optycznych wielospektralnych w identyfikacji i kartowaniu wybranych upraw rolniczych.*

Praca wpisuje się w nurt badań poświęconych zastosowaniom teledetekcji pasywnej i aktywnej w realizacji procedur kontrolnych i monitoringowych przestrzeni rolniczej w ramach IACS.

1. Wprowadzenie

Wystrzelenie satelity ENVISAT-1 rozbudziło nadzieje na poszerzenie operacyjnego użycia danych radarowych w różnych dziedzinach zastosowań technik teledetekcyjnych takich jak: rolnictwo, leśnictwo, nauki o Ziemi oraz monitoring środowiska. Jedną z dróg propagowania zastosowania satelitarnych danych teledetekcyjnych są projekty koordynowane przez Europejską Agencję Kosmiczną, w których bezpłatnie udostępnia się dane satelitarne badaczom z różnych krajów. Z założenia działanie takie powinno przyspieszyć przejście od fazy badań naukowych do fazy operacyjnych zastosowań technik teledetekcji. W obszarze zastosowań danych radarowych głównymi zadaniami są: kartowanie zmian pokrycia terenu (*land cover*), monitoring oraz kartowanie upraw rolniczych. Satelitarne systemy optyczne, tj. SPOT albo LANDSAT, są wykorzystywane do tych działań w sposób operacyjny. Jednak dużym ograniczeniem w pozyskiwaniu obrazów są warunki atmosferyczne, czyli przede wszystkim zachmurzenie. Główną zaletą zaś obrazów radarowych jest niezależność od oświetlenia słonecznego, zachmurzenia oraz penetracja w „środowisko”. Pomimo tych korzyści, obrazy radarowe są raczej trudne do przetwarzania w porównaniu z tradycyjnymi dobrze już znanymi metodami wykorzystania obrazów optycznych. Obrazy radarowe (RADARSAT, ERS 2) są proponowane wykonawcom wykonującym kontrole i inwentaryzację upraw w ramach najszerzej akcji tego rodzaju na poziomie europejskim koordynowanej przez JRC / IPSC / MARS. W dokumentacji technicznej IPSC / MARS stwierdza się, że rejony europejskie położone powyżej 50⁰ szerokości geograficznej północnej są uważane za regiony trudne do pozyskania obrazów optycznych wolnych od chmur. Dodatkowo ten rodzaj kartowania powinien być wykonany w bardzo krótkim czasie przed okresem zbiorów. Zauważa się jednak pewną niechęć wykonawców do wykorzystywania obrazów radarowych i niechęć ta jest w pewnym stopniu zrozumiała. Przetwarzanie obrazów radarowych jest dużo bardziej skomplikowane niż

obrazów optycznych, interpretacja wymaga wiedzy o mechanizmach rozpraszania promieniowania i nie zawsze jest jednoznaczna, a wykonawcy tych prac muszą dostarczyć informacji wiarygodnej, na czas, a niekiedy przy pewnych dodatkowych ograniczeniach. W rezultacie preferują dobrze znane techniki rejestracji optycznej nawet za cenę wysokich kosztów programowania rejestracji. Jak sugeruje się w licznych publikacjach naukowych, dwa specyficzne zagadnienia związane są z zastosowaniem obrazów radarowych w szybkim kartowaniu upraw rolniczych. Po pierwsze, podwyższenie dokładności klasyfikacji uzyskanej na obrazach optycznych, albo jej utrzymanie w przypadku, kiedy wykorzystanie obrazów radarowych będzie wymuszone z powodu braku bezchmurnych obrazów optycznych i po drugie – skrócenie czasu pozyskiwania informacji poprzez rejestracje radarowe wcześniejsze niż rejestracja optyczna z okresu lata. Mając do dyspozycji serię obrazów multispektralnych SPOT dla sezonu 2003 dostarczoną przez SPOTIMAGE w ramach programu ISIS fundowanego przez Francuskie Centrum Badań Kosmicznych CNES, mogliśmy przetestować i sprawdzić użyteczność serii 27 obrazów ASAR do kartowania upraw w porównaniu z wynikami otrzymanymi z rutynowej procedury przetwarzania optycznych danych wieloczasowych i wielospektralnych.

2. Materiały i metody

2.1 ASAR Data – Programowanie i konfiguracja rejestracji

Rejestracje ENVISAT/ASAR dla obszaru testowego „Malbork” były programowane w koordynacji z menadżerem misji ENVISAT poprzez Instytut ESA/ESRIN we Włoszech. Konfiguracja urządzenia do każdej rejestracji była ustalana na podstawie planu przelotu satelity, dostępnego położenia pasa rejestracji (*swath*) dla danej daty oraz innych parametrów sugerowanych w literaturze przedmiotu. Zamiarem było wykorzystanie cech dualnej polarymetrii, aspektu rejestracji wielokątowej i sprawdzenie w rzeczywistych warunkach różnic w jakości radiometrycznej trybu *Alternating Polarization* oraz trybu *Image Mode*. Liczne badania, studia i eksperymenty oraz kampanie były w poprzednich latach prowadzone w Europie w zakresie zastosowań obrazów SAR do kartowania i monitorowania upraw. Tamte badania dały również bardzo dobrą podstawę do zdefiniowania konfiguracji przyszłych sensorów, umożliwiających wykorzystanie czasowych zmian w charakterystyce rozpraszania mikrofal przez uprawy i inne typy pokrycia terenu, do ich identyfikacji, odróżniania i automatycznej klasyfikacji. W początkowym scenariuszu rejestracji ASAR planowaliśmy pozyskiwanie obrazów tylko podczas wiosny i lata, tj. od początku kwietnia do połowy lipca, przed okresem zbiorów. Jak stwierdza się w literaturze optymalna konfiguracja SAR do kartowania i monitorowania upraw w paśmie C, czyli takiego jak ASAR, nie jest oczywista. Rozpraszanie mikrofal przez uprawy jest silnie zależne od ich „architektury”, ale również jest modyfikowane przez kąt padania mikrofal i jej polaryzację. Gęstość roślin umożliwiającą lub nie przenikanie fali aż do powierzchni gleby oraz szorstkość i wilgotność tej gleby mogą wprowadzać różne modyfikacje w rozpraszaniu wynikowym z danej parceli rolniczej. Przy większych kątach padania ($>35^{\circ}$) wzrost upraw może również prowadzić do wytłumienia rozpraszanego sygnału, mimo

wzrostu biomasy i zawartości wody. Rozpraszenie przez rośliny i całe uprawy jest również mocno zależne od rodzaju polaryzacji ze względu na ich „wewnętrzne” cechy, takie jak przestrzenna orientacja części roślin w wolumenie uprawy. Początkowo zaproponowaliśmy trzy pasy rejestracji oznaczone symbolami IS4, IS3, IS2. Głównym założeniem było wykorzystanie rejestracji przy różnych kątach padania, rejestracji wykonanych w krótkim czasie, tj. z krótkim odstępem czasowym. Wydawało się interesujące analizowanie „trypletów” obrazów pozyskanych w ciągu sześciu kolejnych dni, jak np. 15-18-21 czerwca. Sceny zarejestrowane w pasie IS4 są zawsze programowane przy polaryzacji VV, a sceny zarejestrowane pięć dni później w pasie IS2 zawsze przy polaryzacji poziomej HH. Konfiguracja ASAR-IS2-HH wydawała się być najmniej korzystną do identyfikacji upraw, ale była wybrana jako przeciwieństwo do bardzo już szeroko eksploatowanej i badanej konfiguracji ERS 1-2 SAR (ten sam kąt padania 23° i odmienna polaryzacja VV). W przypadku pasa IS4 polaryzacja VV jest przeciwstawną do polaryzacji RADARSAT (polaryzacja HH), chociaż oba systemy działają prawie dokładnie przy tej samej częstotliwości (pasmo C) i bardzo podobnym kącie padania (35°).

Tabela nr 1

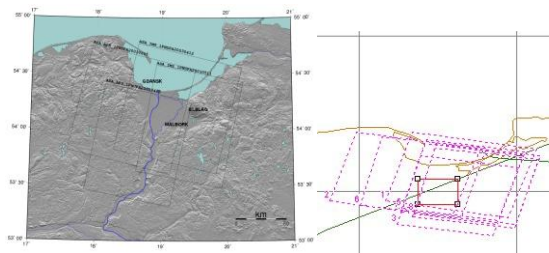
Inicjalny zestaw proponowanych rejestracji ASAR.

Date 2003-mm-dd	Swath	Orbit	Track	Product Acronym	Polarization
04-09	IS 3	5787	3 222	ASA-APG-1P	VV/HH
04-12	IS 2	5830	2 265	ASA_IMG_1P	HH
04-25	IS 4	6016	4 451	ASA-APG-1P	VV/VH
05-01	IS 2	6102	2 036	ASA-APG-1P	HH/HV
05-11	IS 4	6245	4 179	ASA_IMG_1P	VV
05-14	IS 3	6288	3 222	ASA-APG-1P	VV/HH
05-17	IS 2	6331	2 265	ASA_IMG_1P	HH
05-30	IS 4	6517	4 451	ASA-APG-1P	VV/VH
06-05	IS 2	6603	2 036	ASA-APG-1P	HH/HV
06-15	IS 4	6746	4 179	ASA_IMG_1P	VV
06-18	IS 3	6789	3 222	ASA-APG-1P	VV/HH
06-21	IS 2	6832	2 265	ASA_IMG_1P	HH
07-04	IS 4	7018	4 451	ASA-APG-1P	VV/VH
07-10	IS 2	7104	2 036	ASA-APG-1P	HH/HV
07-20	IS 4	7247	4 179	ASA_IMG_1P	VV
07-23	IS 3	7290	3 222	ASA-APG-1P	VV/HH
07-26	IS 2	7333	2 265	ASA_IMG_1P	HH

Różnice w kącie padania większe niż 10° mogły więc być analizowane łącznie z dwoma polaryzacjami. Rozpraszanie przy kącie padania około 33° (pasmo IS4) i polaryzacji VV jest bardziej zakłócanie przez wpływ górnej warstwy upraw, często wpływ tłumiący, podczas gdy penetracja fali o polaryzacji HH w objętość uprawy jest głębsza, szczególnie przy bardziej ostrym kącie padania (IS2-23 $^{\circ}$). Sugeruje się również w literaturze, że różnica mocy rozpraszania przy polaryzacjach VV i HH może być dobrym wskaźnikiem biomasy. Początkowy zestaw zaprogramowanych danych przedstawiono w tabeli 1. Planowany zestaw rejestracji na początku kampanii pomiarowej został dość mocno zmieniony (pogorszony) przez czasową niedostępność (awarię) systemu rejestracji ASAR w maju 2003 oraz późniejsze konflikty programowania. Ostateczny zbiór obrazów i ich podstawowe parametry jest opisany w tabeli 2.

2.2 Obszar testowy „Malbork” – dane terenowe i meteorologiczne

Obszar testowy „Malbork” jest położony w obrębie Żuław Malborskich, po stronie zachodniej na obszarze delty, a strona wschodnia obejmuje polodowcową umiarkowaną rzeźbę. Jest to region typowo rolniczy charakteryzowany przez dobre gleby typu *Eutric fluvisols* i *Eutric Cambisol*. Główne uprawy stanowią: pszenica ozima, burak cukrowy, rzepak ozimy, kukurydza oraz incydentalnie inne zboża, ziemniaki. Na niewielkim obszarze występują trwałe użytki zielone, szczególnie w pasie nadwiślańskim. Występuje również kompleks lasów przeważnie typu borowego, ale też las liściasty typu łęgowego, jedno duże jezioro i kilka bardzo małych, poniżej 1 ha.



Rysunek nr 1. Geograficzna lokalizacja obszaru testowego

Podczas przelotów satelity wykonywano prace terenowe polegające na zbieraniu informacji o około 50 dużych działkach rolnych reprezentujących główne uprawy regionu. Mierzono objętościową wilgotność gleby w warstwie 0-5 cm oraz parametry upraw, tj. typ uprawy, faza rozwoju, wysokość rośliny, zawartość wody w biomacie. Znotowano temperatury minimalne i maksymalne oraz procent pokrycia chmurami. Dane meteorologiczne rejestrowane były na posterunku położonym w obszarze testowym.

Acquired ASAR data set.

Acquisition date yyyy-mm-dd	Swath	Orbit	Image Type	Polarisation	Processing and arch. center / software version
2003-04-09	IS 3	5787	APG	VV/HH	D-PAC ASAR/3.03
2003-04-12	IS 2	5830	IMG	HH	PDHS-E ASAR/3.05
2003-04-25	IS 4	6016	APG	VV/VH	PDHS-E ASAR/3.05
2003-05-01	IS 2	6102	APG	HH/HV	PDHS-K ASAR/3.05
2003-05-11	IS 4	6245	IMG	VV	PDHS-K ASAR/3.05
2003-05-14	IS 3	6288	APG	VV/HH	
2003-05-17	IS 2	6331	IMG	HH	
2003-05-30	IS 4	6517	APG	VV/VH	
2003-06-05	IS 2	6603	APG	HH/HV	PDHS-E ASAR/3.05
2003-06-15	IS 4	6746	IMG	VV	PDHS-E ASAR/3.05
2003-06-18	IS 3	6789	APG	VV/HH	
2003-06-21	IS 2	6832	IMG	HH	
2003-07-04	IS 4	7018	APG	VV/VH	D-PAC ASAR/3.05
2003-07-10	IS 2	7104	APG	HH/HV	UK-PAC ASAR/3.06
2003-07-20	IS 4	7247	IMG	VV	UK-PAC ASAR/3.06
2003-07-20	IS 4	7254	IMG	HH	D-PAC ASAR/3.06
2003-07-23	IS 3	7290	APG	VV/HH	
2003-07-26	IS 2	7333	IMG	HH	I-PAC ASAR/3.05
2003-07-26	IS 7	7340	IMG	HH	
2003-07-29	IS 1	7376	APG	VV/VH	UK-PAC ASAR/3.06
2003-07-30	IS 1	7397	APG	HH/HV	UK-PAC ASAR/3.06
2003-08-05	IS 5	7476	IMG	HH	I-PAC ASAR/3.05
2003-08-08	IS 4	7519	IMG	VV	I-PAC ASAR/3.05
2003-08-11	IS 3	7562	APG	VV/HH	UK-PAC ASAR/3.06
2003-08-14	IS 2	7605	IMG	HH	UK-PAC ASAR/3.06

2.3 Dane satelitarne SPOT

Tabela nr 3

SPOT data characteristics.

Scene parameters				
K - J id.	2 069 – 240	4 069 - 240	4 069 – 240	4 069 – 240
date	2003 – 05 - 06 09:55:49	2003 - 06 - 05 09:52:56	2003 - 06 - 26 09:46:19	2003 - 08 - 01 09:57:14
Instrument	HRV 1	HRVIR 2	HRVIR 2	HRVIR 2
preprocessing level	1B	1B	1B	1B
spectral mode	XS	XI	XI	XI
No. of spectral bands	3	4	4	4
sun angles (°)	Azimut: 162.7 Elevation: 51.4	Azimut: 158.8 Elevation: 57.1	Azimut: 155.3 Elevation: 57.6	Azimut: 158.9 Elevation : 53.0

2.4 Wstępne przetwarzanie danych ASAR

Każdy obraz IMG lub dwa komponenty obrazu APG były przetwarzane niezależnie wychodząc ze źródłowej postaci danych dostarczanych w strukturze MPH-SPH jako tzw. produkty amplitudowe. Pierwszym krokiem w procedurze przetwarzania była filtracja zjawiska *speckle'a* oraz kalibracja według wzoru danego równaniem nr 1.

$$\sigma^0_{[dB]} = 10 \log_{10} \left(\frac{\langle A^2 \rangle}{K} * \sin \alpha \right) \quad (1)$$

Testowano kilka filtrów dedykowanych filtracji zjawiska *speckle'a* zaimplementowanych w kilku pakietach programowych np. ERDAS, EarthView, ENVI i BEST, przy czym filtracje wykonywano przy różnych parametrach mając na celu zdecydowaną eliminację tego zjawiska (granularności) nawet za cenę straty ostrości konturów granic działek. Filtrowane obrazy przetransformowano do postaci współczynnika wstecznego rozpraszania σ^0 (*sigma nought*) przy wykorzystaniu stałej kalibracyjnej, danej w nagłówku plików obrazowych. Na podstawie danych pomocniczych zawartych w zbiorach towarzyszących wyinterpolowano dla poszczególnych obrazów lokalny kąt padania mikrofali *alfa*. Korekcję geometryczną

obrazów wykonano na podstawie zbioru ponad 20 fotopunktów, których współrzędne pomierzono techniką GPS. Zastosowano afiniczną transformację geometryczną wybierając metodę resamplingu NN (*Nearest neighbor*) i zmieniając wymiar piksela z nominalnego 12,5 m na 10 m (wykonano lekki *oversampling*). Metoda korekcji geometrycznej była skuteczna, dając w wyniku dokładności 15-20 metrów (odchyłki szczałkowe na fotopunktach) i mogła być zastosowana dlatego, iż dane źródłowe zamówiono w postaci produktów GEC (*Ellipsoid Geocoded Product*). Następnym etapem przetwarzania była konwersja zapisu zmiennoprzecinkowego 32-bitowego do zapisu 8-bitowego, który umożliwia wykonywanie kompozycji barwnych oraz klasyfikacji automatycznych w większości pakietów oprogramowania. Na etapie tworzenia kompozycji barwnych, zarówno z kanałów źródłowych, jak i wyników transformacji PCA wykonywano stosowne modyfikacje kontrastów.

3. Przetwarzanie serii obrazów ASAR i wyniki interpretacji kompozycji barwnych

Obrazy amplitudowe ASAR IMG i APG, po przetwarzaniu wstępnym prowadzącym do uzyskania filtrowanych obrazów 8-bitowych, podzielono na kilka grup (podzbiorów) wg następujących kryteriów:

1. podzbiór obrazów APG - ASAR_APG_only (18 obrazów, VV, HH, VH or HV),
2. podzbiór obrazów o polaryzacji pionowej VV (bez względu na tryb obrazowania) - ASAR_VV_only (9 obrazów, APG i IMG),
3. podzbiór obrazów o polaryzacji poziomej - ASAR_HH_only (11 obrazów, APG i IMG).
4. podzbiór „podserii” czasowych, bez względu na parametry obrazowania. I - 25_04 i 01_05, II - 11_05, 05_06, 15_06, III - 04_07, 20_07 i 26_07. Te serie czasowe zarejestrowano w różnych fazach rozwoju upraw. Dla każdej „podserii” wykonano transformację PCA zachowując do dalszych etapów pierwsze składowe z każdej serii.
5. podzbiór nazwany „MINI_SERIA” złożony z 5 obrazów najbardziej kontrastowych z całego zbioru ASAR (11_05_IS4_VV_IMG, 05_06_IS2_HV_APG, 15_06_IS4_VV_IMG, 04_07_IS4_VH_APG, 20_07_IS4_VV_IMG). Utworzono go na podstawie wizualnie ocenianej jakości interpretacyjnej bez względu na inne parametry rejestracji („swath”, polaryzacja, tryb rejestracji). Podzbiór ten analizowano jako cały 5-cio „kanałowy” zestaw oraz jako wynik transformacji PCA ograniczony do 3 komponentów.

Analiza wizualna obrazów była wystarczająca do stwierdzenia, że niektóre z nich są zupełnie nieprzydatne do dalszego przetworzenia oraz interpretacji upraw. Istnieją tego dwa powody. Pierwszy - niektóre rejestracje zostały wykonane jednak zbyt wcześnie i pokrywa roślinna nie rozwinęła się jeszcze po okresie uśpienia zimowego. Sezon wegetacyjny 2003 był spóźniony o około 2-3 tygodnie na północy Polski w stosunku do sezonów typowych. Powód drugi – niektóre rejestracje były bardzo silnie

zakłócone przez niekorzystne deszczowo-wietrzne warunki atmosferyczne (silne opady deszczu, warunki burzowe). Ten niekorzystny wpływ bardzo silnych opadów deszczu był potwierdzony poprzez późniejsze rejestracje przy dobrych warunkach atmosferycznych. Choć uprawy były już zebrane, kontrast pomiędzy parcelami był bardziej zauważalny niż dla rejestracji wykonanych w „sztormowych” warunkach.

Na podstawie obliczonej miary rozdzielności zdefiniowanych klas tematycznych (Jeffreys - Matussita) stwierdzono, że potencjalnie zestaw określany jako ASAR_MINI byłby najbardziej informatywny i dyskryminatywny. Na podstawie tego zbioru można wyróżnić w procesie fotointerpretacji następujące rodzaje pokrycia terenu: lasy, wody, tereny rolnicze z wyróżnieniem: zbóż, rzepaku ozimego, rzepaku jarego, trwałych użytków zielonych, buraka cukrowego. Nie wyróżnia się uprawa kukurydzy spośród zbóż. Dość łatwo identyfikuje się uprawy konopi oraz różne typy odłogów.

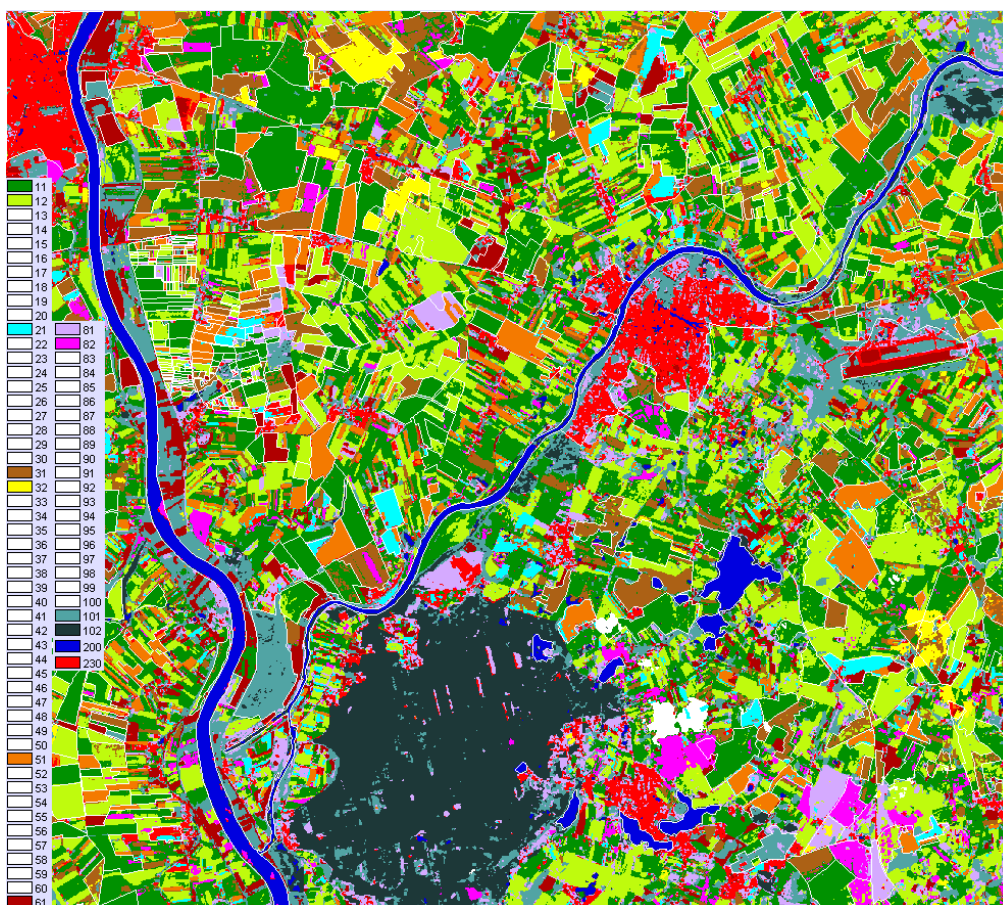
Rysunek nr 2 przedstawia kompozycję barwną utworzoną na podstawie trzech obrazów (04_lipca_VH, 15_czerwca_VV i 05_czerwca_HV) z ASAR_MINI serii.



Rysunek nr 2. Kompozycja barwna z serii trzech obrazów ASAR (04_lipca_VH, 15_czerwca_VV i 05_czerwca_HV)

4. SPOT- 4 XS/XI - przetwarzanie danych i wyniki rozpoznania upraw

Obrazy optyczne były przetwarzane różnymi drogami. Każdy obraz wielospektralny był transformowany do postaci kompozycji barwnych dla celów interpretacji wizualnej. Z drugiej strony wykonano transformację *Tasseled Cap* do porównania komponentów Greeness i Wetness z obrazami radarowymi. Te analizy są jeszcze prowadzone. Do celów klasyfikacji każdy obraz wielospektralny był przekształcony metodą PCA – procedurą bardzo efektywną w usuwaniu korelacji międzykanałowej i eliminacji szumów. Metoda ta pozwoliła przygotować nowe zbiory danych do klasyfikacji automatycznych, zarówno nienadzorowanej, jak i nadzorowanej. Algorytm ISODATA został wybrany do klasyfikacji nienadzorowanych. W dalszym etapie wykonano agregacje klastrów na podstawie wyników prac terenowych i analizy kompozycji barwnych. Jakość klasteryzacji oraz agregacji klastrów i ich przypisania do klas tematycznych jest bardzo dobra. Średni błąd obliczany na podstawie parcel referencyjnych wynosi około 10 %.



Rysunek nr 3. Wynik agregacji klastrów z klasyfikacji ISODATA (SPOT).

Oznaczenia klastrów: 11 – pszenica ozima (WW), 12 – pszenica jara (SW), 21 – kukurydza (MA), 31 – rzepak ozimy (WR), 32 – rzepak jary (SR), 51 – burak cukrowy (SB), 61 – trwale użytki zielone (ME), 81 – konopie (HE), 82 – ugory i odłogi (FAL), 101 – las liściasty (FD), 102 – las iglasty (FC), 200 – woda (W), 230 – tereny zurbanizowane (U).

Uzyskane klastry spektralne są bardzo czyste. Agregacja klastrów jest również łatwa, gdyż ich liczba jest niewielka. Zestaw kanałów wejściowych przyjęty do klasyfikacji pozwala na wydzielenie w procesie klasyfikacji nienadzorowanej skupień reprezentujących w sposób:

a) bardzo dobry:

następujące kategorie pokrycia terenu i upraw: **wody, las iglasty i liściasty, pszenica ozima, pszenica jara, rzepak jary, burak cukrowy,**

b) dobry: **rzepak ozimy, użytki zielone (łąki i pastwiska potraktowane łącznie), kukurydza i konopie.**

Na podstawie obrazów SPOT uzyskano **zadawalające rozróżnienie uprawy kukurydzy** oraz wyodrębniono spośród parcel odlogowanych przez większą część roku te, które zostały przekształcone w trakcie sezonu wegetacyjnego w uprawy **konopi**. Specyficzna parcela reprezentująca uprawy paszowe została sklasyfikowana jako klaster „użytki zielone”.

Procedura klasyfikacji nadzorowanej jest na ukończeniu, ale wstępne wyniki są bardzo obiecujące.

5. Wnioski

Dla obszaru testowego Malbork uzyskano zbliżone wyniki w zakresie identyfikacji upraw na podstawie serii obrazów ASAR oraz SPOT. Szczególnie przydatne są obrazy wykonane przy polaryzacji VV oraz VH i HV w okresie czerwca. Oczywiście rozpoznanie upraw na serii trzech obrazów SPOT jest bardziej szczegółowe, ale wstępne wyniki wskazują, że podobną szczegółowość da się uzyskać stosując serię 4-5 obrazów ASAR i tylko jeden obraz SPOT pozyskany w okresie żniw. Istnieje wtedy duży kontrast radiometryczny między parcelami buraka, kukurydzy i ścierniskami pozostałymi po zbiorze zbóż oraz rzepaku. Na tych obszarach da się odróżnić parcele, na których występowała uprawa rzepaku od działek rolnych zajętych pod uprawy zbożowe na podstawie serii zdjęć ASAR. Wniosków nie można rozszerzyć na inne typy upraw, gdyż nie były one wystarczająco licznie reprezentowane na obszarze testowym.

Literatura

ASAR Product Handbook. 2002. Issue 1.0, 20 August 2002. ESA.

Blaes X. et al. 2001. Operational control with remote sensing of area based subsidies in the framework of the Common Agricultural Policy : What role for the SAR sensors? *Proceedings of the 3rd international Symposium on Retrieval of Bio-*

and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications, Sheffield, UK, 11-14 September 2001 (ESA SP-475, January 2002).

- Brown S.C.M. et al. High resolution measurements of scattering in wheat canopies – implications for crop parameter retrieval. *Proc. 3rd International Symposium, "Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications"*, Sheffield, UK. 11-14 September 2001 (ESA SP-475, January 2002)
- Common Technical Specifications and Recommendations for the 2003 Campaign of Remote Sensing Control of Arable and Forage Land, Area-Based Subsidies, JRC Ispra / IPSC/MARS. 4 December 2002. (CTS&R).
- Ferrazzoli P. SAR for agriculture: advances, problems and prospects. *Proc. 3rd International Symposium, "Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications"*, Sheffield, UK. 11-14 September 2001 (ESA SP-475, January 2002)
- Gonzalez-Sampedro M.C et al. Assessment of crop discrimination using multi-site databases. *Proc. 3rd International Symposium, "Retrieval of Bio- and Geophysical Parameters from SAR Data for Land Applications"*, Sheffield, UK. 11-14 September 2001 (ESA SP-475, January 2002)

Recenzował: dr inż. Katarzyna Osińska-Skotak