

## Porównanie wartości NDVI odczytanych z obrazów satelitarnych NOAA AVHRR, SPOT-VEGETATION i TERRA MODIS

*Comparison of NDVI index based on NOAA AVHRR, SPOT-VEGETATION and TERRA MODIS satellite data*

Konrad TURLEJ

**Słowa kluczowe:** NOAA, SPOT, TERRA, NDVI, wskaźniki roślinne, zdjęcia satelitarne, rolnictwo, Wielkopolska  
**Key words:** NOAA, SPOT, TERRA, NDVI, vegetation indexes, satellite images, agriculture, Wielkopolska

Recently in the space there are launched new series of environmental satellites with high time resolution, allowing continuous observations of the Earth's surface. NOAA series of satellites, launched in 1998 SPOT or TERRA operating since 2000, provide daily data acquisition of large areas. Differences between the construction of instruments and means of processing cause disparity in the received data. This article presents a comparison of NDVI index obtained from these satellites. Compositions used in the ten-day NDVI images

made on the basis of NOAA AVHRR images, NDVI compositions performed on the basis of images from SPOT VEGETATION as well as eight-day MODIS TERRA NDVI compositions. Area of the research are agricultural areas of Wielkopolska. NDVI index was measured on 193 polygons with surfaces from 1.5÷68.9 ha during the growing season from 10th to 24th decade of 2006. Another comparison has been made for NDVI values for the region of Wielkopolska in the years 2000÷2008 and the size of yield of wheat.

### Wstęp

Monitorowanie środowiska przyrodniczego wymaga stałych obserwacji powierzchni Ziemi, szczególnie przy zagadnieniach dotyczących rolnictwa. Zmiany zachodzące w roślinności w różnych etapach okresu wegetacyjnego są z powodzeniem wykrywane przy użyciu różnego rodzaju wskaźników roślinnych wyliczonych na podstawie zdjęć satelitarnych (Dąbrowska-Zielińska *et al.*, 2008). Na obszarach charakteryzujących się dużym zachmurzeniem, jak Polska, dostarczanie materiału zdjęciowego o dużej rozdzielczości czasowej jest szczególnie ważne dla detekcji rozwoju roślin. Informacji takich dostarczają satelity umożliwiające rejestrację obrazów w niskiej rozdzielczości przestrzennej, takie jak seria NOAA, SPOT – VEGETATION.

W opracowaniu przedstawione są trzy systemy satelitarne. NOAA jest serią satelitów działających od lat siedemdziesiątych XX wieku (aktualnie w IGiK – Instytucie Geodezji i Kartografii rejestrowane są zdjęcia z satelity NOAA-18). Na jego pokładzie znajduje się

radiometr AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) o rozdzielczości jednego kilometra. SPOT – VEGETATION został wyniesiony na orbitę w 1998 roku. Dostarcza zdjęć do badań roślinności w wysokiej rozdzielczości czasowej dzięki instrumentowi o nazwie VEGETATION (1km). Satelita TERRA działa od 2000 roku. Dzięki radiometrowi MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), zamontowanego również na bliźniaczej konstrukcji AQUA, wykonuje codziennie zobrazowania Ziemi w rozdzielczości przestrzennej od 250 m do 1 km.

Różnice między wymienionymi systemami, ich wiekiem i sposobem przetwarzania, jakie występują między dostępnymi produktami powodują potrzebę porównania otrzymywanych danych. Jako miarę umożliwiającą zbadanie rozbieżności pomiędzy zbiorami danych oraz oceny ich jakości wykorzystano wskaźnik NDVI. Jest to jeden z najstarszych wskaźników roślinnych, najlepiej udokumentowanych, znajdujący zastosowanie m. in. dla rolnictwa (Dąbrowska-Zielińska *et al.*, 2002). W niniejszym opracowaniu wykorzystane zostały zbiory danych

od początku działania satelity TERRA, tj. dla lat 2000÷2008.

### Metoda

Obszarem badań są tereny rolnicze województwa Wielkopolskiego. Wartości NDVI odczytywano dla 193 poligonów pomiarowych znajdujących się w centralnej części województwa, na południe od Poznania. Jest to obszar stale monitorowany przez Zakład Teledetekcji OPOLIS. Areal poszczególnych pól uprawnych wynosi 1.5÷68.5 ha (Ryc. 1).

W pierwszym etapie analizy zgromadzonych zestawów danych porównano wartości NDVI z trzech satelitów dla jednego roku. Wybrany został rok 2006 charakteryzujący się typowym przebiegiem wskaźnika. Utworzony na podstawie odczytów w kolejnych dekadach okresu wegetacyjnego przebieg wartości NDVI analizowano pod względem kształtu oraz terminu występowania i wysokości wartości minimalnej i maksymalnej. Przeprowadzona została również analiza wpływu otoczenia terenów rolniczych na uzyskiwane wartości NDVI.

Kolejnym etapem prac była ocena jakości uzyskanych wartości NDVI tj. określenie z których satelitów wartości wskaźnika NDVI lepiej charakteryzują stan środowiska. W tym celu przeprowadzono odczyty dla terenów rolniczych województwa Wielkopolskiego dla lat 2000÷2008 i porównano z wysokością plonu pszenicy (GUS). Do odczytów wykorzystano pięćdziesięcioprocentowe maski pikseli rolniczych o rozdzielczości 1 km

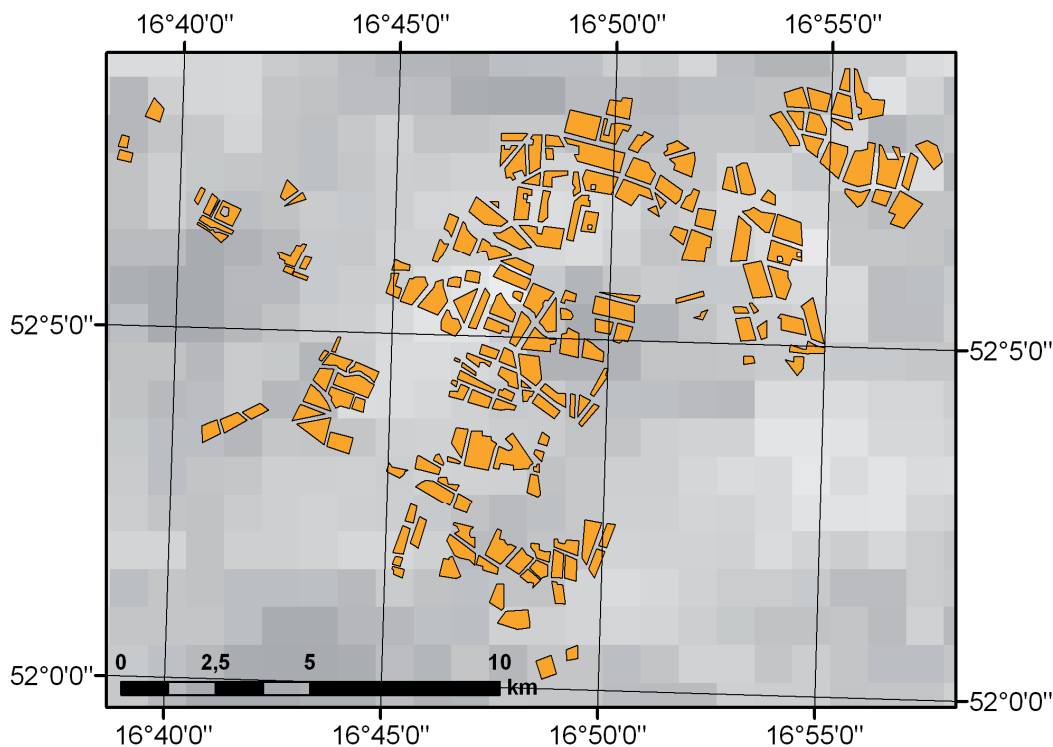
w przypadku odczytów z NOAA i SPOT oraz 250 m dla TERRA (Ryc. 2)

Maski rolnicze stanowiły warstwy rastrowe przygotowane na podstawie danych CORINE Land Cover 2006. Wykorzystano warstwę wektorową zawierającą klasy rolnicze 2.1.1. (grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających) oraz 2.4.2. (złożone systemy upraw i działek), którą przecięto z warstwami wektorowymi reprezentującymi siatki pikseli (jeden poligon odpowiada jednemu pikselowi zdjęcia) o rozdzielczości 1 km dla NOAA i SPOT oraz 250 m dla TERRA. Wyliczono udział powierzchni klas rolniczych w każdym poligonie, a następnie usunięto te w których klasy rolnicze zajmowały mniej niż 50 %. Tak przygotowaną warstwę wektorową poddano konwersji do formatu rastrowego.

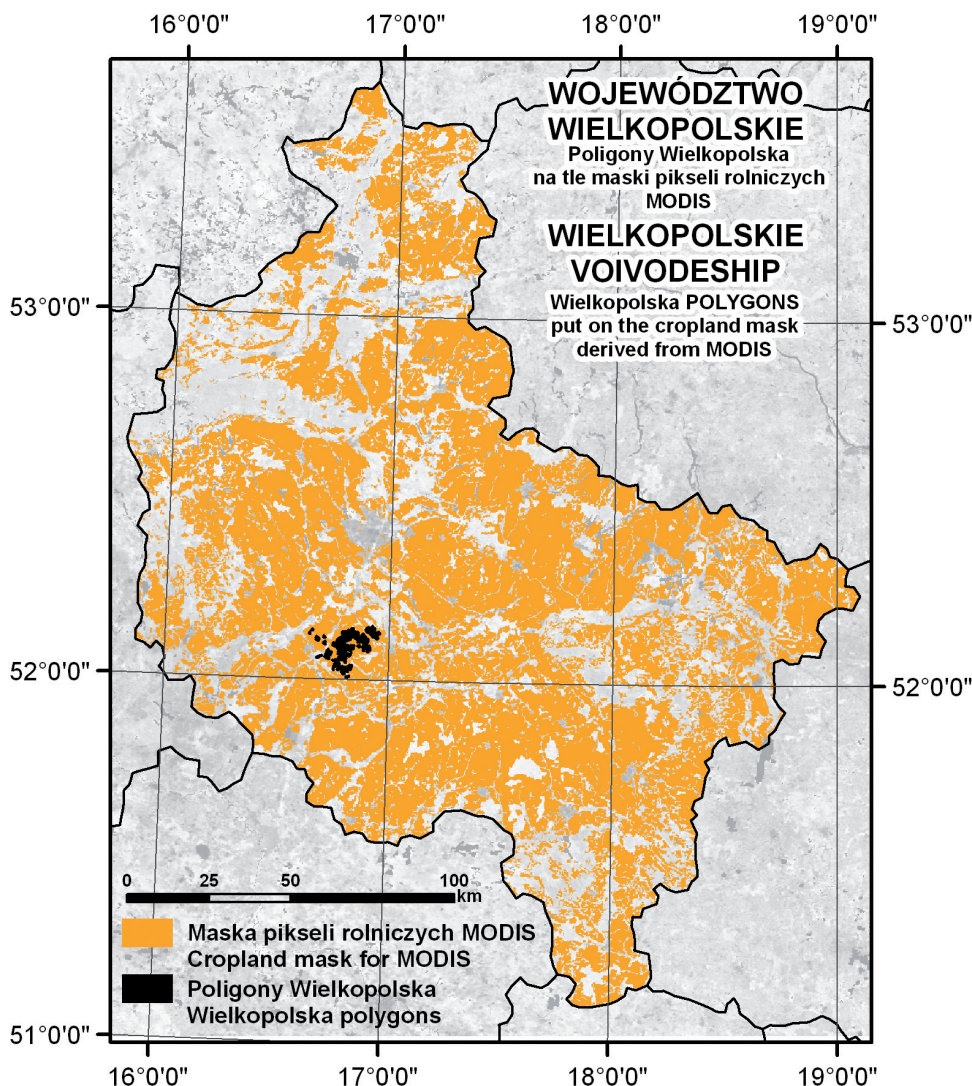
### Charakterystyka wykorzystanych danych

Kompozycje dziesięciodniowe wskaźnika NDVI z NOAA AVHRR wykonano w IGiK (Instytut Geodezji i Kartografii). Podczas przetwarzania przeprowadzana jest korekcja geometryczna i atmosferyczna metodą 6S. Następnie wyliczany jest wskaźnik NDVI i nakładana maska chmur. Do mozaiki dziesięciodniowej dostają się piksele o najwyższej wartości NDVI ze zdjęć w każdej dekadzie. Rozdzielczość przestrzenna kompozycji wynosi 1 km (Kozłowska *et al.*, 2000).

Kompozycje dziesięciodniowe NDVI z danych rejestrowanych przez SPOT VEGETATION udostępniane



Ryc. 1. Poligony Wielkopolska.  
Fig. 1. Wielkopolska polygons.



Ryc. 2. Maska rolnicza TERRA MODIS.  
Fig. 2. Cropland mask for TERRA MODIS.

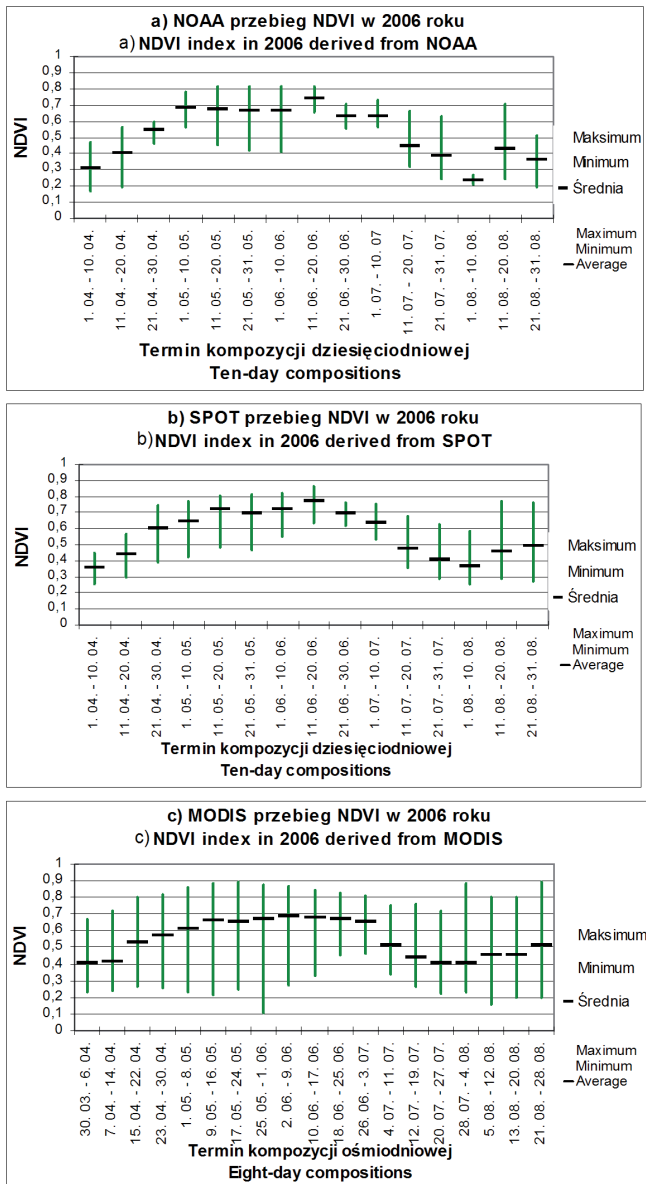
są jako gotowy produkt przez VITO (Flemish Institute of Technological Research). Zdjęcia są skorygowane geometrycznie i radiometrycznie. Do korekcji atmosferycznej używane jest oprogramowanie SMAC (uproszczona wersja 6S). Do mozaiki wielodniowej NDVI dostają się piksele, które spośród zdjęć w dekadzie miały najwyższe wartości specjalnie wyliczonego wskaźnika TOA NDVI (NDVI w górnej warstwie atmosfery). Podobnie jak NOAA rozdzielczość przestrzenna kompozycji wynosi 1 km (<http://www.spot>).

W przypadku danych satelity TERRA wykorzystano kompozycje ośmiodniowe NDVI wykonane w IGiK na podstawie danych ośmiodniowych wartości współczynnika odbicia w zakresie czerwonym i podczerwonym udostępniane przez serwer WIST (Nasa Warehouse Inventory Search Tool). Są to dane po korekcji geometrycznej i atmosferycznej (<http://modis>). Połączono cztery sceny przypadające dla każdego okresu ośmiodniowego na obszar Polski, a następnie wyliczono wskaźnik NDVI i wymaskowano piksele zachmurzone (Musiał, 2009).

### Różnice wartości NDVI dla poligonów rolniczych Wielkopolska w 2006 roku

Rok 2006 charakteryzuje się standardowym przebiegiem wskaźnika NDVI. Od początku okresu wegetacyjnego do połowy maja, kiedy następuje wzrost upraw, wskaźnik zwiększa swoją wartość. Utrzymuje się mniej więcej na jednakowym poziomie, aż do połowy czerwca. W tym okresie odnotowuje się maksimum NDVI. Następnie wartości obniżają się, co jest związane z dojrzewaniem zbóż i żniwami prowadzonymi na przełomie lipca i sierpnia. Występuje wtedy minimum NDVI w okresie wegetacyjnym.

Przedstawione na wykresach przebiegi NDVI uzyskane z satelitów NOAA i SPOT są podobne (Ryc. 3 a, b). Różnice między średnimi wartościami dekadowymi dla wszystkich poligonów nie przekraczają 0.1. Większe różnice notowane są niekiedy dla poszczególnych pól uprawnych. Maksimum dla roku 2006 przypada w obu zbiorach danych na tą samą dekadę, tj. okres między



Ryc. 3. Przebieg średnich wartości NDVI dla poligonów Wielkopolska w 2006 roku.

Fig. 3. Time series of average NDVI index in 2006 for Wielkopolska polygons.

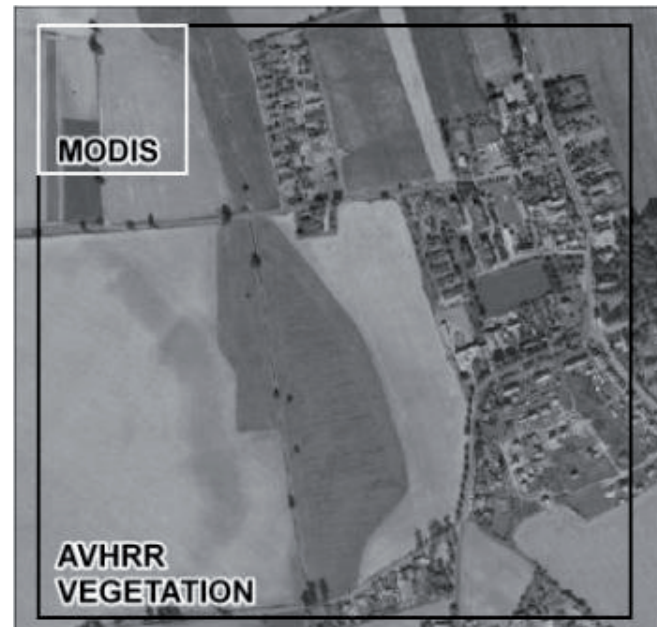
11. 06. a 20.06. i wynosi 0.75 NDVI obliczonego dla danych NOAA oraz 0.78 NDVI obliczonego dla danych SPOT.

Wyraźnie widoczny jest wpływ większej rozdzielczości przestrzennej zdjęć MODIS (250 m). Instrument rejestruje odbicie spektralne z mniejszej powierzchni, co powoduje mniejsze uśrednienie wartości dla poligonów o niedużej powierzchni znajdujących się w skupieniu. Zakres wartości minimalnych i maksymalnych NDVI dla poszczególnych poligonów jest w związku z tym znacząco szerszy niż przy danych AVHRR i VEGETATION (Ryc. 3 c). Przebieg wartości średnich NDVI uzyskanych z trzech systemów dla całego obszaru jest jednak podobny. Zmiany wartości NDVI powtarzają się w odpowiadających sobie okresach dla wszystkich zestawów danych. W porównaniu do danych NOAA

i SPOT widoczne jest jednak niewielkie spłaszczenie przebiegu NDVI dla danych TERRA.

### Wpływ otoczenia terenów rolniczych na otrzymywane wartości NDVI

Ze względu na różnice rozdzielczości przestrzennej danych (Ryc. 4) i możliwe błędy dokładności geometry-



Ryc. 4. Rozdzielczość przestrzenna NOAA AVHRR, SPOT VEGETATION i TERRA MODIS.

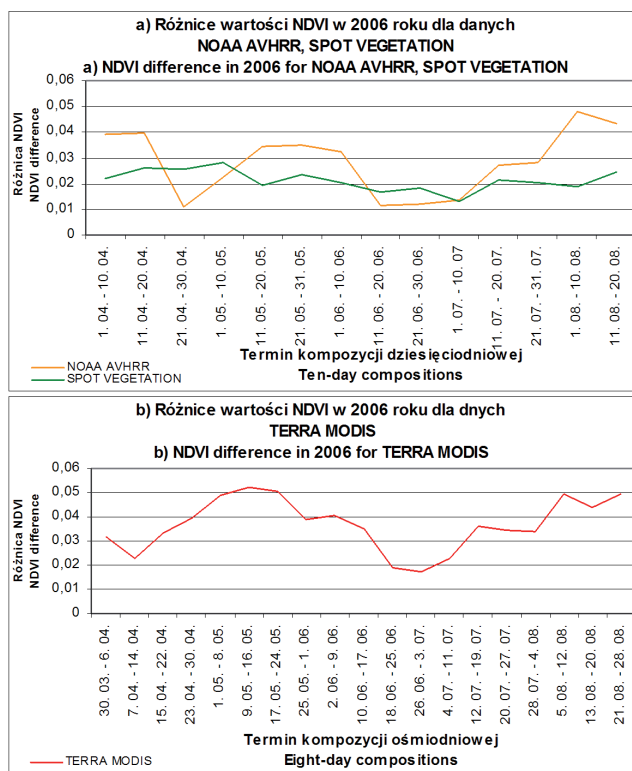
Fig. 4. Spatial resolution of NOAA AVHRR, SPOT VEGETATION and TERRA MODIS.

zacji istnieje możliwość błędnego odczytu NDVI. Wartości odczytane z obszarów rolniczych, które graniczą z lasami, czy zbiornikami wodnymi w wyniku przesunięcia pikseli mogą być zafałszowane. Aby sprawdzić wpływ błędu geometryzacji na wartości NDVI wykonano odczyt z poligonów Wielkopolska dla 2006 roku na dwa sposoby: z kompozycji wielodniowych przetworzonych filtrem medianowym w oknie 3x3 (odczyt oknem 3x3) i kompozycji wielodniowych bez filtracji (odczyt z pikseli).

Uzyskane wartości przedstawiono na wykresach w postaci wartości bezwzględnej z ich różnicą (Ryc. 5). Błąd geometryzacji, bez względu na rozdzielczość przestrzenną sensora, nie powodował znaczących różnic wartości NDVI. Dla danych NOAA różnice występują w zakresie od 0.011 do 0.047. Dla danych z satelity SPOT są najbardziej stabilne w całym okresie wegetacyjnym i zawierają się w przedziale 0.018÷0.027. Natomiast w przypadku MODIS wynoszą od 0.017 do 0.052.

### Ocena jakości uzyskanych wartości NDVI

Ocenę jakości uzyskiwanych wartości NDVI, czyli określenie z którego satelity wartości wskaźnika naj-

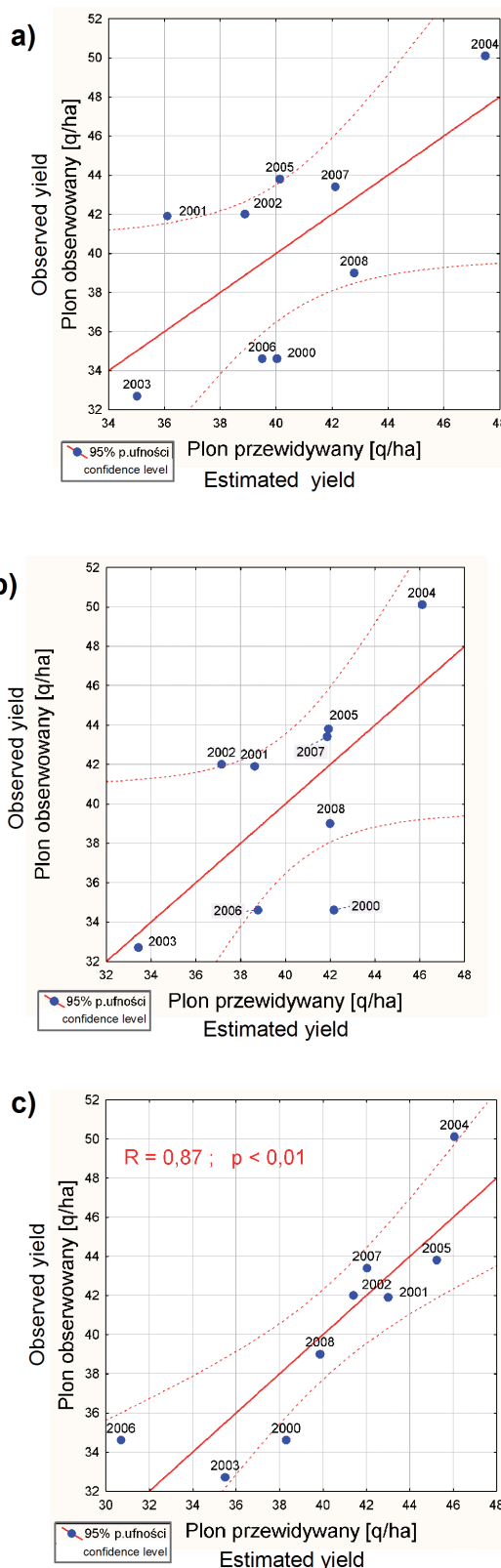


Ryc. 5. Różnice między średnimi wartościami wskaźnika NDVI w 2006 roku odczytanymi w pikselach i oknie 3x3 a) NOAA AVHRR, SPOT VEGETATION, b) TERRA MODIS.  
 Fig. 5. Difference between average NDVI index derived from individual pixels and from 3x3 window a) NOAA AVHRR, SPOT VEGETATION, b) TERRA MODIS.

piej charakteryzują środowisko, wykonano na danych dla województwa wielkopolskiego. Odczyty wartości NDVI dla masek rolniczych dla lat 2000÷2008 stanowiły materiał do porównania z informacjami o plonie pszenicy z tego okresu. Wyliczono regresję wieloraką między wymienionymi wartościami. Dla danych MODIS uzyskano wartościową statystykę wykorzystującą wartości NDVI z końca kwietnia i połowy maja. Korelacja między rzeczywistą i estymowaną przy użyciu równania (1) wysokością plonu pszenicy wynosi 87 % i charakteryzuje się wysokim poziomem istotności  $p < 0.01$ . Widoczna na wykresach korelacja między wymienionymi zmiennymi z odpowiadających terminów dla danych NOAA i SPOT była znacząco niższa (Ryc. 6). Szacowane z wartości NDVI wysokości plonu pszenicy są bliższe rzeczywistym co wskazuje, że dane uzyskiwane z instrumentu MODIS dają lepsze wyniki.

$$(1) \quad y = -78.8 + 40.3 \cdot \text{NDVI1} + 146.4 \cdot \text{NDVI2}$$

$y$  – estymowana wartość plonu pszenicy  
 NDVI1 – wartość NDVI z terminu kompozycji ośmiodniowej MODIS 23.04.–30.04.  
 NDVI2 – wartość NDVI z terminu kompozycji ośmiodniowej MODIS 9.05.–16.05.



Ryc. 6. Regresja wieloraka plonu pszenicy ze wskaźnikami NDVI z końca kwietnia i połowy maja w latach 2000-2008 a) NOAA AVHRR, b) SPOT VEGETATION, c) TERRA MODIS.  
 Fig. 6. Multivariate regression of crop of wheat and NDVI index from end of April and middle of May for the years 2000-2008 a) NOAA AVHRR, b) SPOT VEGETATION, c) TERRA MODIS.

## Wnioski

W wyniku przeprowadzonych badań porównano wartości wskaźnika NDVI uzyskane z trzech satelitów NOAA, SPOT i TERRA. Wartości NDVI z wymienionych systemów satelitarnych, odczytane dla badanych poligonów rolniczych Wielkopolski w 2006 roku, są zbliżone, przy czym widoczny jest wpływ różnicy rozdzielczości przestrzennej instrumentów. Przebieg średnich wartości NDVI z MODIS ma podobny kształt, jest jednak delikatnie spłaszczony w porównaniu do danych AVHRR i VEGETATION. Oceniono również niewielki wpływ błędów geometryzacji i otoczenia terenów rolniczych na uzyskiwane wartości wskaźnika NDVI.

Na podstawie uzyskanych wyników statystyk porównujących rzeczywistą wysokość plonu pszenicy dla województwa wielkopolskiego w latach 2000÷2008, a wysokością szacowaną przy wykorzystaniu wartości wskaźnika NDVI, można sugerować, że dane MODIS dają lepsze wyniki od AVHRR i VEGETATION. Nie można jednak bezkrytycznie uznać przewagi tego systemu ze względu na krótki ciąg czasowy przeprowadzonych badań (9 lat). Wyniki wskazują, że należy przeprowadzić dalszą analizę danych MODIS np. danych dziennych – tworzenie kompozycji dziesięciodniowych i porównanie z dostępnymi produktami z innych systemów satelitarnych.



Konrad Turlej ukończył w 2008 roku studia magisterskie w Katedrze Geoinformatyki i Teledetekcji na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Aktualnie jest pracownikiem Zakładu Teledetekcji OPOLIS w Instytucie Geodezji i Kartografii w Warszawie. e-mail: konrad.turlej@igik.edu.pl, telefon: + 48 022-329-19-91; 506-549-184

## Literatura

- Dąbrowska-Zielińska K., Ciołkosz A., Budzyńska M., Kowalik W., 2008, Monitorowanie wzrostu i plonowania zbóż metodami teledetekcji. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, nr 4.
- Dąbrowska-Zielińska K., Kogan F., Ciołkosz A., Gruszczyńska M., Kowalik W., 2002, Regional vegetation mapping and direct land surface parametrization from remotely sensed and site data. *International Journal of Remote Sensing*, t. 23, nr 6, s. 1109-1125.
- Wyniki produkcji roślinnej w latach 2000-2008*, GUS, Warszawa.
- [http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod08.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod08.pdf) (10. 09. 2009).
- <http://www.spot-vegetation.com/vegetationprogramme/index.htm> (10. 09. 2009).
- Kozłowska T., Dąbrowska-Zielińska K., Osrtowski J., Ciołkosz A., Stankiewicz K., Bochenek Z., 2000, Szacowanie plonów z użytków zielonych w skali regionalnej z zastosowaniem teledetekcji satelitarnej. *Biblioteczka Wiadomości IMUZ*, nr 95.
- Musiał J., 2009, *Analiza porównawcza wskaźników roślinnych wyznaczonych na podstawie danych pozyskanych przez nowoczesne satelity środowiskowe*. Politechnika Warszawska.