

# Teledetekcja – wiedza na wagę złota

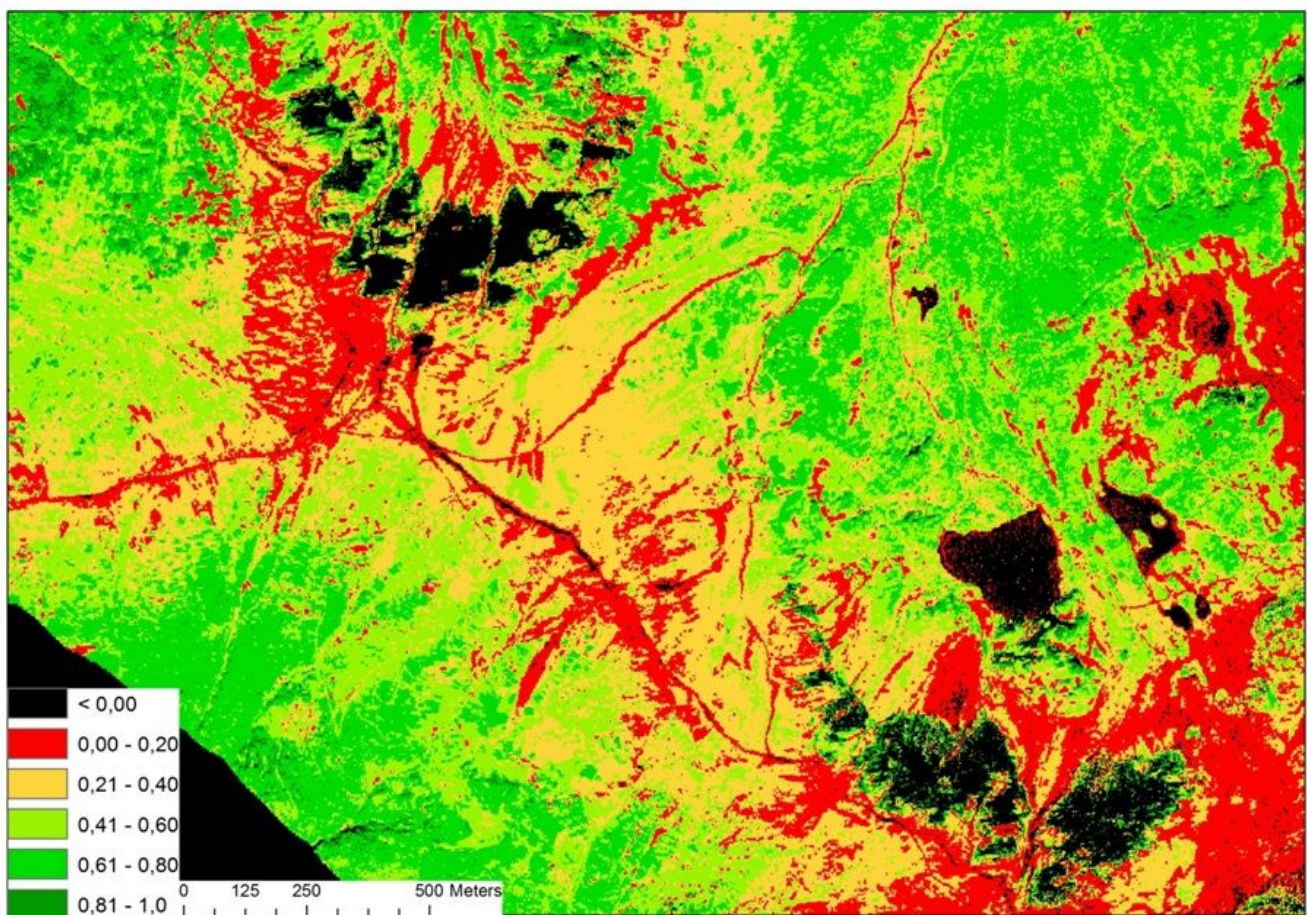
Teledetekcja to coraz popularniejsza dziedzina nauki, z powodzeniem wykorzystywana w wielu sferach życia. **Dzięki teledetekcji to, co wydaje się nam odległe, jest właściwie w zasięgu ręki** – możemy np. zbadać ukształtowanie terenu na Marsie, pomierzyć wysokość drzew w Kampinoskim Parku Narodowym lub wyznaczyć trasę wyprawy w Puszczy Amazońskiej, nie wychodząc z domu. Szybki rozwój teledetekcji sprawił, że również ośrodki akademickie mocniej zainteresowały się tą dziedziną. Wiele uniwersytetów, akademii i politechnik oferuje specjalizacje lub kursy mające na celu przekazanie studentom teorii i praktyki z zakresu teledetekcji, a tym samym wykształcenie przyszłych specjalistów. Przyjrzyjmy się warszawskim uczelniom, które mogą się pochwalić zarówno ciekawym planem dydaktycznym, jak i realizowanymi projektami badawczo-rozwojowymi.

## Teledetekcja na Uniwersytecie Warszawskim

Prace badawcze prowadzone w Zakładzie Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych skupiają się od lat na wstępnym przetwarzaniu obrazów, analizie roślinności, klasyfikacji obrazów oraz kartowaniu form geomorfologicznych. Od 2007 roku badania oraz zajęcia dydaktyczne odbywają się z wykorzystaniem oprogramowania ENVI.

Jedną z grup tematycznych obejmuje analizy terenów nieprzepuszczalnych na podstawie danych wysokorozdzielczych przestrzennie i spektralnie. Klasyfikacje dotyczą terenów miejskich, w tym m.in. identyfikowania rodzajów pokrycia dachowego i wykrywania azbestu.

Jeden z realizowanych projektów dotyczy badań stanu roślinności Tatr i Puszczy Białowieskiej z wykorzystaniem wielospektralnych zobrażeń Landsat oraz WorldView-2. W ramach tych badań środowisko ENVI wykorzystywane jest do obliczania wskaźników roślinności, wykonywania klasyfikacji metodami Support Vector Machines (SVM) oraz Decision Tree. Ponadto na zobrażeniach WorldView-2 analizuje się wydeptywanie muraw wysokogórskich. Celem tych analiz jest określenie zmian w pokrywie roślinnej wynikających z nadmiernego ruchu turystycznego. W oprogramowaniu ENVI opracowuje się mapy rozkładu wskaźników roślinności (rys. 1.).

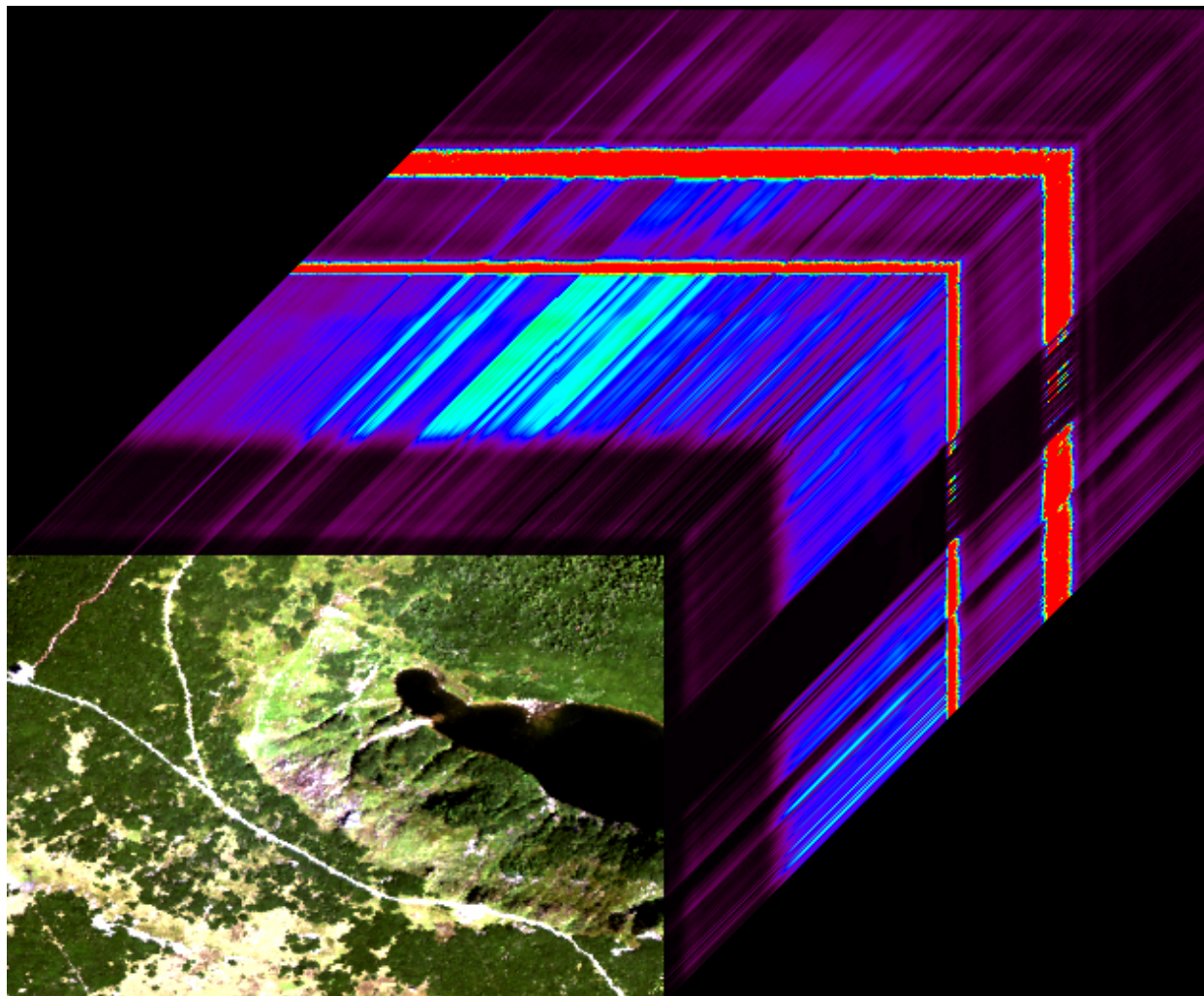


Rys. 1. Mapa stanu roślinności otoczenia Kasprowego Wierchu opracowana na podstawie kombinacji teledetekcyjnych wskaźników roślinności. Kolor czarny i czerwony to tło i obszary bez roślinności, kolor żółty oznacza pogorszoną kondycję roślinności, a odcienie zielonego – dobrą i bardzo dobrą kondycję.

Środowiska ENVI używano do analiz roślinności z wykorzystaniem danych hiperspektralnych. Wykonano m.in. klasyfikację zbiorowisk roślinnych w Tatrach.

Obecnie na podstawie danych hiperspektralnych APEX prowadzona jest klasyfikacja zbiorowisk roślinnych na obszarze Karkonoszy (rys. 2). Projekt obejmuje m.in. opracowanie algorytmu klasyfikacji 49 nieleśnych zbiorowisk roślinnych przy użyciu obrazów lotniczych w połączeniu z danymi terenowymi. W ENVI wykonywane są redukcja liczby kanałów spektralnych (Minimum Noise Fraction), analiza czystości spektralnej pikseli (Pixel Purity Index), klasyfikacja metodą SVM oraz ocena dokładności na podstawie macierzy błędów. Dla tych samych obszarów tworzy się analizy stanu roślinności przy użyciu modeli transferu promieniowania. Bazując na danych APEX z obszaru Karkonoszy, przy zastosowaniu metod SVM i sztucznych sieci neuronowych, prowadzi się także klasyfikację głównych gatunków drzew oraz bada ich stan.





Rys. 2. Wizualizacja danych hiperspektralnych data cube – fragment zobrazowania APEX, Karkonosze Wschodnie, okolice Wielkiego Stawu (kompozycja RGB 38, 15, 5).

Wiele prac magisterskich jest wykonywanych z wykorzystaniem oprogramowania ENVI. Dotyczą one analizy stanu roślinności, kartowania zbiorowisk i gatunków, analiz form geomorfologicznych, analiz zmian oraz klasyfikacji terenów nieprzepuszczalnych. Także w ramach praktyk studenci zapoznają się z oprogramowaniem i realizują własne projekty badawcze. Prace w tym zakresie prowadzi również **Koło Naukowe Geoinformatyki i Teledetekcji**. Jego członkowie zajmują się analizą zmian kondycji roślinności w okolicach Czarnobyla, związaną z wybuchem reaktora elektrowni jądrowej, analizą stanu roślinności po tsunami w Japonii oraz badaniami rozwoju miast na podstawie zdjęć satelitarnych.

Od lat są prowadzone zajęcia dla studentów studiów

licencjackich i magisterskich na kierunku geografia. W ramach zajęć studenci poznają analizę obrazów rastrowych. Mają okazję zapoznać się z procesami przetwarzania danych obrazowych, takimi jak: korekcje, maskowanie, mozaikowanie, wzmocnienie przestrzenne, zmiana układu odwzorowania, klasyfikacje, analizy zmian, redukcja przestrzeni spektralnej oraz łączenie różnych rodzajów danych. W ramach specjalizacji prowadzone są także zajęcia z przetwarzania obrazów hiperspektralnych. W zajęciach dotyczących wykorzystania ENVI uczestniczą również studenci innych kierunków (w ramach przedmiotów ogólnouniwersyteckich). Prowadzone są też zajęcia dla studentów zagranicznych w ramach programu ERASMUS.

## Teledetekcja w SGGW

Wykorzystanie teledetekcji w Zakładzie Hydrologii i Zasobów Wodnych na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego koncentruje się w znacznej części na zagadnieniach związanych z wodą, procesami hydrologicznymi i modelowaniem hydrologicznym. Z uwagi na wieloletnią działalność zakładu związaną z badaniami terenów naturalnych dolin rzecznych, ważny element prac stanowią badania związane z zabagnieniami i renaturyzacją cieków i dolin rzecznych. Prace naukowe i dydaktyczne są prowadzone w Pracowni Systemów Geoinformacyjnych i Modelowania Środowiska działającej w Centrum Wodnym.

Zakład oferuje zajęcia z teledetekcji na trzech kierunkach: budownictwo, inżynieria środowiska i ochrona środowiska. Na studiach pierwszego stopnia na kierunku budownictwo studenci poznają elementy teledetekcji na pierwszym roku, w ramach przedmiotu systemy geoinformacyjne. W programie kształcenia tego przedmiotu zawarte są podstawy GIS-u, teledetekcji i GNSS, przedstawiane na przykładach związanych z obszarami zurbanizowanymi. Ze względu na małą liczbę godzin program ćwiczeń realizowany jest w [ArcGIS](#), a część teledetekcyjna – z wykorzystaniem narzędzi ENVI w ArcGIS.

Na kierunku inżynieria środowiska **teledetekcja** wykładana jest jedynie w ramach przedmiotów fakultatywnych. W programie studiów pierwszego stopnia znajduje się to przedmiot teledetekcja i GNSS, dający studentom podstawy analizy wielospektralnych obrazowań satelitarnych i obsługi dwuczęstotliwościowych odbiorników GNSS. Na studiach drugiego stopnia, w ramach specjalizacji inżynieria wodna, studenci realizują przedmiot teledetekcja w hydrologii. Program oparty jest na wykorzystaniu oprogramowaniu ENVI i obejmuje podstawowe zagadnienia związane z analizą obrazowań wielo- i hyperspektralnych oraz wykorzystaniem danych ISOK w hydrologii, np. w określaniu zasięgu zalewów rzecznych czy wyznaczaniu parametrów modelowania hydrologicznego. Zdobytą wiedzę studenci wykorzystują na innych zajęciach, np. opracowane teledetekcyjnie mapy przepuszczalności podłoża służą do określenia współczynnika odpływu w zlewni miejskiej.

Na kierunku ochrona środowiska zakład prowadzi zajęcia na specjalizacji systemy ochrony środowiska na studiach magisterskich. Studenci uczestniczą w tygodniowych badaniach terenowych w Biebrzańskim Parku Narodowym, realizując przedmiot monitoring ekosystemów mokradłowych. W ramach zajęć wykonują oni pomiary parametrów biofizycznych zbiorowisk roślinnych i określają ich powiązania z refleksyjnością i LAI (ang. Leaf Area Index) oraz strumieniami pary wodnej i CO<sub>2</sub> mierzonymi na stacji mikrometeorologicznej.

W zakładzie powstają obecnie trzy doktoraty oraz kilka prac magisterskich z wykorzystaniem ENVI. Ich głównym problemem badawczym jest wykorzystanie teledetekcji w modelowaniu hydrologicznym. Zakład uczestniczy w krajowych i międzynarodowych projektach, w których wykorzystuje się oprogramowanie ENVI (w dwóch projektach naukowych, *INTREV-WetEco* i *Marsh-All*, finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki, w 7. Projekcie Ramowym – *REFORM*, projekcie *Stereo III* finansowanym przez BELSPO – *HIWET* oraz w projekcie *Life+Kampinoskie Bagna*).

# Teledetekcja na Politechnice Warszawskiej

Kształcenie w zakresie teledetekcji na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej ma już długoletnią tradycję. Pierwsze prace dyplomowe w tym zakresie powstawały we wczesnych latach 80. XX wieku pod kierunkiem prof. Stanisława Białousza – prekursora nauczania teledetekcji na Politechnice Warszawskiej i założyciela Zespołu Teledetekcji w ramach ówczesnego Zakładu Fotogrametrii (obecnie Zakładu Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej). Po raz pierwszy w historii wydziału przedmiot **teledetekcja** wszedł do programu nauczania w połowie lat 80. ubiegłego wieku, a w 1991 roku powstało specjalistyczne laboratorium, wyposażone w nowoczesny sprzęt i oprogramowanie do cyfrowego przetwarzania obrazów satelitarnych.

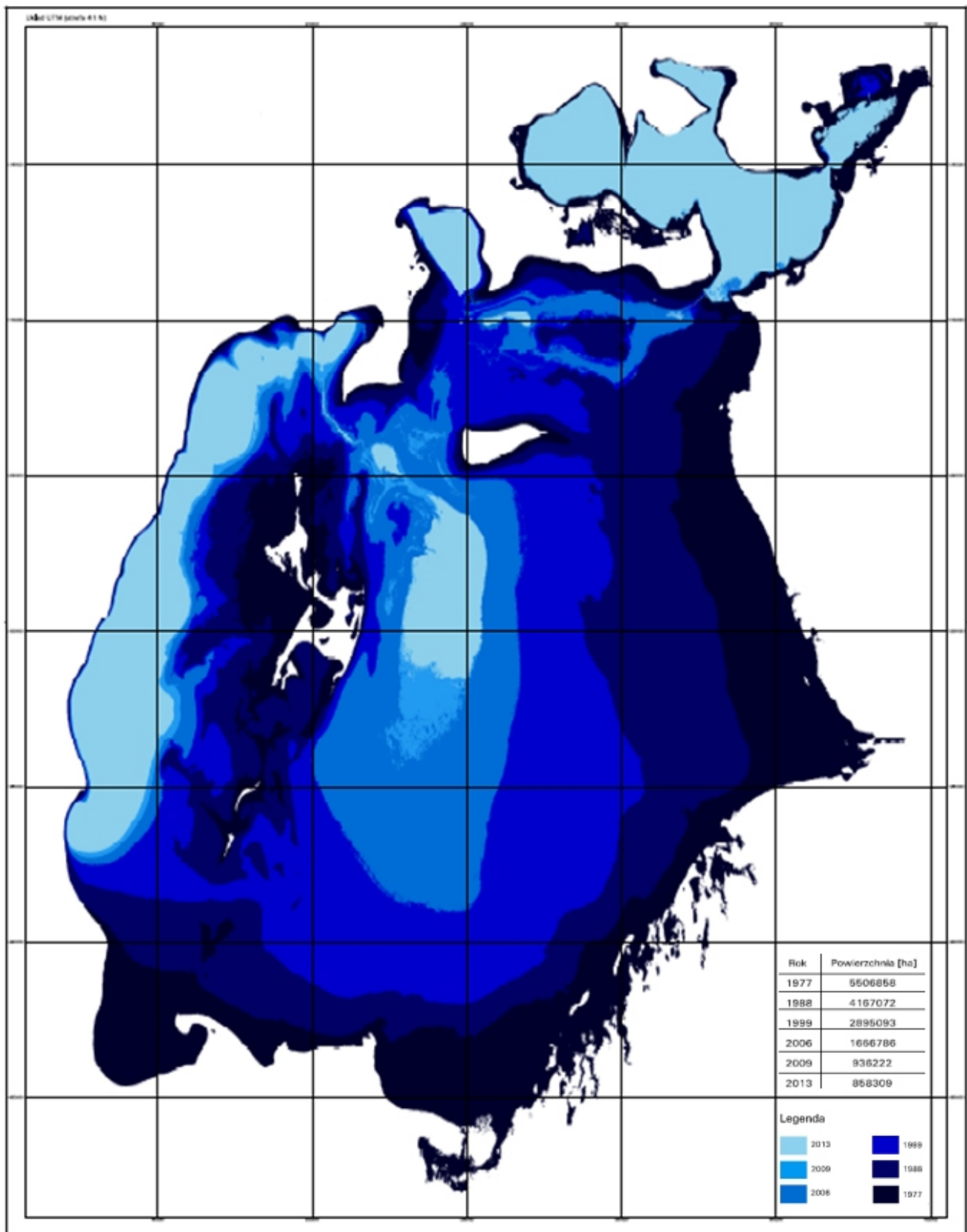
Program kształcenia w zakresie teledetekcji na przestrzeni lat ewoluował, był rozbudowywany i modyfikowany. Jego zmiany podążały za pojawiającymi się trendami w rozwoju technologii pozyskiwania i przetwarzania danych obrazowych, ale przede wszystkim za potrzebami rynku geoinformacyjnego. Obecnie program kształcenia na studiach pierwszego stopnia obejmuje podstawy teledetekcji (dominuje nauka metod fotointerpretacji zdjęć lotniczych i satelitarnych) oraz podstawy przetwarzania cyfrowego obrazów satelitarnych. Na studiach drugiego stopnia realizowane są przedmioty, w ramach których pogłębiane są wiedza i umiejętności zdobyte wcześniej. Na kierunku gospodarka przestrzenna prowadzi się przedmioty przetwarzanie i interpretacja zdjęć satelitarnych oraz „Teledetekcja środowiska”, a na kierunku Geodezja i Kartografia przedmioty takie jak: techniki pozyskiwania danych obrazowych, cyfrowe przetwarzanie obrazów, teledetekcyjne metody przetwarzania obrazów satelitarnych czy zastosowania teledetekcji. Najbardziej rozbudowany program jest realizowany na specjalności fotogrametria i **teledetekcja**. Obejmuje on m.in.:

metody korekcji radiometrycznej i atmosferycznej obrazów satelitarnych, zaawansowane metody przetwarzania zdjęć VHR, ich automatyzację, produkcję ortofotomapy ze zdjęć satelitarnych, a także przetwarzanie i interpretację zdjęć termalnych i zdjęć radarowych.

Program dydaktyczny jest nastawiony na ugruntowanie wiedzy dotyczącej różnych aspektów pozyskiwania i przetwarzania danych obrazowych, zarówno lotniczych, jak i satelitarnych, o różnych parametrach technicznych. Absolwent powinien umieć zastosować podejście inżyniersko-projektowe do stawianego przed nim zadania. Niezależnie od kierunku czy specjalności osoba kończąca tę specjalność ma ugruntowaną wiedzę o metodach i technologiach pozyskiwania i przetwarzania danych obrazowych. Ponadto potrafi dobrać i zastosować odpowiednie metody przetwarzania cyfrowego obrazów satelitarnych w zależności od postawionego zadania i rodzaju danych. Umie także wykorzystywać techniki teledetekcyjne do pozyskiwania danych tematycznych dla zjawisk lub obiektów przestrzennych i integrować dane teledetekcyjne z innymi bazami danych przestrzennych.

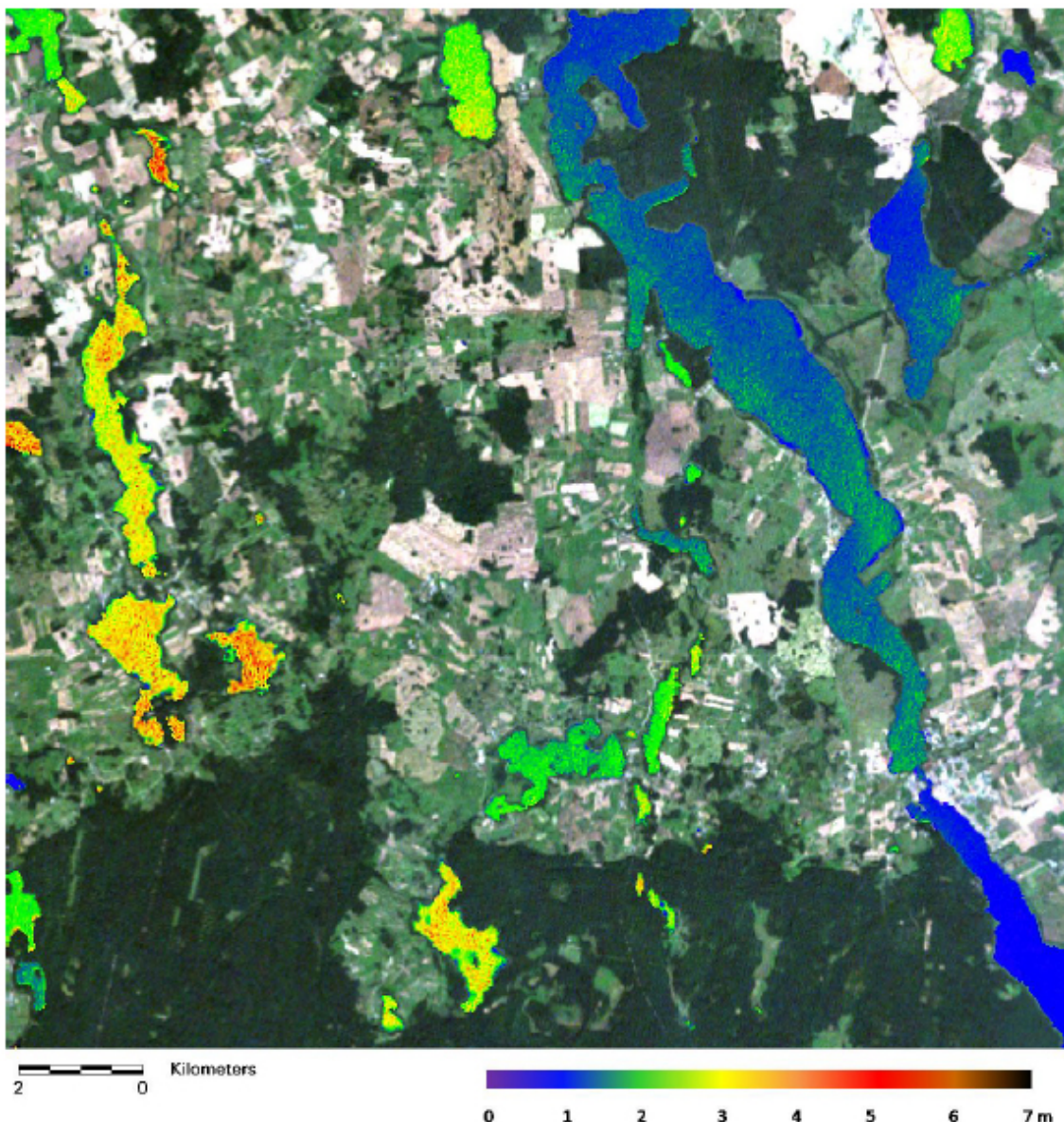
Poniżej przedstawione zostały przykłady opracowań wykonanych w ramach **nauczania teledetekcji** na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej.





Rys. 3. Mapa zmian zasięgu Jeziora Aralskiego (1977–2013) wykonana na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat w ramach pracy inżynierskiej Analiza zaniku Jeziora Aralskiego na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat, realizowanej przez Annę Zadrożną na kierunku geodezja i kartografia pod opieką dr hab.

inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, 2014 rok.



Rys. 4. Rozkład przezroczystości wód jezior mazurskich wykonany na podstawie zdjęć satelitarnych Landsat w ramach pracy magisterskiej Analiza możliwości wykorzystania obrazów satelitarnych Landsat TM do oceny stanu czystości wód śródlądowych, realizowanej przez Dorotę Komacką na specjalności fotogrametria i teledetekcja (kierunek studiów: geodezja i kartografia) pod opieką dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, 2014 rok.

O wykorzystaniu ENVI na Uniwersytecie Warszawskim napisali: Anna Jarocińska, Bogdan Zagajewski, Adrian Ochtyra, Adriana

Marcinkowska-Ochtyra, Marlena Kycko, Edwin Raczko. Temat teledetekcji w SGGW poruszył Jarosław Chormański, a możliwości kształcenia w zakresie teledetekcji na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej przedstawiły dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska i dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak.