



online

Ogólnopolska Konferencja

Fotointerpretacji

i Teledetekcji

28 - 30 listopada 2022

**Streszczenia referatów**

## Spis Treści

Słowo po XXV Konferencji.....	6
Komitet Honorowy.....	7
Komitet Naukowy .....	7
Komitet Organizacyjny .....	8
Organizatorzy .....	9
Patronat honorowy .....	10
Program konferencji.....	11
Keynote Speakers.....	14
FROM TRADITION TO THE FUTURE – OD TRADYCJI DO PRZYSZŁOŚCI.....	16
Kartowanie drzewostanów Tatr na podstawie danych teledetekcyjnych i algorytmów uczenia maszynowego.....	28
Klasyfikacja składu gatunkowego drzewostanów w skali całego kraju z wykorzystaniem serii czasowych SENTINEL-2 i GOOGLE EARTH ENGINE .....	29
Analiza ryzyka pożarowego w Polsce na podstawie wyników wskaźnika FWI-CBK dla lat 2018-2022.....	30
Analiza porównawcza wybranych metod wykrywania spalonego terenu na obrazach satelitarnych Sentinel-2 .....	31
Szpiegowskie misje satelitarne punktem wyjścia do badań historii lasów w RDLP Krosno w latach 1960-2020 .....	32
Wykorzystanie BSP w monitoringu drzewostanów sosnowych pod kątem rozprzestrzeniania się Jemioły pospolitej rozpięzchłej ( <i>Viscum album ssp. Austriacum L.</i> ).....	33
Monitoring satelitarny drzewostanów sosnowych zagrożonych gradacjami borecznika sosnowca ( <i>diprion pini l.</i> ).....	34
Wykorzystanie technologii teledetekcyjnych w inwentaryzacji jemioły na przykładzie miasta stołecznego Warszawa.....	35
Dokładność określania wysokości drzewostanów na obszarze południowej Polski w oparciu o pomiary SLS misji GEDI (NASA).....	36
Analiza teksturowa zobrażeń optycznych i radarowych do oceny zasklepienia i gęstości szarej infrastruktury.....	37
Analiza zmian pokrycia i użytkowania gruntów z wykorzystaniem zobrażeń satelitarnych i GIS - studium przypadku dla aglomeracji opolskiej.....	38

---

Ocena wpływu danych referencyjnych i Numerycznego Modelu Terenu na wynik klasyfikacji pokrycia terenu na przykładzie Viken County w Norwegii .....	39
Analiza zmian pokrycia terenu wokół obozu uchodźców Mtendeli w Tanzanii .....	40
Porównanie skuteczności identyfikacji nieleśnych siedlisk Natura 2000 na podstawie danych hiperspektralnych i wielospektralnych .....	41
Teledetekcja wymoków i podtopień na trwałych użytkach zielonych – zadanie realizowane na rzecz Pakietu 9 DRŚK.....	42
Analiza spektralna danych DESIS i SENTINEL-2 składowisk odpadów komunalnych .....	43
Detekcja zmian pokrycia terenu na Mazowszu.....	44
Zwiększenie dokładności mapy glebowo-rolniczej poprzez analizę szeregów czasowych obrazów Sentinel-2.....	45
Statystyka produkcji roślinnej na podstawie danych satelitarnych.....	46
Wzrost promieniowania krótkofalowego odbitego od gruntów ornych niepokrytych roślinnością w Europie poprzez zmniejszenie ich szorstkości.....	47
Projekt EOStat dla Ukrainy – wsparcie administracji w gromadzeniu i przetwarzaniu danych rolniczych na podstawie zobrażeń satelitarnych.....	48
Teledetekcja w Systemie Monitoringu Suszy Rolniczej.....	49
Częstość rodzajów chmur nad polską (2003-2021) na podstawie obserwacji satelitarnych (MODIS) i naziemnych (SYNOP) .....	50
Trendy zachmurzenia nad Morzem Bałtyckim na podstawie danych satelitarnych (1988-2021).....	51
Walidacja modelowanych rozkładów temperatury powietrza (AT) na Svalbardzie przy użyciu danych temperatury powierzchni terenu (LST) z teledetekcji satelitarnej.....	52
Oceny zachmurzenia ogólnego z wykorzystaniem satelitarnych obserwacji lidarowych .....	53
Detekcja anomalii geotermalnych za pomocą danych z sensora ECOSTRESS .....	54
Automatyczne metody globalnej klasyfikacji pokrycia terenu dla wybranych klas tematycznych.....	55
Kwantowe uczenie maszynowe w zastosowaniach do fotointerpretacji.....	56
Benchmarking Multi-Image Super-Resolution of Satellite Images .....	57
Automatyczna detekcja obiektów topograficznych na ortofotomapie z wykorzystaniem metod deep learning .....	58
Software for Earth Observation: E2E Simulators, Instrument Data Simulator, Ground Prototyp Processor and Performance Assessment Tool .....	59

---

---

E-learning course on Time Series Analysis in Remote Sensing for Understanding Human-Environment Interactions (E-TRAINEE) – nowa perspektywa w nauczaniu .....	60
Środowisko do efektywnego przetwarzania zdjęć satelitarnych w oparciu o technologię Big Data.....	61
Metodyka kontroli zdjęć lotniczych przyjmowanych do Centralnego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego.....	62
Zintegrowane środowisko dostępu do danych geoprzestrzennych i algorytmów przetwarzania - platforma UP42 .....	63
Wykorzystanie danych satelitarnych do szacowania usług ekosystemowych w obszarach zurbanizowanych.....	64
Uchwycić nieuchwytnie - wykorzystanie danych teledetekcyjnych dla rozpoznania kulturowych usług ekosystemowych dostarczanych przez miejskie tereny zieleni.....	65
Mapowanie zasięgu pożarów w różnych ekosystemach na podstawie danych Sentinel 2 .....	66
Wykorzystanie danych satelitarnych ze skanera MSI w badaniach ekosystemów morskich stref przybrzeżnych .....	67
Wykorzystanie radarowych zdjęć satelitarnych Sentinel-1 do detekcji łodzi żaglowych w regionie Wielkich Jezior Mazurskich na potrzeby monitoringu rekreacyjnych usług ekosystemowych .....	68
Wykorzystanie technik teledetekcyjnych i GIS w badaniach przestrzennych uwarunkowań przepływu rekreacyjnych usług ekosystemowych w krajobrazie nadrzecznym .....	69
Kartowanie Typów Funkcjonalnych Ekosystemów w Afryce Środkowej z wykorzystaniem danych radarowych Sentinel-1 .....	70
Potencjał danych teledetekcyjnych dla rozpoznania i oceny usług ekosystemowych.....	71
Zastosowanie lotniczych zobrazowań hiperspektralnych do identyfikacji wybranych inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin .....	72
Spatial variation analysis of chlorophyll concentration using Sentinel-3 OLCI Imagery in the Bay of Bengal along the shores of the Chennai district, India .....	73
Jak wykorzystać nieużytki w walce ze zmianami klimatu?.....	74
Monitorowanie lasów miejskich Krakowa z wykorzystaniem wskaźników krajobrazowych na podstawie wieloczasowych danych teledetekcyjnych.....	75
Ewapotranspiracja terenów bagiennych. Wybrane wyniki pomiarów z zastosowaniem metody kowariancyjnej i obserwacji satelitarnych (Sentinel 2).....	76
Teledetekcyjne monitorowanie drzewostanów na pożarzystku w Kuźni Raciborskiej z wykorzystaniem serii czasowych zdjęć satelitarnych i chmur punktów ALS LiDAR .....	77
Remote Sensing to prevent floods in Sudan.....	78

---

---

Środowiskowe czynniki wpływające na częstość pożarów w wysokich szerokościach geograficznych .....	79
Wpływ podziemnej eksploatacji na powierzchnię terenu na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na podstawie archiwalnych i najnowszych danych InSAR .....	80
Wykorzystanie danych Sentinel-1 do analizy ruchów spowodowanych trzęsieniem ziemi oraz modelowania parametrów wstrząsu .....	81
Teledetekcja w badaniach muraw wysokogórskich .....	82
Zastosowanie algorytmu monitorowania zmian roślinności na podstawie progów i trendów (Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm, TVCMA) w badaniu uszkodzeń roślinności na przykładzie Tatr .....	83
Analiza przesuszenia torfowisk w Borach Tucholskich z wykorzystaniem wielosensorowych danych lotniczych.....	84
Wpływ zmienności warunków wzrostu pokrywy roślinnej spowodowanej zmianami klimatycznymi na pochłanianie dwutlenku węgla w świetle informacji z współczesnych satelitów – badania na obszarze torfowisk Biebrzy .....	85
Wieloparametryczne monitorowanie środowiska z wykorzystaniem obserwacji satelitarnych i naziemnych .....	86
Geoportal jako kompleksowe narzędzie do analizy zasięgu, zmian i potencjału nieużytków w procesie sekwestracji CO <sub>2</sub> .....	87
Czy teledetekcja jest realnie użyteczna i wykorzystywana w lokalnej administracji? Czyli o teledetekcji w realizacji zadań podstawowych jednostek samorządu terytorialnego w okresie 2021-2022 r.....	88
Projekt GAUSS – generowanie inteligentnych statystyk dotyczących jakości środowiska przyrodniczego na terenie gmin w Polsce.....	89
Adaptacja miast do zmian klimatu z wykorzystaniem teledetekcji: założenia projektu „LIFECOOLCITY” .....	90
Analiza zjawiska „betonozy” na podstawie danych i produktów programu COPERNICUS..	91
Ocena możliwości wykorzystania uczenia maszynowego i teledetekcji do szacowania ilości i rozmieszczenia dachów azbestowo-cementowych.....	92
Środowiskowy wpływ dachów azbestowo-cementowych dla wskazania najlepszych praktyk gospodarowania odpadami niebezpiecznymi w Unii Europejskiej .....	93
Walory fotointerpretacyjne zdjęć lotniczych w procesie odtwarzania zasięgu i sposobu użytkowania działek ewidencyjnych.....	94
Potencjał monitorowania celów zrównoważonego rozwoju (Sustainable Development Goals – SDG) w Polsce za pomocą danych satelitarnych .....	95
Badania jakości powietrza z wykorzystaniem BSP na przykładzie Torunia .....	96

---

## Słowo po XXV Konferencji

*Szanowni Państwo,*

*Uczestnicy XXV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji,*

Konferencja została zorganizowana przez Sekcję Teledetekcji Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN. Jej przygotowaniem zajmowały się trzy komitety – honorowy, naukowy oraz organizacyjny. Do udziału w Komitecie Honorowym zaproszone zostały osoby zasłużone dla środowiska naukowego, które inicjowały i wskazywały kierunki prowadzonych badań, były naszymi nauczycielami. Komitet Naukowy składał się z członków Sekcji Teledetekcji KBKiS PAN oraz z przedstawicieli uczelni i instytutów naukowych. Powstał duży komitet reprezentujący większość ośrodków naukowych, w których prowadzone są prace z zakresu teledetekcji satelitarnej i lotniczej. Główny ciężar organizacyjny spoczywał na Komitecie Organizacyjnym, w skład którego wchodziły osoby z Zakładu Obserwacji Ziemi Centrum Badań Kosmicznych PAN (CBK PAN) oraz z Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej (PW). To oni zapewnili sprawną organizację na wszystkich etapach Konferencji, co wymagało zaangażowania przez okres kilku miesięcy.

Ze względu na zagrożenie epidemiologiczne XXV Konferencja, podobnie jak poprzednia, która odbyła się w roku 2021, została zorganizowana w trybie zdalnym. Nie jest to optymalna forma kontaktów naukowych. Możliwość dyskusji i interakcji jest bardzo ograniczona w porównaniu z tradycyjną formą konferencji. Równocześnie jednak, prawie trzy lata pandemii, wymusiły powszechne korzystanie z nowych możliwości kontaktowania się. Powrót do tradycyjnych konferencji, bez zdalnego dostępu, chyba nie jest już możliwy.

Podstawowym celem każdej konferencji jest wymiana doświadczeń oraz prezentacja najnowszych wyników prowadzonych prac. Zdaniem organizatorów cel ten został osiągnięty. W czasie trzech dni przedstawiono 72 referaty. Ze względu na ich liczbę podjęto decyzję o prowadzeniu sesji równoległych. Równocześnie zarezerwowano czas na zadawanie pytań i dyskusję bezpośrednio po każdym referacie. Członkowie Komitetu Naukowego prowadzący sesje moderowali dyskusje, ich zaangażowanie zapewniło poziom i sprawny przebieg konferencji.

Podejmując się organizacji XXV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji mieliśmy na uwadze jej jubileuszowy charakter i dlatego nawiązano do jej historii. Staraliśmy się, aby była to konferencja adresowana nie tylko do środowiska naukowego, ale również do urzędów i firm, w których wykorzystywane są dane teledetekcyjne oraz powstają nowe metody ich przetwarzania i zastosowania. Wykonano krok w kierunku zwiększenia zasięgu krajowej konferencji, która w naszej ocenie powinna być dostrzegalna również w skali europejskiej. Zaproszeni zostali prelegenci z EC, ESA i NASA. Wygłoszono referaty w języku angielskim, w konferencji uczestniczyły też osoby, które studiowały w Polsce, a obecnie pracują zagranicą.

Po zakończeniu Konferencji otrzymujemy wiele pozytywnych opinii odnośnie organizacji i poziomu referatów. Zostało to osiągnięte dzięki pracy Komitetów oraz zaangażowaniu uczestników, którzy tak licznie wzięli udział w XXV Konferencji (ponad 200 zarejestrowanych osób).

Dziękujemy i do zobaczenia na kolejnej konferencji,

*w imieniu Komitetu Organizacyjnego*

*Stanisław Lewiński,*

*Katarzyna Osieńska-Skotak.*

### **Komitet Honorowy**

Prof. dr hab. Jan R. Olędzki – przewodniczący

Prof. dr hab. Zbigniew Kłos – przewodniczący Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych

Prof. dr hab. inż. Stanisław Białousz

Prof. dr hab. Jerzy Cierniewski

Prof. dr hab. Andrzej Ciołkosz

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Furmańczyk

Prof. dr hab. Leon Kozacki

Prof. dr hab. inż. Adam Linsenbarth

### **Komitet Naukowy**

dr hab. inż. Stanisław Lewiński – Centrum Badań Kosmicznych PAN

dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak – Politechnika Warszawska

dr hab. inż. Krzysztof Będkowski – Uniwersytet Łódzki

prof. dr hab. inż. Elżbieta Bielecka – Wojskowa Akademia Techniczna

prof. dr hab. Katarzyna Dąbrowska-Zielińska – Instytut Geodezji i Kartografii

dr hab. Dariusz Dukaczewski – Instytut Geodezji i Kartografii

dr hab. Piotr Gawron - Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN

dr hab. inż. Dariusz Gotlib – Politechnika Warszawska

prof. dr hab. inż. Beata Hejmanowska – Akademia Górniczo-Hutnicza

dr hab. inż. Agata Hościło – Instytut Geodezji i Kartografii

dr Andrzej Kotarba – Centrum Badań Kosmicznych PAN

prof. dr hab. Jacek Kozak – Uniwersytet Jagielloński

prof. dr hab. inż. Adam Krężel – Uniwersytet Gdański

dr hab. Mieczysław Kunz – Uniwersytet im. Mikołaja Kopernika w Toruniu

dr hab. inż. Przemysław Kupidura – Politechnika Warszawska

dr hab. Artur Magnuszewski – Uniwersytet Warszawski

dr hab. inż. Marek Mróz – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

dr hab. inż. Jan Piekarczyk – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska – Politechnika Warszawska

dr hab. inż. Mirosław Rataj – Centrum Badań Kosmicznych PAN

dr hab. inż. Krzysztof Stereńczak – Instytut Badawczy Leśnictwa

dr inż. Piotr Struzik – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej

dr hab. inż. Piotr Wężyk – Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

dr Edyta Woźniak – Centrum Badań Kosmicznych PAN

dr hab. Bogdan Zagajewski – Uniwersytet Warszawski

prof. dr hab. Zbigniew Zwoliński – Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu



### **Komitet Organizacyjny**

dr hab. inż. Stanisław Lewiński – Centrum Badań Kosmicznych PAN – przewodniczący  
dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak – Politechnika Warszawska – wiceprzewodnicząca  
dr inż. Sebastian Aleksandrowicz – Centrum Badań Kosmicznych PAN  
dr inż. Małgorzata Jenerowicz-Sanikowska – Centrum Badań Kosmicznych PAN  
mgr inż. Ewa Gromny – Centrum Badań Kosmicznych PAN  
mgr inż. Michał Krupiński – Centrum Badań Kosmicznych PAN  
mgr Ewa Bilska – Centrum Badań Kosmicznych PAN  
dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska – Politechnika Warszawska  
dr inż. Artur Nowakowski – Politechnika Warszawska  
mgr inż. Aleksandra Radecka – Politechnika Warszawska  
mgr inż. Oskar Graszka – Politechnika Warszawska  
Szymon Sala – Centrum Badań Kosmicznych PAN

### **Kontakt pokonferencyjny:**

dr hab. inż. Stanisław Lewiński – [stlewinski@cbk.waw.pl](mailto:stlewinski@cbk.waw.pl)  
dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak – [katarzyna.osinska-skotak@pw.edu.pl](mailto:katarzyna.osinska-skotak@pw.edu.pl)

### **Strona internetowa:**

<https://www.xxvokfit.pw.edu.pl>



## Organizatorzy



**Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN  
Sekcja Teledetekcji**



**Centrum Badań Kosmicznych PAN  
Zakład Obserwacji Ziemi**



**Wydział Geodezji  
i Kartografii**  
POLITECHNIKA WARSZAWSKA

**Politechnika Warszawska  
Wydział Geodezji i Kartografii**

### Patronat honorowy



Minister  
Edukacji i Nauki



Ministerstwo  
Rozwoju i Technologii

## Program konferencji

**Dzień 1 – 28.11.2022**

### S0: Otwarcie konferencji

9:00 9:20	<b>Uroczyste rozpoczęcie konferencji</b>
9:20 9:40	<b>Keynote Speaker – Prof. dr hab. Jan R. Olędzki: From tradition to the future / Od tradycji ku przyszłości.</b>
9:40 10:30	<b>Keynote Speaker – Jean Dusart: Preparing EuroGEO for the future.</b>
10:30 11:20	<b>Keynote Speaker – Nicolaus Hanowski, Ph.D.: The Copernicus Sentinels - a new era for remote sensing data management.</b>

11:20  
11:40 **Przerwa kawowa**

S1: Lasy		S3: Klasyfikacja	
11:40 12:00	Kartowanie drzewostanów Tatr na podstawie danych teledetekcyjnych i algorytmów uczenia maszynowego <i>M. Kluczek, B. Zagajewski, T. Zwiącz-Kozica</i>		Analiza teksturowa z obrazów optycznych i radarowych do oceny zasklepienia i gęstości szarej infrastruktury <i>J. Pluto-Kossakowska, P. Wędzikowska</i>
12:00 12:20	Klasyfikacja składu gatunkowego drzewostanów w skali całego kraju z wykorzystaniem serii czasowych Sentinel-2 i Google Earth Engine <i>E. Grabska-Szwagrzyk</i>		Analiza zmian pokrycia i użytkowania gruntów z wykorzystaniem zobrażeń satelitarnych i GIS - studium przypadku dla Aglomeracji Opolskiej <i>B. Wiatkowska, E. Bielecka, J. Słodczyk</i>
12:20 12:40	Analiza ryzyka pożarowego w Polsce na podstawie wyników wskaźnika FWI-CBK dla lat 2018-2022 <i>M. Milczarek, M. Ruciński, M. Cudak</i>		Ocena wpływu danych referencyjnych i Numerycznego Modelu Terenu na wynik klasyfikacji pokrycia terenu na przykładzie Viken County w Norwegii <i>A. Waśniewski, A. Hościło, L. Aune-Lundberg</i>
12:40 13:00	Analiza porównawcza wybranych metod wykrywania spalonego terenu na obrazach satelitarnych Sentinel-2 <i>M. Milczarek, S. Aleksandrowicz, A. Kita, R.-T. Chadoulis, I. Manakos, E. Woźniak</i>		Analiza zmian pokrycia terenu wokół obozu uchodźców Mtendeli w Tanzanii <i>E. Gromny, J. Haarpaintner, S. Aleksandrowicz, M. Jenerowicz-Sanikowska, E. Woźniak, L. Pesquer Mayos, M. Chulek, D. Starczewski, Z. Pawlak</i>

13:00  
13:30 **Przerwa obiadowa**

13:30  
14:20 **Keynote Speaker - James R. Irons, Ph.D.: Fifty Years of Landsat Observations and Beyond - link**

S2: Lasy		S4: Klasyfikacja	
14:30 14:50	Szpiegowskie misje satelitarne punktem wyjścia do badań historii lasów w RDLP Krosno w latach 1960-2020 <i>A. Hościło, A. Lewandowska, A. Waśniewski, A. Leszczyńska</i>		Porównanie skuteczności identyfikacji nieleśnych siedlisk Natura 2000 na podstawie danych hiperspektralnych i wielospektralnych <i>A. Jarczyńska, D. Kopeć, J. Niedzielko, J. Wylazłowska, A. Halladin-Dąbrowska, J. Charyton, A. Piernik, D. Kamiński</i>
14:50 15:10	Wykorzystanie BSP w monitoringu drzewostanów sosnowych pod kątem rozprzestrzeniania się Jemioły pospolitej rozpierzchłej ( <i>Viscum album ssp. austriacum L.</i> ) <i>J. Miszczyszyn, P. Wężyk</i>		Teledetekcja wymoków i podtopień na trwałych użytkach zielonych - zadanie realizowane na rzecz Pakietu 9 DRŚM <i>R. Pudelko</i>
15:10 15:30	Monitoring satelitarny drzewostanów sosnowych zagrożonych gradacjami borecznika sosnowca ( <i>Diprion pini</i> ) <i>P. Wężyk, A. Golasz, W. Krawczyk</i>		Analiza spektralna danych DESIS i Sentinel-2 składowisk odpadów komunalnych <i>M. Folwarczny, S. Lewiński</i>
15:30 15:50	Wykorzystanie technologii teledetekcyjnych w inwentaryzacji jemioły na przykładzie miasta stołecznego Warszawa <i>Ł. Kwaśny, J. Budnicka-Kosior, P. Zaniewski</i>		Detekcja zmian pokrycia terenu na Mazowszu <i>S. Lewiński, M. Ruciński, M. Krupiński, E. Gromny, S. Sala</i>
15:50 16:10	Dokładność określania wysokości drzewostanów na obszarze południowej Polski w oparciu o pomiar SLS misji GEDI (NASA) <i>W. Krawczyk, P. Wężyk</i>		

**Dzień 2 – 29.11.2022**

S5: Rolnictwo		S6: Klimatologia	
9:00 9:20	Zwiększenie dokładności mapy glebowo-rolniczej poprzez analizę szeregów czasowych obrazów Sentinel-2 <i>A. Jędrejek</i>	Częstość rodzajów chmur nad Polską (2003-2021) na podstawie obserwacji satelitarnych (MODIS) i naziemnych (SYNOP) <i>I. Wojciechowska</i>	
9:20 9:40	Statystyka produkcji roślinnej w Polsce na podstawie danych satelitarnych <i>A. Łączyński</i>	Trendy zachmurzenia nad Morzem Bałtyckim na podstawie danych satelitarnych (1988-2021) <i>M. Paszkuta, A. Krężel</i>	
9:40 10:00	Wzrost promieniowania krótkofalowego odbitego od gruntów ornych niepokrytych roślinnością w Europie poprzez zmniejszenie ich szorstkości <i>J. Ceglarek, J. Cierniewski</i>	Walidacja modelowanych rozkładów temperatury powietrza (AT) na Svalbardzie przy użyciu danych temperatury powierzchni terenu (LST) z teledetekcji satelitarnej <i>A. Stach, G. Rachlewicz</i>	
10:00 10:20	Projekt EOStat dla Ukrainy – wsparcie administracji w gromadzeniu i przetwarzaniu danych rolniczych na podstawie zobrażeń satelitarnych <i>A. Markowska, E. Panek, K. Dąbrowska-Zielińska, S. Lewiński, E. Woźniak, S. Aleksandrowicz, A. Burzykowska, A. Łączyński, J. Bojanowski</i>	Oceny zachmurzenia ogólnego z wykorzystaniem satelitarnych obserwacji lidarowych <i>A. Z. Kotarba</i>	
10:20 10:40	Teledetekcja w Systemie Monitoringu Suszy Rolniczej <i>M. Kozak</i>	Detekcja anomalii geotermalnych za pomocą danych z sensora ECOSTRESS <i>A. Soszyńska, T. Groen, H. van der Werff, E. Bonyo, C. Hecker</i>	

**Przerwa kawowa**

S7: Uczenie maszynowe		S9: Usługi ekosystemowe	
11:00 11:20	Automatyczne metody globalnej klasyfikacji pokrycia terenu dla wybranych klas tematycznych <i>A. Nowakowski, P. Kupidura, A. Płatek-Żak, O. Graszka, K. Przeździecki, J. Zawadzki</i>	Wykorzystanie danych satelitarnych do szacowania usług ekosystemowych w obszarach zurbanizowanych <i>A. Affek, J. Wolski</i>	
11:20 11:40	Kwantowe uczenie maszynowe w zastosowaniach do fotointerpretacji <i>P. Gawron</i>	Uchwycić nieuchwytnie - wykorzystanie danych teledetekcyjnych dla rozpoznania kulturowych usług ekosystemowych dostarczanych przez miejskie tereny zieleni <i>E. Woźniak, S. Kulczyk, M. Derek, T. Grzyb</i>	
11:40 12:00	Benchmarking Multi-Image Super-Resolution of Satellite Images <i>P. Kowaleczko, T. Tarasiewicz, M. Ziaja, D. Kostrzewa, J. Nalepa, P. Rokita, M. Kawulok</i>	Mapowanie zasięgu pożarów w różnych ekosystemach na podstawie danych Sentinel-2 <i>A. Rynkiewicz, A. Hościło, A. Lewandowska</i>	
12:00 12:20	Automatyczna detekcja obiektów topograficznych na ortofotomapie z wykorzystaniem metod deep learning <i>A. Bober, J. Araszkiwicz, A. Wojdak</i>	Wykorzystanie danych satelitarnych ze skanera MSI w badaniach ekosystemów morskich stref przybrzeżnych <i>M. Darecki</i>	
12:20 12:40	Software for Earth Observation: E2E Simulators, Instrument Data Simulator, Ground Prototype Processor and Performance Assessment Tool <i>R. Kędzierawski, P. Wojtkiewicz, N. Lemarquis, P. Koza</i>	Wykorzystanie radarowych zdjęć satelitarnych Sentinel-1 do detekcji łodzi żaglowych w regionie Wielkich Jezior Mazurskich na potrzeby monitoringu rekreacyjnych usług ekosystemowych <i>M. Ruciński, E. Woźniak, S. Kulczyk, M. Derek</i>	
12:40 13:00		Wykorzystanie technik teledetekcyjnych i GIS w badaniach przestrzennych uwarunkowań przepływu rekreacyjnych usług ekosystemowych w krajobrazie nadrzecznym <i>T. Grzyb</i>	
13:00 13:20		Kartowanie Typów Funkcjonalnych Ekosystemów w Afryce Środkowej z wykorzystaniem danych radarowych Sentinel-1 <i>M. Jenerowicz-Sanikowska, E. Woźniak, E. Gromny, C. Domingo-Marimon, A. Foks-Ryznar, M. Ruciński, M. Krupiński, S. Aleksandrowicz, L. Pesquer Mayos</i>	

**Przerwa obiadowa**

S8: Serwisy i oprogramowanie		S10: Usługi ekosystemowe	
14:20 14:40	Wykorzystanie serii czasowych danych teledetekcyjnych w celu zrozumienia interakcji człowiek-środowisko - nowy kurs e-learningowy E-TRAINEE <i>A. Marcinkowska-Ochtyra, J. Albrechtová, K. Anders, L. Červená, K. Gryguc, B. Höfle, L. Kupková, Z. Lhotáková, A. Mayr, A. Ochtyra, M. Potůčková, M. Rutzinger</i>	Potencjał danych teledetekcyjnych dla rozpoznania i oceny usług ekosystemowych <i>M. Stępniewska, M. Sojka</i>	
14:40 15:00	Środowisko do efektywnego przetwarzania zdjęć satelitarnych w oparciu o technologię Big Data <i>J. Pukacki, M. Krystek</i>		
15:00 15:20	Metodyka kontroli zdjęć lotniczych przyjmowanych do centralnego zasobu geodezyjnego i kartograficznego <i>K. Dworakowski, A. Bober</i>	Panel dyskusyjny: Usługi ekosystemowe i teledetekcja - możliwości i ograniczenia	
15:20 15:40	Zintegrowane środowisko dostępu do danych geoprzestrzennych i algorytmów przetwarzania - platforma UP42 <i>K. Bielińska</i>		

**Dzień 3 – 30.11.2022**

**S11: Sesja posterowa**

9:00	Zastosowanie lotniczych zobrazowań hiperspektralnych do identyfikacji wybranych inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin <i>A. Sabat-Tomala, E. Raczko, B. Zagajewski</i>
9:10	
9:10	Spatial variation analysis of chlorophyll concentration using Sentinel-3 OLCI Imagery in the Bay of Bengal along the shores of the Chennai district, India <i>K. Kaushik</i>
9:20	
9:20	Jak wykorzystać nieużytki w walce ze zmianami klimatu? <i>M. Krupiński, M. Ruciński, M. Milczarek, E. Gromny, S. Aleksandrowicz, E. Woźniak, C. Georgiadis, V. Tsioukas, M. Tassopoulou, N. Verde, A. Stannas, Z. Touloudi, G. Spanos, J. Torralba Pérez, J. P. Carbonell Rivera, P. Crespo Peremarch, F. Gallego, F. Bezares, R. Góme, L. Martín, A. Abad, L. Papalampros, N. Gounaris, E. Mystakidis, A. Argyroudi, L. Gkountara, A. Sakellariou, I. V. Korompoki, D. Emin, S. Garśva, A. Trivedi, B. Felten, A. Hassan, R. Ravindran, M. Mendes, R. Polepally, E. Bender, S. Nyarko</i>
9:30	
9:30	Monitorowanie lasów miejskich Krakowa z wykorzystaniem wskaźników krajobrazowych na podstawie wieloczasowych danych teledetekcyjnych <i>K. Zięba-Kulawik, P. Wężyk</i>
9:40	
9:40	Evapotranspiracja obszarów bagiennych. Wybrane wyniki pomiarów z zastosowaniem metody kowariancyjnej i obserwacji satelitarnych (Sentinel-2) <i>M. Siedlecki, W. Pawlak, K. Fortuniak</i>
9:50	
9:50	Teledetekcyjne monitorowanie drzewostanów na pożarzystku w Kuźni Raciborskiej z wykorzystaniem serii czasowych zdjęć satelitarnych i chmur punktów ALS LiDAR <i>A. W. Golasz, P. Wężyk</i>
10:00	
10:00	Remote sensing to prevent floods in Sudan <i>M. Ahmed</i>
10:10	

**Przerwa kawowa**

<b>S12: Środowisko</b>		<b>S14: Obserwacje Ziemi dla administracji</b>	
10:40	Środowiskowe czynniki wpływające na częstość pożarów w wysokich szerokościach geograficznych <i>A. Provenzale, S. Aleksandrowicz, E. Woźniak, A. Baronetti, A. Foks-Ryznar, M. Magnani, M. Ruciński, G. Vissio</i>		Czy teledetekcja jest realnie użyteczna i wykorzystywana w lokalnej administracji? Czyli o teledetekcji w realizacji zadań podstawowych jednostek samorządu terytorialnego w okresie 2021-2022 r. <i>K. Berłowski</i>
11:00			
11:00	Wpływ podziemnej eksploatacji na powierzchnię terenu na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na podstawie archiwalnych i najnowszych danych InSAR <i>M. Przyłucka, Z. Kowalski</i>		Projekt GAUSS – generowanie inteligentnych statystyk dotyczących jakości środowiska przyrodniczego na terenie gmin w Polsce <i>E. Panek, E. Gerasopoulos, K. Dąbrowska-Zielińska, A. Nadir Arslan</i>
11:20			
11:20	Wykorzystanie danych Sentinel-1 do analizy ruchów spowodowanych trzęsieniem ziemi oraz modelowania parametrów wstrząsów <i>M. Łucka, W. Witkowski</i>		Adaptacja miast do zmian klimatu z wykorzystaniem teledetekcji: założenia projektu LIFE COOLCITY <i>D. Kopeć, Ł. Stawik, M. Niedzielko</i>
11:40			
11:40	Teledetekcja w badaniach muraw wysokogórskich <i>M. Kycko, B. Zagajewski, T. Zwijacz-Kozica, M. Kluczek</i>		Analiza zjawiska "betonozy" na przykładzie danych i produktów programu Copernicus <i>D. Stosio, A. Hościło, K. Osińska-Skotak</i>
12:00			
12:00	Zastosowanie algorytmu monitorowania zmian roślinności na podstawie progów i trendów (TVCMA) w badaniu uszkodzeń roślinności na przykładzie Tatr <i>A. Ochtyra, A. Marcinkowska-Ochtyra, E. Raczko</i>		Ocena możliwości wykorzystania uczenia maszynowego i teledetekcji do szacowania ilości i rozmieszczenia dachów azbestowo-cementowych <i>M. Krówczyńska</i>
12:20			

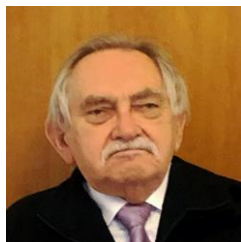
**Przerwa kawowa**

<b>S13: Środowisko</b>		<b>S15: Obserwacje Ziemi dla administracji</b>	
12:40	Analiza przesuszenia torfowisk w Borach Tucholskich z wykorzystaniem wielosensorowych danych lotniczych <i>M. Wietecha, D. Kopeć, J. Wylazłowska, A. Zakrzewska</i>		Środowiskowy wpływ dachów azbestowo-cementowych dla wskazania najlepszych praktyk gospodarowania odpadami niebezpiecznymi w Unii Europejskiej <i>E. Wilk, M. Krówczyńska</i>
13:00			
13:00	Wpływ zmienności warunków wzrostu pokrywy roślinnej spowodowanej zmianami klimatycznymi na pochłanianie dwutlenku węgla w świetle informacji z współczesnych satelitów – badania na obszarze torfowisk Biebrzy <i>K. Dąbrowska-Zielińska, P. Grzybowski, R. Gurdak, A. Malińska, M. Kluczek, M. Bartold</i>		Walory fotointerpretacyjne zdjęć lotniczych w procesie odtwarzania zasięgu i sposobu użytkowania działek ewidencyjnych <i>I. Ewiak</i>
13:20			
13:20	Wieloparametryczne monitorowanie środowiska z wykorzystaniem obserwacji satelitarnych i naziemnych <i>P. Struzik, M. Kępińska-Kasprzak</i>		Potencjał monitorowania celów zrównoważonego rozwoju (Sustainable Development Goals – SDG) w Polsce za pomocą danych satelitarnych <i>H. Zieliński, S. Lewiński</i>
13:40			
13:40	Geoportal jako kompleksowe narzędzie do analizy zasięgu, zmian i potencjału nieużytków w procesie sekwestracji CO2 <i>M. Krupiński, M. Ruciński, M. Milczarek, E. Gromny, S. Aleksandrowicz, J. Torralba Pérez, F. Bezares, P. Crespo Peremarch, Z. Touloudi, G. Spanos, D. Emin, E. Mystakidis, F. Gallego</i>		Badania jakości powietrza z wykorzystaniem BSP na przykładzie Torunia <i>M. Kunz</i>
14:00			

**Przerwa obiadowa**

14:40	Dyskusja o teledetekcji
15:40	Przyznanie nagród
16:00	Zakończenie konferencji

## Keynote Speakers



### Prof. dr hab. Jan R. Olędzki

From tradition to the future / Od tradycji ku przyszłości.

**Prof. dr hab. Jan Romuald Olędzki** – emerytowany profesor Uniwersytetu Warszawskiego i Uniwersytetu Mikołaja Kopernika. Geograf – zajmujący się zastosowaniem Teledetekcji w badaniach środowiska geograficznego, a zwłaszcza jego struktury. Autor monografii Regiony Geograficzne Polski. W latach 1973-2011 kierownik Zakładu, a następnie Katedry Geoinformatyki i Teledetekcji na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego. Wiele lat kierował pracą Oddziału Teledetekcji Środowiska Polskiego Towarzystwa Geograficznego, był członkiem Komitetu Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN i przewodniczącym Komisji/Sekcji Teledetekcji tego Komitetu, a także Zastępcą Przewodniczącego Komisji Geoinformatyki Polskiej Akademii Umiejętności. Współautor podręczników akademickich do nauczania Teledetekcji i Geografii Fizycznej. W latach 1991-2015 Redaktor Naukowy czasopisma Teledetekcja Środowiska. Nauczyciel akademicki i wychowawca licznej rzeszy magistrantów, promotor doktorantów, opiniodawca kandydatów do stopni i tytułów naukowych.



### Jean Dusart

Preparing EuroGEO for the future.

**Jean Dusart** is a policy officer of the European Commission. In 2019, he joined the Environmental Observations Sector of the Directorate-General Research & Innovation. Previously he spent 15 years at the Joint Research Centre (JRC) as scientific project officer, with focus on geospatial technologies, the INSPIRE Directive, and the European Union Strategy for the Danube Region and leading the activities on the use of citizen science for policy-making. Before joining the European Commission, Jean held several positions in the academic area (Universities of Louvain and Copenhagen) and the private sector (ESRI). He graduated as a geographer from the Catholic University of Louvain, specialising in remote sensing, cartography and photogrammetry. He has been involved in GEO since 2019 as project leader of the EuroGEO Regional GEO initiative and has been member of the GEO Programme Board since 2019, first as alternate then as principal. Jean is now the EC GEO representative and supports the EC co-chair, Joanna Drake, Deputy Director-General of DG Research and Innovation. Jean is as well member of the GEOSS Infrastructure Development Task Team (GIDTT).



**dr Nicolaus Hanowski**

The Copernicus Sentinels - a new era for remote sensing data management.

**Nicolaus Hanowski** holds a Ph.D. in Earth and Planetary Sciences. He started as a researcher in the US and then transferred to Mission Operations at the German Space Operations Centre. In 2009 he joined ESA and became responsible for the development of Science Ground Segments for missions, such Rosetta, Gaia, JWST, Solar Orbiter and Euclid in the Science Directorate. Since 2014 he is responsible for the Operations and Ground Segments of the ESA Earth Observation Missions and the Copernicus Sentinel satellites and the corresponding data management aspects at ESA. He is coordinating the Copernicus Long Term Scenario of Copernicus and the Destination Earth activities within ESA.



**dr James R. Irons**

Fifty Years of Landsat Observations and Beyond.

**James R. (Jim) Irons** is a Goddard Space Flight Center Emeritus following his January 01, 2022 retirement as the Director of the Earth Sciences Division. As Director he managed a staff of over 1400 scientists and support personnel, all dedicated to studying the Earth as an integrated system that includes the atmosphere, oceans, biosphere, cryosphere, and geosphere. Jim was also the NASA Landsat 8 Project Scientist beginning in 1999. Prior to 2007, Jim worked 28 years as a physical scientist in the Biospheric Sciences Branch where he served as the Landsat 7 Deputy Project Scientist beginning in 1992. He then served as the Associate Deputy Director for Atmospheres from 2007 to 2013, as the Deputy Director for Hydrospheric and Biospheric Sciences in 2014, and as the Deputy Director and Acting Director of the Earth Sciences Division from 2015 to 2017. Jim received his B.Sc. degree in environmental resources management in 1976 and the M.Sc. degree in agronomy in 1979 from the Pennsylvania State University. He received his Ph.D. degree in agronomy in 1993 from the University of Maryland College Park. As an Emeritus Jim donates service as a mentor and shares legacy knowledge of science and flight projects for the benefit of the Center.

**FROM TRADITION TO THE FUTURE – OD TRADYCJI DO PRZYSZŁOŚCI**  
*25th NATIONAL CONFERENCE ON AERIAL PHOTOINTERPRETATION AND REMOTE SENSING*

*Jan R. Olędzki*

This 25th National Conference on Aerial Photo Interpretation and Remote Sensing is an anniversary one with a tradition dating back to 1964, when the first such conference was organised at the Geographical Institute of the University of Warsaw. The event brought together specialists from Geographical Sciences and Photogrammetry, Geodesy, and Cartography. From today's perspective, it can be considered a programmatic conference in effect of which remote sensing was introduced as an obligatory course into university-level Geography curricula.

The first conference also highlighted a number of practical areas where remotesensing methodologies could be applied in research and planning. Similarly, it provided a platform for cooperation between specialists engaged in Earth Observation in the broadest sense and offered practical applications of remote sensing methodologies in solving specific spatial management problems.

All the conferences held so far have familiarised their participants, who also included individuals and institutions interested in these issues, with recent developments in this field and prospects for the future. The conference organisers include the Polish Geographical Society (its Photointerpretation Committee, Remote Sensing Club, Remote Sensing and Geoinformatics Division) in cooperation with universities, research institutes, and scientific and technical societies, such as the Polish Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Overall, the 24 conferences held to date have presented a total of 744 papers and posters. Their attendance totalled approximately 2,000 person-conference units, which corresponds to 84 participants per conference. The ratio of speakers to the number of total participants was 1:2.6. In other words, the delivery of academic papers was at 37%. The conferences were held in Poland's major university centres and attracted representatives of remote sensing centres from abroad.

The 25th Conference on Aerial Photo Interpretation and Remote Sensing will summarise the developments that have taken place since the last conference and outline trends in contemporary remote sensing methods and technologies for Earth Observation, including airborne and satellite data collection techniques as well as underlying geoinformatics methods. Importantly, it will also highlight the links between both national research (including research under the National Space Programme) and international initiatives, notably the European Earth Observation programmes implemented through ESA (Copernicus).

Therefore, we invite representatives from ESA and other international organisations as well as academics and students from foreign universities and research centres to participate in our Conference.



XXV OGÓLNOPOŁOSKA KONFERENCJA FOTOINTERPRETACJI I TELEDETEKCJI, ze względu na swój numer może być uznana za konferencję jubileuszową. Stąd też kilka słów na temat historii tych konferencji.

KONFERENCJE te mają rodowód geograficzny, to znaczy wywodzą się ze środowiska geografów i instytucji geograficznych.

Na początek kilka słów na temat terminologii i nazewnictwa tego co dzisiaj nazywamy TELEDETEKCJĄ. W latach pięćdziesiątych XX wieku zaczęto używać terminów: „Interpretacja zdjęć lotniczych”, następnie „geograficzna (geologiczna) interpretacja zdjęć lotniczych”, „Fotointerpretacja Geograficzna”, „Teledetekcja Środowiska”, „Telegeoinformacja”. Obecnie powszechnie stosowany jest termin „TELEDETEKCJA”. Ale można również spotkać w odniesieniu, zwłaszcza do technik satelitarnych wykorzystywanych do obserwacji zjawisk zachodzących na powierzchni Ziemi jako „Obserwacje Ziemi” – wywodzi się on z angielskiego terminu „EARTH OBSERVATION” – stosowanego w różnych programach agencji kosmicznych, ukierunkowanych na monitoring zjawisk zachodzących na powierzchni naszej planety.

Inspiracją do powstania tej metody, czy też jak inni uważają dziedziny badawczej, był rozwój lotnictwa i technik fotograficznych i ich zastosowań do pomiarów geodezyjnych i kartograficznych, czym zajmowała się FOTOGRAMETRIA.

W historii teledetekcji sięgamy zwykle do fotografii wykonywanych z balonów w XIX w. we Francji (1858)<sup>1</sup>, Stanach Zjednoczonych (1860)<sup>2</sup>, Rosji (1886)<sup>3</sup>, ale i na ziemiach polskich w Warszawie (Konrad Brandel – 1865)<sup>4</sup>. Ale były to wówczas ciekawostki techniczne. Szersze zainteresowanie zdjęciami lotniczymi i ich wykorzystaniem do różnych celów wiąże się z I wojną światową, kiedy to tworzono pierwsze oddziały w lotnictwie wojskowym w celach obserwacji przeciwnika. Z tymi też zdarzeniami wiąże się pierwsze pionowe zdjęcie lotnicze wykonane nad terenem ziem polskich – w lutym 1915 roku nad Gorlicami<sup>5</sup>.



Ryc. 1. Pierwsze pionowe zdjęcie lotnicze wykonane nad terenem Polski w roku 1915. Gorlice 1915 r.

<sup>1</sup> [https://pl.wikipedia.org/wiki/Nadar\\_\(fotograf\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Nadar_(fotograf))

<sup>2</sup> Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman J.W., 2004. Remote Sensing and Image Interpretation. V Ed. WILEY, USA. Str. 763.

<sup>3</sup> <http://vozduhpark.narod.ru/kovanko1.html>

<sup>4</sup> Jackiewicz D., 2015. Konrad Brandel 1938-1920. Dom Spotkań z Historią. Warszawa. Str. 147.

<sup>5</sup> Olędzki Jan R., 2009. Początki teledetekcji środowiska w Polsce. Teledetekcja środowiska, T. 41. Str. 5–22.

Zakończenie I wojny i demobilizacja stworzyła okoliczności, gdy specjaliści wojskowi od rozpoznania lotniczego zaczęli być poszukiwani do rozpoznawania geologicznego i poszukiwań ropy naftowej na bliskim i dalekim wschodzie. Tu można wymienić Polaka Stanisława Zuber<sup>6</sup>, który pracował w latach 20 XX wieku w Azerbejdżanie, prowadząc poszukiwania złóż ropy naftowej za pomocą zdjęć i obserwacji lotniczych. Innym przykładem zastosowania zdjęć lotniczych w czasach II RP były prace prowadzone nad zagospodarowaniem bagien poleskich, przez Biuro Melioracji Polesia, z którego inicjatywy w latach 1929-1930 wykonano kilka misji fotograficznych<sup>7</sup>. Zdjęcia te posłużyły do sporządzenia dokładnych planów melioracyjnych. Wykonane wówczas zdjęcia – ich kopie są bezcennym zapisem również dzisiaj dla prowadzenia studiów nad zmianami środowisk bagiennych. I jeszcze jeden przykład z tamtego okresu – to zastosowanie zdjęć lotniczych w planowaniu przestrzennym. Zagadnienia te zostały przedstawione przez Romana Felińskiego w roku 1935<sup>8</sup>. Posługiwał się on zdjęciami lotniczymi w studiach nad zagospodarowaniem przestrzennym kraju, a zwłaszcza w analizie miast, wsi i uzdrowisk w osiedleńczej organizacji kraju. Również pod koniec lat 20 XX wieku, we Lwowie, na Politechnice Lwowskiej zaczęto prowadzić Kursy Fotografii Lotniczej. Największe zasługi miał tu Kasper Weigel<sup>9</sup>. Po II wojnie światowej ze względu na przepisy o tajności, zdjęcia lotnicze do celów cywilnych były niedostępne. Niezależnie od ograniczeń korzystania ze zdjęć lotniczych teren Polski był jednak systematycznie fotografowany. W czasie wojny przez Luftwaffe i samoloty alianckie, o czym przed kilku laty (2017) pisali Sebastian Różycki, Katarzyna Osińska-Skotak, Artur Świątek<sup>10</sup>, a po roku 1945 przez służby wojskowe i przedsiębiorstwa państwowe. Jednak jak wspomniano możliwości wykorzystania zdjęć lotniczych do celów poza topograficznych w pierwszych latach powojennych było niemożliwe.

Jednak potrzeba korzystania ze zdjęć lotniczych w badaniach geograficznych pojawiła się już w roku 1949, kiedy to Bogodar Winid z Uniwersytetu Warszawskiego sformułował myśl wdrożenia zdjęć lotniczych do badań geograficznych. Jednak ówczesni geografowie zaabsorbowani organizacją i rozwojem specjalizacji, a zwłaszcza geografii ekonomicznej i geografii fizycznej opartych o starą metodykę badań z jednej strony, a z drugiej ulegając ograniczeniom administracyjnym w dostępie do zdjęć, nie byli zainteresowani rozwojem nowej, choć już mającej w okresie międzywojennym pewien dorobek naukowy tej nowej dziedziny wiedzy.

Do chlubnych wyjątków należał wówczas dr Kazimierz Dziewoński specjalista z zakresu planowania gospodarczego i przestrzennego oraz regionalizacji ekonomicznej, który w roku 1953 opublikował niewielką rozprawę z zakresu geografii osadnictwa<sup>11</sup>, w której zamieścił fragmenty sześciu archiwalnych zdjęć lotniczych, ilustrujących przestrzenne aspekty kilku miast i wsi polskich. 1 stycznia 1956 r. został on powołany na kierownika Pracowni Geografii Zaludnienia i Osadnictwa, w Instytucie Geografii PAN.

Jednak na studiach geograficznych, poza sporadycznymi przypadkami ani nie stosowano w celach badawczych, ani nie nauczano interpretacji zdjęć lotniczych. Jednak potrzeba wprowadzenia tej metodyki do praktyki geograficznej była wyrażana poprzez odwoływanie się

<sup>6</sup> Jędrzejczyk D., 1998, Stanisław Zuber – pionier polskiej fotografii i lotniczej. Fotointerpretacja w geografii, T. 26, Warszawa. Str. 47-52.

<sup>7</sup> Gryglaszewski R., 1931, Zdjęcie sytuacyjne rzek Polesia metodą aerofotogrametryczną. Prace Biura Melioracji Polesia, T. I, z. 5, Brześć. Str. 56.

<sup>8</sup> Feliński R., 1935, Miasta, wsie, uzdrowiska w osiedleńczej organizacji kraju. Nasza Księgarnia, Warszawa. Sstr. 248.

<sup>9</sup> Olędzki Jan R., 2009. Początki teledetekcji środowiska w Polsce. Teledetekcja środowiska, T. 41. Str. 5–22.

<sup>10</sup> Różycki S., Osińska-Skotak K., Świątek A., 2017. Zdjęcia lotnicze Polski z okresu II wojny światowej. Historia wojskowego rozpoznania lotniczego w aspekcie interpretacji zdjęć lotniczych. Politechnika Warszawska. Warszawa. Str. 192.

<sup>11</sup> Dziewoński K., 1953, Geografii a miast i osiedli w Polsce. Wiedza Powszechna, Państwowe Wydawnictwo Popularno-Naukowe, Warszawa. Str. 84.

do opracowań zagranicznych. W końcu roku 1960 ukazał się 4 tom Czasopisma: „Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej”, wydawanego przez Instytut Geografii Polskiej Akademii Nauk, zatytułowany – Metody badań geograficznych, w którym zamieszczono omówienie trzech artykułów Ernsta Schmidt-Kraepelina – niemieckiego specjalisty w zakresie fotointerpretacji środowiskowej opublikowane w latach 1958-1960 pod ogólnym tytułem Metodyczne postępy naukowej interpretacji zdjęć lotniczych<sup>12</sup>.



Ryc. 2. Grupa studentów Uniwersytetu Warszawskiego z roku akademickiego 1964/1965, specjalizacji Geografii Regionalnej Świata na zajęciach terenowych z Interpretacji Zdjęć Lotniczych. Prowadzący zajęcia: Andrzej Ciołkosz i Zbigniew Goljaszewski.

Promotorem i inicjatorem wprowadzenia zdjęć lotniczych jako metody badań geograficznych był, jak już wspomniano docent Bogodar Winid<sup>13</sup>, z UW, który w roku 1957 wyznaczył sobie długofalowy program w tym zakresie. Objął on zdobycie wiedzy odnośnie podstaw teoretycznych w zakresie fotointerpretacji, stworzenie bazy materiałowej oraz instrumentalnej do tego rodzaju zajęć, stopniowe szkolenie specjalistów, stopniowe wprowadzanie zajęć z interpretacji zdjęć lotniczych na specjalizacji geografii regionalnej, a później na innych specjalizacjach geograficznych oraz w innych dyscyplinach; prowadzenie prac naukowych z tego zakresu; nawiązanie współpracy z urzędami państwowymi, instytucjami naukowymi w celu zainteresowania ich tzw. „aerometodami”. Patrząc z półwiecznej perspektywy na ten program należy stwierdzić, że zapewne dzięki, niezwyklej cesze charakterologicznej Doc. B. Winida, jaką był dynamizm działania, został on w zasadzie w całości zrealizowany. W latach 1962-1964 została w Instytucie Geograficznym Uniwersytetu Warszawskiego powołana specjalistyczna Pracownia Interpretacji Zdjęć Lotniczych tzw. PIZL,

<sup>12</sup> PZLG, 1960/4 – Ernst Schmidt-Kraepelin: Metodyczne postępy naukowej interpretacji zdjęć lotniczych, [w: „Erdkunde” XII, 1958, 2, ss. 81–107; XIII, 1959, 3, ss. 201–214; XIV, 1960, 2, ss. 98–115]. Tłum. B. Benke, ss. 3–141.

<sup>13</sup> Ołędzki Jan R., 2009. Początki teledetekcji środowiska w Polsce. Teledetekcja środowiska. T. 41. Str. 5–22.

wówczas z magistrami: Andrzejem Ciołkoszem, Zbigniewem Goljaszewskim, Bogusławem Kuklą, Janem Olędzkim i współpracującymi z tym zespołem mgr Maksymilianem Skotnickim i mgr Lidią Lebelt-Lemisiewicz – z Katedry Geografii Regionalnej Świata oraz mgr Kazimierzem Trafasem z Instytutu Geografii PAN.



Ryc. 3. Pracownicy Pracowni Interpretacji Zdjęć Lotniczych Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi – Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Warszawskiego: Doc. Bogodar Winid, mgr Andrzej Ciołkosz, mgr Kazimierz Trafas, mgr Jan R. Olędzki, mgr inż. Bogusław Kukla, mgr Lidia Lemisiewicz, mgr Zbigniew Goljaszewski.

Podobne jednostki, choć w skromniejszym składzie osobowym, powstały na: Uniwersytecie we Wrocławiu – z prof. Wojciechem Walczakiem, a potem dr Lechem Baranieckim, mgr Danutą Haglauer, mgr Stanisławem Morawskim i mgr Martą Ruszczycką, Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu – tu inicjatorem był dr Edward Tomaszewski, a później dr Leon Kozacki, mgr Andrzej Kijowski i mgr Ewa Kleczewska i Uniwersytecie w Lublinie – UMCS z dr Andrzejem Kęsikiem. Do grona wspierającego rozwój interpretacji zdjęć lotniczych należy jeszcze zaliczyć płk Edmunda Piechowicza z Akademii Sztapu Generalnego (obecnie Akademii Sztuki Wojennej), mjr Jerzego Miszalskiego z Zarządu Topograficznego W.P. kmdr Zbigniewa Koziarza z Marynarki Wojennej i kpt. pilota Jana Podkowińskiego z Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. W następnych latach wyspecjalizowane jednostki dydaktyczne utworzono na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu, z dr Zygmuntem Churskim, mgr Anną Tomczak i mgr Andrzejem T. Jankowskim i Uniwersytecie Jagiellońskim z mgr Kazimierzem Trafasem, który przeniósł się do Krakowa, mgr Romanem Wolnikiem i mgr Jerzym Sokołowskim, mgr Januszem Szewczukiem i mgr Ewą Buczek.

Jednym z pierwszych zadań tych placówek (a zwłaszcza z UW, UWr, UAM i UMCS) było zorganizowanie KONFERENCJI, która zajęłaby się podsumowaniem wiedzy w zakresie wykorzystania, poza granicami Polski, zdjęć lotniczych w badaniach geograficznych i ich zastosowania w różnych dziedzinach gospodarki i planowania przestrzennego. Drugim celem konferencji miało być prześledzenie programów nauczania interpretacji zdjęć lotniczych w różnych uczelniach zagranicznych.

Miało to w przyszłości posłużyć do przygotowania i wprowadzenia nauczania interpretacji zdjęć lotniczych na studiach geograficznych, jako podstawy kształcenia specjalistów, którzy

w przyszłości mieliby rozwijać i upowszechniać stosowanie metod fotointerpretacyjnych zarówno w badaniach naukowych, jak i zastosowaniach praktycznych, w różnych dziedzinach szeroko rozumianych nauk o Ziemi.



Ryc. 4. Grono współpracowników wojskowych wspierające rozwój interpretacji zdjęć lotniczych. Od lewej: plk Edmund Piechowicz, kmdr Zbigniew Koziarz, mjr Jerzy Miszalski, kpt. pilot Jan Podkowiński; oraz dwaj cywile Kazimierz Trafas i Andrzej Ciolkosz. Zdjęcie z lat 1965-1970.

Taki był bieg wydarzeń, który doprowadził na wiosnę (maj) roku 1964 do spotkania specjalistów i osób zainteresowanych rozwojem zastosowania zdjęć lotniczych w naukach geograficznych, czy szerzej w naukach o Ziemi. Spotkanie to zapoczątkowało tradycję organizowania spotkań, którym nadano ogólną nazwę „Ogólnopolskich Konferencji Fotointerpretacji” a potem „...i Teledetekcji”.

Niestety nie zachował się ani program tej Konferencji, ani lista jej uczestników. Prawdopodobnie zgromadziła ona około 20-30 osób z całej Polski, z różnych instytucji, w tym wielu geografów. O tematyce wygłaszanych referatów można wnioskować na podstawie publikacji zawartych w I tomie czasopisma „Fotointerpretacja w Geografii”, którego powołanie było jednym z planów tej Konferencji.

W sumie wygłoszono 9 referatów, przedstawiono również wystawę zatytułowaną „Zdjęcia lotnicze w geografii”. W dyskusji zabrało głos co najmniej 12 uczestników Konferencji.

Na Konferencji tej sformułowano główne kierunki działania środowiska „fotointerpretatorów” na przyszłość. Obejmowały one:

Po pierwsze doprowadzenie do wprowadzenia na studiach geograficznych obowiązkowego nauczania interpretacji zdjęć lotniczych. Cel ten osiągnięto w roku 1966, kiedy to w nowym roku akademickim 1966/1967 na wszystkich uniwersytetach rozpoczęto realizację programu nauczania interpretacji zdjęć lotniczych na studiach geograficznych.

Po drugie w celu koordynowania rozwoju fotointerpretacji postulowano powołanie przy Polskim Towarzystwie Geograficznym specjalistycznej sekcji przy Wydziale Spraw Naukowych. Sekcja taka przemianowana później na Komisję Fotointerpretacji, na wniosek Doc. dr B. Winida z dnia 22.05.1964 rozpoczęła działalność w dniu 23 października 1964 roku.



Ryc. 5. Jedno z posiedzeń Komisji Fotointerpretacji Polskiego Towarzystwa Geograficznego w latach 70-tych XX w. Od lewej siedzą: Andrzej T. Jankowski (Uniwersytet Śląski), prawdopodobnie Kazimierz Trafas (Uniwersytet Jagielloński), Stanisław Mularz (Akademia Górniczo-Hutnicza), Edward Tomaszewski (Uniwersytet Wrocławski – Uniwersytet Śląski), Kazimierz Furmańczyk (Uniwersytet Gdański), Stanisław Morawski (Uniwersytet Wrocławski), Andrzej Ciołkosz (Instytut Geodezji i Kartografii).

Po trzecie powołać specjalistyczne wydawnictwo o charakterze serii wydawniczej poświęcone zagadnieniom naukowo-badawczym i dydaktycznym w zakresie geograficznej interpretacji zdjęć lotniczych. Pierwszy numer czasopisma został wydany w końcu lata 1964 roku, przez Pracownię Interpretacji Zdjęć Lotniczych Katedry Geografii Regionalnej Świata Instytutu Geograficznego Uniwersytetu Warszawskiego, pod nazwą „FOTOINTERPRETACJA W GEOGRAFII”. Czasopismo to w swej blisko 60-cio letniej historii rozwijało się, poszerzając tematykę publikowanych artykułów o szeroko rozumiane zagadnienia zastosowania teledetekcji w badaniach różnych aspektów środowiska, czy jeszcze szerzej „Obserwacji Ziemi”. Ma ono charakter serii wydawniczej, obecnie pod nazwą Teledetekcja Środowiska – dawniej Fotointerpretacja w geografii. Wszystkie tomy (1-62) są dostępne w internecie<sup>14</sup>.

Również cele dotyczące rozszerzenia zakresu stosowania interpretacji zdjęć lotniczych na inne dziedziny i instytucje zostały osiągnięte dzięki współpracy z instytucjami rządowymi, czego wyrazem było powołanie kilka lat później w Instytucie Geodezji i Kartografii Ośrodka OPOLIS, w którego utworzeniu istotną rolę odegrał wówczas jeszcze dr Andrzej Ciołkosz.

<sup>14</sup> <https://teledetekcja.pw.edu.pl/>

Również w Państwowym Instytucie Geologicznym powołano specjalistyczną jednostkę fotointerpretacyjną, którą kierował prof. Józef Bażyński.

Należy stwierdzić, że impuls do działania nadany na tej konferencji nie był tylko chwilowym sukcesem, ale zapoczątkował dość trudny, ale i owocny rozwój teledetekcji w Polsce.

W następnych latach Konferencje takie były organizowane początkowo co rok, a następnie co dwa lata. Z przerwą w latach 2001-2008, kiedy to podjęto próbę utworzenia szerszej platformy wymiany myśli, w związku z dynamicznym rozwojem geoinformatyki i zaczęto organizować Ogólnopolskie Sympozja Geoinformatyczne, w których mieściła się również Fotointerpretacja i Teledetekcja. Następnie w związku z przerostem tematyki geodezyjnej na tych sympozach powrócono w roku 2008 do organizowania konferencji fotointerpretacyjno-teledetekcyjnych. Kolejna dłuższa przerwa była w latach 2012-2016, kolejne konferencje odbyły się w latach 2018 i 2021.



Ryc. 6. XVI Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji i Teledetekcji w Szymbarku w roku 1996. Po lewej stronie: na pierwszym planie siedzą: prof. Kazimierz Trafas i mgr Jerzy Sokolowski z Uniwersytetu Jagiellońskiego. Po prawej: na wycieczce terenowej, w okolicach Szymbarku, towarzyszącej Konferencji. Na zdjęciu między innymi nestor polskich geografów prof. Jerzy Kondracki – Honorowy Przewodniczący Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Objaśnień udziela dr Roman Soja z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN.



Ryc. 7. XVII Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji i Teledetekcji w Szymbarku w roku 1998. Na pierwszym planie siedzą: dr hab. inż. Elżbieta Bielecka (Instytut Geodezji i Kartografii) i dr Elżbieta Wolk-Musiał (Uniwersytet Warszawski).



Ryc. 8. XVIII Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji i Teledetekcji w Szymbarku w roku 2000. Na pierwszym planie siedzą, od lewej: dr inż. Stanisław Mularz i prof. Józef Jachimski (Akademia Górniczo-Hutnicza), prof. Andrzej Ciolkosz; w głębi: dr inż. Wojciech Marczewski i dr inż. Mirosław Rataj (Centrum Badań Kosmicznych PAN), prof. Tadeusz Niedźwiedz (Uniwersytet Śląski), prof. Jerzy Mościbroda (Uniwersytet Marii Curie Skłodowskiej).

Głównym organizatorem konferencji było Polskie Towarzystwo Geograficzne (Komisja Fotointerpretacji, Klub Teledetekcji, Oddział Teledetekcji i Geoinformatyki) oraz uczelnie wyższe, przy współpracy z instytutami badawczymi oraz innymi towarzystwami naukowymi i technicznymi w tym z Polskim Towarzystwem Fotogrametrii i Teledetekcji.

Konferencje te odbywały się głównie w Warszawie – 8-krotnie, po 3 razy w Krakowie, Toruniu i Szymbarku, po 2 razy w Poznaniu i Łodzi oraz po razie we Wrocławiu, Lublinie, Katowicach-Kozubniku i Gdańsku. Oprócz tych konferencji organizowane były seminaria i kursy szkoleniowe (20-krotnie). Zorganizowano również międzynarodowe sympozja i seminaria teledetekcyjne<sup>15</sup>.

W dwudziestu czterech dotychczas zorganizowanych konferencjach wygłoszono 744 referaty i zaprezentowano postery. Uczestniczyło w nich, w sensie statystycznym około 2000 jednostek osobo-konferencyjnych, co daje 84 osoby na jedną konferencję. A stosunek uczestników aktywnych, wygłaszających referaty lub prezentujących postery do ogółu uczestników wyniósł 1:2,6, Innymi słowy aktywność referatowa wyniosła 37%. Konferencje odbyły się we wszystkich większych ośrodkach uniwersyteckich. Wśród uczestników konferencji byli również przedstawiciele ośrodków teledetekcyjnych z zagranicy.

Trudno jest ocenić i scharakteryzować tematykę badań w tym blisko 60-cio letnim okresie. Można o tym wnioskować na podstawie publikacji w „Fotointerpretacji w Geografii” a następnie jej kontynuatorce „Teledetekcji Środowiska”, w których publikowano wiele z referatów wygłaszanych na tych konferencjach. Można więc wyróżnić kilka okresów w rozwoju polskiej teledetekcji.

W okresie do początku lat 70-tych XX w. Zajmowano się głównie problemami związanym z zastosowaniem zdjęć lotniczych panchromatycznych w badaniach geomorfologicznych. Badania te dotyczyły zarówno niewielkich, jak i większych obszarów. Między innymi większym opracowaniem była charakterystyka rzeźby podwodnej południowego brzegu Bałtyku<sup>16</sup>, ewolucji nadmorskich form eolicznych<sup>17</sup> oraz różnych procesów morfogenetycznych. Prowadzono również studia nad zastosowaniem fotointerpretacji w badaniach i kartowaniu gleb, Studiach nad zagospodarowaniem przestrzennym i użytkowaniu ziemi zarówno terenów rolniczych jak i zurbanizowanych, w tym ruchu drogowego w Warszawie. sporo miejsca zajmowały również opracowania z zakresu doskonalenia metodyki interpretacji zdjęć lotniczych i programy jej nauczania. Udostępniono pierwsze podręczniki do interpretacji zdjęć lotniczych, niestety tłumaczenia opracowań obcojęzycznych<sup>18</sup>. Powstał również pierwszy polski podręcznik do interpretacji zdjęć lotniczych (A. Ciołkosz, A. Kęsik)<sup>19</sup>.

Drugi okres w polskiej teledetekcji przypada na lata 1971–1990 jest związany z powołaniem w Instytucie Geodezji i Kartografii zespołu, który przygotował powołanie krajowego ośrodka teledetekcji, co stało się na początku roku 1976. Powstał OPOLIS – Ośrodek Przetwarzania

<sup>15</sup> Olędzki J. R., Dukaczewski, D., Będkowski, K. (2018): Oddział Teledetekcji i Geoinformatyki Polskiego Towarzystwa Geograficznego [w:] Historia Polskiego Towarzystwa Geograficznego (1918 – 2018), M. Sobczyński (red.), Polskie Towarzystwo Geograficzne. W setną rocznicę działalności. Tom 2: Historia Oddziałów Terenowych i Tematycznych Polskiego Towarzystwa Geograficznego. Wydawcy: Polskie Towarzystwo Geograficzne. Wydział Nauk Geograficznych Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Geografii Politycznej, Historycznej i Studiów Regionalnych, Łódź 2018. Str. 537-571. Olędzki J.R. (1993), Komisja Fotointerpretacji – Klub Teledetekcji Środowiska (1964–1993) [w:] Kozłowska-Szczęśna T., Kondracki J., Stankowski W. (red.), Polskie Towarzystwo Geograficzne w siedemdziesiątą piątą rocznicę działalności, Zarząd Główny PTG, Warszawa–Poznań. Str. 38–46.

<sup>16</sup> Baraniecki L., 1967. Morfologia i dynamika podwodnych osadów piaszczystych polskiego wybrzeża Bałtyku na podstawie analizy zdjęć lotniczych. Fotointerpretacja w Geografii, T. 4. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa. Str. 163.

<sup>17</sup> Miszański J., 1967. Uwagi o rozwoju wydm wędrujących na Mierzei Łebskiej. Fotointerpretacja w Geografii, T. 5. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa. Str. 21-38. Miszański J., 1973. Współczesne procesy eoliczne na Pobrzużu Słowińskim – Studium fotointerpretacyjne. Dokumentacja Geograficzna. Instytut Geografii PAN. Warszawa 1973. Str. 150.

<sup>18</sup> Gospodinow G.W., 1964. Odczytywanie zdjęć lotniczych. Tłumaczenie z rosyjskiego L. Baraniecki. PWN, Warszawa. Str. 196. Smirnow L. J., 1970. Teoretyczne podstawy fotointerpretacji (Teoretičeskie osnovy i metody geografičeskogo dešifirovaniâ aërosnimkov. Izdatel'stvo Leningradskogo universiteta, 1967). Tłumaczenie z rosyjskiego: A. Ciołkosz i A. Kęsik. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa. Str. 238.

<sup>19</sup> Ciołkosz A., Kęsik A., 1969. Podstawy geograficznej interpretacji zdjęć lotniczych. Lublin. Str. 272.



Obrazów Lotniczych i Satelitarnych Jego zadaniem był rozwój teledetekcyjnych metod pozyskiwania danych o środowisku geograficznym, opracowywanie technologii wykonywania specjalnych zdjęć lotniczych, wskazanie możliwości zastosowania zdjęć satelitarnych w nauce i gospodarce, a także wdrażanie wyników tych prac w różnych jednostkach gospodarczych. Był to wówczas największy w Polsce zespół specjalistów dysponujący znacznymi środkami finansowymi umożliwiającymi wykonywanie specjalnych zdjęć lotniczych, zwłaszcza wielospektralnych, które znalazły zastosowanie w kartowaniu uszkodzeń drzewostanów leśnych. Wdrożono również technologię obrazów termalnych do badania zanieczyszczeń termalnych rzek i przemysłowych zbiorników wodnych<sup>20</sup>. Zaczęto również sprowadzać obrazy satelitarne zwłaszcza z działającego od roku 1972 satelity LANDSAT. Umożliwiły one opracowanie na podstawie obrazów MSS aktualnej mapy użytkowania ziemi w Polsce. Były one również zastosowane do śledzenia powodzi, zanieczyszczenia atmosfery dymami przemysłowymi. Obrazy satelitarne były również udostępniane innym instytucjom naukowym i zostały wykorzystane do opracowania regionalizacji fotomorficzej Polski<sup>21</sup>, będącej następnie podstawą do opracowania regionalizacji geograficznej. Powstała również podobna do OPOLIS jednostka badawcza w Państwowym Instytucie Geologicznym pod kierunkiem prof. Józefa Bażyńskiego, w której opracowano mapy fotolineamentów dla terenu Polski oraz wykonane i opracowane zostały pierwsze i jak dotąd jedyne lotnicze obrazy radarowe Polski<sup>22</sup>. Oba te źródła informacji obrazowej przyczyniły się do lepszego poznania struktury geologicznej Polski.

Podjęto współpracę wielu instytucji w ramach programów centralnie sterowanych realizujących różne projekty badawcze w tzw. „problemach węzłowych”, a także współpracę międzynarodową w programie INTERKOSMOS<sup>23</sup>. W tym ostatnim przypadku na terenie Polski zrealizowano dwa eksperymenty teledetekcyjne: TELEFOTO-78 i TELEGEO-86. Polscy specjaliści uczestniczyli również w podobnych eksperymentach za granicą oraz w sympozjach organizowanych w ramach tego programu. Wiele osób odbyło przeszkolenia z zakresu teledetekcji w ośrodkach badawczo-szkoleniowych Europy Zachodniej i Stanów Zjednoczonych.

Rozwinęły się również uniwersyteckie ośrodki teledetekcyjne, zwłaszcza na Uniwersytecie Warszawskim, Uniwersytecie Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Politechnice Warszawskiej, Uniwersytecie Gdańskim i Uniwersytecie Szczecińskim (dr inż. Kazimierz Furmańczyk).

Powołano również przy Polskiej Akademii Nauk Komitet Badań Kosmicznych i Satelitarnych, w ramach którego obecnie działa Sekcja Teledetekcji – organizatorka XXV OKFiT.

Poza OPOLIS-em, w jednostkach uczelnianych kontynuowane były badania z zastosowaniem głównie zdjęć lotniczych, czasami wykonywanych w różnych technikach i wykorzystywanych w badaniach różnych zjawisk geograficznych.

Rozwijano również dydaktykę fotointerpretacji i teledetekcji. Powstały kolejne podręczniki akademickie i opracowania monograficzne<sup>24</sup>.

<sup>20</sup> Ciołkosz A., 1975. Zastosowanie długofalowego promieniowania podczerwonego w badaniach termalnego zanieczyszczenia rzek, *Prace Instytutu Geodezji i Kartografii*, T. 22, nr 2(51). s. 29–73.

<sup>21</sup> Olędzki J. R., 1986. Photomorphic regionalization of Poland. *Miscelanea Geographica*. Uniwersytet Warszawski. Warszawa. str. 11-16. <https://sciendo.com/pdf/10.2478/mgrsd-1986-020103>

<sup>22</sup> Graniczny M., Mizerski W., 2003. Lineamenty na zdjęciach satelitarnych Polski — próba podsumowania. *Przegląd Geologiczny*, vol. 51, nr 6. Str. 474-482.

<sup>23</sup> Butowtt J., Hermaszewski M., Kaczyński R., Nowosielski A., 1990, *Ziemia z Kosmosu*. Wydawnictwo Ministerstwa Obrony Narodowej, Warszawa. Str. 231.

Ostaficzuk S., 1978. *Fotogeologia – fotointerpretacja i fotogrametria geologiczna*. Wydawnictwa Geologiczne. Warszawa. Str. 250.

<sup>24</sup> Ciołkosz A., Miszański J., Olędzki J.R., 1978. *Interpretacja zdjęć lotniczych*. PWN. Warszawa. II wyd. – 1986; Nowe opracowanie pod tym samym tytułem – 1999. Str. 471. Ciołkosz A., Kęsik A., 1989. *Teledetekcja Satelitarna*. PWN. Warszawa. Str. 294.

W trzecim okresie po roku 1990 nastąpił dalszy rozwój badań teledetekcyjnych. Wzrosła znacznie kadra naukowa ze stopniami i tytułami naukowymi uzyskanymi w zakresie TELEDETEKCJI. Ukazały się artykuły<sup>25</sup> i opracowania atlasowo-albumowe popularyzujące obrazy satelitarne<sup>26</sup>, monografie<sup>27</sup>, nowe podręczniki do nauczania teledetekcji<sup>28</sup>. Rozwijane były nowe technologie pozyskiwania danych teledetekcyjnych w tym zwłaszcza technik hiperspektralnych i ich zastosowania w kartowaniu roślinności<sup>29</sup>. Nawiązano współpracę z Europejskim Stowarzyszeniem Laboratoriów Teledetekcyjnych ERSEL – uczestnicząc aktywnie w organizowanych przez to Stowarzyszenie sympozjach. Ale w związku z zaprzestaniem realizacji centralnie sterowanych programów badawczych nabrały one charakter bardziej rozproszony. Tym niemniej, podjęto i wykonano kilka wielkich opracowań. Należy do nich opracowanie na podstawie obrazów satelitarnych z LANDSAT'a TM i danych dostarczanych przez inne satelity serii map pokrycia terenu CORINE Land Cover<sup>30</sup>. W sumie do roku 2022 opracowano takie mapy dla lat: 1990, 2000, 2006, 2012, mapa z roku 2018 dostępna jest na geoportalu krajowym<sup>31</sup>. Uszczegółowiona została Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Polski<sup>32</sup>. Rozwinięto i uszczegółowiono regionalizację geograficzną Polski<sup>33</sup>. Na podstawie różnych danych satelitarnych opracowano system monitorowania

---

Furmańczyk K., 1972. Zarys fotointerpretacji z elementami fotogrametrii, Część 1. (Wyd. I). Wydawnictwo Uczelniane Uniwersytetu Gdańskiego. Str. 146. Furmańczyk K., 1980, 1984. Zarys Fotointerpretacji. Wyd. II – zmienione i poszerzone i wyd. I i III. Uniwersytet Gdański. Gdańsk. Str. 284.

Polska na zdjęciach lotniczych i satelitarnych. Praca zbiorowa pod redakcją J.R. Olędzkiego, 1988. PWN. Warszawa. Str. 311.

<sup>25</sup> Lewiński St., 1994. Satelitarna mapa Polski. Fotointerpretacja w Geografii – Problemy telegeoinformacji T.24, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 36-40. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/S-38-40.pdf>

Kaczyński R., 1994. Mapy satelitarne Warszawy w skali 1:25 000 Fotointerpretacja w Geografii – Problemy telegeoinformacji T.24, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 42-46. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/S-41-46.pdf>

<sup>26</sup> Ciołkosz A., Ostrowski M., 1995. Atlas zdjęć satelitarnych Polski. SCT-ART., Warszawa. Str. 130.

<sup>27</sup> Jasiński J. M., Kruszyński K., Rymarz Cz., Winnicki I., 1999. Satelitarne obrazy procesów atmosferycznych kształtujących pogodę. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. Str. 241

<sup>28</sup> Sitek Z., 2000. Wprowadzenie do teledetekcji lotniczej i satelitarnej. AGH-Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne. Kraków. Str. 354. Ciołkosz A., Jakomulska A., 2004. Przetwarzanie cyfrowych zdjęć satelitarnych. Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa. Str. 116. Kurczyński Z., 2006. Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. T I i II. Str. 582

<sup>29</sup> Zagajewski B., 2010. Ocena przydatności sieci neuronowych i danych hiperspektralnych do klasyfikacji roślinności Tatr Wysokich. Teledetekcja Środowiska, T. 43, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 113. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/archiwum/tom-43/>

<sup>30</sup> Ciołkosz A., Baranowski M., 1994. Fotointerpretacja w Geografii – Problemy telegeoinformacji T.24, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 28-37. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/S-28-37.pdf>; Ciołkosz A., Bielecka E., 2005, Pokrycie terenu w Polsce. Baza danych CORINE Land Cover. Inspekcja Ochrony Środowiska. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

<sup>31</sup> [https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp\\_2.html?gmap=gp0](https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?gmap=gp0)

<sup>32</sup> Krzeminski J., 2009. Przeglądowa Mapa Geomorfologiczna Podlasia, w skali 1:300 000. Teledetekcja Środowiska, T. 42. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 43-58. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/Krzeminski.pdf>;

Napiórkowska M., 2011. Cyfrowa mapa geomorfologiczna Mazowsza. Teledetekcja Środowiska, T. 45. Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 23-39. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/25-41.pdf>;

<sup>33</sup> Olędzki J.R., 1992. Geograficzne uwarunkowania zróżnicowania obrazu satelitarnego Polski i jego podziału na jednostki fotomorfoliczne. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa. Str. 289;

Olędzki J.R., 2001. Regiony fotomorfoliczne Polski. Klub Teledetekcji Środowiska – Polskie Towarzystwo Geograficzne, Akapit DTP, Warszawa. Str. 245;

Olędzki J.R., 2007. Regiony Geograficzne Polski. Teledetekcja Środowiska, T. 38, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 337. <https://teledetekcja.pw.edu.pl/archiwum/tom-38/>

Bałtyku – SATBAŁTYK<sup>34</sup>. Prognozowania plonów zbóż i użytków zielonych<sup>35</sup>. Zaczęto wykorzystywać dane satelitarne z różnych satelitów w różnych rodzajach badaniach przestrzennych. Podjęto współpracę międzynarodową umożliwiającą realizację międzynarodowych programów badawczych.

Z początkiem XXI wieku powołano specjalizację magisterską na Uniwersytecie Warszawskim kształcąca specjalistów w zakresie teledetekcji. OPOLIS w roku 2006 uległ przekształceniu w Zakład Teledetekcji i Zakład Informacji Przestrzennej<sup>36</sup>. W Centrum Badań Kosmicznych powołano specjalistyczny Zakład Obserwacji Ziemi, który opracował automatyczną metodę wykonywania na podstawie obrazów satelitarnych z satelity europejskiego SENTINEL-2 mapy pokrycia terenu dla Europy dla roku 2017<sup>37</sup>. Metodę tą zastosowano również do opracowania serii map pokrycia terenu dla terytorium Polski. Mapy z lat 2019, 2020, 2021 dostępne są na geoportalu krajowym<sup>38</sup>. Polscy specjaliści biorą udział w różnych międzynarodowych programach badawczych realizowanych między innymi przez Europejską Agencję Kosmiczną, której członkiem Polska jest od roku 2012, zwłaszcza w programie COPERNICUS. Polska jest również członkiem, od 2009 r. Europejskiej Organizacji Eksploatacji Satelitów Meteorologicznych (EUMETSAT). Postępowi w rozwoju teledetekcji powinna sprzyjać powstała w 2014 roku Polska Agencja Kosmiczna – POLSA, w strukturze, której działa Departament Obserwacji Ziemi, Tematyka teledetekcyjna jest również uwzględniona w Krajowym Programie Kosmicznym.

Celem XXV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji będzie podsumowanie dorobku od poprzedniej konferencji oraz zaprezentowanie trendów rozwoju współczesnych teledetekcyjnych metod i technologii obserwacji Ziemi opartych zarówno o techniki zbierania danych z pułapów lotniczych jak i satelitarnych, a także współczesnych metod geoinformatycznych stosowanych przy ich opracowywaniu. Ważnym aspektem winno stać się zaprezentowanie powiązania badań krajowych, w tym objętych Krajowym Programem Kosmicznym z programami międzynarodowymi, a zwłaszcza z europejskimi programami obserwacji Ziemi realizowanymi poprzez ESA (Copernicus) i innymi programami. Mam nadzieję, że zagadnienia opracowywane w czołowych polskich teledetekcyjnych ośrodkach naukowych znajdą zastosowanie we współczesnych badaniach środowiska jak i w różnych instytucjach rządowych, samorządowych i prywatnych, a zwłaszcza w ochronie środowiska, monitoringu wód, lasów i powietrza.

<sup>34</sup><http://www.satbaltyk.pl/#/state=%7B%22snapshotSourceId%22:474,%22timestamp%22:1670673600000,%22projectionId%22:3,%22backgroundId%22:1,%22colormap%22:%7B%22type%22:%22sm>

<sup>35</sup> Dąbrowska-Zielińska K., 1999. System wczesnego ostrzegania przed zagrożeniem występowania niedoborów wody na obszarach rolniczych na podstawie zdjęć satelitarnych NOAA. Fotointerpretacja w Geografii – Problemy Telegeoinformacji. 29, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 14-23. [https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS\\_1999v29s14\\_Dabrowska\\_1M.pdf](https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS_1999v29s14_Dabrowska_1M.pdf)

Dąbrowska-Zielińska K., Ciołkosz A., Kowalik W., Gruszczynska M., 2001. Teledetekcyjna metoda oceny stanu rozwoju roślin uprawnych i szacowania plonów głównych zbóż w Polsce. Teledetekcja Środowiska, T. 32, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 40-60. [https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS\\_2001v32\\_040\\_Dabrowska-Zielinska\\_8M.pdf](https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS_2001v32_040_Dabrowska-Zielinska_8M.pdf)

Stankiewicz K., Bochenek Z., 2001. INFOSAT – baza przetworzonych danych satelitarnych NOAA AVHRR do monitorowania przestrzeni rolniczej Polski. Teledetekcja Środowiska, T. 32, Polskie Towarzystwo Geograficzne, Warszawa. Str. 61-77. [https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS\\_2001v32\\_061\\_Sienkiewicz\\_7M.pdf](https://teledetekcja.pw.edu.pl/wp-content/uploads/2017/03/TS_2001v32_061_Sienkiewicz_7M.pdf)

<sup>36</sup> W roku 2014 powołano w IGIK – Centrum Teledetekcji, a w roku 2020 Centrum Geomatyki Stosowanej.

<sup>37</sup> Europe S2GLC Land Cover Map, 2017. <https://s2glc.cbk.waw.pl/extension>

<sup>38</sup> [https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp\\_2.html?gpmmap=gp0](https://mapy.geoportal.gov.pl/imap/Imgp_2.html?gpmmap=gp0)

## Kartowanie drzewostanów Tatr na podstawie danych teledetekcyjnych i algorytmów uczenia maszynowego

Marcin Kluczek <sup>1)</sup>, Bogdan Zagajewski <sup>1)</sup>, Tomasz Zwijacz-Kozica <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Geomatyki i Systemów Informacyjnych; m.kluczek@uw.edu.pl, bogdan@uw.edu.pl

<sup>2)</sup> Tatrzański Park Narodowy; tzwijacz@tpn.pl

Górskie drzewostany są cennym wskaźnikiem zmian klimatu, ze względu na wysoką różnorodność biologiczną, dlatego niezwykle istotne jest opracowanie metod ich powtarzalnego i spójnego monitorowania. Obecnie w Tatrach stanowiącej jeden z niewielu obszarów z roślinnością wysokogórską w Europie, obserwuje się duże zmiany w szacie roślinnej, takie jak zamieranie drzewostanów świerkowych spowodowane gradacją kornika i innymi czynnikami. Tradycyjne metody kartowania zbiorowisk roślinnych są ważne i cenne, ale zajmują dużo czasu i wymagają dużego nakładu pracy, a jednocześnie są ograniczone przestrzennie do wyznaczonych powierzchni. Dlatego zastosowanie teledetekcji pozwala na pozyskanie informacji trudnych do zebrania w terenie dla całego badanego obszaru.

Obecnie nie ma również jednolitego i kompletnego opracowania dotyczącego kartowania drzewostanów Tatrzańskiego Transgranicznego Rezerwatu Biosfery. Koncepcja pracy polega na ocenie potencjału informacyjnego dla poszczególnych gatunków drzewiastych występujących w polskiej części Tatr na podstawie lotniczych danych teledetekcyjnych, a następnie odniesienie wyników na podstawie wieloczasowych zdjęć satelitarnych Sentinel-2 dla całego obszaru Tatr. W tym celu wykorzystano zebrane w terenie lokalizacje 13 gatunków drzewiastych, które następnie użyto jako wzorce do klasyfikacji algorytmami uczenia maszynowego (Random Forest i Support Vector Machines) z wykorzystaniem metod iteracyjnej oceny dokładności. Jako teledetekcyjne dane wejściowe utworzono zestaw danych satelitarnych (wieloczasowe dane Sentinel-2 i dane wysokościowe SRTM) oraz lotniczych (dane hiperspektralne, lotniczego skaningu laserowego i średniej podczerwieni). Sprawdzono wpływ poszczególnych kanałów Sentinel-2 oraz dat pozyskania na dokładność klasyfikacji oraz danych topograficznych. Dodatkowo przetestowano wpływ liczby pikseli na dokładność klasyfikacji, co jest szczególnie istotne na obszarach górskich, na których trudno jest pozyskać dużą liczbę wzorców. Osiągnięta średnia dokładność miary F1 dla wszystkich klas oscylowała wokół 86% dla danych Sentinel-2 i algorytmu Random Forest. Mediana poszczególnych gatunków drzewiastych dla miary F1 wynosiła 73-97%.

## Klasyfikacja składu gatunkowego drzewostanów w skali całego kraju z wykorzystaniem serii czasowych SENTINEL-2 i GOOGLE EARTH ENGINE

Ewa Grabska-Szwagrzyk

*Institut Geografii i Gospodarki Przestrzennej  
ewa2.grabska@doctoral.uj.edu.pl*

Serie czasowe danych Sentinel-2 dostarczają szczegółowych informacji o właściwościach drzewostanów, takich jak ich skład gatunkowy czy wiek. Wiele dotychczasowych badań wykorzystywało w klasyfikacji składu gatunkowego zobrazowania Sentinel-2, jednak zdecydowana większość z nich została przeprowadzona dla mniejszych regionów, lub, w przypadku większych obszarów – wyróżniała tylko ogólne typy lasów. Bardziej szczegółowe badania składu gatunkowego dla dużych obszarów wiążą się z szeregiem wyzwań, takich jak trudność w uzyskaniu dobrej jakości zmiennych spektralnych, wysokie zróżnicowanie środowiska - w tym fenologii i składu gatunkowego, jak i problemy z zapotrzebowaniem na obliczenia (przetwarzanie dużej ilości danych).

W prezentacji pokazane zostanie podejście do klasyfikacji dominujących gatunków drzew w skali ogólnokrajowej (dla całego obszaru Polski) z wykorzystaniem serii czasowych Sentinel-2 przetwarzanych w Google Earth Engine (GEE). GEE jest ogólnodostępną platformą chmurową, która oprócz dostępu do danych Sentinel-2 i innych danych środowiskowych, daje możliwość przetwarzania i obliczania klasyfikacji, stwarzając niespotykane dotąd możliwości w klasyfikacji składu gatunkowego. W badaniach wykorzystano sezonowe kompozyty Sentinel-2, generowane w GEE ze średnich wartości pikseli dla wiosny, lata i jesieni. Ponadto, do klasyfikacji użyto dodatkowych zmiennych topograficznych i meteorologicznych. Dane referencyjne o występowaniu gatunków zostały pozyskane z Banku Danych o Lasach i poddane kontroli jakości – finalnie uzyskano 4609 poligonów reprezentujących 21 gatunków. Klasyfikację przeprowadzono metodą Random Forest, testując jej wyniki zarówno dla całej Polski jak i mniejszych regionów i ich kombinacji (krain przyrodniczo-leśnych).

Wyniki wskazują, że dokładność ogólna klasyfikacji składu gatunkowego drzewostanów w całym kraju osiąga od 73 do 93%, w zależności od regionu. Najwyższe dokładności klasyfikacji osiągnięto dla dominujących gatunków takich jak sosna, buk, brzoza, świerk czy olcha. Dokładność klasyfikacji większości gatunków wzrasta z dodaniem zmiennych topograficznych i meteorologicznych – zwłaszcza w przypadku sosny górskiej, robinii akacyjowej, brzozy omszonej czy świerka. W przypadku regionów, największy dodatni wpływ zmiennych środowiskowych na dokładność ogólną odnotowano dla Krainy Karpackiej. Kilkuletnie serie czasowe Sentinel-2 w połączeniu z narzędziami takimi jak GEE umożliwiają generowanie dokładnych map gatunków dla dużych obszarów, nadal jednak istnieją problemy, które mogą prowadzić do błędów w klasyfikacji. Wielkość badanego obszaru powoduje problemy z generowaniem bezchmurnych pikseli wysokiej jakości – częste pokrycie chmurami ogranicza możliwości uzyskania reprezentatywnych pikseli. Rozciągnięcie obszaru na kilka orbit Sentinel-2, powoduje, że rozdzielczość czasowa dla niektórych regionów w Polsce wynosi dwa – trzy dni, a w przypadku innych – pięć dni. Ponadto różnice w warunkach klimatycznych wpływają na optymalne terminy doboru sezonowych metryk, stąd obszar badań może wymagać podziału na mniejsze regiony. Problemem jest także niska dokładność klasyfikacji gatunków rzadziej występujących jak i wpływ wieku drzewostanów czy występowania zakłóceń na odpowiedzi spektralne.

## Analiza ryzyka pożarowego w Polsce na podstawie wyników wskaźnika FWI-CBK dla lat 2018-2022

Marta Milczarek <sup>1)</sup>, Marek Ruciński <sup>2)</sup>, Milena Cudak <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN, Centrum Informacji Kryzysowej

<sup>2)</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN, Zakład Obserwacji Ziemi  
[mmilczarek@cbk.waw.pl](mailto:mmilczarek@cbk.waw.pl)

W referacie przedstawiona zostanie wstępna analiza wyników wskaźnika FWI-CBK dla terenu Polski w kontekście oceny ryzyka pożarowego. W badaniu użyto serię czasową map rozkładu wartości dobowego wskaźnika pogody pożarowej FWI (Fire Weather Index) z lat 2018-2022.

FWI to kanadyjski model, którego algorytm został zmodyfikowany w CBK PAN w taki sposób, że jako danych wejściowych używa polskich danych meteorologicznych i satelitarnych, udostępnionych przez IMGW-PIB, zamiast regionalnych (europejskich) modeli meteorologicznych. Dlatego wynikowa informacja dostępna jest z większą rozdzielczością przestrzenną (1 km), co pozwala na analizę zagrożenia w bardziej lokalnej skali. Wskaźnik prezentuje sześć klas zagrożenia.

Celem wstępnego badania było określenie obszarów, na których najdłużej utrzymywały się warunki pogodowe sprzyjające rozwojowi pożaru w wysokim lub średnim stopniu, zarówno w skali czasowej poszczególnych lat, jak i miesięcy. Do porównania i weryfikacji wykorzystano mapy zagrożenia pożarowego opracowywane przez Instytut Badawczy Leśnictwa.

Mapy wskaźnika FWI-CBK publikowane są w Systemie Obsługi Klienta portalu Sat4Envi w części przeznaczony dla instytucji sektora bezpieczeństwa, ratownictwa i zarządzania kryzysowego.

## Analiza porównawcza wybranych metod wykrywania spalonego terenu na obrazach satelitarnych Sentinel-2

Marta Milczarek <sup>1)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz <sup>2)</sup>, Afroditi Kita <sup>3)</sup>,  
Rizos-Theodoros Chadoulis <sup>3)</sup>, Ioannis Manakos <sup>3)</sup>, Edyta Woźniak <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN, Centrum Informacji Kryzysowej

<sup>2)</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN, Zakład Obserwacji Ziemi

<sup>3)</sup> Centre for Research and Technology Hellas, Information Technologies Institute  
mmilczarek@cbk.waw.pl

Celem badania było porównanie dwóch teledetekcyjnych metod określania zasięgu spalonego obszaru i wskazanie, która z nich znajduje lepsze zastosowanie w określonych warunkach biogeograficznych.

Wybrano dwie odmienne metody – obiektową i pikselową – jednakże oparte na zbliżonym zestawie wskaźników i parametrów. Pierwsza z nich została opracowana w CBK PAN, natomiast druga CERTH.

Przeprowadzono klasyfikacje obrazów satelitarnych Sentinel-2 L2A pozyskanych przed i po pożarze dla czterech terenów testowych, w wyniku których otrzymano zasięg obszarów spalonych i niespalonych. Tereny testowe zostały wybrane tak, aby reprezentowały odmienne typy pokrycia terenu i strefy klimatyczne: torfowisko, bagno, łąka lub las w klimacie umiarkowanym ciepłym przejściowym (Polska), las w klimacie umiarkowanym chłodnym przejściowym (Szwecja), teren podmokły lub wrzosowisko w klimacie umiarkowanym morskim przejściowym (Wielka Brytania), roślinność śródziemnomorska w klimacie podzwrotnikowym wilgotnym (Grecja).

Na podstawie przygotowanych danych referencyjnych (zdigitalizowany zasięg spalonego terenu widoczny na obrazach Planet) przeprowadzono walidację wyników obu algorytmów, która dała zróżnicowane wartości dokładności detekcji.

W referacie przedstawione zostaną wyniki walidacji oraz analiza przydatności obu algorytmów do wykrywania obszarów spalonych.

## Szpiegowskie misje satelitarne punktem wyjścia do badań historii lasów w RDLP Krosno w latach 1960-2020

Agata Hościło, Aneta Lewandowska, Adam Waśniewski, Anna Leszczyńska

*Institut Geodezji i Kartografii, Centrum Geomatyki Stosowanej*

*agata.hoscilo@igik.edu.pl, aneta.lewandowska@igik.edu.pl, adam.wasniewski@igik.edu.pl,*

*anna.leszczyńska@igik.edu.pl*

Najstarsze zdjęcia satelitarne szpiegowskiego programu CORONA, realizowanego przez Stany Zjednoczone, dostępne są dla Polski od lat 60 ubiegłego wieku. Zdjęcia z programu CORONA (lata 1960–1972) wykonane pierwszymi kamerami panchromatycznymi serii KH-3 i KH-4 posiadały rozdzielczość terenową 7,6 m, zaś kamery KH-4A miały rozdzielczość równą 2,7 m. Od roku 1967 rozdzielczość terenowa zwiększyła się do 1,8 m dzięki kamerom KH-4B, w konsekwencji możliwe stało się wykonanie powiększeń do skali 1:7500 (Ciołkosz i Kęsik, 1989). Czarno-białe zdjęcia wykonywane przez amerykańskie satelity szpiegowskie zostały odtajnione w roku 1996.

Głównym celem badań było odtworzenia zasięgu lasów na podstawie archiwalnych i aktualnych danych satelitarnych w okresie 1960-2020. Na podstawie numerycznych map zasięgu lasu oraz map zmian w poszczególnych terminach dokonano identyfikacji lasów, które powstały w latach 60-tych na gruntach porolnych bądź innych nieleśnych. Analizy przestrzenne pozwoliły na określenie nie tylko położenia i powierzchni lasów porolnych, ale również na wskazanie, w którym okresie czasu zostały nasadzone. Szczególnie cenne dla określania lasów na gruntach porolnych są zdjęcia programu CORONA. Spośród analizowanych danych, najniższą przydatność w mapowaniu lasów mają dane z misji Landsat MSS. Serie danych Landsat 5 i 7 z lat 1990 i 2000 są porównywalne pod względem jakości. Dane Sentinel-2 ze względu na wysoką rozdzielczość przestrzenną i czasową oraz szeroki pas obrazowania są szczególnie cenne do określania aktualnego zasięgu lasu, monitorowania stanu lasów w ujęciu wieloczasowym i wielkoobszarowym. W rezultacie wykonano mapy zasięgu lasów, mapy zmian, z uwzględnieniem kierunków zmian, oraz przedstawiono statystyki w podziale na nadleśnictwa i parki narodowe oraz w podziale na lasy wg form własności. Badania prowadzono w zasięgu Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Krośnie.



## Wykorzystanie BSP w monitoringu drzewostanów sosnowych pod kątem rozprzestrzeniania się Jemioły pospolitej rozpierzchłej (*Viscum album ssp. Austriacum L.*)

Jakub Miszczyszyn, Piotr Węzyk

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie Wydział Leśny Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi  
kuba.miszczyszyn@gmail.com*

Dynamicznie zmieniający się klimat w Polsce, w tym w obszarach leśnych, skutkuje koniecznością prowadzenia jemioły pospolitej (*Viscum album ssp. austriacum L.*) półpasożyta osłabiającego główny gatunek lasotwórczy w Polsce, tj. sosnę zwyczajną (*Pinus sylvestris L.*). Według aktualnych raportów PGL LP ilość drzewostanów zainfekowanych jemiołą w roku 2019 wzrosła o 22,6% w stosunku do ostatnich lat. Drzewa porażone przez jemiołę bardzo często zmniejszają przyrost radialny pnia nawet o 65%. Skupienia jemioł mogą osiągać średnicę 150 cm i występować na żywicielu do 15 lat, a ich masa może dochodzić do 13,5 kg.

Celem pracy było zbadanie przydatności wysokorozdzielczych ortofotomap RGB i MS (UAV) oraz ich pochodnych, tj. map wskaźników roślinności w monitorowaniu występowania jemioły w drzewostanach sosnowych. W tym celu wykorzystano pionowzlot eVTOL Trinity F90+ (Quantum Systems GmbH) wyposażony w przedział fotogrametryczny z dwoma kamerami, tj.: RedEdge-M (MicaSense; 6,94 cm GSD; @100 m AGL) oraz Sony UMC-R10C (20 Mpx; 2,66 cm GSD). W badaniach wykorzystano również kamerę RGB o wysokiej rozdzielczości 42 Mpx (Sony RX1RII; 1,29 cm GSD@100 m AGL) w celu przetestowania algorytmów dopasowania zdjęć i generowania wysokorozdzielczych ortofotomap BSP.

Do realizacji projektu wybrano drzewostan sosnowy (108 lat), położony w Nadleśnictwie Niepołomice (RDLP Kraków; N50° 2' 31,34"; E20° 19' 10,51"; 189,6 m ASL), w oddziale nr 83 (22,5 ha). Średnia wysokość sosnen wynosiła 28,0 m, a średnia pierśnica 36,0 cm (BDL 2022). Potencjał informacyjny wskaźników roślinności w celu detekcji jemioły określono przy pomocy metod uczenia maszynowego (klasyfikatory SVM, KNN, RF, Cart). Obliczono następujące wskaźniki: DVI, GDVI, GNDVI, GRVI, NDVI, NG, NGRDI, NNIR, NR, RVI, TVI, VIgreen, EVI, LAI, ENDVI, GARI, VARI, GOSAVI, GSAVI, MSAVI2, OSAVI, SAVI, CVI, CIgreen, ARI, GLI, SIPI, SR, CCCI, LCI, CIre, RENDVI i TGI.

Wyniki wykazały największy potencjał: NDVI ((NIR-RED)/(NIR+RED)), GDVI (NIR-GREEN) i DVI (NIR-RED), osiągając współczynnik Kappa > 82% klasyfikacji.

Klasyfikacja wielospektralnej prawdziwej ortofotomapy (RedEdge-M; MicaSense) dla oddziału 83 (Nadleśnictwo Niepołomice) wykazała 5.138 skupisk jemioły o średniej wielkości 0,17 m<sup>2</sup> i łącznej powierzchni (2-D) 778,3 m<sup>2</sup>. Największa biogrupa jemioły zajmowała 4,30 m<sup>2</sup>. Algorytm segmentacji obrazu (Kappa 74%) wykazał iż jemioła zainfekowała 1.711 z 2.917 (58%) sosen. Na jednej sośnie występują średnio dwie jemioły.

Wypracowane metody detekcji jemioły z wykorzystaniem danych wielospektralnych okazały się skuteczne i mogą być rozszerzone o użycie chmur punktów LIDAR (ULS).

## Monitoring satelitarny drzewostanów sosnowych zagrożonych gradacjami borecznika sosnowca (diprion pini L.)

Piotr Wężyk, Artur Golasz, Wojciech Krawczyk

*Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi, Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie  
piotr.wezyk@urk.edu.pl*

Celem prezentowanych badań była detekcja uszkodzeń drzewostanów sosnowych wywoływanych przez szkodniki pierwotne (foliofagi) w zachodniej Polsce w 2021 roku i ich monitorowanie w kolejnym sezonie (2022 r.) z wykorzystaniem zobrażeń satelitarnych Sentinel-2 (ESA) oraz PlanetScope Dove i SuperDove (Planet Labs.). Badania koncentrowały się na monitorowaniu zasięgu uszkodzeń drzew od borecznika sosnowca (Diprion pini L.) w trzech nadleśnictwach w Regionalnych Dyrekcjach Lasów Państwowych w: Szczecinie, Poznaniu i Zielonej Górze.

Detekcję uszkodzeń koron sosny zwyczajnej prowadzono w oparciu o progowanie NDVI oraz algorytmu maksymalnego prawdopodobieństwa. Analizy przeprowadzono na obrazach Sentinel-2 (ESA; 9 i 10 października 2021 roku) oraz porównawczo na PlanetScope Dove (Planet Labs.). Wydzielono dwie klasy zdrowotności drzewostanów, tj.: drzewostan zdrowy (HS, drzewostany bez wyraźnej defoliacji) oraz drzewostany uszkodzone (DS, z wyraźną defoliacją). Zestaw do nauki klasyfikatora składał się z 52 AOI. Wyniki klasyfikacji wykazały największe uszkodzenia drzewostanów w Nadleśnictwach: Grodziec (RDLP Poznań; 3.700,66 ha; Kappa 0,80), Bolewice (RDLP Szczecin; 1.437,98 ha; Kappa 0,88) oraz Wolsztyn (RDLP Zielona Góra; 1.115,42 ha; Kappa 0,88), gdzie atak owadów (przy podwójnej rójce) objął odpowiednio 15,99%, 6,83% oraz 8,71% drzewostanów sosnowych w analizowanym Nadleśnictwie.

Druga metoda detekcji opierała się na progowaniu wartości wskaźnika NDVI (Sentinel-2) z wykorzystaniem pomocniczej interpretacji kompozycji CIR (843). Dla klasy „HS” – wartość NDVI przyjmowała średni poziom 0,78 w roku 2021. Wartość progowa NDVI w przypadku zaatakowanych drzewostanów (często gołożery) „DS” spadła  $<0,68$ . Klasa „DS.” została dalej podzielona na podklasy: „4-całkowicie uszkodzone” ( $NDVI < 0,47$ ), „3-silnie uszkodzone” (0,47-0,54), „2-uszkodzone” (0,54-0,61) i „1-lekko uszkodzone” (0,61-0,68). W Nadleśnictwie Grodziec wykazano tą metodą uszkodzenia 3.788,10 ha (klasa 1 = 1.707,26 ha; klasa 2 = 922,75 ha; klasa 3 = 854,56 ha i klasa 4 = 303,49 ha), co stanowiło aż 16,37% powierzchni drzewostanów sosnowych obszar w Nadleśnictwie. W Nadleśnictwie Bolewice łączna powierzchnia uszkodzonych drzewostanów sosnowych w roku 2021 wynosiła 1.357,44 ha (klasa 1 = 926,29 ha; klasa 2 = 344,94 ha; klasa 3 = 76,38 oraz klasa 4 = 9,83 ha). W Nadleśnictwie Wolsztyn uszkodzenia wyniosły 1.093,73 ha (klasa 1 = 621,84 ha; klasa 2 = 379,62 ha; klasa 3 = 75,54 ha oraz klasa 4 = 76,73ha).

Porównanie wyników kolejnej klasyfikacji obrazów Sentinel-2 (28.03.2022) i PlanetScope SuperDove (29.04.2022) przeprowadzono testowo na powierzchni 730 ha w Nadleśnictwie Grodziec, przy użyciu tych samych pól badawczych (AOI) i punktów do oceny jakości klasyfikacji. Uszkodzone drzewostany w roku 2022 określone na podstawie S-2 zajmowały 418,51 ha (Kappa 0,74), oraz 415,79 ha (Kappa 0,82) na podstawie zobrażeń SuperDove. Ta bardzo mała różnica (0,37%) wskazuje na duży potencjał obu konstelacji satelitów, tj. zarówno na lepszą rozdzielczość przestrzenną komercyjnego PlanetScope SuperDove, jak nieodpłatnych zobrażeń Sentinel-2 (ESA).

## Wykorzystanie technologii teledetekcyjnych w inwentaryzacji jemioli na przykładzie miasta stołecznego Warszawa

Łukasz Kwaśny<sup>1)</sup>, Joanna Budnicka-Kosior<sup>1)</sup>, Piotr Zaniewski<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk Leśnych, Samodzielny Zakład Geomatyki i Gospodarki Przestrzennej

<sup>2)</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Nauk Leśnych, Samodzielny Zakład Botaniki Leśnej  
[lukasz\\_kwasny@sggw.edu.pl](mailto:lukasz_kwasny@sggw.edu.pl)

Postępujące zmiany klimatu, w tym, długotrwałe susze i ekstremalnie wysokie temperatury są obserwowane i odczuwane szczególnie negatywnie w dużych aglomeracjach miejskich. Jednym ze sposobów minimalizowania ich negatywnych skutków jest rozwój i pielęgnacja terenów zielonych. Szczególną uwagę przykładana jest do pielęgnacji drzew rozwijających się wśród zabudowy i infrastruktury miejskiej. W ostatnich latach w Polsce stwierdzono nasilone występowanie jemioli – półpaszyta rozwijającego się w koronach drzew. Jemioła jest masowo obserwowana w lasach, parkach, jak i na pojedynczych drzewach wzdłuż dróg. Jej występowanie pogarsza stan zdrowotny zadrzewień, zwiększa ryzyko złamań drzew i uszkodzeń mienia w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Celem niniejszej pracy jest inwentaryzacja jemioli z wykorzystaniem zdalnych metod rejestracji obrazu. W ramach badań wykorzystano ogólnodostępne zobrazenia teledetekcyjne pozyskane z poziomu lotniczego dla miasta stołecznego Warszawy. Osiągnięte wyniki stanowią podstawę do dalszego monitoringu rozprzestrzeniania się jemioli w środowisku miejskim.

## Dokładność określania wysokości drzewostanów na obszarze południowej Polski w oparciu o pomiary SLS misji GEDI (NASA)

Wojciech Krawczyk, Piotr Wężyk

*Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi  
wojciech.krawczyk@student.urk.edu.pl*

Precyzyjne pomiary parametrów biometrycznych drzewostanów są kluczowym zagadnieniem w kontekście zrównoważonego zarządzania i ochrony zasobów leśnych. Technologia lotniczego skanowania laserowego (ALS) umożliwia dokładne pomiary parametrów struktury pionowej oraz poziomej drzewostanów, jest ona jednak kosztownym rozwiązaniem. Alternatywnym źródłem danych dotyczących struktury przestrzennej lasów są misje satelitarne skanowania laserowego (SLS), takie jak ICESat oraz GEDI (NASA). Celem misji GEDI są pomiary wysokości oraz struktury pionowej ekosystemów leśnych w skali globalnej (51,6°N – 51,6°S). W przypadku regionalnych i lokalnych zastosowań danych GEDI, bardzo istotne jest określenie dokładności wykonanych pomiarów SLS, wykorzystując precyzyjne dane referencyjne takie jak chmury punktów ALS.

Celem przeprowadzonych badań była analiza dokładności pomiarów wysokości drzewostanów wykonanych przez misję GEDI na obszarze w południowej Polski. Zbadano również wpływ wybranych czynników na dokładność określenia wysokości drzewostanów. Teren badań obejmował cztery obszary: A – dolina Odry, B – Rudy Raciborskie, C – Puszcza Niepołomska oraz D – Beskid Śląski. Wykorzystane dane GEDI pochodziły z poziomu przetwarzania L2A (wersja 002 o poprawionej lokalizacji pomiarów), pozyskanych w 2019 (obszar A, B, C) oraz 2021 roku (obszar B). Dane referencyjne stanowiły chmury punktów ALS (gęstość 4 pkt/m<sup>2</sup>) pozyskane w 2019 r. (A, B, C) oraz 2021 r. (D), które zostały pobrane z zasobów udostępnionych przez GUGiK.

Pomiary wykonane przez GEDI przeszacowały wysokość drzewostanów na analizowanych obszarach: +3,58 m (A), +2,78 m (B), +2,82 m (C) i +3,77 m (D). Uwzględniając wykorzystaną do pomiaru wiązkę lasera (Coverage i Full Power) wykazano, że pomiary wiązką Coverage obciążone są mniejszym błędem niż wiązką Full Power: Coverage: +2,79 m / FP: +4,86 m (A); Coverage: +2,45 m / FP: +3,50 m (B); Coverage: +2,29 m / FP: +3,71 m (C); Coverage: +2,58 m / FP: +4,76 m (D). Pomiary wysokości wykonane w lasach liściastych w stanie ulistnionym (LEAF-ON) oraz bezlistnym (LEAF-OFF) wykazały mniejszą różnicę względem danych referencyjnych dla stanu LEAF-OFF: LEAF-OFF +1,64 m / LEAF-ON +4,39 m (A); LEAF-OFF +2,49 m / LEAF-ON +4,04 m (B). Wysokość drzewostanów określona przez GEDI z uwzględnieniem ich stratyfikacji wiekowej miała tendencję do zawyżania pomiarów we wszystkich klasach wieku, co odbiega od wyników prac wykorzystujących dane GEDI w obszarach tropikalnych. Zaobserwowano również negatywny wpływ wzrostu nachylenia terenu na dokładność określenia wysokości przez misję GEDI. W pracy zbadano także dokładność określenia wysokości gruntu, która charakteryzowała się bardzo dobrą dokładnością na wszystkich analizowanych obszarach: +0,20 m (A); +0,67 m (B), +0,67 m (C), +0,98 m (D).

Zaobserwowano stały trend przeszacowania wysokości drzewostanów przez pomiary SLS GEDI, wskazujący na możliwość opracowania lokalnej korekty danych wysokościowych. Wykorzystanie produktów GEDI w skali regionalnej powinno być poprzedzone analizą ich dokładności oraz uwzględnieniem czynników wpływających na jakość pomiarów.

## Analiza teksturowa zobrażeń optycznych i radarowych do oceny zasklepienia i gęstości szarej infrastruktury

Joanna Pluto-Kossakowska, Paulina Wędzikowska

*Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii  
joanna.koskowska@pw.edu.pl*

W referacie zostaną przedstawione wyniki badań nad wykorzystaniem analizy teksturowej obrazów satelitarnych Sentinel-2 i Sentinel-1 do oceny gęstości szarej infrastruktury w miastach. Jako obszary badawcze wybrano dwa miasta wojewódzkie w Polsce: Kielce i Olsztyn – oba reprezentują różne formy i klasy pokrycia terenu. Dla obu miast wybrano zestawy zdjęć radarowych i optycznych z dwóch różnych okresów czasowych: 2015 i 2022. Do analizy teksturowej i wygenerowania obrazów pochodnych wykorzystano podejście GLCM tj. macierzy współwystępowania poziomów szarości i utworzono przestrzeń cech do dalszej klasyfikacji. Klasyfikacje w podejściu nadzorowanym wykonano oddzielnie dla zestawów obrazów pochodnych z Sentinel-2 i Sentinel-1, a następnie poddano wyniki ocenie dokładnościowej. Analizę porównawczą wyników klasyfikacji przeprowadzono zarówno pomiędzy zestawami danych optycznych i radarowych, jak również pomiędzy datami pozyskanych zdjęć oraz metodami klasyfikacji. Wstępne rezultaty wskazują na pewną użyteczność obrazów teksturowych do wykrycia szarej infrastruktury, ale do oceny jej gęstości i zasklepienia nie można jednoznacznie wskazać na pozytywny efekt. Stąd potrzeba dalszych badań w tym zakresie zarówno nad obrazami optycznymi jak i radarowymi.

## Analiza zmian pokrycia i użytkowania gruntów z wykorzystaniem zobrażeń satelitarnych i GIS - studium przypadku dla aglomeracji opolskiej

Barbara Wiatkowska<sup>1)</sup>, Elżbieta Bielecka<sup>2)</sup>, Janusz Słodczyk<sup>1</sup>

<sup>1)</sup> *Institut Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej, Wydział Ekonomiczny, Uniwersytet Opolski*

<sup>2)</sup> *Institut Inżynierii Geoprzestrzennej i Geodezji, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie  
bwiatkowska@uni.opole.pl, elzbieta.bielecka@wat.edu.pl, jslod@uni.opole.pl*

Obserwowana w Polsce na szeroką skalę niekontrolowana suburbanizacja, spowodowana jest głównie wyludnianiem się miast i powstawaniem nowych dzielnic w znacznych odległościach od centrów. Proces ten powoduje często niekorzystne zmiany w pokryciu/użytkowaniu gruntów w strefach peryferyjnych i podmiejskich, a także na terenach rolniczych, które są przekształcane na tereny zabudowane, często nieproporcjonalnie w stosunku do wzrostu liczby ludności, co sprzeczne jest z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Znaczenie efektywności zużycia gruntów na rzecz postępu w kierunku zrównoważonej urbanizacji zostało podkreślone w Agendzie 2030 (SDGs 11.3.1), a jednym z mierników tej efektywności jest wskaźnik zużycia gruntów LCR (Land Consumption Rate), który stanowi zbiór atrybutów zawierających informacje o udziale zajmowanego terenu przez inwestycje miejskie, otwarte przestrzenie zurbanizowane, tereny rolnicze i leśne. Nie bez znaczenia jest więc w obszarze planowania i zagospodarowania przestrzennego terminowe i dokładne wykrywanie zmian pokrycia i użytkowania gruntów z wykorzystaniem źródeł dostarczających wiarygodnej informacji na wysokim poziomie przestrzennej szczegółowości.

Głównym celem badań była detekcja form pokrycia/użytkowania terenu oraz analiza ich przestrzenno-czasowych zmian na terenie Aglomeracji Opolskiej. W skład obszaru badań wchodzi 21 samorządów gminnych skupionych w obszarze funkcjonalnym Opola, który jest jednym z najszybciej wyludniających się regionów w UE. W tym celu na podstawie serii czasowych zobrażeń satelitarnych RapidEye dla 2009 i 2018 roku wykonano klasyfikację spektralną, której wynikiem są klasy pokrycia/użytkowania gruntów. Następnie zastosowano model gridowy do opracowania wskaźników pokrycia/użytkowania gruntów, jako udział powierzchni poszczególnych klas w regularnej siatce kwadratów. Tak opracowane wskaźniki pokrycia/użytkowania gruntów, które są ważnymi miernikami procesów urbanizacyjnych w osiągnięciu zrównoważonego rozwoju, umożliwiły przeanalizowanie ilościowych i jakościowych zmian w koncentracji przestrzennej jakie zaszły w odniesieniu do pól sieci na terenie AO. Z przeprowadzonych badań wynika, że gminy w strefie podmiejskiej Opola charakteryzowały się wyższym tempem wzrostu terenów zurbanizowanych głównie kosztem terenów rolniczych, a także rozmywaniem się granic między obszarami miejskimi i wiejskimi. Zaproponowana w pracy integracja danych geoprzestrzennych o pokryciu/użytkowaniu terenu w modelu gridowym umożliwiła ocenę ich zmian na wyższym poziomie szczegółowości niż jednostki gminne, a w przypadku dużych ośrodków miejskich na wyższym poziomie niż jednostki funkcjonalne.

Otrzymane wyniki badań mogą być wykorzystane jako informacje bazowe do określenia przestrzenno-funkcjonalnych kierunków rozwoju Aglomeracji Opolskiej zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Badania zrealizowano w ramach projektu MINIATURA 2021/05/X/HS4/01571 finansowanego ze środków Narodowego Centrum Nauki.

## Ocena wpływu danych referencyjnych i Numerycznego Modelu Terenu na wynik klasyfikacji pokrycia terenu na przykładzie Viken County w Norwegii

Adam Waśniewski <sup>1)</sup>, Agata Hościło <sup>1)</sup>, Linda Aune-Lundberg <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Instytut Geodezji i Kartografii, Centrum Geomatyki Stosowanej; adam.wasniewski@igik.edu.pl, agata.hoscilo@igik.edu.pl,

<sup>2)</sup> Survey and Statistics Division, Norwegian Institute of Bioeconomy Research; linda.aune-lundberg@nibio.no

Monitorowanie pokrycia terenu odgrywa ważną rolę w zarządzaniu środowiskiem, ochronie przyrody, planowaniu przestrzennym oraz w realizowaniu założeń zrównoważonego rozwoju. Zwiększone zapotrzebowanie na dokładne mapy pokrycia terenu wpłynęło na rozwój technologii i dostępność danych umożliwiających kartowanie Ziemi z poziomu satelitarnego. Uzyskanie wiarygodnej mapy pokrycia terenu o wysokiej dokładności zależy w dużej mierze od jakości danych referencyjnych oraz rodzaju danych wykorzystanych w procesie klasyfikacji. Jakość danych referencyjnych jest szczególnie istotna w przypadku algorytmów uczenia maszynowego. W powyższym badaniu wykonano ocenę danych referencyjnych oraz ich wpływ na wyniki klasyfikacji pokrycia terenu na przykładzie Viken County w Norwegii. W klasyfikacji wyróżniono dziesięć klas pokrycia terenu: obszary nieprzepuszczalne, las liściasty, las iglasty, łąki, grunty orne, obszary podmokłe i torfowiska, woda, śnieg, niska roślinność oraz skały z ubogą roślinnością. Klasyfikację wykonano na podstawie danych Sentinel-2 oraz Numerycznego Modelu Terenu (NMT) wykorzystując algorytm Random Forest. Jako dane referencyjne wykorzystano norweskie bazy danych o użytkowaniu terenu AR50 oraz AR5. Głównym celem badania była ocena wpływu i wyboru danych referencyjnych na wyniki klasyfikacji pokrycia terenu. W trakcie wyboru powierzchni treningowych i weryfikacyjnych analizowano stopień generalizacji baz referencyjnych, stosowane nomenklatury i definicja pokrycia terenu i użytkowania ziemi, odbicia spektralne dla pojedynczych klas pokrycia terenu oraz macierze błędów. Wybór powierzchni treningowych i weryfikacyjnych odbywał się iteracyjnie. Dodatkowo, biorąc pod uwagę górzysty charakter obszaru badań, zbadano również czy dodanie NMT do klasyfikacji poprawi dokładność dla klas występujących na obszarach górskich. Średnia dokładność całkowita dla wszystkich granul wzrosła z 87% do 89% po dodaniu NMT do klasyfikacji. Dokładność użytkownika (UA) i dokładność producenta (PA) po dodaniu NMT wzrosła dla dziewięciu klas pokrycia terenu. Badania były przeprowadzone w ramach jednego z zadań projektu InCoNaDa „Rozpowszechnienie wykorzystania informacji o pokryciu terenu i użytkowaniu ziemi pochodzących z integracji usług Copernicus Land Monitoring Service (CLMS), oraz krajowych baz danych” finansowanego z Funduszy Norweskich poprzez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju ([www.inconada.eu](http://www.inconada.eu)).

## Analiza zmian pokrycia terenu wokół obozu uchodźców Mtendeli w Tanzanii

Ewa Gromny<sup>1)</sup>, Jörg Haarpaintner<sup>2)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz<sup>1)</sup>, Małgorzata Jenerowicz-Sanikowska<sup>1)</sup>, Edyta Woźniak<sup>1)</sup>, Lluís Pesquer<sup>3)</sup>, Magdalena Chulek<sup>4)</sup>, Daniel Starczewski<sup>5)</sup>, Zofia Pawlak<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> *Centrum Badań Kosmicznych, Polskiej Akademii Nauk*

<sup>2)</sup> *NORCE – Norwegian Research Centre,*

<sup>3)</sup> *Grumets Research Group, CREAM.*

<sup>4)</sup> *Ośrodek Badań nad Migracjami, Uniwersytet Warszawski,*

<sup>5)</sup> *Centrum UNEP/GRID-Warszawa*

Liczba osób zmuszonych do emigracji tj. uchodźców, osób szukających azylu oraz osób wewnętrznie przesiedlonych, nieustannie wrasta każdego roku. Podczas trwania kryzysu humanitarnego, a także po jego zakończeniu, długoterminowe planowanie działań oraz zarządzanie obozami wymagają rzetelnych informacji dostarczanych w sposób ciągły. Analizy geoprzestrzenne stanowią istotne wsparcie w tym zakresie, odpowiadając na zapotrzebowanie interesariuszy.

Głównym tematem prezentacji będzie analiza zmian pokrycia terenu, która zaszła w pobliżu obozu Mtendeli. Jest on położony w północno-zachodniej części Tanzanii w regionie Kigoma (30°53'15 "E and 3°25'36 "S). Do analizy zmian wykorzystano klasyfikacje pokrycia terenu wykonane dla lat 2016-2021 bazujące na metodologii S2GLC (Malinowski et al., 2020<sup>1)</sup>). Polega ona na wykonaniu do dwudziestu niezależnych klasyfikacji na najbardziej bezchmurnych zdjęciach Sentinel-2 dla każdego roku, za pomocą algorytmu Random Forest oraz złączenia ich wyników w procesie agregacji. Dodatkowo, włączone zostały dane radarowe z Sentinel-1 jako cztery uśrednione warstwy rozpraszania wstecznego dla każdego kwartału w roku. Pozwalają one na uwzględnienie sezonowej zmienności roślinności a co za tym idzie, wpływają na poprawę uzyskanych wyników. Dane treningowe zostały pozyskane z istniejących baz danych: Copernicus Global Land Cover oraz WorldCover 2020, a także w sposób manualny w drodze interpretacji wizualnej.

Otrzymane rezultaty wskazują, że najliczniejsze zmiany pokrycia/użytkowania stanowią klasy reprezentujące formy naturalne przekształcone w klasy związane z działalnością antropogeniczną tj. deforestacja czy zamiana naturalnej roślinności w pola uprawne. Prowadzone równoległe badania społeczno-geograficzne w połączeniu z analizą geoprzestrzenną mają za zadanie ustalić czy zaobserwowane zmiany mają związek z obecnością uchodźców na tym terenie, czy też przyczyniły się do tego inne czynniki środowiskowe.

Prezentowane prace zostały zrealizowane w ramach projektów ARICA oraz EOTIST. Celem projektu ARICA jest zbadanie zależności pomiędzy środowiskiem naturalnym, a obecnością obozów uchodźców z wykorzystaniem wysokorozdzielczych i bardzo wysokorozdzielczych zobrazowań satelitarnych, a także wywiadów z mieszkańcami, przedstawicielami rządu i organizacji pozarządowych, związanych z obozami zlokalizowanymi w Afryce (Tanzania, Kenia, Sudan Południowy), w Azji (Bangladesz) oraz na Bliskim Wschodzie (Irak). Projekt EOTIST koncentruje się na ocenie usług ekosystemowych z wykorzystaniem danych satelitarnych na wybranych obszarach.

Analizy zostały wsparte przez program badań i innowacji Unii Europejskiej Horizon 2020 w ramach projektu EOTIST, umowa o dofinansowanie nr 952111 oraz program Norway Grants POLNOR2019 współfinansowany z budżetu państwa Badania Stosowane w ramach projektu ARICA, umowa o dofinansowanie nr NOR/POLNOR/ARICA/0022/2019-00.

<sup>1</sup> Malinowski, R., Lewiński, S., Rybicki, M., Gromny, E., Jenerowicz, M., Krupiński, M., Nowakowski, A., Wojtkowski, C., Krupiński, M., Krätzschmar, E., & Schauer, P. (2020). Automated production of a land cover/use map of Europe based on sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 12(21), 1–27. <https://doi.org/10.3390/rs12213523>



## Porównanie skuteczności identyfikacji nieleśnych siedlisk Natura 2000 na podstawie danych hiperspektralnych i wielospektralnych

Anna Jarocińska<sup>1)</sup>, Dominik Kopec<sup>2,3)</sup>, Jan Niedzielko<sup>3)</sup>, Justyna Wylazłowska<sup>3)</sup>, Anna Halladin-Dąbrowska<sup>3)</sup>, Jakub Charyton<sup>3)</sup>, Agnieszka Piernik<sup>4)</sup>, Dariusz Kamiński<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> *Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych*

<sup>2)</sup> *Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki*

<sup>3)</sup> *MGGP Aero Sp. z o.o.*

<sup>4)</sup> *Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Wydział Nauk Biologicznych i Weterynaryjnych*  
ajarocinska@uw.edu.pl, dominik.kopec@biol.uni.lodz.pl, dkopec@mggpaero.com, jniedzielko@mggpaero.com,  
jwylazlowska@mggpaero.com, ahalladin@mggpaero.com, jcharyton@mggpaero.com, piernik@umk.pl  
daro@umk.pl

Lotnicze dane hiperspektralne i satelitarne obrazy wielospektralne to dwa najczęściej używane zestawy danych do klasyfikacji roślinności naturalnej i półnaturalnej, w tym nieleśnych siedlisk Natura 2000. Obszary siedlisk Natura 2000 zajmują około 18% lądowej powierzchni Unii Europejskiej, która nakłada na członków obowiązek monitoringu tych obszarów. Jednocześnie nie ma wskazanych rekomendacji dotyczących sposobu monitoringu. Mimo dość licznych badań dotyczących identyfikacji siedlisk brakuje udokumentowanych wyników klasyfikacji bazujących na dużym zbiorze danych, które porównywałyby obiektywnie dane o różnej rozdzielczości spektralnej: wielospektralne i hiperspektralne.

Celem badań było określenie różnicy w dokładności klasyfikacji chronionych wybranych nieleśnych siedlisk przyrodniczych Natura 2000 na podstawie danych obrazów hiperspektralnych i wielospektralnych. Analizę przeprowadzono dla ośmiu siedlisk Natura 2000 na pięciu obszarach w Polsce, gdzie wykonano w roku 2017 naloty z użyciem skanerów hiperspektralnych HySpex oraz przeprowadzono badania terenowe, aby zebrać dane referencyjne. Dla sezonu wegetacyjnego roku 2017 pobrano dane Sentinel-2 dla tych samych obszarów. Po wstępnym przetworzeniu danych wykonano klasyfikację za pomocą algorytmu Random Forest wybierając najlepszy zestaw danych oraz oceniono dokładność z użyciem opcji cross-validation.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że wykorzystanie danych hiperspektralnych skutkuje wyższą dokładnością klasyfikacji niż obrazów Sentinel-2, niezależnie od obszaru, siedliska i rozdzielczości przestrzennej. Klasyfikacja danych hiperspektralnych daje średnio o 18,1% wyższą dokładność dla rozdzielczości 1 m oraz o 9,6% wyższą dla rozdzielczości 10 m w porównaniu z obrazami wielospektralnymi. Różnica w dokładności nie jest stała i zależy od obszaru i siedliska. Większe różnice w dokładności zaobserwowano dla obszarów z mozaiką siedlisk i podobieństwem florystycznym analizowanych siedlisk. Różnice uzyskane w klasyfikacji wrzosowisk i muraw były mniejsze niż w przypadku łąk i torfowisk.

## Teledetekcja wymoków i podtopień na trwałych użytkach zielonych – zadanie realizowane na rzecz Pakietu 9 DRŚK

Rafał Pudełko

*Instytut Uprawy, Nawożenia Gleboznawstwa*

Zrównoważona gospodarka glebami oraz wodą na obszarach wiejskich jest kluczowa w osiągnięciu celów związanych z adaptacją do zmian klimatycznych. W związku z tym, niezbędne jest wdrażanie praktyk sprzyjających zwiększaniu potencjału gleb i całego krajobrazu rolniczego do zatrzymywania wody opadowej. Jednym z takich rozwiązań jest Pakiet 9, realizowany od 2022 w ramach Działań Rolno-Środowiskowo-Klimatycznych PROW. Jego celem jest wspieranie rolników w utrzymaniu okresowych zalań i podtopień na trwałych użytkach zielonych. W celu realizacji tego zadania, Ministerstwo Rolnictwa zleciło Instytutowi Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG-PIB) budowę systemu monitoringu satelitarnego, który już od tego roku służy kontroli administracyjnej zobowiązań rolników podjętych w ramach tego pakietu. Monitoring obejmuje wszystkie działki rolne TUZ w kraju realizujące równoległe pakiety 4, 5 oraz 8 i prowadzony jest od 1 maja do 30 września. Zasady monitoringu szczegółowo definiuje rozporządzenie MRiRW z 8 marca 2022 (poz. 585). Najważniejszym komponentem systemu jest teledetekcja satelitarna prowadzona na podstawie obrazów Sentinel-1.

Prezentacja wyników monitoringu prowadzonego w b.r. obejmuje:

- Charakterystykę infrastruktury IT zbudowanej na potrzeby monitoringu (hardware i software)
- Strategię prac polowych
- Omówienie algorytmu oceny kwalifikowalności monitorowanych obszarów spełniających założone w rozporządzeniu kryteria
- Dyskusję wyników oraz potrzeby rozwoju systemu

Wdrożone rozwiązanie jest pierwszym w kraju systemem monitoringu, który bazuje na wysokorozdzielczej obserwacji satelitarnej całej rolniczej przestrzeni produkcyjnej, prowadzonej w maksymalnie dostępnym interwale czasowym, a wyniki monitoringu są bezpośrednio wykorzystywane przez administrację (ARiMR) w celu realizacji płatności w ramach działań PROW.

## Analiza spektralna danych DESIS i SENTINEL-2 składowisk odpadów komunalnych

Marcin Folwarczny, Stanisław Lewiński

*Centrum Badań Kosmicznych PAN  
mfolwarczny@cbk.waw.pl*

Wzrost gospodarczy jest jednym z podstawowych motywów podejmowanych działań ekonomicznych i politycznych mających na celu zwiększenie produkcji oraz konsumpcji. Działaniom tym towarzyszy rosnąca liczba odpadów produkcyjnych oraz komunalnych, które mają wpływ na jakość życia oraz są jednym z czynników postępującej degradacji środowiska. Identyfikacja miejsc składowania odpadów komunalnych jest tematem niezmiernie aktualnym nie tylko w skali kontynentów, całego kraju, ale również gmin. Jednym ze źródeł informacji o takich miejscach powinny być zdjęcia satelitarne.

Do wykorzystania zobrażeń satelitarnych w powyższym zakresie przyjęto kilka lokalizacji skupisk odpadów, gdzie porównano trendy spektralne danych optycznych z satelity SENTINEL-2 oraz z Hyperspectral Earth Observation Instrument umieszczonego na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej.

Jednoczesne wykorzystanie danych SENTINEL-2 oraz DESIS /DLR Earth Sensing Imaging Spectrometer/ znacznie zwiększa możliwości detekcji nielegalnych wysypisk odpadów. SENTINEL-2 wnosi większą rozdzielczość przestrzenną i czasową wraz z łatwością pozyskania sceny natomiast hiperspektralny system DESIS oferuje większe możliwości analizy w domenie rozdzielczości spektralnej.

W ramach referatu zostaną przedstawione wyniki analiz multispektralnych zdjęć satelitarnych SENTINEL-2 oraz hiperspektralnych DESIS.

Badania przeprowadzono na podstawie wysypisk odpadów zlokalizowanych w Polsce oraz poza jej granicami na terenie Europy. Dane analizowano z punktu widzenia zakresów spektralnych oraz czasu (pory roku) ich rejestracji. Istotnym zagadnieniem, które będzie poruszone, jest dobór odpowiedniej metody klasyfikacyjnej. Powszechnie stosowane obecnie metody uczenia maszynowego, ze względu na wymóg dużej liczebności próby treningowej, nie są optymalnym rozwiązaniem. Lepsze wyniki można uzyskać stosując tradycyjne algorytmy oraz metody zorientowane na poszukiwanie anomalii występujących na zdjęciach.

## Detekcja zmian pokrycia terenu na Mazowszu

Stanisław Lewiński, Marek Ruciński, Michał Krupiński, Ewa Gromny, Szymon Sala

*Centrum Badań Kosmicznych PAN  
stlewinski@cbk.waw.pl*

Detekcja zmian jest opracowaniem towarzyszącym klasyfikacji pokrycia terenu na zdjęciach satelitarnych. W przypadku baz danych, które są wykonywane od lat w sposób systematyczny staje się integralną składową opracowania. Przykładem tego są bazy danych CORINE LC, detekcja zmian wykonywana jest poprzez porównanie dwóch warstw, które zostały opracowane metodą interpretacji wizualnej. Szczegółowo zdefiniowane zasady postępowania, weryfikowane w czasie wykonywania kolejnych opracowań, zapewniają spójność granic, wielkość analizowanych wydzieleni oraz poprawność tematyczną.

Obecnie trwają intensywne poszukiwania całkowicie automatycznych metod klasyfikacji zdjęć satelitarnych. Dotyczy to również metod wykrywania zmian, które dzielone są na dwie podstawowe grupy: nadzorowane i nienadzorowane. W pierwszym przypadku porównywane są wyniki dwóch klasyfikacji natomiast w drugim detekcja zmian następuje poprzez analizę niesklasyfikowanych danych satelitarnych bez konieczności posiadania wyników osobnych klasyfikacji. Automatyczna analiza danych satelitarnych w porównaniu z ich interpretacją zawsze charakteryzuje się dużą szybkością przetwarzania oraz mniejszymi kosztami. Równocześnie osiągnięcie dokładności rozpoznania na poziomie doświadczonego operatora nie jest zadaniem prostym ze względu na zróżnicowanie występujących form pokrycia terenu.

W CBK PAN, w ramach projektu S2GLC (Sentinel-2 Global Land Cover), została opracowana metoda automatycznej klasyfikacji pokrycia terenu na zdjęciach Sentinel-2. Stosując ją wykonana została klasyfikacja Europy dla roku 2017, a następnie na zlecenie Polskiej Agencji Kosmicznej opracowano pokrycie terenu Polski w latach 2019, 2020 i 2021. Wykonane klasyfikacje charakteryzują się stosunkowo wysoką dokładnością całkowitą, wynoszącą odpowiednio 87,2%, 79,9% oraz 84,3%. Równocześnie zawierają błędy klasyfikacyjne, które mają bezpośredni wpływ na wyniki detekcji zmian jeżeli jest ona wykonana na zasadzie bezpośredniego porównania klasyfikacji. W CBK PAN opracowano metodę wykrywania zmian, która łączy zasady podejścia nadzorowanego i nienadzorowanego. Porównywane są dwie klasyfikacje pod względem rozpoznanej klasy jak również parametrów klasyfikacji świadczących o wiarygodności jej rozpoznania. Sprawia to, że detekcja zmian jest dostosowana do podejścia klasyfikacyjnego oraz wykorzystywane są informacje, które nie są końcowym wynikiem klasyfikacji.

W ramach referatu zostanie przedstawiony schemat opracowanej metody postępowania oraz uzyskane wyniki. Testy przeprowadzono na podstawie klasyfikacji województwa mazowieckiego wykonanych metodą S2GLC w latach 2019, 2020 i 2021.

## Zwiększenie dokładności mapy glebowo-rolniczej poprzez analizę szeregów czasowych obrazów Sentinel-2

Anna Jędrejek

*Instytut Uprawy, Nawożenia Gleboznawstwa  
ajedrejek@iung.pulawy.pl*

Mapa glebowa jest jednym z ważniejszych źródeł kartograficznych w prowadzeniu badań rolno-środowiskowych. Obecnie najbardziej szczegółowym i zwartym opracowaniem w tym zakresie jest mapa glebowo-rolnicza, opracowana cyfrowo przez IUNG-PIB. Mapa ta obrazuje zasięgi kompleksów przydatności rolniczej gleb na gruntach ornych i użytkach zielonych na obszarze całego kraju. Z tego względu znajduje ona również zastosowanie w wielu pracach monitoringowych prowadzonych przez Instytut, takich jak System Monitoringu Suszy Rolniczej, System Monitoringu Biomasy, wyznaczanie gleb organicznych i mokradeł nietorfowych, monitoring chemizmu gleby, monitoring i doskonalenie kryteriów oceny zanieczyszczeń gleb i wód ksenobiotykami różnego pochodzenia, itp.

Pomimo dość precyzyjnej skali (1:25 000), w wielu przypadkach szczegółowość zmienności przestrzennej cech gleby jest zbyt zgeneralizowana. Jeżeli badania prowadzone są regionalnie, wówczas większą dokładność można uzyskać poprzez zastosowanie mapy glebowej w skali 1:5 000 - ale mapa ta nie we wszystkich województwach dostępna jest w postaci cyfrowej, często też żądana dokładność nie spełni oczekiwań. Obecnie IUNG-PIB prowadzi dwa krajowe systemy monitoringu, których zadaniem jest ocena niedoboru lub nadmiaru wody w skali działek rolnych. W obu przypadkach monitoring dotyczy fragmentów działek rolnych i ma bezpośredni wpływ na szacowanie wysokości środków pomocowych przekazywanych rolnikom przez ARiMR. W związku z powyższym, w IUNG-PIB podjęto pracę nad możliwością uszczegółowienia mapy glebowo-rolniczej tak, żeby na jej podstawie można było opracować z większą dokładnością wyniki tych systemów monitorowania.

W prezentacji omówione zostaną:

- Metodyka interpretacji (wstępnego przetworzenia) obrazów Sentinel-2 na potrzeby klasyfikacji gleby;
- Sposób wyboru najlepszego terminu na podstawie szeregów czasowych: map indeksów wegetacji, fenologii i danych meteorologicznych;
- Metoda przygotowania mapy glebowej do jej porównania z obrazami satelitarnymi i finalnie reklasyfikacją zasięgów analizowanych właściwości fizycznych gleby;
- Wyniki otrzymane na podstawie przeprowadzonych badań na obiekcie testowym;
- Możliwości aktualizacji i uszczegółowienia mapy-glebowo rolniczej Polski.

## Statystyka produkcji roślinnej na podstawie danych satelitarnych

Artur Łączyński

*Główny Urząd Statystyczny*

W ramach statyki rolnictwa powstał system do identyfikacji i monitorowania upraw rolnych wykorzystujący dane satelitarne. Celem przedsięwzięcia było wdrożenie zautomatyzowanego mechanizmu identyfikacji i monitorowania upraw rolniczych, opracowanie metod oceny wpływu zjawisk ekstremalnych (powódź, susza, przymrozki, podtopienia, gradobicia itp.) na stan upraw w okresie wegetacji oraz ocena plonowania niektórych upraw.

W trakcie opracowywania ostatecznych wyników system wykorzystuje szereg danych pomocniczych tj. dane administracyjne, agro-meteorologiczne oraz dane z badania terenowego in-situ. W wyniku szeregu podprocesów obejmujących segmentację i uczenie maszynowe opracowywanie mapy upraw, monitorowania wzrostu i prognozowania plonów w skali jednostek administracyjnych. Wykorzystanie systemu przyczynia się do zmniejszenia obciążenia respondentów i ankietowanych (wpływając na poprawę jakości danych statystycznych) oraz obniżenia kosztów badań prowadzonych metodą ankietową. Wyniki monitoringu i klasyfikacja upraw dostępne są na wszystkich poziomach podziału administracyjnego kraju według, województw, powiatów i gmin. Wypracowana metoda prognozowania plonów upraw może być wykorzystywana do szacowania strat związanych z wpływem zjawisk ekstremalnych takich jak: powódź, susza, przymrozki, podtopienia, gradobicia itp. Wyniki monitoringu opracowywane są na podstawie danych programu COPERNICUS (SENTINEL 1, 2, 3) za pomocą systemu przetwarzania danych zbudowanego w Głównym Urzędzie Statystycznym. W prezentacji przedstawione zostaną najnowsze wyniki monitoringu. System powstał w ramach projektu SATMIROL realizowanego w ramach programu GOSPOSTRATEG (NCBiR).

## Wzrost promieniowania krótkofalowego odbitego od gruntów ornych niepokrytych roślinnością w Europie poprzez zmniejszenie ich szorstkości

Jakub Ceglarek, Jerzy Cierniewski

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Pracownia Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa  
[jakub.ceglarek@amu.edu.pl](mailto:jakub.ceglarek@amu.edu.pl)

Bronowanie wcześniej zaoranych gruntów ornych, powoduje wyraźny wzrost ich albedo, co w konsekwencji prowadzi do zmniejszenia ilości absorbowanego przez nie promieniowania krótkofalowego, zmniejszenia emisji promieniowania długofalowego, co przyczynia się do ochładzania powierzchni, spowalniając ocieplanie klimatu. Celem niniejszej pracy jest ilościowe oszacowanie wzrostu promieniowania krótkofalowego w ciągu roku, odbitego od wysuszonej powierzchni gruntów ornych w Europie wskutek zmniejszenia ich szorstkości, zakładając warunki bezchmurnego nieba.

Areał gruntów ornych niepokrytych roślinnością w trakcie roku został oszacowany za pomocą zdjęć zarejestrowanych przez satelity Sentinel 2 A i B. Posłużono się platformą Google Earth Engine do ustalenia zmienności areału gruntów ornych według ESA WorldCover 2020, które nie były pokryte roślinnością w roku 2021. W obrębie gruntów ornych głównie krajów Unii Europejskiej, za pomocą funkcji porównującej wartości odbicia w kolejnych kanałach spektralnych, oszacowano areał gruntów ornych niepokrytych roślinnością w każdej dekadzie roku.

Średnie dobowe albedo gruntów ornych ( $\alpha_d$ ) analizowanych krajów ustalono wykorzystując specjalistyczne oprogramowanie SALBEC, posługując się krzywymi spektralnymi jednostek glebowych uzyskanymi z bazy glebowej LUCAS. Wartości  $\alpha_d$  obliczono dla dwóch stanów szorstkości: gleby szorstkiej uformowanej przez pług oraz tej samej wygładzonej za pomocą brony. Ilość promieniowania krótkofalowego odbitego od badanych powierzchni w określonych stanach szorstkości w poszczególnych dniach roku oszacowano mnożąc krótkofalową energię docierającą do nich w warunkach bezchmurnego nieba przez oszacowany areał gruntów ornych niepokrytych roślinnością i  $\alpha_d$ . Wzrost ilości odbitego promieniowania krótkofalowego wynikający z wygładzenia szorstkiej powierzchni glebowej uzyskano porównując różnice przebiegu  $\alpha_d$  dla obu stanów szorstkości określono potencjalny.

Oszacowano, że bronując możliwie szybko uprzednio zaorane grunty orne po zbiorach zbóż jarych w Polsce, teoretycznie można byłoby zwiększyć ilość odbitej od nich energii o około 40 TJ dziennie, co odpowiada w przybliżeniu 8% energii produkowanej przez elektrownię w Bełchatowie w tym samym czasie. Można też przypuszczać, że łączna ilość tej energii w wymiarze europejskim będzie około dziesięciokrotnie wyższa niż w Polsce, do uzyskania której potrzeba spalić prawie 60 Mt węgla kamiennego przez elektrownie węglowe.

## Projekt EOStat dla Ukrainy – wsparcie administracji w gromadzeniu i przetwarzaniu danych rolniczych na podstawie zobrażeń satelitarnych

Anna Markowska <sup>1)</sup>, Ewa Panek <sup>1)</sup>, Katarzyna Dąbrowska-Zielińska <sup>1)</sup>, Stanisław Lewiński <sup>2)</sup>, Edyta Woźniak <sup>2)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz <sup>2)</sup>, Anna Burzykowska <sup>3)</sup>, Artur Łączyński <sup>4)</sup>, Jędrzej Bojanowski <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Centrum Teledetekcji, Instytut Geodezji i Kartografii

<sup>2)</sup> Centrum Badań Kosmicznych

<sup>3)</sup> Europejska Agencja Kosmiczna

<sup>4)</sup> Główny Urząd Statystyczny, Departament Rolnictwa

<sup>5)</sup> CloudFerro

Odnosząc się do skutków rosyjskiej agresji na terytorium Ukrainy (duży eksporter zbóż), konsorcjum projektu EOStat dla GUS (IGiK, CBK PAN, GUS, współpraca z ESA) zaproponowało i rozpoczęło wdrożenie systemu rozpoznawania upraw i prognozowania plonów EOStat na terytorium Ukrainy. Umożliwi to oszacowanie plonów dla wybranych terenów Ukrainy na rok 2022 i porównanie ich do lat wcześniejszych.

Do czasu inwazji rosyjskiej całkowita powierzchnia Ukrainy wynosiła 60 mln ha, z czego około 42 mln sklasyfikowano jako grunty rolne, w tym grunty uprawne (zboża, uprawy techniczne, pasze, ziemniaki i warzywa i ugory), ogrody, sady, winnice oraz trwałe łąki i pastwiska. Pszenica ozima, jęczmień jary i kukurydza były głównymi uprawami zbóż w kraju. Około 95 procent pszenicy na Ukrainie to pszenica ozima, zasiewana jesienią i zbierana w lipcu i sierpniu następnego roku.

Statystyka Ukraińska (State Statistics Service of Ukraine – SSSU) wyraziła duże zainteresowanie opracowaniem danych, uzyskanych dzięki zastosowaniu modeli predykcyjnych plonów wykonanych w projekcie EOStat Polska. Modele te zostaną przeniesione na teren Ukrainy. Umożliwi to lepsze obliczanie wielkości produkcji roślinnej na Ukrainie i znacznie poprawi istniejące narodowe podejście statystyczne do procesu wytwarzania informacji o produkcji roślinnej, co ma duże znaczenie gospodarcze. Wyniki dla każdej jednostki administracyjnej (obwodu i rejonu) opracowane w ramach Projektu zostaną wdrożone i zintegrowane w SSSU.

Pierwsza część wyników będzie poświęcona klasyfikacji upraw (mapowanie upraw). Druga część to monitorowanie wzrostu upraw i prognozowanie plonów. Szczegółowe informacje będą przekazane dla upraw: pszenicy ozimej, rzepaku ozimego oraz kukurydzy. Wyniki monitorowania wzrostu upraw i prognozowania plonów będą prezentowane jako usługa demonstracyjna na poziomie obwodów i rejonów.



## Teledetekcja w Systemie Monitoringu Suszy Rolniczej

Małgorzata Kozak

*Instytut Uprawy, Nawożenia Gleboznawstwa  
ajedrejek@iung.pulawy.pl*

System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR) prowadzony jest w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa od 2008 roku. Został opracowany na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa w celu bezpośredniego wsparcia administracyjnych mechanizmów przeciwdziałania skutkom suszy. Na przestrzeni ostatnich lat system ten przechodził gruntowne aktualizacje związane z cyfryzacją rolnictwa oraz rozwojem technologii obserwacji Ziemi i zjawisk meteorologicznych. Od samego początku działania systemu założono cykliczne uzupełnianie sieci stacji meteorologicznych. Następnie dodano moduł analizujący dane pochodzące z sieci Polrad (mapy opadu generowane na podstawie radarów meteorologicznych i obrazów z satelitów meteorologicznych). W ostatnich latach włączono SMSR do tzw. Aplikacji Suszowej, która obecnie jest narzędziem administracyjnym dedykowanym dla rolników do składania wniosków o wsparcie związane ze stratami suszowymi. Aplikacja ta wymaga dokładnych szacunków strat dla wszystkich rodzajów upraw z listy ARiMR, prowadzonych w skali działek rolnych. Z tego względu pojawiła się pilna potrzeba uzupełnienia monitoringu o wysokorozdzielcze dane satelitarne. Sytuacja ta zbiegła się z możliwością pozyskania tego typu informacji z serwerów Europejskiej Agencji Kosmicznej.

W niniejszej prezentacji omówione zostaną:

- Proces wdrażania w SMSR danych satelitarnych Sentinel-2 i Sentinel-1;
- Wyniki pilotaży prowadzonych w Rolniczych Zakładach Doświadczalnych IUNG;
- Charakterystykę infrastruktury IT zbudowanej na potrzeby SMSR (hardware i software);
- Wyniki satelitarnego monitorowania upraw w skali kraju – w tym oceny wpływu suszy rolniczej na plony, jej zróżnicowania w regionach i między sąsiadującymi uprawami oraz detekcję wpływu warunków glebowych na stan upraw;
- Teledetekcja wpływu agrotechniki na ograniczenie strat spowodowanych suszą;
- Metody teledetekcyjnej weryfikacji wniosków rolników w ramach Aplikacji Suszowej.

## Częstość rodzajów chmur nad polską (2003-2021) na podstawie obserwacji satelitarnych (MODIS) i naziemnych (SYNOP)

Izabela Wojciechowska<sup>1), 2)</sup>

<sup>1)</sup> Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski

<sup>2)</sup> Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk  
[i.wojciechows2@uw.edu.pl](mailto:i.wojciechows2@uw.edu.pl)

W najnowszych badaniach dotyczących zmienności rodzajów chmur nad obszarem Polski wykazano, że w ostatnich dekadach wzrosło zachmurzenie chmurami konwekcyjnymi oraz chmurami piętra wysokiego, a zmalało zachmurzenie chmurami warstwowymi. Prace te opierały się jednak wyłącznie na standardowych, naziemnych danych obserwacyjnych. Z uwagi na ograniczoną możliwość detekcji chmur piętra średniego i wysokiego przez obserwatorów naziemnych w sytuacji wystąpienia chmur niższych pięter, aktualne pozostaje pytanie, czy stwierdzony dodatni trend w częstości chmur wysokich jest rzeczywisty, czy też pozostaje wynikiem zmian w zachmurzeniu niskiego i średniego piętra.

W niniejszych badaniach wykorzystane zostały dwa niezależne źródła danych o zachmurzeniu: własności chmur pozyskane z satelitów MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) oraz rodzaje chmur z 27 stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) z obszaru Polski z lat 2003-2021. W celu określenia rodzajów chmur na podstawie danych satelitarnych zastosowano klasyfikację International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP) opartą na grubości optycznej (Cloud Optical Thickness, COT) i ciśnieniu na wierzchołkach chmur (Cloud Top Pressure, CTP). W pracy postawiono hipotezę, że dane MODIS sklasyfikowane wg. ISCCP potwierdzają zmiany w częstości rodzajów chmur nad Polską stwierdzone w badaniach opartych na danych naziemnych. W celu weryfikacji hipotezy określono współczynnik korelacji rang Spearmana między średnimi miesięcznymi częstościami chmur wg. SYNOP i MODIS oraz porównano trendy między średnimi miesięcznymi częstościami chmur wg. SYNOP i MODIS.

Hipoteza została potwierdzona jedynie w przypadku chmur Cirrus, Altostratus + Nimbostratus i Cumulus. Rozbieżności między analizowanymi zbiorami danych sugerują traktować je jako niezależne. Oba źródła danych nie należy zatem stosować zamiennie, w celu uzupełnienia informacji o rodzajach chmur. W badaniach potwierdzono ponadto dodatni trend zarówno częstości, jak i zachmurzenia cząstkowego chmurami wysokimi na podstawie danych satelitarnych.

## Trendy zachmurzenia nad Morzem Bałtyckim na podstawie danych satelitarnych (1988-2021)

Marcin Paszkuta, Adam Krężel

*Uniwersytet Gdański*

*marcin.paszkuta@ug.edu.pl, adam.krezel@ug.edu.pl*

Informacje o zmianach klimatu w coraz większym stopniu docierają do szerokiego grona odbiorców. Wszelkie sygnały potwierdzające/opisujące to zjawisko stwarzają nowe możliwości do bardziej szczegółowych analiz. Różnica w ilości energii docierającej do powierzchni morza między obszarami bezchmurnymi i zachmurzonymi sięga kilkudziesięciu procent. Przeanalizowano zmiany wielkości i zasięgu zachmurzenia w ciągu 32-letniego okresu badań satelitarnych w rejonie morza. Zachmurzenie scharakteryzowano na podstawie średnich miesięcznych wartości transferu promieniowania przez atmosferę z satelitów geostacjonarnych i okołopolarnych. Opracowanie wykonano dla rejonu Morza Bałtyckiego w oparciu o autorski algorytm i porównywalne rozwiązania operacyjne. W celu usystematyzowania różnych serii danych wprowadzono znormalizowane zachmurzenie. Założono, że wartości zachmurzenia są dobrymi markerami zmian klimatu, zwłaszcza w kontekście indeksu NAO. Długoterminowe trendy i zmiany określono, analizując średnie miesięczne z trzech dekad (1988-2021). Obie serie danych wykazują w tym okresie tendencje spadkowe. Zachmurzenie, jako przybliżenie transferu radiacyjnego przez atmosferę, wyraźnie maleje dla obu systemów satelitarnych: geostacjonarnego  $-2.4\%$  dekada<sup>-1</sup> i okołopolarnego  $-2.6\%$  dekada<sup>-1</sup>. Może to być konsekwencją regionalnych zmian klimatycznych w ostatnich latach. Wyniki wskazują, że region Morza Bałtyckiego dynamicznie reaguje na zmiany obserwowane w oceanie światowym.

## Walidacja modelowanych rozkładów temperatury powietrza (AT) na Svalbardzie przy użyciu danych temperatury powierzchni terenu (LST) z teledetekcji satelitarnej

Alfred Stach, Grzegorz Rachlewicz

*Institut Geoekologii i Geoinformacji, Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu  
alfred.stach@amu.edu.pl, grzegorz.rachlewicz@amu.edu.pl*

W ostatnim czasie naukowcy badający długookresowe tendencje zmian środowiska archipelagu Svalbard mają do dyspozycji Sval\_Imp – gridową bazę danych meteorologicznych obejmującą lata 1957-2017 z rozdzielczością czasową 6 h i przestrzenną 1 km (Schuler, Østby 2020). Sval\_Imp powstał przy użyciu hybrydowej metodyki łączącej wielowymiarową interpolację z prostym modelowaniem dynamicznym. Niestety jakość Sval\_Imp budzi spore wątpliwości. W niniejszym opracowaniu zwrócono uwagę na duże i systematyczne błędy wartości temperatury powietrza (AT), ograniczenia przeprowadzonej walidacji oraz brak ocen obszarowych.

Celem, jaki sobie postawiono, była zatem niezależna walidacja danych temperaturowych Sval\_Imp w oparciu o satelitarne pomiary temperatury powierzchni terenu (LST). Wykorzystano do tego terminowe dane z czujnika MODIS (satelity Terra i Aqua, 4 pomiary na dobę) z okresu marzec 2000 – grudzień 2017.

Dotychczas przeprowadzone analizy wykazały, że po agregacji danych terminowych do okresów miesięcznych, LST MODIS może być z powodzeniem wykorzystywane do modelowania rozkładu przestrzennego temperatury powietrza na Svalbardzie. Błędy modelu są niskie, nie są systematyczne, a ich rozkład jest losowy. Choć AT i LST są ze sobą mocno skorelowane, to jednak są to różne charakterystyki poziomu ciepła w krajobrazie. Z tego względu analizę przeprowadzono posługując się danymi względnymi – wartościami standaryzowanymi.

Wyniki przeprowadzonych analiz można streścić w następujących punktach. (1) Rozkład przestrzenny różnic standaryzowanych wartości średnich miesięcznych LST i AT nie jest losowy i wykazuje powtarzalne układy przestrzenne. (2) Bezwzględne wartości różnic są znaczne i nie można ich tłumaczyć skumulowanym efektem błędów pomiarowych i ich propagacji w trakcie wieloetapowego przetwarzania. Wadą jest prawdopodobnie obciążona metodyka opracowania Sval\_Imp. (3) Wydzielono 13 typów rozkładów przestrzennych różnic standaryzowanych wartości średnich miesięcznych LST i AT, które w analizowanym okresie 213 miesięcy, powtarzały się od 3 do 37 razy. Ich rozkład sezonowy nie jest losowy. (4) Bez żadnej wątpliwości typy rozkładu przestrzennego różnic standaryzowanych wartości średnich miesięcznych LST i AT są ściśle powiązane z dominującymi warunkami cyrkulacyjnymi. Istotne związki stwierdzono również w przypadku typów, które w badanym wieloleciu występowały rzadko. (5) Dodatkowych badań wymaga potencjalny wpływ innych czynników geograficznych: rzeźby terenu, charakteru podłoża i zbiorników wodnych.

## Oceny zachmurzenia ogólnego z wykorzystaniem satelitarnych obserwacji lidarowych

Andrzej Kotarba

*Centrum Badań Kosmicznych PAN*

Kosmiczne lidary profilujące są uważane za najbardziej wiarygodne źródło informacji o zachmurzeniu ogólnym i wysokości wierzchołków chmur. Jednakże analizy klimatologiczne oparte na danych lidarów cechuje niepewność wynikająca ze specyficznego próbkowania: jedynie co  $n$  dni i tylko wzdłuż ścieżki przelotu. W swoim badaniu poddałem ocenie cztery najważniejsze misje lidarowe – CALIPSO (rewizyta co  $n=16$  d), EarthCARE ( $n=25$ ), Aeolus ( $n=7$ ) i ICESat-2 ( $n=91$ ) – sprawdzając, w jakim stopniu każda z nich jest w stanie oddać rzeczywiste wartości zachmurzenia, tzn. wyznaczone w oparciu o obserwacje codzienne ( $n=1$ ). Codzienne wartości referencyjne symulowałem za pomocą 15-minutowych obserwacji instrumentu SEVIRI/Meteosat.

Wyniki pokazały, że lidary są w stanie zapewnić wiarygodne szacunki zachmurzenia i wysokości wierzchołków chmur, ale jedynie gdy dane zostaną uśrednione w obszarze o rozmiarze co najmniej  $10^\circ \times 10^\circ$  długości i szerokości geograficznej. W przeciwnym wypadku kryterium dokładności 1% dla zachmurzenia i 150 m dla wierzchołków chmur (wskazywane przez GCOS) nie jest osiągalne – tak dla wartości średnich miesięcznych jednorocznych, jak i średnich miesięcznych wieloletnich. W przypadku misji CALIPSO i uśrednieniu jej danych do siatki o rozdzielczości  $1^\circ$  lub  $2,5^\circ$ , rozbieżność szacunku zachmurzenia ogólnego względem hipotetycznych obserwacji codziennych wyniosła odpowiednio 14% i 7%. Z drugiej strony, otrzymane wyniki wykazały, że wszystkie misje lidarowe charakteryzuje podobna struktura błędów/niepewności, co w praktyce oznacza możliwość opracowania spójnych serii czasowych obserwacji zachmurzenia z misji lidarowych (w szczególności kontynuowanie obserwacji z misji CALIPSO przez lidar na pokładzie EarthCARE).

## Detekcja anomalii geotermalnych za pomocą danych z sensora ECOSTRESS

Agnieszka Soszyńska <sup>1)</sup>, Thomas Groen <sup>1)</sup>, Harald van der Werff <sup>1)</sup>, Eunice Bonyo <sup>2)</sup>, Christoph Hecker <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Department of Applied Earth Sciences, Faculty ITC, University of Twente*

<sup>2)</sup> *Kenya Electricity Generating Company PLC, Olkaria, Off Moi*

Wykorzystanie danych satelitarnych i technik teledetekcyjnych wykazuje znaczący potencjał do wspierania wczesnej eksploracji geologicznej mającej na celu poszukiwanie systemów geotermalnych. Badania w tej dziedzinie skupiają się m.in. na detekcji anomalii termalnych w obrazach satelitarnych. Satelitarne dane w zakresie termalnym najczęściej są pozyskiwane w ciągu dnia (a nie nocy), więc niejednorodność w nagrzewaniu się powierzchni często prowadzi do błędów. Dostępne są nieliczne zdjęcia nocne, np. z sensora ASTER, albo niskorozdzielcze zdjęcia MODIS. Niektórzy badacze wykorzystywali zestaw składający się ze zdjęcia nocnego i zdjęcia dziennego, i przez korekcję naświetlenia w oparciu o cyfrowy model terenu, wyznaczali anomalie geotermalne. Tego rodzaju techniki przynosiły wstępnie obiecujące wyniki, jednak detekcje takie obarczone są błędem wynikającym z różnic w tempie ochładzania się powierzchni. Powierzchnie o znacznej pojemności cieplnej magazynują ciepło w ciągu dnia, a ich tempo ochładzania może być znacznie niższe niż otoczenia. Istotne staje się w związku z tym wykorzystanie zdjęć zrobionych krótko przed wschodem Słońca, gdyż w tym czasie powierzchnie zdążą wyemitować większość zmagazynowanego ciepła. Niestety większość sensorów satelitarnych nie ma możliwości zrobienia zdjęcia w tym konkretnym oknie czasowym w interesujących obszarach geograficznych, ponieważ związane są orbitą heliosynchroniczną. Sensor ECOSTRESS zainstalowany na Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) stanowi korzystną alternatywę, ponieważ orbita ISS nie jest synchroniczna ze Słońcem, w związku z czym ocena przydatności danych ECOSTRESS ma istotne znaczenie dla przyszłych badań.

W naszych badaniach proponujemy metodę automatycznego wyznaczania anomalii geotermalnych z wykorzystaniem danych z sensora ECOSTRESS. Obszar naszych badań znajduje się w regionie Olkaria w Kenii, który jest regionem z wulkaniczną aktywnością geotermalną, typowym dla obszaru Wielkich Rowów Afrykańskich. W obszarze badań produkowana jest już energia elektryczna ze źródeł geotermalnych, przez co stanowi on korzystny obszar referencyjny. W marcu i kwietniu br. przeprowadzone zostały badania terenowe umożliwiające walidację zastosowanej metody, oraz ocenę przydatności danych do tego celu.

W naszych badaniach rozwinęliśmy metodę do automatycznego wyznaczania anomalii geotermalnych na podstawie produktu Land Surface Temperature and Emissivity sensora ECOSTRESS. Metoda opiera się na oknie przestrzennym, na podstawie którego obliczana jest wartość progowa do wyznaczania anomalii wewnątrz danego okna. Zaproponowana metoda daje się stosować uniwersalnie, przez możliwość dostosowania parametrów (w tym rozmiar okna) do wybranego obszaru badań. Produktem końcowym jest mapa prawdopodobieństwa anomalii geotermalnej.

Wzory przestrzenne uzyskane na mapie prawdopodobieństwa odpowiadają tym uzyskanym w badaniach terenowych i pozyskanym z map referencyjnych. W procesie walidacji, dokładność całkowita uzyskanego produktu wyniosła 78%. Przeprowadzona analiza dokładności wskazuje jakość obrazu oraz inercję cieplną jako główne czynniki powodujące błędy.

## Automatyczne metody globalnej klasyfikacji pokrycia terenu dla wybranych klas tematycznych

Artur Nowakowski <sup>1)</sup>, Przemysław Kupidura <sup>1)</sup>, Anna Płatek-Żak <sup>1)</sup>, Oskar Graszka <sup>1)</sup>, Karol Przeździecki <sup>2)</sup>,  
Jarosław Zawadzki <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska

<sup>2)</sup> Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska  
[artur.nowakowski@pw.edu.pl](mailto:artur.nowakowski@pw.edu.pl)

Rozwój monitoringu satelitarnego wraz z ulepszaniem algorytmów klasyfikacyjnych pozwala na dostarczanie coraz dokładniejszej informacji o pokryciu terenu. Informacja ta jest kluczowa w wielu analizach dotyczących środowiska czy działalności człowieka. W szczególności, otwarty dostęp do zdjęć satelitarnych Europejskiej Agencji Kosmicznej dostarczanych z satelitów Sentinel-2 o pokryciu globalnym i średnim czasie rewizyty wynoszącym około 5 dni pozwolił na powstanie nowych produktów i analiz dostarczających globalnej informacji na poziomie szczegółowości przestrzennej wynoszącej nawet 10 m. Jednym z takich produktów jest pierwsza na świecie globalna mapa pokrycia terenu o rozdzielczości 10m opracowana w ramach projektu WorldCover. Mapa ta rozróżnia 11 klas pokrycia terenu.

W ramach niniejszej pracy proponuje się tematyczne uszczegółowienie dwóch klas obrazowanych przez tę bazę: klasy lasy i klasy zabudowa. W pierwszym przypadku proponuje się wydzielenie podtypów lasu (np. liściasty, iglasty, mieszany, wiecznie zielony itp.), natomiast w drugim przypadku dzieli się zabudowę na budynki oraz infrastrukturę transportową.

Do realizacji postawionego celu wykorzystane będą metody uczenia maszynowego, w szczególności sprawdzone będą metody uczenia głębokiego. Ze względu na globalny charakter badań proponuje się metody automatycznej ekstrakcji danych uczących na podstawie istniejących baz danych o gorszej rozdzielczości lub baz niepełnych (np. OpenStreetMap). Prace mają charakter studyjny na wybranych kilku obszarach testowych zlokalizowanych w różnych częściach globu. Obszary zostały wybrane pod kątem reprezentacji różnych stref klimatycznych oraz kulturowych. Wyniki badań powinny dać odpowiedź na pytanie które z podklas i z jaką dokładnością da się wyróżnić w istniejącej dziesięciometrowej klasyfikacji.

## Kwantowe uczenie maszynowe w zastosowaniach do fotointerpretacji

Piotr Gawron

*AstroCeNT / Centrum Astronomiczne im. Mikołaja Kopernika Polskiej Akademii Nauk*  
*gawron@camk.edu.pl*

Miniaturyzacja tranzystorów i układów scalonych ma swoje granice, które zaczynamy osiągać, co powoduje, że trudno jest o znaczne zwiększenie wydajności obliczeniowej komputerów klasycznych. Dla tego też poszukuje się nowych metod i paradygmatów obliczeń. Jednym z takich nowych paradygmatów są obliczenia kwantowe.

Pojawienie się pierwszych — ciągle jeszcze bardzo niedoskonałych — komputerów kwantowych spowodowało rozpoczęcie intensywnych poszukiwań nad ich zastosowaniami w uczeniu maszynowym — dziedzinie, w której niedoskonałości urządzeń obliczeniowych czasami nie stanowią problemu. Współcześnie wypracowano już wiele metod uczenia maszynowego, dla których przynajmniej jeden krok obliczeniowy jest wykonywany na komputerze kwantowym. Choć dziedzina kwantowego uczenia maszynowego rozwijana jest dopiero od ok. dziesięciu lat, to jej rozwój jest bardzo gwałtowny. Niemal codziennie pojawiają się nowe doniesienia publikacyjne dotyczące tej dziedziny.

W środowisku społeczności obliczeń kwantowych istnieje duża nadzieja, że przyszłe komputery kwantowe będą mogły znaleźć szerokie zastosowanie w sztucznej inteligencji oraz do przetwarzania dużych zbiorów danych. Takich danych dostarczają obserwacje satelitarne, których przetworzenie i interpretacja automatyczna stanowi duży problem nawet dla współczesnych superkomputerów. Jest to powód, dla którego duże organizacje zajmujące się badaniami kosmicznymi powołały centra badań nad obliczeniami kwantowymi. W szczególności są to NASA, ESA oraz DLR.

W niniejszym referacie zostaną zaprezentowane w skrócie ostatnie osiągnięcia z dziedziny fotointerpretacji obrazów satelitarnych z wykorzystaniem metod kwantowego uczenia maszynowego. W szczególności, omówione zostaną kwantowo-klasyczne sieci neuronowe, metody klasyfikacji oparte o jądra kwantowe oraz zastosowania adiabatycznych obliczeń kwantowych. Omówione zostaną również działania w Europie i w Polsce dotyczące tej dziedziny.



## Benchmarking Multi-Image Super-Resolution of Satellite Images

Paweł Kowaleczko <sup>1,3)</sup>, Tomasz Tarasiewicz <sup>2)</sup>, Maciej Ziąja <sup>3)</sup>, Daniel Kostrzewa <sup>2,3)</sup>, Jakub Nalepa <sup>2,3)</sup>,  
Przemysław Rokita <sup>1)</sup>, Michał Kawulok <sup>2,3)</sup>

<sup>1)</sup> Politechnika Warszawska

<sup>2)</sup> Politechnika Śląska

<sup>3)</sup> KP Labs

*pawel.kowaleczko.dokt@pw.edu.pl*

Enhancing spatial resolution of images is an important and challenging research topic in the field of computer vision. Algorithms used for this task, referred to as super-resolution (SR) reconstruction, have seen a great improvement in recent years, attributed to the use of convolutional neural networks that are extremely effective in learning the relation between low and high resolution. SR may be particularly beneficial in remote sensing, where the spatial resolution of acquired images can be easily insufficient to tackle specific Earth observation tasks. Depending on the available satellite imagery data, there are multiple possible approaches to SR, spanning across single image super-resolution (SISR), multi-image super-resolution (MISR), multispectral high resolution / hyperspectral low resolution images fusion and pansharpening. In our work, we focus mainly on the MISR approach, in which multiple satellite images acquired at different revisits are fused to produce a single image of higher resolution. However, one of the main obstacles when developing new SR models is the scarcity of training and benchmark datasets, and the difficulty of assessing the SR outcome. In this talk, we present different approaches to evaluating the SR algorithms, and we discuss two real-life benchmark datasets used for this purpose, namely PROBA-V dataset and our MuS2 dataset composed of Sentinel-2 images coupled with their high-resolution counterparts acquired by the WorldView-2 satellite. Furthermore, we outline the challenges concerned with unbiased and objective validation of SR algorithms relying on real-life image data.

## Automatyczna detekcja obiektów topograficznych na ortofotomapie z wykorzystaniem metod deep learning

Anna Bober, Justyna Araszkiewicz, Agata Wojdak

Główny Urząd Geodezji i Kartografii

*anna.bober@gugik.gov.pl, justyna.araszkiewicz@gugik.gov.pl, agata.wojdak@gugik.gov.pl*

Metody oparte o algorytmy sztucznej inteligencji są dość szeroko wprowadzane w problemach naukowych i inżynierskich od prawie dwóch dekad. W pracach dotyczących nauk o Ziemi, geoinformatyki, teledetekcji czy fotogrametrii najczęściej eksplorowanym tematem są zagadnienia dotyczące wykorzystania metod uczenia maszynowego w celu detekcji obiektów. Dane teledetekcyjne, fotogrametryczne uznawane są za obszar „big data”, a narzędzia sztucznej inteligencji, w tym uczenie maszynowe umożliwiają ich efektywne i automatyczne przetwarzanie, w tym detekcję obiektów, która z kolei znajduje szereg zastosowań w gospodarce czy obszarze militarnym. W Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii algorytmy uczenia maszynowego i detekcja obiektów wykorzystywane są m.in. do weryfikacji danych, ale w przyszłości prawdopodobnie metody te pozwolą na automatyczną aktualizację części rejestrów państwowych.

W pracy zaprezentowane będą założenia i wyniki przeprowadzonej detekcji budynków metodą głębokiego uczenia MaskRCNN (uwzględniającą kształt i obrót obiektów) na podstawie ortofotomapy dostępnej w centralnym zasobie geodezyjnym i kartograficznym.

Ponadto, przedstawione będą motywacje i założenia projektu złożonego przez Główny Urząd Geodezji i Kartografii w programie INFOSTRATEG (NCBiR) na konkursy zamawiane p.t. „Automatyczna detekcja obiektów topograficznych”.

## Software for Earth Observation: E2E Simulators, Instrument Data Simulator, Ground Prototype Processor and Performance Assessment Tool

Robert Kędzierawski, Paweł Wojtkiewicz, Natalia Lemarquis, Piotr Koza

*GMV Innovating Solutions Sp. z o.o.*

*rkedzierawski, pwojtiewicz, nlemarquis, pkoza@gmv.com.pl*

End-to-end mission performance simulators (E2ES) for Earth Observation missions, including all components, such as Instrument Data Simulator (IDS), Ground Prototype Processor (GPP) and Performance Assessment Tool (PAT), are one of the prominent tools for system modelling, design, testing and scientific validation in early mission phases. For more than 20 years GMV has been involved in a series of activities and projects aimed at modelling and simulating different types of remote sensing instruments, such as passive optical, passive microwave, active optical and active microwave. One of these activities is the ARCHEO-E2E study, which defines a Reference Architecture for E2ES.

This paper presents several main projects currently being developed in GMV Poland for various Clients: the European Space Agency (ESA), the European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) and the Airbus. Experience gained during ongoing or finalized projects and lessons learned are also presented. Among all projects in GMV Poland, the BIBLOS (<https://gmv-biblos.gmv.com/>) project deserves particular attention. In the frame of this project, a set of generic software libraries is being designed, developed, tested and validated to provide an open-source software to build a simulation chain for mission performance simulators. BIBLOS software is released under ESA licence in territory of the Member States of ESA.

## E-learning course on Time Series Analysis in Remote Sensing for Understanding Human-Environment Interactions (E-TRAINEE) – nowa perspektywa w nauczaniu

Adriana Marcinkowska-Ochtyra <sup>1)</sup>, Jana Albrechtová <sup>2)</sup>, Katharina Anders <sup>3)</sup>, Lucie Červená <sup>4)</sup>, Krzysztof Gryguc <sup>1)</sup>, Bernhard Höfle <sup>3)</sup>, Lucie Kupková <sup>4)</sup>, Zuzana Lhotáková <sup>2)</sup>, Andreas Mayr <sup>5)</sup>, Adrian Ochtyra <sup>1)</sup>, Markéta Potůčková<sup>4)</sup>, Martin Rutzinger <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Warsaw, Poland

<sup>2)</sup> Department of Experimental Plant Biology, Charles University, Prague, Czech Republic

<sup>3)</sup> Department of Applied Geoinformatics and Cartography, Charles University, Prague, Czech Republic

<sup>4)</sup> 3DGeo Research Group, Institute of Geography, Heidelberg University, Heidelberg, Germany

<sup>5)</sup> Remote Sensing & Topographic LiDAR Research Group, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria

adriana.marcinkowska@uw.edu.pl

Przetwarzanie dużych serii danych jest wyzwaniem dzisiejszych czasów. Programy obserwacji Ziemi zapewniają ogromne zbiory danych archiwizowane od kilku lat (np. Sentinel) do dekad wstecz (np. Landsat, SPOT). Dzięki coraz lepiej wspieranej polityce otwartych danych, swobodny dostęp do danych lotniczych w skali krajowej stał się rzeczywistością w kilku państwach Unii Europejskiej. Przetwarzanie serii czasowych danych teledetekcyjnych wymaga znajomości obsługi dużych zbiorów oraz zaawansowanych metod statystycznych. Istnieją rozwiązania oferujące dostęp do otwartych archiwów satelitarnych oraz przetwarzanie ich w chmurze (np. Google Earth Engine), lecz aby z nich skorzystać i udokumentować osiągniętą jakość wyników, użytkownik musi posiadać głęboką wiedzę na temat danych i stosowanych metod. Z drugiej strony usługi te nie są przystosowane do danych z innych źródeł niż określone sensory. Obecnie w programach studiów geoinformatycznych najczęściej ćwiczenia praktyczne opierają się na teledetekcyjnych danych z pojedynczych terminów, aby przedstawić m.in. specyficzne metody ekstrakcji informacji czy walidację wyników. W kontekście rosnącej cyfryzacji, *big data* i innowacyjnej edukacji naukowej kluczowa staje się znajomość metod przetwarzania serii czasowych danych o różnych skalach czasowych i przestrzennych. Przy współpracy europejskiej umożliwiającej otwartą edukację wpisuje się to w cel 4 zrównoważonego rozwoju („dobra jakość edukacji”).

Celem międzynarodowego projektu E-TRAINEE jest opracowanie e-learningowej platformy edukacyjnej, stanowiącej bazę wiedzy na temat metod przetwarzania i ekstrakcji informacji z serii czasowych danych teledetekcyjnych, a także pokazującej cały łańcuch przetwarzania danych, od ich gromadzenia po weryfikację uzyskanych wyników. Kurs składa się z czterech modułów, z których pierwszy zapewnia ogólny przegląd metod analiz serii czasowych, a pozostałe koncentrują się na zastosowaniach różnych typów danych (satelitarnych wielospektralnych, chmur punktów 3D/4D i lotniczych hiperspektralnych). Każdy moduł zawiera trzy studia przypadków z przykładami danych z różnych projektów badawczych, publikowanych na licencji Creative Commons. Przykłady dotyczą zastosowań teledetekcji w m.in. monitorowaniu roślinności (np. uszkodzenia lasów, zmiany roślinności tundry arktyczno-alpejskiej) czy cech geomorfologicznych (np. osuwiska, dynamika lodowców). Moduły będą realizowane w programach studiów magisterskich czterech uczelni partnerskich: Uniwersytetu Karola w Pradze, Uniwersytetu w Heidelbergu, Uniwersytetu w Innsbrucku i Uniwersytetu Warszawskiego, jednak kurs będzie miał charakter otwarty, i będzie opierał się na otwartych językach programowania/oprogramowaniu (np. Python, R, QGIS, EnMAP-Box), przez co może być realizowany także przez potencjalnych użytkowników z sektora publicznego i prywatnego. Pozwoli to lepiej wykorzystywać potencjał serii czasowych danych teledetekcyjnych oraz poprawić możliwości interpretacyjne w badaniach środowiska.

Praca powstała w ramach projektu E-TRAINEE - *E-learning course on Time Series Analysis in Remote Sensing for Understanding Human-Environment Interactions* (ID 2020-1-CZ01-KA203-078308) w ramach programu ERASMUS+ Partnerstwa Strategiczne, przy wsparciu sojuszu 4EU+.

## Środowisko do efektywnego przetwarzania zdjęć satelitarnych w oparciu o technologię Big Data

Juliusz Pukacki, Marcin Krystek

<sup>1)</sup> *Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe  
office@man.poznan.pl*

Na bazie zasobów obliczeniowych Poznańskiego Centrum Superkomputerowo-Sieciowego zaprojektowano i uruchomiono środowisko służące do przetwarzania zdjęć satelitarnych dużej skali. Celem tego projektu było stworzenie ekosystemu usług opartego na technologii Big Data mające na celu realizację zaawansowanych scenariuszy analitycznych opartych o dane z ogólnie dostępnych repozytoriów programu Copernicus.

Technologie które można zaliczyć do szeroko rozumianego nurtu Big Data tworzone są ze szczególnym naciskiem na efektywność przetwarzania dużych i różnorodnych wolumenów danych. Rozwijane rozwiązania wspierają składowanie i udostępnianie surowych danych (HDFS), ich efektywne indeksowanie i wyszukiwanie (Elasticsearch, Hbase, Hive), a także współbieżne przetwarzanie (Spark). Wykorzystanie tych technologii pozwoliło na efektywne zastosowanie rozproszonej i skalowalnej mocy obliczeniowej do realizacji procesów związanych z przetwarzaniem danych geoprzestrzennych. W szczególności możliwe stało się skutecznie zaadresowanie wyzwań jakie niesie za sobą wciąż rosnący wolumen dostępnych danych oraz ich różnorodność, przy jednoczesnym skróceniu czasu niezbędnego na realizację przetwarzania. Jednocześnie istniejące narzędzia implementują uznane w świecie geograficznych systemów informacyjnych standardy pozwalając na swobodną interoperacyjność z innymi usługami i narzędziami. Wykorzystanie technologii i doświadczeń z obszaru Big Data w przetwarzaniu danych geoprzestrzennych, umożliwia zatem prowadzenie wszelkiego rodzaju analiz na większą skalę niż tam możliwa przy użyciu tradycyjnych narzędzi. Dodatkowo zapewniając mechanizmy elastycznego dostosowywania wielkości środowiska obliczeniowego do aktualnego zapotrzebowania.

W obszarze danych rastrowych szczególne zastosowanie znajduje framework RasterFrames bazujący na silniku analitycznym Apache Spark. Umożliwia on w szczególności wykonywanie efektywnych analiz czasoprzestrzennych oraz operacji rastrowych z obszaru algebry map. Otwiera również możliwość zastosowania technik z obszaru uczenia maszynowego poprzez bezpośrednie wykorzystanie pakietu Apache SparkML. RasterFrames skutecznie integruje funkcjonalności dostarczane przez komponenty dedykowane szczegółowym zastosowaniom. W zakresie algebry map, operacji przecięcia danych rastrowych i wektorowych oraz efektywnego dostępu do danych źródłowych bazuje na pakiecie GeoTrellis. W obszarze danych wektorowych ich skalowalne składowanie, indeksowanie i przetwarzanie możliwe jest dzięki pakietowi GeoMesa. Dzięki wykorzystaniu technologii takich jak Apache Spark i Kafka możliwe jest zrealizowane zarówno wsadowych jak i strumieniowych scenariuszy przetwarzania. Zgodność ze standardami OGC umożliwia natomiast bezpośrednią integrację z istniejącymi usługami jak np. GeoServer.

Wykorzystanie technik Big Data w przetwarzaniu danych geoprzestrzennych pozwoliło na przekroczenie barier technologicznych wynikających z ograniczonych zasobów dyskowych i pamięciowych pojedynczych komputerów i serwerów. Możliwość horyzontalnego skalowania infrastruktury oraz oparcie implementacji na technologiach efektywnie wykorzystujących tak udostępnioną moc obliczeniową, przyczyniło się do znacznego poszerzenia skali możliwych do implementacji scenariuszy analitycznych dla danych geoprzestrzennych.

## Metodyka kontroli zdjęć lotniczych przyjmowanych do Centralnego Zasobu Geodezyjnego i Kartograficznego

Krzysztof Dworakowski, Anna Bober

Główny Urząd Geodezji i Kartografii

*krzysztof.dworakowski@gugik.gov.pl, anna.bober@gugik.gov.pl*

W dobie transformacji cyfrowej dane przestrzenne, w tym dane teledetekcyjne i fotogrametryczne stanowią istotną część infrastruktury narodowej każdego nowoczesnego państwa. Jednym z najważniejszych zadań Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii (GUGIK), jako organu odpowiedzialnego za realizację polityki państwa w zakresie geodezji i kartografii, jest dostarczanie wiarygodnych i aktualnych danych przestrzennych umożliwiających podejmowanie przejrzystych i identyfikowalnych decyzji w sprawach politycznych, gospodarczych i społecznych. Słuszność decyzji zależy od aktualnych i wiarygodnych danych geoprzestrzennych, w tym zdjęć lotniczych zasilających centralny zasób geodezyjny i kartograficzny.

W ostatnim dziesięcioleciu liczba wykonywanych rocznie zdjęć lotniczych przekazywanych do kontroli GUGIK rośnie w tempie wykładniczym, ze względu na zmiany technologiczne ale również oczekiwania i potrzeby użytkowników. Na rynku dostępne są nowe platformy lotnicze i sensory pozwalające na pozyskiwanie zdjęć z nowych pułapów lotniczych, użytkownicy oczekują coraz mniejszego rozmiaru GSD, częstszych akwizycji danych a także nowych produktów końcowych wymagających większego pokrycia, np. prawdziwej ortofotomapy (tzw. „true ortho”). Wszystkie te zagadnienia stwarzają nowe wyzwania operacyjne w zakresie weryfikacji jakości tysięcy zdjęć pozyskiwanych co roku.

W pracy przedstawione będą założenia i metodyka kontroli jakości zdjęć lotniczych zasilających centralny zasób geodezyjny i kartograficzny. W szczególności zaprezentowane zostaną metody automatyczne umożliwiające kontrolę geometrii, dokumentacji, metadanych oraz metodyka automatycznej kontroli radiometrycznej zdjęć oparta o konwolucyjne sieci neuronowe.

## Zintegrowane środowisko dostępu do danych geoprzestrzennych i algorytmów przetwarzania - platforma UP42

Klaudia Bielińska

UP42

*klaudia.bielinska@up42.com*

Realizując projekty, prowadząc badania naukowe, poszukujemy najlepszego i sprawdzonego źródła danych oraz narzędzi, które pomogą nam wydobyć istotne informacje i znaleźć odpowiedzi na postawione pytania. Bez względu na obszar, w którym wykonujemy prace, czy jest to geologia, rolnictwo czy gospodarka przestrzenna, koniecznością jest łączenie danych, pozyskanych za pomocą różnych urządzeń i sensorów na różnych pułapach. Proces wyszukiwania odpowiednich danych i dostosowania narzędzi często bywa czasochłonny.

Rozwiązaniem, które umożliwia łatwy i szybki dostęp do danych, pochodzących z wielu źródeł jest platforma UP42. Stanowi ona bogate repozytorium komercyjnych zobrazowań satelitarnych w bardzo wysokiej rozdzielczości, z oferty takich dostawców jak np. Airbus, Head Aerospace, Capella czy ICEYE. Wymienione produkty dostępne są w archiwum lub można złożyć na nie zamówienie, tak aby zostały pozyskane w konkretnym dniu na wskazanym obszarze. Ponadto w zasobie znajdują się również zobrazowania średniej i niskiej rozdzielczości - Sentinel, a także zdjęcia lotnicze oraz inne dane geoprzestrzenne, jak Numeryczne Modele Terenu.

Platforma UP42 umożliwia nie tylko dostęp do danych, ale również ich przetwarzanie za pomocą wyspecjalizowanych algorytmów, których zadaniem jest przekształcenie wartości pikseli na konkretne informacje jak np. gdzie na morzu znajdują się statki i ile ich jest, jaki jest stan zdrowotności upraw na konkretnym polu lub jakie zmiany zaszły na danym obszarze na przestrzeni czasowej.

Platforma UP42 to również pakiet narzędzi niezbędnych do eksploracji i automatyzacji procesów za pomocą interfejsu API i pakietu Python SDK, które można połączyć z własnymi aplikacjami. Ponadto platforma jest zintegrowana z oprogramowaniem ArcGIS Pro, firmy Esri. Dostęp do zasobu danych UP42 i przygotowanych projektów, możliwy jest w ArcGIS dzięki specjalnej wtyczce. Te wszystkie elementy znacząco wpływają na usprawnienie pracy.

Platforma UP42, łącząc w jednym środowisku dane i narzędzia, wspierane mocą chmury obliczeniowej stanowi nowoczesne rozwiązanie, które ułatwia i przyspiesza realizację projektów naukowych i komercyjnych.

## Wykorzystanie danych satelitarnych do szacowania usług ekosystemowych w obszarach zurbanizowanych

Andrzej Affek, Jacek Wolski

*Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
a.affek@twarda.pan.pl, j.wolski@twarda.pan.pl*

W środowisku miejskim występuje szereg zjawisk negatywnie wpływających na dobrostan ludzi. Należą do nich m.in. zanieczyszczenia chemiczne i pyłowe powietrza, gleby i wody, powódzie błyskawiczne czy miejska wyspa ciepła. Tym samym miasta są głównymi ośrodkami popytu na usługi ekosystemowe (ES – ecosystem services), zaś procesy urbanizacyjne, stanowiąc fundamentalne wyzwania dla zrównoważonego rozwoju, stwarzają jednocześnie możliwości dla nowatorskich form projektowania i zarządzania.

Głównym celem aplikacyjnym badań był wybór ES priorytetowych dla wielofunkcyjnych obszarów zurbanizowanych w różnych skalach przestrzennych oraz opracowanie opisujących je wskaźników bazujących na powszechnie dostępnych i bezpłatnych danych źródłowych. Skupiono się na usługach o charakterze regulacyjnym, które związane są z niwelowaniem negatywnych następstw urbanizacji; wskaźniki odnoszą się do potencjału, wykorzystania lub niezaspokojonego zapotrzebowania. Celem uzupełniającym była identyfikacja: (1) wspierających i osłabiających interakcji między ES (trade-offs), (2) wiązek ES cechujących się przestrzenną koincydencją (bundles) oraz (3) „gorących miejsc”, w których potencjał ES jest bardzo wysoki (hotspots).

Badania prowadzono w trzech skalach przestrzennych: krajowej, regionalnej i lokalnej. W pierwszym przypadku wskaźniki policzono dla 20 miejskich obszarów funkcjonalnych o statusie obszarów metropolitalnych (powyżej 250 tys. mieszkańców). Obliczenia prowadzono dla tzw. miejskiego centrum (urban centre), otoczenia stanowiącego strefę dojazdów do pracy (commuting zone) oraz całego obszaru metropolitalnego. W skali regionalnej wskaźniki policzono dla wszystkich 18 dzielnic Warszawy i/lub dla 143 obszarów Miejskiego Systemu Informacji, zaś w skali lokalnej polami podstawowymi dla ocen ES były 32 jednostki struktury funkcjonalnej miasta (zgodnie z ewidencją Urzędu Miasta st. Warszawy). Do analiz kartograficznych wykorzystano przede wszystkim mapy opracowane przez Europejską Agencję Środowiska w ramach programu monitoringu Ziemi Copernicus na podstawie zobrażeń satelity Sentinel-2 z lat 2017-2020. Najbardziej pomocne, zwłaszcza w ocenie wykorzystania drzew do regulacji składu chemicznego atmosfery, obiegu wody oraz temperatury i wilgotności powietrza, były warstwy wysokorozdzielcze (10 × 10 m), w tym Tree Cover Density 2018, Dominant Leaf Type 2018, Leaf Area Index 2017 oraz Imperviousness Density 2018. Do zaprezentowania możliwości wiązania CO<sub>2</sub> z atmosfery wykorzystano warstwy przedstawiające całkowitą produkcję pierwotną brutto w ciągu roku (Total Productivity – season 1 + season 2), wyrażoną przez wskaźnik fenologii roślin (plant phenology index). Innego podejścia wymagała analiza powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła, do której wykorzystano zobrażenia multispektralne zarejestrowane przez satelitę Landsat 8 (Landsat Collection 2 Level-1, USGS). Scena 170 × 185 km składała się z 11 geokodowanych plików rastrowych, przy czym do analiz posłużył przede wszystkim kanał termalny B10 (100 × 100 m) oraz pomocniczo kanały B4 i B5 (30 × 30 m). Większość obliczeń wykonano za pomocą algebry rastrow (ArcGIS 10.2). Wykorzystane dane satelitarne okazały się materiałem predestynowanym do mapowania ES w obszarach zurbanizowanych, cechujących się drobnopowierzchniową mozaiką struktury i funkcji.

Prezentowane wyniki powstały w ramach projektu „Usługi świadczone przez główne typy ekosystemów w Polsce - Podejście stosowane”, koordynowanego przez Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu i współfinansowanego z Mechanizmu Finansowego EOG 2014-2021.



## Uchwycić nieuchwytnie - wykorzystanie danych teledetekcyjnych dla rozpoznania kulturowych usług ekosystemowych dostarczanych przez miejskie tereny zieleni

Edyta Woźniak <sup>1)</sup>, Ewa Gromny <sup>1)</sup>, Sylwia Kulczyk <sup>2)</sup>, Marta Derek <sup>2)</sup>, Tomasz Grzyb <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk*

<sup>2)</sup> *Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski*

Kulturowe usługi ekosystemowe (Cultural Ecosystem Services CES) powstają w wyniku złożonych relacji między człowiekiem a środowiskiem. W konsekwencji zarówno nauki przyrodnicze, jak i społeczne opracowały różnorodne metody ich identyfikacji i oceny. To, co należy postrzegać, jako bogactwo naukowe, w wielu przypadkach jawi się raczej, jako pole bitwy pomiędzy podejściem społecznym i ekologicznym. W niniejszej prezentacji twierdzimy, że połączenie obu perspektyw pozwala na bardziej szczegółowe zrozumienie czynników, które wpływają na tworzenie i dostarczanie CES, a w szczególności wrażeń estetycznych doznawanych w miejskich terenach zieleni.

Badanie ma na celu zidentyfikowanie i skartowanie estetycznych usług ekosystemowych publicznych terenów zieleni w Warszawie. Ocena atrakcyjności krajobrazu jest powszechnie dokonywana na podstawie mapy pokrycia terenu przy użyciu wskaźnika Shannon's Diversity Index (SHDI). W tej pracy zaś wykorzystano dane LiDAR-owe i spektralne do opisu środowiskowych podstaw CES. Na tej podstawie skartowano i skwantyfikowano elementy terenów zieleni (drzewa, krzewy, mała infrastruktura itp.) oraz ich charakterystykę (np. wysokość drzew, zagęszczenie krzewów, kolorystykę roślinności, itp.). Przeprowadzona inwentaryzacja pozwoliła na opracowanie wielowymiarowych wskaźników X-D opisujących zróżnicowanie krajobrazowe terenów zielonych. Następnie, użytkownicy terenów zielonych ocenili ich wartości estetyczne w trakcie badań przeprowadzonych metodą kartowania partycypacyjnego. Uczestnicy zostali poproszeni o zrobienie zdjęć najatrakcyjniejszych scenarii badanych terenów zielonych oraz wybranie 10-ciu najpiękniejszych miejsc. Na koniec oba zestawy danych zostały porównane w celu sprawdzenia, jaki jest związek między wskaźnikami krajobrazowymi a społeczną wizualną oceną miejskiego środowiska przyrodniczego.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wielowymiarowe wskaźniki obliczone na podstawie danych LiDAR-owych i spektralnych były lepiej skorelowane z ocenami wartości estetycznych krajobrazu niż tradycyjny wskaźnik SHDI. Wykazano, że kolorystyka krajobrazu ma większe znaczenie dla użytkowników niż jego struktura.

## Mapowanie zasięgu pożarów w różnych ekosystemach na podstawie danych Sentinel 2

Alicja Rynkiewicz, Agata Hościło, Aneta Lewandowska

*Institut Geodezji i Kartografii, Centrum Geomatyki Stosowanej*  
*alicia.rynkiewicz@igik.edu.pl, agat.hoscilo@igik.edu.pl, aneta.lewandowska@igik.edu.pl*

Coraz częściej występujące pożary roślinności, szczególnie lasów, wpływają istotnie na ekosystem, powodując przykładowo erozję gleby, emitując gazy cieplarniane do atmosfery, jak również zagrażając życiu ludzi i zwierząt. Pożary roślinności, a szczególnie lasów nie są zjawiskiem nowym, jednakże w ostatnich latach liczba pożarów i ich intensywność znacząco wzrosły. Dlatego istotne jest zarówno wykrywanie pożarów, monitorowanie ich rozprzestrzeniania się, jak również analiza zagrożeń i strat spowodowanych pożarami. W trakcie wystąpienia zaprezentowana zostanie automatyczna metoda określania zasięgu pożarów opracowana na podstawie analizy danych z misji Sentinel-2 z wykorzystaniem platformy Google Earth Engine (GEE). Metoda określania zasięgu pożarów oparta jest na analizie wskaźników spektralnych oraz algorytmach uczenia maszynowego. Zaprezentowane zostaną wyniki mapowania obszarów spalonych w strefie umiarkowanej na przykładzie Polski i Ukrainy, w strefie roślinności śródziemnomorskiej (Grecja) i podbiegunowej (Syberia).

## Wykorzystanie danych satelitarnych ze skanera MSI w badaniach ekosystemów morskich stref przybrzeżnych

Mirosław Darecki

*Instytut Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie  
darecki@iopan.pl*

Skanery satelitarne pracujące w widzialnym zakresie widma elektromagnetycznego, umieszczone na pokładach satelitów badawczych, szczególnie tych dedykowanych obserwacjom środowiska morskiego, już od wielu lat są ważnym narzędziem do badania mórz i oceanów, pozwalającym na kompleksowe śledzenie wielu zachodzących w nich procesów. Szczególnie w przypadku obserwacji coraz intensywniej zachodzących zmian klimatycznych w skali globalnej, są obecnie jednym z podstawowych narzędzi badawczych, jedynym które umożliwia określenie wielu istotnych parametrów środowiskowych dla wszystkich mórz i oceanów w ciągu jednego lub dwóch dni.

O ile rozdzielczość przestrzenna tych obecnie już ‘klasycznych’, morskich radiometrów, określona zwykle w przedziale 300 - 1000m, jest wystarczająca do obserwacji zjawisk zachodzących w skali makro, o tyle zwykle była niewystarczająca do śledzenia wielu procesów zachodzących w strefie przybrzeżnej, wymagających znacznie wyższej rozdzielczości przestrzennej. To ograniczenie zostało znacząco zmniejszone dopiero w ostatnich latach, za sprawą skanera MSI, umieszczonego na satelitach Sentinel 2, charakteryzującego się wysoką czułością, wymaganą w satelitarnych badaniach morza, i zwiększoną rozdzielczością przestrzenną (od 10 do 20m), wystarczającą do monitorowania wielu parametrów środowiska morskiego strefy przybrzeżnej i nie tylko. W referacie zaprezentowane zostaną przykłady takich aplikacji, wykorzystujących właśnie dane uzyskane za pomocą skanera MSI. Wśród nich przedstawione zostaną badania wpływu akwakultur morskich na wybrane parametry środowiska wodnego, co potencjalnie pozwala na monitorowanie ich aktywności biologicznej za pomocą danych z tego skanera satelitarnego.

## Wykorzystanie radarowych zdjęć satelitarnych Sentinel-1 do detekcji łodzi żaglowych w regionie Wielkich Jezior Mazurskich na potrzeby monitoringu rekreacyjnych usług ekosystemowych

Marek Ruciński <sup>1)</sup>, Edyta Woźniak <sup>1)</sup>, Sylwia Kulczyk <sup>2)</sup>, Marta Derek <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Centrum Badań Kosmicznych PAN

<sup>2)</sup> Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski

Rekreacyjne usługi ekosystemowe (Recreational Ecosystem Services RES) mają kluczowe znaczenie dla dobrostanu ludzi. Kulturowe usługi ekosystemowe, w tym RES, mają charakter terytorialny. Oznacza to, że powstają i są dostarczane tylko wtedy, gdy następuje bezpośredni kontakt ludzi z naturą. Dlatego też, z jednej strony przyczyniają się one do rozwoju ekonomicznego regionów, z drugiej zaś rekreacja na świeżym powietrzu może stanowić zagrożenie dla przyrody. Dla osiągnięcia długoterminowego zrównoważonego rozwoju regionów atrakcyjnych turystycznie konieczna jest prawidłowa eksploatacja zasobów naturalnych oparta na wiedzy o rozkładzie przestrzennym i przebiegu czasowym zjawiska rekreacji.

Woda jest jednym z najważniejszych zasobów rekreacyjnych i jest wykorzystywana na wiele sposobów. Niniejsze opracowanie dotyczy monitoringu żeglarstwa. Tradycyjne metody monitorowania rekreacyjnych aktywności wodnych, takie jak statystyka publiczna czy ankiety, dają ogólny wgląd w zjawisko w skali regionalnej, ale są zbyt ogólne, by mogły być pomocne w skali lokalnej. Dlatego też istnieje pilna potrzeba rozwoju nowych narzędzi.

Głównym celem pracy było opracowanie automatycznej metody wykrywania łodzi na radarowych zdjęciach satelitarnych Sentinel-1. Zaproponowana metoda wykorzystuje algorytmy progowania adaptacyjnego do kartowania łodzi. Algorytmy te oparte są na lokalnej i regionalnej analizie rozproszenia wstecznego sygnału radarowego oraz morfologii matematycznej. Stworzono narzędzia do w pełni automatycznego pobierania i przetwarzania zdjęć oraz pozyskiwania informacji o rozkładzie przestrzennych łodzi żaglowych, które umożliwiają analizę dużych zestawów danych. Do określenia dokładności metody posłużyły dwa rodzaje danych referencyjnych: 1) punkty wskazujące łodzie i wodę będące wynikiem interpretacji wizualnej zdjęć, 2) model rozkładu przestrzennego gęstości łodzi żaglowych opracowany na podstawie obserwacji terenowych. W przypadku walidacji wykonanej przy użyciu zestawu punktów, całkowita dokładność rozpoznania łódek wynosi 87,87% (kappa 0,75). Modele rozkładów przestrzennych gęstości łodzi wykonanych na podstawie analizy radarowej i obserwacji terenowych są skorelowane na poziomie 0,69.

Opracowane rozwiązania metodyczne i programistyczne wykorzystano do analizy zmian rozkładu przestrzennego i czasowego łodzi sezonach turystycznych 2015-2021 w regionie Wielkich Jezior Mazurskich.

## Wykorzystanie technik teledetekcyjnych i GIS w badaniach przestrzennych uwarunkowań przepływu rekreacyjnych usług ekosystemowych w krajobrazie nadrzecznym

Tomasz Grzyb

*Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski  
t.grzyb@uw.edu.pl*

Przyroda na obszarach miejskich jest jednym z istotnych czynników podnoszenia jakości życia mieszkańców. Szczególne znaczenie mają krajobrazy nadrzeczne, których charakter jest wynikiem zarówno naturalnych procesów, jak i działalności człowieka. Oprócz podtrzymywania bioróżnorodności oraz pełnienia funkcji regulacyjnych w miejskim systemie społeczno-przyrodniczym, obszary nadrzeczne są jednym z najważniejszych miejsc przepływu rekreacyjnych usług ekosystemowych –korzyści dla psychicznego i fizycznego dobrostanu człowieka odczuwanych podczas spędzania czasu w bezpośrednim kontakcie z przyrodą.

W wystąpieniu zostaną zaprezentowane wyniki badań nad przestrzennymi uwarunkowaniami popytu na rekreacyjne usługi ekosystemowe w warszawskim krajobrazie nadrzecznym. Dane przestrzenne dotyczące preferencji rekreacyjnych mieszkańców Warszawy (n=462) pozyskano podczas kartowania partycypacyjnego z użyciem platformy Maptionnaire. W nawiązaniu do koncepcji mozaiki krajobrazowej, katalog zmiennych wyjaśniających objął uwarunkowania związane zarówno z „kontekstem” krajobrazu nadrzecznego (osadzenie odwiedzanego miejsca w ogólnej strukturze miasta), jak i jego „treścią” (przyrodnicze i społeczne funkcje o oddziaływaniu lokalnym). Szczególny nacisk położono na łączenie technik GIS i teledetekcyjnych przy opracowywaniu wybranych wskaźników obrazujących „treść” krajobrazu nadrzecznego. We wskaźniku dostępności wewnętrznej obszaru powiązано gęstość ciągów komunikacyjnych (dane topograficzne) oraz gęstość roślinności o wysokości 0,4-2 m (przetworzone dane z chmury punktów lidarowych). Na podstawie Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu wykonano analizę stożków widokowych miejsc i tras wskazanych przez respondentów, a następnie opracowano wskaźnik zróżnicowania krajobrazowego wykorzystując liczbę widocznych klas pokrycia terenu w każdym ze stożków. W celu wyodrębnienia istotnych czynników warunkujących prawdopodobieństwo wystąpienia wybranych aktywności rekreacyjnych opracowano modele binarnej regresji logistycznej. Uzyskane rezultaty wskazują na silne zróżnicowanie aktywności pod kątem warunkujących je czynników przestrzennych, a także na większe znaczenie „kontekstu” odwiedzanego miejsca niż jego „treści”. Najlepszym dopasowaniem cechują się modele wyjaśniające popyt na aktywności związane bezpośrednio z rzeką oraz interakcje społeczne, natomiast uwarunkowania przestrzenne nie wpływają istotnie na preferencje spacerowiczów. W dalszych badaniach pożądane jest uwzględnienie innych uwarunkowań rekreacji na terenach nadrzecznych, jak cechy użytkowników krajobrazu nadrzecznego lub występowanie krótkotrwałych zmian w krajobrazie (np. zmienność pogody).

## Kartowanie Typów Funkcjonalnych Ekosystemów w Afryce Środkowej z wykorzystaniem danych radarowych Sentinel-1

Małgorzata Jenerowicz-Sanikowska <sup>1)</sup>, Edyta Woźniak <sup>1)</sup>, Ewa Gromny <sup>1)</sup>, Cristina Domingo-Marimon <sup>2)</sup>,  
Anna Foks-Ryznar <sup>1)</sup>, Marek Ruciński <sup>1)</sup>, Michał Krupiński <sup>1)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz <sup>1)</sup>,  
Lluís Pesquer Mayos <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Centrum Badań Kosmicznych, Polskiej Akademii Nauk

<sup>2)</sup> Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals

Wczesne wykrywanie zmian zachodzących w ekosystemie jest kluczowe dla dokładnego monitorowania jego stanu, skutecznej ochrony i właściwego zarządzania. Standardowe klasyfikacje strukturalne ekosystemów oparte na takich atrybutach jak pionowe zróżnicowanie roślinności czy skład gatunkowy nie są jednak wystarczająco czułe, aby zidentyfikować wpływ działalności człowieka i zmian klimatycznych na ekosystem. Dlatego potrzebne jest podejście pozwalające na szybką identyfikację zmian w procesach życiowych roślinności oparte na funkcjonalnych cechach ekosystemów, które uwzględnia zakłócenia w obiegu węgla, energii i wody. Typy Funkcjonalne Ekosystemów (EFT - ang. Ecosystem Functional Types) są obecnie najczęściej kartowane przy użyciu wskaźników roślinności, głównie NDVI lub EVI, obliczonych na podstawie danych optycznych. Jednakże w często zachmurzonych regionach dostępność bezchmurnych danych optycznych jest ograniczona, co prawie uniemożliwia uzyskanie wiarygodnego rocznego profilu roślinności i atrybutów EFT: produktywności, sezonowości i fenologii. W przedstawianym badaniu oceniono alternatywną technikę kartowania EFT przy użyciu obrazów z radaru z syntetyczną aperturą (SAR) Sentinel-1. W celu ustalenia korelacji pomiędzy danymi radarowymi i optycznymi najpierw porównano szeregi czasowe obrazów rozpraszania wstecznego w polaryzacjach VH i VV z szeregami czasowymi wskaźnika NDVI obliczonego z danych optycznych Sentinel-2 dla dwóch lat na wybranym obszarze zlokalizowanym w Afryce Środkowej. Analiza obejmowała wyselekcjonowane pod względem braku zachmurzenia zbiory obszarów reprezentatywnych dla czterech głównych klas roślinności użytkowania i pokrycia terenu (LU/LC - ang. Land Use/Land Cover) - tereny zadrzewione, roślinność krzewiasta, roślinność trawiasta i tereny rolne. Wyniki pokazują, że zarówno polaryzacja VH jak i VV są wysoko skorelowane z NDVI. Współczynnik korelacji Pearsona waha się odpowiednio od 0,68 do 0,97 i 0,73 do 0,96 w zależności od klasy LU/LC. Następnie dla jednego sezonu wegetacyjnego (sierpień 2020 - lipiec 2021) przy użyciu platformy Google Earth Engine obliczono dwie mapy EFT obejmujące obszar obozu dla uchodźców Mtendeli i jego najbliższe otoczenie – pierwszą w oparciu o zdjęcia optyczne Sentinel-2 i drugą bazującą na zdjęciach radarowych Sentinel-1. Wyniki Sentinel-2 porównano dodatkowo z 16-dniowym produktem MODIS. Uzyskano dobrą zgodność pomiędzy mapami EFT uzyskanymi z danych optycznych i radarowych. Zaproponowana metoda jest obiecującym rozwiązaniem dla uzyskania ciągłej serii czasowej map EFT w pochmurnych obszarach tropikalnych, która pozwoli na stworzenie systemu wczesnego ostrzegania przed degradacją ekosystemu.

Analizy zostały wsparte przez program badań i innowacji Unii Europejskiej Horizon 2020 w ramach projektu EOTIST, umowa o dofinansowanie nr 952111 oraz program Norway Grants POLNOR2019 współfinansowany z budżetu państwa Badania Stosowane w ramach projektu ARICA, umowa o dofinansowanie nr NOR/POLNOR/ARICA/0022/2019-00.

## Potencjał danych teledetekcyjnych dla rozpoznania i oceny usług ekosystemowych

Małgorzata Stępniewska <sup>1)</sup>, Mariusz Sojka <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Zakład Geografii Kompleksowej; malgorzata.stepniewska@amu.edu.pl,*

<sup>2)</sup> *Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej, Pracownia Geoinformacji i Teledetekcji; mariusz.sojka@up.poznan.pl*

Ograniczona skuteczność tradycyjnych instrumentów zarządzania środowiskiem spowodowała gwałtowny rozwój koncepcji usług ekosystemowych, opierającej się rozpoznaniu wymiernych korzyści dla człowieka wynikających z funkcjonowania układów przyrodniczych. Rozpoznanie usług ekosystemowych dostarcza informacji przestrzennej dla komunikacji i dyskusji różnych zainteresowanych stron przy rozstrzyganiu dylematów przyrodniczych, społecznych i ekonomicznych związanych z korzystaniem ze środowiska. W dokumentach strategicznych Unii Europejskiej usługi ekosystemowe są już standardowo ujmowane; w ślad za tym idzie ich wprowadzanie do systemów prawnych krajów członkowskich UE.

Wyzwaniem dla operacjonalizacji koncepcji usług ekosystemowych jest fakt, że zainteresowane podmioty oczekują bardzo precyzyjnych i przestrzennie jednoznacznych informacji. Jednak szczegółowe dane często nie są dostępne, a ich gromadzenie i przetwarzanie jest kosztowne. W rezultacie wiele decyzji zarządczych podejmowanych jest na podstawie danych o przeciętnej i niskiej jakości, nie dostarczających solidnych podstaw do diagnozy stanu, prognozy przyszłości i programowania działań.

Odpowiedzią na deficyt danych źródłowych dla przestrzennego rozpoznania stanu ekosystemów i ich usług mogą być dane teledetekcyjne. Wysoki potencjał w tym zakresie mają udostępniane nieodpłatnie zobrażenia satelitarne pochodzące z programu Landsat prowadzonego przez Narodową Agencję Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (NASA) oraz programu Copernicus w ramach misji Sentinel-2 prowadzonego przez Komisję Europejską przy współpracy z Europejską Agencją Kosmiczną (ESA). W ramach misji Sentinel-2 dostarczane są wielospektralne zobrażenia w zakresie promieniowania widzialnego (VIS), czerwieni krawędziowej (RE) oraz bliskiej i średniej podczerwieni (NIR, SWIR). W ramach programu Landsat dodatkowo rejestrowana jest podczerwień termalna (TIRS). Powyższe dane umożliwiają obliczanie wskaźników teledetekcyjnych dla oceny stanu ekosystemów oraz rodzaju i poziomu dostarczanych przez nie usług ekosystemowych. Pewne ograniczenie może stanowić w przypadku zobrażeń Landsat i Sentinael-2 rozdzielczość przestrzenna, która dla promieniowania VIS wynosi odpowiednio 30 i 10 m. Rozwiązanie tego problemu można uzyskać wykorzystując zobrażenia satelitarne wysokiej i bardzo wysokiej rozdzielczości przestrzennej rejestrowane przez satelity SPOT, RapidEye, PlanetScope, Gaofen-1, IKONOS-2, QuickBird, WorldView i CARTOSAT-3. W przypadku tych satelitów dane rejestrowane są tylko w zakresie VIS i NIR, w pojedynczych przypadkach RE, co znacznie ogranicza możliwość obliczania wskaźników teledetekcyjnych, a tym samym ocenę usług ekosystemowych. Innym rozwiązaniem może być wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych (UAV) wyposażanych w kamery spektralne pozwalające na rejestrowanie wysokorozdzielczych danych w zakresie VIS, NIR, RE, a także w zakresie termowizji radiometrycznej. Tego typu rozwiązania pozwalają na ocenę usług ekosystemowych na obszarach o dużym zróżnicowaniu pokrycia terenu.

## Zastosowanie lotniczych zobrazowań hiperspektralnych do identyfikacji wybranych inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin

Anita Sabat-Tomala, Edwin Raczko, Bogdan Zagajewski

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Geomatyki i Systemów Informacyjnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji  
anita.sabat@uw.edu.pl*

Rozprzestrzenianie się inwazyjnych i ekspansywnych gatunków roślin stanowi zagrożenie dla bioróżnorodności oraz powoduje wiele strat ekologicznych i ekonomicznych. Aby zapobiegać negatywnym skutkom tego procesu należy identyfikować i usuwać te rośliny we wczesnych fazach inwazji. Zastosowanie nowoczesnych technik teledetekcji hiperspektralnej pozwala na zdalną identyfikację zbiorowisk roślinnych na dużych obszarach i ograniczenie czasochłonnych badań terenowych.

Głównym celem badań było opracowanie i weryfikacja teledetekcyjnej metody identyfikacji wybranych gatunków roślin inwazyjnych tj. nawłóć – *Solidago* spp. i łubin trwały – *Lupinus polyphyllus* oraz ekspansywnych tj. jeżyna – *Rubus* spp. i trzcinnik piaskowy – *Calamagrostis epigejos* z wykorzystaniem lotniczych obrazów hiperspektralnych HySpex. Aplikacyjnym celem pracy było opracowanie map rozmieszczenia powyższych gatunków roślin na wybranych obszarach Natura 2000 wraz z podaniem dokładności identyfikacji. W pracy przetestowano zestawy danych rastrowych składające się z oryginalnych kanałów spektralnych i z różnej liczby kanałów transformacji Minimum Noise Fraction (MNF). Klasyfikacje przeprowadzono w trzech terminach 2016 roku wykorzystując algorytmy Random Forest i Support Vector Machines. Zastosowano iteracyjną metodę treningu klasyfikatorów i oceny dokładności, aby obiektywnie porównać otrzymane wyniki. Do przygotowania końcowych map wykorzystano zestawy 100 iteracji klasyfikacji. Najpierw zliczono wystąpienia gatunków w poszczególnych pikselach zobrazowań, a następnie nadano progi powstałym obrazom częstości.

Analizy wykazały, że optymalnym rozwiązaniem jest wykorzystanie około 30 kanałów transformacji MNF zamiast pełnego zestawu kanałów spektralnych. Ostateczne mapy, uzyskane za pomocą obu klasyfikatorów, miały wysokie dokładności (F1 dla gatunków powyżej 0,87). Opracowana metoda ma duży potencjał i może być z powodzeniem stosowana do monitoringu siedlisk przyrodniczych zagrożonych przez inwazyjne gatunki obce.



## Spatial variation analysis of chlorophyll concentration using Sentinel-3 OLCI Imagery in the Bay of Bengal along the shores of the Chennai district, India

Karishma Kaushik, Jaroslaw Zawadzki

*Warsaw University of Technology, Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering  
kkaushik007@gmail.com, jaroslaw.zawadzki@pw.edu.pl*

In the present time, marine pollution occurring due to anthropogenic activities and global climate change is one of the most concerning environmental issues related to the degradation of the marine ecosystem. As it not only affects the marine ecosystem but also impacts a human being. There are several parameters which can be measured using satellites to provide an in depth observation of marine pollution and changes occurring in ocean, sea, rivers with time. Author has chosen chlorophyll detection of a specific marine area in the Bay of Bengal sea in the current study.

The Bay of Bengal covers around 2.172 million square kilometers of area, across India, Bangladesh, and Myanmar, with great river deltas like river Ganga and Brahmaputra. The present study aimed to determine the distribution pattern of chlorophyll concentrations as a factor of phytoplankton abundance in the selected area of Chennai District, and its spatial variability.

Also, the study aimed to evaluate the potential of Sentinel-3 Ocean and Land Color Instrument (OLCI) satellite data for monitoring algal blooms. It's a satellite from the ESA Copernicus group. Chlorophyll-a (Chlorophyll) related products were tested and monitored for the entire year 2018) using the plug-in with SNAP tool, which assessed for their ability to estimate chlorophyll concentration.

The results showed that the concentration of chlorophyll was able to relate to the phytoplankton blooms in the study area. The areas with massive phytoplankton blooms showed high chlorophyll values ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). The radiance spectrum with a MERIS heritage wavelength shows quite high reflectance values. Simultaneously, bands 11,8,6,4 provided the best results. Also, the analysis of chlorophyll made on the basis of Sentinel-3A OLCI satellite images could be used for detection, tracking, and delineating phytoplankton blooms in a given area.

The techniques used in this study will be useful in enhancing the ability to track chlorophyll concentration in marine coastal areas and will also help local coastal aquaculture operators, and fishing purposes to receive timely and accurate information that can be scientifically and commercially of great importance. This study demonstrated that the new satellite sensors, OLCI, can play a significant role in the monitoring of chlorophyll concentration in a large area.

## Jak wykorzystać nieużytki w walce ze zmianami klimatu?

Michał Krupiński <sup>1)</sup>, Marek Ruciński <sup>1)</sup>, Marta Milczarek <sup>1)</sup>, Ewa Gromny <sup>1)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz <sup>1)</sup>, Edyta Woźniak <sup>1)</sup>, Charalampos Georgiadis <sup>2)</sup>, Vasileios Tsioukas <sup>2)</sup>, Maria Tassopoulou <sup>2)</sup>, Natalia Verde <sup>2)</sup>, Anastasios Stamnas <sup>2)</sup>, Zoi Touloudi <sup>2)</sup>, Georgios Spanos <sup>2)</sup>, Jesús Torralba Pérez <sup>3)</sup>, Juan Pedro Carbonell Rivera <sup>3)</sup>, Pablo Crespo Peremarch <sup>3)</sup>, Francisco Gallego <sup>4)</sup>, Fernando Bezares <sup>4)</sup>, Rodrigo Gómez <sup>4)</sup>, Laura Martín <sup>4)</sup>, Alfonso Abad <sup>4)</sup>, Lampros Papalampros <sup>5)</sup>, Nikolaos Gounaris <sup>5)</sup>, Eleftherios Mystakidis <sup>5)</sup>, Anna Argyroudi <sup>5)</sup>, Loukaki Gkoutara <sup>5)</sup>, Archontoula Sakellariou <sup>5)</sup>, Ino Vasileia Korompoki <sup>5)</sup>, Dzhaner Emin <sup>6)</sup>, Simonas Garšva <sup>6)</sup>, Ashwini Trivedi <sup>6)</sup>, Bettina Felten <sup>6)</sup>, Abdulrashid Hassan <sup>6)</sup>, Rewanth Ravindran <sup>6)</sup>, Mateus Mendes <sup>6)</sup>, Ragasree Polepally <sup>6)</sup>, Elisa Bender <sup>6)</sup>, Samuel Nyarko <sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> *Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk*

<sup>2)</sup> *Aristotle University of Thessaloniki*

<sup>3)</sup> *Universitat Politècnica de València*

<sup>4)</sup> *Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León*

<sup>5)</sup> *Gounaris N. - Kontos K. OE (HOMEOTECH)*

<sup>6)</sup> *Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft MBH*

*mkrupinski@cbk.waw.pl*

Sekwestracja dwutlenku węgla, a więc jego wychwycenie i zdeponowanie, jest jedną z metod na ograniczenie ilości CO<sub>2</sub> w atmosferze. Zalesianie przyczynia się do zwiększenia potencjału sekwestracyjnego danego obszaru. W ramach projektu europejskiego MaiL (program Horyzont 2020), przeprowadzono kompleksową analizę potencjału sekwestracyjnego obszarów nieużytków, znajdujących się w Europie.

Na podstawie analizy literatury, baz danych i definicji obszarów nieużytków, opracowano metodę pozwalającą na stworzenie map zasięgu przestrzennego nieużytków. W kolejnym kroku, bazując na właściwościach tych obszarów, dokonano podziału na 3 klasy określające potencjał sekwestracyjny nieużytków.

Opracowane mapy pozwoliły na stworzenie zestawu narzędzi wykorzystywanych między innymi do symulacji zalesień o zadanych parametrach, określenia jak wpłyną one na pochłanianie CO<sub>2</sub> oraz oszacowanie kosztu podjętych działań.

## Monitorowanie lasów miejskich Krakowa z wykorzystaniem wskaźników krajobrazowych na podstawie wieloczasowych danych teledetekcyjnych

Karolina Zięba-Kulawik <sup>1,2)</sup>, Piotr Wężyk <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> *Luxembourg Institute of Socio-Economic Research (LISER)*

<sup>2)</sup> *Wydział Leśny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*  
*karolina.zieba@urk.edu.pl, piotr.wczyk@urk.edu.pl*

Miasto jest mozaiką różnych ekosystemów, które poprzez postępującą urbanizację ulegają licznym przekształceniom strukturalnym i funkcjonalnym. Dotychczasowe badania ekosystemów miejskich skupiały się głównie na wykorzystaniu wskaźników krajobrazowych (ang. landscape metrics; LM) w odniesieniu do przestrzeni dwuwymiarowej (2-D), analizując łączności ekologiczną.

W niniejszym opracowaniu zaproponowano podejście trójwymiarowe (3-D) w celu monitorowania lasów miejskich (ang. urban forest; UF) w Krakowie z wykorzystaniem wskaźników krajobrazowych na podstawie wieloczasowych i wieloźródłowych danych teledetekcyjnych. Do przygotowania map UF 2D i 3D wykorzystano chmury punktów pochodzące z lotniczego skanowania laserowego (ALS) pozyskane dla miasta Kraków w latach: 2006 (UMK), 2012 (ISOK) i 2017 (CAPAP), wysokorozdzielcze zobrazenia satelitarne (ang. Very High Resolution; VHR) oraz lotnicze ortofotomapy cyfrowe pozyskane z datą zbliżoną do danych LiDAR.

Klasyfikację roślinności (niskiej, średniej, wysokiej) wykonano przy użyciu analizy obiektowej obrazu (ang. Geographic Object-Based Image Analysis; GEOBIA) na podstawie zobrażeń: IKONOS-2 (SpaceImaging; 2005), QuickBird-2 (DigitalGlobe; 2006), WorldView-2 (DigitalGlobe; 2014) oraz ortofotomapy lotniczej CIR (2017). Objętość UF oszacowano za pomocą podejścia opartego na woksłach (ang. volumetric picture element, voxel) bazując na chmurach punktów ALS LiDAR (~12 pts/m<sup>2</sup>). Następnie wybrano odpowiednie wskaźniki krajobrazowe (NP, AREA\_MN, CONTIG\_MN, LPI, PARA\_MN, SPLIT, MESH, PD, DIVISION, LSI) w celu ilościowego określenia różnic pomiędzy strukturami roślinności uzyskanymi w podejściu 2-D i 3-D oraz wykrycia zmian w krajobrazie miejskim.

Wyniki pokazały, że obszary pokryte niską roślinnością zmniejszyły się z powodu ekspansji terenów zabudowanych, podczas gdy obszary ze średnią i wysoką roślinnością wzrosły w Krakowie w latach 2006, 2012 i 2017. Wykazaliśmy, że brak informacji o pionowych cechach roślinności, czyli analiza zieleni 2-D, prowadzi do przeszacowania łączności krajobrazowej. W klasach roślinności 3-D zaobserwowano, że najlepiej połączona była roślinność niska, następnie wysoka, natomiast roślinność średnia była rozproszona w przestrzeni miasta. Wyniki te są szczególnie istotne dla środowiska miejskiego, gdzie rozmieszczenie terenów zielonych ma kluczowe znaczenie dla świadczenia usług ekosystemowych.

## Ewapotranspiracja terenów bagiennych. Wybrane wyniki pomiarów z zastosowaniem metody kowariancyjnej i obserwacji satelitarnych (Sentinel 2)

Mariusz Siedlecki, Włodzimierz Pawlak, Krzysztof Fortuniak

*Uniwersytet Łódzki, Zakład Meteorologii i Klimatologii  
mariusz.siedlecki@geo.uni.lodz.pl*

Jednym z czynników mających bezpośredni wpływ na ewapotranspirację obszarów bagiennych jest stan roślinności. Najczęściej jest on charakteryzowany przez wysokość roślin oraz stan ulistnienia. Wielkość liści decyduje o powierzchni transpirującej a tym samym bezpośrednio wpływa na charakterystykę tzw. oporu powierzchni. Jest to bardzo istotny element (jednocześnie trudny do zmierzenia) stosowany w procedurze wyznaczania ewapotranspiracji metodą Penmana-Monteitha. Jednym ze sposobów określenia stanu roślinności i oporu powierzchniowego powierzchni parującej jest pomiar ulistnienia określany wskaźnikiem LAI.

W metodzie kowariancji wirów pionowy strumień turbulencyjny pary wodnej obliczony jest jako kowariancja pomiędzy fluktuacją pionowej prędkości wiatru i fluktuacji wilgotności właściwej. Wyniki pomiarów ewapotranspiracji z wykorzystaniem metody kowariancyjnej porównano z wynikami uzyskanymi na podstawie szeroko stosowanej metody Penmana-Monteitha. W metodzie tej pionowy, turbulencyjny strumień pary wodnej wyznacza się na podstawie szeregu parametrów meteorologicznych (bilans radiacyjny, strumień ciepła w gruncie, prężność pary wodnej w stanie nasycenia, aktualna prężność pary wodnej) a także charakterystyki stanu roślinności określanego na podstawie wskaźnika LAI. Zmienność sezonową wartości wskaźnika LAI uzyskano z obserwacji satelitarnych Sentinel 2 dla lat 2019-2021.

Wyniki pomiarów pokazują bezpośredni związek pomierzonych wartości wskaźnika LAI i wielkości ewapotranspiracji terenów bagiennych. Najwyższe wartości wskaźnika LAI notowane są w lipcu i sierpniu. W tym okresie notowane są najwyższe wartości ewapotranspiracji. Porównanie sum dobowych ewapotranspiracji pokazuje, że wyniki uzyskane z zastosowania metody Penmana-Monteitha są o około 20% niższe od tych uzyskanych z pomiarów kowariancyjnych. Najwyższe różnice zaznaczają się w sezonie wiosennym.

## Teledetekcyjne monitorowanie drzewostanów na pożarzysku w Kuźni Raciborskiej z wykorzystaniem serii czasowych zdjęć satelitarnych i chmur punktów ALS LiDAR

Artur W. Golasz, Piotr Wężyk

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, Wydział Leśny,  
Katedra Zarządzania Zasobami Leśnymi  
artur.golasz@student.urk.pl*

Najtragiczniejszym rokiem w historii polskiego leśnictwa był rok 1992. Wtedy to długotrwała susza połączona z wysokimi temperaturami sprawiły, że wybuchł jeden z największych pożarów lasów w historii powojennej Polski jak i Europy, który miał miejsce w pobliżu Kuźni Raciborskiej. Spłonęło wówczas ponad 9 tys. ha lasu.

Teren badań znajdował się na obszarze dawnego pożarzyska w Kuźni Raciborskiej, a szczegółowe analizy skupiły się na 52 (318,15 ha) pododdziałach wyselekcjonowanych na podstawie cech: wiek 25-29 lat, gatunek główny sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris* L.), udział 90-100%, siedlisko: bór mieszany świeży. W celu określenia dynamiki zmian kondycji zdrowotnej drzewostanów na terenie dawnego pożarzyska wykorzystano znormalizowany zróżnicowany wskaźnik roślinności (NDVI) generowany na podstawie zobrażeń satelitarnych Landsat NASA i Sentinel-2 ESA. W okresie 1993-2021 zaobserwowano wahania wartości tego wskaźnika. Zobrazowania satelitarne zarejestrowane 9 miesięcy po pożarze wykazały, iż średnia wartość NDVI analizowanych pododdziałów wynosiła zaledwie 0,08 (brak pokrywy roślinnej). Wartości NDVI wzrastały do 2013 roku osiągając wartość 0,80. W okresie obserwowanej suszy (lata 2015-2018) stwierdzono spadek wartości NDVI do poziomu 0,73. Sceny satelitarne z 2021 r. wykazały, iż średnia wartość wskaźnika NDVI wzrosła do 0,80 i była tylko nieznacznie mniejsza (0,03) od wartości notowanych w pododdziałach referencyjnych leżących w różnych częściach Polski. Dodatkowo wydzielenia podzielono na cztery klasy, ze względu na wartość NDVI (I klasa, NDVI 0,860-0,810, II klasa NDVI 0,809-0,759, III klasa NDVI 0,758-0,708, IV klasa NDVI 0,707-0,657). W roku 2013 powierzchnia klasy I wyniosła 36,61 ha, klasy II 164,38 ha, a klasy III 23,44 ha (IV klasy nie zaobserwowano), z kolei w ostatnim okresie analizowanym (2021.09.09) powierzchnia klasy I i II wyraźnie wzrosła i wyniosła odpowiednio 104,50 ha oraz 208,47 ha, w klasie III znalazło się jedno wydzielenie (5,18 ha; klasy IV nie zaobserwowano).

Do oceny dynamiki przyrostu na wysokość oraz zwarcia poziomego wykorzystano chmury punktów ALS LiDAR pozyskane w latach: 2011 (ISOK) oraz 2019 (CAPAP), które charakteryzowały się gęstością 4 pkt/m<sup>2</sup>. Średnia wysokość analizowanych drzewostanów została określona na podstawie 95 percentyla wysokości (FUSION) i wynosiła 7,45 m w 2011 roku oraz 12,08 m w 2019 roku. Przyrost roczny wysokości sosen w okresie 8 lat wyniósł średnio 58 cm i był mniejszy o 2 cm od drzew rosnących w pododdziałach referencyjnych.

Zwarcie badanych drzewostanów określono za pomocą narzędzia Cover programu FUSION i podzielono na cztery klasy (klasa 1: >0,50; 2: 0,51-0,66; 3: 0,67-0,90; 4: 0,91-1,00). W roku 2011 średnie zwarcie wyniosło niemal 90% i do roku 2019 zwiększyło się o 3,37 pkt. procentowego do poziomu 92,98%.

Teledetekcja wykazuje ogromne możliwości w monitorowaniu dynamiki zmian kondycji drzewostanów na obszarach pokłeskowych w szczególności do badania tempa odnawiania lasu na pożarzysku.

## Remote Sensing to prevent floods in Sudan

Mahmoud E. Ahmed

*Warsaw University of Technology, Faculty of Building Services, Hydro and Environmental Engineering  
mahmoud\_elmuatsim.ahmed.stud@pw.edu.pl*

Floods are the most common sort of natural catastrophe, occurring when an overflow of water submerges normally dry ground. The Republic of Sudan is subjected to catastrophic floods on a yearly basis. Floods this year caused the death of 136 people and injured 120 more as of September 18. This study examined the usage of a remote sensing technique for early detection of floods. Remote sensing imagery is very effective in simulating flood occurrences across broad catchment regions. Costs were also analyzed to better formulate the effectiveness of the technique by taking a real-life scenario and averages. Results of the analysis proved that early detection by remote sensing is more financially beneficial than dealing with the aftermath of the floods. Finally, this study represents outlines of future research and applications potentials in the field of remote sensing in the Republic of Sudan.

## Środowiskowe czynniki wpływające na częstość pożarów w wysokich szerokościach geograficznych

Antonello Provenzale<sup>1)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz<sup>2)</sup>, Edyta Woźniak<sup>2)</sup>, Alice Baronetti<sup>1)</sup>, Anna Foks-Ryznar<sup>2)</sup>, Marta Magnani<sup>1)</sup>, Marta Milczarek<sup>2)</sup>, Marek Ruciński<sup>2)</sup>, Gabriele Vissio<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Istituto di Geoscienze e Georisorse, Consiglio Nazionale delle Ricerche*

<sup>2)</sup> *Space Research Centre of the Polish Academy of Sciences*  
*saleksandrowicz@cbk.waw.pl*

Pożary odgrywają ważną rolę w kształtowaniu wzorców krajobrazu oraz struktury, funkcji i usług ekosystemów. Pożary bezpośrednio zakłócają krajobraz, wpływając na roślinność i zmieniając fizyczne i chemiczne właściwości gleby. Oczekuje się, że w przyszłości w wyniku zmiany klimatu zwiększy się zasięg i nasilenie pożarów lasów. Wysokie szerokości geograficzne, a w szczególności Syberia, należą do regionów, które zgodnie z przewidywaniami będą najbardziej dotknięte wpływem rosnących temperatur. Z tego powodu ważne jest, aby zidentyfikować relacje między warunkami środowiskowymi a reżimami pożarów. W pracy omówiono empiryczne zależności, pomiędzy zmiennymi klimatycznymi a liczbą pożarów oraz ich zasięgiem przestrzennym. Do opisu zmiennych środowiskowych wykorzystywane zostały różne źródła danych teledetekcyjnych takie jak dane MODIS: Land Surface Temperature (MOD11A2), Vegetation Indices (MOD13A1), Evapotranspiration (MOD16A2). Występowanie oraz zasięg przestrzenny pożarów określony został na podstawie serii czasowej zdjęć MODIS dla lat 2000 – 2021 z wykorzystaniem półautomatycznego algorytmu do mapowania pożarów, który pozwolił na uzyskanie dokładniejszych map pożarzystych niż standardowe produkty MODIS. Analizowany obszar testowy charakteryzuje się pokryciem terenu takim jak: lasy, łąki oraz torfowiska. Pozwoliło to na zbadanie korelacji pomiędzy częstością występowania pożarów a typem roślinności występującej na danym obszarze.

Zaproponowane badania mogą wspierać rozwój modeli opartych na danych (ang. data-driven models) służących do przewidywania reżimów pożarów, ewolucji krajobrazu i zmian usług ekosystemowych.

## Wpływ podziemnej eksploatacji na powierzchnię terenu na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego na podstawie archiwalnych i najnowszych danych InSAR

Maria Przyłucka, Zbigniew Kowalski

*Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy  
maria.przylucka@pgi.gov.pl*

W pracy przedstawiono wyniki monitoringu osiadań terenu na obszarze górniczym Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW) za pomocą satelitarnej interferometrii radarowej. Badany obszar liczy prawie trzy miliony mieszkańców, a górnictwo, które rozpoczęło się w XIX wieku, spowodowało poważne szkody w budynkach i infrastrukturze miejskiej. Analiza dzieli się na dwa okresy: 1992-2012 oraz 2015-2020. Opracowanie dla pierwszego okresu przedstawia wyniki pomiarów osiadań na podstawie połączonych ośmiu różnych zbiorów danych, przetworzonych w dwóch technikach i pochodzących z różnych sensorów (ERS, Envisat, ALOS oraz TerraSAR-X). Łącznie wykorzystano 81 interferogramów oraz pięć zbiorów danych punktowych PSI. Opracowanie dla drugiego okresu zawiera analizę danych z satelity Sentinel-1 i obejmuje 138 interferogramów oraz zestaw PSI przetworzony dla tego samego okresu, w którym wykorzystano łącznie 260 scen. W efekcie uzyskano mapę obszarów narażonych na osiadanie obejmującą łącznie 3045 km<sup>2</sup>. Interferogramy pozwoliły nie tylko określić granice niecek obniżeniowych, ale również obserwować ich rozwój w czasie. Przetwarzania PSI posłużyły natomiast do wyznaczenia stref osiadania szczątkowego. Dzięki zbiorom danych InSAR wyznaczono obszar 600 kilometrów kwadratowych znajdujący się pod wpływem działalności górniczej. Badanie połączonych różnych zbiorów danych InSAR dostarczyło wielkoobszarowych i długoterminowych informacji o wpływie działalności górniczej. Praca pokazuje ogromną zaletę metod zdalnego monitoringu, jaką jest możliwość wykazania długofalowego oddziaływania na środowisko. Wykorzystanie zarówno historycznych, jak i najnowszych danych pozwoliło na kompleksową analizę zmian na powierzchni terenu zachodzących obecnie i w przeszłości.



## Wykorzystanie danych Sentinel-1 do analizy ruchów spowodowanych trzęsieniem ziemi oraz modelowania parametrów wstrząsu

Magdalena Łucka, Wojciech Witkowski

*Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
magdalena.lucka@agh.edu.pl, wwitkow@agh.edu.pl*

Trzęsienia ziemi niosą ze sobą katastrofalne skutki, takie jak zniszczenia budynków czy nawet całych miast. W przypadku silnych wstrząsów można zaobserwować skutki trzęsienia ziemi w postaci deformacji powierzchni terenu. Z uwagi na dużą skalę ruchów oraz tempo ich pojawiania się, skutki wstrząsów i trzęsień ziemi są trudne do obserwowania za pomocą klasycznych technik pomiarowych. Ocena skali stanu deformacji może być wykonana z wykorzystaniem technik teledetekcyjnych, w szczególności satelitarnych zobrażeń radarowych, takich jak dostarczane przez satelity misji Sentinel-1.

24 sierpnia 2016 r. we Włoszech, w okolicach styku rejonów Umbria, Lacjum, Abruzzo oraz Marche doszło do serii wstrząsów tektonicznych o maksymalnej magnitudzie dochodzącej do 6,4. W celu zbadania zmian powierzchni terenu spowodowanych przez to trzęsienie ziemi, wykorzystano dane pochodzące z satelitów Sentinel-1. Za pomocą metody satelitarnej interferometrii różnicowej (DInSAR) określono kierunkowe wartości ruchów powierzchni terenu (ang. Line Of Sight – LOS) dla orbity zstępującej oraz wstępującej. Ponadto wykonano dekompozycję przemieszczeń na ruch pionowy oraz przemieszczenia poziome na kierunku wschód-zachód. Dzięki temu określono rozkład pola przemieszczeń związany z zaistniałym zjawiskiem. Przeanalizowane dane wskazują, że doszło do obniżenia terenu o wartościach do 18 cm. Wyraźnie widoczny jest również podział pola przemieszczeń poziomych. Zachodnia część obszaru przemieszczeń przesunęła się w kierunku wschodnim, a część wschodnia niecki w kierunku zachodnim. Rejon wystąpienia wstrząsów znajduje się w strefie uskokowej, stąd analiza występujących w tym rejonie ruchów, a także wsteczne modelowanie wstrząsów jest ważne ze względu na możliwość lepszego zrozumienia mechanizmu powstawania trzęsienia ziemi w danym regionie. Z tego względu dane o przemieszczeniach LOS pozyskane za pomocą metody DInSAR, wykorzystano dodatkowo do wstecznego modelowania parametrów wstrząsu za pomocą programu GBIS. Wykorzystując model Mogi określono współrzędne płaskie X,Y hipocentrum wstrząsu, głębokość jego wystąpienia oraz zmianę objętości.

## Teledetekcja w badaniach muraw wysokogórskich

Marlena Kycko <sup>1)</sup>, Bogdan Zagajewski <sup>1)</sup>, Tomasz Zwijacz-Kozica <sup>2)</sup>, Marcin Kluczek <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Katedra Geomatyki i Systemów Informacyjnych, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski, marlenakycko@uw.edu.pl, bogdan@uw.edu.pl, m.kluczek@uw.edu.pl,

<sup>2)</sup> Tatrzański Park Narodowy, tzwijacz@tpn.pl,

W środowisku wysokogórskim głównymi czynnikami stresogennymi dla roślin są m.in. zbyt duże natężenie światła, ograniczenia w dostępie do wody, zmienne warunki atmosferyczne czy wydeptywanie spowodowane wzmożonym ruchem turystycznym. Zbyt duże natężenie czynnika stresowego powoduje nieodwracalne zmiany komórkowe prowadzące niekiedy do śmierci komórki roślinnej. Badania w sposób nieinwazyjny można przeprowadzić za pomocą metod teledetekcji oraz fluorescencji. Przeprowadzone dotychczas badania terenowe na obszarze Kasprowego Wierchu, Beskidu i Czerwonych Wierchów (Kycko i in., 2014, 2017, 2018, 2019) pozwoliły wybrać istotne zakresy spektralne różnicujące w sposób statystyczny stan badanych gatunków spowodowany wydeptywaniem a także różnice między gatunkami. Opracowano metodykę z zastosowaniem teledetekcyjnych wskaźników roślinności, a także parametrów fluorescencji, która obrazuje stan aparatu fotosyntetycznego oraz dynamikę przebiegu procesów fotosyntezy. Stosowane metody statystyczne pozwoliły na odniesienie wniosków oraz metodyki opracowanej na danych terenowych na pułap pozyskania informacji teledetekcyjnej – lotniczy i satelitarny. W tym celu wykorzystano zobrazowanie hiperspektralne HySpex pozyskane z 2019 i 2020 roku oraz dane wielospektralne Sentinel-2 pozyskane tego samego dnia. Przeprowadzone przetworzenia i analizy obu zobrazowań pozwoliły na ocenę stanu roślinności muraw wysokogórskich w danym okresie na danych o rozdzielczości odpowiednio 2 oraz 10 metrowej. Analizę stanu muraw wysokogórskich wykonano w buforach od szlaku turystycznego. Poddano analizie następujące wskaźniki teledetekcyjne opisujące: (a) ogólny stan – wskaźnik ARVI, NMDI, (b) zawartość i stan chlorofilu – wskaźnik RARSA, GI, (c) ilość światła wykorzystanego w procesie fotosyntezy – wskaźnik SIPI, PRI, (d) ilość azotu – wskaźnik NDNI, (e) ilość suchej masy w roślinie – wskaźnik PSRI, CAI, (f) zawartość wody w roślinności wskaźnik WBI, NDWI, a także istotne, wyselekcjonowane podczas badań terenowych zakresy spektrum obrazujące zawartość chlorofilu w roślinie oraz pozostałych barwników fotosyntetycznie czynnych (446-506, 511-519, 569-573, 623-695, 706-707 nm), opisujące struktury komórkowe (857-996 nm) oraz ilość wody i pierwiastków budulcowych (1360-1364, 1388-1557, 1801-2500 nm). Badania wykazały istotne statystycznie różnice w wartościach wskaźników w zależności od stosowanych buforów w odległości od szlaku. Analiza pozwoliła także na zaobserwowanie jak zmienia się obszar zwarcia pokrywy roślinnej przy szlaku. Stan roślinności znajdującej się do 5 metrów od szlaków oceniono jako dobry, jednak czynnik stresowy w postaci wydeptywania znacznie obniża kondycję roślinności i zwarcie jej pokrywy. Analiza z użyciem danych ogólnodostępnych Sentinel-2 pozwala na stały, wieloczasowy monitoring pokrywy muraw wysokogórskich.

## Zastosowanie algorytmu monitorowania zmian roślinności na podstawie progów i trendów (Threshold and trend-based vegetation change monitoring algorithm, TVCMA) w badaniu uszkodzeń roślinności na przykładzie Tatr

Adrian Ochtyra, Adriana Marcinkowska-Ochtyra, Edwin Raczeko

Department of Geoinformatics, Cartography and Remote Sensing, University of Warsaw, Warsaw, Poland  
adrian.ochtyra@uw.edu.pl

Mnogość aktualnych i archiwalnych danych teledetekcyjnych zachęca do opracowywania coraz nowszych algorytmów wykrywania zmian w środowisku. Wiele z istniejących już algorytmów dotyczy roślinności, głównie leśnej, często wymagają one wprowadzenia wielu parametrów wejściowych i pozwalają na wykrywanie nagłych uszkodzeń drzewostanów, pomijając zmiany stopniowe. Celem badania było opracowanie nowego algorytmu monitorowania zmian roślinności na podstawie progów i trendów (*Threshold- and trend-based vegetation change monitoring algorithm, TVCMA*), który pozwala wykrywać nagłe i stopniowe zmiany roślinności leśnej jak i nieleśnej. Do przetestowania algorytmu jako obszar badawczy wybrano Tatry polskie i słowackie w granicach parków narodowych, gdzie głównymi przyczynami uszkodzeń roślinności są silne wiatry i gradacje kornika drukarza (*Ips typographus L.*). Jako dane wejściowe wykorzystano serię czasową wskaźników roślinności obliczonych na danych satelitarnych Landsat (od 1984 do 2016 roku, interwał serii wynosił jeden rok). Ze względu na zakres czasowy objęty analizą wykorzystano sceny ze skanerów Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) i Operational Land Imager (OLI). Łącznie wykorzystano 51, które posłużyły do opracowania kompozycji czasowych dla wybranych lat lub jako pojedyncze obrazy z danego roku.

Na potrzeby pracy zebrano dane terenowe, które obejmowały pomiary zawartości chlorofilu, wskaźnika powierzchni projekcyjnej liści, ilości energii absorbowanej na potrzeby fotosyntezy oraz charakterystyki spektralne roślinności nieleśnej, kosodrzewiny i drzewostanów na 190 powierzchniach badawczych. Wyniki pomiarów terenowych wykorzystano w celu wybrania wskaźników roślinności najbardziej odpowiednich do wykrywania jej uszkodzeń. Zbadano korelację pomiędzy wartościami 10 wskaźników obliczonych na danych satelitarnych a wynikami pomiarów terenowych. Na podstawie tej analizy do dalszych testów wybrano 7 wskaźników, z których najlepsze rezultaty detekcji uszkodzeń uzyskano dla wskaźnika *Normalized Difference Moisture Index* (NDMI). NDMI okazał się najbardziej wrażliwy na uszkodzenia roślinności, a zarazem odporny na szum w danych w porównaniu do pozostałych testowanych wskaźników.

Opracowany algorytm TVCMA wykorzystuje dwa oddzielne podejścia: progowanie, które wskazuje, gdzie i kiedy wystąpiły zakłócenia, oraz analizę regresji, która przedstawia ogólny trend w serii czasowej dla każdego piksela. Za jego pomocą obliczono liczbę wykrytych obszarów uszkodzeń roślinności, współczynnik korelacji Spearmana między modelowaną linią trendu a obserwacjami satelitarnymi oraz wartości p. Przetestowano różne wartości progowe, aby zidentyfikować wartość, która pozwoliła uzyskać najdokładniejsze wyniki. Na podstawie 200 losowo wybranych punktów weryfikacyjnych uzyskano 83,3% dokładności producenta oraz 46,3% dokładności użytkownika dla uszkodzeń i 97,8% dokładności całkowitej. Wyniki te potwierdzają potencjał algorytmu TVCMA do monitorowania nagłych i stopniowych zmian roślinności. Ponadto, prostota algorytmu sprawia, że jest on możliwy do przeprowadzania analiz wieloczasowych innych typów danych satelitarnych, np. Sentinel-2.

Źródło: Ochtyra, A., Marcinkowska-Ochtyra, A., Raczeko, E., 2020, Threshold-and trend-based vegetation change monitoring algorithm based on the inter-annual multi-temporal normalized difference moisture index series: A case study of the Tatra Mountains. *Remote Sensing of Environment*, 249, 112026

## Analiza przesuszenia torfowisk w Borach Tucholskich z wykorzystaniem wielosensorowych danych lotniczych

Martyna Wietecha<sup>1)</sup>, Dominik Kopec<sup>1,2)</sup>, Justyna Wylazłowska<sup>1)</sup>, Agata Zakrzewska<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *MGGP Aero Sp. z o.omwietechna@mggpaero.com, jwylazlowska@mggpaero.com*

<sup>2)</sup> *Katedra Biogeografii, Paleoekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Uniwersytet Łódzki; dominik.kopec@biol.uni.lodz.pl, agata.zakrzewska@biol.uni.lodz.pl*

Postępujące zmiany klimatyczne powodują, że torfowiska należą dzisiaj do jednych z najsilniej zagrożonych ekosystemów w skali świata. Zanikanie torfowisk oraz dynamiczne i niekorzystne zmiany ich szaty roślinnej są dzisiaj obserwowane również w Polsce. Jednym z cenniejszych w naszym kraju obszarów torfowiskowych są Bory Tucholskie. W 2022 roku na terenie dwóch nadleśnictw należących do RDLP Toruń – Woziwoda i Tuchola, przeprowadzono pilotażowe badania, których celem było porównanie skuteczności różnych teledetekcyjnych metod identyfikacji przesuszenia torfowisk. Przyjęto bowiem, że opracowanie skutecznej, szybkiej i obiektywnej metody rozpoznawania tego zagrożenia jest jednym z ważniejszych wyzwań współczesnej ochrony przyrody. Analizę porównawczą prowadzono z wykorzystaniem danych lotniczych pozyskanych dla obszaru 101 km<sup>2</sup>. W ramach badań porównano informacyjność danych hiperspektralnych (pozyskanych w zakresie 400-2500 nm i o rozdzielczości przestrzennej równej 1 m), danych termalnych (pozyskanych w zakresie 3,6-4,9 μm i o rozdzielczości przestrzennej równej 1 m) oraz skanowania laserowego (gęstość skanowania 8,5 pkt/m<sup>2</sup>). Synchronicznie z pozyskiwaniem danych lotniczych w terenie założono poligony referencyjne, wskazujące płaty torfowisk w różnym stanie przesuszenia. Posłużyły one do walidacji uzyskanych wyników i porównania skuteczność poszczególnych metod.

Prace prowadzone były w ramach projektu „Ochrona cennych ekosystemów Borów Tucholskich” realizowanego przez Nadleśnictwo Woziwoda w partnerstwie z Nadleśnictwem Tuchola, Uniwersytetem Adama Mickiewicza w Poznaniu oraz NINA (Norwegian Institute for Nature Research). Celem projektu jest poprawa stanu środowiskowego ekosystemów Borów Tucholskich. Projekt realizowany jest ze znacznym dofinansowaniem otrzymanym od Islandii, Liechtensteinu i Norwegii w ramach funduszy EOG oraz ze środków budżetu państwa.

## Wpływ zmienności warunków wzrostu pokrywy roślinnej spowodowanej zmianami klimatycznymi na pochłanianie dwutlenku węgla w świetle informacji z współczesnych satelitów – badania na obszarze torfowisk Biebrzy

Katarzyna Dąbrowska-Zielińska, Patryk Grzybowski, Radosław Gurdak, Alicja Malińska Marcin Kluczek, Maciej Bartold

*Instytut Geodezji i Kartografii Centrum Teledetekcji  
katarzyna.dabrowska-zielinska@igik.edu.pl*

Intensywność procesu fotosyntezy, mierzona jest ilością pochłoniętego dwutlenku węgla odniesioną do jednostki powierzchni liści i do jednostki czasu, wyrażonych w jednostkach  $\mu\text{moleCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Jednocześnie z pobieraniem dwutlenku węgla w procesie fotosyntezy zachodzi wydzielanie dwutlenku węgla w procesie oddychania. W procesie fotosyntezy rośliny wytwarzają biomasę. Ilość pochłanianego dwutlenku węgla zależy od wielu czynników w tym natężenia radiacji w zakresie fotosyntezy oraz od typu roślinności jej kondycji i warunków wilgotności ekosystemu oraz warunków bilansu wodnego.

Centrum Teledetekcji Instytutu Geodezji i Kartografii prowadziło badania nad zbudowaniem modeli wykorzystujących dane satelitarne Sentinel 1, 2, 3 do wykazania w jakich warunkach rośliny mogą maksymalnie pochłaniać dwutlenek węgla. Badania przeprowadzono w dolinie Biebrzy. Wykonano pomiary przepływu strumieni węgla metodą komorową oraz metodą kowariancji wirów. Pomiary in-situ pozwoliły na weryfikację modeli. Badania mają duże znaczenie szczególnie wobec zmian klimatu, zwiększenia dwutlenku węgla w atmosferze, zmianach użytkowania, powodujących zmniejszenie możliwości pochłaniania dwutlenku węgla przez rośliny. Wyprowadzone modele wykazują w jakich warunkach rośliny pochłaniają najwięcej dwutlenku węgla i jak dane satelitarne mogą odegrać dużą rolę w obliczeniach pochłaniania dwutlenku węgla przez rośliny.

## Wieloparametryczne monitorowanie środowiska z wykorzystaniem obserwacji satelitarnych i naziemnych

Piotr Struzik <sup>1)</sup>, Małgorzata Kępińska-Kasprzak <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, Kraków

<sup>2)</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, Poznań

[piotr.struzik@imgw.pl](mailto:piotr.struzik@imgw.pl), [malgorzata.kepinska-kasprzak@imgw.pl](mailto:malgorzata.kepinska-kasprzak@imgw.pl)

Koniec XX i początek XXI wieku przyniósł wzrost natężenia i częstości występowania zjawisk ekstremalnych, zarówno w skali globalnej jak i lokalnej. Również w Polsce obserwujemy zmiany szeregu elementów meteorologicznych, mające początek w latach 80. XX wieku i świadczące o zmianie klimatu. Na skutek alarmujących raportów klimatologów o postępującej zmianie klimatu, ostatnie lata przyniosły wzmożone zainteresowanie nowymi technologiami, pozwalającymi na monitorowanie tych zjawisk i budowę systemów wczesnego ostrzegania przed ich często katastrofalnymi skutkami. Istniejące sieci pomiarowo-obszaryjne, choć najbardziej dokładne i niezbędne dla monitoringu środowiska, z natury rzeczy dostarczają wyłącznie punktowych informacji. W wielu przypadkach, szczególnie dla analiz przestrzennych, informacje takie wymagają uzupełnienia danymi pochodzącymi z innych źródeł.

Dysponowanie przez IMGW-PIB danymi satelitarnymi na temat rozkładu przestrzennego różnych elementów środowiskowych umożliwiło ich wykorzystanie do opracowania nowej, nie stosowanej do chwili obecnej w naszym kraju, metodyki monitorowania klimatu zarówno w skali całej Polski jak i w skali lokalnego. Metodyka ta, oparta na równoczesnym wykorzystaniu danych z obserwacji naziemnych i satelitarnych, pozwala na śledzenie przebiegu bieżących charakterystyk meteorologicznych obserwowanych na styku atmosfery i biosfery, zarówno w układzie administracyjnym jak i w granicach jednostek fizyczno-geograficznych, z możliwie najwyższą rozdzielczością przestrzenną. Uzyskiwane informacje są wykorzystywane w IMGW-PIB w analizach przestrzennych wskaźników meteorologiczno-hydrologicznych dla m.in. dla celów osłony hydrologicznej w procesie monitorowania obszarów zalanych i podtopionych czy też w agrometeorologii, dostarczając szeregu informacji niezbędnych w procesie podejmowania decyzji w nowoczesnym rolnictwie. Zebrane dane i wskaźniki, uzupełniane bieżącymi informacjami, mogą również wspomagać jednostki administracji państwowej różnego szczebla w analizach stanu środowiska i tworzeniu rozwiązań adaptacyjnych do skutków zmian klimatu.

W referacie zostanie przedstawiony sposób monitorowania środowiska w oparciu o szereg parametrów: nasłonecznienie, ewapotranspiracja aktualna, ewapotranspiracja referencyjna, wilgotność gleby w 3 warstwach, zachmurzenie, występowanie burz, współczynnik hydrotermiczny Sieliana, klimatyczny bilans wodny, produkcja pierwotna brutto, stopień zaspokojenia potrzeb wodnych roślin uprawnych oraz obserwacje fenologiczne. Wskazane parametry, oparte na danych satelitarnych i naziemnych, stanowią produkty EUMETSAT Land-SAF i H-SAF oraz produkty IMGW-PIB. Na podstawie ich aktualnych wartości oraz anomalii względem wartości średnich z wielolecia możemy ocenić aktualny stan biosfery wynikający z naturalnych procesów meteorologicznych oraz określić obszary objęte znaczącymi anomaliami.

## Geoportal jako kompleksowe narzędzie do analizy zasięgu, zmian i potencjału nieużytków w procesie sekwestracji CO<sub>2</sub>

Michał Krupiński <sup>1)</sup>, Marek Ruciński <sup>1)</sup>, Marta Milczarek <sup>1)</sup>, Ewa Gromny <sup>1)</sup>, Sebastian Aleksandrowicz <sup>1)</sup>, Jesús Torralba Pérez <sup>2)</sup>, Fernando Bezares Sanfelip <sup>3)</sup>, Pablo Crespo Peremarch <sup>2)</sup>, Zoi Touloudi <sup>4)</sup>, Georgios Spanos <sup>4)</sup>, Dzhaner Emin <sup>5)</sup>, Eleftherios Mystakidis <sup>6)</sup>, Francisco Gallego <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> *Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk*

<sup>2)</sup> *Universitat Politècnica de València*

<sup>3)</sup> *Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León*

<sup>4)</sup> *Aristotle University of Thessaloniki*

<sup>5)</sup> *Industrieanlagen-Betriebsgesellschaft MBH*

<sup>6)</sup> *Goumaris N. - Kontos K. OE (HOMEOTECH)*

*mkrupinski@cbk.waw.pl*

W ramach projektu MaiL analizowane było zagadnienie potencjału sekwestracyjnego obszarów nieużytków w Europie. Wśród geoporzeźrzenych wyników projektu znalazły się nie tylko rastrowe produkty mapowe, ale również narzędzia, które pozwalają na interaktywne przetwarzanie i analizę wyników.

W celu stworzenia kompleksowego narzędzia, które jednocześnie umożliwia przeglądanie zdjęć, map, a także wykonywanie obliczeń bez potrzeby instalowania dodatkowego specjalistycznego oprogramowania, wybrano platformę Google Earth Engine.

Opracowane narzędzia podzielono na dwie główne grupy tematyczne. Pierwsza z nich związana jest z identyfikacją obszarów nieużytków i zawiera funkcje do wyboru klas pokrycia i użytkowania terenu do wykluczenia z analiz, wybór parametrów wpływających na wyznaczenie obszarów nieużytków czy ich podział na klasy przydatności. Drugi zestaw narzędzi stanowi system wspierania decyzji w procesie zalesiania. Pozwala na wybór odpowiednich gatunków drzew, obliczenie ilości pochłoniętego węgla, a także kalkulator kosztów związanych z procesem zalesiania.

**Czy teledetekcja jest realnie użyteczna i wykorzystywana w lokalnej administracji?  
Czyli o teledetekcji w realizacji zadań podstawowych jednostek samorządu  
terytorialnego w okresie 2021-2022 r.**

Karol Berłowski

*Oddział Teledetekcji Polskiego Towarzystwa Geograficznego  
karol.berlowski@gmail.com*

Na naszą najbliższą przestrzeń codziennie wpływa ‘niewidzialna ręka’ lokalnej administracji. Organizacja transportu publicznego, utrzymanie w dobrym stanie dróg i chodników, infrastruktura, zieleń, ochrona środowiska, sprawy edukacji publicznej, ochrona zdrowia, bezpieczeństwo, to przykłady zagadnień którymi zajmują się podstawowe jednostki samorządu terytorialnego czyli gminy. Sprawy mogą dotyczyć całego terenu gminy lub fragmentu pojedynczej działki ewidencyjnej. Urzędy w gminach potrzebują do działania wiarygodnych informacji przestrzennych. W efekcie lokalnych i ogólnokrajowych projektów fotolotniczych, dostępności zobrażeń satelitarnych, dostępności zobrażeń z dronów, urzędy mają coraz więcej możliwości wykorzystywania obrazowych danych przestrzennych. Jednocześnie sposób działania urzędów jest ściśle regulowany przepisami. Skierowano zapytanie do ponad 2000 polskich gmin (miejskich i wiejskich) w jakich czynnościach wykorzystywały takie dane, w okresie 01.01.2021-30.09.2022. W referacie zostaną przedstawione uzyskane informacje.



## Projekt GAUSS – generowanie inteligentnych statystyk dotyczących jakości środowiska przyrodniczego na terenie gmin w Polsce

Ewa Panek<sup>1)</sup>, Evangelos Gerasopoulos<sup>2)</sup>, Katarzyna Dąbrowska-Zielińska<sup>1)</sup>, Ali Nadir Arslan<sup>3)</sup>,  
Orestis Speyer<sup>2)</sup>, Phillip Harwood<sup>4)</sup>, Anna Burzykowska<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> *Centrum Teledetekcji, Instytut Geodezji i Kartografii, Warszawa, Polska*

<sup>2)</sup> *National Observatory of Athens (NOA), Ateny, Grecja*

<sup>3)</sup> *Finnish Meteorological Institute (FMI), Finlandia*

<sup>4)</sup> *Evenflow, Bruksela*

<sup>5)</sup> *Europejska Agencja Kosmiczna (ESA)*

*ewa.panek@igik.edu.pl*

GAUSS (Generating Advanced Usage of Earth Observation for Smart Statistics) jest to 18-miesięczny projekt finansowany przez Europejską Agencję Kosmiczną (numer kontraktu: 4000136038/21/I/BG), prowadzony przez Narodowe Obserwatorium w Atenach (NOA) we współpracy z Fińskim Instytutem Meteorologii (FMI), Instytutem Geodezji i Kartografii w Warszawie (IGiK) oraz firmą Evenflow z siedzibą w Brukseli. Jego celem jest zaprezentowanie możliwości wykorzystania danych satelitarnych w statystyce publicznej w zakresie monitorowania jakości środowiska przyrodniczego poprzez wyznaczenie wskaźników: jakości powietrza, zasobów wodnych, pokrywy śnieżnej oraz zasięgu i kondycji terenów zielonych w poszczególnych jednostkach administracyjnych. Dzięki ścisłej współpracy konsorcjum z Głównym Urzędem Statystycznym, możliwe jest przedstawienie perspektyw wykorzystania danych satelitarnych do dalszego rozwoju krajowej statystyki w aspektach wykraczających poza zakres tego projektu.

Projekt GAUSS ma na celu opracowanie metodyki wykorzystania danych satelitarnych w stworzeniu nowych wskaźników jakości środowiska przyrodniczego, które mają wpływ na dobrostan człowieka. Narodowe Obserwatorium w Atenach, wykorzystując zobrażenia Sentinel-5P, Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS) oraz dane

z czujników lokalnych (AQ) opracowuje metodykę pozyskiwania parametrów wskazujących na zanieczyszczenia atmosferyczne na poziomie lokalnych jednostek administracyjnych. Fiński Instytut Meteorologii, wykorzystując dane z programu Copernicus wskaże możliwość monitorowania pokrywy śnieżnej oraz oceny suszy hydrologicznej.

Instytut Geodezji i Kartografii, na podstawie danych satelitarnych (Sentinel-2), produktów pochodzących z programu Copernicus oraz reanaliz klimatycznych przygotowuje procedurę oceny jakości oraz zasięgu terenów zielonych na poziomie lokalnych jednostek, co jest kluczowym elementem w ocenie dobrostanu jednostki w danej gminie. Ponadto, Instytut przeprowadzi fuzję modeli dotyczących jakości powietrza, suszy hydrologicznej oraz pokrywy śnieżnej.

Jednym z istotnych rezultatów projektu jest opracowanie zaleceń dotyczących wdrażania danych satelitarnych do statystyki publicznej. Uwzględniają one nie tylko kwestie techniczne, ale również bariery operacyjne i regulacyjne w stosowaniu produktów satelitarnych w statystykach lokalnych.

Podsumowując, projekt GAUSS wskaże możliwości operacyjnego wdrażania wykorzystania danych satelitarnych do wzbogacenia baz danych europejskich jednostek statystycznych (Eurostat) wskaźnikami umożliwiającymi monitorowanie stanu środowiska przyrodniczego.

## Adaptacja miast do zmian klimatu z wykorzystaniem teledetekcji: założenia projektu „LIFECOOLCITY”

Dominik Kopeć<sup>1,2)</sup>, Łukasz Sławik<sup>1)</sup>, Maria Niedzielko<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *MGGP Aero Sp. z o.o., dkopec@mggpaero.com, lslawik@mggpaero.com, mniedzielko@mggpaero.com*

<sup>2)</sup> *Katedra Biogeografii, Paleoekologii i Ochrony Przyrody, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska,  
Uniwersytet Łódzki*

Adaptacja miast do zmian klimatu to dzisiaj konieczność i wyzwanie, które doprowadzi w najbliższych latach do znacznej przebudowy miast. Jednym z ważniejszych działań, podejmowanych w miastach w procesie ich dostosowania do nowych warunków klimatycznych, jest obecnie i będzie w przyszłości przebudowa i ochrona błękitno-zielonej infrastruktury.

Brak jest jednak dzisiaj obiektywnej wiedzy, które miasta w Polsce i Unii Europejskiej mają największe potrzeby adaptacyjne. Nie wiadomo również, które dzielnice, osiedliska czy skwery powinny zostać przebudowane w pierwszej kolejności. Nie ma również metod, które w sposób obiektywny pozwoliłyby ocenić skuteczność podejmowanych działań adaptacyjnych. Wiedzy tej dostarczy rozpoczynający się projekt „LIFECOOLCITY”, który uzyskał dofinansowanie w ramach programu LIFE Unii Europejskiej i będzie realizowany w latach 2023-2029.

Projekt zakłada włączenie w proces adaptacji miast do zmian klimatu informacji opartej na danych satelitarnych i lotniczych. Dane satelitarne programów Sentinel i Landsat zostaną wykorzystane do zbudowania wiedzy o potrzebach adaptacyjnych miast Unii Europejskiej. Natomiast lotnicze dane hiperspektralne, termalne i skanowania laserowego zostaną użyte do demonstracyjnego wdrożenia we Wrocławiu działań adaptacyjnych opartych na naturze (NBS). Ważnym elementem projektu będzie budowany środowiskowy system wspierania decyzji, który będzie uwzględniał wartości usług ekosystemowych świadczonych przez błękitno-zieloną infrastrukturę do jej efektywnej rozbudowy.

Projekt realizowany będzie w konsorcjum siedmiu podmiotów: MGGP Aero (Lider), Urząd Miasta Wrocławia, Centrum Badań Kosmicznych PAN, Uniwersytet Łódzki, Uniwersytet Warszawski, UNEP/GRID Warszawa oraz firma SIEKER.

## Analiza zjawiska „betonozy” na podstawie danych i produktów programu COPERNICUS

Daria Stosio <sup>1,2)</sup>, Agata Hościło <sup>2)</sup>, Katarzyna Osińska-Skotak <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> *Instytut Geodezji i Kartografii, Centrum Geomatyki Stosowanej*

<sup>2)</sup> *Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii*

*daria.stosio@igik.edu.pl, agata.hoscilo@igik.edu.pl, katarzyna.osinska-skotak@pw.edu.pl*

„Betonoza” to zjawisko obserwowane w wielu polskich miastach, dotyczące nadmiernego zasklepienia powierzchni biologicznie czynnej skutkujące nie tylko pogarszaniem się estetyki miast, ale przede wszystkim pogłębiającymi się zmianami klimatu. To z kolei negatywnie wpływa również na jakość życia mieszkańców. Dlatego ważnym aspektem jest pozyskanie wiarygodnej i aktualnej informacji o stopniu zasklepienia gruntu, która posłuży szczególnie jednostkom samorządu terytorialnego na ciągły monitoring kierunków rozwoju miast.

Celem prezentacji jest określenie stopnia zasklepienia gruntu na podstawie dostępnych danych przestrzennych tj. danych satelitarnych Sentinel-2, produktów serwisu lądowego Copernicus (warstwa szczegółowa przedstawiająca stopień nieprzepuszczalności gruntu – ang. High Resolution Layer Imperviousness Density), Bazy Danych Obiektów Topograficznych oraz bazy Open Street Map na przykładzie miasta Łódź. Zaprezentowana zostanie również ocena dokładności produktu gęstości nieprzepuszczalności (stan na 2018 r.) w skali kraju.

## Ocena możliwości wykorzystania uczenia maszynowego i teledetekcji do szacowania ilości i rozmieszczenia dachów azbestowo-cementowych

Małgorzata Krówczyńska, Ewa Wilk

*Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Geomatyki i Systemów Informacyjnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji  
mkrowczynska@uw.edu.pl, ewa.wilk@uw.edu.pl*

Wobec niedoboru kompletnych i rzetelnych danych o ilości i rozmieszczeniu przestrzennym użytkowanych dachów azbestowo-cementowych w Polsce, podjęto badania, których celem jest ocena możliwości całościowego szacowania ich ilości z wykorzystaniem jednolitej i spójnej metody dla całego kraju w odniesieniu do jednostek podziału administracyjnego. W badaniach wykorzystano algorytm lasów losowych i dostępne dane przestrzenne do określenia ilości dachów azbestowo-cementowych w gminach oraz ortofotomapy lotnicze i konwolucyjne (splotowe) sieci neuronowe do identyfikacji pojedynczych budynków z dachem azbestowo-cementowym. Postawiona hipoteza badawcza zakładała, że oszacowanie ilości dachów azbestowo-cementowych w gminach oraz ich rozmieszczenie przestrzenne będzie realizowane z wykorzystaniem danych przestrzennych dostępnych w centralnym zasobie geodezyjnym i kartograficznym z zakładaną częstotliwością, aby umożliwić efektywne monitorowanie procesu usuwania tych dachów w ustawowym terminie do końca 2032 r.

Wyniki podjętych badań pokazują, że możliwe jest wykorzystanie uczenia maszynowego i teledetekcji do analizy zjawisk społeczno-gospodarczych, jakim jest użytkowanie dachów azbestowo-cementowych i wskazanie ich lokalizacji w przestrzeni. Estymacja powierzchni dachów azbestowo-cementowych może zastąpić inwentaryzacje terenowe. Zmiana ta byłaby jakościowym krokiem milowym w porównaniu do dotychczas stosowanych metod. Dodatkowo możliwe byłoby regularne wykonywanie aktualizacji inwentaryzacji i monitorowanie procesu usuwania wyrobów azbestowo-cementowych. Identyfikacja pokryć azbestowo-cementowych w odniesieniu do pojedynczego dachu, mogłaby być alternatywą dla inwentaryzacji czasochłonnej dla gmin.

## Środowiskowy wpływ dachów azbestowo-cementowych dla wskazania najlepszych praktyk gospodarowania odpadami niebezpiecznymi w Unii Europejskiej

Wilk Ewa, Małgorzata Krówczyńska

*Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Uniwersytet Warszawski  
ewa.wilk@uw.edu.pl*

Europa była po Stanach Zjednoczonych drugim regionem pod względem rozwoju produkcji przemysłowej wyrobów zawierających azbest. Zakaz stosowania azbestu został wprowadzony w Unii Europejskiej (UE) w 2005 r. Kraje UE o największym zużyciu azbestu zostały przeanalizowane pod kątem stosowanych polityk bezpiecznego usuwania wyrobów zawierających azbest w celu zminimalizowania narażenia środowiska na azbest, m.in. Niemcy, Francja, Włochy, Polska, Hiszpania i Belgia. Ekspozycja środowiskowa na azbest jest przyczyną chorób związanych z azbestem. Porównanie działań dotyczących ilości zużytych wyrobów zawierających azbest pozwoliło na zidentyfikowanie najlepszych praktyk gospodarowania odpadami azbestowymi w UE. Dopóki zakaz stosowania wyrobów zawierających azbest nie wystarczy, potrzebne są dalsze kroki w celu zidentyfikowania i zlokalizowania miejsc, w których te wyroby są używane. W ślad za tym należy zaplanować działania mające na celu usunięcie tych produktów, przygotowanie miejsc składowania odpadów niebezpiecznych i minimalizację zagrożeń dla zdrowia. Zbadano najlepsze praktyki w zakresie wprowadzania regulacji prawnych, zachęt finansowych, opracowania krajowej polityki usuwania azbestu i gospodarki odpadami oraz badań podjętych w celu oszacowania ilości wykorzystywanych dachów azbestowo-cementowych. Ze względu na konsekwencje zdrowotne opracowanie polityk usuwania azbestu, poprzedzone oszacowaniem ilości wyrobów zawierających azbest, jest kierunkiem pożądanym w polityce zdrowotnej i środowiskowej.

## Walory fotointerpretacyjne zdjęć lotniczych w procesie odtwarzania zasięgu i sposobu użytkowania działek ewidencyjnych

Ireneusz Ewiak

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji, Katedra Rozpoznania Obrazowego  
[ireneusz.ewiak@wat.edu.pl](mailto:ireneusz.ewiak@wat.edu.pl)

Zdjęcia lotnicze znajdują szerokie zastosowanie w analizach przestrzennych, do których zalicza się również analizy związane z określaniem zasięgu i sposobu użytkowania działek ewidencyjnych. W większości przypadków analizy te bazują na fotointerpretacji jednoobrazowej, której podstawą są zazwyczaj ortoobrazy zdjęć lotniczych. Taki sposób interpretacji generuje szereg wątpliwości, zwłaszcza gdy jakość radiometryczna zdjęć lotniczych ze względu na duży wpływ czasu oraz technikę pozyskania pozostawia wiele do życzenia. Innym równie ważnym czynnikiem ograniczającym interpretacyjność zdjęć lotniczych jest ich przestrzenna zdolność rozdzielcza. Celem badań, których wyniki zostały zaprezentowane w niniejszym referacie była ocena dokładności interpretacji treści archiwalnych zdjęć lotniczych z wykorzystaniem metod fotogrametrii jedno i dwuobrazowej. Do analiz został wykorzystany szereg czasowy zdjęć lotniczych z lat 1972-2019 pokrywających obszar dzielnicy Wilanów miasta stołecznego Warszawy, a także dane ewidencyjne, które stanowiły referencję dla treści analizowanych obrazów. Przedmiotem analiz były elementy pokrycia i użytkowania terenu, w szczególności zasięgi granic użytkowania, rodzaje użytków, rodzaje zabudowy, itp. Elementy te były identyfikowane na pojedynczych zobrazowaniach oraz ich modelach stereoskopowych w wariantach uwzględniających różną ich jakość radiometryczną i dokładność orientacji przestrzennej. Miarą oceny dokładności poszczególnych metod identyfikacji był stopień podobieństwa wybranych szczegółów i ich cech z informacją graficzną i opisową zawartą w ewidencji gruntów i budynków. Stwierdzono, że fotogrametria dwuobrazowa zapewnia dokładność identyfikacji elementów treści archiwalnych zdjęć lotniczych w granicach od 70% do 90%, podczas gdy w przypadku identyfikacji jednoobrazowej dokładność ta spada do zakresu od 40% do 60%. Przedstawione w artykule wyniki badań mają istotne znaczenie wobec licznych zastrzeżeń jakie w ostatnich latach kierowane są pod adresem pracy biegłych sądowych z zakresu geodezji, którzy korzystają z archiwalnych materiałów fotogrametrycznych.

## Potencjał monitorowania celów zrównoważonego rozwoju (Sustainable Development Goals – SDG) w Polsce za pomocą danych satelitarnych

Hubert Zieliński, Stanisław Lewiński

*Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk  
hzielinski@cbk.waw.pl, stlewinski@cbk.waw.pl*

Celem wystąpienia jest omówienie problematyki związanej z monitorowaniem celów zrównoważonego rozwoju (Sustainable Development Goals – SDG) w Polsce, przyjętych Rezolucją Zgromadzenia Ogólnego Organizacji Narodów Zjednoczonych w dniu 25 września 2015 roku. Agenda na rzecz zrównoważonego rozwoju 2030 wyznacza 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju oraz 169 powiązanych z nimi zadań, które oddają trzy wymiary zrównoważonego rozwoju – gospodarczy, społeczny i środowiskowy.

Analizie poddane zostały wskaźniki będące podstawą monitorowania Celów Zrównoważonego Rozwoju w Polsce. Wystąpienie wpisuje się w dyskusję dotyczącą zwiększenia zastosowania danych satelitarnych w administracji publicznej i stanowi ważny głos w budowaniu świadomości korzystania z ogólnodostępnych danych.

Podstawowe pytanie, które przyświecało tej analizie, odnosi się do możliwości wykorzystania w przedmiotowym monitoringu danych satelitarnych i potencjalnych wiążących się z tym korzyści. W przeglądzie autorzy wskazują obszary, w których zasadne mogłoby być wykorzystanie danych satelitarnych.

Całość rozważań prowadzi do wskazania mierników (globalnych i krajowych) oraz ich składowych, które mogą być wsparte lub zamienione przez dane satelitarne, które z uwagi na swoją charakterystykę, niejednokrotnie stanowią cenne źródło informacji.

## Badania jakości powietrza z wykorzystaniem BSP na przykładzie Torunia

Mieczysław Kunz

*Katedra Geomatyki i Kartografii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,*

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu*

Stan jakości i poziom zanieczyszczenia środowiska ma kluczowe znaczenie dla zdrowia i życia oraz funkcjonowania mieszkańców każdej społeczności. Zły stan powietrza powoduje określone konsekwencje zdrowotne, w tym schorzenia dróg oddechowych. Element ten nasila się w sezonie grzewczym, kiedy emitowane są do atmosfery związki pochodzące ze spalania zakazanych substancji i materiałów.

Monitoring zanieczyszczenia powietrza w miastach realizuje się głównie o oparciu o punktowe dane pozyskiwane przez terenowe stacje pomiarowe PMS zlokalizowane zazwyczaj w miejscach o dużym natężeniu ruchu komunikacyjnego, co nie pokrywa się z obszarami koncentracji zabudowy mieszkalnej.

W takich sytuacjach z pomocą przychodzą mobilne systemy monitorowania jakości powietrza, które ze względu na przenośną konstrukcję oraz różnorodność wykorzystywanych rozwiązań stają się oczekiwaną alternatywą uwzględniającą lokalne uwarunkowania i oczekiwania mieszkańców wybranych obszarów.

Jednym z takich rozwiązań jest system Sniffer4D wyposażony w czujniki pozwalające na pomiar w czasie rzeczywistym koncentracji pyłów zawieszonych oraz stężenia wybranych gazów i związków organicznych. Aparatura może zostać zamontowana na BSP i realizować pomiar podczas zdalnej misji lub być umieszczona na mobilnym środku transportu (samochód, rower) i pozyskiwać dane podczas przejazdu.

W ramach projektu pilotażowego realizowanego z wykorzystaniem systemu Sniffer4D zaplanowano lotniczy i naziemny monitoring jakości powietrza na wybranych osiedlach mieszkaniowych Torunia, w których dominuje zabudowa jednorodzinna wolnostojąca. Pomiary wykonane zostaną w regularnych, powtarzalnych cyklach akwizycyjnych a uzyskane wyniki pozwolą docelowo na przestrzenne określenie stanu i jakości powietrza.





## PRZYGOTOWANIE PUBLIKACJI PO XXV OKFIT

Michał Krupiński (osoba wiodąca)  
Szymon Sala  
Katarzyna Osińska-Skotak  
Stanisław Lewiński