

XXIV Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji i Teledetekcji



Polskie Towarzystwo Geograficzne

oraz

**Pracownia Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa Instytut Geografii
Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego, Wydział Nauk
Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w
Poznaniu**

we współpracy z

Sekcją Teledetekcji Centrum Badań Kosmicznych i Satelitarnych PAN

Poznań, 27-28 września 2021

Opracowanie zawiera zbiór streszczeń referatów prezentowanych przez uczestników III Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji odbywające się 27.09.2021 roku na platformie MS Teams

konferencja24.teledetekcja@amu.edu.pl

Skład wykonano na podstawie tekstów dostarczonych przez Autorów. Za treść i wartość merytoryczną odpowiadają Autorzy streszczeń.

Selekcja streszczeń: Komitet Organizacyjny i Komitet Naukowy Konferencji

Komitety naukowy

PRZEWODNICZĄCY HONOROWY

Prof. dr hab. Jan Romuald Olędzki – PTG OTiG

Prof. dr hab. Andrzej Ciolkosz - PTG OTiG Warszawa

Prof. dr hab. Stanisław Białousz – WSOSP Dęblin

PRZEWODNICZĄCY

Dr hab. inż. Jan Piekarczyk, Prof. UAM – UAM Poznań

Dr hab. inż., prof. UŁ Krzysztof Będkowski - UŁ Łódź

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Bielecka – WAT Warszawa

Dr hab. inż. prof. PW Katarzyna Osińska-Skotak – PW Warszawa

Dr inż. Joanna Pluto-Kossakowska – PW Warszawa

Dr hab. inż. Prof. CBK PAN Stanisław Lewiński - CBK PAN Warszawa

Dr hab. Dariusz Dukaczewski – IGIK Warszawa

Mgr Karol Berłowski – WIIP UM Warszawa

Komitety organizacyjny

Dr hab. inż. Karolina Lewińska, prof. UAM – przewodnicząca

Dr hab. inż. Cezary Kaźmierowski prof. UAM – v-ce przewodniczący

dr Sławomir Królewicz

mgr inż. Adam Młynarczyk

dr Jakub Ceglarek

mgr Adam Bielecki

Spis treści

JAK MIERZYĆ STOPIEŃ ZAZIELENIENIA MIASTA? - PROPOZYCJA WYKORZYSTANIA ZOBRAZOWAŃ SATELITARNYCH, NA PRZYKŁADZIE MIASTA ŁODZI	9
TELEDETEKCYJNA OCENA ZBIORNIKÓW I CIEKÓW DLA POTRZEB REKREACJI WODNEJ	10
OCENA PRZYDATNOŚCI POMIARÓW PUNKTOWYCH DO KALIBROWANIA MODELI PROGNOZUJĄCYCH WIELKOŚĆ PŁONU Z OBRAZÓW SENTINEL-2	11
PROBLEMY FOTOINTERPRETACJI GEOMORFOLOGICZNEJ FRAGMENTÓW WYSPY KRÓLA JERZEGO (SZETLANDY POŁUDNIOWE)	12
ANALIZA TEMPERATURY JEZIOR NA PODSTAWIE TERMALNYCH ZDJĘĆ SATELITARNYCH	13
WŁAŚCIWOŚCI SPEKTRALNE TERENÓW SKŁADOWANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH	14
ZASTOSOWANIE TECHNIK TELEDETEKCYJNYCH DO PARAMETRYZACJI BIOMASY ROŚLINNEJ NA PRZYKŁADZIE RZEPAKU I PSZENICY	15
WIELKOPOWIERZCHNIOWA INWENTARYZACJA I PARAMETRYZACJA ROŚLINNOŚCI NA PODSTAWIE DANYCH POZYSKANYCH Z WYKORZYSTANIEM MULTIENSORYCZNEJ LOTNICZEJ STACJI DIAGNOSTYCZNEJ	16
POŁĄCZENIE FOTOGRAMETRII I UCZENIA MASZYNOWEGO W ZASTOSOWANIU DRONÓW DO DZIAŁAŃ POSZUKIWAWCZO-RATOWNICZYCH	17
OCENA DOKŁADNOŚCI PRODUKTÓW GENEROWANYCH NA PODSTAWIE SATELITÓW PROBA-V, SENTINEL-2 I SENTINEL-3 DO MONITOROWANIA KONDYCJI ROŚLIN	18
METODYKA POMIARÓW WŁAŚCIWOŚCI SPEKTRALNYCH LISTOWIA DRZEW	19
KLASYFIKACJA GATUNKÓW EKSPANSYWNYCH FILIPENDULA ULMARIA I MOLINIA CAERUELA Z WYKORZYSTANIEM DWUETAPOWEGO TRENINGU GŁĘBOKICH SIECI NEURONOWYCH	20
WYKORZYSTANIE DANYCH SATELITARNYCH W ZARZĄDZANIU ZIELENIĄ MIEJSKĄ.....	22
ZASTOSOWANIE POMIARÓW FOTOGRAMETRYCZNYCH PROWADZONYCH Z DRONÓW DO ANALIZY ROZWOJU DELT W NIZINNYCH ZBIORNIKACH RETENCYJNYCH.....	23
DZIENNA I SEZONOWA ZMIENNOŚĆ PODOBIEŃSTWA BŁOKÓW ZDJĘĆ LOTNICZYCH.....	25
ILE WSI W POZNANIU?	26
KLASYFIKACJA POKRYCIA TERENU S2GLC.....	27
ANALIZA PRĘDKOŚCI LODOWCA JAKOBHAVN W OPARCIU O SATELITARNE ZOBRAZOWANIA RADAROWE	28
TELEDETEKCYJNA METODA OCENY SIEDLISK LEŚNYCH – badania wstępne	29
WERYFIKACJA DOBOWEGO WSKAŹNIKA POGODY POŻAROWEJ FWI DLA POLSKI	30
ANALIZA KLAS ZABUDOWY W STREFACH ZURBANIZOWANYCH Z WYKORZYSTANIEM ZDJĘĆ RADAROWYCH.....	31
ARCHEOLOGICZNO-GEOGRAFICZNE WYMIARY TELEDETEKCYJNYCH LOTNICZEJ: PARĘ REFLEKSJI	32
MONITORING TELEDETEKCYJNY AWARII KOLEKTORA POD DNEM WISŁY W WARSZAWIE	33
ZASTOSOWANIE TELEDETEKCYJNYCH SATELITARNEJ W OCENIE DOKŁADNOŚCI POMIARÓW TEMPERATURY POWIERZCHNIOWEJ WODY.....	34

TELEDETEKCYJNA METODA OCENY MIESZANIA SIĘ WÓD RZECZNYCH W STREFIE UJŚCIA DO ZBIORNIKA NA PRZYKŁADZIE UJŚCIA CYBINY DO JEZIORA SWARZĘDZKIEGO	35
WYKORZYSTANIE WYSOKOROZDZIELCZYCH CYFROWYCH MODELI TERENU DO ROZPOZNANIA OBSZARÓW PRZEOBRAŻONYCH NA SKUTEK BOMBARDOWAŃ Z OKRESU II WOJNY ŚWIATOWEJ – PRZYKŁAD Z NIECKI KOZIELSKIEJ.....	36
MOŻLIWOŚCI INTERPRETACJI MORFOLOGII PŁYTKICH ZBIORNIKÓW WODNYCH NA PODSTAWIE DANYCH LIDAR	38
WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII UCZENIA MASZYNOWEGO I SZTUCZNEJ INTELIGENCJI DO ZWIĘKSZANIA ZDOLNOŚCI ROZDZIELCZEJ OBRAZÓW SENTINEL-2	40
WYKORZYSTANIE LOTNICZYCH DANYCH TERMALNYCH DO REJESTRACJI TEMPERATURY KORON DRZEW ROSNĄCYCH NA OBSZARACH LEŚNYCH I ROLNICZYCH	41
POTENCJAŁ ZASTOSOWANIA DANYCH SATELITARNYCH MISJI SENTINEL DO MONITORINGU PROGRAMÓW OCHRONY ŚRODOWISKA.....	42

XXIV Ogólnopolska Konferencja Fotointerpretacji i Teledetekcji

PROGRAM KONFERENCJI

Poniedziałek, 27.09.2021 r.

9:00-9:15 Uroczyste otwarcie XXIV Ogólnopolskiej Konferencji Fotointerpretacji i Teledetekcji oraz przywitanie uczestników: przewodnicząca Konferencji, goście, Dziekan Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych.

9:15-9:45 Sesja poświęcona pamięci Marka Ostrowskiego – prowadzi prof. Andrzej Ciołkosz

9:45-11:15 Sesja referatowa I

9:45-10:00 **Maciej Dąbski** - Problemy fotointerpretacji geomorfologicznej fragmentów Wyspy Króla Jerzego (Szetlandy Południowe)

10:00-10:15 **Marcin Folwarczny, Stanisław Lewiński** - Właściwości spektralne terenów składowania odpadów komunalnych

10:15-10:30 **Sławomir Królewicz** - Dzienna i sezonowa zmienność podobieństwa bloków zdjęć lotniczych.

10:30-10:45 **Hubert Zieliński, Stanisław Lewiński** - Potencjał zastosowania danych satelitarnych misji Sentinel do monitoringu programów ochrony środowiska

10:45-11:00 **Marta Milczarek, Marek Ruciński, Marcin Krupiński, Edyta Woźniak** - Weryfikacja dobowego wskaźnika pogody pożarowej FWI dla Polski

11:00-11:15 **Wojciech Gruźliński** - Połączenie fotogrametrii i uczenia maszynowego w zastosowaniu dronów do działań poszukiwawczo-ratowniczych

11:15 – 11:30 Dyskusja

11:30 – 11:45 Przerwa kawowa

11:45 -12:00 Sesja posterowa (3 min. prezentacje, 2 min. pytania)

11:45-11:50 **Maciej Jurzyk, Jerzy Teisseyre** - Wykorzystanie danych satelitarnych w zarządzaniu zielenią miejską

11:50-11:55 **Małgorzata Frydrych, Maciej Kossowski, Zbigniew Rdzany** - Zastosowanie pomiarów fotogrametrycznych prowadzonych z dronów do analizy rozwoju delt w nizinnych zbiornikach retencyjnych

11:55-12:00 **Agata Zakrzewska, Dominik Kopeć** - Wykorzystanie lotniczych danych termalnych do rejestracji temperatury koron drzew rosnących na obszarach leśnych i rolniczych

12:00-12:15 Dyskusja

12:15-13:00 Przerwa obiadowa

13:00-14:30 Sesja referatowa II

13:00-13:15 **Stanisław Lewiński, Radosław Malinowski, Ewa Gromny, Marcin Rybicki, Małgorzata Jenerowicz, Cezary Wojtkowski, Michał Krupiński, Marcin Krupiński, Marek Ruciński** - Klasyfikacja pokrycia terenu S2GLC

13:15-13:30 **Jan Maciej Waga, Maria Fajer, Bartłomiej Szypuła** - Wykorzystanie wysokorozdzielczych cyfrowych modeli terenu do rozpoznania obszarów przeobrażonych na skutek bombardowań z okresu II wojny światowej – przykład z Niecki Kozielskiej

13:30-13:45 **Joanna Pluto-Kossakowska, Joanna Giczan** - Analiza klas zabudowy w strefach zurbanizowanych z wykorzystaniem zdjęć radarowych

13:45-14:00 **Grzegorz Jankowiak** - Metodyka pomiarów właściwości spektralnych listowia drzew

14:00-14:15 **Agnieszka Glinko, Marta Sieczkiewicz, Paweł Strzebiński, Michał Wyczalek** - Wielkopowierzchniowa inwentaryzacja i parametryzacja roślinności na podstawie danych pozyskanych z wykorzystaniem multinsorycznej lotniczej stacji diagnostycznej

14:15-14:30 **Radosław Gurdak** - Ocena dokładności produktów generowanych na podstawie satelitów Proba-V, Sentinel-2 i Sentinel-3 do monitorowania kondycji roślin

14:30-14:45 Dyskusja

14:45 -15:00 Przerwa kawowa

15:00 – 16:30 Sesja referatowa III

15:00-15:15 **Magdalena Łukosz, Ryszard Hejmanowski, Wojciech Witkowski** - Analiza prędkości lodowca Jakobshavn w oparciu o satelitarne zobrażenia radarowe

15:15-15:30 **Marcin Spiralski** - Monitoring teledetekcyjny awarii kolektora pod dnem Wisły w Warszawie

15:30-15:45 **Grzegorz Borkowski, Adam Młynarczyk** - Teledetekcyjna ocena zbiorników i cieków dla potrzeb rekreacji wodnej

15:45-16:00 **Remigiusz Tritt, Adam Młynarczyk** - Teledetekcyjna metoda oceny mieszania się wód rzecznych w strefie ujścia do zbiornika na przykładzie ujścia Cybiny do Jeziora Swarzędzkiego

16:00-16:15 **Bartłomiej Szypuła** - Możliwości interpretacji morfologii płytkich zbiorników wodnych na podstawie danych LiDAR

16:15-16:30 **Krzysztof Dyba** - Analiza temperatury jezior na podstawie termalnych zdjęć satelitarnych

16:30-16:45 Dyskusja

Wtorek, 28.09.2021 r.

9:15-9:30 Sesja poświęcona pamięci Andrzeja Kijowskiego – prowadzi dr Jolanta Kijowska

9:30-11:30 Sesja referatowa IV

9:30-9:45 **Ireneusz Wyczałek** - Wykorzystanie technologii uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji do zwiększania zdolności rozdzielczej obrazów sentinel-2

9:45-10:00 **Włodzimierz Rączkowski** - Archeologiczno-geograficzne wymiary teledetekcji lotniczej: parę refleksji

10:00-10:15 **Marcjanna Jędrych** - Klasyfikacja gatunków ekspansywnych *Filipendula ulmaria* i *Molinia caerulea* z wykorzystaniem dwuetapowego treningu głębokich sieci neuronowych

10:15-10:30 **Jakub Ceglarek** - ocena przydatności pomiarów punktowych do kalibrowania modeli prognozujących wielkość plonu z obrazów Sentinel-2.

10:30-10:45 **Agnieszka Glinko** - Zastosowanie technik teledetekcyjnych do parametryzacji biomasy roślinnej na przykładzie rzepaku i pszenicy

10:45-11:00 **Barbara Maćkiewicz** - Określanie porzuconych gruntów rolnych na terenach miejskich z wykorzystaniem obrazów Sentinel 2

11:00-11:15 **Adam Młynarczyk** - Teledetekcyjna metoda oceny siedlisk leśnych – badania wstępne

11:15-11:30 **Adam Bielecki, Krzysztof Będkowski** - Jak mierzyć stopień zazielenienia miasta? - propozycja wykorzystania zobrażeń satelitarnych, na przykładzie miasta Łodzi

11:30-11:45 Dyskusja

11:45 -12:00 Zakończenie części z wystąpieniami uczestników

12:00 Warsztaty - Podstawy przetwarzania obrazów Sentinel 2 w Sentinel Application Platform (SNAP)

JAK MIERZYĆ STOPIEŃ ZAZIELENIENIA MIASTA? - PROPOZYCJA WYKORZYSTANIA ZOBRAZOWAŃ SATELITARNYCH, NA PRZYKŁADZIE MIASTA ŁODZI

Adam Bielecki ¹⁾, Krzysztof Będkowski ¹⁾

¹⁾ *Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Instytut Geografii Miast, Turyzmu i Geoinformacji
Ul. Kopcińskiego 31, Łódź*

adam_biel@o2.pl,krzysztof.bedkowski@geo.uni.lodz.pl,

Pokrycie i użytkowanie terenu w Łodzi uległy w ostatnim 30-leciu bardzo dużym przeobrażeniom. Oparta na przemyśle gospodarka musiała zmierzyć się na początku lat 90-tych z transformacją ustrojową. 15 lat później nastąpił kolejny przełom, jakim było wstąpienie Polski do Unii Europejskiej. Nowe inwestycje wymagały w wielu przypadkach zredukowania liczby drzew, krzewów czy terenów biologicznie czynnych. Jednak wiele nieużytkowanych terenów przemysłowych zostało pokrytych spontaniczną roślinnością, która wprawdzie nie jest zaliczana do terenów zieleni, jednakże wpływa na komfort życia mieszkańców, np. oczyszcza powietrze i zwiększa jego wilgotność, zmniejsza amplitudy temperatury czy redukuje hałas.

Na podstawie zobrażeń teledetekcyjnych dla miasta Łodzi, pochodzących z systemów satelitarnych, obliczono i porównano wskaźniki charakteryzujące stan roślinności. Porównywano, pod kątem „stopnia zazielenienia”, tereny pełniące w mieście różne funkcje, z terenami oficjalnie uznawanymi za należące do kategorii zieleni miejskiej. Wyniki porównano także z oficjalnymi danymi statystycznymi dotyczącymi zieleni w Łodzi.

Stwierdzono, że wiele obszarów miasta posiada znaczne zasoby zieleni, porównywalne do urządzonych terenów zielonych, np. parków, zieleńców, cmentarzy itp. Oceniając stan zieleni w miastach niezbędne jest zatem uwzględnianie nie tylko terenów oficjalnie do niej zaliczanych, ale także wielu innych, na których zieleń – spontaniczna lub urządzona – występuje. Całościowe spojrzenie na zasoby zieleni pozwoli na rzetelną ocenę warunków życia mieszkańców miast.

TELEDETEKCYJNA OCENA ZBIORNIKÓW I CIEKÓW DLA POTRZEB REKREACJI WODNEJ

Grzegorz Borkowski¹⁾ *, Adam Młynarczyk²⁾

¹⁾ *dr inż., Katedra Turystyki i Rekreacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań*

²⁾ *mgr inż., Pracownia Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań*

**autor korespondencyjny: Grzegorz.borkowski@amu.edu.pl*

Teledetekcja wykonywana z pokładu bezzałogowego statku powietrznego znajduje szerokie zastosowanie w badaniu jezior i cieków stanowiąc alternatywę dla dotychczasowych metod badawczych stosowanych z lądu i wody. Możliwość interpretacji uzyskanych w ten sposób zdjęć lotniczych zależy głównie od zastosowanego czujnika pomiarowego oraz użytego oprogramowania do postprocessingu..

Przedstawione badania dotyczą możliwości wykorzystania metod teledetekcyjnych do oceny zbiorników i cieków wodnych, z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych, jako narzędzia stwarzającego nowe możliwości pomiarowe w tak trudnym obszarze badań, jakim są systemy rzeczno-jeziorne. Na potrzeby opracowania zaplanowano i wykonano naloty nad jeziorami, ciekami i stawami. Zdjęcia wykonano kamerą RGB i kamerą wielospektralną. Na podstawie zdjęć lotniczych oraz obliczonych ortofotomap dokonano oceny jakości wody oraz walorów antropogenicznych i przyrodniczych, wyznaczono ponadto przebieg linii brzegowej. Wyniki przeprowadzonym badań ukazują wszechstronne możliwości wykorzystania dronów w zależności od użytego czujnika. Wykorzystanie metod teledetekcyjnych nie tylko zakresie widzialnym, ale również w podczerwieni, umożliwia ocenę zarówno stanu infrastruktury rekreacyjnej, szlaków wodnych, jak i określenie aktualnego przebiegu linii brzegowej w sytuacji postępującej sukcesji roślinnej zbiornika.

OCENA PRZYDATNOŚCI POMIARÓW PUNKTOWYCH DO KALIBROWANIA MODELI PROGNOZUJĄCYCH WIELKOŚĆ PŁONU Z OBRAZÓW SENTINEL-2

Jakub Ceglarek

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań*

jakub.ceglarek@amu.edu.pl

Dokładne i wczesne prognozowanie plonów w trakcie sezonu wegetacyjnego dostarcza cennych informacji rolnikom oraz decydom. Pomimo szybkiego rozwoju technologii satelitarnej oraz coraz powszechniejszego dostępu do danych teledetekcyjnych, problemem pozostaje zbieranie danych naziemnych potrzebnych do kalibracji i walidacji algorytmów. Dane dotyczące wielkości plonów pochodzą tradycyjnie z pomiarów własnych rolników i dotyczyły zbiorów z całego pola. Coraz częściej zbierane są one za pomocą kombajnów zaopatrzonych w automatyczne czujniki powiązane z sensorami GPS, mapujące wielkość zbioru w każdym miejscu pola. W przypadku gdy dane z monitoringu nie są dostępne, plon można oszacować poprzez ważenie wysuszonych roślin ściętych tuż przed zbiorami. Wykorzystując dane pochodzące z eksperymentalnej uprawy znajdującej się w Przebędowie koło Poznania, sprawdzono możliwość prognozowania plonów na podstawie wartości zmierzonych w wybranych punktach pola (poletka 3x1 m²), uzyskanych poprzez ważenie wysuszonych roślin. Obrazy z sensora MSI satelity Sentinel 2 zostały wykorzystane, by sprawdzić możliwość modelowania plonów rzepaku ozimego (sezon 2016/2017) oraz pszenżyta ozimego (2017/2018). Wybrane wskaźniki roślinne obliczone na podstawie danych satelitarnych zostały wykorzystane do stworzenia modeli prognozujących wielkość plonu. Najlepsze efekty predykcji dla rzepaku osiągnięto wykorzystując obrazy wykonane w drugiej połowie września, a dla pszenżyta obrazy z połowy października, w obu przypadkach było to około trzech tygodni po siewie. Modele regresji liniowej korzystające ze wskaźników NDVI i TVI osiągają najwyższą wartość korelacji. Przeprowadzone badania wskazują na niereprezentatywność wielkości plonu zmierzonej punktowo w kontekście kalibracji modeli opartych o dane satelitarne pochodzące z Sentinel 2.

PROBLEMY FOTOINTERPRETACJI GEOMORFOLOGICZNEJ FRAGMENTÓW WYSPY KRÓLA JERZEGO (SZETLANDY POŁUDNIOWE)

Maciej Dąbski

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geomorfologii

mfdabski@uw.edu.pl

W latach 2015-2016, nad fragmentami Wyspy Króla Jerzego (Szetlandy Południowe) przeprowadzone zostały loty fotogrametryczne z wykorzystaniem bezałogowego statku powietrznego (UAV) poza zasięgiem wzroku (BVLOS). Wykonano szereg nalotów na wysokości od 350 do 550 m AGL. Pozyskane obrazy w promieniowaniu widzialnym pozwoliły na stworzenie ortofotomapy o rozdzielczość przestrzennej od 0,05 do 0,07 m oraz numerycznego modelu terenu o rozdzielczości 0,25 m przy wykorzystaniu algorytmu SfM i programu Agisoft Photoscan Professional. W programie ESRI ArcGIS 10.3 wykonano ręczną wektoryzację form rzeźby koncentrując się na: 1) przedpolach lodowców Ekologii, Sfinksa, Baranowskiego, Windy, 2) przylądku Demay Point oraz 3) na niewielkiej wulkanicznej Wyspie Pingwiniej. Wektoryzację przeprowadzono analizując obrazy w skali od 1:1000 do 1:500 w zależności od stopnia złożoności rzeźby terenu. Fotointerpretacja, określenie morfogenezy każdego fragmentu analizowanych obszarów, nastęrczała niekiedy problemów. Wysoka rozdzielczość przestrzenna obrazów pozwalała na dokładne wytyczenie granic wyraźnych form rzeźby, co do których genezy nie było wątpliwości (np. drumliny, sandry, krater wulkaniczny). Niekiedy jednak, zwarte pokrycie roślinnością tundrową lub/i brak charakterystycznego kształtu uniemożliwiały jednoznaczłą klasyfikację. Wówczas na mapach pozostawiono fragmenty oznaczone jako „inne” lub „nie rozpoznane”. Prawdopodobnie były to fragmenty moreny dennej, starszych tarasów sandrowych lub starych potoków lawowych.

Kolejnym problemem były zalegające płyty śniegu. Utrudniało to: 1) wyznaczenie zasięgu niektórych form peryglacialnych (np. gruntów strukturalnych) wykształconych na względnie płaskich fragmentach terenu, 2) wyznaczenie granicy czoł lodowców. Brak pewności co do zasięgu lodowca skutkował niekiedy brakiem pewności co do genezy podłużnych pagórków położonych w strefie krawędziowej lodowca (morena czołowa?). Pozyskane zdjęcia pozwoliły na sprawne określenie zasadniczych cech jakościowych i ilościowych rzeźby terenu, a co za tym idzie, na wnioskowanie o morfogenezie badanego obszaru, na wyciągnięcie wniosków dotyczących dynamiki lodowców i aktywności środowiska peryglacialnego. Niemniej, brak analiz osadu pod kątem cech strukturalnych i teksturalnych, skutkował tym, że kartowanie było niepełne.

Literatura

- Kreczmer, K., Dąbski, M., Zmarz, A. (2021) Terrestrial Signature of a Recently-Tidewater Glacier and Adjacent Periglaciation, Windy Glacier (South Shetland Islands, Antarctic). *Front. Earth Sci.* 9:671985.
- Dąbski, M., Zmarz, A., Rodzewicz, M., Korczak-Abshire, M., Karsznia, I., Lach, K.M., Rachlewicz, G., Chwedorzewska, K.J. (2020). Mapping Glacier Forelands Based on UAV BVLOS Operation in Antarctica. *Remote Sensing*, 12, 630.
- Zmarz, A., Rodzewicz, M., Dąbski, M., Karsznic, I., Korczak-Abshire, M., Chwedorzewska, K.J. (2018) Application of UAV BVLOS remote sensing data for multi-faceted analysis of Antarctic ecosystem. *Remote Sensing of Environment*. 217, 375–388.
- Dąbski, M., Zmarz, A., Pabjanek, P., Korczak-Abshire, M., Karsznia, I., Chwedorzewska, K. (2017). UAVBased detection and spatial analyses of periglacial landforms on Demay Point (King George Island, South Shetland Islands, Antarctica). *Geomorphology*, 290, 29-38.

ANALIZA TEMPERATURY JEZIOR NA PODSTAWIE TERMALNYCH ZDJĘĆ SATELITARNYCH

Krzysztof Dyba

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,

ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

krzdyb@amu.edu.pl

Temperatura wody jezior ma znaczący wpływ na zachodzące w nich procesy biologiczne i chemiczne. W obliczu narastających zmian klimatycznych istotnym aspektem jest monitorowanie aktualnego stanu i prognozowanie nadchodzących zmian w celu zachowania równowagi ekologicznej.

Konwencjonalne pomiary bazują głównie na jednym sensorze i nie obejmują wszystkich obiektów wodnych. Zastosowanie darmowych danych teledetekcyjnych wydaje się być rozwiązaniem tych problemów. Pomiary satelitarne zapewniają ciągłą informację pod względem przestrzennym i czasowym o większej efektywności niż pomiary tradycyjne (w szczególności kanał podczerwieni termalnej). Niemniej jednak, również posiadają swoje ograniczenia, tj. zależność od zachmurzenia, konieczność kalibracji czy rozdzielczość przestrzenna.

Pozyskanie i przetworzenie zobrażeń satelitarnych dla długiego przedziału czasowego, obejmującego znaczną część kraju nie jest zadaniem trywialnym ze względu na wymagane zasoby obliczeniowe. Coraz większą popularność zdobywają usługi umożliwiające przetwarzanie danych w chmurze. Przykładem takiego narzędzia jest Google Earth Engine, które umożliwiło wykonanie niniejszej analizy w kilka minut.

Dla 38 jezior dostępnych w bazie IMGW uzyskano średnią korelację liniową równą 0,88 w okresie od kwietnia do października w latach 1985 - 2020 pomiędzy rzeczywistą temperaturą a nieskalibrowaną temperaturą jasnościową z kanałów termalnych satelitów Landsat. Największą korelację odnotowano dla jezior Roś i Dejuny (0,96), a najmniejszą dla jezior Gopło oraz Nidzkiego (0,8). Wszystkie wartości korelacji okazały się być istotne statystycznie (wartość $p < 0,01$).

WŁAŚCIWOŚCI SPEKTRALNE TERENÓW SKŁADOWANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH

Marcin Folwarczny ¹⁾, Stanisław Lewiński ¹⁾

¹⁾ *Centrum Badań Kosmicznych PAN*

mfolwarczny@cbk.waw.pl

Rozwój gospodarczy związany jest ze wzrostem produkcji, której nierozzerwalnie towarzyszy wzrost odpadów powstających w procesie przetwarzania surowców. Zjawisko to dotyczy nie tylko przemysłu, ale również konsumentów, których codzienna aktywność powoduje zapełnianie wysypisk. Problem zagospodarowania odpadów komunalnych narasta, rosną koszty utylizacji, które musi ponosić każde gospodarstwa domowe. Rośnie społeczna świadomość proekologiczna oraz presja administracyjna zorientowana na segregację odpadów i ich recyklingiem, powstaje system racjonalnego korzystania ze środowiska. Równocześnie jednak ze względu na chwilowe korzyści finansowe podejmowane są działania polegające na pozbywaniu się odpadów poza systemem.

Celem prezentacji jest przedstawienie wyników analiz mających na celu ocenę możliwości wykorzystania danych satelitarnych do identyfikację składowisk odpadów komunalnych. Pierwszym etapem podjętych prac było wykonanie analiz legalnych (komunalnych) wysypisk odpadów. W następnej kolejności zdobyte doświadczeń zostaną wykorzystane dla celów oceny możliwości identyfikacji wysypisk nielegalnych.

Analizy wykonano na przykładzie pięciu średniej wielkości komunalnych wysypisk śmieci zlokalizowanych na terenie kraju. W tym celu wykorzystano dane satelitarne LANDSAT, SENTINEL 2 oraz SENTINEL 5P pozyskane w różnych latach i porach roku. Na ich podstawie wykonano porównanie odpowiedzi spektralnych wysypisk oraz terenów je otaczających oraz serie klasyfikacji nadzorowanych z wykorzystaniem algorytmów oprogramowania SNAP, QGIS oraz ERDAS IMAGINE. Zebrane wyniki pozwoliły na wyciągnięcie wniosków co do potencjalnych możliwości identyfikacji wysypisk śmieci na dostępnych zdjęciach programu Copernicus oraz Landsat.

ZASTOSOWANIE TECHNIK TELEDETEKCYJNYCH DO PARAMETRYZACJI BIOMASY ROŚLINNEJ NA PRZYKŁADZIE RZEPAKU I PSZENICY

Agnieszka Glinko

Instytut Technologiczno - Przyrodniczy Państwowy Instytut Badawczy w Falentach

agnieszka.glinko@gispro.home.pl

Przedmiotem prowadzonych badań było określenie możliwości oceny wielkości biomasy roślinnej oraz monitorowania chemizmu roślin przy użyciu obrazów satelitarnych. Badania prowadzone były w dwóch sezonach wegetacyjnych w latach 2018-2019 oraz 2019-2020. Wybrane obszary badawcze obejmowały dwa pola, jedno znajdujące się w okolicach Pleszewa w woj. Wielkopolskim a drugie koło Nakła w woj. kujawsko-pomorskim. Do analizy posłużył zbiór prób terenowych pobranych w 60 punktach w obrębie obu pól oraz obrazy satelitarne, głównie pochodzące z satelitów Sentinel 2. Analiza danych obrazowych obejmowała obliczenie wskaźników roślinnych m.in. NDVI, SAVI, Simple Ratio, NDWI, NWI, MSI oraz NDDI.

Rozwój upraw determinowany jest przez osiągnięcia w ciągu doby odpowiedniej temperatury. W związku z tym dodatkowo wprowadzony został wskaźnik GDD (Growing Degree Days). Dzięki niemu możliwe jest określenie dni gdy temperatura dobową przekraczała wyznaczoną temperaturę bazową (w przypadku niniejszych badań wynosiła ona 2,5°C). GDD sprawdził się jako element integrujący dane czasowo-przestrzenne. Przebieg każdego ze wskaźników roślinnych można bowiem przedstawić zarówno w funkcji kolejnych dni kalendarzowych jak i skumulowanych wartości GDD.

Tak przygotowane dane teledetekcyjne zostały skorelowane z otrzymanymi w badaniach terenowych wielkościami plonów.

WIELKOPOWIERZCHNIOWA INWENTARYZACJA I PARAMETRYZACJA ROŚLINNOŚCI NA PODSTAWIE DANYCH POZYSKANYCH Z WYKORZYSTANIEM MULTIENSORYCZNEJ LOTNICZEJ STACJI DIAGNOSTYCZNEJ

¹⁾²⁾ Agnieszka Glinko, ¹⁾ Marta Sieczkiewicz, ³⁾ Paweł Strzeliński, ⁴⁾ Michał Wyczałek

¹⁾ GISPRO Sp. z o.o., ²⁾ Instytut Technologiczno - Przyrodniczy Państwowy Instytut
Badawczy w Falentach, ³⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra
Urządzania Lasu ⁴⁾ GEOMATIC Sp. z o.o.,

agnieszka.glinko@gispro.home.pl

Pod koniec roku 2020 Spółka Gispro zrealizowała projekt badawczo - rozwojowy, którego celem było opracowanie innowacyjnej technologii wielkopowierzchniowej inwentaryzacji i parametryzacji roślinności z wykorzystaniem załogowej platformy lotniczej umożliwiającej synchroniczną kolekcję pięciokanałowych wysokorozdzielczych obrazów i danych ALS.

W ramach projektu zostały zainstalowane i zintegrowane na jednej platformie lotniczej trzy, dotychczasowo odrębnie działające, sensory fotogrametryczne:

- wielkoformatowa kamera Vexcel UltraCam Eagle MK3 (R, G, B, NIR, PAN),
- zmodyfikowana kamera Hasselblad A6D (Red Edge),
- lotniczy skaner laserowy Riegl VQ-780 II

Lotnicze dane pomiarowe zostały użyte do określenia stanu zdrowotności lasów oraz upraw. Połączenie uzyskanych danych pozwoliło stworzyć klucze fotointerpretacyjne, które posłużyły do sklasyfikowania drzew iglastych na cztery klasy defoliacji oraz uprawy kukurydzy na pięć klas zdrowotności oraz predykcję plonu.

Projekt zakończył się spełnieniem wszystkich założeń i kamieni milowych. Otrzymane wyniki udowodniły, że przyjęta metodyka badań była słuszna. Multisensor wraz z przygotowanymi kluczami fotointerpretacyjnymi nadaje się do wdrożenia komercyjnie jako narzędzia do analizy stanu zdrowotności zarówno drzew jak i upraw.

**POŁĄCZENIE FOTOGRAMETRII I UCZENIA MASZYNOWEGO W
ZASTOSOWANIU DRONÓW DO DZIAŁAŃ POSZUKIWAWCZO-
RATOWNICZYCH**

Wojciech Gruźliński

aeroMind sp. z o.o. sp. k., ul. Piątkowska 112B, 60-649 Poznań

wojciech.gruzlinski@aeromind.pl

Referat opisuje funkcjonalność programu SARUAV stworzonego przez zespół prof. Tomasza Niedzielskiego z Uniwersytetu Wrocławskiego. Program ten wykorzystuje sieci neuronalne i uczenie maszynowe do rozpoznawania postaci ludzkich na zdjęciach lotniczych, a następnie, korzystając z informacji telemetrycznych drona, wykonuje obliczenia aerotriangulacyjne w celu określenia położenia wykrytego człowieka. SARUAV został wprowadzony do komercyjnego użytku i odniósł już pierwszy sukces w pracy ratowników z grupy Bieszczadzkiej GOPR. Dystrybutorem oprogramowania jest Aeromind Sp. z o. o. Sp. k

OCENA DOKŁADNOŚCI PRODUKTÓW GENEROWANYCH NA PODSTAWIE SATELITÓW PROBA-V, SENTINEL-2 I SENTINEL-3 DO MONITOROWANIA KONDYCJI ROŚLIN

Radosław Gurdak

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Zakład Geoinformatyki, Kartografii i Teledetekcji, Instytut Geodezji i Kartografii

radoslaw.gurdak@igik.edu.pl

Teledetekcja satelitarna stanowi nowoczesne narzędzie umożliwiające ocenę danych przestrzennych w terminie zbliżonym do czasu rzeczywistego. Krytyczne kwestie, takie jak rozdzielczość przestrzenna, spektralna i czasowa mogą być głównymi czynnikami ograniczającymi użyteczność teledetekcji do precyzyjnego zarządzania uprawami. W ramach unijnego programu obserwacji Ziemi Copernicus, dostępne są usługi dostarczenia informacji oparte o dane satelitarne oraz dane in-situ. Na potrzeby tego programu uruchomiono zestaw specjalnych satelitów (rodzina Sentinel) i rozpoczęto prowadzenie misji wspomagających (istniejące satelity komercyjne i publiczne m. in. Proba-V). Prace realizowane w ramach projektu Land Products Validation and Characterisation in support to Proba-V, S-2 and S-3 missions, finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną, miały na celu zbadanie precyzji danych pozyskiwanych z pułapu satelitarnego w stosunku do danych uzyskiwanych z pomiarów naziemnych. W ramach projektu przeprowadzono serie kampanii pomiarowych w terenie. Jako obszary badawcze zostały wybrane pola uprawne oraz łąki i mokradła, znajdujące się odpowiednio w powiecie kościańskim i śremskim oraz na terenie Biebrzańskiego Parku Narodowego. Użytki rolne w województwie wielkopolskim zostały włączone do globalnej sieci monitorowania upraw GEO JECAM (Joint Experiment of Crop Assessment and Monitoring).

W latach 2016-2019 odbyły się (co 2 tygodnie) kampanie pomiarowe zsynchronizowane z czasem rejestracji zobrażeń przez satelitę Sentinel-2. Podczas pomiarów pozyskiwana była informacja o: odbiciu spektralnym, pokryciu roślinności (LAI), fAPAR, bilansie węgla, wadze biomasy mokrej i suchej, wilgotności gleby, fazie fenologicznej, zagrożeniach wegetacji, plonach i wzroście biomasy. Porównanie sygnału dochodzącego do sensorów z promieniowaniem elektromagnetycznym rejestrowanym naziemnie wskazuje, że różnice między współczynnikiem odbicia z satelitów a współczynnikiem odbicia z pomiarów in-situ są spowodowane wieloma czynnikami (rodzaj uprawy, etap rozwoju, wysokość, parametry biofizyczne i warunki pomiaru w polu). Jednak generowane wskaźniki roślinności, wyliczone zarówno na podstawie zobrażeń satelitarnych, jak i danych in-situ, charakteryzują się dużą kompatybilnością ze sobą (RMSE=0.04). Na podstawie regresji liniowej pomiędzy wskaźnikami roślinnymi a pomierzonymi punktowo wartościami LAI w terenie, obliczono przewidywane LAI w rozkładzie przestrzennym. Różnice pomiędzy wartościami LAI szacowanymi przy użyciu dostępnych bezchmurnych zobrażeń wynoszą 1-30% w zależności od uprawy i fazy rozwoju. Rezultatem końcowym projektu było opracowanie modeli służących do predykcji wielkości projekcyjnej liści, biomasy oraz plonu. W wyniku przeprowadzenia analizy regresji wielokrotnej utworzono model, wykorzystujący wartości LAI z dwóch kluczowych faz rozwoju zbóż – krzewienia i kłoszenia, pozwalający obliczyć przewidywaną biomasę. Korelacja pomiędzy pomierzoną laboratoryjnie wagą biomasy suchą, a jej wymodelowaną wartością wynosi $r^2=0.93$. Wysoką korelację uzyskano również dla łąk i mokradła na poziomie pomiędzy $r^2=0.43$ a $r^2=0.72$ w zależności od typu zbiorowiska roślinnego oraz okresu wzrostu.

METODYKA POMIARÓW WŁAŚCIWOŚCI SPEKTRALNYCH LISTOWIA DRZEW

Grzegorz Jankowiak

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i
Geologicznych, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego*

grzegorz.jankowiak@amu.edu.pl

Na przykładzie drzew kasztanowca zwyczajnego (*Aesculus Hippocastanum* L.) zaprezentowano metodykę pomiarów spektralnych listowia. Przedstawiono charakterystykę szrotówka kasztanowcowiaczka (*Cameraria Ohridella*), który jest jednym z głównym sprawców defoliacji tych drzew. Przedstawiono sposoby rejestracji i przetwarzania danych wejściowych do przeprowadzenia analiz spektralnych wraz z metodologią. Zaprezentowano aparaturę pomiarową użytą do badań. W szczególności zaprezentowane zostało stanowisko pomiarowe ze spektrometrem Field Spec 3 Pro. Na podstawie zebranych danych opisano relację pomiędzy liśćmi kasztanowca zwyczajnego a żerującym na nich szrotówkiem kasztanowcowiaczkiem w kontekście odpowiedzi spektralnej. We wnioskach wskazano na metody teledetekcyjne jako użyteczne dla rozpoznawania stopnia natężenia infekcji szkodnikiem od momentu jego pojawienia się na drzewach aż do całkowitej nekrozy liścia (tj. całkowitego jego obumarcia). Zwrócono uwagę na istotność pewnych zakresów długości fal (ok. 690nm i ok 750nm) dla oceny stopnia uszkodzeń liścia oraz wskazano, iż specyfika przebiegu krzywych spektralnych może pozwolić na wyznaczenie użytecznego w tym celu wskaźnika wegetacyjnego.

KLASYFIKACJA GATUNKÓW EKSPANSYWNYCH FILIPENDULA ULMARIA I MOLINIA CAERUELA Z WYKORZYSTANIEM DWUETAPOWEGO TRENINGU GŁĘBOKICH SIECI NEURONOWYCH

Marcjanna Jędrych

Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Geoinformatyk

m.jedrych@student.uw.edu.pl

Od kilku lat trwają prace nad opracowaniem skutecznych algorytmów detekcji roślin inwazyjnych i ekspansywnych w siedliskach Natura 2000, wykorzystujących dane teledetekcyjne. O ile dla części gatunków udało się opracować skuteczne metody ich wykrywania, to dla pozostałych wciąż uzyskiwane metryki klasyfikacji nie są dostatecznie dobre. Do tych ostatnich zaliczyć można m.in. bylinę Filipendula ulmaria i trawę Molinia caerulea. Jednocześnie, od prawie dekady obserwuje się szybki rozwój w dziedzinie uczenia głębokiego (Deep Learning), który skupia się na rozwoju systemów uczących, wykorzystujących architektury sieci neuronowych. Dzięki podejściu, które bazuje na hierarchicznym uczeniu się reprezentacji danych przez sieć neuronową, w wielu przypadkach (zwłaszcza przy dużym zestawie wzorców) uczenie głębokie umożliwia uzyskiwanie lepszych rezultatów aniżeli tradycyjne algorytmy uczenia maszynowego [1]. Istnieje wiele rodzajów sieci głębokiego uczenia, które z powodzeniem wykorzystywane są w teledetekcji [2]. Do najbardziej popularnych zalicza się sieci jedno i trzywymiarowe konwolucyjne (Convolutional Neural Networks, CNN), sieci rekurencyjne, sieci gęste (Dense Neural Networks) oraz ich różne odmiany. Nie każdy rodzaj sieci nadaje się jednak do rozwiązania tego samego problemu, a dodatkowo sieci trójwymiarowe wymagają większej ilości danych treningowych. Jedną z coraz częściej stosowanych metod jest również rozbitcie treningu sieci neuronowej na dwie fazy, w trakcie których wykorzystywane są inne architektury sieci neuronowej [3]. W pierwszej fazie (treningu wstępnym) przeprowadza się nienadzorowany trening sieci, której zadaniem jest ekstrakcja cech z danych [4]. W drugiej fazie, bazując na reprezentacjach danych utworzonych w pierwszej fazie dane są w sposób nadzorowany klasyfikowane do zadanych klas. Podejście takie można zrealizować przy wykorzystaniu sieci Convolutional Stack Autoencoder (CSA) do treningu wstępnego, a następnie, wykorzystując jej wytrenowane wagi, opracować architekturę sieci CNN. W ramach przeprowadzonego doświadczenia opracowano metodykę klasyfikacji dwóch roślin ekspansywnych – Filipendula ulmaria i Molinia caerulea za pomocą dwuetapowego treningu sieci neuronowych. Do klasyfikacji wykorzystano dane hiperspektralne – zdjęcie lotnicze wykonane za pomocą sensora HySpex w lipcu 2016, przedstawiające siedlisko Natura 2000 Dolina Krasnej. Na podstawie danych przygotowano zestaw treningowy, składający się z 68625 wzorców należących do 9 klas. Aby wykonać klasyfikację danych opracowane zostały dwie architektury sieci neuronowych – sieć CSA, składająca się z 4 warstw konwolucyjnych (w tym dwie w części kodującej i dwie w części dekodującej sieci), po których występowały warstwy normalizacyjne (Batch Normalization), służące zapobieganiu przetrenowaniu sieci. Następnie, po wytrenowaniu sieci CSA, opracowano architekturę sieci CNN, w której pierwsze warstwy odpowiadały warstwom części kodującej CSA, a po których umieszczono jedną warstwę w pełni połączoną ze 128 neuronami oraz warstwę klasyfikacyjną. Warstwom konwolucyjnym sieci CNN przypisano wagi wyuczone w trakcie treningu sieci CSA, i w dalszej kolejności dokonano procedury treningu pozostałych warstw, wykorzystując w tym celu 70% wzorców zestawu treningowego. Tak przygotowanym modelem sklasyfikowano zestaw walidacyjny, stanowiący 30% zestawu treningowego. Opisana procedura powtórzona została 20 razy, aby uzyskać obiektywne,

niezależne od zestawu danych wykorzystanych do treningu. Mediana wyników uzyskanych ze wszystkich klasyfikacji wyniosła dla gatunku *Filipendula ulmaria* 0,81 dla dokładności producenta, 0,9 dla dokładności użytkownika i 0,85 dla miary F1, natomiast w przypadku gatunku *Molinia caerulea* odpowiednio 0,84, 0,77 i 0,81. Dodatkową zaletą klasyfikacji była jej szybkość – dzięki treningowi warstw konwolucyjnych w ramach treningu sieci CSA, trening był dużo szybszy aniżeli w przypadku zwykłych sieci konwolucyjnych, w których wszystkie warstwy trenowane są jednocześnie. Porównując uzyskane rezultaty z dostępną literaturą, wyniki dla gatunku *Molinia caerulea* były podobne do wyników uzyskanych przez Marcinkowską-Ochtyrę [5] – autorka dla danych z jednego sezonu uzyskała w klasyfikacji Random Forest wartość statystyki F1 0,72 dla danych z czerwca, 0,84 dla danych z sierpnia oraz 0,75 dla danych z września; wyższe wyniki odnotowała natomiast dla klasyfikacji wykonanej na danych będących fuzją danych LiDAR oraz danych hiperspektralnych. W przyszłych badaniach planowane jest wykorzystanie opracowanej metodyki do klasyfikacji serii czasowej, będącej fuzją trzech zdjęć siedliska Natura 2000, pochodzących z czerwca, lipca i sierpnia, a także dla danych po redukcji wymiarowości z wykorzystaniem algorytmu MNF.

Literatura

- [1] LeCun Y., Bengio Y., Hinton G., 2015. Deep Learning. *Nature* 521 (7553): 436-444.
- [2] Ma L., Liu Y., Zhang X., Ye Y., Yin G., Johnson B., 2019. Deep learning in remote sensing applications: A meta-analysis and review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 152: 166-177.
- [3] Erhan D., Courville A., Bengio Y., Vincent P., 2010. Why Does Unsupervised Pre-training Help Deep Learning? *Proceedings of the Thirteenth International Conference on Artificial Intelligence and Statistics*, PMLR 9:201-208.
- [4] Li W., Fu H., Yu L., Gong P., Feng D., Li C., Clinton N., 2016. Stacked Autoencoder-based deep learning for remote-sensing image classification: a case study of African land-cover mapping, *International Journal of Remote Sensing*, 37:23, 5632-5646.
- [5] Marcinkowska-Ochtyra, A., Jarocińska, A., Bzdęga, K., Tokarska-Guzik, B. 2019., Classification of Expansive Grassland Species in Different Growth Stages Based on Hyperspectral and LiDAR Data. *Remote Sens.*, 10: 2019:2041. Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2018-2022 jako projekt badawczy w ramach programu pod nazwą „Diamentowy Grant”. Numer projektu 0174/DIA/2018/47.

WYKORZYSTANIE DANYCH SATELITARNYCH W ZARZĄDZANIU ZIELENIA MIEJSKĄ

Maciej Jurzyk, Jerzy Teisseyre

CloudFerro sp. z o.o.

mjurzyk@cloudferro.com, jteisseyre@cloudferro.com

Dynamiczny rozwój miast zarówno pod względem populacji jak i przestrzeni spowodował intensyfikację zjawiska Powierzchniowej Miejskiej Wyspy Ciepła w strefach zurbanizowanych na całym świecie. Negatywne skutki wzrostu notowanych temperatur dotyczą zarówno zdrowia ludności oraz aspektów ekonomicznych. Celem pracy było wypracowanie metodyki użytecznej w zarządzaniu przestrzenią miejską z wykorzystaniem danych satelitarnych serii Sentinel oraz termalnych Landsat-8. W niniejszej pracy wykorzystano dostęp do danych w portalu CREODIAS. Zidentyfikowano obszary kluczowe w zmniejszaniu intensywności zjawiska powierzchniowej miejskiej wyspy ciepła. Odpowiednie przetworzenie danych przestrzennych pozwoliło na wyodrębnienie obszarów o największym nasileniu zjawiska Powierzchniowej Miejskiej Wyspy Ciepła przy jednoczesnym niskim udziale fotosyntezy i biomasy oraz wysokiej gęstości ludności. Wykonana analiza pozwoliła na zaproponowanie wskaźnika teledetekcyjnego DGNI (ang. Density Green Need Index), który wskazuje obszary wymagające zwiększenia udziału terenów zieleni miejskiej w celu schłodzenia miejskiego mikroklimatu. Opracowana metodyka została zaimplementowana w JupyterHub portalu CREODIAS, co pozwala na szeroką implementację w wielu miastach na całym świecie.

Słowa kluczowe: Sentinel, Copernicus, Landsat8, NDVI, LST, Miejska powierzchniowa wyspa ciepła, GIS.

ZASTOSOWANIE POMIARÓW FOTOGRAMETRYCZNYCH PROWADZONYCH Z DRONÓW DO ANALIZY ROZWOJU DELT W NIZINNYCH ZBIORNIKACH RETENCYJNYCH

Maciej Kossowski¹⁾, Małgorzata Frydrych²⁾, Zbigniew Rdzany²⁾

¹⁾ *Firma Drony w Praktyce*

²⁾ *Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych, Katedra Geografii Fizycznej*

kossowski-maciej@wp.pl, malgorzata.frydrych@geo.uni.lodz.pl,
zbigniew.rdzany@geo.uni.lodz.pl

Badanie współczesnych procesów rzeźbotwórczych wymaga technik umożliwiających wykonywanie pomiarów o znacznej dokładności oraz w odpowiednich przedziałach czasowych. Badania zmienności w morfologii danych form wykonuje się najczęściej na podstawie porównywania wielkoskalowych map hipsometrycznych i zdjęć lotniczych. Metody te nie są jednak wystarczające do analizy zmian w stosunkowo krótkim czasie z racji znacznych odstępów pomiędzy wykonywanymi nalotami nad większością terytorium Polski. Nie umożliwiają również dokonania pomiarów w istotnych dla celu badawczego momentach, np. związanych z czynnikami pogodowymi, sytuacją hydrologiczną, działalnością człowieka. Warunki takie spełniają natomiast badania fotogrametryczne prowadzone z dronów.

Podjęte badania mają na celu określenie przydatności pomiarów fotogrametrycznych prowadzonych z dronów do analizy rozwoju delt w nizinnych zbiornikach retencyjnych na przykładzie zbiornika Sulejowskiego. Bardzo ważnym procesem zachodzącym podczas funkcjonowania zbiorników jest akumulacja materiału transportowanego przez rzeki. Na skutek sedymentacji osadu powstają delty, których rozwój umożliwia sukcesję roślinną a w efekcie zarastanie górnych odcinków zbiorników. Progradacja delty wpływa również na zmiany pojemności zbiorników co z czasem odbija się na ich zdolnościach retencyjnych. Kontrolowanie przepływu na rzekach oraz stanu wód zbiorników retencyjnych powoduje czasowe odsłanianie się części ich dna. Wykonywanie nalotów dronami podczas różnych stanów wód pozwala na analizę zmienności szczegółów morfologii delt w wybranych odcinkach czasu np. w sezonie letnim oraz porównania ich charakterystyk pomiędzy wybranymi sezonami.

Metodyka wykonywania pomiarów fotogrametrycznych dla celu analizy delt zbiorników wodnych opiera się na prakseologii pomiarów geodezyjnych i technicznych. Cały proces składa się z kilku etapów, których wynikiem jest Numeryczny Model Terenu (NMT) możliwy do przekształcenia w kartometryczną ortofotomapę. Charakterystyka badanego obszaru (teren podmokły) praktycznie uniemożliwia użycie fotopunktów (GCP) na jego powierzchni dlatego by zapewnić możliwie wysoką precyzję pomiaru został użyty dron z funkcją RTK, wyposażony w odbiornik GNSS umożliwiający pozyskiwanie danych korekcyjnych online ze stacji referencyjnych w trakcie przeprowadzanego lotu. Użycie dronów do celów badań fotogrametrycznych daje szansę na przeprowadzanie pomiarów z zakładaną częstotliwością o ile nie wystąpią czynniki determinujące przerwanie prac. Kwestie ograniczające to najczęściej temperatura poniżej 0°C, porywisty wiatr >35km/h oraz opady deszczu. Dotychczasowa praktyka wykonywania pomiarów na obszarze delty Zalewu Sulejowskiego pozwoliła zebrać szczegółowe dane z obszaru około 1 km² podczas jednego nalotu trwającego około dwie godziny. Szczegółowość jaką uzyskaliśmy prowadząc pomiary na wysokości 120 m wyniosła około 3,3 cm/pixel co w porównaniu z zastosowaniem dostępnych map cyfrowych tego obszaru daje znaczny wzrost jakościowy. Dane o wysokiej rozdzielczości uzyskane z pomiarów

dronami umożliwiając przeprowadzenie dokładnej inwentaryzacji zarówno form stałych (wyspy porośnięte roślinnością, koryta) jak i form okresowo zalewanych (łachy piaszczyste, nieustabilizowane) w różnych okresach czasowych.

DZIENNA I SEZONOWA ZMIENNOŚĆ PODOBIENSTWA BLOKÓW ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Sławomir Królewicz

*Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Nauk Geograficznych i
Geologicznych, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego*

skrol@amu.edu.pl

Podobieństwo bloku zdjęć lotniczych zdefiniowano jako średnią korelację ze wszystkich korelacji obrazowych całego zbioru zdjęć. Bloki zdjęć symulowano przygotowanym oprogramowaniem (Symulatorem zdjęć lotniczych) nad czterema obszarami.

Symulowanie wykonywania bloków zdjęć lotniczych odbywa się na podstawie tradycyjnego porządku wykonywania równoległych szeregów o określonym pokryciu poprzecznym - między szeregami oraz podłużnym - między zdjęciami. Zmienność modelowanych zjawisk dokonywana jest z uwzględnieniem biegnącego czasu. Nalot symulowany jest nad zdefiniowanym obszarem testowym złożonym z tzw. powierzchni elementarnych określonych geometrycznie przez fragment skorygowanego radiometrycznie i atmosferycznie obrazu satelitarne (Landsat) oraz odpowiadającego mu zasięgiem modelu wysokościowego pokrycia terenu (SRTM). Kształt obszaru testowego jest regularny i odpowiada ilości pikseli/powierzchni elementarnych ułożonych w macierz. Jasność powierzchni elementarnej, odpowiadającej pikselowi, jest w oparciu o zdefiniowany układ optyczny (ogniskowa), na podstawie współczynnika odbicia (obraz satelitarne) odpowiednio zmodyfikowanego przez wystawę i nachylenie stoku oraz warunki oświetlenia czyli pozycję horyzontalną i wertykalną Słońca. W obliczeniach wykorzystywany jest kalkulator słoneczny, model winietowania (naturalnego), prosty model określania drogi statku powietrznego poruszającego się po łuku, model dwukierunkowego odbicia spektralnego oraz model rozpraszania światła w atmosferze (jako dodatkowa składowa formująca obraz).

W ramach prezentacji zostaną zaprezentowane wyniki dwóch eksperymentów, dotyczących dobowej i rocznej zmiany podobieństwa. Eksperyment dotyczący rocznej zmienności średniej korelacji bloku przeprowadzono tylko dla zakresu panchromatycznego, trzech wybranych ogniskowych (50, 90 i 150 [mm] oraz jednego ustawienia pokrycia między zdjęciami (60x40%, podłużne, poprzeczne). Wybrany ogniskowy odpowiadały następujące wysokości fotografowania: 748, 1376 i 2245 [m]. Przyjęto kwadratowy kształt ramki zdjęcia. Początek fotografowania przyjęto na godzinę 11:00, aby móc porównać przebiegi z całego roku. Obliczenia wykonano dla następujących dat w odstępach 15 dniowych. Łącznie wykonano 288 symulacji nalotów zdjęć lotniczych. Eksperyment dotyczący dziennej zmienności średniej korelacji bloku przeprowadzono dla zakresu panchromatycznego, czterech obszarów badawczych, jednej ogniskowej - 90 [mm], kwadratowej ramki zdjęcia, pięciu ustawień pokrycia między zdjęciami (10x10%, 20x20%, 40x40%, 60x40% i 60x60%, podłużne, poprzeczne). Zastosowano jedną ogniskową 90 [mm] oraz kwadratową ramkę zdjęcia. Obliczenia przeprowadzono dla 22 czerwca, od godziny 7:00 do 19:00 (początek fotografowania). Godziny określano według czasu lokalnego. Łącznie wykonano obliczenia dla 260 przypadków kombinacji ustawień wymienionych parametrów.

Przebiegi podobieństwa, zarówno dobowe jak sezonowe, generalnie nawiązują do zmian warunków oświetlenia oraz do wielkości ogniskowej układu optycznego. W mniejszym stopniu zróżnicowanie przebiegu związane jest pokryciem między zdjęciami i właściwościami pokrycia terenu fotografowanego obszaru.

OKREŚLANIE PORZUCONYCH GRUNTÓW ROLNYCH NA TERENACH MIEJSKICH Z WYKORZYSTANIEM OBRAZÓW SENTINEL 2

Sławomir Królewicz, Barbara Maćkiewicz, Paweł Motek, Juan José Ruiz Lendínez, Tadeusz
Stryjakiewicz

Wydziału Geografii Społeczno-Ekonomicznej i Gospodarki Przestrzennej

skrol@amu.edu.pl, barbara.mackiewicz@amu.edu.pl

Podczas gdy obecnie wiele miast na świecie stosuje rolnictwo miejskie jako strategiczne narzędzie zrównoważonego rozwoju, w Polsce potrzeba ochrony rolnictwa i użytkowania gruntów rolnych na obszarach miejskich nie została dotychczas uznana. Według danych katastralnych udział tego typu gruntów w największych polskich miastach jest nadal wysoki (około 1/3 ich całkowitej powierzchni). Jednocześnie grunty rolne w granicach miast postrzega się przede wszystkim jako rezerwowe tereny inwestycyjne. W niniejszym badaniu postawiono tezę, że rzeczywisty udział gruntów rolnych w przestrzeni polskich miast jest znacznie niższy. Na przykładzie miasta Poznania oceniono stopień zaniechania uprawy gruntów, które w EGiB są sklasyfikowane jako grunty orne. W tym celu wykorzystano zdjęcia satelitarne – Sentinel 2 A/ B 2018 r. Stwierdzenia zaniechania uprawy lub kontynuacji dokonano na podstawie zmienności wskaźnika NDV, dla 14 terminów od lutego do listopada, wykorzystując do redukcji danych analizę głównych składowych, a następnie klasyfikację nienadzorowaną pierwszych 5 komponentów głównych. Uzyskane wyniki skontrolowano na podstawie 50 powierzchni kontrolnych. Uzyskane wyniki porównano z rzeczywistymi danymi pozyskanymi z Ewidencji Gruntów i Budynków dotyczącymi użytkowania gruntów rolnych, Google Earth oraz Miejscowymi Planami Zagospodarowania Przestrzennego. Badanie wykazało, że 2 590 ha (43%) gruntów ornych położonych w granicach miasta jest porzuconych, co stanowi około 9% powierzchni miasta.

KLASYFIKACJA POKRYCIA TERENU S2GLC

Stanisław Lewiński, Radosław Malinowski, Ewa Gromny, Marcin Rybicki, Małgorzata Jenerowicz, Cezary Wojtkowski, Michał Krupiński, Marcin Krupiński, Marek Ruciński

Centrum Badań Kosmicznych PAN, Zakład Obserwacji Ziemi

stlewinski@cbk.waw.pl

W ramach referatu zostanie przedstawiona metoda oraz wyniki uzyskane z zastosowaniem podejścia klasyfikacyjnego S2GLC. Klasyfikacja S2GLC została opracowana w CBK PAN w ramach projektu „Sentinel-2 Global Land Cover” finansowanego przez Europejską Agencję Kosmiczną (ESA), realizowanego w latach 2016-2019. Jego celem było zaproponowanie i demonstracja metody klasyfikacji form pokrycia terenu na podstawie zdjęć satelitarnych Sentinel-2, którą można zastosować do kartowania w tzw. skali globalnej czyli całej Ziemi. Spełnienie tych warunków wymagało opracowania metody o bardzo wysokim stopniu automatyzacji, działającej bez konieczności ingerencji interpretatora na wszystkich etapach analizy danych obrazowych.

Metoda S2GLC bazuje na zasadach klasyfikacji nadzorowanej z zastosowaniem klasyfikatora random forest (RF). Jej unikalność polega na wykorzystaniu istniejących baz danych jako źródła danych treningowych oraz na zastosowaniu podejścia polegającego na agregacji pojedynczych klasyfikacji zobrazowań wieloczasowych w celu uzyskania końcowego wyniku klasyfikacji. Dane satelitarne są przetwarzane z zastosowaniem oprogramowania opracowanego w CBK PAN.

Przyjęty sposób postępowania polega na klasyfikacji serii zdjęć Sentinel-2, od 10 do 20 zdjęć, zarejestrowanych w okresie jednego roku (wiosna, lato, zima). Poszczególne zdjęcia są klasyfikowane osobno z wykorzystaniem danych treningowych, których lokalizacja jest wyznaczana na podstawie istniejących baz danych. W tym celu mogą być wykorzystane bazy danych o rozdzielczości przestrzennej niższej niż rozdzielczość zdjęć Sentinel-2. Nie jest to zgodne z tradycyjnym podejściem klasyfikacyjnym, ale uzyskanie poprawnych wyników jest możliwe poprzez losowy dobór pikseli treningowych oraz ich filtrację.

Po wykonaniu klasyfikacji klasyfikatorem RF z każdym pikselem obrazu klasyfikacyjnego jest powiązane prawdopodobieństwo rozpoznania klasy. Informacja ta jest wykorzystana w procesie agregacji, w toku którego jest określany końcowy wynik klasyfikacji serii danych wieloczasowych. Integralną częścią opracowanej metody jest tzw. post-processing. Jest to zestaw zasad postępowania, których zadaniem jest eliminacja części typowych błędów klasyfikacyjnych wynikających najczęściej z podobieństw spektralnych, trudnych do uniknięcia na etapie właściwej klasyfikacji.

W pierwszej fazie projektu możliwość wykorzystania metody S2GLC w skali globalnej została praktycznie sprawdzona na przykładzie klasyfikacji Niemiec, Włoch oraz podobnie dużych obszarów testowych zlokalizowanych w Chinach, Namibii oraz Kolumbii. Uzyskane wyniki spowodowały podjęcie przez ESA decyzji o przedłużeniu projektu. W drugiej fazie projektu sklasyfikowano Europę (kraje UE) na podstawie zdjęć z roku 2017 oraz korzystając z europejskich baz danych CORINE LC oraz High Resolution Layers. W grudniu 2020 na zlecenie Polskiej Agencji Kosmicznej sklasyfikowano tą samą metodą zdjęcia Sentinel-2 z roku 2020 obrazujące terytorium Polski.

ANALIZA PRĘDKOŚCI LODOWCA JAKOBHAVN W OPARCIU O SATELITARNE ZOBRAZOWANIA RADAROWE

Magdalena Łukosz ¹⁾, Ryszard Hejmanowski ¹⁾, Wojciech Witkowski ¹⁾

¹⁾ *Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,*

lukosz@agh.edu.pl, hejman@agh.edu.pl, wwitkow@agh.edu.pl

Uchodzące do morza lodowce, położone przede wszystkim na Grenlandii czy Antarktydzie, znacząco przyczyniają się do globalnego wzrostu poziomu mórz i oceanów. Wraz z ciągle postępującym procesem globalnego ocieplenia, zjawisko to przybiera na sile. Obserwowanie obszarów glacialnych, w tym zmian lodowców różnego typu jest z tego powodu coraz ważniejszym zagadnieniem w badaniach naukowych. Z pomocą w monitorowaniu tych rejonów przychodzą narzędzia teledetekcyjne. Ich rozwój umożliwił dokładne monitorowanie odległych obszarów w niewielkich odstępach czasowych. Niniejsze badania skupiają się na wykorzystaniu satelitarnych obrazowań radarowych pochodzących z misji Sentinel-1 Europejskiej Agencji Kosmicznej rozwijanej w ramach programu Copernicus, do określenia prędkości ruchu lodowca Jakobshavn na Grenlandii. Ponadto otrzymane wyniki porównano z istniejącą niezależną bazą danych dotyczącą ruchów lodowców: MEaSURES (Making Earth System Data Records for Use in Research Environments). Do wyznaczenia przemieszczeń lodowca Jakobshavn wykorzystano metodę Offset-Tracking, bazującą na poszukiwaniu obszarów o podobnej intensywności odbicia wiązki radarowej. Dzięki tej metodzie obliczeniowej eliminowane są problemy związane z brakiem koherencji w obszarach dynamicznie zmieniających się, które mogą stanowić wyzwanie dla interferometrii radarowej, opartej o analizę zmiany fazy fali emitowanej przez radar. Pomiar prędkości na wybranym poligonie badawczym zostały wykonane w 3 różnych okresach: luty i sierpień 2017 oraz styczeń 2021. Wybrane okresy badawcze różniły się również bazą czasową wykorzystaną do obliczeń, która wyniosła kolejno: 24, 30 oraz 6 dni. Dzięki temu możliwe było zaobserwowanie wpływu długości bazy czasowej na jakość pozyskiwanych wyników. Prezentowane w bazie MEaSURES wyniki pozyskiwane są w ramach projektu GIMP (Greenland Ice-sheet Mapping Project), koordynowanego przez NASA. Prędkości w analizowanej bazie danych wyznaczone są za pomocą techniki InSAR w oparciu o obrazowania wysokorozdzielczych bliźniaczych satelitów TerraSAR-X oraz TanDEM-X i dostarczają informacji do grudnia 2019 r. Porównanie prędkości lodowca Jakobshavn wyznaczonych na podstawie dwóch sensorów wykazało, że obrazowania misji Sentinel-1 nadają się do monitorowania obszarów glacialnych. Niższa rozdzielczość obrazowań, w porównaniu do danych TerraSAR-X/TanDEM-X, wpłynęła natomiast na gorszą jakość danych ilościowych. Pozyskane wyniki wskazują, że w miesiącach letnich czoło lodowca ulega cofnięciu, ale jego prędkości wzrastają w stosunku do okresu zimowego. Wartości przemieszczeń wzrastają w kierunku ujścia lodowca do zatoki. Co więcej, wykonane wykresy korelacyjne porównujące wyniki z satelitów Sentinel-1 oraz bazy MEaSURES wykazują, że wraz ze skróceniem okresu obliczeniowego otrzymywane są bardziej precyzyjne wyniki przy wykorzystaniu metody Offset-Tracking. Dla najkrótszego okresu obliczeniowego otrzymano najwyższy współczynnik korelacji (R^2), który wyniósł 0,78. Niniejsze badania wskazują, że zastosowanie obrazowań radarowych na obszarach lodowców może posłużyć dokładnemu monitorowaniu zmian w pokrywie lodowcowej na świecie. Nadają się do tego celu także regularnie obrazujące sensory i ich bezpłatnie dostępne produkty.

TELEDETEKCYJNA METODA OCENY SIEDLISK LEŚNYCH – badania wstępne

ADAM MŁYNARCZYK¹

¹mgr inż., [Pracownia Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa](#), Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Teledetekcja wykorzystująca dane pozyskiwane z pomocą bezzałogowych statków powietrznych znajduje szerokie zastosowanie w badaniu siedlisk leśnych stanowiąc alternatywę dla dotychczasowych metod badawczych. Możliwość interpretacji uzyskanych w ten sposób zdjęć zależy głównie od zastosowanego czujnika pomiarowego oraz użytego oprogramowania do postprocessingu..

Przedstawione badania dotyczą możliwości wykorzystania metod teledetekcyjnych do oceny siedlisk leśnych z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych jako uszczegółowienie zdjęć satelitarnych. Na potrzeby opracowania zaplanowano i wykonano naloty nad powierzchnią doświadczalną zlokalizowaną w puszczy Zielonka. Zdjęcia wykonano kamerą RGB i kamerą wielospektralną. Na podstawie zdjęć lotniczych oraz obliczonych ortofotomap oraz dokonano oceny siedlisk leśnych porównując je z wyznaczonymi metodami tradycyjnymi. Wstępne wyniki przeprowadzonym badań ukazują możliwość oceny siedlisk leśnych przy użyciu danych z dronów w zależności w zakresie zależnym od użytego czujnika. Wykorzystując powszechnie używany wskaźnik roślinny, stwierdzono możliwość jego powiązanie z cechami gleb siedlisk leśnych.

Słowa kluczowe

teledetekcja, dron, siedliska leśne,

WERYFIKACJA DOBOWEGO WSKAŹNIKA POGODY POŻAROWEJ FWI DLA POLSKI

Marta Milczarek ¹⁾, Marek Ruciński ¹⁾, Marcin Krupiński ¹⁾, Edyta Woźniak ¹⁾

¹⁾ *Centrum Badań Kosmicznych Polskiej Akademii Nauk*

mmilczarek@cbk.waw.pl

Monitoring warunków sprzyjających rozwijaniu się pożarów jest coraz bardziej istotny w warunkach zmian klimatu i stopniowego podnoszenia się temperatur, które mogą prowadzić do częstszych naturalnych lub wywołanych przez człowieka pożarów na terenie Polski.

Wykorzystanie uznanego międzynarodowo kanadyjskiego modelu pogody pożarowej FWI (Fire Weather Index) i włączenie automatycznie generowanych map rozkładu FWI do portalu obserwacji Ziemi na potrzeby zarządzania kryzysowego jest krokiem w kierunku wzbogacenia wiedzy odpowiednich służb i instytucji na temat aktualnych warunków panujących na terenie kraju.

Wskaźnik FWI od kilku lat jest stosowany m.in. w europejskim monitoringu zagrożeń pożarowych dostępnym jako jedna z usług programu Copernicus na portalu Europejskiego Systemu Informacji o Pożarach Lasów (EFFIS). Algorytm zmodyfikowany w CBK PAN różni się danymi wejściowymi, ponieważ użyto polskich danych meteorologicznych i satelitarnych udostępnionych przez IMGW-PIB zamiast regionalnych (europejskich) modeli meteorologicznych. Takie podejście pozwoliło na zwiększenie rozdzielczości przestrzennej wynikowej informacji z 8-10 km do 1 km, a tym samym umożliwi spojrzenie na zagrożenie w skali lokalnej. Wskaźnik prezentuje sześć klas zagrożenia: bardzo niskie, niskie, umiarkowane, wysokie, bardzo wysokie, ekstremalne. Publikowany jest w dwóch odsłonach: dobowej i godzinnej w Systemie Obsługi Klienta portalu Sat4Envir w części przeznaczony tylko dla instytucji sektora bezpieczeństwa, ratownictwa i zarządzania kryzysowego.

Weryfikację wiarygodności uzyskiwanych map wskaźnika FWI dla Polski w ujęciu dobowym przeprowadzono przy użyciu danych referencyjnych: wartości zagrożenia pożarowego publikowanego przez Instytut Badawczy Leśnictwa oraz wartości wskaźnika FWI dostępnego na portalu EFFIS programu Copernicus. Wstępne wyniki weryfikacji wykazały zgodność z danymi z IBL na poziomie 91,5%, a z danymi EFFIS 90,8%.

ANALIZA KLAS ZABUDOWY W STREFACH ZURBANIZOWANYCH Z WYKORZYSTANIEM ZDJĘĆ RADAROWYCH

Joanna Pluto-Kossakowska ¹⁾, Joanna Giczan ¹⁾

¹⁾ *Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii*

joanna.kossakowska@pw.edu.pl, joanna.giczan.stud@pw.edu.pl

Przedmiotem referatu są badania przeprowadzone na zdjęciach radarowych o różnych długościach fali i polaryzacjach w celu określenia możliwości wyznaczania klas zabudowy w terenach zurbanizowanych. Zakres badań obejmował detekcję i analizę klas zabudowy pod względem struktury, zagęszczenia i ciągłości z wykorzystaniem metod przetwarzania danych radarowych Sentinel-1 i ICEYE na przykładzie miasta Gdańsk. Wykorzystane metody przetworzeń zobrazowań radarowych to badanie tekstury poprzez wyznaczenie zmiennych macierzy współwystępowania poziomów szarości (Grey-Level Co-occurrence Matrix - GLCM). Na podstawie obliczonych miar statystycznych określających charakter tekstury przeprowadzono klasyfikację nadzorowaną. Jako dane referencyjne wykorzystano klasy obiektów zdefiniowane w bazie danych Urban Atlas. Rezultatem badań jest porównanie wyników identyfikacji klas zabudowy na danych z sensorów Sentinel-1 (długość fali C, polaryzacje VV, VH) oraz ICEYE (długość fali X, polaryzacja VV). Określenie potencjału takich danych w powyższym zakresie jest istotne z punktu widzenia m.in. aktualizacji bazy danych Urban Atlas czy wyznaczenia kategorii zabudowy w obszarach miejskich.

ARCHEOLOGICZNO-GEOGRAFICZNE WYMIARY TELEDETEKCJI LOTNICZEJ: PARĘ REFLEKSJI

Włodzimierz Rączkowski

Wydział Archeologii UAM

wlodekra@amu.edu.pl

Archeologia i geografia spotykają się na wielu płaszczyznach badawczych i w podobny sposób rozwiązują niektóre problemy. Jednym z takich pól jest teledetekcja lotnicza i satelitarna, kiedyś obejmująca tylko zdjęcia lotnicze. Jednym z głównych zastosowań zdjęć lotniczych było tworzenie map, a w kontekście stanowisk archeologicznych planów rozmieszczenia obserwowanych na zdjęciach lotniczych relikwów przeszłości. Sposób podejścia do treści zdjęć (też lotniczych) wpisywał się od początku (druga połowa XIX wieku i początek XX wieku) w kulturowe ich postrzeganie, pojmowanie jako istotnego nośnika informacji o otaczającym nas świecie. W drugiej połowie XX wieku takie myślenie zostało zakwestionowane zarówno w psychologii kognitywnej, jak i filozofii. W archeologii zaowocowało to namysłem nad rolą ‘interpretacji’. Czy ta dyskusja nawiązywała do istniejącego wcześniej w geografii terminu ‘klucz interpretacyjny’? Czy nowa refleksja filozoficzna znalazła odbicie w praktykach wykorzystywania zdjęć lotniczych (i później obrazów satelitarnych) w geografii? Czym współcześnie owocuje dyskurs nad fotografią zapoczątkowany pod koniec XX wieku? Czy obecny rozwój nowoczesnych technologii pozyskiwania, obróbki i analizy obrazów prowadzi do wyeliminowania wątpliwości podniesionych przez filozofię postmodernistyczną?

MONITORING TELEDETEKCYJNY AWARII KOLEKTORA POD DNEM WISŁY W WARSZAWIE

Marcin Spiralski

Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Lotnictwa

marcin.spiralski@ilot.edu.pl

W pracy przedstawiono monitoring teledetekcyjny wód ściekowych w trakcie awarii kolektora pod dnem Wisły w Warszawie. Monitoringu dokonano na przełomie sierpnia i września 2019 w dwóch momentach czasowych. Zobrazowania pozyskano przy użyciu BSP oraz zamontowanych na nich kamer wielospektralnych jak i wysokorozdzielczych RGB. Dane posłużyły do detekcji kierunku rozpraszania się wód, analizy przydatności wskaźników teledetekcyjnych i innych operacji arytmetycznych. Wśród wykorzystanych wskaźników znalazły się m.in. NDTI czy stosunek kanału czerwonego oraz NIR. Ponadto, dokonano detekcji zastoisk w dole rzeki, na odcinku oddalonym o kilka km od miejsca zrzutu. Do tego celu wykorzystano klasyfikację obiektową (GEOBIA). W pracy wykazano przydatność kanałów czerwonego, zielonego oraz NIR przy monitoringu tego typu wycieków. Ponadto, pokazano przydatność oznaczania zastoisk na dalszym odcinku rzeki z wykorzystaniem wysokorozdzielczych zobrazowań RGB.

ZASTOSOWANIE TELEDETEKCJI SATELITARNEJ W OCENIE DOKŁADNOŚCI POMIARÓW TEMPERATURY POWIERZCHNIOWEJ WODY

Katarzyna Szkwarek, mgr inż. Agnieszka Wochna, dr hab. Dariusz Borowiak, dr hab. Jacek
Urbański

Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii

kasia@szkwarek.pl,

Tematem badań jest zastosowanie teledetekcji satelitarnej w ocenie dokładności pomiarów temperatury powierzchniowej wody Jeziora Raduńskiego Górnego. Celem pracy jest weryfikacja dokładności pomiarów satelitarnych na podstawie danych uzyskanych z pomiarów in situ wykonywanych na posterunkach referencyjnych usytuowanych na Jeziorze Raduńskim Górnym. Na potrzeby pracy uzyskano dane ze zdjęć satelitarnych z satelity Landsat 8 oraz dane z pomiarów temperatury z trzech stacji referencyjnych Stacji Limnologicznej UG w Borucinie: przy brzegu, na tratwie znajdującej się 60 m od brzegu oraz przy boi pomiarowej znajdującej się nad jednym z głębozców jeziora. Analiza obejmowała: (i) wyizolowanie danych z codziennych pomiarów z trzech stacji referencyjnych, (ii) przetworzenie danych uzyskanych ze zdjęć satelitarnych, (iii) dopasowanie danych na podstawie czasu i daty wykonania pomiaru, (iv) opracowanie na ich podstawie modeli opisujących zależności statystyczne pomiędzy danymi satelitarnymi oraz danymi pomierzonymi in situ na posterunkach referencyjnych, wyznaczenie współczynnika determinacji, ujawnionych zależności statystycznych. Zakres badań obejmował zobrażenia satelitarne wykonywane przez satelitę Landsat 8 w latach 2013 – 2020.. Przeprowadzona analiza pokazała, że: Najwyższa korelacja danych satelitarnych oraz danych in situ została uzyskana na stacji referencyjnej na głębozku z danych w okresie jednego dnia od zobrażenia satelitarnego i wynosiła 0,967; Na pozostałych dwóch stacjach referencyjnych (tratwa oraz brzeg) największe wartości korelacji danych odnotowano o godzinie 12:00 UTC; Na zestawieniu zależności statystycznych pomiędzy temperaturą powierzchniową wody uzyskaną ze zdjęć satelitarnych oraz z pomiarów na stacji referencyjnej usytuowanej na Głębozku, przy uwzględnieniu różnic czasowych wykonania pomiarów (1 dzień oraz 2 dni) wystąpił znaczny spadek wartości współczynnika determinacji (spadek z wartości 0,967 do 0,865). W pracy porównano temperaturę ze stacji pomiarowych ze średnią temperaturą wody całego jeziora uzyskaną ze zdjęć satelitarnych Landsat 8. Największe dopasowanie wystąpiło przy zależności danych ze stacji na głębozku oraz średniej temperatury wody całego jeziora.

**TELEDETEKCYJNA METODA OCENY MIESZANIA SIĘ WÓD RZECZNYCH W
STREFIE UJŚCIA DO ZBIORNIKA NA PRZYKŁADZIE UJŚCIA CYBINY DO
JEZIORA SWARZĘDZKIEGO**

Remigiusz Tritt^{1*}, Adam Młynarczyk²

¹ *Mgr Inż., Katedra Turystyki i Rekreacji, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,*

Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

² *Mgr Inż., Pracownia Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa, Wydział Nauk*

Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

**remigiusz.tritt@amu.edu.pl*

Dla rozpoznania funkcjonowania jezior przepływowych istotne jest określenie zasięgu mieszania się wód rzecznych z wodami zbiornika. Jest to szczególnie trudne w przypadku jezior, przez które przepływają rzeki charakteryzujące się niewielkimi wartościami przepływu. Należy spodziewać się, że prądy przepływowe sięgają w nich jedynie wąskiej strefy przylegającej do ujścia rzeki do jeziora. Dlatego duże znaczenie ma wybór właściwej metody pomiarowej. Wody cieków mają na ogół inny skład chemiczny i różne parametry fizykochemiczne w stosunku do wód jezior, dlatego w celu określenia zasięgu rzeki w jeziorze i scharakteryzowania mieszania się wód można wykonywać pomiary temperatury, przewodności elektrolitycznej oraz stężeń wybranych

WYKORZYSTANIE WYSOKOROZDZIELCZYCH CYFROWYCH MODELI TERENU DO ROZPOZNANIA OBSZARÓW PRZEOBRAŻONYCH NA SKUTEK BOMBARDOWAŃ Z OKRESU II WOJNY ŚWIATOWEJ – PRZYKŁAD Z NIECKI KOZIELSKIEJ

Jan M. Waga ¹⁾, Maria Fajer ¹⁾, Bartłomiej Szypuła ¹⁾

¹⁾ *Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk o Ziemi,*

jan.waga@us.edu.pl, maria.fajer@us.edu.pl, bartlomiej.szypula@us.edu.pl

W okolicach Kędzierzyna-Koźła zachowały się pozostałości bombardowań zakładów produkujących w czasie II wojny światowej płynne paliwa syntetyczne z węgla dla potrzeb hitlerowskiej maszyny wojennej. Mają one znaczący wpływ na gospodarkę przestrzenną tego ważnego obszaru ekonomicznego Opolszczyzny. Bariere, wynikającą z ograniczonego w minionych latach dostępu do nowoczesnych technologii rozpoznania saperskiego, jak i posiadanych środków technicznych i zasobów finansowych niezbędnych do neutralizacji niewybuchów, należy pokonywać w sposób usystematyzowany, bowiem tereny pozostawione kiedyś „własnemu losowi” stają się dziś przedmiotem zainteresowania inwestycyjnego.

Głównymi celami badań teledetekcyjnych z wykorzystaniem wysokorozdzielczych cyfrowych modeli terenu (0.1x0.1 m i 0.05x0.05 m) było: (1) określenie rozmieszczenia i rozmiarów lejów po bombach w Niece Kozielskiej, (2) wyznaczenie stref niekorzystnych zmian w gruncie wywołanych eksplozjami i późniejszymi procesami równoważenia stanu środowiska, (3) wskazanie miejsc upadku niewybuchów bomb (UXB) i stref zagrożenia skutkami ich potencjalnych eksplozji. Wybrana metoda badań, daje najlepsze rezultaty na obszarach, gdzie nie przeprowadzono zaawansowanych prac rekultywacyjnych. Zachowały się tam czytelne formy, w tym markery UXB. Pracowano na trzech poligonach o łącznej powierzchni około 100 ha, położonych na obszarach nie użytkowanych lub użytkowanych ekstensywnie jako lasy. Na bagnistym obszarze badań, zbudowanym w dużej części z zawodnionych utworów klastycznych, rozpoznano niemal 800 lotniczych lejów po eksplozjach bomb 250 i 500 funtowych, o średnicy od 5 do 14 m i maksymalnej głębokości 3,0 m, a także mniejsze zagłębienia sugerujące obecność bomb nie zdetonowanych.

Podziurawienie powierzchni terenu, strefowa kompaktacja lub rozluźnienie spistości osadów przez eksplozje spowodowało dalsze zwiększenie zróżnicowania nośności gruntu w stosunku do pierwotnego, a zatem niebezpieczeństwo jego nierównomiernego osiadania oraz deformacji budowli. W strefach detonacji bomb, szczególnie na obszarach o płytkim występowaniu wód gruntowych, zachodziły intensywne procesy geodynamiczne. Rozpoznano to również z udziałem analizy wysokorozdzielczych cieniowanych modeli terenu.

Rozpoznanie i neutralizacja UXB, ze względu na dużą masę ładunków oraz najczęściej znaczną głębokość ich zalegania należy do wyzwań szczególnie trudnych. Kluczowe jest w tych przypadkach ustalenie punktów upadku niewybuchów, do czego bardzo dobrze nadaje się analiza wysokorozdzielczych cyfrowych modeli terenu. Według powojennych szacunków przeprowadzonych w krajach Europy Zachodniej 5–15% użytych bomb lotniczych nie zostało zdetonowanych zgodnie z zamierzeniami. Wskaźników takich należy spodziewać się także w okolicach Kędzierzyna-Koźła.

Potrzeby społeczne i gospodarcze przemawiają za racjonalnym wykorzystaniem terenów dotkniętych działaniami militarnymi w okresie II wojny światowej. Należy jednak tego dokonywać w warunkach pełnego rozpoznania zmian geosrodowiska, ze szczególną znajomością zagrożenia ze strony UXB. Jak pokazują doświadczenia z Niemiec konieczne są działania kompleksowe. Po badaniach teledetekcyjnych muszą zostać przeprowadzone badania

gruntoznawcze i geofizyczne, adekwatnie do warunków terenowych i rygorów bezpieczeństwa. Wyniki badań powinny stanowić podstawę decyzji o sposobach zagospodarowania terenu.

MOŻLIWOŚCI INTERPRETACJI MORFOLOGII PŁYTKICH ZBIORNIKÓW WODNYCH NA PODSTAWIE DANYCH LIDAR

Jan M. Waga ¹⁾, Bartłomiej Szypuła ¹⁾, Maria Fajer ¹⁾

¹⁾ *Uniwersytet Śląski w Katowicach, Wydział Nauk Przyrodniczych, Instytut Nauk o Ziemi*

jan.waga@us.edu.pl, bartlomiej.szypula@us.edu.pl, maria.fajer@us.edu.pl

W trakcie badań pozostałości bombardowań z okresu II wojny światowej w Niece Kozielskiej stwierdzono, że wysokorozdzielcze obrazy rzeźby cieniowanej uwidaczniają elementy morfologii dna zalanych wodą lejów. Część impulsów, mimo długości fali 1064 nm, nie charakterystycznej dla skaningu batymetrycznego, osiągnęła dna lejów i została zarejestrowana w odbiorniku. Standardowo w badaniach batymetrycznych stosuje się laser zielony. Nie dysponując nim postanowiono zweryfikować przydatność posiadanych obrazów tych płytkich zbiorników wodnych do analiz geomorfologicznych. Okazało się, że choć dane te nie są wystarczająco precyzyjne do zastosowań geodezyjnych, mogą być przydatne w badaniach geomorfologicznych.

Badania wykonano na dwóch terenach o łącznej powierzchni 14 ha, na zachód od Zakładów Azotowych Kędzierzyn. Obecnie należą one do najbardziej spektakularnych obszarów z występującymi lejami po bombach w Europie (śred. do 47,8/ha, maks. 75/ha).

W pierwszej fazie badań przeanalizowano wysokorozdzielcze dane typu *.las (min. gęstość 12 pkt/m², średni błąd wysokości 0.1 m) pochodzące ze skaningu lotniczego wykonanego skanerem Leica ALS70 dnia 9 kwietnia 2019 r. Po przefiltrowaniu plików *.las wybrano punkty klasy 2 (ziemia) i 9 (woda) z pierwszego i drugiego odbicia i na ich podstawie utworzono cyfrowe modele terenu w rozdzielczości 0.1x0.1 m i 0.05x0.05 m w układzie współrzędnych PUWG-1992 (EPSG: 2180). Następnie modele te posłużyły do utworzenia obrazów rzeźby cieniowanej o takiej samej rozdzielczości jak modele i ze standardowymi ustawieniami oświetlenia (azymut 315°, kąt padania promieni słonecznych 45°). Tak przygotowane materiały stały się podstawą przeprowadzenia kameralnych, szczegółowych badań morfologii lejów, a następnie ich weryfikacji w terenie. Głębokość mis badanych zbiorników okazała się niewielka (0,3-1,35 m, najczęściej ok. 0,7 m). Ich dna pokryte są 5-12 centymetrową zwięzłą warstwą organiczną. Nad nią, w głębszych miejscach gromadzi się osad "miękkiego dna", a wyżej bardzo drobna, rozproszona zawiesina organiczna. W formach zalanych wodą, podjęto także próbę odtworzenia złożonych sekwencji wybuchów zachodzących w częściowo nakładających się lejach. Przebieg zdarzeń zapisał się w nich układem form w obrębie den zbiorników.

Najbardziej przydatny do analiz morfologii den obraz rzeźby cieniowanej uzyskano z modelu o rozdzielczości 0.1x0.1 m. W zbiornikach o podwyższonej zawartości detrytycznego materiału organicznego i tam, gdzie aktywność zwierząt powodowała zmętnienie wody obraz z danych LiDAR jest zatarty. Innym czynnikiem utrudniającym prawidłowe odbicie promieni lasera od dna zbiornika były skupienia patyków i liści tworzących na wodzie miększe „pływające wyspy”. Odbijają one światło lasera podobnie jak pło. Na obrazach rzeźby cieniowanej widoczne są wtedy koliste załamania w odwzorowaniu den zbiorników.

Kolejną kwestią jest pozorna obecność zagłębień – „kieszeni fantomowych” w dnie jezior, w sąsiedztwie ich brzegów. Należy sądzić, że na zaistnienie tego zjawiska mógł mieć wpływ kształt bardzo stromych lub nawet lokalnie pionowych zboczy lejów, a także nagromadzenie w czasie wiosennego nalotu przy brzegu pływających liści. Rozpoznanie czynników odpowiedzialnych za powstanie stref cienia i uwięzienie części sygnałów zwrotnych po odbiciu promieni od dna zbiornika wymagają dalszych badań. Podobne zaburzenia w odwzorowaniu

stromych zboczy i kanałów rzecznych oraz miejsc okrytych śniegiem stwierdzono też podczas użycia skanerów topobatymetrycznych i batymetrycznych.

WYKORZYSTANIE TECHNOLOGII UCZENIA MASZYNOWEGO I SZTUCZNEJ INTELIGENCJI DO ZWIĘKSZANIA ZDOLNOŚCI ROZDZIELCZEJ OBRAZÓW SENTINEL-2

Ireneusz Wyczałek

Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu. Pracownia Geodezji

ireneusz.wyczalek@gmail.com

Rozwój technologii pozwala przekraczać granice do tej pory będące jedynie w zakresie marzeń i rozważań teoretycznych. Ostatnie lata przyniosły przełom w zakresie rozwoju sztucznej inteligencji i uczenia maszynowego.

W ramach działalności firmy GEOMATIC Michał Wyczałek-Jagiello opracowany został autorski algorytm, który przy wykorzystaniu wspomnianych technik pozwala na zwiększenie rozdzielczości obrazów Sentinel-2 z bazowych 10 i 20m do 2.5m GSD poszerzając zakres zastosowań i zachowując przy tym pełną wartość radiometryczną.

WYKORZYSTANIE LOTNICZYCH DANYCH TERMALNYCH DO REJESTRACJI TEMPERATURY KORON DRZEW ROSNĄCYCH NA OBSZARACH LEŚNYCH I ROLNICZYCH

Agata Zakrzewska, Dominik Kopec

*Uniwersytet Łódzki, Wydział Biologii i Ochrony Środowiska, Katedra Biogeografii,
Paleoekologii i Ochrony Przyrody*

agata.zakrzewska@biol.uni.lodz.pl

Prowadzone w ostatnich latach badania dowodzą, że teledetekcyjne dane termalne mają wysoki potencjał aplikacyjny, możliwy do wdrożenia w analizach środowiskowych. Celem badań było wykazanie temperatury koron sześciu wybranych gatunków drzew: trzech rodzimych (*Alnus glutinosa*, *Pinus sylvestris* i *Quercus petraea*) oraz trzech obcych (*Juglans regia*, *Quercus rubra* i *Robinia pseudoacacia*). Badania prowadzono w ekosystemach leśnych i rolniczych na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego. Dane termalne pozyskano 9 czerwca 2019 roku w godzinach 8:10 - 14:00. Rejestracji temperatury dokonano z zastosowaniem sensora ImageIR 9400 o zakresie spektralnym 3.6-4.9 μm . Dane pozyskano z pułapu 1300 m n.p.m. osiągając rozdzielczość przestrzenną 0.5 m.

Pytania badawcze miały odpowiedzieć na następujące pytania: Jaka jest temperatura koron badanych gatunków oraz jak zmienia się w ciągu dnia? Czy lokalizacja drzewa wpływa na temperaturę jego korony?

Uzyskane wyniki wskazują, że badane gatunki różnią się istotnie statystycznie temperaturą koron. Pomiędzy godziną 8:10 a 14:00 ich temperatura wzrosła średnio o 4.86°C. Najmniejszy wzrost temperatury odnotowano dla *Alnus glutinosa* o 4.10°C, a największy dla *Juglans regia* o 5.76°C. Gatunkami o najniższej temperaturze korony niezależnie od godziny były *Quercus rubra* i *Quercus petraea*, a najwyższą wyróżniały się *Pinus sylvestris* i *Juglans regia*. Badania te wykazały również, że najmniejsze zróżnicowanie w temperaturze koron pomiędzy gatunkami przypada na godziny południowe między 12:00 a 13:00. Porównanie osobników rosnących w różnych lokalizacjach wskazało istotny wpływ lasu na obniżenie temperatury koron o około 1°C.

Badania zostały współfinansowane w ramach projektu „InterDOC-START” – Interdyscyplinarne Studia Doktoranckie na Wydziale BiOŚ UŁ, współfinansowane ze środków Unii Europejskiej, Europejskiego Funduszu Społecznego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój, na podstawie umowy POWR.03.02.00-00-I033/16-00. Dane zostały pozyskane przez MGGP Aero Sp. z o.o. w ramach projektu „Inwentaryzacja i ocena stanu zasobów przyrodniczych w Wielkopolskim Parku Narodowym przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii teledetekcyjnych” realizowany w ramach programu - Program Operacyjny Infrastruktura i Środowisko działanie 2.4.4d ocena stanu zasobów przyrodniczych w parkach narodowych przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii teledetekcyjnych.

POTENCJAŁ ZASTOSOWANIA DANYCH SATELITARNYCH MISJI SENTINEL DO MONITORINGU PROGRAMÓW OCHRONY ŚRODOWISKA

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 programów ochrony środowiska, które są obowiązkowym dokumentem dla polskich samorządów. Uwzględnienie w tym aspekcie wykorzystania danych teledetekcyjnych, takich jak obrazy satelitarne, może wspomóc pracę urzędników i usprawnić ten proces.

Analizie poddane zostały działania i wskaźniki będące podstawą monitorowania Programu Ochrony Środowiska dla m.st. Warszawy na lata 2021-2024 przyjętego przez Radę Warszawy Uchwałą nr XLVII/1470/2021 z dnia 15.04.2021 roku. Podstawowe pytanie, które przyświecało tej analizie, odnosi się do możliwości wykorzystania w przedmiotowym monitoringu danych satelitarnych misji Sentinel i potencjalnych wiążących się z tym korzyści.

Całość rozważań prowadziła do wyznaczenia wskaźników i ich składowych, budowanych w oparciu o dane teledetekcyjne, które z uwagi na swoją charakterystykę, niejednokrotnie stanowią cenne źródło informacji znajdujących zastosowanie w monitoringu środowiska.