

formacji” (https://home.agh.edu.pl/~galia/short_courses.html).

Wyjątkowa jest sama idea krótkich kursów. Nie są to studia podyplomowe, ale mamy plan, żeby można było z nich złożyć studia podyplomowe, a może nawet studia magisterskie. Ponadto są one tak pomyślane, żeby uzupełniały wiedzę na uprawnienia geodezyjne z zakresu 7 (fotogrametria i teledetekcja). Główną zaletą tych kursów (5 spotkań) jest krótki czas, który trzeba poświęcić każdemu z nich, oraz ich modularność. Można wybrać tylko jeden kurs i na nim poprzestać lub w przyszłości zdecydować się na następny i ewentualnie kolejny, a ostatecznie zebrać je w całość jako studia podyplomowe czy magisterskie.

Wydaje się, że obecnie ludzie nie mają na studiowanie tyle czasu co dawniej i chcą szybko zdobyć jakąś wiedzę, najlepiej również praktyczną, a dopiero później zdecydować, co dalej. W związku z tym chcieliśmy z naszą inicjatywą wyjść naprzeciw temu zapotrzebowaniu.

A inne wasze działania?

Idea krótkich kursów wpisuje się w pomysł utworzenia centrum doskonałości Przetwarzania Danych Geoprzestrzennych (PDG). W ramach projektu AGH IDUB (Integracja danych teledetekcyjnych na potrzeby kontroli w systemie dopłat bezpośrednich do rolnictwa IACS) prowadzimy prace w kierunku stworzenia takiego centrum. Na razie, ze względów organizacyjnych, powstało Wydziałowe Laboratorium Danych Teledetekcyjnych (<https://home.agh.edu.pl/~galia/WLDT.html>).

Nie chcemy iść „szerokim frontem”, ale małymi kroczkami, czyli zamierzamy udostępnić platformę do prac związanych z badaniami w zakresie przetwarzania obrazów teledetekcyjnych, chcemy udostępniać dane, kody programów, prowadzić dyskusje, badania naukowe, organizować hackathony itp. Naszym marzeniem jest utworzenie nowego kierunku kształcenia w języku angielskim o roboczej nazwie *Remote sensing and creative technology*, który odzwierciedlałby trendy kształcenia w zakresie teledetekcji w takich jednostkach, jak University of Twente czy Wageningen University.

Staraliśmy się ponadto, by na naszym wrześniowym sympozjum PTFiT oprócz możliwości wysłuchania ciekawych referatów krajowych i zagranicznych zapewnić uczestnikom udział w darmowych warsztatach, które będą zwiastunem tych krótkich kursów.

Na zakończenie chcę podkreślić, że nasze obecne przedsięwzięcia są naturalną kontynuacją działalności w zakresie teledetekcji, jaką zapoczątkował prof. Zbigniew Sitek, który niestety odszedł w tym roku. ■

Wykorzystanie technologii teledetekcyjnych na obszarach kopalni

Wyrafinowane

Obróbka danych hiperspektralnych jest skomplikowana i wymaga specjalnych maszyn i programów. Ale to, co przy użyciu metod uczenia maszynowego można uzyskać z takich analiz, jeszcze nie raz nas zaskoczy.

Sławomir Mikrut,
Ewa Głowienka,
Michał Szadziul

Łubelski Węgiel „BOGDANKA” jest jedną z najlepiej zarządzanych kopalni w Polsce. Może więc sobie pozwolić na stosowanie najnowszych osiągnięć technologicznych do rozwiązywania problemów dotyczących swojej działalności. Kopalnia jako przedsiębiorca odpowiada za ujawniające się skutki eksploatacji górniczej i przeciwdziała im, stosując działania naprawcze lub wykonując monitoring danego zjawiska. Jednym z takich problemów jest monitorowanie składu skały płonnej. Do tej pory obserwacje były wykonywane punktowo, co może w pewien sposób zaburzyć obraz zjawiska. Znakiem sposobem, aby podnieść wiarygodność oraz spojrzeć na monitoring całościowo, jest wykorzystanie metod teledetekcyjnych.

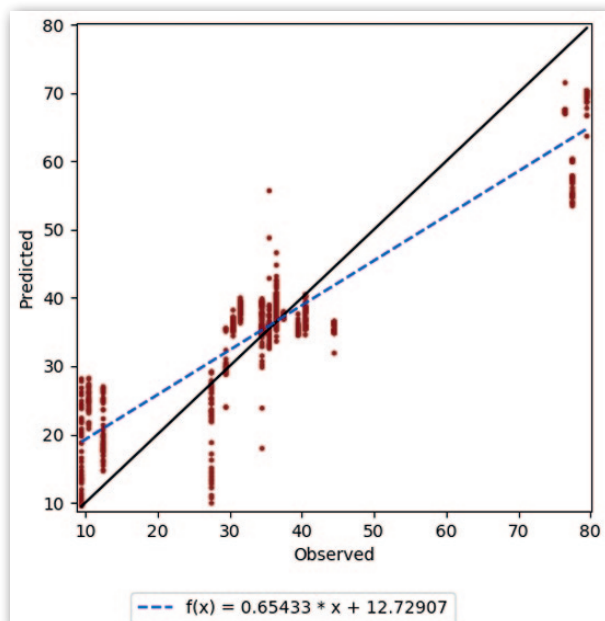
Długoletnia współpraca kopalni LW „BOGDANKA” z Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie oraz firmą GlobalTechHab zaowocowała pomysłem na realizację kolejnego wspólnego projektu bazującego na najnowszych osiągnię-

ciach w teledetekcji, tj. wykorzystaniu sensorów hiperspektralnych. W ramach prac sprawdzono możliwości zastosowania danych hiperspektralnych do analizy przestrzennego zróżnicowania zawartości minerałów w skale płonnej.

• Dane wielospektralne a hiperspektralne

W dotychczasowych opracowaniach teledetekcyjnych dominowały sensory wielospektralne. Pozwalały one na pozyskiwanie danych w zakresie od 4 do 20 kanałów spektralnych. Od kilku lat technologia pozwala na rejestrację dużo większej liczby kanałów (100–500).

Między technologią multispektralną a hiperspektralną jest olbrzymia różni-



Ryc. 1. Poziom dopasowania wartości predykcji $R^2 = 0,817$ do wartości obserwowanych dla zawartości kwarcu [%]

Lubelski Węgiel „BOGDANKA”

analizy z powietrza

ca jakościowa i ilościowa na korzyść tej drugiej. W określonych przypadkach analiza hiperspektralna z powodzeniem może stanowić uzupełnienie wcześniej przeprowadzonych analiz multispektralnych. Hiperspektralna technologia obrazowania zawiera ogromny ładunek informacji w sensie spektralnym i przestrzennym, oferując nietypową zdolność wykrywania, identyfikacji i przetwarzania obrazu dla różnego typu obiektów.

• Zbieranie i przetwarzanie danych

W ramach realizowanego projektu pozyskano obrazy hiperspektralne oraz opracowano dane dla wybranych obiektów. Dokonano również pomiarów referencyjnych, aby pozyskać dane do kalibracji, a także do celów kontrolnych.

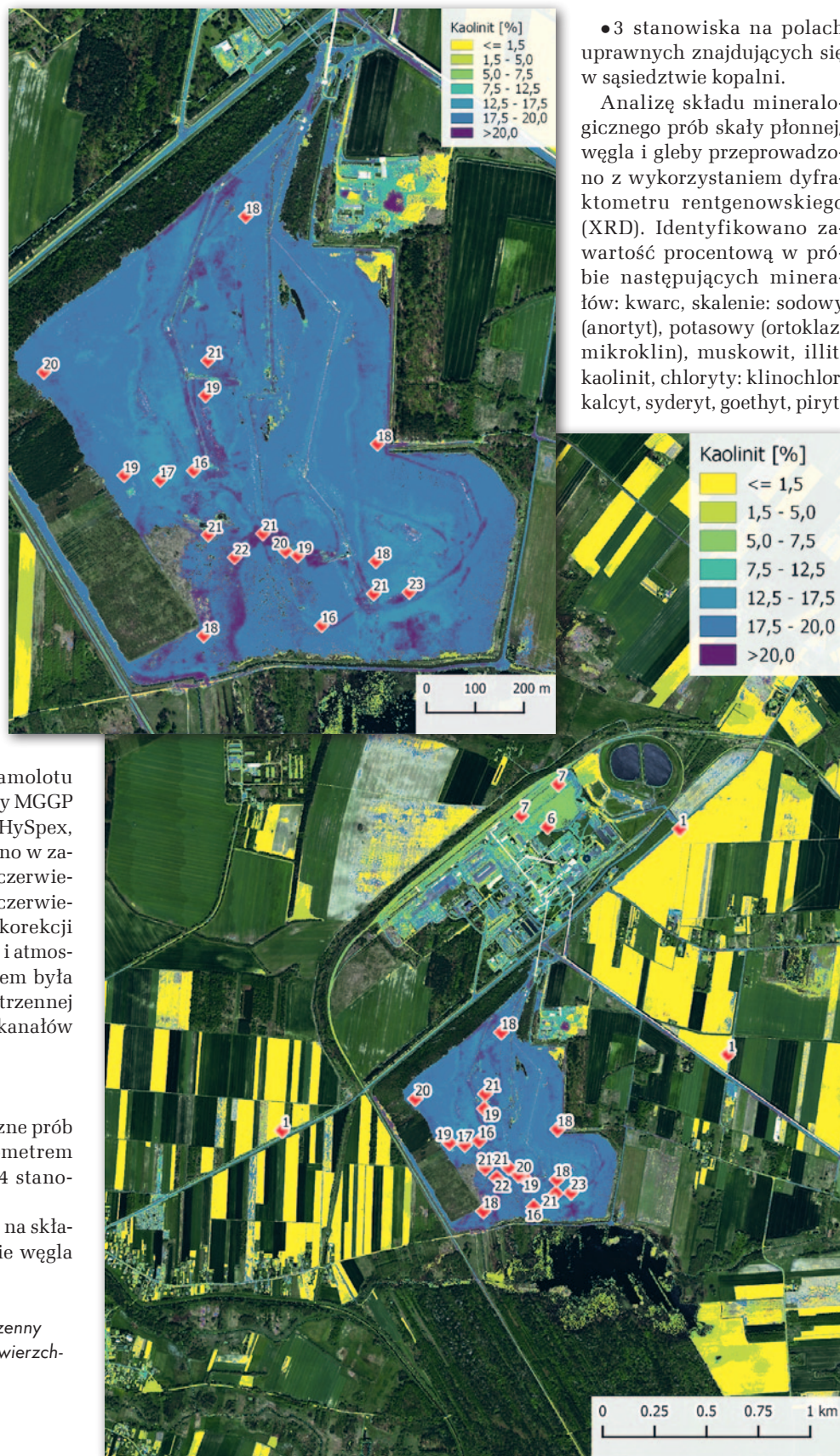
Naloty wykonano na wysokości 810–830 m n.p.m. z samolotu Vulcanair P-68 Observer 2 (firmy MGGP Aero) z zastosowaniem sensora HySpex, który zarejestrował dane zarówno w zakresie widzialnym, bliskiej podczerwieni, jak i w zakresie średniej podczerwieni. Pozyskane dane poddano korekcji radiometrycznej, geometrycznej i atmosferycznej, a finalnym produktem była mozaika o rozdzielczości przestrzennej 0,5 m, która składała się z 430 kanałów spektralnych.

• Pomiary referencyjne

Pomiary spektrometryczne prób gleby wykonano spektrometrem ASD FieldSpec 4 łącznie na 24 stanowiskach, z czego:

- 21 stanowisk znajdowało się na składowisku skały płonnej i hałdzie węgla na terenie kopalni,

Ryc. 2. Mapa prezentująca przestrzenny rozkład kaolinitu występującego w wierzchniej warstwie gleby



- 3 stanowiska na polach uprawnych znajdujących się w sąsiedztwie kopalni.

Analizę składu mineralogicznego prób skały płonnej/węgla i gleby przeprowadzono z wykorzystaniem dyfraktometru rentgenowskiego (XRD). Identyfikowano zawartość procentową w próbie następujących minerałów: kwarc, skalenie: sodowy (anortyt), potasowy (ortoklaz, mikroklin), muskowit, illit, kaolinit, chloryty: klinochlor, kalcyt, syderyt, goethyt, piryt,

LECIMY Z FOTOGRAMETRIA I TELEDETEKCJA NA XXII SYMPOZJUM PTFIT W KRAKOWIE

jarosyt, struktury mieszanopakietowe, illit-smektyt, substancja amorficzna.

• Opracowanie wyników analiz

Do przeprowadzenia analiz, których celem było opracowanie map pokazujących ekstrapolowaną wartość zmierzonych punktowo parametrów wybrano metodę regresji. Należało zamodelować związek pomiędzy wartościami pomierzonych w terenie parametrów oraz wartościami występującymi w tych lokalizacjach na danych lotniczych. Wynikiem analiz były mapy opracowane dla 5 parametrów pomiarowych. Mapy utworzono z modeli, których dokładność zmierzona metodą 10-krotnej krosvalidacji wyniosła $R^2 > 0,6$. Każdy model został poddany ocenie metodą 10-krotnej krosvalidacji. Na ryc. 1 przedstawiono wykres dla kwarcu.

Przykładowe mapy prezentujące rozkład przestrzenny wybranych badanych pierwiastków/minerałów przedstawiono na ryc. 2 i 3.

• Wnioski z badań

Lotnicze dane hiperspektralne oraz metody uczenia maszynowego pozwalają analizować zawartość minerałów w skale płonnej. Szczegółowość, zakres oraz dokładność analizy zależna jest od takich czynników, jak:

- **rodzaj zastosowanego sensora** (zakres spektralny, rozdzielczość spektralna) – istotny jest zakres SWIR, który zwiększa możliwości identyfikacji minerałów względem zakresu VNIR;

- **pomiary referencyjne** (odpowiednia liczba oraz rozmieszczenie pomiarów referencyjnych) – wykonane w ramach opisywanych prac pomiary w liczbie 24 na hałdzie są wystarczające do przeprowadzenia analiz, jednak zwiększenie tej liczby, a w szczególności zapewnienie większego zróżnicowania badanych parametrów w próbce, może pozwolić osiągnąć dokładniejsze modele, a także bardziej wiarygodną ocenę dokładności;

- **metody przygotowania danych teledetekcyjnych do analizy** – redukcja wymiarowości oraz ekstrakcja cech;

Ryc. 3. Mapa prezentująca przestrzenny rozkład kwarcu występującego w wierzchniej warstwie gleby

• **metody analizy** – poza zastosowaną metodą regresji rekomenduje się wypróbowanie również metod z zakresu *spectral unmixing* wykorzystywanych nau-

kowo w teledetekcji hiperspektralnej w geologii.

Podsumowując, w badaniu sprawdzono i potwierdzono możliwość zastosowania danych hiperspektralnych do analizy przestrzennego zróżnicowania zawartości minerałów w skale płonnej. Uzyskiwane dokładności analiz pozwalają na praktyczne wykorzystanie wyników w monitoringu hałdy.

dr hab. Sławomir Mikrut, prof AGH
dr Ewa Głowienka
obydwoje z Wydziału Geodezji
Górnictwej i Inżynierii Środowiska
Akademii Górniczo-Hutniczej
Michał Szadziul
Lubelski Węgiel „BOGDANKA”

W badaniach wziął udział zespół Działu B+R firmy MGGP Aero z Tarnowa, który realizował prace pod kierunkiem dr. hab. Dominika Kopcja

