

Detekcja pożarów na zobrazeniach Sentinel-2

Z orbity widać ogień w Ukrainie

Dzięki dostępności otwartych danych satelitarnych, m.in. z programu Copernicus, globalne monitorowanie zjawisk stało się domeną nie tylko wyspecjalizowanych służb wywiadowczych. Obecnie każdy z dostępem do internetu ma możliwość weryfikacji tego, co o sytuacji na świecie mówią media.

Jakub Ślesiński

Rosyjska inwazja na Ukrainę to największy konflikt zbrojny, z jakim mierzy się Europa od zakończenia II wojny światowej. Działania wojenne

powodują pożary i ogromne zniszczenia – szczególnie obszarów miejskich. Zachodnie agencje wywiadowcze nie tylko obserwują z pułapu kosmicznego ruchy wojsk, ale też na bieżąco szacują zniszczenia spowodowane rosyjskimi atakami. Do monitorowania pożarów oraz szacowania szkód z powodzeniem wykorzystuje się dane teledetekcyjne. Satelity pozwalają obserwować zarówno aktualny zasięg zanieczyszczeń, jak i kierunki przemieszczenia się ognia i szkodliwego dymu. W tego typu analizach z pomocą przychodzą najnowsze metody gromadzenia, udostępniania i przetwarzania danych obrazowych – coraz szerzej stosowane usługi w chmurze obliczeniowej. Co ciekawe, sporo z nich jest dostępnych dla użytkownika bez opłat.

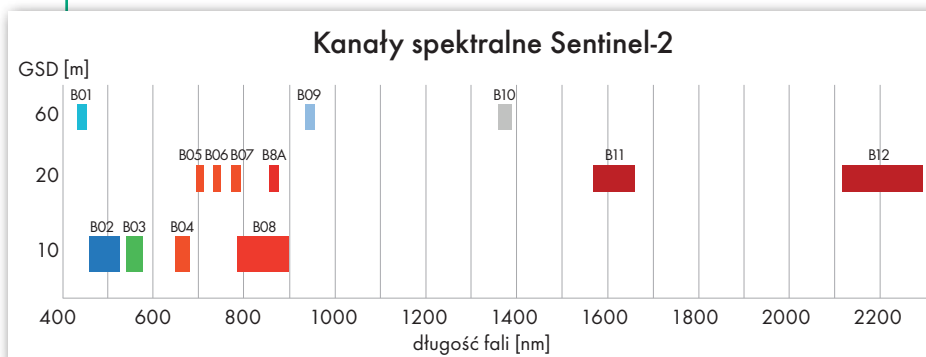
W swoim projekcie podejmującym zagadnienie detekcji pożarów wykorzystywał dane Sentinel-2 oraz aplikacje chmurowe EO Browser i Google Earth Engine. Prace zrealizowałem w Kole Naukowym Studentów „GeoPixel” Wojskowej Akademii Technicznej. Wyniki zaprezentowałem podczas XVI Ogólno-

3. Odpowiedzi spektralne poszczególnych kanałów zobrażeń Sentinel-2 dla punktu zaklasyfikowanego jako miejsce wystąpienia pożaru



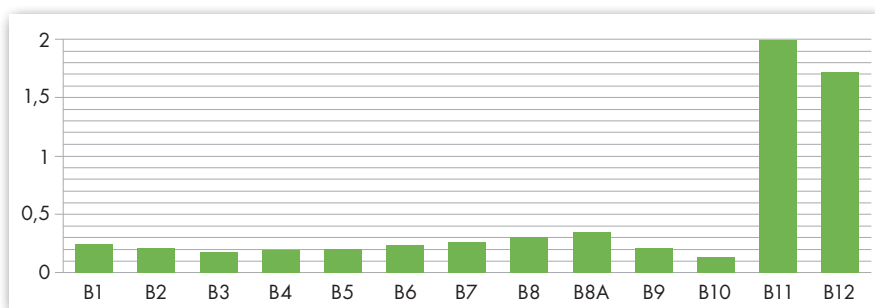
Źródło: opracowanie własne

1. Porównanie zobrażeń w dwóch kompozycjach barwnych – w barwach naturalnych i SWIR – uwydatnia różnice już na poziomie wizualnych możliwości interpretacyjnych. Dzięki wykorzystaniu niedostrzegalnej dla ludzkiego oka podczerwieni możliwe stało się zwizualizowanie ognisk pożarów. Mariupol, 24 marca 2022 r.



Źródło: Dane satelitarne dla administracji publicznej, POLSA, 2020

2. Rozkład kanałów spektralnych Sentinel-2



Źródło: opracowanie własne

polskiej Konferencji Studentów Geodezji, która odbyła się w Warszawie w dniach 28–29 kwietnia [autor w konkursie posterów zdobył I miejsce; więcej o konferencji na s. 7 – red.].

● Potęga chmury obliczeniowej

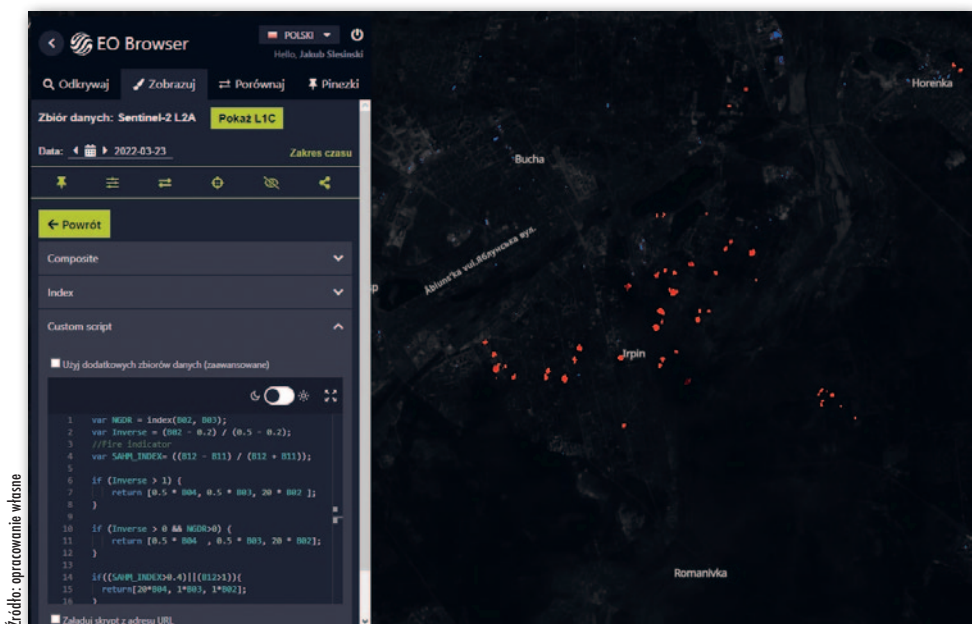
Codziennie satelity przesyłają na Ziemię terabajty danych obrazowych, z samego programu Copernicus – 20 tys. GB. Zdecydowana większość z nich pobierana jest w sposób tradycyjny – tj. są transmitowane do stacji naziemnej, później odpowiednio konwertowane i przetwarzane przed udostępnieniem użytkownikowi końcowemu.

Szeroki dostęp do danych satelitarnych daje ogromne możliwości i korzyści. Jednak pobieranie, zapisywanie i przetwarzanie tych danych stanowi już duże wyzwanie logistyczne. Konieczne jest zapewnienie wystarczająco szybkiego transferu danych, odpowiedniej mocy obliczeniowej i przestrzeni dyskowej. Rozwiązaniem tego problemu może być zastosowanie narzędzi i mocy obliczeniowych udostępnianych poprzez zewnętrzne serwery i serwisy internetowe. Takie możliwości dają właśnie chmury obliczeniowe, które oprócz swobodnego dostępu do danych satelitarnych pozwalają na wykorzystanie w sposób zdalny potrzebnego oprogramowania ze wsparciem wydajnej zewnętrznej infrastruktury teleinformatycznej.

W coraz popularniejszych aplikacjach internetowych dostawcy obrazowań satelitarnych udostępniają funkcje przeglądania danych z różnych dat rejestracji oraz narzędzia eksploracji obrazów umożliwiające np. odczytywanie współczynnika odbicia we wskazanym punkcie czy wizualizację kompozycji barwnych. Użytkownicy mają do dyspozycji funkcje analizy szeregów czasowych obrazów włącznie z możliwością tworzenia animacji.

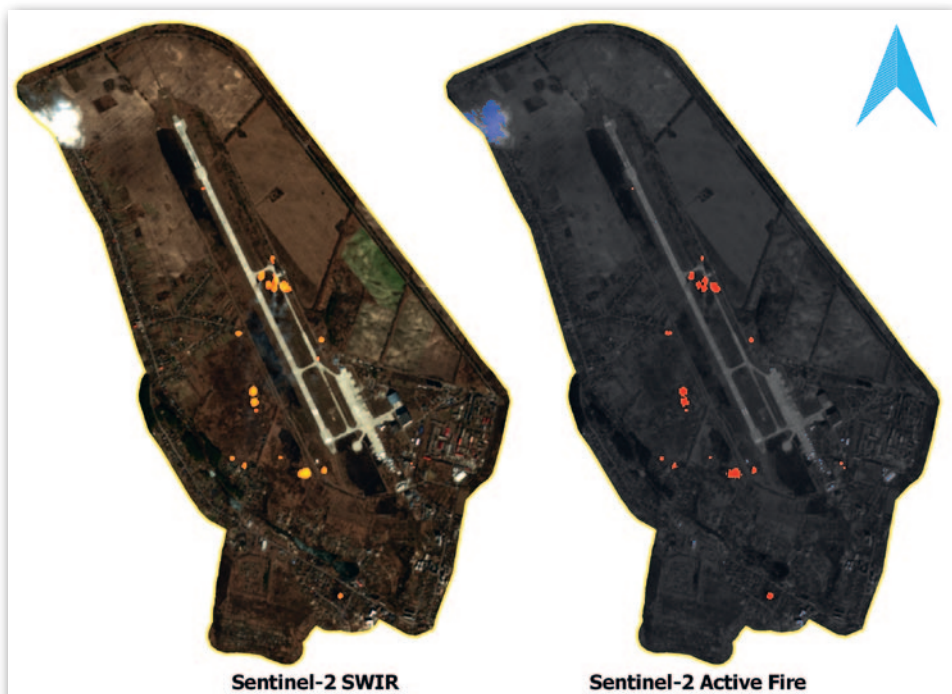
Ponadto ugruntowała się tendencja tworzenia serwisów internetowych przez uruchamianie na platformie internetowej własnych skryptów pozwalających na pracę na obrazowaniach teledetekcyjnych, bez konieczności ich pobierania czy kopiowania. Takie możliwości zapewnia wiele komercyjnych

5. Górne zobrazowania Sentinel-2 z 26 lutego pokazują lotnisko w Hostomelu w kompozycji SWIR i wizualizacji Active Fire. Analiza poniżej potwierdza natomiast wystąpienie zniszczeń. Wykonała ją izraelska firma ISI (ImageSat International) zajmująca się świadczeniem usług w zakresie dostarczania obrazowań satelitarnych i analiz geoprzestrzennych na potrzeby obronności



Źródło: opracowanie własne

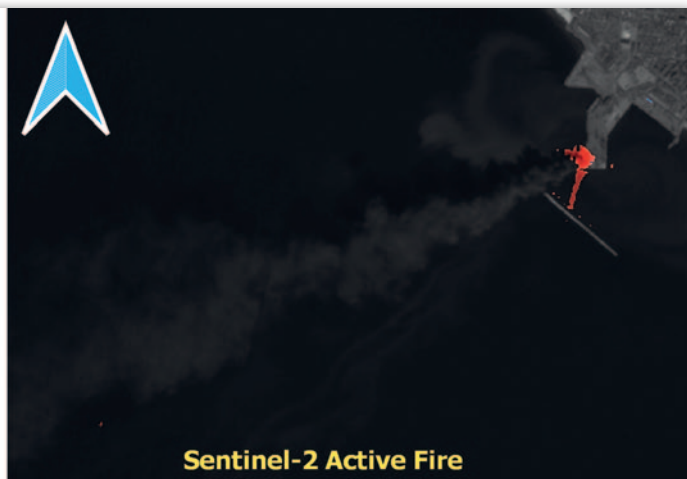
4. Wizualizacja pożaru metodą Active Fire Detection wykonana w EO Browser



Źródło: opracowanie własne (góra), ImageSat International, <https://tiny.pl/9wqdg> (dół)



Sentinel-2 SWIR



Sentinel-2 Active Fire



6. Skutki ukraińskiego kontruderzenia z 24 marca uchwycone przez satelitę Sentinel-2. Atak był wymierzony w rosyjski okręt desantowy klasy Aligator cumujący w porcie w Berdiańsku. Analiza zniszczeń opracowana na zobrazowaniu dostarczonym przez firmę Maxar

i darmowych rozwiązań satelitarnych (np. Sat4Env, CloudFerro, EO Browser czy Google Earth Engine).

W swojej pracy posłużyłem się aplikacją EO Browser służącą do wyszukiwania, przeglądania i przetwarzania aktualnych oraz archiwalnych obrazów satelitarnych pozyskiwanych w ramach misji Sentinel-2, Landsat 5/7/8, Sentinel-1, Sentinel-3, MODIS i Sentinel-5P. Korzystanie z tej aplikacji portalu Sentinel Hub prowadzonego przez Europejską Agencję Kosmiczną jest bezpłatne do użytku niekomercyjnego oraz w mediach.

Ponadto posiłkowałem się działającą w chmurze obliczeniowej platformą Google Earth Engine (GEE) przeznaczoną przede wszystkim do analiz dużych zbiorów danych teledetekcyjnych i wektorowych. Ma ona wbudowane narzędzia umożliwiające tworzenie własnych zautomatyzowanych dashboardów

(raportów wizualizujących dane) i geoportali do publikowania wyników wykonywanych analiz. Obok opcji importowania dowolnego zestawu danych zgromadzonych w zasobach chmury Google pozwala na przesyłanie własnych danych rastrowych lub wektorowych. Co ważne, dane i klaster obliczeniowy platformy GEE dostępne są dla naukowców oraz pracowników administracji publicznej nieodpłatnie.

• Dwa podejścia

Misja Sentinel-2, składająca się z dwóch bliźniaczych satelitów, dostarcza wielospektralne zobrazowania powierzchni Ziemi w 13 kanałach (rys. 2): w zakresie promieniowania widzialnego (VIS), czerwieni krawędziowej (RE) oraz bliskiej i średniej podczerwieni (NIR, SWIR). Ich rozdzielczość przestrzenna – w zależności od zarejestrowanego

zakresu promieniowania elektromagnetycznego – wynosi 10, 20 lub 60 m. Dzięki 5-dniowemu cyklowi obrazowania dane z misji Sentinel-2 stanowią doskonałe źródło do prowadzenia analiz.

Do identyfikacji i mapowania pożarów lub świeżo spalonej ziemi bardzo przydatne są pasma średniej podczerwieni, które są dodatkowo pomocne w oszacowywaniu, ile wody znajduje się w roślinach i glebie (woda odbija promieniowanie w podczerwieni, co może powodować pewne problemy w identyfikacji pożarów). Zjawisko to dobrze tłumaczy wykres (rys. 3) przedstawiający odpowiedzi spektralne dla poszczególnych kanałów zobrazowania Sentinel-2, odnoszący się do punktu zaklasyfikowanego jako miejsce wystąpienia pożaru. Zauważalny jest gwałtowny wzrost intensywności odbicia w kanałach B11 i B12, które odpowiadają zakresowi podczerwieni średniej.

Źródło: opracowanie własne (góra), Maxar, <https://tiny.pl/9wqtdq> (dół)

Parametry kompozycji barwnej SWIR wykorzystanej w analizach

Nr	Nazwa kanału	Zakres spektralny [nm]		GSD [m]
		Sentinel-2A	Sentinel-2B	
12	SWIR	2202,4	2185,7	20
8A	NIR	864,7	864	20
4	Red	664,6	665	10

Wykorzystując wskazaną własność podczerwieni, najprostszą i najszybszą metodą detekcji pożarów będzie zastosowanie kompozycji barwnych. W znacznym stopniu ułatwia to interpretację obrazów i pozwala na uwydatnienie pewnych zjawisk. Do analiz obrazów Sentinel-2 przeprowadzonych w EO Browser i GEE zastosowałem kompozycję barwną SWIR, w której skorzystałem z kanałów 12, 8A i 4 – podczerwieni średniej, podczerwieni bliskiej i kanału czerwonego. Parametry poszczególnych kanałów zestawilem w tabeli.

W detekcji pożarów stosowane są także wskaźniki obliczane z wykorzystaniem wybranych kanałów spektralnych, które charakteryzują się wrażliwością na cechy obszarów objętych pożarem. Przykładem takiego podejścia jest algorytm Active Fire Detection bazujący na wskaźnikach spektralnych i instrukcji warunkowej (rys. 4). Metoda ta wizualizuje pożary w kolorze czerwonym na podstawie wskaźnika SAHM INDEX (obliczanego jako znormalizowana różnica kanału B12 i B11), a chmury w kolorze niebieskim – progując wskaźniki NDGR i Inverse obliczone na podstawie kanałów B02 i B03 (kanał niebieski i zielony). Pozostała zawartość obrazów

przedstawiana jest w skali szarości. Wyniki zastosowania obu omówionych podejść w wykrywaniu pożarów porównać można na prezentowanych przykładach (rys. 5 i 6).

• Moja aplikacja w GEE

Opracowaną metodykę detekcji pożarów opartą na kompozycji kanałów spektralnych wykorzystałem do stworzenia aplikacji sieciowej (rys. 7) bazującej na platformie Google Earth Engine – <https://slesinskijakub.users.earthengine.app/view/ukraine-war-fire-detection>. Aplikacja (przystosowana do otwierania na komputerach stacjonarnych) umożliwia wykrywanie i wizualizację pożarów na publicznie dostępnych obrazach dostarczanych w ramach misji Sentinel-2. Za pomocą języka JavaScript zaprojektowałem i wdrożyłem interfejs użytkownika. Panel sterowania aplikacją umożliwia wybór podstawowych parametrów analizy. Użytkownik wskazuje z listy lokalizację (wybrane miasto w Ukrainie), określa przedział czasowy wyszukiwania, a po kliknięciu w dowolnym miejscu na mapie automatycznie wyświetla się lista dostępnych scen

satelitarnych. Zastosowałem również progowanie obszarów zaklasyfikowanych jako pożary, co pozwala na wizualizację pożarów z dłuższego przedziału czasu. Na rys. 7 można prześledzić pożary w Mariupolu na przestrzeni miesiąca.

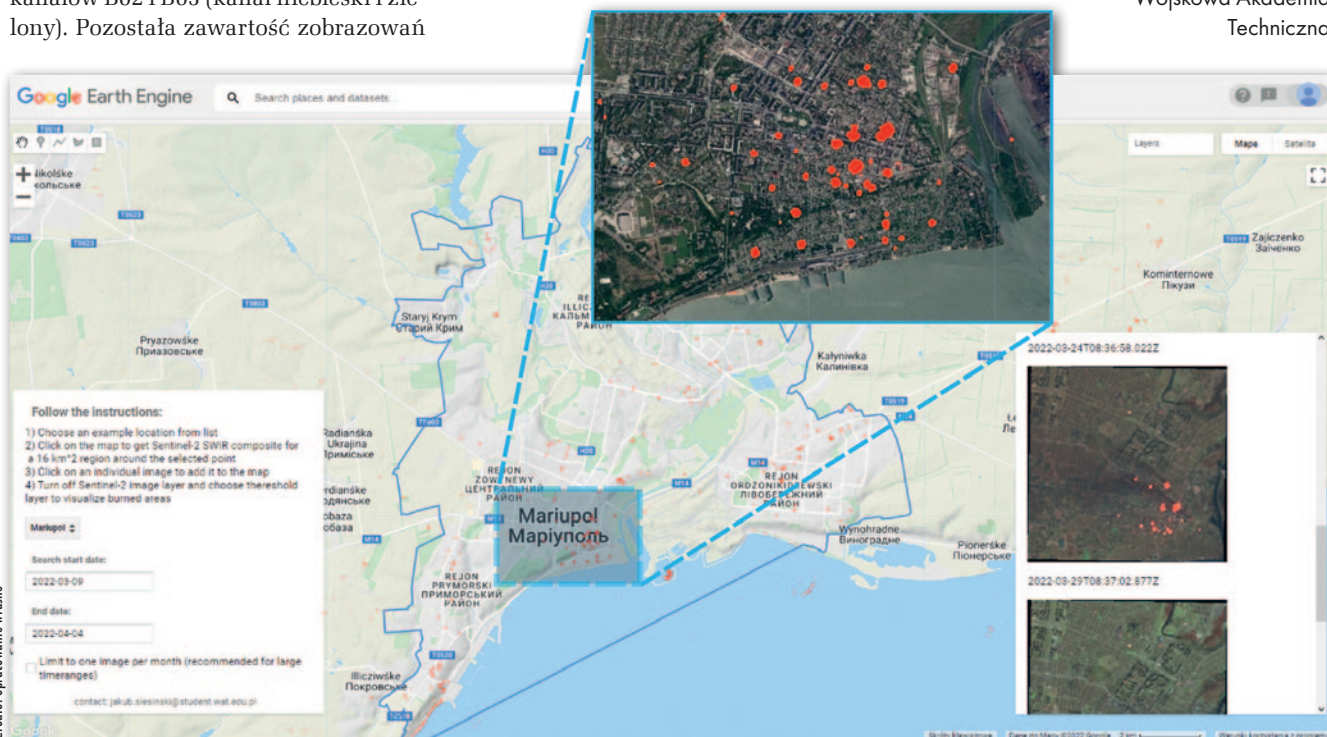
• Pożary z orbity

W analizach związanych z pożarami mogą być wykorzystywane zobrazowania pozyskiwane przez sensory o różnych parametrach, jednak kluczowa jest zdolność rejestracji w zakresach podczerwieni średniej i termalnej oraz wysoka rozdzielczość czasowa, pozwalająca na wykonanie zobrazowania w czasie pożaru lub najpóźniej kilka dni po nim, tak jak ma to miejsce w przypadku konstelacji satelitów Sentinel.

Mimo pewnych ograniczeń dane dostarczane przez misję Sentinel-2 wykazują duży potencjał w wykrywaniu pożarów. Wykorzystując platformę Google Earth Engine i EO Browser, przetestowałem dwa podejścia w detekcji pożarów: metodę opartą na kompozycji kanałów oraz bardziej zaawansowaną – bazującą na wskaźnikach spektralnych. Oba podejścia okazały się skuteczne i pozwoliły na wykrywanie pożarów spowodowanych działaniami wojennymi. Dużym ograniczeniem okazało się jednak występowanie zachmurzenia. Zwieńczeniem prac było opracowanie aplikacji sieciowej.

Sierż. pchor. inż. Jakub Ślesinski

Wydział Inżynierii Lądowej i Geodezji
Wojskowa Akademia Techniczna



7. Aplikacja stworzona przez autora w Google Earth Engine – pożary w Mariupolu na przestrzeni miesiąca (9 marca – 4 kwietnia)

Źródło: opracowanie własne