

Integracja wieloźródłowych danych teledetekcyjnych w celu detekcji prekursorów osuwisk

Katarzyna Januchta

Osuńnięcia ziemi są jednymi z najczęstszych zjawisk geologicznych. Często są wywoływane intensywnymi opadami deszczu lub pojawiają się po długotrwałych suszach, trzęsieniach ziemi czy erupcjach wulkanów. W obliczu zmian klimatycznych i rosnących temperatur przewiduje się, że **ich częstotliwość i intensywność będą nadal wzrastać**. Zjawiska te **stanowią poważne zagrożenie zarówno dla środowiska, jak i gospodarki**, każdego roku prowadząc do zniszczeń infrastruktury, utraty gruntów oraz zagrożenia życia ludzkiego. Ze względu na ich nagły charakter oraz złożoność czynników wpływających na stabilność stoków, takich jak budowa geologiczna, warunki hydrologiczne, klimat czy działalność człowieka, **skuteczne przewidywanie i monitorowanie osuwisk pozostaje dużym wyzwaniem**, a zarazem kluczowym elementem strategii ograniczania ich skutków.

Dzięki postępowi w **technikach teledetekcyjnych**, zyskują one coraz większe znaczenie w monitorowaniu powierzchni Ziemi oraz analizie zagrożeń naturalnych, takich jak osuwiska. W przeciwieństwie do tradycyjnych metod, umożliwiają one obserwację Ziemi z poziomu satelitarnego, lotniczego i naziemnego, co pozwala na prowadzenie analiz w obszarach trudno dostępnych oraz w różnych odstępach czasowych i skalach przestrzennych. Szczególną rolę odgrywają **zobrazowania radarowe (SAR)**, które niezależnie od warunków pogodowych i oświetlenia umożliwiają wyznaczanie przemieszczeń powierzchni terenu z milimetrową dokładnością. **Obrazy optyczne** o wysokiej rozdzielczości są również wykorzystywane do detekcji przemieszczeń powierzchniowych za pomocą metod takich jak korelacja obrazów czy śledzenie pikseli, polegających na analizie ich przesunięcia pomiędzy kolejnymi obrazami. Z kolei **zobrazowania multispektralne** dostarczają cennych informacji o zmianach powierzchniowych oraz o warunkach sprzyjających aktywności osuwiskowej. Analiza tych danych umożliwia monitorowanie zmian pokrycia i kondycji roślinności, a także wilgotności gleby, które mogą stanowić wskaźniki niestabilności stoków. Wszystkie te techniki, dzięki szerokiemu zasięgowi przestrzennemu, charakteryzują się dużym potencjałem w analizie zmian zachodzących na powierzchni terenu, szczególnie w kontekście prowadzenia obserwacji na poziomie regionalnym.

Głównym celem projektu jest **integracja danych teledetekcyjnych pochodzących z różnych źródeł w celu identyfikacji prekursorów osuwisk**. Ze względu na złożoność procesów prowadzących do ich powstawania oraz znaczne zróżnicowanie morfologiczne i środowiskowe terenów podatnych na osuwiska, opracowanie uniwersalnego systemu monitorującego ciągle zmiany w tych obszarach stanowi istotne wyzwanie. System ten powinien umożliwiać **wykrywanie wczesnych sygnałów ostrzegawczych poprzedzających wystąpienie katastrofalnych zdarzeń**, co pozwoliłoby na podejmowanie skuteczniejszych działań prewencyjnych. Mając to na uwadze, najważniejsze efekty projektu to:

- ocena przydatności danych teledetekcyjnych do wykrywania zmian powierzchniowych na obszarach zagrożonych osuwiskami,
- analiza skuteczności integracji danych radarowych, optycznych, wysokościowych oraz opadowych,
- ocena potencjału metod uczenia maszynowego (ML) w zakresie identyfikacji prekursorów osuwisk oraz klasyfikacji obszarów zagrożonych na podstawie zintegrowanych danych teledetekcyjnych.

Opracowanie skutecznej metodologii wymaga nie tylko wyboru najbardziej odpowiednich danych, lecz także ich integracji oraz automatycznego wykrywania istotnych sygnałów w złożonych zbiorach danych. W tym kontekście metody ML odgrywają kluczową rolę, umożliwiając opracowanie spójnej metodologii identyfikacji prekursorów osuwisk. Głównym rezultatem projektu będzie **automatyczne wykrywanie sygnałów ostrzegawczych, co pozwoli na klasyfikację obszarów pod kątem obecności prekursorów osuwisk oraz oszacowanie prawdopodobieństwa ich aktywacji**, zarówno na terenach objętych badaniami, jak i w nowych lokalizacjach. Takie podejście umożliwi ocenę potencjału uogólniania i adaptacji opracowanego algorytmu do zróżnicowanych warunków geomorfologicznych i klimatycznych. Dodatkowo, przeprowadzone analizy przestrzenno-czasowe wykrytych prekursorów pozwolą na wyznaczenie stref o podwyższonym ryzyku aktywacji osuwisk oraz ocenę ich wiarygodności i użyteczności w kontekście wdrażania systemów wczesnego ostrzegania. Szczególny nacisk zostanie położony na analizę czasu i częstotliwości występowania prekursorów, ich korelację z przeszłymi zdarzeniami oraz potencjał integracji z operacyjnymi strategiami ograniczania ryzyka.