

MONITOROWANIE DEFORMACJI TERENU I ANALIZA STABILNOŚCI OBIEKTÓW INFRASTRUKTURY

WYZWANIE

Monitorowanie stabilności terenu jest jednym z kluczowych zadań z zakresu bezpieczeństwa konstrukcji obiektów. Systematyczne prowadzenie obserwacji i pomiarów geodezyjnych oraz geotechnicznych jest wymagane na terenach górniczych oraz obszarach wielkopowierzchniowych robót budowlanych. Umożliwia prognozowanie narastających deformacji oraz ocenę zagrożenia poszczególnych obiektów. Tradycyjne metody pomiarowe wymagają znacznych nakładów finansowych ze względu na rozmiar obszarów zagrożonych deformacjami. Dla wielu elementów infrastruktury, w tym zabudów czy istotnych obiektów kultury, kompleksowe monitorowanie stabilności konstrukcji i powierzchni terenu powinno być prowadzone systematycznie. W skrajnych przypadkach deformacje gruntu mogą powodować pęknięcia ścian, a nawet zawalenia budynków.

ROZWIĄZANIE

W celu zabezpieczenia budynków i infrastruktury przed uszkodzeniem oraz zapewnienia danych do prognozowania ich zagrożenia, konieczne jest kompleksowe monitorowanie deformacji obiektów oraz ich otoczenia. Zaawansowane technologie satelitarne umożliwiają skuteczne wykonywanie tego zadania. Radarowa interferometria różnicowa (ang. DInSAR – Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry) jest nowoczesną technologią zdalnego pomiaru deformacji z pułapu satelitarnego. Umożliwia ona, w zależności od rozdzielczości przestrzennej obrazowań, wykrywanie nawet milimetrycznych różnic wysokości terenu. Wspomniana metoda jest wykorzystywana w badaniach naukowych od wczesnych lat 90. XX w. i bardzo szybko znalazła zastosowanie w działaniach inżynierskich i środowiskowych. Prace z wykorzystaniem technologii DInSAR mogą być prowadzone z wyłączeniem

pomiarów naziemnych/terenowych, m.in. geodezyjnych, geotechnicznych lub górniczych. Monitorowanie pionowych przemieszczeń terenu z wykorzystaniem satelitarnej interferometrii radarowej prowadzone jest obecnie przez niektóre gminy na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, znajdujące się w strefie oddziaływania kopalni węgla kamiennego. Na terenach górniczych osiadania terenu widoczne są jako charakterystyczne niecki pogórnice o eliptycznym kształcie. Dzięki opisywanej metodzie można precyzyjnie określić zasięg wpływu deformacji oraz wyznaczyć głębokości niecek, które mogą sięgać powyżej 1 m rocznie.

Z kolei celem projektu DefSAR („Zintegrowany system monitoringu podłoża gruntowego z wykorzystaniem interferometrii radarowej trwałych reflektorów”) było utworzenie systemu monitorowania deformacji podłoża na terenie aglomeracji warszawskiej. W ramach przeprowadzonych badań sprawdzono zarówno wielkoobszarowe ruchy Niecki Warszawskiej, jak i lokalne deformacje powstałe w wyniku realizacji różnego rodzaju inwestycji np. budowy drugiej linii metra.

WYNIKI I KORZYŚCI

Podstawową zaletą analiz wykorzystujących dane satelitarne jest zasięg obserwacji. Pojedynczy zestaw danych może pokrywać powierzchnię tysięcy kilometrów kwadratowych. Dlatego wykorzystanie radarowych obrazowań satelitarnych okazuje się optymalnym rozwiązaniem do wielkopowierzchniowego monitorowania stabilności terenu zarówno pod względem ekonomicznym, jak i w kontekście dokładności i szczegółowości opracowań. Wynikiem przeprowadzanych analiz są mapy obniżenia terenu. Kompozycje mapowe mogą mieć formę rastrowej wizualizacji 3D, izolinii obniżenia lub warstwy punktowej.

Badania obszaru Górnego Śląska przeprowadzone metodą DInSAR dowodzą, że na znacznej części tego terenu występuje zjawisko osiadania gruntu. Przykładowo analizy wykonane dla miasta Bytom wykazały, że w ciągu zaledwie 12 dni (3.11.2016 r. – 15.11.2016 r.) wartości osiadania powierzchni na badanym terenie wyniosły od 1 do 4 cm (Ryc. 1).



Ryc. 1. Mapa izolinii pionowych przemieszczeń terenu powstałych w centrum Bytomia
(źródło: Satim Monitoring Satelitarny sp. z o.o.)

Wynikiem projektu DefSAR są dwa systemy monitorowania deformacji na podstawie danych satelitarnych: wysokorozdzielczy, bazujący na zobrazeniach TerraSAR-X, dostarczający pomiarów pionowych przemieszczeń terenu z dokładnością 0,5 mm oraz niskorozdzielczy, bazujący na danych Sentinel-1, którego dokładność wynosi 2-3 mm. Osiągnięcie tak wysokiej dokładności było możliwe dzięki zastosowaniu metody interferometrii radarowej trwałych reflektorów (ang. *PSInSAR - Permanent Scatterers Interferometry Synthetic Aperture Radar*) wykorzystywanej do badania przemieszczeń stabilnych obiektów, takich jak budynki i mosty. Implementacja powyższych systemów pozwoliła odtworzyć historię deformacji miasta Warszawa w latach 2016-2017 (System TerraSAR-X) oraz 2014-2017 (System Sentinel-1) (Ryc. 2).

Instytucjami zainteresowanymi satelitarnym monitorowaniem stabilności terenu mogą być jednostki administracji publicznej działające na obszarach, na których występuje zjawisko osiadania powierzchni terenu.



Ryc. 2. Wynik projektu DefSAR przedstawiający deformacje powstałe na terenie Warszawy
(źródło: Instytut Geodezji i Kartografii)

Mapy obniżenia terenu informujące o zasięgu i wielkości deformacji, systematycznie udostępniane obywatelom, pozwalają podjąć odpowiednie działania zwiększające ich poczucie bezpieczeństwa. Dane uzyskane metodą satelitarnej interferometrii radarowej mogą być również wykorzystane do analizy stabilności obiektów zabytkowych oraz innych materialnych elementów dziedzictwa historycznego czy kulturowego. Podmiotami zainteresowanymi wykorzystaniem tego typu rozwiązań mogą być kopalnie, które są zobowiązane do stałego monitorowania deformacji na obszarach górniczych. Metoda satelitarnej interferometrii radarowej może w znaczący sposób wspomóc prowadzone pomiary geodezyjne oraz zmniejszyć koszty badań pionowych przemieszczeń terenu.

INSTYTUCJE POTENCJALNIE ZAINTERESOWANE ROZWIĄZANIEM

- Ministerstwo Środowiska
- Ministerstwo Infrastruktury
- Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego
- Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju
- Państwowy Instytut Geologiczny
- Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
- Generalny Konserwator Zabytków
- urzędy wojewódzkie
- urzędy gmin