

TrackPreQuake: Śledzenie procesów przygotowawczych do trzęsień ziemi

Jak powstają trzęsienia ziemi? Naukowcy od dawna próbują odpowiedzieć na to pytanie, które pozostaje jednym z największych wyzwań sejsmologii. Zanim dojdzie do trzęsienia ziemi, często występują subtelne sygnały związane ze zmianami naprężenia i deformacjami głęboko we wnętrzu skorupy ziemskiej. Zrozumienie tych **Procesów Przygotowawczych Trzęsień Ziemi (PPT)** jest kluczowe dla przewidywania, kiedy i gdzie mogą wystąpić trzęsienia ziemi. Istniejące modele, takie jak kaskadowy i przedpoślizgowy, są jednak zbyt uproszczone, by uchwycić złożone interakcje zachodzące w systemach uskoków tektonicznych. Ponadto, unikalność każdego trzęsienia ziemi, ukształtowana przez specyficzną historię geologiczną, czyni dokładne przewidywania wyjątkowo trudnymi.

Sejsmiczność Antropogeniczna (SA) - trzęsienia ziemi wywołane działalnością człowieka, taką jak górnictwo, produkcja energii geotermalnej czy napełnianie zbiorników wodnych - dodaje kolejny poziom złożoności. Chociaż SA może wydawać się łatwiejsza do badania ze względu na swoje powiązania z kontrolowanymi procesami technologicznymi, jej fazy przygotowawcze są słabo poznane. AS jest wynikiem interakcji naturalnych i antropogenicznych czynników, co niesie ryzyko dla przemysłów kluczowych dla niskoemisyjnej przyszłości.

Projekt *TrackPreQuake* stanowi odważne, interdyscyplinarne przedsięwzięcie mające na celu zmierzenie się z tymi wyzwaniami, poprzez hipotezę badawczą łączącą zjawiska obserwowane w skali laboratoryjnej, sejsmiczność antropogeniczną oraz naturalne trzęsienia ziemi w jednolity model geomechaniczny i statystyczny. To pierwsza próba systematycznego zbadania, czy Procesy Przygotowawcze Trzęsień Ziemi mają wspólne cechy w tak różnorodnych skalach. Traktując trzęsienia ziemi jako zjawiska wieloparametrowe i analizując ich ewolucję w przestrzeni wielowymiarowej, projekt dąży do stworzenia uniwersalnego modelu PPT - potencjalnego przełomu w sejsmologii.

Najnowsze badania dostarczają obiecujących obserwacji. Wzorce takie jak Subkrytyczny Wzrost Pęknięć (**SWP**) i Współczynnik Skupień (**WS**), zidentyfikowane zarówno w eksperymentach laboratoryjnych, jak i w danych terenowych, mogą wskazywać, jak naprężenie narasta przed trzęsieniami ziemi. Badania pokazują, że trzęsienia ziemi wywołane działalnością człowieka wykazują podobne wzorce do tych poprzedzających potężne naturalne trzęsienia ziemi o magnitudzie 8.0+. SWP opisuje powolny, stopniowy wzrost pęknięć pod wpływem naprężenia poniżej poziomu krytycznego, podczas gdy WS mierzy „odległości” między trzęsieniami ziemi w przestrzeni wielowymiarowej, śledząc ich ewolucję w czasie i przestrzeni. Analiza tych „odległości” dostarcza nowatorskich sposobów ilościowego opisu i wizualizacji zmian aktywności sejsmicznej w różnych kontekstach.

TrackPreQuake bada także unikalne zjawiska, takie jak **antypowtarzalne trzęsienia ziemi**. Te pary trzęsień występują w tym samym obszarze, ale zachowują się jak przeciwieństwa: jedno trzęsienie wiąże się z ruchem uskoku w jednym kierunku, a antypowtarzalne – z ruchem w kierunku przeciwnym. Wzorce te dostarczają cennych informacji o interakcjach uskoków i redystrybucji naprężenia.

Projekt wykorzystuje najnowocześniejsze narzędzia, takie jak sztuczna inteligencja (AI), zaawansowane modelowanie statystyczne, eksperymenty laboratoryjne i dane terenowe z różnych źródeł, w tym z górnictwa, geotermii i sejsmiczności naturalnej. To zintegrowane podejście nie tylko łączy różne dyscypliny - sejsmologię, fizykę, geomechanikę i AI - ale także różne skale, od mikropęknięć w laboratorium po duże uskoki tektoniczne. Traktując trzęsienia ziemi jako zjawiska wielowymiarowe, *TrackPreQuake* redefiniuje nasze rozumienie procesów przygotowawczych trzęsień ziemi, wyznaczając nowe standardy w sejsmologii.

Společne i naukowe implikacje projektu są głębokie. Jeśli zakończy się sukcesem, *TrackPreQuake* dostarczy uniwersalnego modelu PPT, prowadząc do lepszych ocen zagrożeń sejsmicznych i bezpieczniejszego zarządzania przemysłem podziemnym, takim jak geotermia czy magazynowanie CO₂. Wyniki projektu będą udostępniane globalnie za pośrednictwem platform takich jak EPISODES Platform, wspierając międzynarodową współpracę. Ostatecznie *TrackPreQuake* ma na celu zmianę podejścia do gotowości na nadejście trzęsienia ziemi i do zarządzania ryzykiem, otwierając drogę do bezpieczniejszego, bardziej odpornego społeczeństwa. Projekt wspiera również ideę przejścia na zrównoważone źródła energii.