

Zbigniew Czechowski
Instytut Geofizyki Polskiej Akademii Nauk
E-mail: zczech@igf.edu.pl

Matematyka w służbie geofizyki

Ziemia jest żywą planetą. Zmienia się jej wnętrze, morfologia oraz inne warunki na powierzchni. Spowodowane jest to złożonymi i często współdziałającymi procesami fizycznymi (także chemicznymi i biologicznymi). Ich badaniem i modelowaniem zajmuje się geofizyka. Podobnie jak fizyka, posługuje się aparatem matematycznym. Trudności w opisie niektórych procesów geofizycznych wynikają nie tylko z powodu ich dużej złożoności, ale również niemożliwości ich bezpośredniej obserwacji (np. źródła trzęsień ziemi) oraz ich warunków brzegowych. Zwykle niemożliwe jest też wykonanie powtarzalnych eksperymentów. Geofizyka w dużym stopniu opiera się na obserwacjach pośrednich. Tematem wystąpienia będzie przegląd wybranych zagadnień geofizycznych, którymi zajmujemy się w naszym instytucie.

Wiele procesów geofizycznych opisuje się, wykorzystując klasyczne równania mechaniki ciała stałego (np. propagacja fal sejsmicznych, ruch płyt tektonicznych, procesy górotwórcze), cieczy (np. dynamika rzek i oceanów, konwekcja w płaszczu Ziemi i jądrze zewnętrznym, proces perkolacji) lub gazów (atmosfera). Procesy zniszczenia materiału są istotnym elementem mechanizmów źródła sejsmicznego; teorie dyslokacji i szczelin znalazły tu swoje zastosowanie. Metodę homogenizacji wykorzystuje się, między innymi, do opisu procesów perkolacji cieczy przez ośrodek porowaty (np. w geotermii) lub do opisu przepływu wody w zarośniętych roślinnością rzekach.

Oprócz opisu deterministycznego geofizyka sięga po modelowanie stochastyczne. Wynika to z niemożliwości opisu złożonych procesów, o których wiemy zbyt mało. Jednakże, pośrednie obserwacje, np. w formie szeregów czasowych, niosą pewną informację o ukrytych procesach. W takim przypadku metody nieliniowego stochastycznego modelowania szeregów czasowych mogą pomóc przy klasyfikacji lub rozróżnianiu tych procesów, a także przy próbach prognozowania (np. zjawisk ekstremalnych jak trzęsienia ziemi lub powodzie). Między innymi, mimo powszechnej niepowtarzalności zjawisk geofizycznych, obserwuje się pewne zachowania uniwersalne, opisywane prawami wynikającymi ze statystyki rejestrowanych danych (np. prawo Gutenberga–Richtera). W celu zrozumienia tych praw konstruuje się „toy models” zwykle przy użyciu modeli komórkowych. W pewnych prostych przypadkach modele komórkowe, będące zbiorem reguł w programie numerycznym, daje się opisać równaniami matematycznymi. Umożliwia to precyzyjną analizę zależności między mikroskopowym opisem procesów a makroskopowym zachowaniem się badanego zjawiska.