

Przedmowa

W książce przedstawiono szeroki zakres zagadnień z teorii sygnału sejsmicznego, prezentowanych przez autora w ramach wykładów z sejsmiki na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej. Stanowi ona w znacznej części poszerzenie problematyki opisanej w wydanych już wcześniej przez autora podręcznikach (*Przetwarzanie sejsmiczne* – 1998, *Metodyka badań sejsmicznych* – 1998, *Modelowanie sejsmiczne* – 2003, *Interaktywne przetwarzanie danych sejsmicznych w systemie ProMAX* – 2005), w kierunku nowych zastosowań transformacji matematycznych w przetwarzaniu sygnałów sejsmicznych. Zastosowania te (transformacja falkowa, dekompozycja spektralna, transformacja krzywkowa – *curvelet transform*, funkcja koherencji), pojawiły się w praktyce przetwarzania danych sejsmicznych w okresie ostatnich kilku lat.

W prezentowanej książce w sposób świadomy zastosowano w szerokim zakresie nazewnictwo sejsmiczne w języku angielskim – zarówno w tekście, jak i w opisie rysunków. Mam nadzieję, że podwójne nazewnictwo pozwoli lepiej przygotować się do pracy na sejsmicznych stacjach roboczych, na których operuje się wyłącznie językiem angielskim. Mam także nadzieję, że niniejsza książka będzie przydatna nie tylko w procesie kształcenia kadr dla przemysłu, ale także w pracy zawodowej geofizyków.

Wydanie książki było możliwe dzięki pokryciu kosztów wydawniczych przez Wydawnictwo AGH oraz dzięki wykorzystaniu środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, przeznaczonych na realizację prac statutowych (um. AGH: 11.11.140.06), własnych (um. AGH nr 10.10.140.573.) i grantów (nr 4T12B 032 27 oraz N N525 168735). Rozdział trzeci, poświęcony propagacji fal w ośrodkach anizotropowych, powstał w ramach prac autora w projekcie rozwojowym nr R 090202001, finansowanym przez MNiSW i realizowanym w Instytucie Nafty i Gazu.

Książka powstała w znacznej swojej części dzięki zapewnieniu przez firmę Landmark Graphics Corporation dostępu do systemu przetwarzania danych sejsmicznych ProMAX w ramach programu grantowego (*Landmark University Grant Program*).

Zbigniew Kasina

Wstęp

Zmiany czasu propagacji sygnałów sejsmicznych oraz ich amplitudy i składu częstotliwościowego na drodze od źródła fal do odbiorników odgrywają kluczową rolę w procesie wydobywania informacji geologicznej z zapisu sejsmicznego. Zmiany te uwarunkowane są głównie wartościami parametrów sejsmogeologicznych ośrodka, do których zaliczamy: rozkład prędkości fal podłużnych i poprzecznych, rozkład gęstości, rozkład współczynników tłumienia, położenie i geometrię granic sejsmicznych. Istotny wpływ na zmiany propagującego sygnału ma również charakterystyka sygnału generowanego w źródle fal sejsmicznych. Zakres obserwowanych zmian sygnałów, rejestrowanych w punktach odbioru, zależy także od parametrów metodyki obserwacji, określających wzajemne położenie punktów odbioru względem punktów wzbudzenia. W procesie przetwarzania danych sejsmicznych wykorzystujemy szereg procedur, których działanie na zmiany zarejestrowanych sygnałów sejsmicznych ma na celu uzyskanie znacznej poprawy stosunku sygnału użytecznego do sygnału zakłócającego. Jednak ubocznym efektem działania tych procedur może być również wprowadzenie niepożądanych zmian zarejestrowanego pola falowego. W procesie interpretacji również wykorzystujemy procedury, które na drodze świadomych zmian przetworzonego wcześniej sygnału sejsmicznego ułatwiają nam wydobywanie informacji geologicznej z zapisu sejsmicznego. Procedury stosowane w fazie interpretacji powszechnie wykorzystują narzędzia do modelowań procesu propagacji fal oparte na podejściu falowym lub promieniowym.

W badaniach sejsmicznych wykorzystujemy schematy obserwacji, które pozwalają rejestrować w wielu punktach na powierzchni ziemi i w otworach złożony obraz falowy, będący wynikiem nakładania się (superpozycji) wielu sygnałów sejsmicznych. Drogi ich propagacji są bardzo zróżnicowane, dając w wyniku różne czasy przebiegu poszczególnych sygnałów oraz szeroki zakres zmian ich amplitud i składu częstotliwościowego. Zatem mówiąc o sygnale sejsmicznym, mamy na myśli nie tylko pojedynczy sygnał odbity od konkretnej granicy, ale również kolekcje tras zarejestrowanych w różnych punktach odbioru, z których każda stanowi superpozycję wielu sygnałów zapisanych w funkcji czasu przebiegu. Oznacza to jednocześnie analizę sygnałów, które są poddane procesowi próbkowania w przestrzeni i w czasie. Dane spróbkowane zapisywane są w postaci kolekcji wspólnego punktu wzbudzenia zwanej sejsmogramem.

W sejsmice trójwymiarowej (3-D) próbki sygnałów sejsmicznych zapisywane są w funkcji współrzędnych (x, y, z, t) , gdzie t jest czasem propagacji, a współrzędne (x, y, z) określają położenie punktu odbioru. W procesie przetwarzania zarejestrowanych tras sejsmicznych wykorzystujemy zatem najczęściej zarówno transformacje jednowymiarowe (1-D), aplikowane do pojedynczych tras, jak i transformacje dwuwymiarowe (2-D), aplikowane do kolekcji tras (sejsmogramów lub kolekcji wspólnego punktu odbicia). W szczególnych przypadkach – w przypadku danych 3-D – wykorzystujemy transformacje trójwymiarowe.

W rozdziale pierwszym przedstawiono elementy teorii równania falowego w ośrodku izotropowym. Równanie falowe stanowi podstawę teoretycznego modelowania propagacji sygnałów sejsmicznych, wykorzystywanego najszerzej w procesie interpretacji, jak również w zaawansowanych procedurach przetwarzania danych sejsmicznych (procedury migracji sejsmicznej i tomografii sejsmicznej). W rozdziale drugim zawarto podstawowe pojęcia falowego i promieniowego podejścia w propagacji fal sprężystych z uwzględnieniem elementów teorii hodografów sejsmicznych i specyfiki propagacji fal przemiennych. W rozdziale trzecim omówiono specyfikę propagacji sygnałów sejsmicznych w ośrodkach anizotropowych z uwzględnieniem dwójłomności fal poprzecznych. Rozdział czwarty poświęcono teorii i wykorzystaniu transformacji matematycznych w przetwarzaniu sygnału sejsmicznego z uwzględnieniem zarówno powszechnie stosowanych w produkcji transformacji F-K i Radona, jak również najnowszych narzędzi przetwarzania w postaci dekompozycji spektralnej, funkcji koherencji i transformacji krzywkowej (*curvlet transform*). W rozdziale piątym przedstawiono wybrane zagadnienia z teorii sygnału sejsmicznego z uwzględnieniem teorii punktowania i korelacji fazowej sygnałów sejsmicznych oraz procesu edycji tras.