

Jerzy GIERAS<sup>1</sup>

## ZAAWANSOWANE TECHNOLOGIE PRZETWARZANIA DANYCH WYPRACOWANE PRZEZ PRZEMYSŁ NAFTOWY W SŁUŻBIE GEOTERMII

### STRESZCZENIE

Dzięki dynamicznemu rozwojowi przemysł naftowy przez ostatnich kilka dekad wypracował bardzo złożone technologie rozpoznawania warstw skorupy ziemskiej. Centra badawczo-rozwojowe inwestują w rozwój zaawansowanych platform programistyczno-algorytmicznych służących rozpoznawaniu geologicznemu na podstawie danych sejsmicznych. Jedną z takich platform jest Omega, rozwijana przez firmę Schlumberger. Ta bardzo rozbudowana platforma, pod względem informatycznym i geofizycznym, jest stosowana głównie przez duże firmy w celu uzyskania wiarygodnej informacji geologicznej. Umożliwia także tworzenie rozbudowanych drzew algorytmicznych, mogących zawierać zarówno proste, jak i bardzo skomplikowane technologie i procesy. Doświadczony geofizyk-programista poprzez dedykowane programowanie i przetwarzanie danych sejsmicznych obrazuje struktury, mapy spękań skał oraz tworzy zbiory do dalszych analiz i interpretacji geologiczno-petrograficznych. Artykuł przedstawia zarys rozwoju i działania wspomnianej technologii oraz przykładowe wyniki.

### SŁOWA KLUCZOWE

Przetwarzanie danych sejsmicznych, Omega, GK Processing, GKP, geotermia, szczeliny

\* \* \*

---

<sup>1</sup> GK Processing Sp. z o.o., ul. Przemysłowa 17, 32-083 Balice; e-mail: jerzy.gieras@gkprocessing.com

## 1. JAK JEST ROZWIJANA I DLA KOGO JEST DEDYKOWANA TECHNOLOGIA OMEGA

Początki sejsmiki sięgają lat 20. ubiegłego wieku. Jej zastosowanie przełożyło się w znacznym stopniu na naftowe sukcesy poszukiwawcze, które byłyby znikome bez udziału tej metody. Sejsmika zawsze wykorzystywała najnowsze osiągnięcia, zarówno w dziedzinie elektroniki, jak i informatyki. W czasie akwizycji danych sejsmicznych czujniki rejestrują drgania gruntu. Miliony takich zarejestrowanych szeregów czasowych (tras sejsmicznych) poddawane są skomplikowanej obróbce w celu uzyskania informacji geologicznej. Era informatyczna wpłynęła znacznie na rozwój algorytmów i technologii przetwarzania danych sejsmicznych. Obecnie ogromne hale wypełnione tysiącami komputerów przetwarzają dane sejsmiczne. Jednym ze światowych liderów w ilości przetworzonych danych jest firma Schlumberger. Firma ta poza przetwarzaniem rozwija także technologie eksploracji w 125 ośrodkach badawczo-rozwojowych na całym świecie. Rozwijana przez nią od kilku dekad platforma Omega jest jednym z najbardziej zaawansowanych narzędzi przetwarzania danych sejsmicznych. W dalszym ciągu udoskonalana jest przez zespoły programistów, deweloperów, geofizyków i specjalistów różnych dziedzin, co daje coraz szersze możliwości jej zastosowań. Stare algorytmy, takie jak powszechnie stosowana migracja Kirchhoffa, są wciąż rozwijane o kolejne możliwości oraz pozwalają na analizę zjawisk fizycznych, które wcześniej nie były brane pod uwagę. Nowe technologie często dają możliwości wykorzystania przez specjalistów tej części zarejestrowanego sygnału, który wcześniej był uznawany za szum. Z uwagi na informatyczno-geofizyczną złożoność Omegi programiści-geofizycy powinni posiadać wszechstronną wiedzę i doświadczenie podczas pracy nad projektem sejsmicznym. Ta specyficzna wiedza może być uzyskiwana



Rys. 1. Certyfikaty ze szkoleń geofizyków-programistów pracujących w firmie GK Processing

Fig. 1. Certificates from workshops for geophysical programmers working

między innymi poprzez dedykowane, lecz bardzo drogie szkolenia w ośrodkach firmy Schlumberger w Houston lub Londynie.

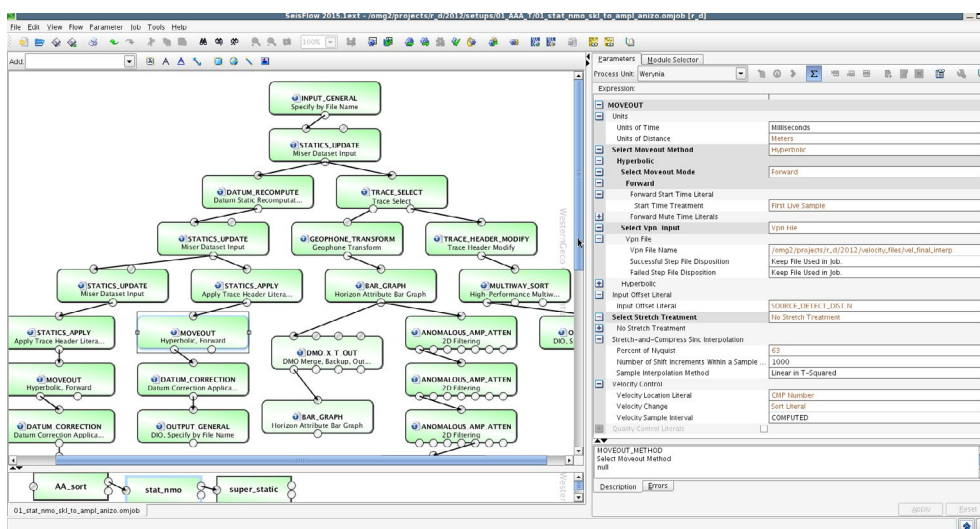
## 2. ZBIÓR ALGORYTMÓW I ICH DZIAŁANIE

Informatycznie platforma Omega zawiera takie serwisy i technologie jak: Oracle, Java Virtual Machine, OPM, RDM, OCM, Corba, JSS, WARS, CAPS, Tape management oraz korzysta z języków programowania: C, C++, Java, PHP, SQL, PL SQL, Perl, CSHELL, BASH. Natomiast geofizycznie zawiera ponad 400 algorytmów i technologii przetwarzania danych oraz kilkadziesiąt aplikacji i miniprogramów do prac interaktywnych i weryfikacji danych.

Podstawowym narzędziem do budowania drzew algorytmicznych jest aplikacja SeisFlow. W narzędziu tym wybieramy algorytmy ze zbioru ponad 400 modułów i łączymy je w dowolny przyjęty przez nas sposób.

Zbiór zawiera algorytmy i technologie dla obsługi zagadnień takich jak:

- Input/Output,
- Geometria,
- Edycja danych,
- Filtry,
- Statyka,
- Dekonwolucja,
- Modelowanie,
- DMO,



Rys. 2. Aplikacja SeisFlow

Fig. 2. SeisFlow application

- Migracje,
- Przetwarzanie po sumie.

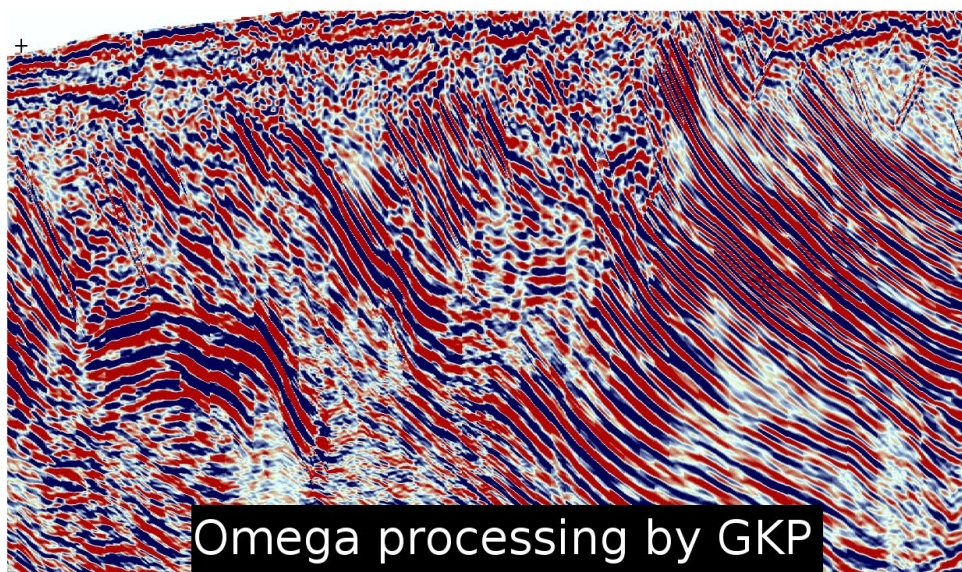
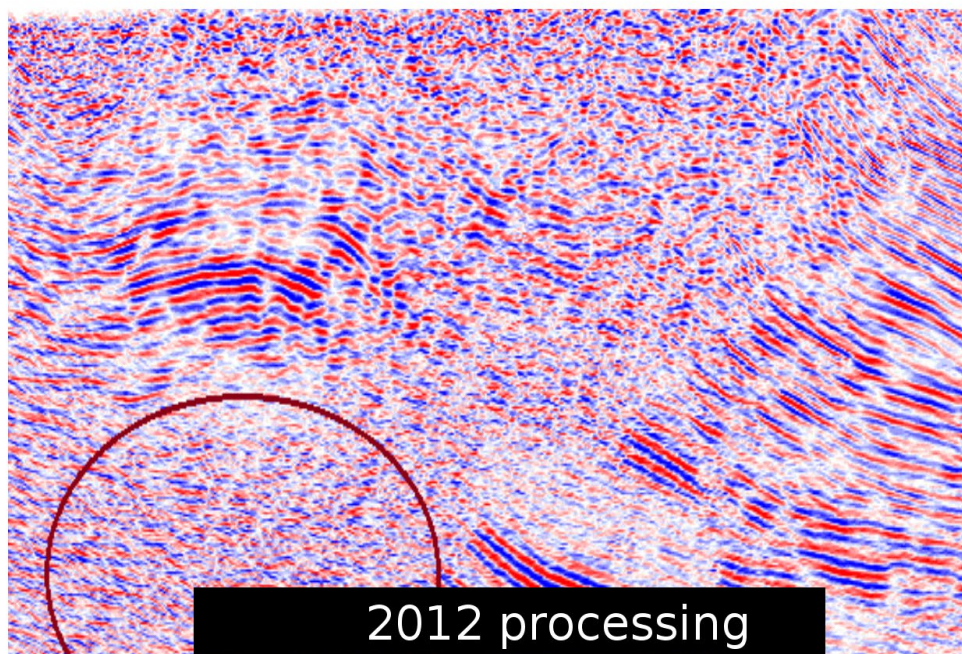
Niektóre z tych modułów są bardzo prostymi algorytmami obejmującymi po kilkanaście parametrów i służącymi np. do operacji na nagłówkach tras. Istnieje jednak wiele modułów, będących mocno rozbudowanymi technologiami, posiadającymi setki parametrów i wykonującymi skomplikowane operacje obliczeniowe w sposób sekwencyjny lub równoległy na tysiącach procesorów jednocześnie. Każde nowe podejście do danego zagadnienia przetwarzania jest zazwyczaj programowane jako nowy moduł i po przetestowaniu oraz walidacji dołączane do głównego oprogramowania. W ostatnim czasie do palety 400 modułów doszły takie technologie jak *Non uniform coherent noise suppression, surface wave analysis modelling and inversion lub matching pursuit fourier interpolation*, dając dalszą poprawę otrzymanywnych wyników.

### **3. ZASTOSOWANIE OMEGI DO OBRAZOWANIA STRUKTURALNEGO, ROZPOZNANIA SYSTEMÓW SPĘKAŃ I SZACOWANIA INNYCH PARAMETRÓW ZŁOŻOWYCH**

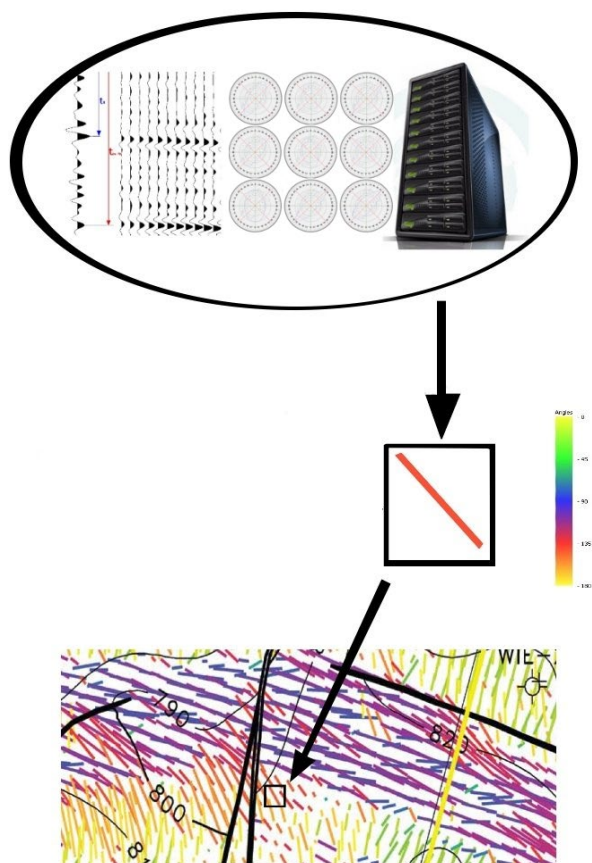
Omega z jednej strony daje możliwość posługiwania się sprawdzonymi rozwiązaniami, a z drugiej tworzenia dedykowanych rozwiązań dla nietypowych sytuacji. Przedstawione poniżej przykłady pokazują wyniki przetwarzania 2D na danych z rejonów górskich, o złożonej geologii, dużych deniwelacjach terenu oraz nieliniowości profili sejsmicznych. Specjalne podejście algorytmiczne rozwiązało tutaj dużą część problemów wynikających ze skomplikowanych warunków akwizycji. Otrzymane wyniki znacznie przewyższają wcześniej osiągnięte rezultaty.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi zbiorniki geotermalne są między innymi kierunki i wielkości spękań ośrodka. Niestety ich obrazowanie wciąż pozostaje ogromnym wyzwaniem dla metod geofizycznych. Ze względu na to, że obecność spękań wpływa na prędkości fal sejsmicznych, metody sejsmiczne w szczególności nadają się do analizy tego zagadnienia. Spękania mogą być wykrywane na podstawie anizotropii prędkości fal. Zastosowanie modułów Omegi do pomiaru różnicy czasu przyjscia fali w zależności od azymutu kierunku jej padania z dokładnością sięgającą 1 mikrosekundy daje możliwość wykrywania nawet bardzo niewielkich anizotropii. Z uwagi na nieliniową aproksymację elipsoidalną w domenie azymutu, metoda ta w tym momencie może być stosowana tylko dla danych sejsmicznych 3D.

Oprócz badania spękań dane sejsmiczne przetworzone za pomocą Omegi są także wykorzystywane do innych analiz geologiczno-petrograficznych i złożowych takich jak AVO, impedancja akustyczna.



Rys. 3. Przykład przetwarzania danych z rejonu o skomplikowanej geologii i warunkach akwizycji  
Fig. 3. Example of data processing from region of complicated mountain acquisition and geology



Rys. 4. Ogólny schemat tworzenia mapy anizotropii

Fig. 4. General idea of anisotropy maps creation

## PODSUMOWANIE

Sejsmika stanowi podstawową metodę badawczą stosowaną do eksploracji skorupy ziemskiej. Przetwarzanie danych sejsmicznych jest jednak zbiorem skomplikowanych procesów, a jakość otrzymywanych wyników w dużej mierze zależy od doświadczenia personelu oraz od użytego narzędzia. Omega jest potężną platformą programistyczno-geofizyczną, która powinna być wykorzystana przez osoby z odpowiednimi kwalifikacjami i wiedzą. Z uwagi na bogactwo algorytmów i technologii Omega wymaga większych nakładów pracy niż inne prostsze systemy. Jednak poniesienie tego kosztu jest opłacalne, gdyż w zamian dostajemy informację geologiczną o wysokim poziomie wiarygodności.

# **ADVANCED DATA PROCESSING TECHNOLOGIES MADE BY OIL INDUSTRY IN THE SERVICE OF GEOTHERMAL ENERGY**

## **ABSTRACT**

Due to the dynamic development, the oil industry has created very complex technologies for the earth's crust exploration. The exploration based on seismic data analysis has been specifically excelled in R&D centers. Programming-processing platforms allow geophysicists to build algorithmic trees and process the data using advanced algorithms. One of such platforms is Omega, Schlumberger product. This complex processing environment is mainly used by large companies that want to obtain reliable geological information. An experienced geophysicist-programmer provides images of the earth's structure, using dedicated algorithms and processing software, in order to obtain the best possible results for further analysis and interpretations. The article presents an outline of the aforementioned technology development and its results.

## **KEYWORDS**

Seismic data processing, Omega, GK Processing, GKP, geothermal, natural fractures

