

Mariusz Grzegorz Łukaszewski

„Wykorzystanie systemów samouczących w sejsmofacjalnej i strukturalnej analizie danych sejsmicznych w strefach potencjalnego występowania konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów”

Słowa kluczowe: systemy samouczące (*Machine Learning*), atrybuty sejsmiczne, automatyzacja procesów poznawczych, modele klasyfikacyjne, wizualizacje, zapadlisko przedkarpackie.

## Streszczenie

Różne typy akumulacji węglowodorów pozostawiają swój własny ślad w zapisie sejsmicznym, tzw. sygnaturę sejsmiczną, którego znalezienie oraz prawidłowa interpretacja są kluczem do sukcesu poszukiwawczego. Jednocześnie stale rosnący wolumen danych sejsmicznych i zawarta w nich zróżnicowana informacja geofizyczno-geologiczna sprawiają, że coraz bardziej oczywistym staje się zastosowanie technik *Machine Learningowych (ML)* do automatyzacji procesów poznawczych. Algorytmy *ML* posiadają wybitną zdolność do poszukiwania wzorców obecnych w zbiorach danych, na których wykonywane są procesy samouczące i robią to nieporównanie szybciej od najbardziej doświadczonych interpretatorów. Najbardziej istotną zaletą systemów samouczących jest zdolność do przekraczania granicy ludzkiej percepcji podczas identyfikacji zjawisk, obiektów oraz potencjalnych, konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów.

Oczekiwanym produktem finalnym prowadzonych badań zawartych w prezentowanej rozprawie było opracowanie procedury (*Machine Learning workflow*), która po zastosowaniu do analizowanego interesującego interwału wolumenu sejsmicznego *3D*, umożliwi wygenerowanie modeli klasyfikujących facje sejsmiczne z wysokim stopniem dokładności. Zakładano, że takie podejście umożliwi interpretatorowi przekroczenie bariery związanej z jakością i rozdzielczością posiadanych danych sejsmicznych i pozwoli na detekcję obiektów o mieszanym charakterze, posiadających określone proveniencje środowiskowe. Względnie krótki czas realizacji interpretacyjnych projektów sejsmicznych oraz zdolność do wydobywania z obrazu sejsmicznego informacji geologicznej ukrytej "między trasami", to obecnie główne atuty komercyjne. Te dwa wyzwania stały się punktem wyjścia do prac zrealizowanych i udokumentowanych w rozprawie doktorskiej. Zgodnie z ideą doktoratów wdrożeniowych, połączono w niej aspekt metodyczny polegający na optymalizacji cyklu interpretacyjnego z aspektem poznawczym, w którym dokonano szczegółowego rozpoznania geologicznego fragmentu zapadliska przedkarpackiego.

Jako obiekt prowadzonych badań wybrane zostało nowoczesne zdjęcie sejsmiczne *3D*, zlokalizowane w NE części polskiego obszaru zapadliska przedkarpackiego. Badaniami objęto fragment profilu osadowego, utworzonego przez górnobadeńskie i sarmackie klastyczne utwory nadewaporatowe, najczęściej określane mianem formacji z Machowa. W badanym rejonie zapadliska sedymentacja osadów tej formacji pozostawała pod wpływem szeroko

rozumianej strefy wypiętrzenia przedgórskiego, a interpretacja danych sejsmicznych potwierdziła znaczną dynamikę procesów tektonicznych w podłożu utworów miocenu, podkreśloną przez dużą zmienność środowisk sedymentacji w czasie i przestrzeni. Informacje te sprawiają, że badany obszar jest wyjątkowo interesujący dla poszukiwań obiektów o charakterze niekonwencjonalnym.

Wybrany do badań diagnostycznych interwał danych sejsmicznych związany jest z fragmentem sukcesji środkowej części utworów sarmatu. Przedmiotem badań prezentowanych w niniejszej rozprawie jest obiekt geologiczny zidentyfikowany w trakcie interpretacji danych sejsmiki 3D. Znajduje się on bezpośrednio w strefie eksploatowanej akumulacji gazu ziemnego. Geneza tej pułapki nie została dotychczas jasno określona, a zróżnicowane parametry eksploatacyjne w poszczególnych otworach nie są spójne z wynikami analiz atrybutów sejsmicznych.

Przedstawione w rozprawie prace zostały ukierunkowane zarówno na zoptymalizowanie procesu interpretacyjnego, jak i detekcję obiektów geologicznych, które z różnych względów pozostają niewidoczne w obrazie sejsmicznym poddanym procesowi standardowej interpretacji. Zgodnie z założeniami najpierw opracowano metodykę prac z algorytmami *ML*, składającą się z określonej sekwencji wielu cząstkowych procedur, które mogą być wykorzystywane w zależności od zakładanych celów interpretacyjnych. Przedstawiono również wpływ kompleksowego przygotowania sejsmicznych danych wejściowych (*data preconditioning*) na bezprecedensowy wzrost rozdzielczości umożliwiający lepsze zrozumienie badanych obiektów geologicznych i procesów, które doprowadziły do ich powstania.

Dokonano również oceny przydatności opisanych algorytmów *ML* w pogłębionej analizie i identyfikacji obiektów geologicznych, rozproszonych w obrębie bloku danych sejsmicznych 3D. W wyniku przeprowadzonych testów i analiz stwierdzono, że systemy samouczące reprezentują wysoki poziom użyteczności w odcyfrowywaniu historii czy informacji geologicznej w postaci cech, relacji i wzorców w danych sejsmicznych, i znacznie przekraczają w tym granice ludzkiej percepcji. Przedstawiona w rozprawie interpretacja geologiczna uzyskanych wyników wykazała, że zaproponowane procedury pozwalają na uszczegółowienie dotychczas istniejących modeli sedymentacyjnych. Dowiodła również, że rozwiązanie to pozwala lepiej obrazować strefy złożowe.

Tym samym w pracy doktorskiej wykazano, że dzięki zastosowaniu innowacyjnej procedury wykorzystującej systemy samouczące w strukturalnej i sejsmofacjalnej interpretacji danych sejsmicznych uzyskano nowe, nieosiągalne do tej pory możliwości poszukiwawcze w zakresie konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w klastycznych utworach zapadliska przedkarpackiego.

Rozprawa została zrealizowana w ramach III edycji programu Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego „Doktorat wdrożeniowy”. Praktyczne zastosowanie osiągniętych wyników jest istotne dla Geofizyki Toruń S.A., będącej miejscem pracy doktoranta.