

Prof. dr hab. Adam Idziak
Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk o Ziemi
w Sosnowcu

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Grzegorza Rasia

pt. "Inwersja pełnego pola falowego (FWI) jako niekonwencjonalne narzędzie modelowania sejsmicznego na podstawie wybranych przykładów budowy modelu prędkości w obrębie basenu arakańskiego "

wykonana na zamówienie dziekana Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo – Hutniczej w Krakowie, pana prof. dr hab. inż. Jacka Matyszkiewicza.

Niniejsza recenzja odnosi się do nowej wersji rozprawy doktorskiej, która powstała w wyniku zalecenia recenzenta poprawienia pierwszej przedstawionej jej wersji.

Omówienie układu pracy.

Przedstawiona do recenzji poprawiona rozprawa doktorska liczy 186 stron (poprzednio 223), z czego część merytoryczna zawiera się na 168 stronach. Pozostałą część stanowią wykaz tabel, wykaz ilustracji i bibliografia . Treść rozprawy zilustrowano 74 rysunkami, których wiele składa się z kilku części. Sposób ich numeracji jest złożony, odpowiadający podziałowi treści na rozdziały, podrozdziały i jednostki niższego rzędu. Dobrze, że w poprawionej wersji pracy autor zamieścił spis rysunków, co ułatwia ich wyszukiwanie w tekście.

Spis literatury cytowanej zawiera 162 pozycje, w znaczącej większości z bibliografii światowej, zarówno czasopism naukowych jak i abstraktów zamieszczonych w materiałach konferencyjnych oraz raportów z prac badawczych.

Praca podzielona została na dziewięć rozdziałów. Rozdział pierwszy – wstęp- zawiera wprowadzenie w problematykę związaną z zakresem pracy, omówienie i krótkie streszczenie następujących rozdziałów oraz sformułowanie celu badań.

W rozdziale drugim autor, przedstawił podstawowe pojęcia pól falowych oraz podstawy teoretyczne formułowania i cechy charakterystyczne równań falowych.

Rozdział trzeci poświęcony został dosyć obszernemu wprowadzeniu w zagadnienia metodyczne zastosowania inwersji pełnego pola falowego (FWI) w modelowaniu sejsmicznym - analizie założeń, efektywności i zbieżności generowanych modeli sejsmicznych ośrodka geologicznego oraz stosowanych algorytmów

W czwartym przedstawiona została obszerna charakterystyka geologiczna i tektoniczna obszaru objętego badaniami sejsmicznymi, których wyniki posłużyły autorowi do przeprowadzenia modelowania sejsmicznego metodą FWI. Trzeba stwierdzić, że wykorzystane w pracy dane dotyczą tylko niewielkiego fragmentu opisanego obszaru.

W rozdziale piątym opisana została procedura przygotowania danych sejsmicznych dla algorytmów inwersji pełnego pola falowego (FWI), ich pozyskanie z przeprowadzonych pomiarów sejsmicznych, analiza jakości zarejestrowanych

sejsmogramów oraz ich wstępne przetwarzanie, mające na celu przygotowanie do rozwiązania zadania inwersyjnego.

Rozdział szósty stanowi zasadniczą część pracy. Przedstawiona została w nim przeprowadzona przez doktoranta inwersja wybranych zbiorów danych sejsmicznych. Opisano szczegółowo metodykę kolejnych kroków obliczeniowych: testowania danych wybranych do modelowania metodą FWI, przygotowania i wybrania odpowiednich modeli startowych dla procedury inwersyjnej oraz procedur modelowania dla wybranych fragmentów opisanego w pracy obszaru. W końcowej części tego rozdziału przedstawiono wyniki modelowania i dokonano ich analizy.

Rozdział siódmy zawiera podsumowanie osiągniętych rezultatów i częściowo powtórzone ze wstępu informacje na temat układu pracy. Wnioski końcowe przedstawione zostały w rozdziale ósmym. Rozdział dziewiąty zawiera rozważania doktoranta na temat możliwości rozwoju metod inwersyjnych w obrazowaniu sejsmicznym.

Zaproponowany przez autora układ pracy nie budzi zastrzeżeń.

Ocena merytorycznej wartości pracy

W porównaniu z pierwszą wersją obecną rozprawę charakteryzuje wyraźnie sprecyzowany cel pracy. Jest nim wykazanie, że odpowiednio uwarunkowana i metodycznie przeprowadzona inwersja pełnego pola falowego pozwala na uzyskanie szczegółowego obrazu budowy badanego ośrodka geologicznego nawet wtedy, gdy modele startowe wykorzystane w obliczeniach są znacznie zgeneralizowane. Dla realizacji tego celu doktorant wykorzystał udostępnione mu przez firmy geofizyczne, dla których pracował, materiały badań sejsmicznych prowadzonych w pobliżu wybrzeży Birmy w basenie arakańskim. Jako cel szczegółowy wyznaczył sobie odwzorowanie w obrazie sejsmicznym utworów powstałych w wyniku spływu grawitacyjnego osadów płytkowodnych wzdłuż krawędzi szelfu kontynentalnego w kierunku równi abysalnej, charakteryzujących się złożoną strukturą, a jednocześnie słabo zaznaczających się na przekrojach sejsmicznych uzyskanych innymi metodami.

Badania przeprowadzone przez doktoranta stanowią próbę zastosowania FWI do wykrywania płytkich, niewielkich struktur o anomalnej prędkości fal sejsmicznych. To sytuuje przedstawioną rozprawę doktorską jako pracę metodyczną, mającą na celu pokazanie istotnych problemów i sposobów ich rozwiązania przy tworzeniu inwersyjnych modeli sejsmicznych o dużej rozdzielczości. Wybór obiektu badań związany był zapewne z możliwością uzyskania przez doktoranta dostępu do materiałów ze szczegółowego zdjęcia sejsmicznego wykonanego u wybrzeży Birmy przez duże firmy geofizyczne poszukujące złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. Pozyskanie obszernych, szczegółowych danych sejsmicznych miało istotne znaczenie dla realizacji pracy. Należy zwrócić uwagę na fakt, że badania dotyczyły danych sejsmiki morskiej, mającej swoją specyficzną metodykę, związaną z rozwiązywaniem problemów pomiarowych niewystępujących w geofizyce lądowej. Treść pracy wskazuje na dużą wiedzę i doświadczenie doktoranta w realizacji morskich badań sejsmicznych, przetwarzaniu i interpretacji ich wyników oraz posługiwaniu się zaawansowanymi narzędziami informatycznymi. Nawiasem mówiąc, trudno aby było inaczej w przypadku badacza pracującego od wielu lat dla dużych firm geofizyki poszukiwawczej i autora podręcznika „Geofizyka morska”.

Zawartość recenzowanej obecnie pracy chciałbym omówić na tle jej pierwszej wersji.

Wstęp znacznie lepiej wprowadza w tematykę rozprawy. Przede wszystkim, wyraźnie sprecyzowany został cel pracy. Również styl języka tego rozdziału uległ znacznej poprawie.

W rozdziale drugim przedstawione zostały podstawy teoretyczne inwersji pełnej formy pola falowego. Treść tego rozdziału została uporządkowana, w stosunku do poprzedniej wersji napisanej dość chaotycznie, koncentrując się na koncepcji pola falowego, równaniach falowych definiujących pola falowe i ich rozwiązaniach. W rozdziale tym usunięto błędy i niezręczności wcześniejszego tekstu

W rozdziale trzecim omówiono ogólne podstawy metodologiczne inwersji i metodologię FWI w szczególności. Jest to jeden z dłuższych rozdziałów pracy, pomimo pewnego skrócenia tekstu. Struktura rozdziału składa się z dziewięciu podrozdziałów a te z kolei podzielone zostały na jednostki niższego rzędu. Podział ten jest logiczny, a treści przedstawione w poszczególnych podrozdziałach prezentują istotne dla metod inwersyjnych zagadnienia, takie jak charakterystyka danych wejściowych, tworzenie modeli, funkcja celu i jej minima, modyfikacja modeli itd. Istotną wartością wprowadzonych do rozdziału modyfikacji jest to że napisany on został w sposób znacznie bardziej przemyślany ze względu na język, styl i sposób opisu poszczególnych pojęć, przez co zawarta w nim wiedza przedstawiona została w sposób bardziej zrozumiały. Autor w nowej wersji uniknął błędnych sformułowań dosyć licznych w wersji pierwotnej.

Rozdział czwarty, w którym przedstawiono obszar badań to moim zdaniem najlepiej napisana część pracy. Choć można mieć wątpliwości, czy wszystkie podane tam informacje dotyczące pełnej historii geologicznej i tektonicznej obszaru (którego tylko niewielki wycinek stanowi rejon pomiarów geofizycznych), są istotne dla celu pracy, to nie obniża to wartości tego rozdziału, jako źródła wiedzy geologicznej o tym, dość odległym geograficznie, regionie.

Rozdział piąty, poświęcony analizie danych wejściowych został poważnie zmodyfikowany i skrócony. Zniknął styl charakterystyczny dla dzienników pomiarowych i raportów badawczych. Usunięto charakterystykę aparatury pomiarowej i schematy stosowanych urządzeń, zbędne dla prezentowanych w pracy zagadnień. W treści zmodyfikowanego rozdziału w sposób zwięzły i precyzyjny przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące metodyki pomiarowej i problemów związanych ze specyfiką geofizyki morskiej. Opisano również procedury selekcji i weryfikacji danych wykorzystywanych w dalszych etapach badań.

Rozdział szósty, jak napisałem wcześniej, stanowi zasadniczą część rozprawy, Przedstawiono w nim wyniki przeprowadzonej inwersji dla różnych zestawów danych. Pokazano wpływ ich doboru oraz użycia różnych procedur filtracji, Jako modele startowe dla FWI wykorzystano zgeneralizowane modele prędkościowe, uzyskane w wyniku zastosowania innych metod interpretacyjnych. Autor wykazał możliwości i ograniczenia procedur prowadzących do uszczegółowienia i zwiększenia rozdzielczości obrazów sejsmicznych w wyniku inwersji pełnego pola falowego zapisanego w zarejestrowanych sejsmogramach. Wyniki swoich badań przedstawił głównie w postaci zrzutów ekranowych obrazów z monitora wygenerowanych przez używane oprogramowanie. Ponieważ poprzednio moje zastrzeżenia dotyczyły tego, że na pomniejszych obrazach trudno odczytać część opisów np. wyskalowanie osi, zakresy skal barwnych, a podpisy pod rysunkami nie

zawierały odpowiednich informacji, to w nowej wersji doktorant uzupełnił te braki. Dodał także szerszy autorski komentarz do uzyskanych wyników w miejsce uboższego i dość chaotycznego zbioru przedstawionych w punktach tzw. „obserwacji i wniosków”. Trochę szkoda, że doktorant nie pomyślał o dołączeniu do pracy doktorskiej, jako załącznika na dysku, plików graficznych przedstawiających najważniejsze rezultaty jego modelowań. Byłoby to znaczne uzupełnienie rozprawy, pozwalające na pełniejsze potwierdzenie uzyskanych przez doktoranta rezultatów

Ostatni, siódmy rozdział pierwotnej wersji pracy został podzielony na trzy rozdziały odpowiadające poprzednim podrozdziałom. Obecny siódmy rozdział to Podsumowanie. Zgodnie z nazwą autor zestawił w nim syntetycznie najważniejsze informacje zawarte we wcześniejszych rozdziałach. Powtórzył również opis zawartości pracy przedstawiony we wstępie.

Wnioski końcowe zostały przedstawione w rozdziale ósmym. W tym przypadku muszę stwierdzić, że bardziej odpowiadał mi schemat zastosowany w podrozdziale 7.2 wersji pierwotnej, w którym wyraźnie wydzielone zostały wnioski ogólne, uzupełnione wnioskami szczegółowymi (nazywanymi tam dodatkowymi obserwacjami).

W rozdziale dziewiątym autor przedstawia swoje przemyślenia na temat dalszego rozwoju metody FWI, wiążąc go głównie z potrzebami uzyskiwania coraz bardziej szczegółowych obrazów sejsmicznych dla celów poszukiwawczych. Zdaje sobie jednak sprawę z ograniczeń związanych z możliwością badania ośrodka geologicznego o coraz bardziej skomplikowanej budowie oraz uwzględniania jego rzeczywistych własności fizycznych.

Pracę zamyka bibliografia. W pierwotnej wersji była to najbardziej wadliwa część rozprawy. Publikacje zamieszczone w spisie w znaczącej części nie miały odwołań w tekście, a z kolei odwołania w tekście nie miały odpowiedników w spisie literatury, co wzbudzało duży niepokój recenzenta. W nowej wersji zostało to skorygowane. Nie uniknięto jednak błędów polegających na zaburzeniu kolejności alfabetycznej opisanych pozycji (np. Jones umieszczony został pomiędzy Krebsem i Lambare) czy odmienności roku publikacji w odsyłaczu i spisie (np. Mora 1986 – w odsyłaczu, podczas gdy w spisie jest Mora 1987 i Mora 1988).

Zgodnie z wymaganiami określonymi w ustawie i rozporządzeniach MNiSzW praca doktorska musi stanowić samodzielne rozwiązanie określonego problemu badawczego wnosząc wkład w poszerzenie zakresu wiedzy w danej dyscyplinie. Nie mam wątpliwości, że doktorant spełnił ten warunek opracowując i krytycznie analizując metodykę FWI dla udokładnienia obrazowania sejsmicznego płytko zalegających utworów podmorskich. Przedstawił on i przeanalizował uwarunkowania dotyczące przygotowania i doboru danych, wskazał na znaczenie zakresu częstotliwościowego modelowanych pól falowych dla uzyskania wysokorozdzielczych obrazów sejsmicznych oraz na istotne źródła możliwych błędów i niejednoznaczności w uzyskiwanych wynikach. To czego zabrakło w pracy, to pokazanie, w jakim stopniu jej wyniki poszerzają dotychczasową wiedzę na temat wykorzystania inwersji pełnego pola falowego w płytkim rozpoznaniu sejsmicznym. Doktorant nie porównał swoich wyników z wynikami prac innych badaczy (a były takie chociażby w obrębie geofizyki lądowej) wskazując swój wkład w rozwój dyscypliny naukowej. Jest to istotny mankament recenzowanej rozprawy.

Zauważone błędy

Również w nowej wersji rozprawy doktorant nie uniknął pewnych błędów, czy to rzeczowych, czy stylistycznych:

-str. 7 wiersz 1

Rola migracji głębościowej...była używana...jako podstawowy element pętli iteracyjnej...

-str. 7 wiersz 16

FWI...to...metoda...wykorzystująca podejście falowe w obu kierunkach...

-str 7 wiersz 22

Metoda kusi potencjalnych jej użytkowników...

-str. 10 wiersz 12

...problemu źle postawionego...

W polskiej terminologii matematycznej używa się pojęcia „zadanie (problem) źle uwarunkowane”.

-str.19 wiersz 1

...czoło fali zdefiniowane jako płaszczyzna o stałym czasie przejścia posiada kształt sferyczny...

Chyba powinno być „jako powierzchnia do której fala dociera w tym samym czasie

-str. 22

Moim zdaniem tytuł podrozdziału powinien brzmieć „Rozwiązania równań pola falowego”

-str.32 wiersz 1

Przechodzenie z domeny czasu do domeny częstotliwości i z powrotem jest procesem ...zwanym odpowiednio transformatą i odwrotną transformatą Fouriera

Powinno być „transformacją” (proces). Transformata to wynik transformacji.

-str.33

Tytuł podrozdziału 3.2.3 powinien brzmieć „Problem modelowania wprost” co odpowiada angielskiemu terminowi forward modelling

-str. 36 wzór 3.5

W opisie przed wzorem występuje kolizja oznaczeń, gdyż symbolem \mathbf{d}_0 oznaczono zarówno wektor danych obserwowanych jak i uzyskanych w modelowaniu wprost.

-str. 46 wiersz 3

...rzędy macierzy...

Powinno być „wiersze macierzy”, rząd macierzy to zupełnie inny termin.

-str. 56

Tytuł podrozdziału 3.6.2 nie odpowiada układowi tytułów podrozdziałów 3.6.1 i 3.6.3 .

Chyba lepiej brzmiałby tytuł „Zależność od offsetu i częstotliwości”

-str.61 wiersz 8 i 17

Czynnikiem wpływającym na rejestrację danych sejsmicznych nie jest „model prędkości” tylko rzeczywisty rozkład prędkości w ośrodku geologicznym.

-str. 65 wiersz 1

Moc obliczeniowa komputerów...zależy...od poziomu dyskretyzacji modelu...

Chyba powinno być „wymagana moc obliczeniowa komputerów”.

-str. 73 wiersz 4

Blok A7 znajduje się tuż nad blokiem A6...

Ten zapis sugeruje pionową sekwencję bloków. Powinno być „bezpośrednio na północ od”

Praca zawiera też sporo błędów redakcyjnych, takich jak literówki czy braki lub przestawienia wyrazów, powstałych prawdopodobnie na etapie składu komputerowego.

Podsumowanie.

Rezultaty badań wykonanych w ramach pracy doktorskiej pokazują, że mgr Grzegorz Raś opanował w dostatecznym stopniu umiejętność samodzielnego ich prowadzenia i analizy osiągniętych wyników oraz rozwiązał pewien problem naukowy wnosząc wkład do rozwoju metod obrazowania sejsmicznego. Tym samym doktorant spełnił wymagania zapisane w art. 13 ust.1 „Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 r. Po przedstawieniu zmodyfikowanej wersji rozprawy doktorskiej uważam, że kandydata można dopuścić do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Sosnowiec, 14 listopada 2019 r

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, cursive letters. The signature is positioned above a horizontal dotted line, which is likely a placeholder for a printed name or a signature line. The ink is a vibrant blue color.