

IGF-SN-421-03/23

prof. dr hab. Adam Idziak
Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk Przyrodniczych
Sosnowiec

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
30.01.2024r.	
Nr Uz.	Zat.
Raf.	

Sosnowiec, 23.01.2024

RECENZJA

OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ORAZ DOROBKU NAUKOWO-BADAWCZEGO,
DYDAKTYCZNEGO I POPULARYZATORSKIEGO

DR INŻ. ANDRZEJA GÓRSZCZYKA

UBIEGAJĄCEGO SIĘ O NADANIE STOPNIA NAUKOWEGO DOKTORA
HABILITOWANEGO.

Recenzję opracowano na podstawie umowy z Instytutem Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, reprezentowanym przez Zastępcę Dyrektora ds. Naukowych – dr hab. Rafała Junoszę-Szaniawskiego.

1. Ocena osiągnięcia naukowego

Jako osiągnięcie naukowe habilitant przedstawił w porządku chronologicznym zestawienie czterech współautorskich, tematycznie powiązanych artykułów, opublikowanych w recenzowanych czasopismach naukowych w latach 2017 - 2021. Zbiorowi temu nadał tytuł: "Sejsmiczne metody rekonstrukcji regionalnych modeli geologicznych w wysokiej rozdzielczości i ich zastosowanie do różnego typu danych ze strefy subdukcji Nankai w Japonii". Habilitant dołączył do wniosku pliki PDF zawierające pełne wersje artykułów składających się na osiągnięcie naukowe, co znacząco ułatwiło pracę recenzenta.

Prace przedstawione jako dzieło naukowe dr inż. A. Górszczyka, mające stanowić warunek konieczny nadania stopnia doktora habilitowanego, są publikacjami współautorskimi, w których habilitant jest pierwszym autorem. Opublikowane zostały w znaczących czasopismach naukowych wskazanych dla dyscypliny „nauki o Ziemi i środowisku”: *Journal of Geophysical Research-Solid Earth*, *Solid Earth* oraz *Geoscientific Model Development*. Celem badań, których wyniki przedstawiono w wymienionych artykułach, był rozwój i zastosowanie metod regionalnego obrazowania sejsmicznego wysokiej rozdzielczości ze szczególnym uwzględnieniem inwersji pełnego pola falowego. Do jego realizacji wykorzystano obszerny zestaw danych sejsmicznych zarejestrowanych w rejonie wschodniej części strefy subdukcji Nankai w Japonii.

W pierwszym z artykułów, zatytułowanym „Toward a robust workflow for deep crustal imaging by FWI of OBS data: The eastern Nankai Trough revisited”,

napisanym wspólnie z S. Operto i M. Malinowskim, przedstawiono kompleksowy i szczegółowy opis procedur weryfikacji i przetwarzania wyników pomiarów sejsmicznych wykorzystujących stacjonarne odbiorniki rozmieszczone na dnie oceanicznym (OBS) wzdłuż profili o długości rzędu dziesiątek do setek kilometrów oraz źródła sejsmiczne wzbudzone przy pomocy sprężonego powietrza. Głównym celem było wykazanie, że inwersja pełnego pola falowego w domenie częstotliwości (FWI) pozwala na stworzenie modelu prędkościowego badanego ośrodka o znacznie większej rozdzielczości niż tworzone dotychczas modele oparte na tomografii sejsmicznej czasów pierwszych wstąpień (FAT). Dla jego realizacji wprowadzono szereg procedur pozwalających na skuteczne zastosowanie FWI. Zaproponowano budowę modelu startowego z wykorzystaniem FAT przeprowadzonej na odpowiednio skorygowanych, w stosunku do pierwotnie wyznaczonych, czasach pierwszych wstąpień. W celu zmniejszenia nieliniowości inwersji zaproponowano sekwencyjne podejście wprowadzania danych do procedury inwersyjnej. Weryfikację uzyskanych rezultatów przeprowadzono przez porównanie sejsmogramów syntetycznych wyliczonych dla uzyskanego modelu prędkościowego z sejsmogramami rzeczywistymi. Do określenia dokładności wyników inwersji wykorzystano technikę dynamicznego zniekształcania obrazów. Pozwoliło to w pełni automatycznie i w sposób ilościowy oszacować różnice w przesunięciach faz między danymi rzeczywistymi i syntetycznymi, a co za tym idzie ocenić wiarygodność finalnego modelu inwersyjnego. Wyniki zaprezentowane w pracy w przekonujący sposób przedstawiały potencjał FWI w przetwarzaniu danych sejsmiki morskiej.

Drugi artykuł, „Crustal-scale depth imaging via joint full-waveform inversion of ocean-bottom seismometer data and pre-stack depth migration of multichannel seismic data: a case study from the eastern Nankai Trough”, napisany został przez zespół Andrzej Górszczyk, Stéphane Operto, Laure Schenini, and Yasuhiro Yamada. Pozyskanie danych archiwalnych z refleksyjnych pomiarów sejsmicznych, przeprowadzonych na tym samym profilu na którym wykonano pomiary OBS, umożliwiło wykorzystanie danych z obu eksperymentów do uzyskania wysokorozdzielczego modelu sejsmicznego strefy subdukcji. Dane z OBS pozwalają na uzyskanie modelu sięgającego górnego płaszcza, jednak ze względu na stosunkowo duże odstępstwa pomiędzy ustawionymi na dnie morskim geofonami, rozdzielczość obrazu najpłytszych utworów zalegających pod dnem jest zbyt mała aby zobrazować wszystkie ich szczegóły. Z kolei metody refleksyjnej sejsmiki morskiej dostarczają informacji o płytkiej budowie geologicznej jednak uzyskanie wiarygodnego obrazu z danych refleksyjnych wymaga precyzyjnego określenia zmian prędkości fali z głębokością. W prezentowanych badaniach przetestowano kilka procedur stosowanych w analizie prędkości fal refleksyjnych (standardowa analiza prędkości danych refleksyjnych, tomografia pierwszych wejść oraz inwersja pełnego pola falowego danych OBS). Przeprowadzono migrację głębokościową danych refleksyjnych z różnymi modelami prędkości. Wyniki badań pokazały, że ze względu na szczegółowość modelu prędkości będącego wynikiem FWI danych OBS jego użycie w migracji głębokościowej daje najdokładniejsze obrazowanie płytkich

struktur. Połączenie wyników badań refleksyjnych i OBS pozwoliło na określenie charakterystycznych prędkości fal sejsmicznych dla różnych fragmentów strefy subdukcji, a tym samym dało podstawy do szczegółowej interpretacji geologicznej.

Autorami trzeciego z kolei artykułu są Andrzej Górszczyk i Stéphane Operto. Nosi on tytuł „GO_3D_OBS: the multi-parameter benchmark geomodel for seismic imaging method assessment and next-generation 3D survey design (version 1.0)”. Jest wynikiem doświadczenia habilitanta nabytego przy realizacji wcześniejszych prac nad obrazowaniem wyników pomiarów sejsmicznych w strefie subdukcji. Dr inż. A. Górszczyk doszedł do wniosku, że dane sejsmiczne zebrane wzdłuż liniowego profilu (sejsmika 2-D) w silnie zaburzonym tektonicznie ośrodku mogą zawierać również informacje o strukturach leżących poza osią profilu. W efekcie może to skutkować uzyskaniem zafałszowanego dwuwymiarowego modelu sejsmicznego. spowodowanego niemożnością poprawnego odtworzenia faktycznego (trójwymiarowego) przebiegu fali, który odbywał się poza obrębem profilu sejsmicznego. Chcąc dalej rozwijać metodologię skorupowego obrazowania sejsmicznego opartego na FWI habilitant podjął się budowy realistycznego, trójwymiarowego, wieloparametrowego, referencyjnego modelu strefy subdukcji. Celem badań było dostarczenie społeczności naukowej modelu, który mógłby posłużyć do testowania i oceny skuteczności różnych podejść z zakresu obrazowania budowy skorupy ziemskiej. W pracy zaprezentowano kolejne kroki pozwalające na implementację modelu. Punktem wyjścia było modelowanie struktury geologicznej inspirowanej strefą subdukcji Nankai. Parametry modelu sejsmicznego obejmowały prędkości fal P i S, gęstość oraz tłumienie fal P i S, a także komponenty stochastyczne. Stworzony model ma wymiary 175 km na 100 km na 30 km przy dyskretyzacji na siatce o boku 25 m i przedstawia pełnoskalową strukturę strefy subdukcji aż do górnego płaszcza. Możliwe jest wyodrębnienie dowolnej części modelu oraz dowolnego przekroju dwuwymiarowego. Model został udostępniony społeczności naukowej w otwartym dostępie.

Ostatni artykuł wchodzący w skład dzieła habilitacyjnego, zatytułowany „Graph-Space Optimal Transport Concept for TimeDomain Full-Waveform Inversion of Ocean-Bottom Seismometer Data: Nankai Trough Velocity Structure Reconstructed From a 1D Model”, autorstwa Andrzeja Górszczyka, Romain Brossier'a, and Ludovica Métivier'a, nawiązuje do wcześniejszych badań opisanych w artykule pierwszym. Przedstawiono w nim inne podejście do inwersji pełnego pola falowego danych OBS w domenie czasu wykorzystujące funkcję celu inną niż L2, opartą na metodzie optymalnego transportu w przestrzeni grafów (GSOT), charakteryzującą się większą wypukłością, z mniejszą ilością minimów lokalnych (a nawet ich brakiem), a co za tym idzie bardziej odporną na niedopasowanie modelu startowego dla inwersji. Wyjściowym modelem prędkości był jednowymiarowy profil prędkości, który generował dane syntetyczne przesunięte w fazie o kilka cykli względem danych rzeczywistych co jednak nie stanowiło przeszkody dla funkcji celu GSOT, która porównuje dwa sejsmogramy w poszukiwaniu tych samych wzorców

sygnału w zdefiniowanym oknie czasowym. Istotnym problemem było to, że w skomplikowanych ośrodkach geologicznych nawet wąskie okno czasowe sejsmogramu może zawierać impulsy różnego pochodzenia, uniemożliwiające ich skuteczne porównanie przy pomocy funkcji GSOT. Autorzy zauważyli, że można wykorzystać pierwsze wstąpienia, których przybliżone położenie w czasie jest stosunkowo łatwe do wyznaczenia. W przeprowadzanej procedurze inwersyjnej skupili się na precyzyjnym dopasowaniu sygnałów pierwszych wstąpień z wykorzystaniem funkcji GSOT i szerokiego okna czasowego, a następnie w sposób progresywny wprowadzali do inwersji późniejsze wstąpienia. jednocześnie zawężając okna czasowe, które funkcja GSOT przeszukuje w poszukiwaniu wzorców sygnału. W efekcie uzyskano model prędkościowy strefy subdukcji bardzo podobny do modelu uzyskanego w wyniku inwersji opisanej w pracy z roku 2017. Przedstawione wnioski wskazują, że zadowalające rezultaty inwersji pełnego pola falowego można uzyskać stosując funkcję celu GSOT, dzięki czemu procedura inwersyjna nie wymaga szczegółowego modelu startowego, co znacząco upraszcza i skraca cały proces obliczeniowy.

Rozpatrując przedstawione osiągnięcie habilitacyjne dr inż. Andrzeja Górszczyka stwierdzam, że jest to spójny cykl artykułów opisujących badania, których wspólnym mianownikiem jest zastosowanie inwersji pełnego pola falowego w obrazowaniu sejsmicznym budowy skorupy ziemskiej w strefie subdukcji, a więc obszarze o znacząco skomplikowanej budowie geologicznej i tektonice. Wspólnym elementem łączącym poszczególne prace jest też wybrany obszar badań.

Habilitant należy do tej grupy naukowców, którzy w swojej dyscyplinie naukowej wykorzystują coraz bardziej zaawansowane narzędzia badawcze, w tym przypadku informatyczne, mające istotny wpływ na jej rozwój. Aby skutecznie używać tych narzędzi ich użytkownik musi posiadać nie tylko solidne podstawy matematyczno – informatyczne ale także znaczącą wiedzę merytoryczną w danej dyscyplinie naukowej. Andrzej Górszczyk bez wątplenia spełnia te warunki. Jego zainteresowania naukowe są wyraźnie ukierunkowane. Dzięki temu, w publikacjach wspólnych z innymi badaczami, można bez trudu ocenić jego wkład w prezentowane badania. Przedstawiony zbiór publikacji wskazuje na rozwój naukowy kandydata, cechujący się poszukiwaniem zróżnicowanych i coraz bardziej zaawansowanych metod przetwarzania danych sejsmicznych.

Analizując przedstawiony cykl artykułów naukowych stwierdzam, że stanowi on istotne osiągnięcie naukowe kandydata, mające istotny wpływ na rozwój metod sejsmicznych i tym samym spełnia podstawowe wymagania ustawowe, niezbędne do nadania stopnia doktora habilitowanego.

2. Ocena dorobku naukowo-badawczego kandydata.

Dorobek publikacyjny dr inż. Andrzeja Górszczyka obejmuje, poza wyodrębnionym cyklem, 12 artykułów naukowych, z których pięć opublikowanych

zostało przed uzyskaniem stopnia doktora. Wszystkie te publikacje napisane zostały w języku angielskim i w większości wydrukowane w znaczących czasopismach geofizycznych takich jak *Solid Earth*, *Journal of Geophysical Research*, *Journal of Applied Geophysics*, *Computers & Geosciences*.

Sumaryczny impact factor publikacji kandydata wynosi 37.694. Według bazy Scopus artykuły jego współautorstwa cytowane były 300 razy (w tym 35 autocytowań, a jego indeks Hirsza jest równy 6, przy czym należy dodać, że niektóre artykuły cytowane były kilkadziesiąt razy.

Ważnym aspektem działalności naukowej habilitanta jest współpraca z innymi krajowymi i międzynarodowymi zespołami badawczymi np. z Instytutu Nauk Geologicznych PAN, Akademii Górniczo – Hutniczej, Uniwersytetu w Nicei, Uniwersytetu w Grenoble oraz Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. Współpraca ta udokumentowana jest wspólnymi publikacjami naukowymi oraz wystąpieniami na konferencjach naukowych.

Dr inż. A.Górszczyk odbył sześć krótkoterminowych staży na Uniwersytecie w Nicei oraz dwa dwutygodniowe staż w Japonii na zaproszenie JAMEST. W latach 2019 – 2023 odbył czteroletni staż podoktorski na Uniwersytecie w Grenoble.

Habilitant uczestniczył w siedmiu projektach badawczych finansowanych przez NCN oraz NCBiR, w sześciu jako wykonawca a w jednym jako kierownik. Aktualnie kieruje dwoma projektami badawczymi finansowanymi przez te agencje grantowe.

Kandydat jest autorem lub współautorem 53 referatów wygłoszonych na krajowych i międzynarodowych konferencjach naukowych, w tym na kongresach takich organizacji jak European Geosciences Union, European Seismological Commission, American Geophysical Union czy IASPEI.. Kilkukrotnie był zaproszony do wygłoszenia referatu na konferencji naukowej

Dr inż. A.Górszczyk współpracował również z jednostkami przemysłowymi takimi jak Strzelecki Energia, Geopartner Geofizyka czy konsorcjum SEISCOPE zrzeszające światowe firmy naftowe. Opracowane przez niego metodyki przetwarzania danych sejsmicznych zostały wdrożone w kilku instytucjach, w tym przez Kanadyjską Służbę Geologiczną.

Należy stwierdzić, że dorobek naukowy dr inż. Andrzeja Górszczyka jest znaczący. Już po ukończeniu studiów w roku 2012 aktywnie działał naukowo, czego dowodem jest sześć publikacji przed uzyskaniem stopnia naukowego doktora. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora w roku 2017 opublikował dziesięć artykułów naukowych. Zakres jego zainteresowań naukowych jest wyraźnie określony. Koncentruje się na testowaniu i wdrażaniu narzędzi informatycznych służących doskonaleniu metod interpretacyjnych w badaniach sejsmicznych budowy skorupy ziemskiej. Dorobek naukowy kandydata został udostępniony międzynarodowym gremiom naukowym

poprzez artykuły naukowe oraz referaty wygłoszone na ważnych konferencjach naukowych. W świetle kryteriów zapisanych w rozporządzeniu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego uważam, że dorobek naukowy i badawczo-rozwojowy habilitanta odpowiada wymogom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

3. Ocena dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego

Dorobek dydaktyczny habilitanta jest skromny. Obejmuje opiekę nad młodymi naukowcami odbywającymi staż w Instytucie Geofizyki PAN. We wniosku brak jest informacji o innych formach działalności dydaktycznej.

Kolejnym elementem ważnym z punktu widzenia oceny dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego jest recenzowanie publikacji w czasopismach naukowych. Habilitant jest autorem ponad czterdziestu recenzji artykułów dla liczących się międzynarodowych periodyków naukowych znajdujących się w bazie J.C.R. m.in.: *Scientific Reports*, *GEOPHYSICS*, *G-Cubed*, *Journal of Geophysical Research – Solid Earth*, *Geophysical Journal International*, *Pure and Applied Geophysics*, *Geophysical Prospecting*, *Journal of Applied Geophysics*, *Minerals*. Ponadto recenzował wniosek grantowy na zlecenie National Science Foundation (USA).

Biorąc pod uwagę inne kryteria opisane w rozporządzeniu Ministra Edukacji i Nauki należy stwierdzić, że dr inż. Andrzej Górszczyk koncentruje się głównie na pracy naukowej, w niewielkim stopniu angażując się w działalność dydaktyczną. Jest to w dużej mierze efekt wynikający ze specyfiki pracy w instytucie badawczym. Dlatego uważam, że ta część całościowej oceny ma mniejsze znaczenie dla rozpatrywanego wniosku habilitanta. Na podkreślenie natomiast zasługuje częste zlecenie mu recenzji artykułów, co świadczy o jego rozpoznawalności w międzynarodowych gremiach naukowych oraz docenianiu wiedzy i umiejętności w reprezentowanej dyscyplinie naukowej.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę dzieło naukowe oraz całościową ocenę dorobku kandydata, polegającego na rozwijaniu metod interpretacyjnych oraz wdrażaniu metodyk badawczych stosowanych w badaniach sejsmicznych, stwierdzam, że dr inż. Andrzej Górszczyk spełnia określone Ustawą i rozporządzeniem Ministra Edukacji i Nauki warunki wymagane do uzyskania stopnia doktora habilitowanego. Tym samym rekomenduję Komisji ds. Postępowania Habilitacyjnego wydanie pozytywnej opinii dla Rady Naukowej Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Warszawie, do której skierowany został wniosek habilitanta.

