

16F-SN-421-03/23

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPŁYNĘŁO	
28.01.2024	
Nr. CZ.	Zaś.
Ref.	

Warszawa 10.01.2024

Prof. dr hab. Leszek Czechowski
Centrum Badań Kosmicznych PAN

Recenzja do postępowania habilitacyjnego dr. Andrzeja Górszczyka

Dr inż. Andrzej Górszczyk do postępowania habilitacyjnego złożył 4 prace, którym nadał ogólny tytuł: "Sejsmiczne metody rekonstrukcji regionalnych modeli geologicznych w wysokiej rozdzielczości i ich zastosowanie do różnego typu danych ze strefy subdukcji Nankai w Japonii".

Tytuł inżyniera uzyskał w 2011 r. na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, AGH. Rok później uzyskał tytuł magistra na tym samym wydziale.

W 2017 r. zdobył stopień doktora w dziedzinie nauk o Ziemi, w dyscyplinie geofizyka w Instytucie Geofizyki PAN po przedstawieniu rozprawy "Application of Discrete Curvelet Transform in enhanced seismic imaging and accurate velocity model building", promotorem był prof. dr hab. inż. Michał Malinowski.

Wg załączonych dokumentów jest obecnie autorem kilkunastu prac w różnych czasopismach, w tym kilku wysoko notowanych (jak Journal of Geophysical Research). W 9 pracach jest pierwszym autorem. Ponadto jest autorem ponad 50 prezentacji, w tym także na najlepszych konferencjach i siedmiokrotnie autorem prezentacji zapraszanych. Także dane naukometryczne są pozytywne, ok. 300 cytowań (z czego 70 po uzyskaniu doktoratu), przy indeksie Hirscha 9 (wg bazy Scopus).

Dr Andrzej Górszczyk ma także doświadczenia w organizacji pracy naukowej. Kilka razy był wykonawcą i kilka razy kierownikiem grantów finansowanych przez NCN i NCRB. Udzielał się też jako recenzent prac w różnych czasopismach lub proponowanych grantów.

Dr Andrzej Górszczyk ma też niemałe doświadczenia we współpracy z sektorem gospodarczym. Z firmą Geopartner Geofizyka współpracował w ramach projektu NCBiR nad opracowaniem tańszych metod poszukiwań rud metali. Współpracował także z firmami finansującymi badania konsorcjum SEISCOPE dotyczące obrazowania sejsmicznego. W ramach projektu BLUE GAS JURASHALE współpracował z firmą Strzelecki Energia nad zastosowaniem metod sejsmicznych dla poszukiwań złóż węglowodorów. Wykaz wdrożonych przez niego technologii obejmuje 5 pozycji.

W okresie 01.2013 – 12.2017 był asystentem w Zakładzie Obrazowania Geofizycznego, Instytutu Geofizyki PAN. Od 01.2018, do chwili obecnej, jest w tym samym zakładzie, adiunktem. W okresie 02.2019 – 01.2023 odbywał staż podoktorski w Institut des Sciences de la Terre, Universite Grenoble Alpes we Francji.

Już z powyższego opisu wynika, że dr inż. Andrzej Górszczyk jest doświadczonym naukowcem, po którym można spodziewać się istotnych osiągnięć naukowych zgłoszonych do niniejszego postępowania. Zgodnie z ustawą jest to cykl czterech wymienionych poniżej, powiązanych tematycznie artykułów naukowych:
I. Górszczyk, A., Operto, S., and Malinowski, M. (2017), Toward a robust workflow for deep crustal imaging by FWI of OBS data: The eastern Nankai Trough revisited, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122, 4601–4630, doi:10.1002/2016JB013891, (IF2017: 3.48; IF2021: 4.39)

II. Górszczyk, A., Operto, S., Schenini, L., and Yamada, Y. (2019), 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, *Solid Earth*, 10, 765–784, doi:10.5194/se-10-765-2019, (IF2019: 2.92; IF2021: 3.92)

III. Górszczyk, A. and Operto, S (2021), GO_3D_OBS: the multi-parameter benchmark geomodel for seismic imaging method assessment and next-generation 3D survey design (version 1.0), *Geoscientific Model Development*, 14, 1773–1799, doi:10.5194/gmd-14-1773-2021, (IF2021: 6.89; IF2021: 6.89)

IV. Górszczyk, A., Brossier, R., & Métivier, L. (2021). Graph-space optimal transport concept for time-domain full-waveform inversion of ocean-bottom seismometer data: Nankai Trough velocity structure reconstructed from a 1D model. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126, e2020JB021504. doi:10.1029/2020JB021504, (IF2021: 4.39; IF2021: 4.39)

Pierwsza z tych prac dotyczy badań przed uzyskaniem doktoratu, lecz obroniona praca doktorska dotyczyła innego tematu, więc wykorzystanie pracy P1 tutaj nie budzi zastrzeżeń. W pracach P2 i P3 znajdują się informacje 'Author contributions', które dodatkowo potwierdzają dominujący wkład A. Górszczyka w wymienione powyżej publikacje.

Celem badań przedstawionych do niniejszego postępowania był rozwój i zastosowanie metod regionalnego obrazowania sejsmicznego w wysokiej rozdzielczości (szczególnie inwersji pełnego pola falowego, ang. full-waveform inversion – FWI). Wykorzystano różne dane sejsmiczne z rejonu strefy subdukcji Nankai w Japonii oraz dane syntetyczne (wygenerowane w modelu reprezentującym ten ośrodek geologiczny).

Zauważmy, że wykorzystana do badań część strefy subdukcji Nankai jest obiektem licznych prac badawczych, więc stanowiła dobry obiekt kontrolny na omawianych metod. Poza tym aspektem, jest to ważna struktura dynamiczna i dokładne rozpoznanie jej budowy jest istotne dla problemów tektoniki.

Ogólne dążenie do coraz lepszego wykorzystania ogromnej ilości danych uzyskiwanych z badań sejsmicznych jest tendencją istniejącą od wielu lat. Ponieważ zajmowałem się konwekcją w płaszczu Ziemi, więc możliwości poznawcze w określeniu 3D struktury wnętrza Ziemi interesowały mnie od dawna. Niektóre aspekty metodyki tych kierunków, głównie First-Arrival Tomography – FAT,

omawiałem 30 lat temu w monografii [Czechowski L., (1993), Mapping mantle convection in: Dynamics of the Earths evolution, str. 106-160, Elsevier-PWN], a same wyniki dotyczące m. in. stref subdukcji miały dla mnie istotne znaczenie. Dlatego duże zainteresowanie wzbudziły we mnie prace dr. A. Górszczyka.

W autoreferacie Autor umieścił podrozdział 4.4, który skutecznie ułatwia zapoznanie się z problemami przedstawionych badań. Między innymi, uprzedzając wątpliwości czytelnika, zaznacza o problemie tzw. cycle-skippingu, częstego (i kłopotliwego) zjawiska występującego przy zastosowaniu metod opartych o interpretację pełnego pola.

Autor zapobiega problemom związanym z tym zjawiskiem, używając kilku metod (o tym mówią głównie prace P1 i P4). Jedną z metod jest stworzenie wstępnego modelu za pomocą klasycznej metody FAT, dzięki czemu na podstawie analizy czasów przebiegu promienia w modelu tomograficznym i faktycznego położenia pierwszych wstąpień w danych rzeczywistych, można było zlokalizować dane o słabym dopasowaniu i dokonać odpowiedniej korekty początkowo wyznaczonych czasów pierwszych wstąpień. Dzięki temu uzyskano lepsze dane wejściowe do kolejnej iteracji tomografii FAT, a w efekcie dokładniejszy model startowy do metody FWI (bez zjawiska cycle-skippingu).

Drugą metodą zaproponowaną przez autora jest rozwiązywanie problemu, używając najpierw fal dłuższych (gdzie cycle-skipping z natury rzeczy jest mniej prawdopodobny) do fal krótszych, które dają dokładniejszy obraz badanego obszaru. Dodatkowo Autor wprowadził odpowiednie wagi danych, co pozwoliło na zwiększenie korzystnego udziału w rekonstrukcji modelu danych odpowiadających falom lepiej oddających głębsze struktury. Stosowne zmiany zostały zaimplementowane w programie do modelowania.

Kolejną metodą na uniknięcie problemów ze cycle-skipping użytą przez Autora było wykorzystanie wyników zagadnienia transportu optymalnego w przestrzeni grafów (ang. Graph-Space Optimal Transport – GSOT). Funkcja do minimalizacji charakteryzuje się większą wypukłością niż klasyczna funkcja celu L2. W sprzyjającej sytuacji może występować tylko jedno jej minimum. Wtedy klasyczna metoda minimalizująca funkcję nie będzie trafiała w lokalne minimum, czyli będzie całkiem eliminować cycle-skipping. Dzięki temu nie trzeba tak precyzyjnego wyznaczania czasów pierwszych wstąpień do wyprowadzenia wystarczająco dokładnego modelu startowego.

Jak widać z powyższego omówienia Autor nie zadowala się pierwszą metodą rozwiązywania problemu, ale dąży do szukania dalszych, możliwie lepszych rozwiązań. Podobne ambitne podejście Autor reprezentuje przy innych problemach.

W pracy P2 Autor wykazał, że posługując się danymi archiwalnymi (dotyczącymi strefy subdukcji Nankai), o gorszej jakości od współcześnie uzyskiwanych danych, można uzyskać model głębszych struktur geologicznych o wyraźnie lepszej rozdzielczości. Mimo zastosowania różnych metod modele strefy subdukcji Nankai z prac P1 i P4 są zgodne, co potwierdza poprawność metod. Autor

podkreśla w Autoreferacie, że rozwiązanie przedstawione w tej pracy było: "wyznaczeniem nowego kierunku w tego typu badaniach" i "że posługując się danymi archiwalnymi [...] jesteśmy w stanie wydobyć bogatą informację".

Autor podkreśla też fakt, że metoda FWI zastosowana w pracy P4, a wyprowadzona w oparciu o model syntetyczny opisany w P3 dała się wprost zastosować do danych rzeczywistych. Oczywiście świadczy to o realizmie modelu syntetycznego.

Warto też podkreślić, że dr A. Górszczyk przeprowadził cały cykl naukowy, zaczynający się od teorii, przez przygotowanie metod numerycznych i matematycznych do wyników polowych.

Na podstawie dostarczonych dokumentów i informacji w dostępnych publikacjach uważam więc, że dr inż. A. Górszczyk to w pełni dojrzały badacz, który już osiągnął piękne rezultaty i prowadzi dalej bardzo obiecujące badania. Niektóre z jego osiągnięć zasługują na określenie "pionierskie". Wyniki są nie tylko wartościowe naukowo, ale mogą mieć duże znaczenie ekonomiczne. Mogą też przysłużyć się lepszemu zrozumieniu procesów w strefie subdukcji, czyli i zrozumieniu procesów w ognisku trzęsienia ziemi.

Podsumowując, uważam, że dr inż. Andrzej Górszczyk spełnia wymagania określone przez ustawę "Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce" (Dz. U. 2018, poz. 1668 z późniejszymi zmianami), do nadania stopnia doktora habilitowanego i wnoszę o dalsze postępowanie w tej sprawie.

Prof. dr hab. Leszek Czechowski

LESZEK CZECHOWSKI