

Warszawa, 30 lipca 2021 r.

dr hab. Monika Wilde-Piórko, prof. IGiK
Instytut Geodezji i Kartografii
Warszawa, ul. Modzelewskiego 27

SEKRETARIAT NAUKOWY INSTYTUT GEOFIZYKI PAN	
WPLYNEŁO	
Dnia 23.08.2021 r.	
Nr dz.zał.
Ref.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr Agaty Bury pt. „Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych”

1. Podstawa recenzji

Recenzję rozprawy doktorskiej opracowałam na zlecenie Z-cy Dyrektora ds. Naukowych Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, pismo nr IGF-SN-420-16/21 z dnia 1 czerwca 2021 r., na mocy Uchwały nr 9/258/2021 Rady Naukowej Instytutu Geofizyki PAN z dnia 26 maja 2021 r.

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr Agaty Bury pt. „Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych” wykonana w Instytucie Geofizyki Polskiej Akademii Nauk. W recenzji przedstawiam analizę rozprawy w aspekcie oryginalności przedstawionego w niej zagadnienia naukowego, a także jej elementów, potwierdzających wiedzę teoretyczną i inne wymagane umiejętności Doktorantki.

2. Charakterystyka rozprawy wraz z oceną merytoryczną

Recenzowana rozprawa doktorska koncentruje się na badaniu wpływu efektów źródłowych na wektory indukcyjne, które zostały wyznaczone z 15-letnich obserwacyjnych danych geomagnetycznych zarejestrowanych przez 30 wybranych obserwatoriów światowej sieci pomiarowej INTERMAGNET na podstawie pasywnej metody sondowania elektromagnetycznego, tj. metody magnetotellurycznej. Zostały wyznaczone i omówione sezonowe zmiany wektorów indukcyjnych, jak również ich zależność od faz cyklu aktywności słonecznej oraz od aktywności zorzowej w badanym obszarze.

2.1 Ocena wyboru tematu rozprawy

Temat rozprawy jest aktualny i obejmuje analizę występowania zniekształceń w wektorach indukcyjnych wyznaczanych w badaniach magnetotellurycznych. Na podstawie funkcji przejścia,

które m.in. są przedstawiane w postaci wektorów indukcyjnych, wyznacza się przewodność elektryczną badanego regionu do głębokości od kilkunastu metrów do kilkuset kilometrów. Względnie niskie koszty badań magnetotellurycznych oraz ich zasięg głębokościowy sprawiają, że znajdują one szerokie zastosowanie w wielu dziedzinach, np. geofizyce środowiskowej, geofizyce poszukiwawczej, tektonice, hydrologii czy archeologii. Dlatego też bardzo istotne jest, aby prowadzić badania naukowe, które umożliwią ocenę wiarygodności otrzymanych na ich podstawie modeli.

2.2 Sposób realizacji pracy

Recenzowana rozprawa doktorska, której promotorem jest dr hab. Anne Neska, prof. PAN składa się z 79 stron tekstu (druk komputerowy formatu A4). Rozprawa składa się z czterech rozdziałów głównych oraz podsumowania i wniosków tworzących rozdział piąty. Główną treść rozprawy poprzedza streszczenie w językach polskim i angielskim zawierające sformułowane nie wprost tezy pracy, ogólne omówienie wykorzystanych danych oraz uzyskanych rezultatów. Rozprawę uzupełniają: „Bibliografia” (pozycja nr 6 spisu treści), „Spis ilustracji” (pozycja nr 7 spisu treści) oraz „Spis tabel” (pozycja nr 7 spisu treści). Bibliografia liczy 41 pozycji, w tym 38 angielsko- i niemieckojęzycznych, z których połowa została opublikowana po roku 2000. Cytowany jest 1 artykuł związany z tematem rozprawy doktorskiej, opublikowany w roku 2020, którego Doktorantka jest autorem. Spis ilustracji zawiera 40 pozycji, a Spis tabel 2 pozycje. Układ rozprawy jest przejrzysty.

W Rozdziale 1 pt. „Wstęp” Doktorantka w trzech podrozdziałach pierwszego rzędu i siedmiu podrozdziałach drugiego rzędu przedstawia ogólne i bardzo podstawowe informacje na temat badań magnetotellurycznych (podrozdział 1.1) i ich podstaw teoretycznych (podrozdział 1.2). Na końcu tego rozdziału zamieszczony został podrozdział 1.3 omawiający cel i podział pracy. Istotną częścią Rozdziału 1 jest wyprowadzenie przez Doktorantkę z równań Maxwella podstawowych równań i zależności wykorzystywanych w metodach magnetotellurycznych oraz zwięzłe, a przy tym wnikliwe i zarazem przystępne ich omówienie (podrozdziały 1.2.1-1.2.2). W wzorach 1.11 (str. 15) oraz 1.17 (str. 16) wkradły się błędy, zabrakło potęgi przy parametrze δ oraz l . Niestety kolejny podrozdział 1.2.3 zawierający omówienie funkcji przejść wyznaczanych w metodach magnetotellurycznych w niewystarczający sposób przedstawia ideę wektorów indukcyjnych na wyznaczeniu i analizie, których opiera się rozprawa. Doktorantka nie omówiła w jaki sposób wyznacza się funkcje przejścia pomiędzy pionową oraz poziomymi składowymi pola magnetycznego, tzw. „tippery” (podany jest tylko ogólny wzór wiążący składowe pola magnetycznego), jak na ich podstawie wyznacza się wektory indukcyjne, oraz jakie wartości „tippery” powinny przybierać przy założeniu prostych jedno, dwu i trójwymiarowych modeli ośrodka. Według mnie te informacje są kluczowe z punktu widzenia omawianych później wyników i wyciąganych przez Doktorantkę wniosków. Doktorantka zawarła tylko informację, że wektory indukcyjne „*Naniesione na mapę pokazują w jakich kierunkach zmienia*

się rozkład przewodnictwa, pomagając zlokalizować dobrze przewodzące struktury, ponieważ zorientowane są prostopadle do przewodnika i wskazują w kierunku do niego”. W podrozdziale 1.2.4 Doktorantka zaprezentowała znane z literatury praktyczne konsekwencje załamania warunku dalekiego pola na przykładach szumu antropogenicznego pochodzącego ze źródeł w otoczeniu stacji pomiarowej, np. od zelektryfikowanych linii kolejowych oraz od sygnałów elektromagnetycznych pochodzenia naturalnego, tj. jonosferycznego prądu równikowego, prądów polarnych czy rezonansowych linii stałego pola geomagnetycznego. Podrozdział 1.2.5 przedstawia konieczność badania sygnałów źródłowych, ze względu na to, że złamanie założeń ich dotyczących, w znaczący sposób może zaburzać funkcje przejścia służące do wyznaczania modeli rozkładu przewodnictwa ośrodka, a co za tym idzie do błędnej interpretacji otrzymanych wyników.

W Rozdziale 2 pt. „Dane” w pięciu podrozdziałach pierwszego rzędu omówione zostały dane pomiarowe wykorzystane w rozprawie. Doktorantka przedstawiła i omówiła składowe służące do opisu ziemskiego pola magnetycznego (błędny wzór 2.2), przedstawiła sieć obserwatoriów geomagnetycznych INTERMAGNET oraz dane przez nią udostępniane (dane geomagnetyczne z 30 stacji z lat 1995-2009 wykorzystano w rozprawie), omówiła obserwacje zórz polarnych prowadzone w fińskiej stacji Sodankyla (dane dotyczące dni bez aktywności zorzowej z lat 1995-2009 wykorzystano w rozprawie) oraz przedstawiła dane dotyczące aktywności słonecznej (dane dotyczące liczby aktywnych plam słonecznych z lat 1995-2009 wykorzystano w rozprawie).

W Rozdziale 3 pt. „Metodyka badań” w dwóch podrozdziałach pierwszego rzędu Doktorantka omówiła zastosowaną metodykę badań. Niestety, w rozdziale tym nie pojawiła się informacja jak Doktorantka wyznaczyła wektory indukcyjne - jakie były kolejne kroki dotyczące przygotowania danych geomagnetycznych, ich przetworzenia oraz obliczenia wektorów indukcyjnych. Nie pojawiła się również informacja jakimi programami posłużyła się Doktorantka w celu obliczenia wektorów indukcyjnych, czy korzystała z programów własnych, ogólnodostępnych czy też komercyjnych. Nie zostały podane wartości okresów dla jakich zostały wyznaczone wektory indukcyjne ani informacja jakie było kryterium wyboru ich wartości. Pierwsze zdanie podrozdziału 3.1 jest źle sformułowane. To, że wektory indukcyjne są funkcjami zespolonymi, nie oznacza, że w związku z tym reprezentowane są przez wartości zależne od okresu T . Oznaczenia wektorów indukcyjnych poprzez X i Y , tak samo jak składowych poziomych pola geomagnetycznego jest według mnie bardzo mylące – sugeruje, że mamy do czynienia ze składowymi pola geomagnetycznego a nie z wektorami indukcyjnymi. Nie zostało również podane w jaki sposób policzona została wariancja wyznaczonych wektorów indukcyjnych, błędnie nazwana w rozprawie wartością błędu. W podrozdziale 3.1 jako przykład zamieszczono tylko rycinę przedstawiającą obliczone wektory indukcyjne oraz wektory DIA (Difference Induction Arrows, będące różnicą pomiędzy wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonów letnich i zimowych dla każdej stacji) dla stacji Budkov (rysunek 3.1) oraz mapa rozkładu wektorów DIA wszystkich stacji dla okresu 2560 sekund (rysunek 3.2). Rysunek 3.2 jest niestety

słabej jakości, a większość strzałek jest zbyt mała, co sprawia, że jest on nieczytelny (tak jak i pozostałe tego typu mapy zamieszczone w rozprawie). Doktorantka nie podała jakie były wartości błędu wyznaczonych składowych wektorów. Bardzo dużym niedociągnięciem rozprawy jest niedołączenie do niej w postaci dodatku na końcu rozprawy wyników uzyskanych dla wszystkich stacji. Można domniemywać, że Doktorantka pokazała najlepsze uzyskane wyniki, aczkolwiek nie musi to być prawdą. W podrozdziale 3.2 Doktorantka przeprowadziła dalszą szczegółową analizę wektorów indukcyjnych dla 12 stacji z obszaru Europy. Dla wybranych 12 stacji policzyła dodatkowe wektory: YearlyDIA (dla każdego roku oddzielnie będące różnicą pomiędzy wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonu zimowego i letniego), SummerDIA (dla każdego roku oddzielnie będące różnicą pomiędzy wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonów letnich i wieloletniej średniej dla sezonów letnich), WinterDIA (dla każdego roku oddzielnie będące różnicą pomiędzy wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonów zimowych i wieloletniej średniej dla sezonów zimowych) oraz NonAuroraDIA (dla każdego roku oddzielnie będące różnicą pomiędzy wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonu letniego danego roku i wektorami indukcyjnymi policzonymi dla sezonu zimowego obejmującego jedynie dni, w których nie zostały zarejestrowane zorze polarne). Tak jak w podrozdziale poprzednim pojawił się jeden przykład wyznaczonych wektorów dla stacji Furstfeldbruck (rysunek 3.3), bez informacji o wartościach błędów wyznaczonych wektorów. Tak jak dla wektorów obliczonych w podrozdziale 3.1, wyniki otrzymane dla wszystkich 12 stacji powinny zostać zamieszczone w dodatku na końcu rozprawy.

Rozdział 4 pt. „Wyniki”, składający się z dwóch podrozdziałów pierwszego rzędu i pięciu podrozdziałów drugiego rzędu, poświęcony został przedstawieniu i omówieniu otrzymanych wyników. Podrozdział 4.1.1 przedstawia zaobserwowane zmienności sezonowe wektorów indukcyjnych. Jako przykład zostały przedstawione wektory indukcyjne dla sezonu letniego i zimowego oraz wektory DIA dla wybranych trzech stacji zlokalizowanych w wysokich, średnich i niskich szerokościach geograficznych. W podrozdziale 4.1.2 Doktorantka przedstawia analizę wektorów DIA w zależności od szerokości geomagnetycznej oraz omówiła jej wyniki. Jako przykład zostały zaprezentowane mapy z otrzymanymi wektorami DIA wszystkich stacji dla trzech okresów: 903, 2560 oraz 10240 s. Doktorantka nie zamieściła komentarza, dlaczego wybrała jako przykład te okresy. Niestety mapy przedstawione na rysunkach 4.2-4.4 nie są czytelne (uwaga taka sama jak w zamieszczonej w Rozdziale 3). Znacznie lepiej prezentują się Rysunki 4.5-4.8 (za wyjątkiem opisów osi, których czcionka jest zbyt mała) gdzie zostały przedstawione wartości składowej rzeczywistej i urojonej wektorów DIA wszystkich stacji w zależności od ich szerokości geomagnetycznej dla wybranych dwóch okresów: 2560 oraz 102040 s (bez uzasadnienia, dlaczego wybrano akurat te wartości). Tak jak poprzednio nie podano wartości błędów wyznaczonych wielkości. W dodatku na końcu rozprawy powinny zostać zamieszczone wyniki uzyskane dla wszystkich 24 okresów. Wnioski zaprezentowane na podstawie analizy otrzymanych wektorów indukcyjnych dla sezonu letniego i

zimowego oraz wektorów DIA wydają się być sensowne, aczkolwiek bez podania wartości błędów otrzymanych wektorów trudno jest stwierdzić na ile są one słuszne. W podrozdziale 4.2.1 przeprowadzona została szczegółowa analiza wektorów: YearlyDIA, SummerDIA, WinterDIA oraz NonAuroraDIA dla wybranych 12 europejski stacji geomagnetycznych. Doktorantka wykazała, że analizy potwierdzają, że 60° szerokości geograficznej stanowi wyraźną granicę dla charakteru zmian sezonowych widocznych w wektorach indukcyjnych. Jako przykład zostały pokazane dla kolejnych lat części rzeczywistej i urojonej wektorów YearlyDIA, SummerDIA oraz WinterDIA dla stacji Belsk dla okresu 3233 s, dla stacji Eskdalemuir dla okresu 1181 s, dla stacji Furstenfeldbruck dla okresu 7927 s, dla stacji Abisko dla okresu 1181 s oraz dla stacji Sodankyla dla okresu 3233 s. Tak jak poprzednio nie podano wartości błędów wyznaczonych wielkości. W dodatku na końcu rozprawy powinny zostać zamieszczone wyniki uzyskane dla wszystkich stacji i analizowanych okresów. Wnioski zaprezentowane na podstawie analizy otrzymanych wartości wektorów YearlyDIA, SummerDIA oraz WinterDIA wydają się być sensowne, aczkolwiek bez podania wartości błędów otrzymanych wektorów trudno jest stwierdzić na ile są one słuszne. W podrozdziale 4.2.2 Doktorantka porównała otrzymane wartości składowych rzeczywistych i urojonych wektorów YearlyDIA, SummerDIA oraz WinterDIA z wartościami opisującymi aktywność słoneczną wyrażoną poprzez średnią miesięczną liczbę aktywnych plam słonecznych (Total Sunspot Number). Powyższe wartości zostały zaprezentowane dla stacji Furstenfeldbruck dla okresu 7927 s oraz dla stacji Sodankyla dla okresu 3233 s. Ponieważ jednak Doktorantka nie przeprowadziła analizy ilościowej – nie pokusiła się o obliczenie współczynników korelacji, to na podstawie przedstawionych wykresów mogła tylko stwierdzić, że nie zaobserwowano jednoznacznej korelacji pomiędzy zmiennością obserwowaną w analizowanych wektorach oraz aktywnością słoneczną. Tak jak poprzednio nie podano wartości błędów wyznaczonych wielkości, więc trudno jest stwierdzić na ile wysnuty wniosek jest słuszny. W dodatku na końcu rozprawy powinna zostać zamieszczona tabela z obliczonymi współczynnikami korelacji dla wszystkich stacji i analizowanych okresów. W podrozdziale 4.2.3 Doktorantka przedstawiła analizę wpływu aktywności zorzowej na stabilność otrzymanych wyników dla stacji Sodankyla. Doktorantka zamieściła informację, że dodatkowo „w celu wykluczenia efektów pochodzących jedynie ze statystyki odpornościowej (ang. Robust statistic), na której polega metoda Egbert'a, dodatkowo policzono te wektory metodą przetwarzania danych bazujących na metodzie najmniejszych kwadratów”. Nie zostało jednak sprecyzowane jako metodą zostały policzone wektory DIA dla sezonu zimowego 2001 oraz NonAuroraDIA dla sezonu zimowego 2001 przedstawione na rysunkach 4.21 i 4.22. We wnioskach wysnutych w tym podrozdziale, po raz pierwszy w pracy znajduje się wzmianka o wartościach błędów wyznaczonych wektorów indukcyjnych. Doktorantka stwierdza, że „dla zbioru dni bez aktywności zorzowej wartości błędów wektorów indukcyjnych są zbliżone lub większe niż dla wektorów indukcyjnych liczonych dla całych sezonów zimowych” oraz że „uwzględnienie jedynie dni bez aktywności zorzowej nie wpływa

znacząco na poprawę jakości uzyskiwanych wyników, zwłaszcza w przypadku składowej urojonej często widać wręcz pogorszenie jakości”. Tak jak poprzednio nie pojawiają się jednak wartości błędów wyznaczonych wektorów indukcyjnych.

Rozdział 5 pt. „Wnioski i podsumowanie” podsumowuje wyniki uzyskane w trakcie przeprowadzonych badań oraz przedstawia wynikające z nich wnioski, jak również bardzo lakonicznie zarysowuje perspektywę dalszych badań dotyczących analizy efektów źródłowych w badaniach magenetotellurycznych. Zaprezentowane wnioski wydają się być poprawne, aczkolwiek brak podanych w rozprawie wartości błędów wyznaczonych wektorów uniemożliwia jednoznaczne stwierdzenie czy są słuszne.

3.4 Ogólna oceny dysertacji

Najważniejsze zagadnienie rozwiązane samodzielnie przez Doktorantkę to przeprowadzenie szczegółowych badań dotyczących zamian sezonowych w wektorach indukcyjnych wyznaczonych z danych geomagnetycznych zarejestrowanych przez 30 stacji sieci INTERMAGNET. Dzięki temu Doktorantka była w stanie ocenić wpływ efektów źródłowych na wyznaczone wektory indukcyjne i potwierdzić, że wektory indukcyjne wyznaczone dla stacji geomagnetycznych położonych w średnich szerokościach geomagnetycznych potwierdzają opisane w literaturze zdecydowane, regionalne zaburzenia występujące w sezonach letnich. Dodatkowo Doktorantka zaobserwowała, że 60° szerokości geograficznej stanowi specyficzną granicę – dla szerokości większych zmienność sezonowa wektorów indukcyjnych jest znacznie większa, zarówno w czasie jak i w amplitudzie, a maksimum tych zaburzeń występuje w sezonie zimowym, w przeciwieństwie do zaburzeń występujących w średnich szerokościach geograficznych. Na podstawie przeprowadzonych analiz Doktorantce nie udało się jednoznacznie potwierdzić korelacji pomiędzy zmiennością obserwowaną w wektorach indukcyjnych a aktywnością słoneczną, a także nie zaobserwowała ona dla stacji położonej w dużych szerokościach geomagnetycznych wpływu zórz polarnych na wyznaczone wektory indukcyjne. Poprawnie oceniam dobór danych źródłowych wykorzystanych przez Doktorantkę w rozprawie oraz przeprowadzoną analizę danych. Wnioski zaprezentowane w rozprawie oparte są na uzyskanych wynikach obliczeń i analiz. Doktorantka wykazała się zadawalającą wiedzą teoretyczną oraz umiejętnościami umożliwiającymi jej przeprowadzenie zaplanowanych badań.

Największym mankamentem recenzowanej pracy jest zamieszczenie w niej tylko niewielkiego fragmentu przeprowadzonych badań, a nie wszystkich (lub większości) wyników obliczeń i analiz przeprowadzonych przez Doktorantkę. W rozprawie brak jest szczegółowych informacji dotyczących sposobu obliczenia wektorów indukcyjnych, sposobu przygotowania oraz przetworzenia danych geomagnetycznych oraz użytych w tym celu narzędzi. A dodatkowo niezamieszczenie w rozprawie obliczonych wartości błędów wyznaczonych wektorów indukcyjnych

powoduje, że trudno jest ocenić czy przedstawione przez Doktorantkę wnioski są słuszne (aczkolwiek wydają się być sensowne). Szoda jest też ogromna, że wykonane przez Doktorantkę analizy porównawcze miały charakter jedynie jakościowy i opierały się tylko na wizualnej analizie. Tezy pracy, nie wprost zawarte w Streszczeniu oraz podrozdziale 1.3, powinny zostać przedstawione w trakcie publicznej obrony.

4. Wnioski

Na podstawie przedstawionej mi do recenzji rozprawy doktorskiej pt. „Badanie zmian sezonowych w wektorach indukcyjnych pochodzących z danych obserwacyjnych geomagnetycznych w celu oceny efektów źródłowych istotnych dla badań magnetotellurycznych” autorstwa mgr Agaty Bury stwierdzam, że Doktorantka:

- potwierdziła umiejętność samodzielnego formułowania problemu naukowego oraz prowadzenia procesu badawczego dla jego efektywnego rozwiązania wraz z analizą i prezentacją wyników,
- wykazała się wiedzą teoretyczną i przygotowaniem informatycznym niezbędnymi do realizacji postawionego przed sobą problemu badawczego

oraz, że recenzowana rozprawa doktorska zawiera oryginalny i własny wkład Doktorantki.

Rozprawę doktorską autorstwa mgr Agaty Bury **ocenię pozytywnie** oraz stwierdzam, że spełnia ona warunki określone dla rozpraw doktorskich w Ustawy o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r. Na tej podstawie wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk o dopuszczenie mgr Agaty Bury do publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

dr hab. Monika Wilde-Piorko, prof. IGiK

