

Warszawa, dnia 28 października 2024 r.

prof. dr hab. Jolanta Nastula
Centrum Badań Kosmicznych PAN



Recenzja rozprawy doktorskiej pt.:
„Analiza możliwości synergii obserwacji teledetekcyjnych
z grawimetrycznymi oraz istotności czynników wpływających na
obserwowane zmiany poziomu wód gruntowych rejestrowanych
przez satelity GRACE i GRACE-FO.

Autor: mgr inż. Viktor Szabo

Promotor:

dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak, prof. uczelni

Promotor pomocniczy:

dr inż. Tomasz Olszak

1. Podstawy opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na zlecenie dr. hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa i Transport w Wojskowej Akademii Technicznej (uchwała z dnia 02.07.2024 r.).

Celem recenzji jest ustalenie, czy rozprawa spełnia wymogi określone w art. 13 ust.1 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2003 r. nr 65. poz. 595 z późn. zm.) w związku z art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

2. Ogólna charakterystyka tematyki rozprawy

Przedłożona rozprawa doktorska dotyczy istotnego zagadnienia w geodezji i hydrologii, jakim jest monitorowanie dynamiki zawartości wody w glebie, w tym przy wykorzystaniu nowoczesnej grawimetrii satelitarnej. Obserwacje zmian pola grawitacyjnego Ziemi dostarczają informacji na temat zmiany masy w tzw. ziemskich ośrodkach ciekłych (atmosferze, oceanach, hydrosferze, kriosferze). Do najbardziej znanych misji grawimetrycznych dedykowanych tym zagadnieniom należą GRACE (ang. Gravity Recovery and Climate Experiment) oraz GRACE-FO (ang. GRACE Follow-On). Obserwacje pola grawitacyjnego z tych misji dostarczają danych o zmianach masy na powierzchni Ziemi,

w tym w hydrosferze. O znaczeniu tych badań świadczy fakt, że na podstawie danych z misji GRACE/GRACE-FO opublikowano w ciągu ostatnich 21 lat ponad 6500 prac naukowych. Zmiany rozkładu masy na Ziemi można wyrazić jako zmiany ekwiwalentnej cienkiej warstwy wody (ang. Terrestrial Water Storage, TWS), a zmienna ta została zaliczona do 54. kluczowych zmiennych klimatycznych Globalnego Systemu Obserwacji Klimatu (ang. Global Climate Observing System Essential Climate Variables). Znaczenie tych badań potwierdza fakt, że w roku 2029 planowane jest wystrzelenie kolejnej misji GRACE – Continuation.

Niestety w ciągach obserwacyjnych GRACE/GRACE-FO istnieje około roczna luka obserwacyjna. Innym problemem jest niewystarczająca dla wielu zagadnień rozdzielczość przestrzenna danych około 1 stopień i około miesięczny krok czasowy.

TWS zawiera informacje o ogólnym bilansie wodnym. Jednym z istotnych składowych tego bilansu, opisującym stan gleby jest tzw. wilgotność gleby (ang. Soil Moisture, SM). Źródłem danych obserwacyjnych nt. tego parametru są techniki obserwacji w paśmie mikrofalowym. Techniki teledetekcji rozwijane w XX wieku umożliwiają globalne i regionalne monitorowanie SM. Jednym z urządzeń stosowanych do pomiaru zawartości wody w glebie jest sensor Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E), pasywny wielopasmowy czujnik zamontowany na satelicie Aqua programu NASA o nazwie EOS (ang. Earth Observing System). AMSR-E wykorzystuje obserwacje w pasmach X i C do pomiarów koncentracji lodu morskiego, ruchu lodu morskiego, temperatury powierzchni morza, głębokości śniegu, ekwiwalentu wodnego śniegu, wilgotności gleby, prędkości wiatru, pary wodnej, opadów i innych parametrów. Rodzaje danych obejmują dzienne, tygodniowe i miesięczne produkty w okresie od czerwca 2002 roku do początku października 2011 roku. Rozdzielczość przestrzenna poszczególnych pomiarów waha się od 5,4 km przy 89 GHz do 56 km przy 6,9 GHz.

Klasycznym, dodatkowym źródłem informacji na temat bilansu wodnego mogą być modele hydrologiczne, takie jak GLDAS (ang. Global Land Data Assimilation System). Innym klasycznym źródłem pomiarów pola są lokalne obserwacje grawimetryczne.

Doktorant w rozprawie podejmuje próbę oceny możliwości łącznego wykorzystania obserwacji współczynników rozwinięcia pola grawitacyjnego oraz TWS z misji GRACE/GRACE-FO, naziemnych punktowych obserwacji grawimetrycznych, obserwacji SM z misji AMSR-E i modelu GLDAS celem uzyskania ciągłych danych o większej rozdzielczości przestrzennej. Głównym tematem rozprawy jest ocena możliwości integracji

danych z różnych sensorów grawimetrycznych i teledetekcyjnych w celu ich wykorzystania w modelach hydrologicznych, w tym przy określaniu zmian całkowitego ekwiwalentu wody (ang. Total Water Storage, TWS).

Należy podkreślić, że rozprawa doktorska porusza istotny problem współczesny – monitoring zmian zasobów wód gruntowych i wilgotności gleby wynikających z globalnych zmian klimatycznych oraz działalności człowieka.

3. Ogólna charakterystyka formy rozprawy

Rozprawa doktorska została przygotowana w formie zbioru pięciu prac opublikowanych w czasopismach naukowych z listy Ministerstwa w języku angielskim oraz obszernego Przewodnika w języku polskim z bibliografią zawierającą ponad 200 pozycji. W czterech publikacjach doktorant jest pierwszym autorem. Do wszystkich prac dołączono oświadczenia opisujące wkład Doktoranta i współautorów. W dwóch pracach współautorem jest promotor rozprawy dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak. Wkład Doktoranta w przygotowanie pierwszej publikacji cyklu wynosi 10%, w czterech pozostałych, w których jest pierwszym autorem, od 80% do 100%.

[1] Kuczynska-Siehien, J., Piretzidis, D., Sideris, M. G., Olszak, T. and Szabó, V. (2019) 'Monitoring of extreme land hydrology events in central Poland using GRACE, land surface models and absolute gravity data', *Journal of Applied Geodesy*, Vol. 13, No. 3, pp.229–243, doi:10.1515/jag-2019-0003.

100 pkt MEiN; IF: 1.30

[2] Szabó, V. and Marjańska, D. (2020) 'Accuracy analysis of gravity field changes from GRACE RL06 and RL05 data compared to in situ gravimetric measurements in the context of choosing optimal filtering type', *Artificial Satellites: Journal of Planetary Geodesy*, Vol. 55, No. 3, pp.100–117, doi:10.2478/arsa-2020-0008.

70 pkt MEiN; IF: 0.90

[3] Szabó, V. (2023) 'Comparison features importance for temporal and spatial-temporal approaches in GRACE and GRACE-FO signal reconstruction based on GLDAS data', *International Journal of Hydrology Science and Technology*,

doi:10.1504/IJHST.2023.134623 100 pkt MEiN; IF: 1.80

[4] Szabó, V. and Osińska-Skotak, K. (2023) 'Similarities and differences in the Earth's water variations signal provided by GRACE and AMSR-E observations using Maximum Covariance Analysis at various Land Cover data backgrounds', *Artificial Satellites: Journal of Planetary Geodesy*, Vol. 58, No. 2 - 2023, doi:10.2478/arsa-2023-

000670 pkt MEiN; IF: 0.90

[5] Szabó, V., Osińska-Skotak, K. and Olszak, T. (2024) 'Using machine learning techniques to reconstruct the signal observed by the GRACE mission based on AMSR-E microwave data', *Miscellanea Geographica - Regional Studies on Development*, Vol. 28, No. 2 - 2024, doi: 10.2478/mgrsd-2023-0033

100 pkt MEiN; IF: 0.80 Suma punktów MEiN: 440

Przewodnik podzielony jest na następujące podrozdziały: *Streszczenie, Forma rozprawy doktorskiej, Motywacje, Cele i hipotezy badawcze, Wstęp, Podstawy teoretyczne, Metodyka badań, Syntetyczny opis wyników badań, Podsumowanie*. Materiał skonstruowany jest logicznie, zawiera wprowadzenie do zagadnienia, opis zastosowanych metod, wykorzystanych danych i najważniejszych elementów publikacji. Przedstawiony materiał pokazuje, że publikacje cyklu są powiązane tematycznie.

4. Szczegółowa charakterystyka rozprawy

W streszczeniu osiągnięć badawczych Doktorant przedstawia ogólnie tematykę i zagadnienia badawcze pracy. Rozdział drugi przedstawia naukowe powody podjęcia tematyki i tezę badawczą. Podstawowa teza badawcza pracy brzmi: „Istnieją uwarunkowania, dla których obserwacje zmian zawartości wód przypowierzchniowych, uzyskiwane za pomocą technik mikrofalowych, wykazują wysoką zgodność z obserwacjami całkowitego ekwiwalentu wodnego, monitorowanymi przez satelitarne misje grawimetryczne”. W ramach tej tezy Doktorant sformułował dwa główne cele badawcze: (a) analizę możliwości synergii obserwacji teledetekcyjnych i grawimetrycznych w kontekście uzyskania informacji o rozkładzie zawartości wody w glebie oraz (b) analizę istotności czynników wpływających na rejestrację zmian poziomu wód gruntowych monitorowanych przez satelity GRACE i GRACE-FO.

Dodatkowo Doktorant definiuje szczegółowe aspekty badawcze w procesie udowodnienia tezy, m.in.:

1. Zbadanie zależności pomiędzy danymi z sensorów grawimetrycznych o różnym zasięgu (satelitarnych i naziemnych) w kontekście ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak susze i powodzie. Publikacje [1] [2] [5]
2. Ocena wpływu metod filtracji danych poziomu 2 w zależności od rozdzielczości przestrzennej badanych zjawisk geofizycznych. Publikacje [1] [2]
3. Analiza możliwości łączenia danych o różnym spektrum czasowym i przestrzennym oraz istotności parametrów fizycznych w modelach hydrologicznych przy użyciu nowoczesnych technik rekonstrukcji sygnału. Publikacje [3][4][5]
4. Zbadanie zależności przestrzennych i czasowych pomiędzy danymi grawimetrycznymi i teledetekcyjnymi w kontekście różnic w określaniu wilgotności potrzebnej do modelowania zasobów wód podziemnych poprzez odjęcie wierzchniej warstwy wody. Publikacje [4][5]
5. Wyznaczenie czynników pozwalające na uchwycenie większej zgodności sygnałów teledetekcyjnych (o dużej rozdzielczości czasowo-przestrzennej) z satelitarnymi pomiarami grawimetrycznymi (o słabszej rozdzielczości czasowo-przestrzennej) w celu wyodrębnienia obszarów i warunków, dla których możliwe jest dokładne interpolowanie obserwacji GRACE oraz takich warunków, dla których należy opracować bardziej wyrafinowane modele zależności. Publikacje [3][4][5]

„We Wstępie doktorant zapoznaje czytelnika z problematyką analizy obserwacji misji GRACE/GRACE-FO, wprowadza pojęcie zmian całkowitego ekwiwalentu wody (ΔTWS , ang. Total Water Storage changes) oraz parametru wilgotności gleby (Soil Moisture), a także opisuje pomiary teledetekcyjne, ze szczególnym uwzględnieniem sensora AMSR-E.

Rozdział Podstawy teoretyczne zawiera informacje na temat grawimetrii satelitarnej, zmian przyspieszenia grawitacyjnego wynikających ze zmian wilgotności gruntu, opis grawimetrycznych misji satelitarnych GRACE i GRACE-FO, zastosowań danych grawimetrycznych z satelitów oraz charakterystykę pomiarów teledetekcyjnych, w tym z misji AMSR-E, a także przegląd badań opublikowanych w literaturze.

W rozdziale Metodyka badań doktorant przedstawia schemat ideowy metodyki oraz strukturę pracy. Następnie omawia podstawowe informacje dotyczące przetwarzania obserwacji z misji GRACE, GRACE-FO oraz instrumentu AMSR-E. Dalej opisuje dane wykorzystane w rozprawie, obejmujące: lokalne pomiary absolutnych wartości przyspieszenia grawitacyjnego (g) ze stacji grawimetrycznej JOZE, zlokalizowanej w podziemiach budynku

Obserwatorium Astronomiczno-Geodezyjnego w Józefosławiu (pub. [1], [2], [5]); współczynniki harmonik sferycznych z obserwacji GRACE (pub. [1], [2]); dane TWS (pub. [3], [4], [5]); model GLDAS (ang. Global Land Data Assimilation System, pub. [1], [3]); oraz obserwacje wilgotności gleby (Soil Moisture, SM) z AMSR-E (pub. [4], [5]).

Rozdział kończy szczegółowy opis metod normalizacji i skalowania danych, filtracji i dekompozycji sygnału, a także wyboru kryteriów porównawczych. Doktorant w badaniach zastosował metodę estymacji widma LLSA (ang. Least-Squares Spectral Analysis), polegającą na dopasowaniu sinusoid o znanych okresach do danych za pomocą metody najmniejszych kwadratów, oraz dekompozycję trendu metodą STL (ang. Seasonal Trend Decomposition), będącą nieparametryczną metodą dekompozycji szeregów czasowych.

W analizach porównawczych wybrano miary jakości, takie jak efektywność Nash-Sutcliffe'a (NSE), test Kołmogorowa-Smirnowa (KS), współczynnik korelacji Pearsona, błąd średniokwadratowy (RMSE), znormalizowany RMSE (NRMSE), korelacja krzyżowa oraz współczynnik determinacji (R^2). Do wygładzania przestrzennego rozkładów TWS doktorant zastosował metody empirycznych funkcji ortogonalnych (ang. Empirical Orthogonal Functions, EOF) oraz analizę maksymalnej kowariancji (ang. Maximum Covariance Analysis, MCA).

Ponadto, do rekonstrukcji sygnału TWS doktorant wykorzystał metody oparte na uczeniu maszynowym, takie jak XGBoost Regressor oraz Shapley Additive Explanations (SHAP).

Rozdział 6 prowadzi czytelnika przez publikacje cyklu stanowiącego rozprawę. Praca kończy się Rozdziałem 7, który zawiera podsumowanie.

Pierwsza publikacja cyklu [1] dotyczy analizy zmian pola grawitacyjnego w centralnej Polsce, w rejonie Obserwatorium Astro-Geodynamicznego w Józefosławiu, na podstawie różnych typów obserwacji, obejmujących okres występowania suszy i powodzi. W badaniu wykorzystano absolutne pomiary grawimetryczne przeprowadzone przy użyciu grawimetru FG5, współczynniki harmonik sferycznych z obserwacji misji GRACE oraz dane o zmianach całkowitego ekwiwalentu wodnego (TWS) pochodzące z czterech wersji modelu hydrologicznego GLDAS. Jest to pierwsza publikacja w cyklu, w której do eliminacji trendu i oscylacji sezonowych zastosowano metody LLSA i STL. Praca zawiera analizę korelacji, która wskazuje na wysoką zgodność na poziomie 0,7–0,9 pomiędzy nie sezonowymi

zmianami pola grawitacyjnego uzyskanymi z obserwacji grawimetrycznych, danych misji GRACE oraz modelu GLDAS. Wyniki sugerują, że odpowiednio przefiltrowane dane z misji GRACE mogą odzwierciedlać lokalne zmiany pola grawitacyjnego. Interesującym rezultatem jest stwierdzenie, że ekstremalne zjawiska klimatyczne, takie jak susze i powodzie, są widoczne w anomaliach zmian grawitacji (3,5–14 mikroGali). Susza z 2015 roku została wykryta w trzech różnych zestawach danych opisujących zmiany pola grawitacyjnego. Doktorant był odpowiedzialny za przygotowanie danych, a jego wkład oszacowano na 10%. Publikacja ta stała się inspiracją do dalszych badań.

W drugiej publikacji [2], w której Doktorant jest pierwszym autorem, kontynuuje on analizę różnic w obserwacjach pola grawitacyjnego, porównując dane z naziemnych absolutnych pomiarów grawimetrycznych oraz globalnych pomiarów pola grawitacyjnego z misji GRACE (ośrodki CSR, JPL i GFZ), ponownie w rejonie Obserwatorium w Józefosławiu. Doktorant bada wpływ metod filtracji danych GRACE na ich zgodność z lokalnymi pomiarami grawimetrycznymi. Publikacja składa się z dwóch części. W pierwszej części przedstawiono analizę różnic między metodami filtracji – filtrem Gaussa i anizotropowymi filtrami DDK – opartą na różnicach we współczynnikach harmonik sferycznych. Druga część analizuje dane z naziemnych pomiarów grawimetrycznych, piezoelektrycznych i satelitarnych. Doktorant, w celu usunięcia zmian sezonowych i subsezonowych, ponownie wykorzystał metodę LSSA. Do oceny zgodności badanych serii zastosowano miary takie jak RMSE, współczynnik korelacji krzyżowej oraz współczynnik korelacji Pearsona. Uzyskane wyniki wskazują, że odpowiednio przefiltrowane dane z misji GRACE mogą być stosowane do interpretacji lokalnych zmian pola grawitacyjnego w rejonie Józefosławia oraz wspomagać realizację Międzynarodowego Geomagnetycznego Modelu Referencyjnego (IGRF) w miejscach, gdzie brak jest naziemnych pomiarów grawimetrycznych.

W trzeciej publikacji [3] Doktorant podejmuje kolejny, kluczowy dla wyjaśnienia hipotezy badawczej temat. Stawia pytanie, czy na podstawie modelu hydrologicznego GLDAS możliwe jest odtworzenie rozkładu ΔTWS uzyskanego z obserwacji misji GRACE oraz, czy możliwe jest wypełnienie przerwy w obserwacjach pomiędzy misjami GRACE a GRACE-FO. Kolejnym analizowanym zagadnieniem jest selekcja kluczowych parametrów fizycznych modelu hydrologicznego do rekonstrukcji sygnału ΔTWS przy użyciu algorytmu XGBoost. Doktorant bada, które zmienne modelu GLDAS są najważniejsze w tej

rekonstrukcji. Wyniki wskazują, że metody uczenia maszynowego efektywnie rekonstruują sygnał ΔTWS , przewyższając klasyczne metody stochastyczne. Największy wpływ na model mają zmienne takie jak zawartość wody w śniegu, wilgotność gleby oraz spływ podpowierzchniowy. Najmniejsza dokładność statystyk odnotowana została w dorzeczach Parany, Saskatchewan-Nelson, rzeki Św. Wawrzyńca oraz na obszarach Sahary. Doktorant wskazuje, że przyczyną mogą być niewłaściwe modelowania czynników antropogenicznych.

Następna publikacja [4], będąca wynikiem współpracy Doktoranta z promotorem, uzupełnia analizę rozkładu wody w przypowierzchniowych warstwach gleby, przeprowadzoną w publikacji [3], o dane mikrofalowe z misji AMSR-E. W pracy porównano wartości ΔTWS uzyskane z obserwacji misji GRACE z danymi o wilgotności gleby (SM) pochodzącymi z misji AMSR-E. W celu zachowania spójności dane mikrofalowe zostały uśrednione do epok obserwacji misji GRACE i interpolowane przestrzennie na siatkę obserwacji GRACE. Analizę podobieństwa danych mikrofalowych i grawimetrycznych przeprowadzono za pomocą normalizacji wartości do zakresu 0–1. Wyniki tej pracy nie są w pełni zadowalające, co wskazuje na konieczność dalszych badań. Ciekawym wnioskiem jest stwierdzenie, że większa zgodność między obserwacjami GRACE i AMSR-E występuje na obszarach rolniczych i leśnych, co sugeruje wyraźne korzyści z wykorzystania czujników grawimetrycznych w badaniach terenów subpolarnych.

Ostatnia publikacja [5], ponownie opracowana we współpracy z promotorem, stanowi kontynuację analizy łącznego wykorzystania danych mikrofalowych AMSR-E oraz grawimetrycznych danych satelitarnych do globalnego i lokalnego modelowania zmian zasobów wodnych. Zastosowano różne algorytmy uczenia maszynowego, takie jak Random Forest, Extra Trees oraz Extreme Gradient Boosting, uzyskując wartości R^2 przekraczające 0,7. Wyniki podkreślają znaczenie stref korzeniowych w obszarach zalesionych i rolniczych, wskazując jednocześnie na ograniczenia wynikające z obecności wiecznej zmarzliny. Analiza wykazała brak bezpośredniej korelacji między wielkością zlewni a różnicami w sygnałach GRACE i AMSR-E. Pomimo trudności w prognozowaniu fali powodziowej na podstawie danych o wilgotności gleby z AMSR-E, zidentyfikowano wyraźne korelacje między pomiarami grawimetrycznymi a SM. Wnioski sugerują, że dane teledetekcyjne mogą być efektywnie wykorzystywane do modelowania ΔTWS , jednak obszary wiecznej zmarzliny oraz intensywnej działalności rolniczej wciąż stanowią wyzwanie dla dokładności prognoz.

Podsumowanie: Doktorant wskazuje, że badania dowiodły możliwości dokładnej interpolacji czasowo-przestrzennej danych GRACE na podstawie obserwacji z innych sensorów, co spełnia pierwszy cel badawczy, potwierdzając możliwość wzajemnej integracji danych teledetekcyjnych z grawimetrycznymi w kontekście rozkładu wody w glebie. Ponadto, potwierdzono hipotezę, że istnieją warunki, w których występuje wysoka zgodność rejestracji zmian zawartości wód przypowierzchniowych, obserwowanych za pomocą mikrofalowych technik teledetekcyjnych, z całkowitym ekwiwalentem wodnym rejestrowanym przez misje satelitarne.

5. Ocena merytoryczna i uwagi krytyczne

Przedstawiona rozprawa doktorska opiera się na solidnych podstawach naukowych i wnosi istotny wkład w dziedzinę monitorowania zasobów wodnych Ziemi za pomocą technik teledetekcyjnych oraz grawimetrycznych. Doktorant wykorzystał nowoczesne metody analizy, oparte na metodach uczenia maszynowego oraz podjął trudną próbę integracji obserwacji z technik grawimetrycznych i teledetekcyjnych. Wyniki badań są istotne dla zrozumienia procesów hydrologicznych w kontekście zmian klimatycznych, a ich zastosowanie ma potencjał praktyczny w dziedzinie hydrologii i zarządzania zasobami wodnymi.

Uwagi:

1. Sformułowanie wniosków

Główne wnioski pracy są sformułowane zbyt ogólnie. Stwierdzenie, że istnieją „obszary i uwarunkowania, dla których możliwe jest interpolowanie czasowo-przestrzenne danych GRACE”, wymaga dokładniejszego sprecyzowania. Należy wskazać konkretne obszary geograficzne oraz warunki, które umożliwiają taką interpolację.

Podobnie następujące stwierdzenie jest zbyt ogólne: „W badaniach wskazano na istniejące obszary i uwarunkowania fizyczne tych przestrzeni, dla których jest możliwe dokładnie interpolowanie czasowo-przestrzenne danych GRACE na podstawie obserwacji z innych sensorów spełniając tym samym pierwszy cel badawczy i potwierdzając możliwość wzajemnej integracji danych teledetekcyjnych z grawimetrycznymi pod kątem uzyskania informacji i rozkładu wody w glebie”. Proszę wymienić obszary i uwarunkowania.

2. Termin „statyczna część Ziemi”

W rozdziale 4 autoreferatu Doktorant wprowadza termin „statyczna część Ziemi” w odniesieniu do globalnych pomiarów przyspieszenia siły ciężkości. Konieczne jest precyzyjniejsze wyjaśnienie tego pojęcia, gdyż w rzeczywistości wszystkie elementy Ziemi podlegają dynamicznym zmianom. Uściślenie tego terminu poprawiłoby klarowność wyводу.

3. Interpretacja zmian grawitacji

Fragment dotyczący zmian grawitacji związanych z masową redystrybucją w „stałej” Ziemi wymaga wyjaśnienia. „Niektóre zmiany grawitacji są spowodowane masową redystrybucją w „stałej” Ziemi, na przykład po dużym trzęsieniu Ziemi lub w wyniku dostosowania izostatycznego post-łodowcowego. W takich przypadkach interpretacja zmian grawitacji w kategoriach „równoważnej warstwy wody” jest nieprawidłowa, nawet jeśli nadal można obliczyć tę ilość (tj. przez usunięcie stałych efektów Ziemi w celu odizolowania zmian masy związanych z wodą). Proszę o wyjaśnienie o jakie konkretnie zmiany grawitacji chodzi.

4. Redukcja danych GRACE na obszar Józefosławia

Doktorant powinien bardziej szczegółowo opisać, w jaki sposób dane z obserwacji GRACE zostały zredukowane do obszaru Józefosławia, aby umożliwić ich porównanie z lokalnymi obserwacjami grawimetrycznymi. Dokładniejsze omówienie tej procedury zwiększyłoby przejrzystość metodologii.

5. Wartości korelacji

W rozprawie (w kilku pracach cyklu) podawane są wysokie wartości korelacji, jednak brakuje informacji o poziomach ufności dla tych wyników. Uzupełnienie tej analizy o oceny istotności statystycznej korelacji pozwoliłoby na pełniejszą ocenę wiarygodności uzyskanych wyników.

6. Interpretacja skrótu TWS

Skrót TWS został w pracy rozwinięty jako Total Water Storage. Czy zmienna ta jest tożsama z Terrestrial Water Storage, również oznaczaną w literaturze skrótem TWS?

7. Sugestia dotycząca przyszłych badań

W przyszłych badaniach warto byłoby rozważyć zastosowanie modelu GLDAS do wydzielenia wilgotności gleby z danych misji GRACE w celu dokładniejszego

porównania z danymi mikrofalowymi. To podejście mogłoby poprawić jakość wyników i lepiej odzwierciedlić zmiany hydrologiczne w badanych obszarach.

8. Uwagi edytorskie

Autoreferat zawiera niezbędne informacje dotyczące motywacji, podstaw teoretycznych, metodyki badań oraz wykorzystanych danych, a także ma logiczną strukturę. Niestety, jego zrozumienie utrudniają liczne błędy językowe i stylistyczne. Tekst wymaga przede wszystkim uproszczenia oraz podziału długich zdań, co uczyniłoby go bardziej przystępnym dla czytelnika. Dbłość o interpunkcję również poprawiłaby jego klarowność.

Przykłady błędów językowych, stylistycznych :

„Podążając za tym tokiem rozumowania, powstała przestrzeń do przeprowadzenia prac badawczych dotyczących analizy istotności czynników wpływających na rejestrację zmian zawartości wody w glebie, rejestrowanych przez satelity GRACE i GRACE-FO, oraz zbadania, w jakich warunkach możliwe byłoby synergiczne wykorzystanie obserwacji dostarczanych do modeli hydrologicznych za pomocą satelitarnych sensorów o odmiernej charakterystyce.”;

„Przeprowadzone badania wykazały, że obszary zalesione i duże przestrzenie rolnicze poprawiają zgodność między obserwacjami GRACE a AMSR-E, charakteryzując się współczynnikiem korelacji Pearsona na poziomie 0,8, podkreślając znaczenie parametru dotyczącego zawartości tlenu w strefach korzeniowych gleby.”

„Praca z danymi AMSR-E wymaga wysokich umiejętności pracy na dużych zbiorach danych.”

Wnioski oczywiste:

„Podczas pracy z danymi GRACE niezwykle ważnym czynnikiem wpływającym na ostatecznie wyznaczone wartości funkcjonalów jest odpowiednie opracowanie danych.”

Przykłady literówek:

Rozdział Streszczenie - „sytemu” → powinno być „systemu”; „dotyczace” → powinno być „dotyczące”.

Rozdział 3. *Wstęp* - „częstotliwością” – powinno być „częstotliwością”; „o” zamiast „od” – powinno być „od konkretnych warunków”; „teledetekcyjnych” – powinno być „teledetekcyjnych”; „sytemu” – powinno być „systemu”; itp.

Rozdział 4. *Podstawy teoretyczne* – „skala globalną i regionalną” - powinno być „skala globalna i regionalna”.

Rozdział 5. *Metodyka* - „Źródło” → powinno być „Źródło”; „wszystkich” → powinno być „wszystkich” (błąd ortograficzny); „maskon” → powinno być „mascon” (jeżeli odnosi się do znanego terminu, jak np. mascon w geofizyce); „liniowy” → powinno być „liniowy” (w zdaniu: "usuwając długookresowy trend liniowy"); „zrekonstruowany” → powinno być „zrekonstruowany” (w zdaniu: "oblicza się zrekonstruowany i wygładzony sygnał sezonowy"); „Aby przeprowadzone analizy mogły identyfikować wyniki jako rzetelne” - „Aby przeprowadzone analizy mogły identyfikować wyniki jako rzetelne” (literówka w słowie „przeprowadzone”); „użycia zapewniając wysoką ufność do wyników” - „użycia, zapewniając wysoką ufność do wyników” (brak przecinka); „przykładem jest model autoregresyjny ARIMA” - poprawić na „przykładem modelu autoregresyjnego jest ARIMA”.

Rozdział 6. *Syntetyczny opis wyników badań* - „Bouguera” → „Bouguer’a” (poprawna forma z apostrofem); „z usunięcie” → „z usunięciem”; „Źródło” → „Źródło”; „możne” - „może”; „reporocessingu” → „reprocesingu”; „geodezyjną.Wpublikacji” - „geodezyjną. W publikacji” (brak spacji po kropce); „modelowania były zawałające” - „modelowania były zadawałające.”; „która niezostała” → „która nie została”; „Wbadaniu” → „W badaniu” (spacja brakująca); „dotyczących fal rocznych i półrocznych” - „dotyczących fal rocznych i półrocznych”; „ekstremalnych zawisk klimatycznych” - „ekstremalnych zjawisk klimatycznych”; „hudrologicznych”- „hydrologicznych”.

Rozdział 7. *Podsumowanie* - „przy krekonstrukcji” – powinno być „przy rekonstrukcji”; „w tymm obszarze” – powinno być „w tym obszarze”; „współczynnikiem korelacji pearsona” – sugeruję „współczynnikiem korelacji Pearsona” (dużą literą).

6. Rekomendacje

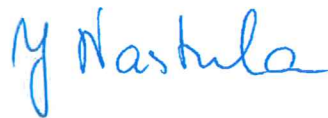
Niezależnie od zamieszczonych uwag stwierdzam, że przedstawione w rozprawie badania stanowią ciekawe osiągnięcie naukowe Doktoranta i pokazują, że jest on w stanie samodzielnie podejmować i rozwiązywać zagadnienia badawcze. Rozprawa podejmuje ważny współczesny temat, jakim jest monitorowanie zasobów wodnych przy wykorzystaniu nowoczesnych technik satelitarnych. Na uwagę zasługuje zarówno obszerny materiał

badawczy, zastosowana metodyka, w tym uczenie maszynowe, jak i bardzo obszerna bibliografia.

Uważam, że Doktorant wykazał się dostateczną wiedzą w zakresie problematyki możliwości wykorzystania obserwacji misji GRACE/GRACE-FO, danych teledetekcyjnych oraz modeli hydrosfery do wyznaczania bilansu wody. Publikacje wchodzące w skład cyklu są powiązane tematycznie.

Stwierdzam, że przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska Pana mgr. inż. Viktora Szabo „Analiza możliwości synergii obserwacji teledetekcyjnych z grawimetrycznymi oraz istotności czynników wpływających na obserwowane zmiany poziomu wód gruntowych rejestrowanych przez satelity GRACE i GRACE-FO” spełnia warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. z 2023 r. poz. 742).

Warszawa, 28 października, 2024



prof. dr hab. Jolanta Nastula