Prof. dr hab. inż. Kazimierz Bęcek
Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii
Katedra Geodezji i Geoinformatyki
Politechnika Wrocławska
ul. Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27
50-420 Wrocław
Tel: 884 670 998
Email: kazimierz.becek@pwr.edu.pl

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Magdaleny Idzikowskiej

pt.: „Geofizyczna interakcja morfologii dna morskiego i modulacji zmian poziomu morza"

przygotowanej pod kierunkiem promotora – dr hab. inż. Kamila Kowalczyka, prof. UWM,
przy udziale promotora pomocniczego: dr inż. Katarzyny Pająk,

Katedra Geoinformacji i Kartografii, Wydział Geoinżynierii,
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Podstawa prawna sporządzenia recenzji

Recenzja została sporządzona w związku z powierzeniem przez Radę Naukową Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie obowiązku recenzenta rozprawy doktorskiej pt.: „Geofizyczna interakcja morfologii dna morskiego i modulacji zmian poziomu morza" Pani mgr inż. Magdaleny Idzikowskiej w postępowaniu o nadanie stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych. Recenzja została przygotowana na podstawie przepisów określonych w ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024.1571 ze zmianami).

Zgodnie z art. 187 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024.1571 ze zmianami), recenzent ocenia, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz czy przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Podstawa faktyczna recenzji

Rozprawa doktorska została przygotowana w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport i ma formę jednotematycznego cyklu trzech artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach o łącznym Impact Factor 8,8.

Recenzja podsumowuje ocenę przedłożonej rozprawy doktorskiej. Rozprawa doktorska składa się z wykazu artykułów naukowych wchodzących w skład cyklu publikacji, informacji na temat finansowania badań naukowych, wykazu skrótów, streszczenia w języku polskim i angielskim, wprowadzenia, celu, zakresu i hipotez badawczych, metodyki badawczej, wyników, dyskusji, podsumowania i wniosków oraz spisu tabel (dwie tabele), rysunków i wykresów (łącznie 16). Spis obejmuje 103 pozycji literatury. W tomie zamieszczono także kopie trzech opublikowanych prac, dyskusje z recenzentami oraz oświadczenia autorki i współautorów prac, które stanowią podstawę ocenianej rozprawy doktorskiej, co daje łącznie 203 strony. Struktura pracy jest logiczna i spójna, choć trzeba zauważyć, że rozdział zatytułowany "Metodyka badawcza" tradycyjnie powinien być zatytułowany np. "Dane i metoda", co w pełni określiłyby zawartość tego rozdziału.

Cel, zakres badań i hipotezy badawcze

W pracy naukowej kluczowe znaczenie ma właściwe zdefiniowanie celu badawczego. Można go rozumieć jako jasno zidentyfikowany i precyzyjnie określony problem badawczy wymagający rozwiązania. Do podstawowych zadań badacza należy jego rozpoznanie i wybór, a następnie przyjęcie planu działań prowadzących do jego realizacji. Należy przy tym podkreślić, że cel badawczy nie zawsze musi zostać w pełni osiągnięty — istotną wartość poznawczą może mieć już samo konsekwentne dążenie do jego realizacji. Jednocześnie cel powinien być realistyczny z punktu widzenia dostępnych zasobów, zarówno w sensie merytorycznym, jak i organizacyjnym, a także w odniesieniu do horyzontu czasowego, którym dysponuje badacz.

Warunkiem zapewnienia realności celu badań jest określenie zakresu prowadzonych badań, w szczególności w wymiarze czasowym, przestrzennym oraz merytorycznym. Racjonalny proces dochodzenia do wiedzy obejmuje zatem trzy zasadnicze elementy: identyfikację celu badawczego, określenie zestawu zadań prowadzących do jego realizacji oraz precyzyjne zdefiniowanie zakresu, czyli warunków brzegowych planowanego eksperymentu.

Pani mgr inż. Magdalena Idzikowska formułuje w pracy jeden cel nadrzędny oraz trzy cele cząstkowe. Celem nadrzędnym jest „kompleksowa analiza zależności pomiędzy ukształtowaniem dna morskiego a regionalną zmiennością poziomu morza (…)". Cele szczegółowe obejmują:

a) Modelowanie topografii dna morskiego;
b) Analizę relacji pomiędzy topografią dna morskiego a zmiennością topografii powierzchni morza w czasie i przestrzeni;
c) Badanie zależności pomiędzy dynamiką wzrostu poziomu morza a topografią dna morskiego.

Należy zauważyć, że formułując cele badań, autorka jednocześnie wprowadza elementy dotyczące sposobu ich realizacji, wymieniając zbiory danych wykorzystane w projekcie, w tym altimetrię satelitarną, numeryczne modele GEBCO oraz modele wolnopowietrznych anomalii grawitacyjnych. W ocenie recenzenta podanie tych informacji nie jest w tym miejscu konieczne, gdyż zakłócają one przejrzystość wywodu dotyczącego samej definicji celu badań. Bardziej właściwym miejscem dla tych szczegółów byłaby część pracy poświęcona zakresowi badań oraz zastosowanej metodyce.

W sekcji zatytułowanej "Zakres badań" autorka informuje, że „zintegrowano hybrydowe zbiory danych geoprzestrzennych", co można by bardziej zgrabnie wyrazić jako „zintegrowano zbiór wielośródłowych geodanych". W dalszej części tej sekcji autorka wymienia osiem punktów, które, według jej słów, stanowią zakres planowanych badań. W mojej ocenie są to raczej zadania, które autorka deklaruje jako te, które mają prowadzić do wybranego „nadrzędnego celu" i celów cząstkowych. Lista zadań jest w zasadzie spójna i w istocie powinna doprowadzić do osiągnięcia przyjętego celu projektu. Narzuca się jednak pytanie o zakres czasowy i przestrzenny deklarowanych analiz. Czytelnik nie dowiaduje się, o jakie obszary chodzi, poza tym, że są to regiony nieokreślonych rozmiarów, i nie wiadomo, jaka będzie ich liczba oraz jakie kryterium ich wyboru. Podobnie sprawa ma się z zakresem czasu, dla którego wspomniane analizy będą prowadzone. Autorka używa jedynie przymiotników dotyczących czasu, takich jak „sezonowych", „wieloletnich" i „długoterminowych". Informacje takie powinny być zapisane w deklarowanym zakresie badań, bo to właśnie one determinują warunki ważności wniosków z przeprowadzonych badań. Inaczej bowiem, to samo zjawisko może przebiegać na płytkim akwenie, a inaczej na dużych głębokościach mórz

i oceanów. W sytuacji więc występowania nieliniowości procesu, liniowa ekstrapolacja może prowadzić do błędnych wniosków.

Teza rozprawy doktorskiej

W ocenianej rozprawie doktorskiej autorka nie formułuje jednoznacznej tezy pracy. Zamiast tego przedstawia cztery „główne hipotezy badawcze" (H1–H4) (s. 15). Analiza treści hipotez H1–H3 prowadzi jednak do wniosku, że zostały one sformułowane w sposób bardzo ogólny i w praktyce nie spełniają kryterium falsyfikowalności, które stanowi podstawowy warunek hipotezy naukowej. Hipotezy te odnoszą się bowiem do zmienności poziomu mórz i oceanów, która jest zjawiskiem powszechnie obserwowanym i dobrze udokumentowanym w literaturze przedmiotu, niezależnie od analizowanego regionu. W konsekwencji nie jest możliwe wskazanie takiego wyniku obserwacji lub eksperymentu, który mógłby prowadzić do ich jednoznacznego odrzucenia. Oznacza to, że hipotezy te mają w dużej mierze charakter opisowy i trudno uznać je za w pełni falsyfikowalne hipotezy naukowe. W rezultacie nie pełnią one funkcji weryfikowalnych hipotez fizycznych, lecz raczej ogólnych stwierdzeń dotyczących znanej zmienności poziomu morza. W szczególności H2 – „Regionalna morfologia dna morskiego moduluje amplitudy i trendy zmian poziomu morza" – nie wskazuje na mechanizm fizyczny wpływu na amplitudę wahań poziomu morza, ponieważ trend poziomu morza jest głównie kontrolowany przez rozszerzalność termiczną, masę oceanu, anomalie grawitacyjne oraz subsydencję dna morskiego. Widoczne jest również możliwe pomieszanie korelacji z przyczynowością: morfologia może współwystępować z określoną dynamiką oceaniczną, ale niekoniecznie ją powoduje. Brakuje również wyjaśnienia, co morfologia „moduluje" — czy chodzi o zmianę amplitudy, trendu, czy zmianę wariancji? Ważny jest także brak określenia skali: regionalnej, basenu, szelfu, zatoki czy oceanu.
Hipoteza H3 wprowadza niejasne pojęcie „czasowej reakcji". Czy chodzi o opóźnienie fazowe, czas propagacji fali, czas odpowiedzi systemu oceanicznego? Nie określa ona również, o jakie cykle chodzi: pływy, ENSO, oscylacje dekadowe czy może sezonowość. Dodatkowo głębokość morza jest częścią morfologii dna morskiego; stąd H3 jest częściowo redundantna, ponieważ morfologia (lub rzeźba) dna morskiego obejmuje góry podwodne, rowy, szelfy, równiny abisalne oraz głębokości, na jakich się one znajdują.

H4 ma raczej charakter hipotezy metodologicznej, gdyż odnosi się do sposobu przetwarzania danych, a nie bezpośrednio do badanego zjawiska przyrodniczego.. Nie wskazuje się w niej, co oznaczają „hybrydowe zbiory danych". Brak jest również miernika „poprawy dokładności"

(RMSE?). H4 posiada charakter tautologii, ponieważ wiadomo, że integracja danych zwykle poprawia model.

Struktura i merytoryka

Oceniana rozprawa doktorska posiada typową dla rozpraw doktorskich strukturę. Szczegóły dotyczące struktury przedstawiłem powyżej w sekcji zatytułowanej „Podstawa faktyczna recenzji". Nie zgłaszam uwag do struktury ocenianej rozprawy doktorskiej.

Merytoryka pracy doktorskiej to jej jakość i wartość naukowa, i jako taka stanowi jej centrum, lub inaczej, co praca wnosi do nauki. Wynika ona z aktywności badawczej i intelektualnej autorki. Kluczowe aspekty merytoryczne rozprawy doktorskiej to oryginalność i nowa wiedza, rzetelność badawcza, wpływ na rozwój dyscypliny, zaawansowana analiza, wykorzystanie aktualnej literatury przedmiotu oraz potencjał praktycznego zastosowania wyników. Do najważniejszych pozytywnych aspektów ocenianej pracy można zaliczyć:

Podjęcie aktualnego i istotnego problemu badawczego:

Tematyka pracy wpisuje się w aktualny nurt badań nad dynamiką poziomu morza oraz analizą procesów oceanograficznych, które mają znaczenie zarówno poznawcze, jak i praktyczne w kontekście badań środowiska morskiego i zmian klimatycznych.

Wykorzystanie danych obserwacyjnych o charakterze globalnym lub regionalnym:

Zastosowanie współczesnych zbiorów danych oceanograficznych pozwala na analizę badanych zjawisk w szerszej skali przestrzennej i czasowej.

Próba integracji różnych źródeł danych i metod analitycznych:

W pracy podjęto próbę połączenia różnych typów danych oraz metod ich analizy, co może stanowić wartościowe podejście metodologiczne w badaniach nad dynamiką poziomu morza.

Zastosowanie narzędzi analizy danych wykorzystywanych we współczesnych badaniach oceanograficznych:

Praca pokazuje umiejętność wykorzystania dostępnych narzędzi analitycznych i przetwarzania danych geofizycznych.

Niemniej jednak w rozprawie doktorskiej można wskazać kilka aspektów, które budzą wątpliwości lub wymagają bardziej pogłębionej analizy. W szczególności chodzi o:

Sposób sformułowania hipotez badawczych:

Część hipotez została sformułowana w sposób bardzo ogólny, co utrudnia ich jednoznaczną weryfikację empiryczną oraz osłabia ich wartość jako testowalnych hipotez naukowych.

Ograniczony poziom interpretacji fizycznych mechanizmów badanych zjawisk:

W niektórych fragmentach pracy analiza ma charakter głównie opisowy, a interpretacja uzyskanych wyników w kontekście procesów fizycznych mogłaby zostać pogłębiona.

Niewystarczająco wyraźne określenie wkładu pracy w rozwój dyscypliny:

W pracy nie zawsze jednoznacznie wskazano, które z uzyskanych rezultatów można uznać za nowe w odniesieniu do istniejących badań nad zmiennością poziomu morza.

Konstrukcja części metodologicznej:

W niektórych miejscach opis procedury badawczej mógłby być bardziej przejrzysty, co ułatwiłoby ocenę poprawności zastosowanych metod analizy danych.

Uwagi Krytyczne

Jak każde dzieło naukowe, tak i oceniana rozprawa nie jest wolna od pewnych usterek. Wymienione poniżej uwagi nie umniejszają wysokiej wartości naukowej pracy, a mają wskazać Autorce drogę doskonalenia jej warsztatu naukowego.

1. Problem rozprawy nie jest sformułowany jako problem fizyczny/geofizyczny, lecz jako: „kompleksowa analiza zależności…”, czyli opis relacji statystycznych, a nie testowanie mechanizmu procesu. W związku z tym rozprawa ma charakter empiryczno-korelacyjny, a nie procesowo-wyjaśniający, co jest kluczowe w geofizyce fizycznej poziomu morza.

2. Problem fizycznej interpretacji poziomu morza (Sea Surface Height – SSH)
   W pracy przyjęto implicite, że SSH reaguje bezpośrednio na morfologię dna. Natomiast wiadomo, że SSH składa się ze średniej dynamicznej topografii oceanu (MDT) + anomalii poziomu morza (SLA), gdzie MDT zależy od pola grawitacyjnego, prądów geostroficznych i gradientów gęstości, a nie od samej batymetrii. Batymetria wpływa jedynie pośrednio przez cyrkulację i inne zjawiska opisywane przez mechanikę płynów. W rozprawie nie modeluje się żadnego z tych mechanizmów.

3. Niedociągnięcia w analizach statystycznych. W pracy zastosowano m.in. metodę najmniejszych kwadratów (OLS), analizę harmoniczną, ciągłą transformację falkową (CWT), filtr Kalmana oraz analizę korelacji Pearsona. Zabrakło jednak testów przyczynowości (np. Granger), modeli VAR, separacji sygnału sterycznego i masowego, analizy współliniowości MDT / bathymetry, analizy aliasingu ENSO / PDO. Jako przykład można podać, zidentyfikowany cykl 18.61-letni ($r > 0.8$) nie podając analizy significance against red noise, testów Monte-Carlo dla widma lub innych, co czyni ten wynik statystycznie wątpliwym.

4. Problem rozdzielczości danych. SSH: siatka 0.25° (~25 km), Batymetria: GEBCO 15″ (~450 m). Zestawienie tych pól w jednej analizie korelacyjnej powoduje klasyczny błąd pomieszania rozdzielczości lub inaczej pseudo-korelacji, **s**zczególnie że: korelacje liczono w siatce 0,25°×0,25°, czyli w skali mezoskalowej dynamiki oceanicznej.

5. Prognoza SLR do 2035. Prognozowanie wykonano metodą Monte Carlo + AR(1) + block bootstrap (1000 realizacji) ale bez założenia np. scenariuszy emisji, danych GRACE, modeli OGCM. Oznacza to, że prognoza ma charakter: statystycznej ekstrapolacji trendu lokalnego SLA a nie prognozy poziomu morza.

6. Problem interpretacji. Na s.31 wskazano, że przestrzenne zróżnicowanie trendów zmian poziomu morza pomiędzy obszarami rowów oceanicznych (1.70–2.30 mm/rok) a obszarami gór podmorskich (2.80–5.40 mm/rok). Interpretacja tych różnic jako efekt morfologii dna morskiego nie została jednak poparta analizą mechanizmów dynamicznych (np. cyrkulacji geostroficznej lub komponentu sterycznego).

7. Dane z programu Copernicus Sentinel-2 są wykorzystywane głównie do estymacji batymetrii w bardzo płytkich wodach przybrzeżnych. Ten program (S-2) nie posiada również sensorów do estymacji SSH.

8. Na przyszłość warto rozważyć wykorzystanie danych programu SWOT, ponieważ satelita SWOT umożliwia globalne kartowanie topografii powierzchni mórz i oceanu w skali submesoskalowej (ok. 1–10 km). Pominięto również dane programu GRACE i GRACE-FO, które dostarczają m.in. danych o ciśnieniu hydrostatycznym na dnie mórz i oceanów.

9. Uwagi językowe: Dostrzegłem dwa przykłady „potknięć” językowych. Np. Mapowanie (s.11) to w języku polskim (geodezyjno kartograficznym) „kartowanie”. Walidacja (s.36 i innych) powinna być zastąpiona wyrazem „weryfikacja”.

10. Załącznikiem do niniejszej recenzji jest ocena trzech artykułów stanowiących podstawę rozprawy doktorskiej. Załącznik ten stanowi integralną część niniejszej recenzji.

Ocena wkładu indywidualnego doktorantki

Na podstawie cyklu trzech artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach o łącznym Impact Factor 8,8 stwierdza się, że mgr inż. Magdalena Idzikowska jest pierwszą autorką wszystkich trzech artykułów. Na podstawie oświadczeń autorki (trzy Załączniki nr 4 do Załącznika nr 1) można uznać, że wkład autorki w koncepcję badań, przetwarzanie danych, implementację metod analitycznych i interpretację wyników jest istotny. Ocenę tę potwierdzają również oświadczenia współautorów (trzy Załączniki nr 5 do Załącznika nr 1), wspólnie opublikowanych artykułów, które identyfikują indywidualny wkład mgr inż. Magdaleny Idzikowskiej.

Podsumowanie i Wnioski

Przedstawiona rozprawa podejmuje interesującą i aktualną problematykę badawczą, opartą na analizie współczesnych danych oceanograficznych. Należy jednak zauważyć, że niektóre elementy konstrukcji pracy – w szczególności sposób formułowania hipotez badawczych oraz zakres interpretacji uzyskanych wyników – mogłyby zostać przedstawione w sposób bardziej pogłębiony, co pozwoliłoby pełniej wykazać poznawczy wkład rozprawy w rozwój badań nad zmiennością poziomu morza.

Podsumowując, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Magdaleny Idzikowskiej spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Praca stanowi oryginalny wkład w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Biorąc powyższe pod uwagę, wnoszę do Rady Naukowej o przyjęcie rozprawy, dopuszczenie jej do publicznej obrony oraz nadanie mgr inż. Magdalenie Idzikowskiej stopnia doktora. Jednocześnie wskazane byłoby, aby w trakcie obrony kandydatka odniosła się do pytań

dotyczących mechanizmów fizycznych odpowiedzialnych za obserwowaną współzmienność analizowanych zjawisk.

Proponowane pytania na obronę

1. W jaki sposób morfologia dna morskiego wpływa na średnią dynamiczną topografię oceanu (MDT) w ujęciu geostroficznym?
2. Czy obserwowana korelacja pomiędzy głębokością dna a trendami SLA utrzymuje się po usunięciu komponentu MDT?
3. W jaki sposób uwzględniono różnice rozdzielczości pomiędzy SSH (0,25°) a batymetrią GEBCO (15″)?

Załacznik: Recenzje opublikowanych artykułów.

Long-Term Sea Surface Variability Regarding Seafloor Topography

W artykule pt. „Autorzy „Long-Term Sea Surface Variability Regarding Seafloor Topography" zajęli się regionalną zmiennością poziomu mórz i oceanów w latach 1993–2021 z perspektywy topografii dna morskiego, korzystając ze danych altimetrii satelitarnej, batymetrii, anomalii grawitacyjnych i średniej dynamiki topografii. Temat jest aktualny i istotny m.in. dla badań poziomu mórz i oceanów związanego ze zmianami klimatu. Integracja zbiorów danych i zastosowanie kilku metod weryfikacji szeregów czasowych (regresja harmoniczna, transformacja falkowa, filtr Kalmana) stanowią zdecydowane atuty pracy. Analiza porównawcza kontrastujących regionów zróżnicowanych batymetrycznie jest dobrze skonstruowana i potencjalnie cenna dla regionalnego modelowania poziomu mórz i oceanów. Jednakże, choć przeprowadzona analiza wskazuje na istnienie korelacji przestrzennej między trendami poziomu oceanu a batymetrią, interpretacja momentami rozszerza się w kierunku wniosków przyczynowo-skutkowych, co w literaturze przedmiotu zwykle wymaga znacznie ostrożniejszej interpretacji. W artykule nie rozdzielono wpływu topografii dna morskiego od wielkoskalowych procesów ekspansji termicznej wód mórz i oceanów oraz cyrkulacyjnych. Ponadto, poprawność stosowania statystyki wymaga wzmocnienia, szczególnie w odniesieniu do:

(i) estymacji harmonicznej 18,61 roku, biorąc pod uwagę ograniczone pokrycie czasowe;
(ii) uwzględnienie innych zjawisk okresowych (11, 5,33, 1,78 i 1,18 roku)
(iii) braku formalnego testowania istotności korelacji;

(iv) ograniczonej dyskusji na temat niedopasowań rozdzielczości przestrzennej między zbiorami danych oraz

(v) Wyjaśnienia wymagają również propagacja niepewności i dobór parametrów metodologicznych (np. dostrajanie filtru Kalmana).

Ogólnie rzecz biorąc, badanie jest ambitne metodologicznie, lecz wymagałoby rewizji, w szczególności wzmocnienia walidacji statystycznej, moderowania twierdzeń przyczynowych oraz poprawy interpretacji fizycznej, co znacznie zwiększyłoby naukowy rygor i znaczenie manuskryptu. W obecnej formie praca dowodzi współwystępowania, ale nie wykazuje przekonująco geofizycznego mechanizmu wpływu morfologii dna na regionalny poziom morza.

Possibility and quality assessment in seafloor modeling relative to the sea surface using hybrid data

W pracy pt. „Possibility and quality assessment in seafloor modeling relative to the sea surface using hybrid data" autorzy podejmują systematyczną ocenę hybrydowego modelowania dna morskiego z wykorzystaniem sondowań wielowiązkowych i zestawów danych batymetrycznych GEBCO, w połączeniu z anomaliami poziomu oceanu uzyskanymi z altimetrii satelitarnej. W badaniu porównano techniki interpolacji, oceniono rozdzielczość siatki oraz zbadano powiązania przestrzenne między morfologią dna morskiego a trendami zmian poziomu oceanów w dwóch kontrastujących regionach oceanicznych. Wkład metodologiczny jest jasny i dobrze ustrukturyzowany. Przebieg pracy jest przejrzysty, analizy reszt i korelacji są kompleksowe, a porównanie siatek interpolacyjnych (0,25° vs. 0,01°) dostarcza praktycznych informacji dla morskich zastosowań GIS. Stwierdzenie, że kriging zwyczajny o wyższej rozdzielczości daje najbardziej wiarygodne rekonstrukcje, ma w pewnym stopniu charakter oczywisty, choć zostało poparte analizą ilościową.

Jednak, chociaż komponent modelowania jest technicznie rzetelny, interpretacja łącząca morfologię dna morskiego ze zmiennością trendów poziomu morza wymaga bardziej ostrożnego podejścia. Manuskrypt wskazuje na istnienie powiązań przestrzennych, jednak nie uwzględnia w pełni wielkoskalowych czynników oceanograficznych, innych okresowych procesów geofizycznych (o okresach 11, 5,33, 1,78 i 1,18 roku) ani niedopasowania rozdzielczości przestrzennej między zbiorami danych batymetrycznych i altimetrycznych. Ponadto, dokumentacja parametryzacji Kriginga i istotności statystycznej trendów poziomu morza powinna zostać wzmocniona. Ogólnie rzecz biorąc, badanie wnosi cenny wkład metodologiczny do morskiego modelowania geoprzestrzennego.

Impact of Seafloor Morphology on Regional Sea Level Rise in the Japan Trench Region

Artykuł pt. „Impact of Seafloor Morphology on Regional Sea Level Rise in the Japan Trench Region" stanowi obszerną analizę regionalnego wzrostu poziomu morza na obszarze Rowu Japońskiego. Autorzy wykorzystali altimetrię satelitarną, batymetrię hybrydową, anomalie grawimetryczne, średnią dynamiczną topografię, modelowanie geoidy, poprawki GIA, reanalizę wiatru oraz prognozowanie oparte na metodzie Monte Carlo. W badaniu zastosowano kilka technik weryfikacyjnych (regresja harmoniczna, filtracja Kalmana, CWT) i zbadano korelacje przestrzenne między trendami poziomu morza, amplitudami cyklicznymi i parametrami geofizycznymi. Praca jest ambitna metodologicznie i wykazuje silną integrację techniczną zbiorów danych geodezyjnych i oceanograficznych. Ramy weryfikacyjne oraz wykorzystanie symulacji Monte Carlo opartych na AR(1) stanowią zdecydowane atuty. Region Rowu Japońskiego ma istotne znaczenie naukowe ze względu na swoją aktywność tektoniczną i dynamiczne środowisko cyrkulacji, co czyni badanie potencjalnie cennym dla zrozumienia regionalnej zmienności poziomu morza. Jednakże, chociaż wyniki ujawniają istotne korelacje przestrzenne między trendami poziomu wody a zmiennymi batymetrycznymi/geofizycznymi, w artykule w mojej opinii przecenia się przyczynową rolę morfologii dna morskiego jako czynnika modulującego regionalny wzrost poziomu morza. Zgłoszone wartości ekstremalnych trendów i przyspieszeń wymagają głębszego uzasadnienia fizycznego i solidnej statystyki. Interpretacja nie oddziela w wystarczającym stopniu wpływu batymetrii od wielkoskalowych procesów cyrkulacji oceanicznej (np. zmienności Kuroshio), a estymacja wpływu 18,61-letniego cyklu węzłowego w dostępnym okresie powinna zostać dokładniej zbadana. Ogólnie rzecz biorąc, badanie ma solidne podstawy metodologiczne i rozwiązuje istotny problem, ale wymaga gruntownej rewizji w celu złagodzenia twierdzeń przyczynowych, wzmocnienia interpretacji fizycznej i wyjaśnienia założeń statystycznych. Należy podkreślić problemy krytyczne dostrzeżone w tym artykule. Są to:

- Skrajne wartości trendów. Stwierdza się, że trendy wahają się od: −7,8 ± 0,1 mm/rok do +25,8 ± 0,2 mm/rok. (średnia wartość regionalna to 6,0 ± 0,01 mm/rok). Wartości na kilku stacjach przekraczają 20 mm/rok. Wartości te znacznie przekraczają globalną średnią z ostatnich kilku dekad wynoszącą około 3–4,5 mm/rok. Nawet silna zmienność prądu na zachodniej granicy rzadko generuje trwałe trendy na poziomie 20–25 mm/rok w ciągu 30 lat. Sugeruje to silną resztkową zmienność dynamiczną, aliasing mezoskalowy, efekty migracji prądów (rozszerzenie Kuroshio), niepełne oddzielenie

zmienności międzyrocznej, lub overfitting z powodu nieliniowości. Tak wysokie trendy wymagają głębszego wyjaśnienia fizycznego i testowania istotności statystycznej. Bez tego wnioski wydają się przesadzone.

- W artykule podsumowano: „Wyniki potwierdzają hipotezę badawczą – regionalne tempo wzrostu poziomu morza zależy od morfologii dna morskiego". Według mnie to nieuprawnione stwierdzenie, ponieważ wyniki wskazują na korelację SLR z MDT na poziomie $r \approx 0{,}9$, a z głębokością na poziomie $r \approx -0{,}4$. Wykazano również korelację SLR z amplitudą cyklu 18,61 lat ($r > 0{,}8$). Pamiętać jednak należy, że przecież MDT odzwierciedla intensywność cyrkulacji oceanicznej, która zależy od termicznej ekspansji wody. Batymetria jedynie pośrednio moduluje cyrkulację. Stąd też niezbędne byłoby wyodrębnienie morfologii dna oceanu jako niezależnego czynnika wymuszającego. Zamiast tego morfologia prawdopodobnie wpływa na cyrkulację, która z kolei wpływa na SLR. Oznacza to, że łańcuch przyczynowy nie jest modelowany w sposób jawny.

- Różne rozdzielczości przestrzenne danych wejściowych (Rozdzielczość altimetryczna: 0,125° i topografii dna: 15″). Obszary o skali gór podmorskich często są poniżej rozdzielczości altimetrycznej. W związku z tym altimetria w wielu wypadkach nie zawiera sygnału pochodzącego ze znacznie drobniejszych cech morfologii dna oceanicznego. Moim zdaniem obserwowane korelacje mogą pochodzić od struktury cyrkulacji, a nie od topografii dna morskiego. To ograniczenie nie zostało odpowiednio omówione.

- Interpretacja wpływu na SLR 18,61-letniego cyklu budzi również wątpliwości, ponieważ analizowany okres wynosi 31 lat, co stanowi jedynie około 1,6 cyklu 18,61-letniej oscylacji węzłowej. Jednak podano amplitudy do 18,6 cm, podkreślając przy tym silną korelację ($r > 0{,}8$) między trendem a amplitudą węzłową, co jest wątpliwe. Dodatkowo nie przedstawiono testu istotności mocy widmowej.

- Autorzy ustalili przyspieszenia SLR do 1,73 mm/rok²! Wartość ta jest bardzo wysoka w porównaniu z globalnymi szacunkami przyspieszenia wzrostu poziomu morza, wziąwszy pod uwagę, że średnie globalne przyspieszenie SLR wynosi ~0,1 mm/rok².

Wartości >1 mm/rok² oznaczają gwałtowny wzrost nieliniowy, którego utrzymanie się przez 30 lat bez ekstremalnych sił regionalnych jest mało prawdopodobne.

- Autorzy biorą pod uwagę efekt Kuroshio–Oyashio, jednak MDT i migracja prądu wzdłuż zachodniej granicy prawdopodobnie dominują we wzorcach SLR w tym regionie. Moim zdaniem w artykule niedocenia się tego zjawiska w porównaniu z morfologią dna morskiego.

- Analiza wpływu wiatru o umiarkowanej prędkości 1,4–1,9 m/s na SLR wynoszący 23 mm/rok, zakładająca mechanistyczny związek między orientacją wiatru względem osi gór podmorskich, ma charakter spekulatywny. W artykule nie przedstawiono modelu regresji ilościowej tego czynnika.

Wrocław, 16 marca 2026 r.