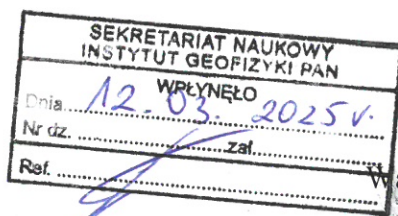


SN. 410. 6. 2024



Warszawa, 13 lutego 2025 r.

Prof. dr hab. Krzysztof Markowicz
Instytut Geofizyki, Wydział Fizyki
Uniwersytetu Warszawskiego
Pasteura 5
02-093 Warszawa

RECENZJA

Rozprawy doktorskiej mgr Wojciecha Szkółki pt. „Multi-scale interactions in the tropical atmosphere”

Informacje ogólne

Rozprawa doktorska pt. *Multi-scale interactions in the tropical atmosphere* mgr Wojciecha Szkółki poświęcona jest analizie wieloskalowych interakcji w atmosferze tropikalnej, ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki troposfery i jej powiązań z procesami stratosferycznymi. Głównym celem rozprawy jest identyfikacja i analiza interakcji między procesami lokalnymi a wielkoskalowymi zjawiskami atmosferycznymi, takimi jak El Niño – Oscylacja Południowa (ENSO), quasi-dwuletnia oscylacja (QBO), oscylacja Maddena-Juliana (MJO) oraz konwekcyjnie sprzężone fale Kelvina (CKW). Autor skupił się na badaniu zmienności opadów oraz wiatru nad zachodnią częścią tzw. *Maritime Continent*, w rejonie Sumatry, wykorzystując dane obserwacyjne oraz reanalizę ERA-5. Tematyka badawcza ma kluczowe znaczenie nie tylko w kontekście meteorologii tropikalnej, ale również w odniesieniu do procesów zachodzących w większej skali przestrzennej.

Metody badawcze

Praca opiera się na metodologii łączącej analizę danych obserwacyjnych z narzędziami statystycznymi. Autor zastosował metody przetwarzania szeregów czasowych oraz analizy harmonicznej dla danych obserwacyjnych. Jednym z kluczowych aspektów pracy jest porównanie danych obserwacyjnych z wynikami reanalizy ERA-5, szczególnie w odniesieniu do reprezentacji pionowego profilu wiatru. W ramach pracy wprowadzono dwa nowe wskaźniki prognostyczne:

- Indeks Stratosferyczny, pozwalający ocenić wpływ dolnej stratosfery na propagację fal Kelvina,
- Indeks Troposferyczny, określający trajektorię i intensywność opadów związanych z falami CKW.

Główne osiągnięcia naukowe

Najważniejsze osiągnięcia rozprawy można podzielić na trzy zagadnienia:

1. Wpływ ENSO, MJO i CKW na zmienność wiatru i opadów,

2. Dzienna cykliczność wiatru i jej związek z konwekcją,
3. Rola pionowego ścinania wiatru.

Wykazano, że ENSO, MJO i CCKW mają istotny wpływ na stabilność atmosferyczną oraz kierunek i prędkość wiatru nad Sumatrą, co przekłada się na lokalne warunki meteorologiczne, a w szczególności na opady. Dane z radaru EAR pozwoliły zauważyć, że konwekcyjnie sprzężone fale Kelvina oddziałują na dynamikę troposfery i dolnej stratosfery, powodując zmiany w cyrkulacji wpływające na propagację opadów. W przypadku ENSO głównym wynikiem jest obserwacja silniejszych opadów nad zachodnią Sumatrą oraz zmniejszonej prędkości pionowej. Natomiast podczas warunków La Niña widoczna jest silniejsza konwekcja.

Dane z radaru EAR wykazały obecność silnego dziennego cyklu powstawania i propagacji chmur konwekcyjnych. Zarówno dobowy, jak i półdobowy cykl wiatrów mają podobne amplitudy w niemal całej troposferze. Pokazano, że faza półdobowego cyklu jest zsynchronizowana z rozwojem chmur konwekcyjnych, co może wskazywać na wpływ efektów pływowych na zmienność pola zachmurzenia.

Analiza danych z radaru EAR wykazała również, że pionowe ścinanie wiatru jest kluczowym czynnikiem modulującym intensywność konwekcji oraz zachodnią propagację systemów chmurowych. Słabsze wiatry zachodnie przy powierzchni sprzyjają intensyfikacji konwekcji na zachodnim wybrzeżu Sumatry i ułatwiają jej propagację w kierunku oceanu. Z kolei silniejsze wiatry zachodnie w dolnej troposferze tłumią konwekcję.

Doktorant wykazał, że Indeks Stratosferyczny, odzwierciedlający siłę cyrkulacji strefowej w dolnej stratosferze, wykazuje związek z intensywnością opadów po przejściu CCKW. Podczas dodatnich wartości tego indeksu występują większe opady, natomiast ujemne wartości wskazują na ich osłabienie. Indeks Troposferyczny, reprezentujący cyrkulację południkową podczas przejścia CCKW, wiąże się z przestrzennym rozmieszczeniem opadów oraz trajektorią CCKW po przejściu nad Sumatrą. Dodatnie wartości tego indeksu wskazują na opady na północ od równika, podczas gdy ujemne wartości są związane ze wzmożonymi opadami na południe od równika.

Podsumowując, w rozprawie doktorskiej przeanalizowano wieloskalowe interakcje między procesami zachodzącymi w skali dobowej i regionalnej, które determinują dynamikę konwekcji nad zachodnią Sumatrą. Cykle dobowe i lokalne uskoki wiatru są głównymi czynnikami napędzającymi dzienną konwekcję i jej propagację przestrzenną, natomiast wieloskalowe oscylacje, takie jak ENSO, MJO i CCKW, w istotny sposób modulują stabilność atmosferyczną i cyrkulację atmosferyczną.

Uwagi krytyczne

Pomimo rozległej analizy danych, w pracy nie poświęcono wystarczającej uwagi potencjalnym ograniczeniom metodologicznym. Przykładowo, dane radarowe z EAR mają ograniczoną rozdzielczość czasową i przestrzenną, co wpływa na interpretację wyników. Praca nie zawiera szczegółowej analizy niepewności pomiarowych oraz błędów modelowych. Warto byłoby rozważyć:

- analizę wrażliwości wyników na przyjęte założenia,
- dokładniejsze porównanie wyników z danymi z innych lokalizacji,

- ocenę wpływu metod interpolacji na uzyskane wyniki.

Autor zwraca uwagę na rozbieżności między danymi radarowymi a reanalizą ERA-5, zwłaszcza w zakresie reprezentacji dynamiki pola wiatru i cykli dobowych, podkreślając ograniczenia reanalizy w odwzorowywaniu lokalnych zjawisk i prognozowaniu opadów atmosferycznych.

W szczególności w podpisach do rycin 4.5, 5.3, 5.4 pojawia się informacja o *standard errors*, której znaczenie i sposób wyznaczenia nie są dostatecznie wyjaśnione.

Chociaż praca dostarcza interesujących wyników, nie wskazuje jednoznacznie kierunków dalszych badań. Warto byłoby rozwinąć:

- jakie dodatkowe eksperymenty terenowe mogłyby potwierdzić uzyskane wyniki?
- czy możliwe byłoby zastosowanie alternatywnych metod analizy danych, np. wykorzystanie uczenia maszynowego do prognozowania zmian atmosferycznych?

Podsumowanie recenzji

Przedłożona rozprawa doktorska mgr Wojciecha Szkółki stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, dokumentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie oraz umiejętność prowadzenia pracy naukowej – spełniając tym samym warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce*. Rozprawę oceniam pozytywnie i wnioskuję o dopuszczenie doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Henryk F. Holcman

