

Warszawa, 27 stycznia 2023 r.

prof. dr hab. inż. Lech Łobocki
profesor, Politechnika Warszawska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Marty Kopec
nt. „Porównanie symulacji numerycznych chmur kłębiasto-warstwowych
z wynikami pomiarów in-situ”

1. Struktura rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa zawiera 6 rozdziałów, dwa dodatki, listę rysunków oraz bibliografię. Wstęp, zawarty w rozdziale 1, stanowi zasadniczo wyjaśnienie tematyki rozprawy. Rozdział drugi, zatytułowany „Warstwa graniczna przykryta stratocumulusem” poświęcono przedstawieniu podstawowych informacji dotyczących własności chmur rodzaju Stratocumulus, zawiera zwięzły opis właściwości chmur występujących w warstwie granicznej, procesów ich rozwoju oraz wniosków z kampanii pomiarowych. Zamieszczono tu także podstawy statystycznego opisu turbulencji, równania ruchu uśrednionego oraz równania ewolucji drugich momentów statystycznych, następnie zestawienie najczęściej używanych skal przestrzennych turbulencji. Rozdział trzeci opisuje kampanię pomiarową POST, której wyniki posłużyły do analizy będącej przedmiotem pracy, natomiast w rozdziale czwartym zamieszczono opis modelu EULAG, użytego do przeprowadzenia symulacji numerycznych oraz opis tych symulacji. Główną część pracy stanowi analiza porównawcza wyników symulacji numerycznych z wynikami kampanii pomiarowej, zawarta w rozdziale piątym. Rozdział szósty zawiera podsumowanie rozprawy oraz wnioski. W dodatku A opisana jest metoda „wirtualnego samolotu” użyta do probkowania wyników modelowania w sposób naśladujący trasę przelotu, zaś dodatek B – zestawienie równań i wzorów, uzupełniające główny tekst rozprawy. Bibliografia licząca ogółem ponad 60 pozycji – z nielicznymi wyjątkami są to artykuły opublikowane w międzynarodowych czasopismach naukowych. Z tego, blisko 40 pozycji stanowią artykuły opublikowane od roku 2000, Autorka jednak nie ucieka od sięgania po klasyczne prace, pochodzące z ubiegłego stulecia.

2. Publikacje naukowe, bezpośrednio związane z rozprawą

Z tematem pracy bezpośrednio wiążą się cztery artykuły opublikowane w latach 2013-2016 w wiodących czasopismach światowych (*Atmospheric Chemistry and Physics*, *Atmospheric Measurement Techniques*, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*), przy czym w przypadku tego ostatniego Doktorantka jest pierwszą autorką, w pozostałych – współautorką. Jest również pierwszą autorką wystąpienia na prestiżowej konferencji American Meteorological Society, *14th Conference on Cloud Physics* w Bostonie. Materiał zawarty we wspomnianej publikacji w *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, w części stanowiącej dzieło Doktorantki, wykorzystany został w rozdziale czwartym rozprawy.

3. Ocena celowości podjęcia tematu

Tematyka rozprawy dotyczy ważkiego problemu naukowego, jakim jest przebieg procesów fizycznych zachodzących w górnej części chmur rodzaju *Stratocumulus*, pokrywających znaczną część powierzchni globu i mających istotny wpływ na bilans radiacyjny planety, a przez to na klimat i pogodę. W bieżącym stanie wiedzy o przebiegu tych procesów wzrostu chmur i powstawania opadów wciąż istnieją luki; w przekonaniu recenzenta, wyniki pracy wzbogacają

istniejącą wiedzę na ten temat, podjęcie tematu można zatem uznać za uzasadnione w aspekcie poznawczym. W aspekcie praktycznym, wyniki te mogą również zostać wykorzystane do ulepszania parametryzacji stosowanych m.in. w modelowaniu klimatu i prognozowaniu pogody.

4. Uwagi krytyczne

Jakkolwiek pod względem merytorycznym wyniki rozprawy stanowią przyczynek do obecnego stanu wiedzy światowej, obrany układ i sposób prezentacji wzbudza zastrzeżenia. Przede wszystkim, w części wprowadzającej brakuje przeglądu bieżącej literatury naukowej, bezpośrednio związanej z głównym tematem rozprawy, co utrudnia czytelnikowi zidentyfikowanie jej przekazu. Większość informacji zamieszczonych w tej części ma charakter wiedzy podręcznikowej, niekiedy nawet zbyt technicznej w kontekście dalszych partii tekstu (np. wyprowadzenie równań ruchu uśrednionego w rozdziale 2). W rozdziale stanowiącym podsumowanie rozprawy, niedosyt budzi zaledwie pojedyncze odwołanie do pracy opublikowanej po roku 2016 (tj. po opublikowaniu artykułu stanowiącego podstawę czwartego rozdziału pracy) – a przecież warto byłoby tu pokusić się o szersze porównanie z wynikami prac innych badaczy.

Od strony redakcyjnej, zastrzeżenia wzbudza jakość rysunków, zwłaszcza reprodukcji z publikacji w QJRMS z 2016 r. zamieszczonych w rozdziale czwartym – np. na rys. 4.7 nie sposób zidentyfikować „jasno-szarych linii”, o których mowa w opisie rysunku, na rys. 4.5 rozróżnienie poszczególnych linii wymaga znacznego wysiłku. Licznie używane skróty nazw (np. pięciu wyróżnionych warstw – FT, TISL, CTMSL, CTL, EIL, akronimy eksperymentów numerycznych) zasługiwałyby na umieszczenie w odrębnym spisie, a czytelność pracy zwiększyłby pewnie schemat ukazujący ułożenie warstw i ich charakterystyczne cechy w sekcji 3.2.2. Również dla ścisłości – metoda wirtualnego samolotu/przelotu w połączeniu z wynikami numerycznych symulacji turbulencji atmosferycznej, przedstawiona przez Doktorantkę jako nowa (s. 75) była już w istocie używana nieco wcześniej – zrazu do symulowania warunków lotu statków powietrznych, następnie w kontekście numerycznej symulacji meteorologicznych kampanii pomiarowych – np. doi: [10.1127/0941-2948/2014/0597](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2014/0597), 10.1007/s10546-013-9822-1. Po stronie plusów, docenić wypada umieszczenie podsumowań poszczególnych rozdziałów, mające znaczenie dla czytelnika pragnącego szybko zorientować się w głównych ich przesłaniach.

5. Pytania

Jakkolwiek przedstawiona w rozprawie metodyka analiz nie wzbudza zastrzeżeń, zasadnicze pytanie, które chciałbym postawić Doktorantce dotyczy ogólności znaczenia uzyskanych wyników: na ile przedstawione rezultaty należałoby traktować jako opis konkretnego przypadku – czy też można je porównać z wynikami uzyskiwanymi w innych badaniach, i czy można w takich porównaniach doszukać się elementów wspólnych?

Drugie pytanie, bardziej szczegółowe, dotyczy używanych w pracy liczb Richardsona: na rysunku 4.16 przedstawiono dane pomiarowe, ukazujące wartości strumieniowej (dynamicznej) liczby Richardsona wykraczające poza wartość 1. Jak należy takie wartości rozumieć w kontekście bilansu kinetycznej energii turbulencji, i co może być ich przyczyną? W tekście dostrzegam również paradoksalne stwierdzenie (s. 71) „w rejonie TISL wartości R_F są większe, niż 1, co oznacza, że nie występowała tam turbulencja. Jednak ze względu na małe wartości pionowego strumienia prędkości...” (chyba: pędu?) – skoro nie było tam turbulencji, to skąd strumienie turbulencyjne występujące w definicji R_F ? Drugie pytanie dotyczy różnicowej liczby Richardsona – na ile miarodajny jest ten parametr, w sensie jego uniwersalnego stosowania? Jak wygląda zależność między różnicową, a strumieniową (i ew. gradientową) liczbą Richardsona? Czy różnicowej liczbie Richardsona można przypisać jakąś wartość krytyczną?

Konkluzja

W opinii recenzenta, dorobek publikacyjny Doktorantki wraz z samodzielnymi analizami przedstawionymi w rozdziale piątym wnosi istotny wkład do stanu wiedzy światowej, przy czym wyniki tych analiz zasługują na szybkie ich opublikowanie. Rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wykazuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydatki oraz jej umiejętność prowadzenia samodzielnej pracy naukowej, oraz spełnia pozostałe warunki określone w ustawie z dn. 13 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki.

Wnoszę zatem o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

