

Warszawa, 11 lutego 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Lech Łobocki
Politechnika Warszawska
Pl. Politechniki 1
00-611 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Damiana Wójcika
nt. „Numerical modeling of deep convection: case study of the 21 August 2007 severe convective system over the Masurian Lake District”
(„Numeryczne modelowanie głębokiej konwekcji na przykładzie gwałtownego systemu konwekcyjnego z dn. 21 sierpnia 2007 z Pojezierza Mazurskiego”)

1. Podstawa opracowania recenzji

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie uchwały nr 58/2021/X Rady Naukowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego, z dn. 17 grudnia 2021 r., w sprawie powołania recenzentów rozprawy oraz ustalenia tematyki egzaminów doktorskich i składu komisji egzaminacyjnych, oraz pisma Przewodniczącego Rady Naukowej IMiGW-PIB z dn. 14 stycznia (RN.462.1.2022) w sprawie powierzenia wykonania recenzji.

2. Struktura rozprawy

Przedstawiona w języku angielskim rozprawa zawiera 7 rozdziałów, streszczenie w dwóch językach, spis skrótów i bibliografię, łącznie 218 stron.

Rozdział 1, wstęp, zawiera krótką charakterystykę numerycznego prognozowania pogody, uzasadnienie podjęcia tematu, sformułowanie problemu badawczego, określenie miejsca tematu rozprawy w obrębie dyscypliny naukowej i opis struktury pracy. Rozdział 2, zatytułowany „Theory of mid-latitude moist deep convection” zawiera podstawowe informacje o formach głębokiej konwekcji, rozwoju struktur konwekcyjnych i burzowych. W rozdziale tym zawarto przegląd literatury naukowej, koncentrujący się na strukturach będących głównym przedmiotem rozprawy (linie szkwału, łukowaty mezoskalowy układ konwekcyjny - bow echo). Końcowa część tego rozdziału przedstawia podstawowe parametry termodynamiczne powietrza wilgotnego i skrótowy zarys termodynamicznej analizy chwiejności warunkowej metodą cząstki. Wyjaśniono tu podstawowe wskaźniki chwiejności stosowane w dalszej części rozprawy. Liczący cztery strony rozdział 3, „Numerical modeling of moist deep convection” obejmuje dwa podrozdziały. Pierwszy z nich zawiera dość pobieżne informacje o modelach matematycznych stosowanych w numerycznym prognozowaniu pogody i problemie parametryzacji zjawisk drobnoskalowych, przechodząc do skrótowego zarysu modelowania zjawisk konwekcyjnych i mikrofizyki chmur. Drugi podrozdział przedstawia układ równań dynamiki atmosfery, zastosowany w modelu COSMO, oraz wymienia stosowane numeryczne metody całkowania tego układu i parametryzacje procesów fizycznych.

Kolejny, czwarty rozdział rozprawy poświęcony został analizie rozwoju układu burzowego nad Pojezierzem Mazurskim w dn. 21 sierpnia 2007, stanowiącego przedmiot studium recenzowanej rozprawy. Rozdział ten jest dość obszerny (30 stron), a jego kolejne fragmenty obejmują informacje o przebiegu i rejestracji zdarzeń, sytuacji pogodowej (charakterystyka warunków synoptycznych i aerologicznych, obserwacje ze stacji naziemnych), zapoczątkowania i dalszego rozwoju układu burzowego, oraz oryginalnej próby rekonstrukcji parametrów termodynamicznych masy powietrza

poprzez korektę danych pochodzących z radiosondażu wykonanego przez obserwatorium aerologiczne w Legionowie, na podstawie obserwacji stacji naziemnych w Mikołajkach i Kętrzynie. Przeprowadzona analiza i zastosowana rekonstrukcja mają tu kluczowe znaczenie dla dalszej części studium, jako punkt wyjściowy dla zbudowania symulacji numerycznych. W rozdziale 5 „Setup of a modeling framework for studying the severe convective system from 21 August 2007”, również dość obszernym (45 stron) przedstawione zostało przygotowanie owych symulacji, obejmujące dane wykorzystane do sformułowania warunków początkowych i brzegowych, konfigurację modelu, asymilację danych ze stacji naziemnych, modyfikacje bilansu cieplnego powierzchni gruntu oraz parametrów termodynamicznych masy powietrza. Rozdział ten przedstawia także wyniki symulacji numerycznych przeprowadzonych przy kroku siatki 7 i 2 km, przy wykorzystaniu podstawowej, semi-operacyjnej konfiguracji modelu COSMO.

Główna część studium, obejmująca symulacje wykonane z wprowadzeniem sztucznych zaburzeń (deterministycznych – w postaci sztucznego termala inicjującego konwekcję i stochastycznych – w postaci losowo uwalnianych termali), przedstawiona została w rozdziale 6, „Modeling of the severe convective system development”. Przebadano tu również wpływ ścinania wiatru, wyboru parametryzacji mikrofizyki chmurowej i rozdzielczości siatki modelu. Rozdział 7 zawiera wnioski i podsumowanie pracy. Tekst rozprawy zamyka spis stosowanych skrótów nazw oraz bibliografia, licząca ogółem 167 pozycji, z których większość stanowią artykuły opublikowane w czasopismach naukowych.

3. Publikacje naukowe, bezpośrednio związane z rozprawą

Bibliografia rozprawy zawiera 7 pozycji powstałych przy współautorstwie Doktoranta, z czego trzy stanowią artykuły opublikowane w wiodących czasopismach światowych (Monthly Weather Review, Lecture Notes in Computer Science).

4. Ocena celowości podjęcia tematu

Potrzeba precyzyjnego przewidywania zjawisk burzowych, trafnego co do umiejscowienia, czasu wystąpienia i nasilenia, a nadto – dokonanego z pożądanym wyprzedzeniem czasowym – pozostaje poza wszelką dyskusją. Poza oczywistymi kwestiami ostrzegania ludności, zabezpieczania lotnictwa, żeglugi i transportu lądowego, odpowiedniego przygotowania do reagowania służb ratunkowych, warto też wspomnieć funkcjonowanie urządzeń technicznych podatnych na działanie porywów wiatru – dla przykładu, siłowni wiatrowych. Z tego powodu, rozwój metod pozwalających poprawić dokładność prognoz czy zwiększyć wyprzedzenie czasowe wydawanych ostrzeżeń jest niezwykle pożądane.

W rozprawie stanowiącej przedmiot niniejszej recenzji, Doktorant podjął próbę wyjaśnienia przyczyn, dla których działający w IMiGW-PIB system numerycznej prognozy pogody nie był w stanie właściwie zaprognozować nagłego rozwoju układu burzowego nad Pojezierzem Mazurskim w dn. 21 sierpnia 2007, który spowodował silny poryw wiatru (tzw. „biały szkwał”), przewracając kilkadziesiąt jachtów i powodując śmierć 12 osób. Zdjęcia radarowe wykazały w tym czasie rozwój łukowatego mezoskalowego układu konwekcyjnego (tzw. „bow echo”), którego skuteczne prognozowanie stanowi wciąż otwarte wyzwanie dla numerycznych modeli prognoz pogody.

Podsumowując, podjęty przez Doktoranta temat jest ważny zarówno z punktu widzenia praktycznego (potrzeba skutecznego ostrzegania), jak i poznawczego (widoczna luka w wiedzy, o przebiegu zjawisk konwekcyjnych). Postawione w pracy hipotezy zostały uwiarygodnione wynikami przeprowadzonych eksperymentów obliczeniowych, przynosząc w efekcie pewne wyobrażenie uwarunkowań prognozowania podobnych zdarzeń.

5. Uwagi odnośnie struktury rozprawy

Struktura rozprawy odpowiada tradycyjnemu układowi prac naukowych, zawiera wszystkie elementy niezbędne do jej zrozumienia, zasadniczo ułożone we właściwej kolejności. Pierwsze dwa rozdziały prezentują ogólną wiedzę wiążącą się z tematem rozprawy i prezentują bieżący stan wiedzy światowej. Opis przeprowadzonych badań zawarty jest w rozdziałach 4-6, w układzie odpowiadającym zarówno chronologii prac, jak i logice prezentacji ich wyników.

Moje zastrzeżenia wzbudza jedynie umiejscowienie rozdziału 3 oraz jego zawartość. W moim odczuciu, bardziej fortunne byłoby umieszczenie pierwszej jego części we wstępie pracy – jest ona bowiem krótka i ma ogólny, dość pobieżny charakter. Bardziej naturalnym miejscem dla drugiej części tego rozdziału byłby obecny rozdział piąty, tj. miejsce, w którym omawiana jest konfiguracja modelu numerycznego i eksperymentów obliczeniowych. Część tą należałoby także nieco poszerzyć, jako że podany opis jest dość lakoniczny – o czym wspomniałem wcześniej w punkcie 2 recenzji.

6. Merytoryczna ocena rozprawy

Przeprowadzona w pracy analiza i wykonane eksperymenty numeryczne stanowią oryginalne i twórcze osiągnięcie Doktoranta. Docenić należy wnikliwość analizy, pozwalającej w wiarygodny sposób odtworzyć przebieg zjawiska i zidentyfikować kształtujące go czynniki, jak również znaczny wkład pracy włożony w przygotowanie, przeprowadzenie i analizę wyników eksperymentów obliczeniowych.

Za najważniejsze nowatorskie elementy pracy uważam:

- zidentyfikowanie czynników o kluczowym znaczeniu dla rozwoju układu burzowego, na podstawie dostępnej informacji pomiarowej i uwzględnienie ich poprzez korektę danych, którymi standardowo zasilany jest model prognostyczny
- ustalenie, drogą eksperymentów numerycznych, metod symulacji prowadzących do uzyskania realistycznych wyników, dobrze odzwierciedlających przebieg rozwoju układu burzowego

Podstawowym problemem badawczym, ku rozwiązaniu którego zmierza praca, jest rozstrzygnięcie, czy możliwe jest precyzyjne prognozowanie szczególnie intensywnych zjawisk burzowych przy użyciu numerycznego modelu prognozy pogody. W ślad za tym pytaniem powstają kolejne, dotyczące wymaganej informacji pomiarowej, metod jej wykorzystania w systemie automatycznym oraz specjalnych technik modelowania pozwalających na uwolnienie chwiejności i zainicjowanie konwekcji. Siłą rzeczy, studium pojedynczego przypadku nie jest w stanie udzielić ogólnej odpowiedzi na te pytania, wskazuje jednak istnienie takiej możliwości. Istotną wskazówkę stanowi wykorzystanie dodatkowej informacji wejściowej ze stacji naziemnych oraz sposobów inicjalizacji konwekcji. Dodatkowym walorem pracy jest przebadanie odpowiedzi modelu na wybór parametryzacji mikrofizyki chmur i rozdzielczość siatki. Wyniki pracy zasługują na publikację w wiodącym czasopiśmie światowym, specjalizującym się w problematyce prognoz meteorologicznych.

Przedłożony do recenzji tekst rozprawy nie jest wolny od mankamentów, na które Autor powinien zwrócić uwagę przy przygotowaniu publikacji. Jakkolwiek rozprawa zawiera szczegółową analizę wyników przeprowadzonych eksperymentów, dominuje tu raczej wrażenie udokumentowania przeprowadzonych prac i opisu ich wyników, niż pogłębionej próby powiązania obserwowanych w poszczególnych symulacjach różnic z możliwymi przyczynami ich powstania. Pożądane byłoby też wyraźniejsze określenie, jakie praktyczne wnioski odnośnie funkcjonowania systemu obserwacji i prognoz wypływają z wyników rozprawy, ewentualnie – jakie dalsze badania i prace należałoby

wykonać, zmierzając do generalizacji zaproponowanych metod i ujęcia ich w przyszłości w systemie prognostycznym? W istocie, pytanie to dotyczy w dużej mierze prezentacji otrzymanych wyników i właściwego ocenienia ich znaczenia przez odbiorców przekazywanej treści. Kwestię tą chciałbym postawić jako pytanie skierowane do Doktoranta - jako rozwinięcie sformułowań zawartych w ostatnim akapicie podsumowania rozprawy.

Poza tym zasadniczym pytaniem, wskazać należy szereg drobniejszych mankamentów czy przeoczeń. W zawartym w podrozdziale 2.1 opisie przebiegu wzrostu chmur konwekcyjnych zabrakło, zapewne przez przeoczenie, procesu Bergerona-Findeisena. Wprowadzone w podrozdziale 2.2.4 równania wirowości (2.4) i (2.5) zdają się pozostawać bez związku z dalszymi partiami tekstu – można byłoby tu zapewne w jawny sposób wskazać efekty rozciągania i deformacji rurek wirowych w rozwoju burz. Nie do końca jest też jasne, czemu służyć ma przedstawienie w podrozdziale 2.3.2 zarysu przybliżenia nieelastycznego – wątek ten, poza zaniebdaniem efektów ściśliwości w równaniu stanu i zastąpieniu względnych odchyłeń gęstości względnymi odchyleniami temperatury potencjalnej nie wydaje się wykorzystywany w dalszej części rozprawy. Podrozdział 2.3.3, poświęcony prezentacji metody cząstki, kończy się na wzorze 2.35, przedstawiającym zależność między stosunkiem zmieszania a ciśnieniem pary wodnej w stanie nasycenia, i sprawia wrażenie urwanego; czytelnik oczekiwałby tu zapewne podania zależności określających temperaturę wznoszącej się cząstki, tj. krzywą stanu. Podobnie, podrozdział 4.2.1 byłby zapewne lepiej odebrany przez czytelnika, gdyby został zakończony podsumowaniem implikacji warunków synoptycznych dla możliwości gwałtownego rozwoju konwekcji. Przy stosunkowo starannym wyjaśnieniu wskaźników CAPE i CIN w rozdziale 2, czytelnik natrafia w rozdziale 4.2 na wskaźniki SB_CAPE, SB_CIN, ML_CAPE i ML_CIN, które mogą być w tym momencie dla niego niejasne. W zakończeniu rozdziału 4, pożyteczne byłoby wypunktowanie poczynionych modyfikacji; czytelnicy byłiby także zapewne zainteresowani oceną ich znaczenia dla sukcesu prognozy. Wreszcie, w podrozdziale 6.4 pojawiają się odnoszące się do parametryzacji mikrofizyki symbole 1M i 2M – wprawdzie można znaleźć ich objaśnienie w podrozdziale 3.1, jest ono jednak zdecydowanie niewystarczające dla czytelników próbujących dociec przyczyn opisywanych różnic w wynikach.

Wymienione mankamenty dotyczą przede wszystkim sfery prezentacji wyników, nie mają natomiast istotnego wpływu na wartość merytoryczną rozprawy. Przedstawione wyniki stanowią oryginalne osiągnięcie Autora, stanowiące twórcze rozwiązanie problemu naukowego o istotnym znaczeniu. Należy także podkreślić, iż zastosowany przez Autora model wymaga znacznej wiedzy teoretycznej i umiejętności technicznych. Jego skuteczne użycie, wraz z tekstem przedłożonej rozprawy dowodzi opanowania wiedzy w zakresie co najmniej odpowiadającym wymogom prac doktorskich.

7. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przetawione powyżej argumenty świadczą o spełnieniu wymogów stawianych rozprawom doktorskim, a wraz z faktem opublikowania powiązanych tematycznie artykułów w wiodących czasopiśmie światowych - potwierdzają istotność problematyki badawczej i kształtujący się wkład Doktoranta w światowe zasoby wiedzy. Skuteczne zastosowanie zaawansowanego modelu oraz tekst rozprawy dokumentują gruntowne opanowanie przez Autora wiedzy teoretycznej z zakresu tematyki rozprawy. Można także z całą pewnością uznać, że prezentowana rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a tym samym spełnia warunki określone w art. 13 pkt. 1 ustawy z dn. 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Pozwala mi to z pełnym przekonaniem wnioskować o przyjęcie przedłożonej rozprawy doktorskiej mgr Damiana Wójcika oraz o dopuszczenie jej do dalszych czynności w przewodzie doktorskim.