

Warszawa, 31 października 2013 r. *aw*

dr hab. inż. Lech Łobocki
Wydział Inżynierii Środowiska
Politechniki Warszawskiej,
Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr Sylwestra Arabasa
nt. „Elements of modern cloud modelling”

Recenzowana rozprawa doktorska jest pracą z zakresu fizyki atmosfery i dotyczy zagadnień numerycznego modelowania procesów ewolucji aerozolu atmosferycznego oraz tworzenia i wzrostu kropeł chmurowych. Główny nurt pracy koncentruje się na zunifikowanym - w odniesieniu do kropeł o różnych rozmiarach - opisie procesów mikrofizycznych. Podejście takie, pochodzące z ostatnich lat, tworzy interesujące perspektywy badawcze.

Na treść rozprawy składają się dwa artykuły opublikowane w wiodących czasopismach światowych, stworzone oprogramowanie w postaci biblioteki procedur i programu testowego oraz dokumentacja biblioteki, upowszechnionej poprzez umieszczenie w archiwum arXiv. Publikacje te zostały opatrzone 35-stronicowym tekstem, stanowiącym wprowadzenie w tematykę rozprawy, przedstawienie motywacji oraz wyjaśnienie zastosowanych metod. Wspomniane artykuły stanowią wspólne dzieło mgr Sylwestra Arabasa oraz innych autorów, jednak przedstawiony w rozprawie indywidualny wkład Doktoranta w stworzenie tych dzieł ponad wszelką wątpliwość stanowi oryginalne rozwiązanie problemu badawczego oraz dokumentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w przedmiotowej dyscyplinie naukowej i umiejętność prowadzenia pracy naukowej. Tym samym, przedstawiona rozprawa spełnia warunki określone w art. 13 ustawy z dn. 13 marca 2003 o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, w brzmieniu nadanym ustawą z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw (dz U 84 poz 455 / 2011).

Pierwszy ze wspomnianych artykułów, autorstwa Sylwestra Arabasa i Hanny Pawłowskiej, noszący tytuł „Adaptive method of lines for multi-component aerosol condensational growth and CCN activation” opublikowany został w czasopiśmie Geoscientific Model Development, wydawanym przez European Geosciences Union. W artykule przedstawiono nowy model ewolucji spektrum aerozolu atmosferycznego wraz z kluczową, nowatorską metodą rozwiązania równań tego modelu – wprowadzoną i skutecznie zastosowaną przez Doktoranta. Przedstawione rozwiązanie

zmierza w swej istocie ku wyjaśnieniu przebiegu procesów nukleacji kropelek chmurowych, co w istotny sposób przyczynia się do poszerzenia wciąż jeszcze niepełnej wiedzy o mikrofizyce chmur ciekłych.

Drugi artykuł pt. Large-Eddy Simulations of Trade Wind Cumuli Using Particle-Based Microphysics with Monte Carlo Coalescence, autorstwa Sylwestra Arabasa i Shin-Ichiro Shima, opublikowany został w wydawanym przez American Meteorological Society czasopiśmie *Journal of the Atmospheric Sciences*. W pracy tej przedstawiono wyniki symulacji procesów przemian aerozolu, kropli chmurowych i opadu w ciepłych chmurach konwekcyjnych strefy pasatowej. Studium to wiąże się z poprzednio omówionym poprzez przyjęte podejście do modelowania, polegające na opisie ewolucji widma kropeł w poruszających się elementach. Opis ten został włączony w trójwymiarową hydrodynamiczną symulację konwekcji. Jako istotny element nowości w tej pracy postrzegam zastosowanie opisu widma kropeł w postaci ciągłej, bez tradycyjnego podziału na frakcje czy też opisu poprzez momenty rozkładu. Ocena wkładu obydwu współautorów w stworzenie dzieła wskazuje na dominującą przewagę pracy Doktoranta w fazie analizy wyników i przygotowania publikacji, przy raczej zrównoważonej roli współautorów w przygotowaniu i realizacji eksperymentów.

Ponieważ omówione prace były już przedmiotem specjalistycznych recenzji, uwagę skupić wypada na pozostałych fragmentach rozprawy. Dokumentacja „libcloudph++ 0.1: single-moment bulk, double-moment bulk, and particle-based warm-rain microphysics library in C++” przedstawia skonstruowane oprogramowanie, które można uznać za praktyczną formę uwieńczenia wyników dotychczasowych prac Doktoranta w zakresie mikrofizyki ciepłych chmur. Celem tej części pracy było skonstruowanie przenośnego kodu komputerowego, z którego mogliby względnie łatwo korzystać inni badacze. Rozmiar potencjalnych zastosowań jest szeroki – można tu mieć na uwadze modele klimatu, numeryczne prognozy pogody, badawcze modele mniejszych skal przestrzennych. W opracowanym zestawie znalazły się dwa algorytmy oparte o metodę momentów oraz algorytm oparty na śledzeniu pseudocząstek reprezentujących zbiory cząstek (kropeł) o podobnych własnościach – zastosowany w drugim z omówionych wcześniej artykułów. Właśnie ten ostatni algorytm stanowi główną część pakietu; ponieważ obliczenia przy jego użyciu wymagają dużych zasobów mocy komputerowej, Doktorant stworzył implementację kodu dla systemów hybrydowych z wielordzeniowymi procesorami graficznymi (GPU), odseparowując przy tym fragmenty kodu specyficzne dla konkretnej architektury procesora od części opisującej podstawowy algorytm poprzez warstwę abstrakcji. Dzięki temu, programy wykorzystujące bibliotekę libcloudph++ mogą działać zarówno na maszynach wyposażonych w GPU, na platformach wieloprocessorowych z pamięcią współdzieloną (OpenMP), jak i na klasycznych jednostkach szeregowych. Przeprowadzone testy (rys. 10) wskazują na możliwość uzyskania kilkukrotnego wzrostu

wydajności obliczeń dzięki użyciu GPU, w stosunku do platformy OpenMP. W kontekście wspomnianych zastosowań, wynik ten może mieć zasadnicze znaczenie dla szerszego stosowania proponowanej metody, ponieważ jest ona przynajmniej o rząd wielkości bardziej czasochłonna od metod momentów.

Wprowadzenie do przedstawionych treści obejmuje cztery rozdziały, zbliżone swą formą do eseju. W pierwszym, zatytułowanym „Modelled phenomena” Doktorant przedstawia w dość pobieżnym zarysie podstawowe pojęcia mikrofizyki chmur; w drugim, pt. „Model formulation” - przedstawia uproszczoną klasyfikację modeli i na jej tle wyjaśnia usytuowanie swych prac. Trzeci rozdział, „Model implementation”, dotyczy przyjęcia postulatów dotyczących tworzenia kodu i sposobu jego upowszechniania, znajdujących odbicie w architekturze oprogramowania. Wreszcie czwarty rozdział omawia wybrane aspekty weryfikacji modeli mikrofizycznych. Całość wprowadzenia napisana jest w przystępny sposób; poszczególne jego fragmenty mogą się wydać niektórym czytelnikom nader oczywiste. Doktorant nie ustrzegł się tu w kilku miejscach dyskusyjnych sformułowań wartościujących („modern cloud physics”, „distant branches of science”, „just a few values per grid cell”) czy też nieścisłych zwrotów potocznych („supersaturation of the air with water vapour”). Lektura wprowadzenia pozostawia też pewien niedosyt co do przedstawienia bieżącego stanu wiedzy i kierunków badań. Mankamenty te nie umniejszają jednak merytorycznego znaczenia pracy.

W moim przekonaniu, komentarza wymaga przedstawiona w rozdziale 3 wprowadzenia ideologia tworzenia, udostępniania i upowszechniania oprogramowania naukowego. Powszechna praktyka, ukształtowana w ostatnich dekadach XX w., pozostawia w tej mierze dużo do życzenia; nader często obserwujemy wieloletnie funkcjonowanie słabo udokumentowanych prototypów, nierzadko też odtworzenie opublikowanych wyników przysparza sporych trudności. Jakkolwiek racje przedstawione przez Autora wydają się dość oczywiste, na drugiej szali leży kwestia nakładów czasu i kosztów poniesionych na tworzenie oprogramowania z zachowaniem odpowiednich standardów. Obserwując światowe trendy rozwoju wolnego oprogramowania i otwartego dostępu do wyników badań naukowych, można mieć nadzieję, że i ten sposób postępowania będzie się upowszechniać, a recenzowana praca do tego nurtu się przyczyni. Warto tu wskazać kilka kroków, w mojej opinii istotnych dla szerszego upowszechnienia dzieła:

- (i) stworzenie warstwy pośredniczącej dla wywołań z programów napisanych w języku Fortran, a także przykładowych programów wyjaśniających sposób korzystania z biblioteki, w tym języku;
- (ii) opracowanie procedur umożliwiających bezpośrednie wykorzystanie biblioteki w modelach społecznościowych (w szczególności WRF, CCSM/CAM);
- (iii) wykonanie przykładowych symulacji przy użyciu tych modeli.

W mojej opinii, przedstawiona praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim przez

obowiązującą ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. Wnoszę więc pełnym przekonaniem o dopuszczenie mgr Sylwestra Arabasa do dalszych czynności przewodu doktorskiego, proponując jednocześnie rozpatrzenie wyróżnienia pracy. W mojej opinii, przemawiają za tym następujące okoliczności:

1) Tematyka rozprawy dotyczy aktualnych, wciąż oczekujących pełnego wyjaśnienia problemów mikrofizyki chmur ciekłych – i wnosi w tym zakresie nowe rozwiązania. Warto wspomnieć, że ostatni raport IPCC (AR5) przypisuje niski stopień zaufania w modelowaniu klimatu już tylko jednej grupie czynników – procesom chmurowym i aerozolowym.

2) Wyniki zostały opublikowane w wiodących periodykach, przy czym wkład autorski Doktoranta można ocenić jako dominujący

3) Mimo krótkiego stażu, Doktorant posiada już znaczący dorobek publikacyjny

4) Docenić wypada przygotowanie i udostępnienie środowisku naukowemu oprogramowania o wysokim standardzie technicznym. Może to istotnie przyspieszyć zarówno dalsze prace w zakresie fizyki chmur, przyczynić się do polepszenia wyników modelowania klimatu i prognoz pogody, a także stanowić cenny materiał wzorcowy do wykorzystania przy tworzeniu oprogramowania naukowego

