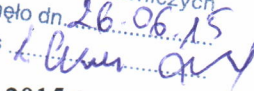


Dr hab. Jacek Piskozub
Instytut Oceanologii PAN
ul. Powstańców Warszawy 55
81-712 Sopot
email: piskozub@iopan.gda.pl

Dziekanat Wydziału Fizyki UW
Seksja ds. pracowniczych
Wpłynęło dn. 26.06.15
podpis 

Sopot, 17 czerwca 2015 r.

wróg 29 VI 2015


RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr Olgi Zawadzkiej

pt.: „Badanie własności optycznych aerozoli
na podstawie synergii obserwacji satelitarnych i pomiarów naziemnych”

Zdalne metody optyczne, w tym także satelitarne badania aerozolowej grubości optycznej, pozwalają na pokrycie większości kuli ziemskiej w stosunkowo krótkim czasie. Nie mają jednak takiej samej dokładności jak pomiary naziemne. Pozwala to z jednej strony na zwiększenie dokładności badań zdalnych poprzez porównanie ich z lokalnie mierzonymi (tzw. „ground truth”), a z drugiej na rozszerzenie obszaru badań naziemnych przez wykorzystanie pomiarów zdalnych. Powoduje to, że wybrany temat pracy doktorskiej mgr Olgi Zawadzkiej „*Badanie własności optycznych aerozoli na podstawie synergii obserwacji satelitarnych i pomiarów naziemnych*” jest zarazem obiecujący, a tytułowa synergia wydaje się bezsporna.

Praca wykonywana jest pod opieką dr hab. Krzysztofa Markowicza, w najlepszym moim zdaniem polskim ośrodku badań aerozolowym. Jestem członkiem zespołu z Instytutu Oceanologii PAN w Sopocie od lat współpracującego z Instytutem Geofizyki UW w dziedzinie badań aerozolu, co widoczne jest doskonale na mapce miejsc pomiaru (Rys. 4.2) w recenzowanej pracy. Dlatego, dla pełnej jawności, chciałbym zaznaczyć, że chociaż zapoczątkowałem pomiary aerozolowej grubości optycznej w IOPAN (wcześniej stosowaliśmy metody lidarowe i impaktorowe), jednak z badaniami opisanymi w dysertacji nie miałem bezpośrednio żadnego związku. Mgr. Olę Zawadzka rozpoznaję jako członka grupy z nami współpracującej ale przed otrzymaniem pracy do recenzji nie wiedziałem czego konkretnie dotyczyły jej badania. Pozwala mi to patrzeć na ich wyniki świeżym okiem i bez pozytywnego lub negatywnego stosunku emocjonalnego. Niniejsza recenzja jest efektem tego właśnie spojrzenia.

Praca jest napisana poprawnym językiem umożliwiającym jej przyjemne czytanie. O dziwo nieco trudniejsze w czytaniu są streszczenie na początku i wnioski na końcu, sprawiające wrażenie tłumaczonych z języka angielskiego (co w przypadku wstępu jest zrozumiałe gdyż jest on dwujęzyczny – czyżby istniała też angielska wersja Wniosków?). Jako przykład zacytuję początek jednego ze zdań z Wniosków, jakby stworzona do przetłumaczenia na angielski: „Ponieważ wyznaczona dla dnia referencyjnego wartość współczynnika refleksyjności podłoża jest wykorzystywana do wyznaczania rozkładu przestrzennego AOD [...]”. Już w streszczeniu (w wersji polskiej) razi też używanie nigdzie w nim nie zdefiniowanych terminów „bias” (jak rozumiem różnica pomiędzy wartościami pomiarów dwoma przyrządami), czy rms (o którym więcej dalej) oraz wymienne używanie terminów refleksyjność i współczynnik odbicia (tekst naukowy powinien dla jednej wielkości używać jednej nazwy).

Układ recenzowanej pracy jest w ogólnym zarysie dość klasyczny. Z pięciu rozdziałów merytorycznych (czyli rozdziałów od 2 do 6, gdyż Wstęp i Podsumowanie są także numerowane jako rozdziały), dwa są opisem zastanego stanu wiedzy oraz metodologii i wykorzystywanych sensorów satelitarnych, zaś trzy opisują wykonane badania. Jednak dziwi stosunek ilościowy obu tych części: teoria i metodologia zajmują praktycznie połowę objętości pracy jeśli dołączyć do nich szereg przynależnych im dodatków umieszczonych na końcu. Nie wynika to jednak z braku wyników, a raczej nadmiaru teorii, gdyż praca liczy łącznie 172 strony (a po odliczeniu bibliografii i spisów rysunków, tabel, skrótów i symboli pozostają 142 strony).

Większość tego nadmiaru teorii mieści się w Rozdziale 2, pt.: „Problem odwrotny w zagadnieniach teledetekcyjnych”. Treść rozdziału, na szczęście zresztą, nie wyczerpuje obiecanego tytułem tematyki (nie obejmuje np. teledetekcji aktywnej). Rozdział ten, długości 26 stron, jest i tak „przegadany”, niepotrzebnie opisując szereg metod w ogóle nie używanych w pracy. Długa sekcja o metodach odwrotnych, w tym o rozwiązywaniu problemów źle postawionych służy jednemu zacytowaniu w dalszej części pracy. Podrozdziały o metodach Bayesa, czy równaniu Fredholma pierwszego rodzaju (gdzie jako przykład podane jest wyliczanie aerozolowej grubości optycznej z teorii Mie) nie służą w pracy absolutnie niczemu. Trochę lepiej jest już z dalszymi podrozdziałami, o transferze radiacyjnym i (wybranych) sposobach jego przybliżonego rozwiązywania. Jednak, nie najlepiej bo z 93 numerowanych wzorów rozdziału 2 w dalszej części pracy wykorzystane są jedynie dwa: wzór (2.67) funkcji fazowej Henyeya-Greensteina (wykorzystany później raz) oraz wzór (2.70) współczynnika Ångströma (za to aż osiem razy!)

Trzeba tu dodać, że ta ilość informacji nie przeszła w jakość. Rozdział zawiera wiele błędów (o czym za chwilę), a cytowania są tak rzadkie, że nie sposób dojść do źródeł poszczególnych wzorów. Sytuację pogarsza jeszcze dość w sumie miła maniera cytowania pierwotnego autora danej metody. Np. metoda iteracyjna Newtona ma jako cytowanie „Newton, 1671”, natomiast postać wzorów jest macierzowa, o co trudno posądzać Isaaka Newtona. Natomiast metoda Bayesa ma cytowanie „Bayes, 1958”, prawie 200 lat po śmierci jej autora (prawdopodobnie reprint). W obu przypadkach są to cytaty całkowicie nieprzydatne do np. sprawdzenia wzorów. Niektóre udało mi się znaleźć w dostępnych w Internecie materiałach do wykładów i dlatego ciekaw byłbym czy było to źródło doktorantki czy też ich autorzy korzystali z tych samych (mi niestety niedostępnych) podręczników. Na przykład znalazłem źródło zawierające wzory (2.54 – 2.57) w tej samej kolejności i z tym samym brakiem logiki w wyborze zmiennych całkowania funkcji fazowych, z tym że doktorantka dodała jeden dodatkowy błąd zamieniając minus na przecinek w ostatnim cosinusie wzoru (2.56).

Inne błędy, jakie znalazłem w tym rozdziale to:

- Funkcja kosztu (wzór 2.6) powinna być funkcją x , tzn. $J(x)$, aby było wiadomo co minimalizujemy.
- Albedo pojedynczego rozpraszania i funkcja fazowa pojawiają się we wzorze (2.52) przed ich zdefiniowaniem (na szczęście chociaż nazwy są wyjaśnione pod wzorem).
- B w tym samym wzorze to nie „energia emitowana przez Słońce”, a energia cieplna emitowana przez jednostkową objętość atmosfery (uśredniona po 4π) – po co w ogóle ten człon jeśli rozważa się w pracy tylko promieniowanie krótkofalowe?
- Wzór (2.50) nie jest funkcją Chapmana, a raczej receptą jego wyliczania dla uproszczonego przypadku atmosfery o stałej temperaturze, zresztą też z błędami (funkcja ma po lewej stronie parametr formalny R nie używany po prawej stronie, a promień Ziemi w kwadracie występuje pod pierwiastkiem dwa razy, raz zapewne w zastępstwie wysokości h (jest to po prostu znany z geometrii tzw. wzór cosinusów)¹.
- Wielkość oznaczona przez m we wzorach (2.62) i (2.68) jest zupełnie niepotrzebna. Nawiasem mówiąc nie jest to identycznie oznaczony współczynnik załamania (nazwany w pracy „współczynnikiem refrakcji” występujący wyżej we wzorach (2.44 do 2.48). Tego oznaczenia brak też w Spisie Symboli na końcu pracy.
- Funkcje fazowe Henyeya-Greensteina nie są „przybliżeniem” (str. 31), a rodziną funkcji o ciekawych własnościach matematycznych mających pierwotnie służyć do opisu pola światła

¹ Przegląd funkcji używanych do obliczania masy optycznej atmosfery znaleźć można np. w Rapp-Arrarás, Í., and J. M. Domingo-Santos (2011), Functional forms for approximating the relative optical air mass, J. Geophys. Res., 116, D24308, doi:10.1029/2011JD016706

w Galaktyce.

- Odwracanie macierzy kwadratowej jest możliwe nie wtedy gdy nie jest ona macierzą jednostkową (stwierdzenie ze strony 25), ale wtedy gdy nie jest osobliwa (ma wyznacznik różny od zera).
- Wartości osobliwe macierzy we wzorach (także do niczego nie użytych w doktoracie) na ilość stopni swobody i entropię Shannona oznaczone są symbolem „lambda” zwykle stosowanym dla wartości własnych. Skąd te wzory (tu też nie ma żadnych cytatów)?

Podsumowując, gdyby rozdział ten zawierał jedynie informacje przydatne w dalszej części doktoratu byłby o wiele krótszy i logiczniejszy co zresztą pozwoliłoby uniknąć wiele błędów w niepotrzebnie bardzo szerokim tematycznie materiale. Można było go przecież połączyć z kolejnym, w jeden rozdział metodyczny (przy okazji przenosząc do niego fragmenty metodyczne niepotrzebnie pozostawione w późniejszych rozdziałach).

Kolejny, trzeci rozdział pracy (merytorycznie drugi) pt.: ”Metody satelitarne w badaniach optycznych własności aerozolu atmosferycznego” jest, jak sama jego nazwa wskazuje, kontynuacją opisu metodologii. Oceniam go jako znacznie lepiej napisany niż poprzedni. W istocie, wiele się z niego dowiedziałem o sensorach używanych w pracy, mimo że znane mi oczywiście były od lat. Nie rozumiem jedynie czemu sensory niedziałające od lat są opisywane w czasie teraźniejszym i w tekście nie podano żadnej informacji o zasięgu czasowym danych z tych przyrządów. I tak PARASOL, który w tekście „mierzy radiancję oraz polaryzację”, został wyłączony w grudniu 2013 r.. SeaWiFS, który „posiada 8 kanałów spektralnych” zakończył żywot w 2010 roku (i był opłakiwany przez optyków morza, do których należę). Aktualność opisu zestawu satelitów A-Team w tekście to rok 2009. Od tego czasu opuścił go PARASOL (przebywający przed wyłączeniem 4 lata na niższej orbicie), a doszły OCO-2 oraz GCOM-W1 "SHIZUKU". Jest to prawdopodobnie spowodowane poleganiem na (tym razem bogato podawanych) cytowanych artykułach o poszczególnych sensorach, pochodzących oczywiście z okresu gdy satelita był na orbicie lub nawet wcześniejszych. Wyjątkiem w tym dobrym cytowaniu jest tylko pierwszy podrozdział „Główne problemy teledetekcji satelitarnej aerozolu atmosferycznego”, w którym nie ma ani jednego cytowania. Jest to niepoprawne, gdyż oczywiście powinien to być przegląd literatury (i zapewne jest ale nie podanej czytelnikowi). Z drobniejszych uchybień zauważyłem w tym rozdziale jedynie dwa:

- W opisie AVHRR podano, że „Własności optyczne oceanu opisywane są z wykorzystaniem definicji powierzchni Fresnela (Gordon and Wang, 1992), a prędkość wiatru przyjęta została jako równa 7 m/s.”. To straszne uproszczenie, tak naprawdę oznaczające, że używany jest

rozkład nachyleń powierzchni morza Coxa i Munka (1954), parametryzowany prędkością wiatru (dość powszechna praktyka w optyce morza sam tak parametryzuje powierzchnie w swoim kodzie Monte Carlo).

- W rozdziale tym wraca namiętnie używana w doktoracie wielkość oznaczona rms. Jest to skrót myślowy gdyż rms oznacza „*root mean square*” (średnią kwadratową), natomiast używana wielkość to pierwiastek z błędu średniokwadratowego czyli „*root-mean-square deviation*”, inaczej „*root-mean-square error*”. Słowo *error* (lub *deviation*) nie powinno być pomijane, zatem powinien to być rmse, nie rms.
- Tu wspomnę jeszcze o drobnej pomyłce z jednego z dodatków, tematycznie związanych z rozdziałem, gdzie doktorantka twierdzi, że „pozycję satelity geostacjonarnego można obliczyć korzystając z III prawa Keplera”. Proponowałbym raczej porównać siły na niego działające. Samo prawo Keplera (proporcjonalność kwadratów okresów i sześciątów wielkich półosi orbit) wymaga dla wyznaczenia orbity satelity geostacjonarnego danych dodatkowych, np. parametrów orbity Księżyca (tego przez duże K), co byłoby oryginalną, ale raczej mało praktyczną, metodą obliczeń orbity geostacjonarnej².

Te uwagi nie zmieniają faktu, że uważam rozdział trzeci za ogólnie dobrze napisany i zawierający informacje przydatne w dalszej części pracy.

W tym miejscu recenzji jesteśmy na stronie 55 doktoratu na początku trzech rozdziałów przedstawiających wyniki badań. Dwa z nich, czyli czwarty i piąty przedstawiają stworzone przez doktorantkę algorytmy (w kilku wersjach), łączące dane z satelity stacjonarnego, z satelitów na niskich orbitach polarnych, oraz modele transportu, a następnie ich walidację. Ostatni, szósty rozdział zajmuje się związkami między wartościami pomiarów i aerozolowej grubości optycznej (AOD) w Warszawie i okolicach oraz koncentracji cząstek aerozolu (PM10). Taka kolejność uzasadniona jest w pracy, moim zdaniem mało przekonująco, przydatnością dla przedstawionej wcześniej metody interpolacji. Gdyby kupić to wyjaśnienie bez zastanowienia, rozdział 6 niewiele wniósłby do pracy ze względu na charakter uzyskanych wyników, nie specjalnie pomagających w walidacji algorytmu wyliczania AOD z danych satelitarnych (o czym za chwilę). Jednak zapoznanie się z publikacjami doktorantki (lista zamieszczona jest w wstępie do pracy) wskazuje wyraźnie, że prace nad AOD w Warszawie prowadzone były równolegle, jeśli nawet nie wcześniej od prac nad algorytmem. Dlatego uważam, że rozdział ten należy oceniać w oderwaniu od przydatności dla algorytmu, jako samodzielną część dysertacji i dlatego recenzuję go, wbrew układowi pracy, przed

² Nawiasem mówiąc stałą GM (iloczyn masy ziemi i stałej grawitacji), potrzebną do wyliczenia orbity, znamy ze znacznie większą dokładnością niż jej czynniki (dziesięć miejsc znaczących wobec czterech dla G), właśnie dzięki możliwości pomiarów orbit satelitów.

rozdziałami 4 i 5. Zamianę kolejności uzasadnia także to, że wyniki dwu poprzednich prawie nie są wykorzystane w tym rozdziale, z wyjątkiem jednego miejsca (rys. 6.16), i to praktycznie bez komentarza, natomiast rozdziały 4 i 5 korzystają z wyników „warszawskich” przy walidacji algorytmów, co powoduje że, przynajmniej moim zdaniem, kolejność w której recenzuję rozdziały jest o wiele bardziej „naturalna”.

Rozdział 6, noszący tytuł „Badanie zmienności przestrzennej AOD w rejonie aglomeracji warszawskiej” zajmuje się porównaniem wyników pomiarów „naziemnych” AOD i koncentracji PM10 z wynikami satelitarnymi. Można nawet podejrzewać, że to właśnie miało być pierwotnie tytułową synergią. Dla zbadania wpływu aglomeracji na wartości AOD porównano wyniki z różnych miejsc w Warszawie oraz pomiarami z okolic miasta (oczywiście w Belsku) oraz satelitarnymi pomiarami AOD. Wykonano solidną analizę, z wykorzystaniem wstecznych trajektorii, korelacji wszystkiego z wszystkim i kilku statystycznych miar podobieństwa wyników (większość prezentowanych w nim wyników została opublikowana w artykule Zawadzka i inni 2013 w Atmospheric Environment). Jednak w kontekście synerгии, wyniki prawdopodobnie rozczarowały doktorantkę. Grubości optyczne mierzone w Ursusie nie różniły się istotnie od tych z centrum Warszawy, a dane z Belska od danych warszawskich. Pomiary koncentracji aerozolu korelowały się słabo z AOD w krótkiej skali czasu, a anty-korelowały się w skali roku w wyniku odmiennego cyklu rocznego (zwiększone źródła oraz inwersje temperaturowe w zimie powodują maksimum roczne koncentracji aerozolu w warstwie granicznej nad miastem, podczas gdy cała kolumna atmosfery ma mniejszy ładunek aerozolu niż w innych porach roku). Autorka cytuje prace pokazujące, że w innych aglomeracjach uzyskano podobne wyniki (Chubarova i inni 2011 dla braku różnic wartości AOD wokół Moskwy oraz Filip i Stefan 2011 dla braku korelacji koncentracji i AOD w Bukareszcie i Leicester). Stwarza to wątpliwość po co w ogóle rozpoczęto podobne badania dla Warszawy? Łatwo jednak na to odpowiedzieć jeśli się zauważy, że pomiary przedstawione w doktoracie, ewidentnie służące w swym zamyśle porównaniu wartości AOD w różnych dzielnicach Warszawy rozpoczęte zostały przed rokiem 2011, a wyniki tego rozdziału opublikowano w artykule naukowym w 2013 roku. Badania te były zatem wykonywane równolegle do analogicznych prac w Moskwie i Bukareszcie. Element nowości jest tu zatem jak najbardziej zachowany. Także negatywne wyniki (nie mylić z brakiem wyników) nie deprecjonują w żaden sposób przeprowadzonych badań (choć często są trudniejsze do opublikowania). Dlatego uważam rozdział 6 za solidną część pracy doktorskiej. Nie zmienia to faktu, że i tu da się znaleźć kilka dyskusyjnych miejsc:

- Podane na stronie 98 przyczyny powstawania miejskich wysp ciepła nie uwzględniają

najnowszych wyników, podkreślających kluczową rolę szorstkości powierzchni, czyli bezpośredniego wpływu topografii miasta na turbulencję w atmosferze, a zatem na strumienie ciepła (Zhao i inni 2014, doi:10.1038/nature13462).

- Tabela 6.3 podaje jako osobną kategorię dni z silną inwersją gdy pionowy gradient temperatury w najniższych 200 m atmosfery wynosił ponad 5 K na 100 m. Ile było takich przypadków? Jak i gdzie mierzono ten gradient? Podejrzewam, że w Legionowie, a jeśli tak to na ile prawdopodobne jest, że był on podobny nad wyspą ciepła jaką jest zima Warszawa?
- Dane o emisjach zanieczyszczeń w Warszawie (str. 99) nie mają źródła – można domniemywać, że jest ono takie samo jak w Tabeli 6.1 z następnej strony, ale czemu trzeba to zgadywać?
- Podobnie Tabela 6.4 o częstotliwościach kierunków wiatru w Warszawie nie ma żadnego źródła, ani podanego miejsca pomiaru.
- Podsumowanie rozdziału zawiera nowe dane (Rysunki 6.17 i 6.18) i ich omówienie. Powinny się one znaleźć w poprzednich częściach rozdziału.

Uwagi te, głównie natury redakcyjnej, nie podważają jednak w wartości naukowej wyników przedstawionych w Rozdziale 6.

W tym miejscu wracam do poprzednich dwóch rozdziałów (4 i 5), które omówię łącznie. Opisują one zestaw algorytmów (autorka mówi o dwóch ale mają one kilka wariantów, w zależności od tego jakie dane używane są w nich) do obliczania aerozolowej grubości optycznej z danych czujnika SEVIRI umieszczonego na satelicie geostacjonarnym, z użyciem danych z innego dnia (tzw „dnia referencyjnego”) z czujnika satelity na orbicie biegunowej lub modelu transportu aerozolu do korekty albedo powierzchni. W jednej z wersji używana jest gotowa mapa typów powierzchni na terenie Polski. Wyniki dodatkowo korygowane są na podstawie pomiarów naziemnych wartości AOD. Algorytm wykorzystuje model transferu promieniowania w atmosferze 6S.

Mapa typów pokrycia powierzchni Polski używana do tzw. wersji 2-kanalowej algorytmu (Rys. 4.5) wzbudza pewne moje wątpliwości mimo pochodzenia z danych renomowanej amerykańskiej agencji rządowej. Dlaczego praktycznie całe Niemcy Wschodnie i Okręg Kaliningradzki pokryte są lasami, podczas gdy Polska i Białoruś jedynie sporadycznie (na mapie nie widać nawet Puszczy Białowieskiej)? Czy rzeczywiście Pomorze pozbawione jest prawie lasów podczas gdy zagłębie sadowe na południowy-wschód od Warszawy stanowi największy w Polsce zespół lasów mieszanych? I czy dobrze mi znane Lasy Oliwskie naprawdę stanowią największy w Polsce zespół lasu liściastego? Wydaje mi się, że jakość tej mapy jest jednym z ważniejszych powodów dla

których wykorzystującą go metoda 2-kanałowa konsekwentnie ma gorsze wyniki niż metoda 1-kanałowa. Nie obarczam tu mgr Zawadzkiej odpowiedzialnością za tę mapę ale za nadmierną ufność do publikowanych danych.

Rozdział 4 jest rozwiniętą wersją opublikowanego wcześniej artykułu z czasopisma Remote Sensing (Zawadzka i Markowicz 2014). W wyniku tego rozdział ten jest nadmiernie „samodzielny”, zawierając opisy metody oraz czujników które powinny być umieszczone odpowiednio w rozdziałach 2 i 3.

Jednak oprócz tych wad (jednej pochodzącej z używanej literatury, a drugiej redakcyjnej) rozdziały 4 i 5 wydają mi się bardzo mocne. Algorytm (szczególnie 1-kanałowy) zbudowany jest w sposób przekonywający i dobrze opisany, a jego walidacja wykonana wręcz wzorowo. Wydaje mi się, że powstało w ten sposób cenne narzędzie umożliwiające wyznaczanie AOD nad Polską (i nie tylko nad Polską) w sposób znacznie bardziej systematyczny niż pozwalają na to dane z satelitów na orbicie polarnej. Mam nadzieję, że będzie ono używane nie tylko przez doktorantkę i jej promotora.

Praca kończy się Wnioskami (czyli rozdziałem 7), bogatą bibliografią, spisami rysunków, tabel, symboli oraz szeregiem dodatków. Jest to zatem okazja i dla mnie do podsumowania całości. Uważam, że najważniejszym problemem recenzowanej dysertacji jest zła jej redakcja. Rozdziały metodyczne rozbudowane są o niepotrzebny materiał z dziedzin w których mgr Zawadzka ewidentnie nie czuła się najmocniej. Rozdziały „merytoryczne” umieszczone są w pracy w kolejności odwrotnej do tej w jakich były publikowane w czasopismach ich wczesne wersje, co utrudnia docenienie ciekawej moim zdaniem analizy danych „wokółwarszawskich”, sprzedanej w pracy doktorskiej jako coś w rodzaju dodatku do walidacji modelu. Przyznam, że spowodowało to, iż zastanawiałem się nad użyciem przepisu z rozporządzenia ministerialnego, mówiącego, że *„Recenzja może zawierać wnioski dotyczące uzupełnienia lub poprawy rozprawy doktorskiej”*. Ponieważ jednak moje wnioski dotyczyłyby jedynie usunięcia niepotrzebnego materiału (większość moich uwag dotyczy właśnie jego) i pewnego przeredagowania pozostałego, bez dopisywania nowego, myślę że jedynie przedłużyłoby to niepotrzebnie przewód doktorski, jako że łatwo dokonać sobie tej procedury „wirtualnie”. Praca byłaby dzięki temu lepsza ale moja konkluzja i tak nie zmieniałaby się. Uważam, że praca zawiera solidną analizę związków pomiędzy wartościami AOD i koncentracji aerozolu w rejonie Warszawy (to, że wyniki nie potwierdziły istnienia „synergii” pomiędzy tymi parametrami nie jest wada pracy) oraz przedstawia bardzo ciekawy i pożyteczny algorytm wyznaczania AOD z danych satelitarnych przy pomocy dodatkowych

dostępnych danych z innych satelitów, modeli i pomiarów naziemnych oraz przedstawia przekonywującą jego walidację. Mimo swoich wad redakcyjnych jest to praca, spełniająca wszystkie warunki jakie stawiamy formalnie i nieformalnie pracom doktorskim, a przede wszystkim jest nowatorska i użyteczna.

To stwierdziwszy, mogę przejść do oficjalnej konkluzji:

Rozprawa przedstawiona do recenzji spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim w świetle obowiązujących przepisów. Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Na zakończenie chciałbym życzyć doktorantce dalszych sukcesów w prowadzonych badaniach i karierze zawodowej.

Z poważaniem

J. Piskozub

/Jacek Piskozub/