

Dr hab. Jarosław Chormański, prof. nadzw. SGGW
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Katedra Inżynierii Wodnej
Zakład Hydrologii i Zasobów Wodnych
Ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Sakowskiej pt.

„On the assessment of carbon dioxide fluxes and spectral characteristics of
selected terrestrial ecosystems

Ocena strumieni ditlenku węgla i charakterystyk spektralnych wybranych
ekosystemów lądowych”

Recenzję opracowano na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, prof. dr hab. inż. Jolanty Komisarek.

1. Wstęp

Praca doktorska mgr inż. Karoliny Sakowskiej została przygotowana w Katedrze Meteorologii Wydziału Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pod kierunkiem dr hab. Radosława Juszcza oraz dr Damiano Gianelle z Katedry Sustainable Agro-ecosystems and Bioresources, Fondazione Edmund Mach, Włochy. Rozprawa napisana jest w języku angielskim i poprzedzona obszernym streszczeniem w języku polskim. Rozprawę dokumentuje cykl trzech spójnych tematycznie recenzowanych publikacji, których kwintesencję przedstawiono na pierwszych 51 stronach tekstu rozprawy doktorskiej. W tekście tej części zwanej dalej częścią pierwszą rozprawy doktorskiej Autorka zamieściła 5 tabel i 11 rysunków oraz liczący 110 pozycji spis wykorzystanej literatury obejmujący prace zamieszczone w liczących się czasopismach naukowych. Około 50% cytowanych prac zostało opublikowanych po 2006 roku. Wykorzystana literatura jest silnie związana z treścią pracy. Część druga pracy obejmuje około 100 stron na których przedstawiono pełny tekst 3 publikacji oraz deklaracje udziału autorskiego. Wszystkie trzy publikacje zostały opublikowane lub zaakceptowane do druku. Wszystkie trzy posiadają współczynnik wpływu (IF) i znajdują się w Journal Citation Report (JCR). Z deklaracji udziału autorskiego współautorów bez najmniejszych wątpliwości wynika, że kluczową rolę w ich opracowaniu a tym samym również w przeprowadzonych badaniach miała Autorka rozprawy doktorskiej.

2. Opis pracy

Rozprawa jest poświęcona możliwości zastosowania naziemnych pomiarów spektralnych prowadzonych w sposób ciągły do monitoringu parametrów biofizycznych i produktywności ekosystemów naturalnych. Część pierwsza pracy jest podzielona na 5 rozdziałów, o zróżnicowanej objętości: rozdział 1 – wstęp, rozdział 2 – główne cele rozprawy, rozdział 3 – teren badań, zastosowane dane, źródła i metodyka zastosowana w pracy z podziałem na opis metody kowariancji wirów oraz pomiarowych metod teledetekcyjnych i statystycznych, rozdział 4 – przegląd głównych wyników i ich dyskusja, rozdział 5 –

wnioski i rekomendacje. Ostatni nienumerowany rozdział zawiera spis wykorzystanej literatury dobranej właściwie i zgodnie z tematem Rozprawy.

Właściwie można traktować część pierwszą Rozprawy jako jej główną część, a pozostałe 100 stron jak załączniki do niej. Można też podejść do pracy zupełnie inaczej – część pierwsza można rozumieć jako streszczenie części głównej jaką są 3 publikacje wyczerpujące pełny zakres merytoryczny pracy. Moim zdaniem taka forma pracy jest niewłaściwa. Praca powinna być jednolita a trzy publikacje powinny stanowić trzy rozdziały pracy w których wyraźnie zaznacza się, że opracowano je na podstawie wydrukowanych lub przyjętych do druku publikacji. W recenzji odchodzę więc czasem od standardowego opisu zawartości pracy rozdział po rozdziale, posiłkując się „załącznikami” gdyż nie jest dla mnie do końca jasne czy publikacje są rozdziałami czy nie a poza tym są one już opisane w części pierwszej.

Celem recenzowanej pracy doktorskiej było wykazanie, że spektralne charakterystyki pomierzone na stacji w sposób ciągły mogą znaleźć zastosowanie do monitoringu parametrów biofizycznych i oceny produktywności ekosystemu. Cel ten został ogólnie przedstawiony w pierwszej części pracy w rozdziale drugim. Rozdział ten jest moim zdaniem jednak zbyt mocno dedykowany opisowi zakresu pracy z którego wynikają cele szczegółowe, których brak w postaci jednoznacznego wykazu punkt po punkcie jest widoczny. Spójny i aktualny przegląd literatury przedstawiono w rozdziale 1 oraz w każdej z załączonych publikacji.

Podstawowy cel poznawczy Autorka realizuje poddając analizie ciągi wartości spektralnych w postaci współczynnika odbicia promieniowania słonecznego mierzonych w sposób automatyczny na stacji wyposażonej w system do pomiarów kowariancyjnych strumieni ditlenku węgla na obszarze subalpejskiej łąki zlokalizowanej w okolicy Monte Bondone, w Prowincji Trydent we Włoszech. Obszar badań Autorka opisuje również pokrótce w rozdziale 3 części pierwszej. Opis obszaru badań powtórzony jest jeszcze dwukrotnie w Publikacjach nr 1 i 3. W rozdziale 3 Autorka opisuje na początku metodykę pomiarów kowariancyjnych i pomiarów współczynnika odbicia promieniowania (reflektancji) wykonywanej w średniej rozdzielczości spektralnej (multiaspectral) odnosząc się do możliwości zastosowania komercyjnie produkowanych czujników (również Publikacja 1). Następnie zwiększając rozdzielczość spektralną do bardzo wysokiej (hyperspectral) opisuje funkcjonowanie zaprojektowanego i zbudowanego na bazie ASD FS przyrządu pomiarowego oraz pokazuje możliwości praktycznego zastosowania w monitoringu. Kolejny podrozdział poświęca na opis metodyki określania parametrów biofizycznych roślin oraz modeli statystycznych opisujących ich związek ze wskaźnikami roślinnymi Vis. W rozdziale czwartym Autorka wskazuje na silne związki statystyczne pomiędzy współczynnikiem odbicia i parametrami biofizycznymi roślin implikujące dwa główne obszary praktycznego zastosowania swojej pracy w monitoringu siedlisk naturalnych: uzupełnianie ciągów pomiarowych oraz ich ekstrapolacji przestrzennej punktowych pomiarów ze stacji z wykorzystaniem reflektacji zarejestrowanej na obrazach satelitarnych. Swoje wyniki Autorka prezentuje w trzech chronologicznych etapach, które przedstawiła w trzech publikacjach realizując w nich cele pośrednie.

Kolejność zaplanowanych zadań badawczych oceniam bardzo dobrze. Opisując je w strukturze załączonych publikacji - pierwszym krokiem (Publikacja nr 1) wykonywanych prac i pierwszym zadaniem badawczym było przetestowanie i wykazanie przydatności do monitoringu produkcji brutto ekosystemu (GEPm) komercyjnego systemu o średniej rozdzielczości CROPSCAN. Autorka wykazała istnienie potencjału do wykorzystania tego systemu do uzupełniania ciągów GEPm. Ogólnie ta część pracy oceniam bardzo dobrze, zarówno metodyka dobranych narzędzi analitycznych jak i uzyskane wyniki. Publikacja nr 2 opisuje budowę i działanie hiperspektralnego systemu ASD-WhiteRef zaprojektowanego i skonstruowanego przez Autorkę. Chciałbym z uznaniem odnieść się do rozmachu całego

przedsięwzięcia, a w szczególności do konstrukcji aparatury pomiarowej i logistyki wykonywania pomiarów. System pomiarowy ASD-WhiteRef stworzony został w sposób umożliwiający ciągłe, automatyczne i długoterminowe pomiary hiperspektralne. Tą część pracy oceniam jeszcze lepiej. Nowatorskość tego zadania wymagała współpracy ze specjalistami z różnych dziedzin mających już doświadczenie w tego typu pomiarach. Nie dziwi więc aż 9 współautorów tej publikacji. Na uwagę zasługuje również fakt, że powstał system umożliwiający wykonywanie ciągłych pomiarów spektralnych w zakresie pasma SWIR, które nie ma wielu odpowiedników na świecie do monitoringu ekologicznego. Celem ostatniego artykułu stanowiącego kontynuację publikacji nr 2 było przedstawienie wyników zastosowań systemu ASD-WhiteRef do monitoringu biofizycznych parametrów pokrywy roślinnej, tj. zawartości chlorofilu w pokrywie roślinnej (CCC), frakcji energii fotosyntetycznie aktywnej absorbowanej przez pokrywę roślinną (FAPAR) oraz frakcji energii fotosyntetycznie aktywnej akumulowanej jedynie przez fotosyntetyzującą część pokrywy roślinnej (GFAPAR). Dane hiperspektralne i obliczone na ich podstawie wskaźniki teledetekcyjne roślinności wykorzystane zostały do symulacji pasm spektralnych satelity Sentinel-2, co umożliwiło następnie porównanie dokładności oszacowania parametrów biofizycznych pokrywy roślinnej przy wykorzystaniu obu typów danych (hiperspektralnych - obejmujących współczynniki odbicia promieniowania w zakresie widma słonecznego oraz multispektralnych - obejmujących współczynniki odbicia dla 12 kanałów satelity Sentinel-2). Praktyczne znaczenie tej części pracy do oceniam jako bardzo duże z uwagi na coraz większą dostępność danych satelitarnych. Na pewno temat ten wymaga dalszych badań w tym kierunku z czym w pełni zgadzam się z Autorką.

Do zrealizowania swojego głównego celu pracy Autorka wykorzystuje dwa typy modeli statystycznych opisujących zależności pomiędzy GEPm, CCC, FAPAR, GFAPAR i spektralnymi wskaźnikami roślinnymi (VIs) obliczonymi na podstawie reflektancji mierzonej w rozdzielczości spektralnej systemu CROPSCAN oraz satelity Sentinel-2 a mianowicie model regresji liniowej model regresji wielorakiej, oraz trzeci model - metodę regresji metodą cząstkowych najmniejszych kwadratów (PLSR) wykorzystanej jedynie do estymacji CCC i GFAPAR w zakresie pełnego widma światła słonecznego uzyskanych na podstawie pomiarów wykonanych systemem ASD-WhiteRef. Przeprowadzone analizy wykazały, że sezonowe zależności pomiędzy GEPm oraz biofizycznymi parametrami pokrywy roślinnej a VIs, opartymi na współczynniku odbicia ze skrajnej części widma w paśmie czerwonym (tzw. red-edge), są najsilniejsze. Jako miarę jakości modelu zastosowano skorygowane współczynniki determinacji ($adjR^2$) uzyskując z modelu regresji liniowej dla GEPm, CCC i GFAPAR wynosiły odpowiednio 0.74 (z NDVIred-edge jako zmienną objaśniającą), 0.86 (z CIred-edge jako zmienną objaśniającą) i 0.78 (z CIred-edge jako zmienną objaśniającą). Wykorzystanie modeli regresji wielorakiej, nie pozwoliło uzyskać poprawy wyników. Również użycie modelu PLSR wykorzystującego wartości reflektancji w pełnym zakresie widma słonecznego nie doprowadziło do znaczącej poprawy dokładności oszacowania CCC oraz GFAPAR. Uzyskane wyniki mierzone wartościami miar jakości modeli można uznać za zadowalające dla ekosystemu naturalnego. Z praktycznego punktu widzenia są bardzo obiecujące. Jeśli VIs, lub współczynniki odbicia dla precyzyjnie określonych przedziałów długościach fal umożliwiają uzyskanie wystarczająco dokładnej informacji na temat sezonowych zmian produkcji brutto oraz biofizycznych charakterystyk pokrywy roślinnej to istnieją przesłanki dla rekomendacji relatywnie tanich czujników multispektralnych w sieciach monitoringu charakterystyk biofizycznych roślinności. Jest to również silnie akcentowany wniosek stawiany przez Autorkę w 5 rozdziale części pierwszej. Pozostałe wnioski są sformułowane poprawnie i jasno ujmują kluczowe wyniki pracy, uzyskane w każdym z analizowanych etapów badań. W końcowych rekomendacjach szczególnie cenna wydaje się ta o dalszych badaniach nad wskaźnikami roślinnymi obliczanymi w paśmie

SWIR, które wprost wynikają z nowatorskiego narzędzia badawczego jakim jest niewątpliwie ASD-WiteRef.

Zastosowana metoda prezentacji wyników w poszczególnych etapach pracy (publikacjach) jest przeważnie adekwatna dla realizacji założonego celu i przejrzysta dla czytelnika. W części pierwszej można poczynić jako uwagę brak wystarczających objaśnień na rysunku 8 aby był on zrozumiały bez konieczności sięgania po Publikacje nr 2 (w którym część objaśnień podano na rysunku wcześniejszym nieprezentowanym w części 1 Rozprawy). Jednocześnie chciałbym zauważyć że nie mam zastrzeżeń do poszczególnych części metodyki zastosowanej w pracy na każdym etapie opracowania. Uzyskanie zadowalających wyników należy uznać za sukces Autorki, możliwy dzięki silnemu wsparciu opiekunów naukowych i zespołu, w którym Autorka realizowała zadania badawcze.

3. Ocena poziomu naukowego pracy

Rozprawa podejmuje bardzo ważny problem z zakresu ochrony i kształtowania środowiska, którym jest obliczanie wielkości strumieni CO₂ dla wybranych ekosystemów łąkowych przedstawiając to znane zagadnienie w koniunkcji z bardzo nowatorskim określeniem charakterystyk spektralnych.

Wykazanie, że aby uzyskać wiarygodne związki statystyczne pomiędzy parametrami biofizycznymi a wskaźnikami roślinności nie trzeba ani konstruować skomplikowanych modeli statystycznych ani wykorzystywać bardzo drogich systemów pomiarowych jest obiecującym wynikiem pracy o dużym znaczeniu praktycznym. Wiedza ta może stać się naukową podstawą do ich przestrzennej ekstrapolacji na podstawie danych satelitarnych co zostało udowodnione w Dysertacji. Uzyskane modele stanowią podstawę do ich praktycznego stosowania w oparciu o komercyjne czujniki multispektralne jednocześnie stanowiąc inspirację dla wykorzystania hiperspektralnych danych satelitarnych. Dzięki połączeniu obserwacji satelitarnych i modeli statystycznych zaproponowanych w pracy, możliwe jest nieinwazyjne i wykonywane dla dużych powierzchni terenu szacunki biofizycznych charakterystyk pokrywy roślinnej, a uzyskane wyniki posłużyć mogą dokładniejszemu szacowaniu strumieni CO₂ na stosunkowo dużych powierzchniach ekosystemów łąkowych. Recenzowana dysertacja jest ściśle związana z tą problematyką a uzyskane wyniki wzbogacają dorobek naukowy i wiedzę na ten temat. Wartościowe byłaby ocena możliwości zastosowania opisywanych modeli dla podobnych ekosystemów powszechnych również w obszarach górskich w Polsce, jednak w pracy zabrakło mi jakichkolwiek odniesień do tego tematu.

Cel poznawczy, jaki postawiła sobie do osiągnięcia Autorka pracy, został przedstawiony dostatecznie jasno jednak z uwagi na przyjętą strukturę pracy pełne jego poznanie wymaga zagłębienia do różnych jej części. Zrealizowanie celu zostało wyraźnie podkreślone we wnioskach z pracy.

Badania zostały bardzo dobrze zaplanowane i wręcz wzorowo przeprowadzone – na pewno wymagały od Autorki nie tylko wiedzy merytorycznej, zdolności logistycznych ale zapewne również umiejętności technicznych. Kilkuletnie pomiary wskaźników biofizycznych i właściwości spektralnych były prowadzone na stacji pomiarowej na wybranym ekosystemie naturalnym łąki subalpejskiej, dobrze dobranym i uzasadnionym dla opisu analizowanych procesów. Bogaty materiał obserwacyjny został przeanalizowany statystycznie a wyniki omówione poprawnie na podstawie dobrze dobranej literatury. Prawidłowo sformułowane wnioski w pełni korespondują z przyjętym dla realizacji pracy i wynikają wprost z rezultatów badań.

Dysertację oceniam bardzo dobrze i nie dostrzegam w niej uchybień merytorycznych. W toku recenzji przejawia się jedna, istotna według mnie uwaga krytyczna co do formy i struktury pracy. Nie widzę powodu dla którego Autorka wyróżniła 50 stronicowy syntetyczny

opis dokonań pracy w postaci części pierwszej rozprawy. Jest to powtórzenie – a właściwie streszczenie prowadzonych analiz i uzyskanych wyników. Recenzowałem do tej pory dwie rozprawy złożone w cykl jednotematycznych publikacji. W obu przypadkach Autorzy redagowali swoje publikacje do spójnej formy rozdziałów stanowiących oddzielne etapy dysertacji starając się raczej unikać powtarzania istotnych informacji – np. usuwając informacje ogólne do rozdziału wstępnego, rozwijając główne cele pracy i jej tezy oraz kończyli wspólnymi dla całego cyklu wnioskami. W przypadku Autorki po części pierwszej opisującej skrótowo wykonane prace następuje część główna, którą Recenzent może traktować zupełnie inaczej – np. jak załączniki do właściwej pracy. Jest to moim zdaniem istotny błąd w budowie przejrzystości przekazu, jednocześnie kosztujący Autorkę sporo dodatkowej energii, którą Autorka mogła wykorzystać na zwiększenie przejrzystości pracy. Moja subiektywna oczywiście ocena formalnej struktury pracy wynika możliwe iż z małego do tej pory doświadczenia jako Recenzenta prac doktorskich. Pojawia się ona w czasie, gdy nie mamy w Polsce ugruntowanych tradycji składania prac doktorskich na podstawie dorobku. Jest to forma pojawiająca się częściej w rozprawach habilitacyjnych gdzie istnieje forma skrótowej prezentacji. Nie widzę jednak powodu, aby strukturę rozprawy doktorskiej budować w podobny sposób. Jednak z uwagi na brak standardów w Polsce w tej kwestii oczywiście nie wpłynie to w żaden sposób na całościowa bardzo wysoką ocenę Rozprawy.

4. Wniosek końcowy

Praca doktorska mgr inż. Karoliny Sakowskiej obejmuje ważną z punktu widzenia ochrony i kształtowania środowiska problematykę szacowania wielkości strumieni ditlenku węgla i parametrów biofizycznych ekosystemów lądowych z wykorzystaniem nowatorskich technik pomiarów spektralnych a uzyskane wyniki stanowią oryginalny wkład Autorki w rozpoznanie związków pomiędzy oceną stanu ekosystemu i teledetekcją.

Doktorantka wykazała się umiejętnością kompleksowego rozwiązywania problemów badawczych i nie mniej ważnych w tym przypadku problemów technicznych, wytrwałością w prowadzeniu długoterminowych badań przyrodniczych i dociekliwością naukową.

W opinii recenzenta przedstawiona rozprawa jest nowatorskim przedsięwzięciem od strony merytorycznej i organizacyjnej, spełnia najwyższe standardy badań naukowych potwierdzone przez niezależnych recenzentów trzech publikacji JCR.

Recenzowana rozprawa odpowiada warunkom określonym w art. 13 ust. 1 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z późniejszymi zmianami. Autorka sprostała wymaganiom stawianym kandydatom do stopnia naukowego doktora. Wnioskuje o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Karoliny Sakowskiej pt. „On the assessment of carbon dioxide fluxes and spectral characteristics of selected terrestrial ecosystems” – „Ocena strumieni ditlenku węgla i charakterystyk spektralnych wybranych ekosystemów lądowych” do publicznej obrony. Jednocześnie wnioskuje o wyróżnienie pracy doktorskiej mgr inż. Karoliny Sakowskiej.

Warszawa, dnia 13.05.2016r.


Jarosław Chormański