

Warszawa 2017-05-06

dr hab. inż. Tomasz Gnatowski
Katedra Kształtowania Środowiska
SGGW w Warszawie
ul. Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Recenzja
rozprawy doktorskiej mgr Joanny Pastuszki-Woźniak
pt. „Ocena zdolności retencyjnej gleb na podstawie ich charakterystyk spektralnych”

Recenzję opracowano na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN zgodnie z uchwałą podjętą w dniu 24.03.2017 r.

Informacje ogólne

Rozprawa doktorska Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak została przygotowana pod opieką promotora dr hab. Piotra Baranowskiego profesora IA PAN i promotora pomocniczego dr Jaromira Krzyszczaka. Maszynopis pracy zawiera 142 ponumerowane strony i składa się z 10 rozdziałów obejmujących: Wstęp; Przegląd literatury; Cel i hipotezy badawcze; Materiał i metody badań; Wyniki; Dyskusję; Wnioski; Bibliografię; Spis rysunków i tabel; Załączniki. Ponadto w końcowej części maszynopisu zostało umieszczone streszczenie pracy w języku polskim i w języku angielskim. Tekst pracy został poprzedzony spisem symboli. W rozprawie zawarto 46 rysunków oraz 60 tabel.

Charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak wpisuje się w bardzo ważny obecnie kierunek badań, koncentrujący się na tzw. niskoemisyjnej gospodarce, co jest zbieżne z celem Strategii Różnorodności Biologicznej Unii Europejskiej do 2020 roku – „Zrównoważony rozwój rolnictwa, leśnictwa i rybołówstwa”. Problematyka badawcza podjęta przez Doktorantkę dotyczy zastosowania niedestruktywnych technik pomiarowych wykorzystujących zobrazowanie hiperspektralne gleb w zakresie VNIR/SWIR do wyznaczenia ich właściwości, w tym przede wszystkim wartości uwilgotnienia i potencjału wody glebowej jako parametrów odpowiadających za przepływ masy i energii w systemie gleba-roślina-atmosfera.

We wstępie Doktorantka przedstawiła ogólne uzasadnienie podjętego zagadnienia badawczego, wskazując, że nieinwazyjne metody optyczne w połączeniu z technikami obrazowania pozwalają na pozyskiwanie kompleksowej informacji o ilościowych

charakterystykach gleb i mogą być potencjalnie zastosowane do prognozowania zmian przestrzennych i sezonowych krzywej retencji wodnej gleb.

Na podstawie informacji wstępnych został określony zakres tematyczny przeglądu literatury. W tej części pracy (Rozdział 2) Doktorantka koncentruje się początkowo na opisie właściwości fizycznych i chemicznych gleby determinujących jej zdolności retencionowania wody. Następnie omawia podstawy teoretyczne techniki pomiarowej zobrazowania hiperspektralnego jako nowoczesnej, nieinwazyjnej metody integrującej informację widmową i przestrzenną obiektu badań. W rozdziale tym został dokonany również przegląd dotychczasowych osiągnięć naukowych w zakresie stosowania zobrazowania hiperspektralnego w prognozowaniu wybranych właściwości gleb.

Rozdział - Cel i hipotezy badawcze. Przyjęte założenia zawarte w tej części pracy wynikają z przeglądu literatury i syntetyzują celowość podjętych badań. Hipotezy ukierunkowano na zbadanie możliwości opracowania modeli empirycznych umożliwiających prognozowanie krzywej retencji wodnej gleby na podstawie jej właściwości spektralnych i fizyko-chemicznych. Zamieszczone cele szczegółowe przedstawiają kolejne etapy weryfikacji sformułowanych hipotez badawczych.

Rozdział - Materiał i metody badań - zawiera charakterystykę materiału badawczego oraz opis zastosowanych metod pomiarowych i analitycznych. Do badań wybrano mineralne utwory glebowe pochodzące z powierzchniowych warstw 104 profili gleb użytkowanych rolniczo. Badane utwory glebowe reprezentowały następujące grupy granulometryczne: piaski, gliny i pyły. Doktorantka w sposób syntetyczny zestawiała standardowe metody pomiarowe stosowane w badaniach gleboznawczych oraz przedstawiała powszechnie stosowaną metodę pomiarową określenia krzywej retencji wodnej gleby. Pomiaru charakterystycznych stanów uwilgotnienia gleby wykonano dla ośmiu predefiniowanych wartości potencjału macierzystego. W dalszej części rozdziału opisano stanowisko pomiarowe przygotowane do wykonania badań hiperspektralnych. Rejestracja współczynników widma odbiciowego VNIR/SWIR powierzchni gleby była przeprowadzana dla każdego z wyszczególnionych ośmiu charakterystycznych stanów uwilgotnienia gleby. W rozdziale omówiono również metody analizy danych, w tym zwłaszcza analizę regresji i metody klasyfikacji nadzorowanej zastosowane do sprawdzenia postawionych w pracy hipotez badawczych.

„Wyniki” stanowią najobszerniejszy rozdział rozprawy (58 stron maszynopisu). Uzyskane rezultaty badań przedstawiono na 27 rysunkach, a wyniki przeprowadzonych analiz statystycznych zestawiono w 55 tabelach. Doktorantka w 5 podrozdziałach (5.1 – 5.5) syntetycznie omawia właściwości fizyczne i chemiczne oraz charakterystyki spektralne i retencyjne wybranych gleb mineralnych Polski. Wyniki badań w zakresie podstawowych właściwości fizyko-chemicznych i wodnych gleby zostały opracowane przy wykorzystaniu statystyki opisowej. Do oceny związku między współczynnikami odbicia powierzchni gleby dla wybranych kanałów spektralnych a wilgotnością gleby zastosowano zależność nieliniową. Częścią wiążącą wymienione wyżej elementy wyników badań jest rozdział 5.6 zatytułowany „Modelowanie wilgotności i potencjału gleb mineralnych Polski”. Wykorzystując wyniki badań

podstawowych charakterystyk opisujących glebę oraz wyniki zobrazowań hiperspektralnych Doktorantka opracowała zestaw modeli estymacji charakterystycznych stanów uwilgotnienia gleby i potencjału wody glebowej. Do opracowania zależności empirycznych zastosowano analizę regresji wielokrotnej oraz metody klasyfikacji nadzorowanej. Obliczenia wykonano dla tzw. zbioru uczącego, obejmującego 70% danych empirycznych. W pracy rozpatrywano cztery podstawowe grupy modeli objaśniające krzywą retencji wodnej gleby dla wszystkich badanych utworów glebowych oraz dla poszczególnych grup granulometrycznych (piasków, glin i pyłów). Ponadto dla każdej z wymienionych grup modeli badano dokładność prognozowania krzywej retencji wodnej wykorzystując 4 zestawy zmiennych objaśniających, tj.:

- dane spektralne,
- dane spektralne i właściwości gleby,
- dane spektralne i wilgotność gleby/potencjał wody glebowej,
- dane spektralne, wilgotność gleby/potencjał wody glebowej i właściwości gleby.

Weryfikacji uzyskanych modeli do estymacji uwilgotnienia gleby dokonano na podstawie porównania wartości mierzonych i szacowanych dla zbioru testującego, obejmującego 30% danych empirycznych. Skuteczność klasyfikowania potencjału wody glebowej zilustrowano w formie graficznej przedstawiającej macierz kontyngencji.

W rozprawie Doktorantka przeprowadziła wnikliwą dyskusję uzyskanych wyników w odniesieniu do rezultatów badań innych autorów. Merytoryczna część pracy kończy się wnioskami, które potwierdzają prawidłowość postawionych hipotez badawczych i odpowiadają na sformułowany w rozdziale 3 cel badań.

Bibliografia obejmuje 207 pozycji literaturowych, z przewagą anglojęzycznych, uzupełnionych o wykaz 7 norm Polskiego Komitetu Normalizacyjnego.

Ocena pracy i uzyskanych wyników badań

Rozprawa Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak została przygotowana prawidłowo, w układzie typowym dla prac eksperymentalnych. Tekst rozprawy poza nielicznymi potknięciami stylistycznymi jest napisany zrozumiale, poprawną polszczyzną. Podział treści i kolejność rozdziałów w zasadzie nie budzi zastrzeżeń.

Oceniając całość rozprawy doktorskiej należy stwierdzić, że dotyczy ona aktualnego i ważnego dla dyscypliny naukowej - Agronomia - obszaru badań, tj. monitorowania stanu retencji wodnej gleby agroekosystemów w okresach pozawegetacyjnych. Opracowane przez Doktorantkę modele predykcyjne odpowiednio zaimplementowane do monitoringu teledetekcyjnego pozwolą, w połączeniu z istniejącymi mapami wybranych właściwości gleb, na bardziej dokładne wyznaczenie obszarów zagrożonych suszą lub nadmiernym uwilgotnieniem. Skutkować to może w konsekwencji wdrożeniem precyzyjnych systemów regulacji stosunków powietrzno-wodnych gleb w zależności od zmienności przestrzennej ich właściwości. Z kolei w zakresie rolnictwa precyzyjnego opracowane modele predykcyjne można wykorzystać do różnicowania obszarowych stref zarządzania tzw. „management zone”. W związku z tym, uzyskane wyniki badań modelowych mogą być wykorzystane jako narzędzia diagnostyczne w systemach wspomagania decyzji i przez to przyczynić się do skutecznego

wdrażenia priorytetu UE dotyczącego zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi środowiska.

Sformułowanie podjętych w pracy zagadnień naukowych wymagało gruntownego przeglądu literatury w zakresie zastosowań zobrazowania hiperspektralnego w badaniach gleboznawczych. Oceniana praca doktorska jest w tym względzie wyczerpująco opracowana. Doktorantka opisuje dotychczasowy stan wiedzy w tej dziedzinie wykazując znaczenie informacji uzyskanej przez niedestruktywny pomiar charakterystyk spektralnych w modelowaniu stanu uwilgotnienia gleby. Na podkreślenie zasługuje fakt, że mgr Joanna Pastuszka-Woźniak posiada umiejętność syntetycznej oceny danych literaturowych, co zaowocowało szczegółowym zestawieniem tabelarycznym zastosowań danych spektralnych w szacowaniu wilgotności gleby oraz pozwoliło na właściwe sprecyzowanie zakresu badań własnych.

W warstwie metodycznej, praca zawiera bardzo interesujący opis techniczny stanowiska pomiarowego do rejestracji zobrazowania hiperspektralnego powierzchni gleb. Przedstawiony algorytm postępowania stosowany w analizie danych spektralnych pozwala przyjąć uśrednioną wartość refleksyjności z powierzchni badanej gleby, jako informacji statystycznie istotnej i wystarczającej do porównywania utworów glebowych o zróżnicowanym składzie granulometrycznym. Należy podkreślić, że w tym aspekcie pracy Doktorantka wykazała się, zarówno zdolnościami planowania i organizacji badań, jak również umiejętnością zastosowania technik przetwarzania i eksploracji danych spektralnych gleb.

Przeprowadzona przez mgr Joannę Pastuszkę-Woźniak analiza wyników badań, wykazała, że można wyselekcjonować 191 niepowtarzalnych długości fali spektrum, dla których wartość współczynnika odbicia w zakresach VNIR/SWIR jest skorelowana z właściwościami hydrofizycznymi gleby. Najbardziej cenną częścią pracy jest dobór optymalnego zestawu regresorów, w formie współczynników odbicia powierzchni gleby dla 19 długości fal, wystarczających do objaśnienia zmian wilgotności i potencjału wody glebowej. W ten sposób zawężony zakres danych spektralnych Doktorantka wykorzystwała do opracowania modeli predykcyjnych umożliwiających szacowanie krzywej retencyjności wodnej gleb Polski. Wyniki badań w tym zakresie nie budzą zastrzeżeń i zostały opracowane prawidłowo z wykorzystaniem analizy regresji wielokrotnej i metod klasyfikacji nadzorowanej. Innym cennym osiągnięciem recenzowanej pracy jest wykazanie przez Doktorantkę, że wszystkie badane gleby, niezależnie od gatunku, posiadały dwa charakterystyczne pasma absorpcyjne wody z pikami absorpcyjnymi przy długościach fal 1452 nm i 1940 nm. Współczynniki odbicia światła dla tych pasm, zgodnie z przedstawioną w rozdziale 5.3 analizą danych, są predyktorami klasowymi pozwalającymi na szacowanie uwilgotnienia gleb o zróżnicowanym składzie granulometrycznym. W mojej ocenie ta część rozprawy ma większy potencjał analityczny niż zostało to zawarte w tekście rozdziału 5.3.

Na podstawie uzyskanych wyników badań i ich dyskusji Doktorantka sformułowała właściwe wnioski, które stanowią weryfikację hipotez badawczych zawartych w 3 rozdziale pracy.

Do uwag o charakterze krytycznym lub dyskusyjnym można zaliczyć:

- 1) Wyjaśnienia wymaga, dlaczego w rozdziale 4.3.1.2 zatytułowanym „Redukcja liczby zmiennych” zawarto informacje, które stanowią jedno z głównych osiągnięć poznawczych badań Doktorantki. W mojej ocenie ostatni akapit ze strony 49 po odpowiednim przeredagowaniu i uzupełnieniu powinien być umieszczony w rozdziale 5.6. Doktorantka wykazała bowiem po przeprowadzonej analizie statystycznej, że współczynniki odbicia dla odpowiednio wyselekcjonowanych długości fali widma są zestawem zmiennych objaśniających w modelowaniu wilgotności i potencjału wody glebowej. Wspomniany fragment tekstu stanowi część weryfikacji postawionych hipotez badawczych.
- 2) Tytuł rozdziału 5 powinien być sformułowany bardziej precyzyjnie. Oprócz wyników badań w tej części pracy dokonano również szczegółowej analizy danych przy zastosowaniu regresji nieliniowej, wielorakiej i nowoczesnych technik eksploracji danych, do których zaliczyć można metody klasyfikacji nadzorowanej.
- 3) Kolejność opisu wyników w rozdziale 5 powinna być przez Doktorantkę wyjaśniona. W mojej ocenie najpierw powinny zostać omówione krzywe retencji wodnej gleb (rozdział 5.4), co wynika chociażby z faktu, że właściwości te są zmienną objaśnianą w opracowanych modelach predykcyjnych. Wyniki charakterystyk spektralnych gleb zawarte w rozdziałach poprzedzających, tj. 5.2 i 5.3 omawiane są na tle wybranych potencjałów wody glebowej oraz charakterystycznych stanów uwilgotnienia gleby, czyli bezpośrednio odnoszą się do krzywej retencji wodnej gleby.
- 4) Co Pani rozumie pod pojęciem „główna gałąź krzywej retencji wodnej gleb”?
- 5) W moim odczuciu brakuje wyczerpującego opisu procedury „uczenia modeli” szczególnie w zakresie podziału zbioru danych na próbę uczącą i testującą.
- 6) W jaki sposób uwzględniono zmienne jakościowe w opracowanych modelach regresyjnych i zastosowanych klasyfikatorach? Czy rzeczywiście konieczne jest uwzględnianie potencjału wody glebowej lub wilgotności gleby jako zmiennych jakościowych w modelach?
- 7) W jaki sposób wyznaczono dane modelowe krzywej retencji wodnej gleby na rysunku 5.23? Czy dane modelowe dotyczą tylko potencjału wody glebowej i czy są one odniesione do zmierzonych wartości uwilgotnienia?

Podsumowanie i wnioski końcowe

Dysertację Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak oceniam jako pogłębione studium z zakresu zastosowania niedestruktywnych metod pomiarowych wykorzystujących zobrazowanie hiperspektralne gleb do modelowania ich właściwości retencyjnych. Opracowane w rozprawie doktorskiej modele prognostyczne wykorzystujące charakterystyki spektralne gleby stanowią potencjał aplikacyjny umożliwiający szacowanie w sposób pośredni zmian przestrzennych wilgotności i potencjału wody glebowej w agrosystemach bez pokrywy roślinnej. W podsumowaniu wyrażam przekonanie, że rozprawa Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak stanowi oryginalne i cenne osiągnięcie naukowe poszerzające wiedzę w zakresie monitorowania stanu retencji wodnej gleb przyczyniając się do rozwoju dyscypliny naukowej Agronomia. Doktorantka wykazała się umiejętnością prowadzenia badań, bardzo

dobrą znajomością literatury, opanowaniem warsztatu badawczego i analitycznego oraz konsekwencją w realizacji kolejnych etapów pracy. Przedstawione w recenzji uwagi krytyczne nie umniejszają wartości naukowej rozprawy.

W mojej ocenie rozprawa Pani mgr Joanny Pastuszki-Woźniak pt. „Ocena zdolności retencyjnej gleb na podstawie ich charakterystyk spektralnych” spełnia wymagania Ustawy o Stopniach i Tytułach Naukowych z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami. W związku z powyższym wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN o dopuszczenie mgr Joanny Pastuszki-Woźniak do dalszych etapów postępowania przewodu doktorskiego.

Warszawa, 6 maja 2017 r.

A handwritten signature in blue ink that reads "Tomasz Gnatowski". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

dr hab. inż. Tomasz Gnatowski