

Recenzja

Pracy doktorskiej pt. „Ocena zależności charakterystyk spektralnych od parametrów biofizycznych roślin uprawianych w różnych reżimach nawożenia” wykonanej przez mgr Bognę Uździcką w Katedrze Meteorologii Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Olejnika oraz dr hab. Radosława Juszcza

Uwagi wstępne

Praca doktorska Pani mgr Bogny Uździckiej, wykonana pod kierunkiem prof. dr hab. Janusza Olejnika oraz dr hab. Radosława Juszcza w Katedrze Meteorologii Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu dotyczy bardzo ważnego dla poznania mechanizmów funkcjonowania ekosystemów roślinnych zagadnienia powiązania właściwości spektralnych popularnych roślin uprawnych w trakcie sezonu wegetacyjnego z ich charakterystykami biofizycznymi, głównie wskaźnikiem powierzchni liści (LAI) frakcją akumulatywną energii fotosyntetycznej (fAPAR) i intensywnością wymiany CO₂ z otoczeniem. Poznanie korelacji pomiędzy wymienionymi wielkościami opisującymi stan pokrywy roślinnej a jej właściwościami odbiciowymi w zakresie światła widzialnego i bliskiej podczerwieni ma podstawowe znaczenie z punktu widzenia prawidłowej analizy i interpretacji zobrazowań multi- i hiperspektralnych powierzchni uprawnych z pułapu lotniczego i satelitarnego, co z kolei może stanowić nieocenione źródło informacji o aktualnym i prognozowanym plonie oraz o wymianie ditlenku węgla dla obszarów uprawnych. Istniejące modele tej wymiany są ciągle niedostatecznie dokładne, a istotnym problemem jest stworzenie reprezentatywnych baz danych pomiarowych intensywności autotroficznego i heterotroficznego oddychania ekosystemów, które ułatwiły by ich kalibrację. Na wielki szacunek w tym kontekście zasługuje szeroki zakres badań eksperymentalnych zaplanowanych i przeprowadzonych w ramach pracy obejmujący różne systemy nawożenia, uprawę w monokulturze i systemach zmianowania oraz starannie dobrana metodyka pomiaru i analizy danych doświadczalnych.

Szczegółowa analiza pracy

Przedstawiona do recenzji praca doktorska liczy 175 stron. Zawiera 23 tabele, 70 (czarno-białych i kolorowych) rysunków oraz 294 pozycje literaturowe, głównie obcojęzyczne. Tytuł pracy sformułowany jest poprawnie i w pełni uwzględnia zawarte w niej treści. Praca składa się z wykazu najważniejszych oznaczeń oraz ośmiu rozdziałów obejmujących: wstęp, cel pracy i hipotezy badawcze, przegląd literatury, opis metodyki i terenu badań, wyniki, dyskusję, wnioski i bibliografię. Cennym uzupełnieniem pracy są 3 załączniki przedstawiające sezonowe przebiegi zmierzonych i interpolowanych wartości badanych zmiennych.

W krótkim wstępie Autorka przedstawia przesłanki podjęcia tematu wyznaczania wielkości opisujących stan biofizyczny pokrywy roślinnej na podstawie pomiarów zdalnych, w tym spektralnych oraz wprowadza w tematykę istotności lepiej dopasowanego do specyfiki gatunkowej szacowania strumieni CO₂ dla heterogenicznych upraw rolniczych. Już w tej pierwszej części pracy widać z jak

skomplikowaną tematyką doktorantka ma do czynienia i jak naglące są potrzeby rozwiązania metodycznych problemów związanych z realizacją celu badań.

Cel badań został sprecyzowany jasno i wyraźnie. W rozdziale tym określono jeden cel główny, którym jest „wykazanie, że spektralne wskaźniki roślinności są dobrym indykatorem wartości różnych parametrów biofizycznych roślin uprawnych, w tym przede wszystkim LAI, fAPAR oraz intensywności wymiany CO₂ pomiędzy tymi roślinami a atmosferą”, 4 hipotezy badawcze i 5 szczegółowych zadań badawczych, służących osiągnięciu założonego celu. Postawiony w ten sposób cel badań świadczy o ambitnym podejściu Doktorantki do rozpatrywanego problemu. Jedyne zastrzeżenie dotyczy nie uwzględnienia w celu badań, hipotezach badawczych i zadaniach badawczych związku charakterystyk spektralnych łąnu z reżimami nawożeniowymi, co jednoznacznie sugeruje tytuł pracy doktorskiej. Co ciekawsze również, żaden wniosek pracy nie odnosi się bezpośrednio do tego zagadnienia. Czyżby wyniki związku charakterystyk spektralnych łąnu i właściwości biofizycznych poszczególnych upraw z dawkami nawożenia nie okazały się na tyle interesujące aby ująć je w celu i wnioskach? W związku z tym, czy nie byłoby celowym zmodyfikowanie tytułu pracy (bez „ w różnych reżimach nawożenia”)

Rozdział przeglądu literatury, chociaż moim zdaniem zbyt rozbudowany, dobrze wprowadza w metodologię prowadzonych badań. Rozdział ten Autorka podzieliła na trzy podrozdziały, w których kolejno zajmuje się opisem biofizycznych parametrów pokrywy roślinnej, spektralnymi wskaźnikami roślinności w zastosowaniu do oceny biofizycznych parametrów pokrywy roślinnej i metodami pomiaru parametrów biofizycznych i spektralnych wskaźników roślinności. W mojej ocenie, fakty przedstawione w tym rozdziale świadczą o bardzo dobrym rozeznaniu w klasycznej i najnowszej literaturze dotyczącej tematyki badań i o tym, że Doktorantka podejmując temat była dobrze przygotowana do części doświadczalnej. W części tej Doktorantka nie ustrzegła się kilku nieścisłości, które warto byłoby uwzględnić przy publikacji pracy. Po pierwsze definicja wskaźnika powierzchni liści LAI jest nieprecyzyjna. We wzorze 1 wielkość S zdefiniowana jest jako „sumaryczna jednostronna powierzchnia wszystkich liści w pokrywie roślinnej [m²]”, co znaczy, że sumujemy całą powierzchnię liści pokrywy i dzielimy ją przez G – jednostkową powierzchnię terenu czyli 1 m², co prowadziło by do gigantycznych wartości. Tak więc S powinno być sumaryczną jednostronną powierzchnią liści [m²], natomiast S- powierzchnią terenu, dla której tę powierzchnię liści zmierzono. Nie do zaakceptowania wydaje się również zacytowany zakres zmienności LAI dla zbóż od 3 do 5 (str. 13). Wiadomo, że we wczesnych fazach rozwoju roślin w łąnie zbóż (np. pszenicy) LAI osiąga wartość mniejszą niż 1,5, natomiast maksymalne wartości mogą przekraczać dla zbóż 5,5. Wydaje mi się również zbyt dużym uproszczeniem wymienienie tylko chlorofilu, karotenoidów i wody jako głównych substancji charakteryzujących skład chemiczny roślin (str. 14 wiersze 4-6). Warto byłoby w tym miejscu wspomnieć o zawartości azotu i innych pierwiastków, czy też skrobi w ziarnie, które to wielkości z powodzeniem były w literaturze korelowane z charakterystykami spektralnymi. Przegląd literatury na ten temat miałby istotne znaczenie w kontekście analizy upraw przy różnych reżimach nawożenia. We wzorze 5 (str. 20) podano nieprawidłową jednostkę produkcji pierwotnej ekosystemu GPP biorąc pod uwagę jednostki opisujące symbole we wzorze. Symbole występujące we wzorach 12-14 na str. 24 nie zostały opisane i umieszczone w spisie symboli. Również kilka innych symboli występujących we wzorach tego rozdziału nie zostało umieszczonych w spisie symboli. Według mnie podrozdział 3.3.2. „Metody pomiaru spektralnych wskaźników roślinności” powinien być istotnie skrócony przy publikacji pracy, gdyż zawiera wiele ogólnych informacji książkowych, np. ogólna budowa spektrometri.

Rozdział 4 opisujący metodykę i teren badań przygotowany został w sposób bardzo usystematyzowany. Na uwagę zasługuje fakt, że Autorka precyzyjnie opisała lokalizację miejsca badań i schemat eksperymentu, wykorzystując ciekawe rysunki, zdjęcia i tabele. W bardzo elegancki i precyzyjny sposób opisała stosowane systemy pomiarowe, wymagania meteorologiczne do prowadzenia pomiarów oraz metody analizy danych doświadczalnych. Doktorantka wybrała obszerny i zróżnicowany materiał badawczy. Na rysunku 4.16 bardzo obrazowo przedstawiła algorytm analizy danych, który obrazuje jaki

ogrom pracy został włożony w realizację badań. Pragnę tu podkreślić, że w badaniach zastosowano najnowocześniejsze istniejące systemy pomiarowe, a metodyka pomiaru i analizy danych nie budzi żadnych wątpliwości. Jedyna krytyczna uwaga dotyczy w tym rozdziale braku opisu niektórych symboli w stosowanych równaniach, np. f w równaniu 23 czy też symbol T_{soil} , który nie występuje w równaniu 24, a umieszczony jest w opisie do niego. Przy opisie pomiaru CO_2 komorami czarną i przezroczystą (ostatni akapit na str. 62) autorka powinna podać źródło literaturowe lub w inny sposób wytłumaczyć dlaczego przyjęto tak rygorystyczne warunki stabilności dla PAR_i i temperatury gleby w trakcie pomiaru odpowiednimi komorami. Warto byłoby również przedstawić uzasadnienie na podstawie badań literaturowych lub własnych, że dwa powtórzenia dla pomiaru wymiany CO_2 na każdym polu są wystarczające. Czy autorka przeprowadziła analizę zmienności tej wymiany na polu z jednorodną uprawą? To rozwiało by wszelkie wątpliwości co do reprezentatywności danych. Z drugiej strony należy zdać sobie sprawę jak czasochłonnym jest pomiar wymiany ditlenku węgla metodą komór dynamicznych, który dla pojedynczej komory trwa każdorazowo co najmniej kilka minut. Trudno więc przy tak licznych wariantach doświadczenia oczekiwać większej liczby powtórzeń. W podsumowaniu rozdziału Materiał i metody warto podkreślić, że tak szerokie potraktowanie badań wymagało niezwykle precyzyjnej organizacji i przyswojenia sobie przez autorkę wielu zaawansowanych metod pomiaru i analizy danych.

Rozdział Wyniki i Dyskusja stanowi najdłuższą część pracy. Na 57 stronach bogato opatrzonej rysunkami i tabelami Autorka zajmuje się analizą danych doświadczalnych. Szczegółowo opisuje warunki meteorologiczne w okresie prowadzenia badań, w ciekawy sposób analizując warunki radiacyjne podczas poszczególnych kampanii pomiarowych. Na podstawie danych z wybranego dnia przedstawia dobową zmienność parametrów biofizycznych pokrywy roślinnej oraz spektralnych wskaźników roślinności na wybranych stanowiskach pomiarowych. Sugeruje interesującą interpretację tych danych, tłumacząc spadek frakcji akumulatywnej energii fotosyntetycznej czynnej ($fAPAR$) w godzinach przedpołudniowych osiągnięciem, tzw. świetlnego punktu wysycenia. Szkoda, że analiza ta nie obejmuje kilku dni dla różnych faz rozwojowych roślin (taka analiza powinna się znaleźć przynajmniej w załączniku). Bardzo szczegółowo przeanalizowana została natomiast sezonowa zmienność biofizycznych oraz spektralnych parametrów pokrywy roślinnej. Na podstawie sezonowej dynamiki GEP określono okresy wzrostu badanych roślin uprawnych. Szkoda tylko, że analizę tę ograniczono jedynie do poletek z jednym wariantem nawożenia. Bardzo ciekawe byłoby przeanalizowanie wskaźników NDVI i PRI dla innych wariantów nawożenia na tle sezonowych przebiegów NEP i GEP (oczywiście gdyby autorka dysponowała takimi danymi). Podrozdział 5.3 jest najważniejszą częścią rozdziału wyników. Na wstępie autorka dokonuje, niepotrzebnej moim zdaniem, analizy dobowych zależności pomiędzy parametrami biofizycznymi i spektralnymi pokrywy roślinnej. Taka analiza dla jednego wybranego dnia jest niereprezentatywna. Widać, że zmienność zarówno NDVI jak i $fAPAR$ dla tego dnia jest znikoma (rys. 5.12), podobnie zresztą jak i NDVI (rys. 5.13). Wydaje się, że podrozdział 5.3.1 powinno się ograniczyć przy publikacji pracy do jednego zdania, że nie uzyskano statystycznie istotnych zależności pomiędzy $fAPAR$ i NDVI oraz CO_2 i NDVI dla wartości dobowych.

Bardzo ciekawą częścią pracy jest analiza sezonowych zależności pomiędzy różnymi parametrami biofizycznymi i spektralnymi pokrywy roślinnej. Co istotne, do analizy zależności pomiędzy wskaźnikiem powierzchni liści LAI i frakcją akumulatywnej energii fotosyntetycznej czynnej $fPAR$ wykorzystano dane dla upraw w różnych reżimach nawożenia w trakcie całego okresu badawczego, co umożliwiło analizę w bardzo szerokim zakresie mierzonych wartości. W większości badanych modeli uzyskano zależności istotne statystycznie z wysokimi współczynnikami determinacji: dla zależności $fAPAR$ w funkcji LAI w modelu logarytmicznym R^2 zmieniało się od 0,66 do 0,82, dla najlepszych modeli LAI w funkcji wskaźników spektralnych roślinności R^2 zmieniało się od 0,65 do 0,79, dla najlepszych modeli $fAPAR$ w funkcji wskaźników spektralnych roślinności R^2 zmieniało się od 0,45 do 0,75. Otrzymano również bardzo wysokie wartości R^2 (0,70-0,85) dla zależności pomiędzy spektralnymi wskaźnikami roślinności (różne wskaźniki w różnych modelach) a dobowymi sumami produkcji ekosystemu netto (NEP) i produktywności ekosystemu brutto (GEP). Dzięki temu

zastosowano otrzymane modele do oszacowania strumieni CO₂ na podstawie zabranych danych spektralnych i jak się okazało na rys. 5.24 i 5.27 sezonowe przebiegi CO₂ obliczone na tej podstawie bardzo dobrze wpasowują się do danych uzyskanych z pomiarów komorowych. Wyniki te są bardzo obiecujące w kontekście możliwości szacowania strumieni CO₂ ekosystemów roślinnych na podstawie danych biofizycznych pokrywy roślinnej i danych spektralnych. Moja uwaga do tej części dotyczy nieco zbyt szczegółowego przedstawienia poszczególnych modeli. Bardziej syntetyczne przedstawienie uzyskanych danych modelowych będzie niezbędne przy przygotowaniu pracy do druku. Szkoda również, że autorka ograniczyła się w analizie do prostych modeli regresji jednoczynnikowej. Aż prosi się przy takim bogactwie zmiennych niezależnych aby zastosować modele regresji wielokrotnej lub zaawansowane metody eksploracji danych, takie jak sieci neuronowe lub drzewa genetyczne do budowy modeli. Mam nadzieję, że w przyszłości doktorantka wykorzysta bogaty zbiór uzyskanych danych i w taki sposób.

Uwagi szczegółowe do rozdziału Wyniki

Podrozdział 5.3.1. powinien być skrócony lub usunięty.

Dlaczego na Ryc. 5.15 nie wpasowano krzywych regresji dla najlepszych modeli wraz z ich równaniami?

Bardzo dobrze, że autorka testowała w modelach funkcje: liniową, logarytmiczną, wykładniczą i potęgową. Jednak przedstawienie w kolejnych tabelach współczynników determinacji, rozbieżności i poziomu istotności dla wszystkich funkcji zaciemnia istotne informacje. Należałoby opisać wyłącznie najlepsze modele lub wyróżnić w tabelach modele o najlepszych parametrach. To samo dotyczy rysunków 5.16 i 5.17.

Omówienie rozdziału Dyskusja

Ważną częścią rozprawy doktorskiej Pani mgr Bogny Uździckiej jest rozdział Dyskusja, w którym autorka podejmuje śmiałą próbę interpretacji uzyskanych wyników na tle dostępnych doniesień literaturowych oraz próbuje przeprowadzić dodatkowe analizy danych, aby potwierdzić niektóre hipotezy. W rozdziale tym doktorantka oddzielnie zajmuje się analizą dobowych i sezonowych przebiegów parametrów biofizycznych i spektralnych pokrywy roślinnej oraz zależnościami między tymi wielkościami. Z przeglądu literatury wynika, że badania wykonane przez doktorantkę są unikalne ze względu na szeroki ich zakres, uwzględnienie zarówno dobowej jak i sezonowej zmienności badanych wielkości jak również ze względu na próbę określenia zależności między tak dużą grupą zmiennych. W rozdziale tym autorka podkreśla, że sezonowa dynamika zmian wartości LAI, NDVI oraz GEP jest bardzo zbliżona, co potwierdza możliwość szacowania tej ostatniej wielkości na podstawie charakterystyk spektralnych. Autorka dokonała kilku zestawień wartości średnich minimalnych i maksymalnych badanych wielkości dla różnych lat i upraw. Wynika z nich, że zróżnicowanie warunków meteorologicznych pomiędzy latami ma istotne odwzorowanie w przebiegach niemal wszystkich mierzonych wielkości. Ciekawy jest również stwierdzony przez doktorantkę wpływ opadów w trakcie lata na wielkość strumieni CO₂ oraz wpływ poszczególnych reżimów nawożenia we wszystkich badanych latach na różnice w średnich i maksymalnych wartościach LAI oraz NDVI. Autorka bardzo szczegółowo analizuje korelacje pomiędzy badanymi wielkościami spektralnymi i wielkościami opisującymi stan biofizyczny roślin, oddzielnie dla danych dobowych i sezonowych. Analiza ta potwierdziła fakt, że spektralne wskaźniki roślinności są bardzo dobrym narzędziem do szacowania różnych parametrów biofizycznych pokrywy roślinnej. Niewątpliwie najważniejszym osiągnięciem tej części pracy jest potwierdzenie wysokich korelacji pomiędzy większością spektralnych wskaźników roślinności a badanymi parametrami biofizycznymi pokrywy roślinnej dla większości wariantów eksperymentu ze współczynnikami determinacji R² osiągającymi dla GEP - 0,84, dla LAI - 0,75, a dla fAPAR - 0,64. Tym razem doktorantka ograniczyła się również wyłącznie do korelacji jednoczynnikowych, a szkoda gdyż bardziej złożone modele oprócz poprawy zdolności predykcyjnej

mogłyby dać więcej informacji na temat istotności poszczególnych mierzonych i szacowanych wielkości w tych modelach. Można mieć tylko nadzieję, że takich analiz doktorantka w przyszłości się podejmie dysponując imponującym materiałem doświadczalnym. W rozdziale Dyskusja autorka tłumaczy również, przedstawiając interesujące wykresy 6.7 i 6.8, zawyżone sumy strumieni CO₂ uzyskane z danych spektralnych w stosunku do modeli opartych na danych komorowych. Przekonujące wydaje się wytłumaczenie doktorantki, że efekt ten związany jest z nieuwzględnianiem przez model oparty o dane spektralne zmienności parametrów meteorologicznych. W kontekście przedstawionych wyników w pełni zgadzam się z końcową konstatacją tego rozdziału, iż tak bogata analiza badanych w pracy zjawisk w kontekście jakościowym jak i ilościowym, może mieć w przeszłości znaczenie dla prowadzenia efektywnego zdalnego monitoringu różnych charakterystyk pokrywy roślinnej.

Omówienie Wniosków

Oddzielny rozdział omawia wnioski z przeprowadzonych badań. Wszystkie siedem wniosków sformułowanych jest prawidłowo, są rzeczowe, w pełni wynikają z przeprowadzonych badań jako efekt logicznego wnioskowania. Biorąc pod uwagę podstawowy cel pracy, wydaje się, że przedstawiona kolejność wniosków jest nieprawidłowa. Wniosek czwarty, który bezpośrednio odnosi się do celu badań, tzn. określenia związku pomiędzy charakterystykami spektralnymi a parametrami biofizycznymi roślin uprawnych powinien być podany jako pierwszy. Ewentualnie, dodatkowy pierwszy wniosek powinien w ogólny sposób poinformować, czy cel pracy został osiągnięty. Ponieważ tytuł pracy wyraźnie sugeruje analizę wyżej wymienionego związku z różnymi reżimami nawożenia, według mnie, jako drugi powinien znaleźć się wniosek tego dotyczący. Tym bardziej, że doktorantka uzyskała w tym względzie bardzo ciekawe wyniki, co przedstawiono np. w podrozdziale 6.1.3 na str. 124-126.

Podsumowanie

Konstrukcja pracy jest typowa dla prac doktorskich. Uwzględnia wszystkie zasadnicze części takie jak: wstęp, cel pracy, przegląd literatury, materiał i metody, wyniki badań, dyskusję, wnioski i spis literatury.

Praca napisana jest językiem zrozumiałym, poprawnym stylistycznie i z precyzyjnie użytym specjalistycznym słownictwem. Szata graficzna pracy jest niezwykle staranna. Na podkreślenie zasługuje wysoka estetyka wszystkich elementów pracy. Praca jest bardzo rozbudowana, co jest uzasadnione szerokim zakresem prowadzonych badań. Z drugiej strony wydaje się, że niektóre, zbyt szczegółowe analizy utrudniają czytelnikowi skoncentrowanie się na meritum.

Reasumując stwierdzam, że przedstawiona do recenzji praca jest bardzo wartościowa. W porównaniu z dostępną literaturą światową, a w szczególności polskimi opracowaniami dotyczącymi omawianych zagadnień, stanowi nowatorskie opracowanie metodyczne wynikające z logicznych przesłanek i udokumentowane precyzyjnie dobranymi metodami pomiarowymi i analitycznymi. W tym kontekście można stwierdzić iż, pomimo wcześniejszych, wrywkowych prób badania dobowych i sezonowych zmian charakterystyk spektralnych i właściwości biofizycznych powierzchni pola uprawnego przez innych autorów, niniejsza praca ma charakter pionierski, a jej elementy zasługują na publikację w wydawnictwach o zasięgu międzynarodowym.

Wniosek końcowy

Zawarte w ocenie uwagi merytoryczne jak i tekstowe nie obniżają wartości pracy doktorskiej mgr Bogny Uździckiej, ponieważ łatwo mogą być uwzględnione i skorygowane w ostatecznej wersji do druku, a niektóre są celowo dyskusyjne.

Praca stanowi oryginalne i unikalne w skali międzynarodowej badanie w zakresie metodyki określania i interpretacji związku właściwości spektralnych pokrywy roślinnej pola uprawnego ze zmiennymi opisującymi stan biofizyczny roślin.

Tak kompleksowe opracowanie jest niespotykane w literaturze polskiej, a opracowana metodyka i uzyskane wyniki mają niezwykle obiecujące perspektywy zastosowania w badaniach teledetekcyjnych obszarów użytkowanych rolniczo. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na to, iż autorka analizując tak bogaty materiał doświadczalny, wykonała ciężką pracę pomiarową i analityczną. Tak szeroki materiał porównawczy, zarówno co do reprezentatywności próbek jak i wielu metod analityczno-pomiarowych upewnia o wiarygodności otrzymanych wyników i sformułowanych w pracy wnioskach.

W pracy Doktorantka wykazała zadawalającą ogólną wiedzę teoretyczną obejmującą podstawy działania zaawansowanych systemów pomiarowych, analizę statystyczną i inne metody interpretacji danych. Autorka z wyjątkową wnikliwością zdołała zgromadzić i usystematyzować najnowszą literaturę polską i zagraniczną z badanej dziedziny. Odnośniki literaturowe wykorzystane zostały w pracy nie tylko w rozdziale przeglądu literatury, ale również w szerokiej i krytycznej dyskusji własnych wyników.

Należy podkreślić stronę użyteczną pracy, polegającą na stworzeniu imponującej bazy danych doświadczalnych, która może i prawdopodobnie będzie wykorzystana, np. do kalibracji modeli plonowania roślin. Zebrane dane są szczególnie użyteczne dla lepszego poznania procesów wzrostu i plonowania roślin w różnych warunkach nawożenia oraz zrozumienia bogactwa informacji dostarczanych przez istniejące systemy multi- i hiperspektralne w kontekście badań pola uprawnego.

Praca spełnia wymagania dla prac doktorskich ustawy o tytułach i stopniach naukowych (Dz.U. 2003, Nr 65, poz. 595 z późn. zm.), dlatego stawiam wniosek o dopuszczenie mgr Bogny Uździckiej do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Z uwagi na poziom prezentowanych w pracy badań, a także rangę i nowatorskość przedstawionych wyników zwracam się również z wnioskiem o wyróżnienie rozprawy doktorskiej Pani mgr Bogny Uździckiej.

Dr hab. Piotr Baranowski, prof. nadzw. IA PAN

