

O c e n a

rozprawy doktorskiej magister Bogny Uździckiej pt.:

„Ocena zależności charakterystyk spektralnych od parametrów biofizycznych roślin uprawianych w różnych reżimach nawożenia”.

Recenzowana rozprawa zawiera 135 stron tekstu, 23 tabele i 70 rycin, uwzględnia 294 pozycje literaturowe, w tym tylko 9 w języku polskim, 1 w niemieckim i 284 w języku angielskim. Praca podzielona jest na 8 rozdziałów, zawiera 3 załączniki i spisy rycin oraz tabel. Bibliografia i przegląd literatury przedstawiony w rozdziale 3 dowodzą bardzo dobrej orientacji doktorantki w światowych osiągnięciach naukowych w przedmiocie objętym ocenianą rozprawą, którym jest ocena możliwości estymacji produktywności brutto (GEP) i produktywności netto (NEP) ekosystemu na podstawie wskaźników spektralnych uzyskanych metodami teledetekcji.

We wstępie (Rozdział 1) doktorantka przedstawia motywy podjęcia badań nad problemem wzrostu zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, w aspekcie roli szaty roślinnej w emisji i sekwestracji tego związku, ale także w aspekcie możliwości oceny intensywności emisji tego związku przez wykorzystanie nowoczesnej technologii polegającej na wykorzystaniu metod zdalnego pomiaru, (Remote sensing), które pozwalają na ocenę przestrzenną zjawiska. W tym rozdziale autorka omawia krótko ograniczenia i zalety metod pomiarowych emisji strumienia dwutlenku węgla i zapowiada przedstawienie argumentów za zastosowaniem metod pośrednich polegających na wykorzystaniu zależności pomiędzy łatwo mierzalnymi charakterystykami spektralnymi szaty roślinnej a jej biofizycznymi parametrami decydującymi o intensywności emisji i sekwestracji dwutlenku węgla.

W rozdziale drugim doktorantka przedstawia **cel główny rozprawy, którym jest wykazanie, że spektralne wskaźniki szaty roślinnej są dobrym indykatozem jej parametrów biofizycznych decydujących o intensywności wymiany dwutlenku węgla pomiędzy szatą roślinną (a ogólniej mówiąc powierzchnią ziemi) i**

atmosferą. Konsekwencją tak postawionego celu są hipotezy robocze, których potwierdzenie uzasadni główne założenie pracy, ujęte w celu głównym, oraz wyznaczenie zadań eksperymentalnych pozwalających na weryfikację opracowanych w rozprawie modeli szacowania strumienia dwutlenku węgla w oparciu o opracowane zależności pomiędzy wskaźnikami spektralnymi a charakterystykami biofizycznymi szaty roślinnej. Z charakterystyk biofizycznych wybiera do dalszej analizy wskaźnik ulistowienia szaty roślinnej (LAI) oraz frakcję zaadsorbowanej energii promieniowania fotosyntetycznie czynnego (fAPAR). Z charakterystyk ekologicznych będących miarą wymiany węgla pomiędzy ekosystemem a atmosferą doktorantka wybiera dwie wielkości – produkcję ekosystemu brutto (GEP) i produkcję ekosystemu netto (NEP). Spośród wielu wskaźników spektralnych roślinności doktorantka wybiera 6, które dokładnie opisuje w rozdziale 3. Generalnie mówiąc wskaźniki te są kombinacją wielkości promieniowania w różnym zakresie długości fali, które to strumienie zależą od cech biofizycznych szaty roślinnej. **Tutaj muszę podkreślić bardzo dobrą orientację doktorantki w tym, jaki wskaźnik wybrać w zastosowaniu do modelu w zależności od stanu szaty roślinnej i warunków pogodowych.**

Rozdział trzeci poświęcony jest przeglądowi wiedzy na temat biofizycznych parametrów szaty roślinnej, spektralnym wskaźnikom pozwalającym oszacować powyższe parametry biofizyczne, jak również szerokiemu spektrum metod pozwalających pomierzyć te parametry. Ten rozdział świadczy o imponującej wiedzy doktorantki na temat procesów i mechanizmów przepływu i transformacji energii słonecznej w biomasę, jak również sposobów ilościowej charakterystyki tych procesów. Jednak, w moim odczuciu rozdział ten jest nadmiernie rozbudowany. Są elementy niewykorzystane w dalszym ciągu pracy, np. podrozdział 3.1.2. można by opuścić bez szkody dla wartości całej pracy. Jest też wiele nieścisłości terminologicznej, między innymi w tabeli „Spis symboli”. GPP oznaczone jest jako produktywność, a NPP jako produkcja, a mają te same jednostki. Natomiast jest istotna między tymi pojęciami różnica. Produkcja to wielkość biomasy, w którą została przetransformowana energia słoneczna w określonym czasie (np.: rok). Natomiast produktywność to jest tempo tego procesu.

Pomimo pewnego przeładowania rozdziału szczegółowymi, podręcznikowymi elementami (np.: szczegółowy opis przyrządów pomiarowych), doktorantka wykazuje w sposób bardzo jasny, dlaczego wybrała uwzględnione w pracy wskaźniki spektralne i metody pomiarów strumienia dwutlenku węgla wymienianego między szatą roślinną i atmosferą.

W rozdziale czwartym doktorantka bardzo szczegółowo opisuje teren badań, metody i przyrządy pomiarowe oraz całą procedurę analizowania i weryfikacji danych pomiarowych przed przystąpieniem do ich wykorzystania w celu weryfikacji założeń i hipotez badawczych. Tutaj należy podkreślić rzetelność tej analizy i dbałość o wyeliminowanie błędów pomiarowych. W tym rozdziale widać pewien pośpiech w opracowywaniu danych skutkujący nieprecyzyjnym opisem rycin, symboli i terminologii (szczegółowe uwagi zamieszczone są na końcu recenzji). **Należy podkreślić to, że wybrane przez doktorantkę przyrządy i metody pomiarowe oraz metody analizy wyników należą do obecnie najnowocześniejszych w skali światowej.**

Rozdział trzeci i czwarty zawierają treści, które są podstawą do rzetelnego, analitycznego i wiarygodnego przedstawienia wyników badań i ich analizy i ostatecznego wnioskowania. **Należy podkreślić bardzo profesjonalną ocenę metod pomiarowych, analitycznych i przygotowanie bazy do ostatecznej dyskusji wyników badań. Można stwierdzić, że doktorantka opanowała dobrze warsztat badawczy gwarantujący trafność i rzetelność ostatecznych wniosków.** Rozdział czwarty zamyka algorytm przedstawiający kolejne kroki analizy danych zebranych podczas pomiarów spektralnych i komorowych i współzależności pomiędzy parametrami biofizycznymi badanych upraw i wskaźnikami spektralnymi. Wyniki tych analiz są przedstawione w **rozdziale piątym.**

W tym rozdziale, na początku, doktorantka omawia krótko warunki pogodowe, w których prowadzone były pomiary a następnie bardzo szczegółowo analizuje dobowe i sezonowe przebiegi badanych wskaźników i charakterystyk, oraz współzależności pomiędzy nimi. Jako przykład podaje dobowe przebiegi w dniu 28 maja 2012 roku. Bardzo słusznie zauważa, że wartości fAPAR osiągają swoje maksimum w godzinach porannych. Jest to wynikiem typowo konwekcyjnej

równowagi termodynamicznej powietrza w tym dniu. Rycina 5.6 pokazuje wyraźnie, że po południu zaczyna się rozbudowywać warstwa chmur, co zmienia strukturę promieniowania, a co za tym idzie zmianę wartości fAPAR.

W dalszej części rozdziału doktorantka przedstawia rozważania współzależności pomiędzy różnymi wskaźnikami mające na celu wybranie tych, które najlepiej pozwolą na oszacowanie parametrów biofizycznych odpowiedzialnych za kształtowanie strumieni dwutlenku węgla pomiędzy ekosystemem a atmosferą sprawdzając 4 typy zależności: liniową, logarymiczną, wykładniczą i potęgową. Jako kryterium dopasowania stosuje współczynnik determinacji R^2 i współczynnik rozbieżności Thiela I^2 . Z punktu widzenia rachunku matematycznego próba zastosowania różnych typów zależności jest podejściem prawidłowym. Należy jednak zaznaczyć, w jakim przedziale zmiennej niezależnej jest ten typ zależności stosowalny. Z punktu widzenia logiki matematycznej należy jednak zastanowić się nad sensem fizycznym danego typu zależności. W sytuacji, gdy zmienna niezależna nie ma teoretycznej granicy, a zmienna zależna ma wartość ograniczoną wtedy musi być zastosowana zależność asymptotyczna. Żaden z analizowanych typów zależności nie spełnia tego warunku. Na przykład na rycinie 5.15 przedstawione są zależności pomiędzy fAPAR i LAI a wyniki analizy są zawarte w tabeli 5.6. Z wykresu wynika, że funkcja opisująca tę zależność musi być funkcją asymptotyczną. Z analizowanych typów zależności jedynie funkcja wykładnicza może spełniać ten warunek. Jednak w tabeli 5.6 nie ma współczynników analizowanych funkcji. Wydaje się, że nie uwzględnienie warunku asymptotyczności i zastosowanie prostej formy funkcji wykładniczej jest przyczyną, że współczynnik determinacji dla zależności liniowej jest największy. Dla wykresów przedstawionych na rycinie 5.15 najlepszą formą równania jest równanie $Y = 1 - \exp(aX)$. Konkretnie dla żyta ozimego było by to równanie $fAPAR = 1 - \exp(-0.6 \cdot LAI)$. Współczynnik determinacji będzie bliski jedności.

Poza tym w opisie wyników przedstawionych na tym wykresie dobrze było by się odnieść do punktów wyraźnie odbiegających od krzywej wyznaczonej przez większość punktów. Może to być źródłem bardzo ciekawych wniosków.

Pomimo pewnych wątpliwości wyrażonych powyżej należy stwierdzić, że opis analizowanych zależności i konkluzje wynikające z tej analizy są poprawne. Na

szczególne podkreślenie zasługuje filtracja zbioru danych, pozwalająca na uniknięcie wykorzystania w analizie i wnioskach danych obciążonych błędem pomiarowym.

W rozdziale szóstym doktorantka zawarła bardzo szczegółową dyskusję wyników badań przeprowadzoną na tle wiedzy ogólnoswiatowej. Dyskusja udowadnia, że doktorantka nie tylko posiada bardzo szeroką wiedzę z zakresu problematyki objętej rozprawą doktorską, ale potrafi z niej korzystać przy analizie otrzymanych wyników badań i ich syntezie w formie ostatecznych wniosków wynikających z przeprowadzonych badań. Dyskusja ta w pełni potwierdza trafność postawionych na początku rozprawy hipotez i udowadnia, że można szacować strumienie dwutlenku węgla wymieniane między ekosystemami a atmosferą na podstawie łatwych do uzyskania wskaźników spektralnych. Ostateczne konkluzje wynikające z przeprowadzonych badań przedstawia doktorantka w **rozdziale siódmym**.

Najważniejszym wnioskiem wynikającym z przeprowadzonych badań jest to, że w procesie przepływu strumienia dwutlenku węgla między powierzchnią ziemi i atmosferą decydującą rolę gra szata roślinna. Z tego wniosku wynika, że najlepszym sposobem przeciwdziałania zmianom klimatycznym byłoby odbudowanie zubożałej w skali globalnej szaty roślinnej.

Pomimo ogólnie dobrej oceny recenzowanej pracy mam kilka uwag szczegółowych, które autorka powinna wziąć pod uwagę przygotowując pracę do druku. Najważniejsze z nich zamieszczam poniżej.

1. Poprawa stylu. Na przykład na stronie 4 w spisie treści jest napisane: „Analiza dobowych zależności.....” Powinno być: „Analiza zależności pomiędzy dobowymi wartościami parametrów biofizycznych a wskaźnikami spektralnymi”.
2. Sprawdzić terminologię, szczególnie w spisie symboli. Nie mylić produkcji z produktywnością. Także ujednoczyć jednostki. Na pierwszej stronie spisu symboli jest masa wyrażona w gramach (oddychanie ekosystemu), a na drugiej stronie w miligramach (oddychanie referencyjne).
3. Str. 9. LAI to nie biomasa a fAPAR to nie stan fizjologiczny roślinności.

4. Str.17. Pierwszy akapit. Promieniowanie przechwycone nie może być odbite. Odbite może być promieniowanie padające.
5. Str. 23. Nie ma napromieniowania emitowanego.
6. Str. 33, wzór 21. Nie wiadomo, co to jest parametr L, jak się go wyznacza.
7. Str. 55, ostatni akapit. Nie ma parametrów meteorologicznych. Są elementy.
8. Str. 56. Zamiast wskaźnik powierzchni liści lepiej użyć wyrażenia wskaźnik ulistowienia.
9. Str. 64. We wzorze 23 występuje symbol f. Nie wiadomo, co on znaczy. To samo we wzorze 24. Jest symbol T. Nie wiadomo, co on znaczy.
10. Str. 65, ostatni akapit. Jest napisany symbol NEE odnoszący się do ryciny 4.13 B. Natomiast na rycinie jest symbol GPP. Poza tym lucerna to alfalfa, a nie Alfa Alfa.
11. Str.73, Ryc. 5.1. Na osi x powinny być odłożone dni a nie daty, tak jak na ryc. 5.4.

Wniosek końcowy

W podsumowaniu oceny rozprawy należy stwierdzić, że:

- praca dotyczy ważnego z punktu widzenia teorii obiegu węgla w przyrodzie i jego wpływu na zmiany klimatyczne, zagadnienia, jakim jest możliwość szacowania **przestrzennej** wartości emisji i sekwestracji dwutlenku węgla,

- z merytorycznego punktu widzenia praca charakteryzuje się wysokim poziomem naukowym, rzetelnością, wnikliwością i ma wyraźnie naukowy charakter. Bez wątpienia osiągnięcia prezentowane przez doktorantkę, metody pomiarowe jak i analiza wyników mają charakter pionierski, nie tylko w skali krajowej.

Oceniana rozprawa mgr inż. Bogny Uździeckiej spełnia wymogi ustawy z dnia 14 marca 2003 roku **o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w dziedzinie sztuki** z późniejszymi zmianami. Składam wniosek do Wysokiej Rady o dopuszczenie rozprawy doktorskiej mgr inż. Bogny Uździeckiej pt. *„Ocena zależności charakterystyk spektralnych od parametrów biofizycznych roślin uprawianych w różnych reżimach nawożenia ”* do publicznej obrony.

