

Prof. dr hab. Leszek Kuchar
Katedra Matematyki
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR. INŻ. JĘDRZEJA NYĆKOWIAKA
PT. "OCENA WYMIANY TLENKU DIAZOTU I DITLENKU WĘGLA NA GRUNTACH
ORNYCH WYBRANYCH REGIONÓW POLSKI"

(praca doktorska napisana pod opieką dra hab. Jacka Leśnego /promotor/ oraz
dra hab. Radosława Juszcza /promotor pomocniczy/
w Katedrze Meteorologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu).

Recenzję wykonano na zlecenie Dziekana Wydziału Melioracji i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu prof. dr hab. inż. Jolanty Komisarek (pismo WMIS-4000-8/2014 z dnia 15 września 2014 r.) w związku z decyzją Rady Wydziału o powołaniu na recenzenta w przewodzie doktorskim mgr inż. Jędrzeja Nyćkowiaka.

Przedstawiona do oceny praca doktorska obejmuje 82 strony maszynopisu, w tym 9 tabel, 29 rysunków oraz wykaz 174 pozycji literatury. Całość, poprzedzona jest spisem treści i podzielona jest na rozdziały obejmujące: Wstęp, Przegląd literatury, Cel pracy i zakres badań, Metodykę badań, Wyniki badań, Wnioski i Literaturę. W końcowej części pracy zamieszczono również spis symboli, rycin i tabel. Brak jest streszczeń w języku polskim i angielskim.

Recenzowana praca doktorska dotyczy oceny wymiany dwutlenku węgla (CO_2) i podtlenku azotu (N_2O) na terenach użytkowanych rolniczo dla dwóch regionów Polski przy zastosowaniu metody obliczeniowej proponowanej przez międzynarodowy zespół Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) oraz przy użyciu modelu LandscapeDNDC. Obie metody obliczania emisji podtlenku azotu oraz pochłaniania dwutlenku węgla wstępnie oceniono, a następnie zastosowano do badania zmienności obszarowej dla dwóch rozłącznych i różnych regionów kraju – Polski południowo-wschodniej oraz Polski środkowo-zachodniej. Wyniki szacowania pozwoliły na określenie średnich rocznych emisji N_2O i średniego rocznego pochłaniania CO_2 z hektara w Polsce za lata 1960-2009, porównanie wspomnianych regionów kraju oraz wskazanie zróżnicowania emisji i pochłaniania gazów dla różnych gatunków roślin.

Z badaniami naukowymi pana mgr. inż. Jędrzeja Nyćkowiaka w oparciu o które powstała recenzowana praca doktorska, miałem wcześniej okazję się zaznajomić – w trakcie licznych kontaktów z pracownikami Katedry Meteorologii Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, konferencji a także w czasie prowadzonych dyskusji.

W literaturze światowej nadal bardzo dużo uwagi poświęca się zagadnieniom potencjalnych zmian klimatu w kontekście emisji czy pochłaniania gazów. W szczególności dotyczy to gazów cieplarnianych takich jak dwutlenku węgla oraz podtlenku azotu. Ograniczenia emisji gazów są też przedmiotem dyskusji i decyzji polityków prowadzących do konkretnych postanowień. W efekcie, naturalnym stało się stworzenie prostych metod do szacowania emisji czy pochłaniania kluczowych gazów odpowiadających za efekt szklarniowy i możliwe ocieplenie klimatu. W ślad za prostymi metodami powstają bardziej skomplikowane metody i modele matematyczne, których celem jest precyzyjniejsze szacowanie wymiany masy i energii pomiędzy podłożem a atmosferą. Z wymienionych względów podjęcie tematu oceny wymiany dwutlenku węgla i podtlenku azotu na gruntach ornych w Polsce jest jak najbardziej celowe. Nie tylko ze względów matematycznego opisu skomplikowanego zjawiska fizycznego, ale także ważnego aspektu praktycznego – corocznej inwentaryzacji emisji zgodnie z Ramową Konwencją Narodów Zjednoczonych (UNFCCC), realizowaną przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE). Wybór do rozważań gruntów ornych, które stanowią około 1/3 powierzchni kraju i mają duży wpływ na emisję i pochłanianie obu gazów jest bardzo uzasadniony. Również, w przypadku CO₂, jako prosty element do bilansowania i oceny naturalnej sekwestracji węgla (Carbon Capture and Storage /CCS/) w przeciwieństwie do zaawansowanych i drogich technik geologicznej czy mineralnej.

Po wprowadzeniu do zagadnienia Autor dokonuje przeglądu literatury, zwracając uwagę na wagę problemu emisji i pochłaniania gazów cieplarnianych w aspekcie zmian klimatycznych. W rozdziale zamieszczone są liczne przykłady opisujące negatywne skutki wzrostu stężeń N₂O i CO₂ na świecie jako istotnych nie tylko w grupie gazów cieplarnianych, ale również wszystkich czynników antropogenicznych zmian klimatu. W dalszej części Autor rozprawy przedstawia zagadnienie modelowania emisji i pochłaniania gazów szklarniowych, charakteryzując wybrane modele spotykane w literaturze przedmiotu. Wskazuje na wybór modelu DNDC w wersji LandscapeDNDC jako najbardziej przydatnego w prowadzonych badaniach, przy równoległym użyciu metody wskazanej przez IPCC bazującej na danych statystycznych. Przegląd literatury potwierdza celowość podjętego tematu a także sensowność wyboru metod i modeli do przeprowadzenia badań.

W rozdziale 3 i 4 krótko sprecyzowano cel i zakres badań oraz dokładnie przedstawiono metodykę badań. Opisano metodologię IPCC, model LandscapeDNDC, metodę kalibracji modelu i sposób jego oceny. Model Landscape DNDC skalibrowano na polstkach eksperymentalnych przy wykorzystaniu pomiarów emisji podtlenku azotu, pochłaniania dwutlenku węgla przez rośliny na gruntach ornych w procesie fotosyntezy, oraz innych wielkości takich jak plony, dane termiczne i wilgotnościowe gleb, parametry meteorologiczne, glebowe, agrotechniczne, fenologiczne zebrane w latach 2002-2012 w RSD Brody. Odpowiednie charakterystyki pomiarów, opisy stanowisk badawczych i sekwencje prac polowych przedstawiono w tabelach.

Dodatkowo Autor opisał procedurę obliczania wielkości dwutlenku węgla pochłanianego przez rośliny w dwóch regionach kraju w okresie 1960-2009 i ekstrapolację wyników na teren całego kraju.

Przedstawione postępowanie na pewno należy do bardzo ciekawych i w wielu elementach nowatorskich. Bez wątplenia mające duże znaczenie naukowe. Oszacowanie parametrów modelu LandscapeDNDC można uznać za typowe i prawidłowe, chociaż nie znalazłem jej oceny na danych niezależnych (np. wykorzystania procedury Cross Validation). Można zatem odnieść wrażenie, że określenie kalibracja modelu może być nadużyte, ponieważ wiele oszacowań opartych jest na wiedzy eksperckiej, subiektywnej z uwzględnieniem znacznych uproszczeń. Moje zastrzeżenia w tej części pracy dotyczą miar charakteryzujących oceny modelu. Niektóre z nich albo są niewystarczające (spełniają jedynie warunek konieczny dobrego dopasowania modelu nie spełniając warunku dostatecznego – miara MB /średni błąd modelu/ wzór (10)) albo jak w przypadku znormalizowanego błędu średniokwadratowego NRMSE (wzór (7)) prowadzące do błędnego wnioskowania.

Decydując się na wzór (10) należałoby uzupełnić miary o średni błąd bezwzględny, natomiast wzór (7) tj. NRMSE najbezpieczniej wyeliminować. Niebezpieczeństwo jego zastosowania wynika z faktu dzielenia błędu średniokwadratowego RMSE (skądinąd bardzo użytecznego) przez wielkość średnią, która może być dowolnie bliska zera. W rezultacie NRMSE może rosnać do nieskończoności. Jeśli intencją autora było określenie błędu relatywnego w stosunku do wielkości pomiaru to istnieje cała grupa tego typu miar, którą można polecić. Dodatkowo, warto byłoby wyjaśnić istotę podstawowego w aproksymacji średniokwadratowej - błędu ME (wzór (9)) w kontekście stosowania wartości średniej (w modelu liniowym jest to kwadrat współczynnika korelacji wielokrotnej R^2 , który przy pewnych założeniach ma rozkład F-Snedecora; miara jest powszechnie przyjęta w aproksymacji i sugeruje, że warte rozważań są w tym przypadku jedynie takie modele, których przybliżenie jest lepsze niż wartość średnia z próby).

Przedstawiony indeks Willmotta jest bardziej liberalną miarą niż ME ze względu na sztucznie zwiększoną zmienność całkowitą (mianownik) i jego stosowanie naturalnie może być dyskutowane przez matematyków, skoro jest znakomita miara (R^2) oceniająca stopień wyczerpywania zmienności przez model. Dyskusja obu wzorów może być tutaj znacznie szersza i przed oddaniem pracy do druku uzupełniona i poprawiona.

Ta część pracy - określająca błędy metod - jest istotna, gdyż ich analiza decyduje o wartości ocenianych modeli i wpływa na decyzję czy modele te stosować.

Zasadniczą część pracy stanowi rozdział 5 – Wyniki i dyskusja. We wstępie do rozdziału Autor przeprowadza analizę bogatego materiału dokumentacyjnego zgromadzonego do badań. W szczególności, dobowe dane meteorologiczne dla stacji regionu A i B (opady, temperatury powietrza średnie, maksymalne i minimalne, prędkości wiatru – 5 zmiennych dla 13 stacji), dane dotyczące użytkowania terenu (nawożenie, struktury upraw, plony roślin) dla lat 1960-2009.

Charakterystyka materiału empirycznego (rozdział 5.1) dotyczącego analizy danych temperatury, ale też i opadów skłania do pytania czy wybór reprezentacyjnych stacji był zawsze właściwy skoro np. średnie roczne temperatury dla stacji dla regionów A.1 i B.5 odbiegają od pozostałych odpowiednio nawet do 1.5 C (tabela 4). W tym przypadku brak jest wyjaśnienia jakimi testami się posłużono dla porównań wielkości średnich i jakie przyjęto założenia o rozkładach prawdopodobieństwa zmiennych losowych, zwłaszcza sum opadów. Chociaż porównania regionów od strony klimatycznej nie uważam za konieczne to sam wybór zmiennych i parametrów do wspomnianych porównań może być dyskusyjny, zwłaszcza przez klimatologów (nie wspominam o metodach statystycznych czy innych metodach matematycznych jak np. analiza skupień). Zastrzeżenie dotyczy również dalszych porównań jak średnie plony, nawożenie mineralne, gdzie zdawkowo (głównie pod rysunkami) podano informację o istotnych różnicach lub korelacji zmiennych. Nie wiadomo jakie testy

stosowano, przy jakich założeniach, jakich rozkładach prawdopodobieństwa i czy metody wybrano właściwie. Praca nie rozrosłaby się za bardzo (liczy 82 strony), umożliwiłaby właściwą ocenę i wyeliminowałaby ryzyko błędnego wnioskowania, gdyby takie informacje zamieszczono.

Duże natomiast wrażenie w omawianym rozdziale robi ilość zgromadzonych danych dotyczących użytkowania terenu i ich analiza.

Jedną z najważniejszych części całej pracy jest dopasowanie i ocena modelu LandscapeDNDC do warunków Polskich. Opis znajduje się w rozdziale 5.4 Kalibracja modelu LandscapeDNDC.

Esencja badań to tabela 7. Gdyby przyjąć (zakładając złożoność procesu), że wystarczające są te przybliżenia, które są lepsze niż średnie wartości z próby, to pozytywnie należałoby ocenić szacowanie średnich dobowych temperatur gleby (są to dobre przybliżenia, choć w większości niedoszacowane) oraz wielkości plonów (te przybliżenia są dostateczne /z wyjątkiem poletka P4/; te z kolei przeszacowane). Natomiast w przypadku obliczania średnich dobowych zawartości wody w glebie oraz emisji podtlenku azotu przybliżenia z modelu są nie wystarczające. Trudno jest z całą pewnością stwierdzić czy jest to efekt złej kalibracji czy niedostatecznego opisu zjawiska w modelu. Satisfakcjonujące oszacowania temperatur i plonów, które są łatwiejsze do opisu niż wilgotność i emisja NO₂ wskazuje na niedopracowanie modelu. Z kolei średnie błędy oszacowań MB dla temperatur, zawartości wody w glebie i emisji podtlenku azotu (z wyjątkiem poletka P4) mogą sugerować nieprecyzyjną kalibrację. W takim przypadku dla dalszej oceny powinny być przedstawione rozkłady lub histogramy błędów (z wykresów wartości obserwowanych vs. szacowanych /rys. 14/ trudno jest jednoznacznie wnioskować).

W nawiązaniu do wcześniej komentowanych miar dopasowania, wyliczonych i zamieszczonych w tabeli 7 stwierdzam, że najbardziej właściwe jest użycie miary ME (określającej stopień wyczerpywania zmienności całkowitej), podanie wartości miar MB ma jedynie charakter pomocniczy tak jak R^2 określającą zależność liniową pomiędzy wielkościami mierzonymi (y_{obs}) i szacowanymi (x_{est}). Autor powinien być świadomy faktu, że nawet bliskie 1 wartości R^2 mogą być obciążone dużymi błędami np. systematycznymi, dyskwalifikującymi metodę /dla przykładu wszystkie punkty leżą na prostej $y_{obs} = 2x_{est}$, $R^2=1$, a wszystkie wartości są dwukrotnie niedoszacowane/. Mylące może być stosowanie miary I – Willmotta, gdyż zawyża ona ocenę dopasowania modelu o czym wcześniej wspomniano (wymaga wyjaśnienia i sprawdzenia czy wartości dla miary I zostały wyliczone poprawnie). Wątpliwe jest i bardzo bym odradzał, stosowanie miary NRMSE.

Lepiej można ocenić symulacje i analizę wyników emisji podtlenku azotu dla roku 2012, przedstawione w dalszej części rozdziału. W tym przypadku widoczna jest niekonsekwencja Autora przy ocenie symulacji: stosuje bowiem ocenę w postaci błędu relatywnego (s.44) wcześniej nie używając jej i nie definiując (jest najprostszą i łatwą w interpretacji). Podobnie jak wcześniej w większości symulacje są niedoszacowane przez model.

Moją dużą wątpliwość budzą konstrukcje przedziałów ufności (tak je nazywa Autor) średnich rocznych emisji (rys. 16). Nie wiadomo jak zostały wyznaczone i w oparciu o jakie i czy słuszne założenia.

Zdając sobie sprawę z trudności konstrukcji modelu emisji podtlenku azotu opartego na procesach biogeochemicznych, zawłości w opisie interakcji procesu, po mimo niesatisfakcjonujących często przybliżeń uważam, że jest sens stosowania modelu LandscapeDNDC w większej skali w okresie zagregowanym. Z faktu tego zdaje sobie sprawę tak Autor rozprawy jak i autorzy modelu.

Ciekawą i praktyczną częścią rozdziału 5 jest wyliczenie emisji w wybranych regionach Polski w latach 1960-2009 przy pomocy dwóch metod: procedury IPCC i wcześniej

stosowanego modelu LandscapeDNDC. Obliczenia wykonano przy pewnych założeniach, które umożliwiło realizację zadania. Można tu zrozumieć pewne restrykcje dla realizacji zadania (zastosowanie tych samych parametrów dla roślin i systemów uprawy). Wymaga jednak wytłumaczenie (tabela 9) dużych różnic pomiędzy plonami z GUSu a modelowanymi, ocena przy pomocy wcześniejszych miar (w szczególności ME), sposobu konstrukcji przedziału ufności oraz rozróżnienia zależności: plony obserwowane – plony szacowane (współczynnik korelacji R) od dopasowania modelu.

Rozdział 5 kończy część poświęconą pochłanianiu dwutlenku węgla przez rośliny w procesie syntezy wyznaczona dla lat 1960-2012 i wygranych regionów Polski. Podobnie jak we wcześniejszym rozdziale Autor posługuje się modelem LandscapeDNDC oraz procedurą IPCC. W tym przypadku Autor uzyskał lepsze wyniki symulacji, zbieżne dla obu metod.

Jako słabszą stronę głównego rozdziału i całej pracy widzę niedopracowane elementy statystyki: testy na porównywanie wartości średnich, konstrukcje przedziałów ufności, brak testów współczynników korelacji liniowej. Poprawa tego elementu wpłynęłaby z pewnością na podwyższenie wartości pracy.

Badania przedstawione w tej części pracy doktorskiej uważam za ciekawe, chociaż w przyszłości należałoby potwierdzić jeszcze uzyskane wyniki (powtórnie ocenić wybrane wyniki). Widzę również możliwości i przyszłość w modelowaniu emisji podtlenku azotu jak również pochłaniania dwutlenku węgla przy pomocy modelu LandscapeDNDC.

Przesłana do oceny praca doktorska mgr inż. Jędrzeja Nyckowiaka pt. „Ocena wymiany tlenu diazotu i ditlenku węgla na gruntach ornych wybranych regionów Polski” przedstawia wyliczenia wielkości emisji podtlenku azotu oraz pochłaniania dwutlenku węgla w okresie lat 1960-2009 dla dwóch regionów w Polsce wraz z ekstrapolacją na teren całego kraju przy pomocy dwóch metod obliczeniowych.

Praca wskazuje na dużą potrzebę modelowania zjawiska i doskonalenia obliczeń wielkości emisji i pochłaniania obu gazów. Przeprowadzone badania umożliwiają także zastosowanie ich dla prowadzenia oszacowań w skali kraju dla potrzeb inwentaryzacji emisji, jej monitorowania oraz wspomagania decyzyjnego. Dają (wspomagają) niezależny obraz zmian w emisji/pochłanianiu obu gazów w okresie od roku 1960 dla oceny i weryfikacji różnych scenariuszy, umożliwiają szacowanie ryzyka zmian gazów cieplarnianych oraz dają wskazówki co do rejonizacji i ‘polityki klimatycznej kraju’ - tym samym praca wnosi wkład w modelowanie wymiany gazów szklarniowych pomiędzy podłożem a atmosferą i jego zastosowanie do badań efektów zmian klimatu.

Praca ma charakter nowatorski ze względu na zastosowanie zaawansowanego narzędzia do opisu zjawiska i po mimo znacznych niedoskonałości zastosowanego modelu LandscapeDNDC oceniam ją pozytywnie. Sądzę, że badania powinny być kontynuowane a modelowanie doskonalone. Sugerowałbym także wzbogacenie metod służących ocenie modelu, w tym badanie i konstrukcje rozkładów błędów.

Przedstawione badania wskazują na wagę problemu a także konieczność prowadzenia i kontynuowania obserwacji polowych dla zapewnienia danych wymaganych dla kalibracji modeli i tym samym zagwarantowania prawidłowej ich oceny.

Praca napisana jest rzetelnie, w większości poprawnym, fachowym językiem chociaż można dyskutować w niektórych miejscach z użytymi sformułowaniami. Wnioski przedstawiono jasno; można się z nimi zgodzić z wyjątkiem dyskusyjnego wniosku czwartego w kolejności i dotyczącego dobrej oceny modelu LandscapeDNDC. Strona edycyjna wykonana jest bez zarzutu: tabele i rysunki wykonane są starannie a tekst jest przejrzysty. Oprócz

przedstawionych uwag w pracy dostrzegłem trochę drobnych błędów o których poinformowałem Panów promotora i doktoranta osobiście.

W moim przekonaniu rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone przez Ustawę o Stopniach i Tytułach Naukowych oraz Stopniach i Tytułach w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami w Dz. U. z 2005 r., Nr 164, poz. 1365) i w związku z powyższym wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Jędrzeja Nyckowiaka do publicznej obrony.

Treść rozprawy kwalifikuje Kandydata do ubiegania się o stopień doktora nauk rolniczych w zakresie dyscypliny naukowej kształtowanie i ochrona środowiska.

Wrocław, 6.11.2014

L. Kudus