

Warszawa, 4 listopada 2024 r.

Dr hab. Stanisław Samborski, prof. SGGW
Instytut Rolnictwa, Katedra Agronomii
Szkola Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr Anny Doroty Jędrejek pt. ***„Przydatność satelitarnych zdjęć radarowych i wielospektralnych misji Sentinel do modeli zagrożenia wybranych roślin suszą rolniczą w Polsce”***

wykonanej w Instytucie Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowym Instytucie Badawczym, Zakładzie Biogospodarki i Analiz Systemowych, pod opieką naukową promotora – dr hab. Rafała Pudełko i promotora pomocniczego – dr hab. inż. Jana Jadczyszyna.

Recenzję wykonano na zlecenie Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego, zgodnie z uchwałą nr 79/IUNG-PIB/2024, podjętą w dniu 23 września 2024 r.

Ocena zakresu problematyki badawczej i celu badań

Susza występująca na terenach rolniczych i przynosząca straty w plonowaniu roślin jest zjawiskiem powszechnym i zapewne obserwowanym odkąd tylko człowiek zaczął uprawiać rośliny. Postęp technologiczny umożliwia wykorzystanie nowych metod, które pozwalają na coraz dokładniejszą ocenę: terminu, nasilenia i zasięgu występowania suszy. Jednak bardzo duża liczba czynników, poza niedoborami wody, które potencjalnie również wpływają na plonowanie roślin sprawia, że ocena wpływu samej suszy na plon jest bardzo trudna. Ponadto naziemna ocena wizualna, do niedawna powszechnie używana w naszym kraju do oceny skutków suszy na polach uprawnych, jest bardzo subiektywna i również obciążona wpływem innych czynników, poza niedoborami wody, na plon roślin. Metody teledetekcyjne pozwalają na zdalną ocenę dużej wielkości obszarów w tym samym czasie, także pod względem zróżnicowania stanu łanu roślin wywołanego niedoborami wody. Satelity Europejskiej Agencji Kosmicznej umożliwiają pozyskiwanie nieodpłatnych obrazów dla tych samych obszarów Ziemi, z bardzo dobrą rozdzielczością czasową i przestrzenną, wykorzystując zarówno sensory aktywne (Sentinel-1), jak i pasywne (Sentinel-2). Prowadzony u nas w kraju System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR), pozwala na określenie nasilenia występowania suszy w odstępach 10-dniowych dla terenu całego kraju. Jednak w ostatnich latach zarzucano temu systemowi niewystarczającą dokładność i subiektywność oceny.

Dlatego też podjętą przez Autorkę pracy doktorskiej tematykę badań uważam za ciekawą i uzasadnioną nie tylko względami naukowymi, ale również wynikającą z pilnej potrzeby dokonania oceny przydatności satelitarnych zdjęć radarowych i wielospektralnych misji Sentinel do ulepszenia obecnego SMSR, dla wybranych roślin uprawianych w naszym kraju.

Formalna ocena pracy

Oceniana praca doktorska jest zbiorem trzech powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w anglojęzycznych czasopismach, o łącznej sumie punktów według wykazu MEiN obowiązującego w roku wydania pracy – 340 oraz łącznej wartości wskaźnika *Impact Factor* według listy *Journal of Citation Report*, zgodnie z rokiem opublikowania – 12,357. Do pracy doktorskiej załączono podpisane oświadczenia doktoranta i współautorów trzech ww. publikacji o procentowym udziale poszczególnych autorów w przygotowaniu tych artykułów. Udział Doktorantki w przygotowaniu kolejnych artykułów był dominujący i wyniósł 70%, 75% oraz 80%. Syntezę tych publikacji zamieszczono w rozprawie doktorskiej, w języku polskim, w formie ośmiu rozdziałów: wprowadzenie i przegląd literatury, cele pracy i hipoteza badawcza, materiały i metody badawcze, wyniki badań, dyskusja, wnioski, literatura. Rozdział ósmy to załączniki: pełne teksty zbioru trzech artykułów, wykaz pozostałych publikacji naukowych, oświadczenia promotora, promotora pomocniczego oraz autora rozprawy doktorskiej. Ponadto rozprawa doktorska zawiera spisy rysunków oraz tabel i wykaz skrótów, jak również streszczenie w języku polskim i angielskim. Spis literatury obejmuje łącznie 134 pozycje literatury, w tym akty prawne i strony internetowe. Wyniki badań opisane bardzo przystępnym językiem, przedstawiono w 4 tabelach oraz na 17 rysunkach. Praca jest bardzo dobrze przygotowana pod względem edytorskim, bardzo nieliczne literówki, zaznaczyłem w jej tekście.

Ocena merytoryczna pracy

Rozdział **wprowadzenie i przegląd literatury** obejmuje sześć podrozdziałów. W pierwszym z nich Autorka zdefiniowała etapy suszy: atmosferycznej, rolniczej, hydrologicznej i hydrogeologicznej, opisała problem występowania suszy rolniczej w Polsce i jej wpływ na plonowanie roślin. Następnie określiła jakie działania podejmowane są w naszym kraju w celu monitorowania oraz ograniczania skutków suszy, opisując jakie instytucje państwowe, w tym rolę IUNG-PIB w Puławach, są odpowiedzialne za poszczególne działania. Rozwiązaniem łączącym w sobie wiele baz danych i aplikacji jest SMSR, który zdaniem Autorki wymaga ulepszeń z wykorzystaniem teledetekcji. W kolejnych podrozdziałach Doktorantka opisała: 1) możliwości wykorzystania teledetekcji do oceny stanu upraw, 2) wsparcie oferowane rolnikom przez instytucje nadzorowane przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi, w zakresie zapobiegania i łagodzenia wpływu różnych czynników na plonowanie roślin, 3) systemy monitorujące zagrożenie suszą w Polsce i Czechach, 4) zagadnienie matematycznego modelowania zjawisk przyrodniczych. W ostatnim podrozdziale Autorka sformułowała swoją wizję rozwoju systemu monitorowania suszy rolniczej w Polsce. Natomiast w ostatnim akapicie tego podrozdziału Doktorantka stwierdziła, że cyt. „Zostanie opracowana ujednolicona metoda zbierania danych in-situ, która pozwoli na pozyskanie spójnych danych w całej Polsce”. Zatem moje pytanie brzmi: *Na jakim etapie jest*

obecnie budowa systemu zbierania danych in-situ, i jakie dane zbierane w gospodarstwach obejmuje?

Na początku rozdziału **Cele pracy i hipoteza badawcza**, Autorka określiła przyczynę podjęcia badań, które stały się podstawą przygotowania rozprawy doktorskiej. Uzasadnienie to jest bardzo krótkie, ale moim zdaniem wystarczające, ponieważ wyczerpującą argumentację podano w ostatnim podrozdziale wprowadzenia i przeglądu literatury, zatytułowanym: *Perspektywy rozwoju monitorowania suszy rolniczej*. Następnie Doktoranta bardzo zrozumiale sformułowała jeden cel pracy. Zatem tytuł ww. rozdziału powinien brzmieć: *Cel pracy i hipoteza badawcza*. Zamieszczony w tym samym rozdziale dodatkowy krótki opis tematyki badań przedstawionej w trzech powiązanych tematycznie artykułach naukowych, jest bardzo dobrym wprowadzaniem do części pracy, w której opisano wyniki badań.

W kolejnym, odrębnym rozdziale Doktoranta w sposób spójny, ale bardzo zrozumiały sformułowała hipotezę badawczą.

Zamieszczony w rozdziale **Materiały i metody badawcze** opis metod badań jest na tyle szczegółowy, że daje czytelnikowi pełne wyobrażenie o sposobie prowadzenia badań, wykorzystanych metodach i oprogramowaniu użytym do analiz, co pozwoliłoby na powtórzenie identycznych doświadczeń przez innych badaczy.

Do analiz, na potrzeby przygotowania 1. i 2. artykułu naukowego, wykorzystano dane pozyskane z pól uprawnych obsianych pszenicą ozimą, w województwie zachodniopomorskim, w roku 2021. Natomiast dane pozyskane dla pól Rolniczego Zakładu Doświadczalnego (RZD) Baborówko IUNG-PIB, obsianych kukurydzą w roku 2020, posłużyły jako materiał do analiz, których wyniki opisano w artykule nr 3.

Obszar badawczy obejmował w przypadku pierwszego artykułu naukowego 5 725 działek rolnych zlokalizowanych w woj. zachodniopomorskim, o łącznej powierzchni około 61 tys. ha, zgłoszonych przez rolników do ubiegania się o odszkodowanie z tytułu wystąpienia suszy rolniczej. W przypadku drugiego artykułu, było to 21 850 działek rolnych o powierzchni około 108 tys. ha, które objęte zostały SMSR, w tym samym województwie. Tak duża liczebność próby jest dużym atutem tych badań, co pozwoliło Autorce uniknąć, dość często spotykanego zarzutu, jakim jest niereprezentatywność próby w odniesieniu do badanej populacji.

Źródłem danych do trzeciego artykułu były cztery pola z uprawą kukurydzy o łącznej powierzchni ponad 100 ha, zlokalizowane na terenie RZD Baborówko. Na stronie 44 Autorka podała informację, cyt.: „Na badanym obszarze nie występuje IV kategoria - najbardziej odporna na suszę”. Czy zatem nie było uzasadnionym, wykorzystując dużą bazę badawczą IUNG-PIB w Puławach, wykonanie podobnych analiz dla pól położonych w różnych regionach Polski?

Na rysunku nr 5 (str. 38), Autorka przedstawiła modele SMSR potencjalnych strat plonów pszenicy ozimej w zależności od okresu raportowania i kategorii podatności gleb na suszę. Czy mógłbym prosić o krótką informację czy Autorka proponowałby jakieś aktualizacje tych modeli?

Niedociągnięcia dotyczące metodyki badań odnoszą się do następujących zagadnień:

- na stronie 40. nie podano informacji o tym iż obliczano również wskaźnik będący ilorazem wskaźników VH i VV, o którym jest mowa m. in. na stronie 43.,
- również na stronie 40. użyto określenia „indeksów wegetacji roślin”, bardziej poprawnym wydaje się określenie – „wskaźników roślinnych”, które jest poprawnym tłumaczeniem angielskiego określenia – *vegetation indices*,
- na stronie 41., użyto sformułowania: „(...) badane zbiory danych”. Domyślam się, że Autorka miała na myśli zbiory danych wskaźników roślinnych,
- na stronie 42. użyto określenia „obliczono mapy wskaźników NDVI”, a powinno raczej być: „wykonano mapy wskaźnika NDVI”, (ta sama uwaga dotyczy ostatniego zdania na stronie 53.) W następnym zdaniu na str. 42., Autorka użyła określenia „maski ESA”. *Czy chodziło o filtr, który pozwala wybierać do ściągnięcia z serwera tylko zobrażenia o określonej jakości?*

Na stronie 43. Doktorantka podała bardzo ważną informację o eliminowaniu odstających wartości wskaźników roślinnych, przy użyciu MAD, czyli medianowego odchylenia bezwzględnego. Zatem mam pytanie: *Na jakiej podstawie możemy stwierdzić, że przycięcie danych przy użyciu wartości MAD wyeliminowało wartości odstające wskaźników roślinnych, spowodowane innymi czynnikami, np. wystąpieniem agrofagów lub niewłaściwą uprawą, a nie eliminowało wartości odstających powstałych pod wpływem oddziaływania suszy na rośliny?*

Wyniki badań opisano w trzech podrozdziałach, których tytuły nawiązują do trzech artykułów składających się na zbiór publikacji. Opis wyników badań wykonano w sposób bardzo spójny, zwracając uwagę tylko na istotne obserwacje i zależności, poczynione w oparciu o wyniki analiz statystycznych. Kilka zagadnień opisanych przez Doktorantkę wzbudziło moją ciekawość i prosiłbym o informacje uzupełniające wiedzę w tym zakresie.

W podrozdziale 4.1.: *Zobrazowania satelitarne narzędziem do weryfikacji strat spowodowanych suszą deklarowanych przez rolników*, na rysunku nr 6. przedstawiono porównanie strat deklarowanych przez rolników, ze stratami szacowanymi przez SMSR dla działek rolnych z pszenicą ozimą w województwie zachodniopomorskim. *Czy na obecnym etapie rozwijania SMSR jest możliwe wykonanie takich porównań dla pozostałych województw w krótkim czasie?*

W tym samym podrozdziale na stronie 47 użyto sformułowania: „System nie uwzględnia innych czynników warunkujących wysokie plonowanie tj. ekstremalne zjawiska pogodowe (np.: grad, deszcze nawalne, fale upałów)”. *Czy ww. zjawiska mogą przyczynić się do zwiększenia plonów roślin?*

Opisując wyniki (str. 50), przedstawione na rysunku 11C (str. 51.), Autorka stwierdziła, że „funkcje rozwoju VH przecięły się”. Przypuszczam, że Doktorantka miała na myśli przecięcie się krzywych obrazujących zmiany wartości wskaźnika VH dla pszenicy uprawianej w warunkach stresu i bez stresu wodnego. Jednak wartościowym byłoby podjęcie przez Autorkę próby

wyjaśnienia tego zjawiska z fizycznego punktu widzenia, bazując na morfologii i stadiach rozwojowych pszenicy.

Na stronie 53., Autorka użyła sformułowania, cyt.: „Jednak w czasie kluczowym dla rozwoju ziarniaków BBCH 5 – BBCH 79 suma opadów wyniosła tylko 25 mm (0,7 mm/dzień)”. Stadium BBCH 5 (tj. korzeń zarodkowy wyrasta z ziarniaka), nie jest etapem w rozwoju rośliny kukurydzy gdy już rozwijają się ziarniaki. Proces tworzenia się ziarna ma miejsce od stadium BBCH 71 – rozwój ziarniaków. Natomiast rozwój wiechy i kolby jest już zapoczątkowany, jak również liczba rzędów ziarniaków w kolbie jest określona, gdy roślina kukurydzy w pełni wykształci 5 liści.

Rysunek 15B (str. 55), przedstawia w sposób bardzo czytelny dużo większe zróżnicowanie kategorii podatności gleb na suszę niż na rysunku 15A, co uznaje za dużą zaletę wykorzystania zobrazowań z satelity Sentinel-2 do uszczegółowiania map ww. kategorii w skali 1:25 000. Jednak w opisie tego rysunku brakuje informacji, że podstawą takiej poprawy uszczegółowienia mapy, były zdjęcia z satelity Sentinel-2, o rozdzielczości 10m x 10m.

W rozdziale **dyskusja** Autorka podjęła udaną próbę uzasadnienia i interpretacji uzyskanych wyników badań oraz skonfrontowała je z wynikami innych badaczy. Rozdział ten nie zawiera podrozdziałów, ale dyskusja jest prowadzona w logicznej kolejności, czyli tej samej co opis wyników badań. Ponadto Doktoranta umiejętnie formułuje uogólnienia wyników uzyskanych na podstawie różnych analiz statystycznych. Jednak w przypadku powoływania się na wyniki badań dostępne w literaturze, moim zdaniem, Autorka zbyt ogólnie podaje przykłady takich wyników badań i na stronie 58 używa sformułowania, cyt.: „W dostępnej literaturze można znaleźć wiele przykładów skutecznego zastosowania teledetekcji satelitarnej (...)”. Bardziej wartościowym byłoby skonfrontowanie wyników badań innych autorów, z obserwacjami własnymi. Powoływanie się na wyniki badań wykonanych w Etiopii (pozycja literatury nr 109), wydaje się nieadekwatne do praktyk rolniczych stosowanych w naszym kraju.

Próbie interpretacji wskaźników obliczonych na podstawie danych radarowych z satelity Sentinel-1, uważam za jedno z osiągnięć tej pracy doktorskiej. *Czy zdaniem Autorki jest możliwe opracowanie zakresów optymalnych ww. wskaźników dla różnych gatunków roślin i różnych stadiów rozwojowych? Czy pomiary tych wskaźników dla możliwie jednolitych obszarów pól, pod względem podatności gleb na suszę, obsianych jednym gatunkiem rośliny, mogłyby pomóc w opracowaniu takich zakresów i ich interpretacji?*

Na stronie 59., Autorka stwierdziła, cyt.: „pewnym mankamentem satelitów Sentinel-1 jest to, że dostarczają tylko obrazów podwójnie spolaryzowanych (VV, VH), a nie w pełni polarymetrycznych (HH, VV, HV, VH), przez co nie dostajemy pełnego opisu właściwości rozpraszających, odbijających i depolaryzujących badanych obiektów”. *Czy mógłbym prosić o wyjaśnienie określeń: obraz podwójnie spolaryzowany i w pełni polametryczny oraz odniesienie tych terminów do zastosowań rolniczych?*

Na stronie 60., Doktorantka stwierdza, że: cyt.: „Stworzone modele mogą też wskazać rolnikom ewentualne zaniedbania w sposobie uprawy lub niedostosowanie agrotechniki do ryzyka

wystąpienia suszy rolniczej w danym regionie”. Czy mogłaby Pani podać przykłady jak ww. modele mogłyby wspierać rolników w zakresie stosowania zabiegów agrotechnicznych, które ograniczałyby negatywny wpływ suszy na plonowanie roślin?

W rozdziale **Wnioski** sformułowane przez Autorkę pięć wniosków odnosi się w zrozumiały sposób do założonego celu badań i postawionej hipotezy badawczej. Aczkolwiek druga część wniosku piątego jest moim zdaniem tylko przypuszczeniem, że teledetekcja może także zostać wykorzystana jako narzędzie do oceny efektów wprowadzanych zabiegów agrotechnicznych. Autorka przetwarzała dane z satelitów Sentinel-1 i Sentinel-2, dla bardzo licznej populacji pól uprawnych, o zapewne bardzo różnej agrotechnice, ale nie uwzględniała różnicowania tych zabiegów w swoich analizach.

Do głównych osiągnięć badawczych Pani mgr inż. Anny Jędrejek zaliczam:

- ✓ zweryfikowanie wielkości strat spowodowanych suszą rolniczą, deklarowanych przez rolników w woj. zachodniopomorskim, w oparciu o zobrazowania z satelity Sentinel-2 i dane z SMSR,
- ✓ zbudowanie modeli przedstawiających, w sposób pośredni (gdyż dane z satelitów Sentinel-1 i 2, nie były kalibrowane w oparciu o naziemne pomiary polowe roślin, ocenę stadiów rozwojowych), wzrost i rozwój pszenicy ozimej na bazie wskaźników wyliczonych w oparciu o dane zarejestrowane zarówno przez sensory aktywne jak i bierne, jak również próbę interpretacji ww. wskaźników,
- ✓ opracowanie metodyki uszczegółowienia map podatności gleb na suszę w Polsce, w oparciu o zobrazowania z satelity Sentinel-2.

Przedstawione w recenzji krytyczne uwagi mają częściowo charakter dyskusyjny i sądzę, że zostaną uwzględnione przy przygotowaniu prezentacji i autoreferatu oraz staną się, w kilku przypadkach, przyczynkiem do polemiki naukowej w trakcie obrony pracy doktorskiej.

W podsumowaniu stwierdzam, że przedstawiona do recenzja praca doktorska mgr inż. Anny Doroty Jędrejek pt. „Przydatność satelitarnych zdjęć radarowych i wielospektralnych misji Sentinel do modeli zagrożenia wybranych roślin suszą rolniczą w Polsce” spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 13 Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz.U. nr 65, poz. 595) z późniejszymi zmianami. Zatem wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowego Instytutu Badawczego, o dopuszczenie mgr inż. Anny Doroty Jędrejek do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Dr hab. Stanisław Samborski, prof. SGGW

