Prof. dr hab. inż. Waldemar Kamiński
Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska
Katedra Geodezji
ul. Gabriela Narutowicza 11/12
81-234 Gdańsk

Olsztyn 3.01.2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Mai Michałowskiej

pt. „*Wsparcie procesów inwentaryzacji roślinności w sektorze energetycznym przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii*"

1. Podstawa formalna sporządzenia recenzji

Niniejsza recenzja została sporządzona na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport dr. hab. inż. Jacka Rapińskiego, prof. UWM, nr WG.IGIB.5201.1.2023 z dnia 24.10.2023 roku oraz załączony egzemplarz rozprawy doktorskiej.

2. Ocena formalna

Praca doktorska mgr inż. Mai Michałowskiej napisana jest w formie klasycznej monografii naukowej. Dysertacja będąca doktoratem wdrożeniowym ma typowy układ i obejmuje 115 stron. Składa się ze: spisu treści, streszczenia w języku polskim i angielskim, wykazu stosowanych oznaczeń i skrótów, wprowadzenia, ogólnych informacji dotyczących doktoratu wdrożeniowego wraz z opisem problemów technologicznych, celów i hipotez badawczych, przeglądu literatury, części doświadczalnej dotyczącej rozwiązania problemów badawczych oraz wniosków i bibliografii. Promotorem rozprawy doktorskiej jest dr hab. inż. Jacek Rapiński, prof. UWM, promotorem pomocniczym dr inż. Joanna Janicka z Katedry Geodezji, opiekunem pomocniczym mgr inż. Robert Ziem z przedsiębiorstwa Vimap sp. z o.o.

Głównym celem rozprawy było opracowanie wysoko dokładnych procedur umożliwiających określanie lokalizacji pni drzew oraz identyfikacji ich gatunków i typów w oparciu o dane pozyskane z pomiarów technologią skaningu laserowego. W rozdziale 1. Doktorantka krótko zaprezentowała firmę Vimap oraz przedstawiła wynikające z potrzeb rynku problemy technologiczne firmy dotyczące wskazywania lokalizacji drzew, jak również automatyzacji procesu określania ich gatunków i typów. W oparciu o zdefiniowane wyżej problemy technologiczne sformułowała cel główny pracy doktorskiej, cele szczegółowe oraz postawiła dwie hipotezy badawcze, w następującej postaci:

„- automatyczne określenie lokalizacji pnia drzew pierwszych rzędów pasa technologicznego linii energetycznej jest możliwe przy wykorzystaniu danych z akwizycji systemem Vimap,

- automatyczne określenie typu drzewa oraz gatunku z dokładnością lepszą niż 85% jest możliwe przy wykorzystaniu danych z akwizycji systemem Vimap".

Cel pracy i postawione hipotezy badawcze są jasne, nie budzą wątpliwości. W rozdziale 2. pracy doktorskiej mgr inż. Maja Michałowska dokonała przeglądu literatury przedmiotu w kontekście detekcji drzew oraz klasyfikacji ich gatunków i typów z wykorzystaniem technik teledetekcji. Realizację celów szczegółowych prowadzących do weryfikacji hipotez badawczych Doktorantka opisała w dwóch kolejnych rozdziałach. W rozdziale 3. zaprezentowała teoretyczno – empiryczne analizy dotyczące weryfikacji pierwszej hipotezy, a tym samym realizację pierwszego celu szczegółowego. Rozdział ten powstał w oparciu o opublikowaną wcześniej współautorską pracę Doktorantki i jej promotorów. Badania weryfikujące drugą hipotezę, a tym samym realizację 2. celu szczegółowego są treścią rozdziału 4. Wnioski wypływające z przeprowadzonych badań są treścią rozdziału 5. Cytowana w rozdziale 6. literatura naukowa wykorzystana w niniejszej pracy jest aktualna i odpowiednio reprezentuje jej tematykę.

3. Ocena merytoryczna

Rozwiązanie pierwszego celu szczegółowego sformułowanego w postaci „opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap" jest treścią rozdziału 3. Jak napisała mgr inż. Maja Michałowska na str. 32 rozprawy doktorskiej proponowane rozwiązanie celu szczegółowego „zostało szeroko opisane i opublikowane w artykule naukowym Michałowska i in. 2023", (Maja Michałowska, Jacek Rapiński, Joanna Janicka, Tree position estimation from TLS data using Hough transform and robust least – squares circle fitting", Remote Sensing Applications: Society and Environment, 29 (2023), Accepted 26 October 2022, Available online 4 November 2022, https://doi.org/10.1016/j.rsase.2022.100863). Wynika stąd wniosek, że przedstawione w pracy doktorskiej teoretyczno – empiryczne analizy dotyczące rozwiązania celu szczegółowego nr 1 zostały już opisane we wspomnianej wyżej pracy. Świadczą o tym, także liczne odwołania umieszczone w tekście rozprawy doktorskiej do wspominanego już opracowania współautorskiego. Liczne podobieństwa pomiędzy tymi opracowaniami oraz brak informacji o indywidualnym wkładzie Doktorantki w powstanie współautorskiej pracy, uniemożliwiają mi dokonanie bezstronnej i wiarygodnej oceny indywidualnego wkładu naukowego mgr inż. Mai Michałowskiej, a tym samym obiektywnej oceny przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej. W związku z powyższym uzasadnieniem nie mogę uznać zgodnie z art. 187, ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, przedstawionych w doktoracie analiz dotyczących rozwiązania celu szczegółowego nr 1, jako oryginalnego rozwiązania w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych.
W rozdziale 4. Doktorantka przedstawiła problematykę rozwiązania celu szczegółowego nr 2 sformułowanego w postaci „opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap". Badania przeprowadziła celem weryfikacji drugiej, sformułowanej w pracy doktorskiej hipotezy. W ramach przeprowadzonych teoretyczno – empirycznych analiz mgr inż. Maja Michałowska zaproponowała algorytm realizujący proces automatycznego określania typu oraz gatunku drzewa. W algorytmie wykorzystała platformę ML.NET obsługującą technikę głębokiego uczenia umożliwiającą bardziej złożone klasyfikacje danych. Do klasyfikacji obrazów wykorzystała Resztkową Sieć Neuronową (ResNet-50). Badania praktyczne weryfikujące założenia teoretyczne przeprowadziła w dwóch eksperymentach wykorzystujących rzeczywiste wyniki obserwacji. W eksperymencie I do stworzenia modelu służącego do klasyfikacji gatunków drzew zastosowała zobrazowania pionowe i ukośne w barwach naturalnych RGB. Utworzyła modele klasyfikujące dwa gatunki drzew: sosnę oraz świerk. Realizując walidacje klasyfikacji gatunków modelem wykorzystującym zobrazowania pionowe otrzymała: dokładność klasyfikacji sosny 87.5%, dokładność klasyfikacji świerku

92.5% oraz ogólną dokładność 90.2%. Modelem wykorzystującym połączone zobrazowania pionowe i ukośne uzyskane dokładności wynoszą odpowiednio klasyfikacji: sosny 92.5%, świerku 95.2% oraz ogólna dokładność 93.9%. Do weryfikacji uzyskanych dokładności Doktorantka zastosowała dwa modele utworzone z innych struktur wykorzystywanych w przetwarzaniu obrazów, a mianowicie: InceptionV3 oraz MobileNetV2. Stosując sieć InceptionV3 uzyskała następujące dokładności klasyfikacji: sosny 85.0%, świerku 80.9% oraz ogólną dokładność 82.9%. Natomiast wykorzystując sieć MobileNetV2 uzyskane dokładności wynoszą odpowiednio klasyfikacji: sosny 77.5%, świerku 85.7% oraz ogólna dokładność 81.7%. Otrzymane wyniki świadczą, że zaproponowanym przez Doktorantkę algorytmem uzyskuje się wyższe dokładności klasyfikacji. Z przedstawionej w rozprawie doktorskiej literatury przedmiotu wynika, że uzyskiwane metodami głębokiego uczenia dokładności klasyfikacji drzew należą do przedziału od 80.0% do 92.6%. Otrzymane przez Doktorantkę dokładności są zatem wyższe. Stąd wniosek, że założenia teoretyczne zaproponowanej technologii uzyskały swoje praktyczne potwierdzenie. W eksperymencie II mgr inż. Maja Michałowska wykorzystała zobrazowania pionowe i ukośne RGB i pionowe CIR (zdjęcia spektrostrefowe, zdjęcia barwne w podczerwieni). Weryfikowała możliwość identyfikacji trzech gatunków drzew: brzozy, sosny i świerku, a także dwóch typów drzew: liściaste, iglaste z dokładnością większą od 85%. Wygenerowała dwa modele klasyfikacji gatunków i typów drzew. Jeden utworzony w barwach rzeczywistych RGB drugi utworzony w oparciu w model zdjęć RGB i podczerwieni CIR. Wykorzystując technologię z eksperymentu I przeprowadziła analizy danych pozyskanych w eksperymencie II. Rezultaty obliczeń dotyczących dokładności klasyfikacji gatunku drzew potwierdzają wysokie dokładności uzyskane w eksperymencie I, i wynoszą odpowiednio:

- w modelu RGB klasyfikacji: brzozy 89.3%, sosny 92.9%, świerku 97.3%, oraz ogólna dokładność 93.2%,
- w modelu RGB-CIR dokładność klasyfikacji: brzozy 94.6%, sosny 93.4%, świerku 93.8%, ogólna dokładność 94.6%.

Natomiast w weryfikacji klasyfikacji typu drzew Doktorantka otrzymała następujące dokładności:

- w modelu RGB w klasyfikacji: drzew liściastych 89.3%, drzew iglastych 97.3%, oraz dokładność ogólna 93.3%,
- w modelu RGB-CIR: dokładność klasyfikacji: drzew liściastych 94.6%, drzew iglastych 95.5%, dokładność ogólna 95.1%.

Komentując uzyskane wyniki Doktoranta podała między innymi, że w oparciu prezentowane w literaturze przedmiotu dane dotyczące dokładności klasyfikacji gatunków drzew iglastych i liściastych wykorzystujących zobrazowania multispektralne i RGB należą do przedziału od 70% do 90%. Stosując zaproponowany w doktoracie algorytm można zatem uzyskać wyższe dokładności od wartości przedstawionych w literaturze przedmiotu. Warto także dodać, że problematyka dotycząca drugiego celu szczegółowego została już także częściowo opublikowana we współautorskiej pracy Maja Michałowska, Jacek Rapiński, Joanna Janicka, 2023, Tree species classification on images from airborne mobile mapping using ML.NET. European Journal of Remote Sensing, 2023, VOL. 56, NO. https://doi.org/10.1080/22797254.2023.2271651, (Published online: 07 Nov. 2023).

Szkoda, że Doktorantka nie przedstawiła swojej rozprawy doktorskiej w formie zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych. Wówczas mógłbym obiektywnie ocenić Jej wkład naukowy w rozwiązanie celu szczegółowego nr I, a tym samym rozprawa doktorska zyskałaby, moim zdaniem na wartości naukowej.

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską Pani mgr inż. Mai Michałowskiej za najważniejsze i jednocześnie oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej uznaję:
- zaproponowanie technologii opracowania wyników obserwacji umożliwiającą wykonanie klasyfikacji typów i gatunków drzew z dokładnością rzędu 94%.

4. Wniosek końcowy

Podsumowując, stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pani mgr inż. Mai Michałowskiej stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej, jak również wykazuje ogólną wiedzę kandydatki w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Spełnia zatem wymagania stawiane pracom doktorskim określonym w art. 187 ustawy z dnia 20.07.2018 Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742). W związku z powyższym uzasadnieniem stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie mgr inż. Mai Michałowskiej do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Waldemar Kamiński