

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ
mgr inż. Mai Michałowskiej

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

1. Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawą formalną opracowania recenzji stanowi Uchwała Nr 15 Rady Naukowej Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie z dnia 10 października 2023 roku oraz pismo WG.IGIB.5201.1.2023 Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, Pana dr hab. inż. Jacka Rapińskiego, prof. UWM z dnia 24 października 2023 roku.

2. Charakterystyka formalna rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Mai Michałowskiej pt. „Wsparcie procesów inwentaryzacji roślinności w sektorze energetycznym przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii” została opracowana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Jacka Rapińskiego, prof. UWM i promotora pomocniczego dr inż. Joanny Janickiej oraz pod kierunkiem opiekuna biznesowego mgr inż. Roberta Ziehm z przedsiębiorstwa Vimap sp. z o.o. Dysertacja została przedstawiona w formie zwartej opracowania obejmującego 115 ponumerowanych stron. Podstawowy tekst rozprawy doktorskiej zawarty jest od 10 do 94 strony, bibliografia od 95 do 115 strony, na pierwszych 9 stronach znajduje się odpowiednio strona tytułowa, spis treści, streszczenie w języku polskim i angielskim wraz ze słowami kluczowymi oraz wykazem skrótów. Rozprawa zawiera 46 rysunków i 19 tabel. Autorka w pracy powołała się aż na 202 pozycji literatury dotyczącej przedmiotu badań. Większość cytowań zawartych w rozprawie doktorskiej odnosiła się do artykułów naukowych opublikowanych w języku angielskim w czasopiśmie naukowych o zasięgu międzynarodowym. Rozprawa doktorska została zrealizowana w ramach projektu „Doktorat wdrożeniowy”, realizowanego we współpracy z Ministerstwem Edukacji i Nauki, Uniwersytetem Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie oraz przedsiębiorstwem Vimap sp. z o.o. Zrealizowane badania w ramach dysertacji dotyczyły opracowania innowacyjnego rozwiązania technologicznego dla firmy Vimap sp. z o.o. wspierającego zautomatyzowane procesy pozyskiwania szczegółowych informacji o drzewach na podstawie zobrażeń fotogrametrycznych i danych ze skaningu laserowego. Z naukowego punktu widzenia tematyka dysertacji wpisuje się w zakres dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Rozprawa doktorska rozpoczyna się „*Wprowadzeniem*”, który wprowadza w tematykę badań dotyczącą procesu identyfikacji i rozpoznawania charakterystyk drzew przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii pomiarowych takich jak skanowanie laserowe i wielospektralne zobrażenia fotogrametryczne. Dodatkowo sformułowano dwa cele badawcze, które były ściśle powiązane z rozwiązaniem dwóch zdefiniowanych problemów technologicznych dla firmy Vimap sp. z o.o.

W rozdziale pierwszym Doktorantka wyjaśniła na czym polega program „doktorat wdrożeniowy”. W skład tego rozdziału wchodzi dwa podrozdziały, w pierwszym z nich zawarto

charakterystykę firma Vimam sp.z o. o., a w drugim opisano problemy technologiczne oraz sformułowano cele i hipotezy badawcze.

Przegląd literatury dotyczący tematu pracy został zawarty w rozdziale drugim. Rozdział ten został podzielony na dwa podrozdziały. Należy zaznaczyć, że doktorantka przeprowadziła bardzo szczegółową analizę literatury w kontekście występowania najnowszych osiągnięć i trendów w zakresie wykorzystania nowoczesnych technologii pomiarowych oraz algorytmów uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji w badaniach związanych z wykrywaniem i identyfikacją wybranych charakterystyk drzew. Wynikiem tej pracy jest opublikowany przeglądowy artykuł naukowy: Michałowska, M., Rapiński, J. (2021). A review of tree species classification based on airborne LiDAR data and applied classifiers. *Remote Sensing*, 13(3), 353. Na dzień 02.01.2024 r. publikacja ta w bazie Scopus posiada aż 58 cytowań, co może świadczyć o dużym zainteresowaniu przez środowiska naukowe badaniami tego typu oraz potrzebą dalszego ich rozwijania i aplikowania w zastosowaniach praktycznych.

Główną i najistotniejszą częścią recenzowanej dysertacji tj. *Rozwiązanie problemu technologicznego nr 1* i *Rozwiązanie problemu technologicznego nr 2* zostało zawarte odpowiednio w rozdziale 3 i 4. Rozdział trzeci obejmuje 23 strony, a rozdział czwarty 34 strony. Rozdział trzeci został podzielony na pięć podrozdziałów tj. 3.1. Materiały, 3.2. Metody, 3.3. Wyniki i wnioski, 3.4. Implementacja rozwiązania, 3.5. Propozycja dalszych usprawnień. Natomiast w rozdziale czwartym wyodrębniono trzy podrozdziały tj. 4.1. Eksperyment I – zobrazowania RGB, 4.2. Eksperyment II – zobrazowania RGB i CIR, 4.3. Propozycja dalszych usprawnień. Podrozdziałach 4.1 i 4.2 podzielono na cztery części o tych samych tytułach tj. Materiały, Metody, Wyniki i wnioski, Implementacja rozwiązania.

Rozwiązanie problemu technologicznego nr 1 polegało na opracowaniu zautomatyzowanego procesu lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych LiDAR. Do tego procesu wykorzystano kołową transformację Hough, procedurę oczyszczania danych oraz odporną metodę najmniejszych kwadratów do ekstrakcji pozycji pnia drzew. Każdy etap badań został szczegółowo opisany i przetestowany na danych z pomiaru naziemnym skanerem laserowym Leica ScanStation C10 20-letniego zagajnika z dębem szypułkowym. Pozytywne wyniki badań z rozwiązania problemu technologicznego nr 1 zostały opublikowane w czasopiśmie naukowym: Michałowska, M., Rapiński, J., & Janicka, J. (2023). Tree position estimation from TLS data using Hough transform and robust least-squares circle fitting, *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 29.

Rozwiązanie problemu technologicznego nr 2 polegało na opracowaniu procesu automatycznego określania gatunku oraz typu drzewa na podstawie zobrazowań RGB oraz zobrazowań spektrostrefowych CIR danych pozyskanych systemem Vimap. Do tego celu wykorzystano potencjał głębokiego uczenia platformy ML.NET budując model klasyfikujący gatunek oraz typ drzew. Zakres badań został podzielony na dwa oddzielne eksperymenty. *Eksperyment I – Zobrazowania RGB* poległ na zweryfikowaniu możliwości identyfikacji gatunków drzew z dokładnością większą niż 85 % przy wykorzystaniu zobrazowań pionowych i ukośnych w barwach RGB dostarczonych przez firmę Vimap sp. z o.o. *Eksperyment II – Zobrazowania RGB i CIR* polegał na sprawdzeniu czy możliwa jest identyfikacja trzech gatunków drzew (brzoza, sosna i świerk) oraz typu drzewa (liściaste, iglaste) z dokładnością większą niż 85% na podstawie zobrazowań pionowych RGB i spektrostrefowych CIR oraz zobrazowań ukośnych RGB.

W rozdziale piątym zawarto wnioski z zrealizowanych badań, które zostały podzielone na trzy podpunkty tj. 5.1. Weryfikacja postawionych hipotez badawczych, 5.2. Osiągnięcie zakładanych celów badawczych, 5.3. Rozwiązanie problemów technologicznych firmy Vimap sp. z o.o.

W ocenie recenzenta zaproponowany przez Doktorantkę układ pracy jest przejrzysty, praca została zredagowana na dobrym poziomie i nie budzi żadnych zastrzeżeń pod względem formalnym.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Motywacja podjęcia badań, cel pracy i hipoteza badawcza

Ciągły rozwój technologii pomiarowych znacząco wpływa na sposób akwizycji oraz na ilość i jakość pozyskiwanych danych pomiarowych. Szczególnie jest to zauważalne w rozwoju bezzałogowych statków powietrznych oraz wykorzystywanych aktywnych i pasywnych sensorów pomiarowych takich jak skanery laserowe i kamery fotogrametryczne. Integracja danych geoprzestrzennych ze skanowania laserowego z wysokorozdzielczymi zobrazowaniami wielospektralnymi pozwala na coraz to wiarygodniejszą identyfikację gatunków drzew oraz ich lokalizację i wymiarowanie. Zautomatyzowane pomiary laserowe i fotogrametryczne przy wykorzystaniu bezzałogowych statków powietrznych lub helikoptera dostarczają duże zbiory danych tzw. big data. Proces przetwarzania takich zbiorów jest jednym z głównych problemów jaki się pojawia w post-processingu. Manualna identyfikacja poszczególnych gatunków drzew oraz ich lokalizacja i wymiarowanie jest pracochłonna i czasochłonna oraz staje się kosztowna. Niezbędne jest przygotowanie odpowiednich procedur (algorytmów), które przyspieszą i zautomatyzują proces przetwarzania takich dużych zbiorów danych. Niniejsza praca doktorska jest odpowiedzią na zapotrzebowanie rozwiązania zdefiniowanych problemów technologicznych firmy Vimap sp. z o.o., które zautomatyzują proces przetwarzania danych. Zrealizowany doktorat wdrożeniowy pozwala na bezpośredni transfer wiedzy i technologii z uczelni do sektora gospodarczego. W konsekwencji może przyczynić się do poszerzenia oferty na nowe usługi firmy Vimap sp. z o.o. i dalszy rozwój firmy oraz zwiększenia konkurencyjności na rynku międzynarodowym.

Można stwierdzić, że temat badawczy, który został podjęty przez Doktorantkę jest nowatorski, ciekawy i aktualny z naukowego, a w szczególności praktycznego punktu widzenia oraz wnosi wkład w rozwój dyscypliny ILGiT.

Motywacją doktorantki w realizacji przewodu doktorskiego było chęć rozwiązania dwóch problemów technologicznych przedsiębiorstwa:

- Problem technologiczny nr 1: Brak możliwości automatycznego określenia lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap,
- Problem technologiczny nr 2: Brak możliwości automatycznego określenia gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap.

Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie rozwiązania technologicznego dla firmy Vimap, które pozwoli na uzyskanie szczegółowych informacji o roślinności na podstawie danych fotogrametrycznych oraz danych ze skaningu laserowego. Dodatkowo doktorantka zdefiniowała dwa cele szczegółowe:

- Opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap,
- Opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap,

oraz postawiła dwie hipotezy badawcze:

- Automatyczne określenie lokalizacji pnia drzew pierwszych rzędów pasa technologicznego linii elektroenergetycznej 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.

W ocenie recenzenta zdefiniowane cele badawcze jak i postawione hipotezy są poprawnie sformułowane. Chociaż, kilkakrotnie użyty zwrot „...systemem Vimap” w hipotezach jak i celach badawczych nie wnosi jednoznacznych informacji, ponieważ czytając nie wiadomo jakie dokładnie sensory wykorzystuje system Vimap. Należy zaznaczyć, że w dalszej części pracy system Vimap został opisany.

W wyniku zrealizowanego planu badawczego, a w szczególności przeprowadzonych eksperymentów można stwierdzić, że hipotezy zostały potwierdzone przez Doktorantkę, a cele szczegółowe zostały osiągnięte.

3.2. Analiza i ocena przebiegu badań oraz uzyskanych wyników

Badania zostały zrealizowane w dwóch krokach tj. rozwiązanie problemu technologicznego nr 1 i rozwiązanie problemu technologicznego nr 2.

Rozwiązanie problemu technologicznego nr 1 polegało na opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny lokalizacji pni drzew na podstawie chmury punktów pozyskanych systemem Vimap. Metodologia badań sprowadzała się do kilku zasadniczych etapów tj. generowanie numerycznego modelu terenu, przeprowadzenia rasteryzacji chmury punktów danego przekroju, określenie przybliżonych pozycji pni drzew przy wykorzystaniu transformaty Hough, procedury oczyszczania danych i ostatecznie wpasowanie okręgów odporną metodą najmniejszych kwadratów. Poszczególne etapy badań zostały przeprowadzone na danych rzeczywistych. Do wstępnego zlokalizowania pni drzew wykorzystano zaadaptowany algorytm transformaty kołowej Hough. Analizy przeprowadzono na czterech rastrach w różnych zakresach wysokości tj. 1,00-1,25 m, 1,25-1,50 m, 1,50-1,75 m, 1,75-2,00 m. Określona wstępna lokalizacja pni drzew oraz ich promień posłużyły w dalszych badaniach do wpasowania na podstawie danych LiDAR okręgów reprezentujących pni drzew odporną metodą najmniejszych kwadratów. Procedura wpasowania okręgu została przeprowadzona na pięciu zbiorach testowych, tożsamy jak dla rastrów wysokościowych z wcześniejszego etapu badań. Przeprowadzone wyniki badań wykazały skuteczność zaproponowanej procedury lokalizacji i określenia średnicy pni drzew. Dodatkowo Doktorantka odniosła swoje wyniki badań do badań realizowanych przez innych naukowców dotyczących detekcji pni drzew na podstawie danych LiDAR. Finalnie, przetestowana procedura detekcji pni drzew została zaimplementowana przez Doktorantkę w środowisku Visual Studio (w języku C#) jako dwa moduły. Pierwszy z nich *FormHough.cs* dotyczy generowania NMT, wczytania NMT, przeprowadzenie rasteryzacji, generowanie przestrzeni Hough dla okręgów o wybranych parametrach i generowanie wstępnych współrzędnych pozycji drzewa oraz promienia pnia. Drugi, *FormCircleFit.cs* dotyczy wpasowania okręgów w obserwacje LiDAR odporną metodą najmniejszych kwadratów i wygenerowania ostatecznych pozycji pni drzew oraz ich promienia. W ocenie recenzenta przedstawiona metodologia badań rozwiązania problemu technologicznego nr 1 jest wystarczająca i wiarygodna. Przeprowadzone badania wykazały skuteczność zastosowanej procedury w określeniu pozycji pierwszych rzędów drzew w pasie technologicznym linii elektroenergetycznych. Dodatkowo doktorantka zarekomendowała dalsze usprawnienia, które mogą zwiększyć efektywności działania narzędzi zaproponowanego rozwiązania.

Rozwiązanie problemu technologicznego nr 2 polegało na opracowanie procesu automatycznego określania gatunku oraz typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap, w oparciu o zobrazenia RGB oraz zobrazenia spektrostrefowe CIR. W badaniach wykorzystano potencjał głębokiego uczenia platformy ML.NET do zbudowania

modelu klasyfikującego gatunek oraz typ drzewa. Problem technologiczny nr 2 został rozwiązany poprzez przeprowadzenie dwóch eksperymentów.

Eksperyment I – zobrazowania RGB, polegał na zweryfikowaniu możliwości automatycznej identyfikacji gatunków drzew z dokładnością przekraczającą 85% na podstawie zobrazowań pionowych. Zdjęcia pionowe zostały pozyskane w warunkach jesiennych, co ostatecznie skutkowało zidentyfikowaniem tylko dwóch gatunków drzew sosny i świerku. W badaniach do stworzenia dedykowanego modelu głębokiego uczenia użyto zobrazowań pionowych (ORTHO) oraz ukośnych (ORTHO-OBLIQUE) w barwach RGB. Do zbudowania modelu wykorzystano sieć ResNet-50. W badaniach przeprowadzono proces walidacji klasyfikacji gatunków wykorzystując zbiór walidacyjny. Analiza wyników badań wykazała, że zestaw danych ORTHO-OBLIQUE osiągnął lepsze dokładności, które wynosiły 93,9% w stosunku do modelu ORTHO, który osiągnął ogólną dokładność na poziomie 90,2%. Badania zostały poszerzone dla zestawu danych ORTHO-OBLIQUE o dodatkowe dwa modele z wykorzystaniem architektury InceptionV3 oraz MobileNetV2 w celu weryfikacji wydajności domyślnej sieci ML.NET do klasyfikacji obrazów – ResNet-50. Doktorantka dokonała porównania modeli i wskazała, że model ResNet-50 wykazał się najlepszą wydajnością, zarówno pod względem ogólnej dokładności (93,9%), jak i klasyfikacji poszczególnych gatunków (92,5% dla sosny; 95,2% dla świerku). Dodatkowo przeprowadzone wyniki badań zostały odniesione do badań o podobnym charakterze realizowanych przez innych naukowców. Opracowane przez Doktorantkę algorytm realizujący rozwiązanie problemu technologicznego nr 2 na podstawie zobrazowań RGB został zaimplementowany w środowisku .NET. Implementacja tego algorytmu została wykonana w Visual Studio, w języku C#. Wynikiem tego opracowania było stworzenie graficznego okna *FormTreeClassification.cs*, które realizuje dane zadanie.

Eksperyment II – zobrazowania RGB i CIR, polegał na zweryfikowaniu możliwości automatycznej identyfikacji trzech gatunków drzew (brzoza, sosna i świerk) oraz typu drzewa (drzewo liściaste, drzewo iglaste) z dokładnością większą niż 85% na podstawie zobrazowań RGB i zobrazowań spektrostrefowych CIR, przy wykorzystaniu metod z Eksperymentu I. Podobnie jak w eksperymencie I do zbudowania modelu klasyfikującego wykorzystano platformę ML.NET oraz architekturę sieci ResNet-50. Badania zostały zrealizowane na danych fotogrametrycznych pasa technologicznego linii elektroenergetycznej na terenie Szwecji, gdzie dominującym gatunkiem drzew jest świerk, sosna i brzoza. W badaniach zbudowane dwa modele do klasyfikacji gatunków i typów drzew. Jeden model został utworzony w oparciu o zobrazowania RGB, natomiast drugi model został utworzony w oparciu o zobrazowania RGB i CIR. Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że na zestawie danych RGB-CIR uzyskano wyższą dokładność klasyfikacji gatunków drzew niż na zestawie danych RGB, które wynosiły odpowiednio 94,6% i 93,2%. W przypadku klasyfikacji typów drzew, również lepszą efektywność wykazał model zbudowany w oparciu o zdjęcia RGB-CIR, w stosunku do modelu zbudowanego tylko w oparciu o zdjęcia RGB. Ogólna dokładność klasyfikacji typów drzew wynosiła 95,1% (dla modelu RGB-CIR) i 93,3% (dla modelu RGB). Zaprezentowane przez doktorantkę wyniki badań wskazują, że model głębokiego uczenia, zbudowany na podstawie zobrazowań RGB i CIR osiąga lepszą dokładność klasyfikacji zarówno gatunku drzewa, jak i typu, niż model zbudowany tylko na zobrazowaniach RGB. Przetestowane metody realizujące rozwiązanie problemu technologicznego nr 2 oparte na zobrazowaniach RGB-CIR zostały zaimplementowane poprzez rozbudowę okna *FormTreeClassification.cs* o dodatkowe komponenty *zobrazowania RGB-CIR*. Podobnie jak w eksperymencie pierwszym Doktorantka również i w tym przypadku wskazała propozycję dalszych usprawnień rozwiązania.

W ocenie recenzenta zakres badań oraz przedstawiona metodologia badań zrealizowana przez Doktorantkę w celu rozwiązania problemu technologicznego nr 1 i nr 2 była kompletna i wystarczająca. Podsumowując, przeprowadzone w ramach rozprawy doktorskiej badania potwierdziły postawione hipotezy badawcze. Główny cel realizowanego doktoratu tj. opracowanie rozwiązania technologicznego dla firmy Vimap, które pozwoli na uzyskanie szczegółowych informacji o roślinności na podstawie danych fotogrametrycznych oraz danych ze skaningu laserowego można uznać za osiągnięty. Należy zaznaczyć, że Doktorantka dostrzega potrzebę realizacji dalszych badań w kierunku usprawnień opracowanych już przez nią algorytmów. Może to już świadczyć o dojrzałości naukowej początkującego naukowca. Dalsze badania w tym zakresie mogą być prowadzone w przyszłej karierze zawodowej przez Panią mgr inż. Maję Michałowską.

3.3. Ocena wartości naukowej

W recenzowanej rozprawie doktorskiej za główne oryginalne osiągnięcie naukowe Pani mgr inż. Mai Michałowskiej można uznać:

- opracowanie zautomatyzowanego procesu lokalizacji pni drzew na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap (LiDAR),
- opracowanie zautomatyzowanego procesu określenia gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap (zdjęć RGB i CIR)

W zrealizowanych badaniach Doktorantka do zadań związanych z przetwarzaniem obrazów wykorzystwała sieci neuronowe w celu ekstrakcji wybranych cech z obrazów i przeprowadzeniu detekcji i klasyfikacji obiektów. Należy zaznaczyć, że obecnie sieci neuronowe w branży IT coraz częściej wykorzystuje się m.in. do: klasyfikacji i rozpoznawania dużych zbiorów danych różnego typu. W ocenie recenzenta zastosowanie sieci neuronowych w rozpoznawaniu gatunku i typu drzewa na podstawie zobrażeń fotogrametrycznych stanowi właściwy i nowoczesny kierunek badań.

Opracowane przez Doktorantkę metody przetwarzania danych pozyskanych systemem Vimap wspierające procesy inwentaryzacji drzew zostały finalnie wdrożone, co było głównym celem podjętych badań.

4. Uwagi i pytania do rozprawy doktorskiej

4.1. Uwagi merytoryczne

- W ocenie recenzenta we wstępie dysertacji doktorantka mogłaby zawrzeć jednoznaczne informacje o nowatorskości przeprowadzonych badań oraz ich znaczeniu dla rozwoju dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport.
- Na str. 23 zapisano „*Działanie skanera laserowego opiera się na wysyłaniu impulsów laserowych w kierunku badanego obszaru i pomiaru czasu, jaki upływa od momentu wygenerowania impulsu do jego odbicia od powierzchni i powrotu do detektora w skanerze*”. Należałoby zaznaczyć, że dotyczy to skanerów impulsowych (time-of-flight), a nie ogólnie skanerów.
- W eksperymencie nr 1, ze względów na brak danych z lotniczego skaningu laserowego prace badawcze zostały zrealizowane na chmurze punktów pozyskanych technologią naziemnego skaningu laserowego. Należy zaznaczyć, że akwizycja danych z lotniczego i naziemnego skaningu laserowego jest odmienna. Może to mieć wpływ na charakterystyki jakościowe i ilościowe chmury punktów dla konkretnego zadania badawczego. W związku z tym rodzi się pytanie czy w przeprowadzonym eksperymencie chmura punktów pozyskana technologią

naziemnego skaningu laserowego mogła być wystarczająco wiarygodnym odpowiednikiem chmury punktów pozyskanej z lotniczego skaningu laserowego? Czy może w późniejszym okresie testowano daną procedurę już na danych ALS?

- W eksperymencie nr 1 do wykrywania pni drzew wykorzystano kołową transformację Hough. Do tego celu niezbędne było przygotowanie danych rastrowych, poprzez przetworzenie obrazu wektorowego (zbiór punktów w układzie 2D) na raster. Nasuwa się pytanie, czy można ten etap pominąć i dokonać lokalizacji pni drzew bezpośrednio na danych wektorowych (zbiór punktów x,y)? Czy są już opracowane takie algorytmy, które mogłyby wspomóc ten proces?
- Str. 60. *„Rozdzielczość terenowa zdjęć wynosiła 2 cm, rozmiar zdjęcia – 11608 x 8708 pikseli. W związku z dużą rozdzielczością zdjęcia i ograniczeniami oprogramowania, w którym miało zostać przeprowadzone etykietowanie gatunków drzew, rozmiar zdjęć ukośnych został zredukowany do 2000 x 2000 pikseli. Zmiana rozmiaru zdjęcia nie wpłynęła na zmianę charakterystycznych cech poszczególnych gatunków drzew.”* Wraz z redukcją rozdzielczości zdjęcia zawsze jest utrata pewnej informacji. Czy faktycznie tak znacząca redukcja rozdzielczości zdjęcia nie miała wpływu na wynik badań? Na jakiej podstawie została określona finalna rozdzielczość zdjęcia 2000 x 2000 pikseli? Na czym polegały ograniczenia oprogramowania? Może ograniczenia wynikają głównie z mocy obliczeniowej komputera?

4.2. Uwagi związane redakcją dysertacji

Rozprawa doktorska jest napisana na bardzo dobrym poziomie językowym i edytorskim, z właściwym podziałem na rozdziały, rysunki i wykresy są czytelne, wzory są właściwie ponumerowane.

5. Wnioski końcowe

Zdaniem recenzenta, recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w dyscyplinie ILGiT. Doktorat został zrealizowany w ramach programu Ministerstwa Edukacji i Nauki „Doktorat wdrożeniowy”. Główny cel tego programu tj. przyspieszenie transferu wiedzy i technologii z uczelni do sektora gospodarczego oraz wspieranie innowacyjności i konkurencyjności polskich firm również został osiągnięty z sukcesem. Autorka rozprawy wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy w zakresie tematu pracy, dobrą umiejętnością planowania badań w celu rozwiązywania problemów naukowych, analizą danych oraz logicznym rozumowaniem. Zauważalne jest to, że Doktorantka posiada duże umiejętności informatyczne, co z pewnością ułatwiły jej pracę w analizie danych przy wykorzystaniu sieci neuronowych. Uwagi merytoryczne zawarte w recenzji nie mają tak istotnego wpływu na wysoką ocenę rozprawy doktorskiej i głównie mają charakter dyskusyjny.

Podsumowując, Pani Maja Michałowska posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych w dyscyplinie ILGiT. Uważam, że praca spełnia warunki rozprawy doktorskiej określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742).

Zgodnie z powyższym, wnoszę do Rady Naukowej dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie o przyjęcie rozprawy pt. „Wsparcie procesów inwentaryzacji roślinności w sektorze energetycznym przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii” i dopuszczenie Pani mgr inż. Mai Michałowskiej do publicznej obrony.