

Dziekan Wydziału Nawigacji i Uzbrojenia Okrętowego
Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

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 24.10.2023 r.

2. Charakterystyka formalna rozprawy

Rozprawa doktorska Pani mgr inż. Mai Michałowskiej pt. „WSPARCIE PROCESÓW INWENTARYZACJI ROŚLINNOŚCI W SEKTORZE ENERGETYCZNYM PRZY WYKORZYSTANIU NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII” została przygotowana w ramach realizacji projektu Doktorat wdrożeniowy DWD/3/19/2019 finansowanego przez Ministerstwo Edukacji i Nauki. Rozprawa została opracowana pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Jacka Rapińskiego, prof. UWM i promotora pomocniczego dr inż. Joanny Janickiej. Zgodnie z założeniami projektu „Doktorat wdrożeniowy”, opiekunem doktorantki ze strony firmy Vimap był mgr inż. Robert Ziehm. Dysertacja została przedstawiona w formie zwartej opracowania obejmującego 115 ponumerowanych stron. Podstawowy tekst rozprawy doktorskiej zawarty jest na 89 stronach, literatura przedmiotu na stronach 95-115 streszczenie w języku polskim i angielskim odpowiednio na stronach 5-6 i 7-8. Na stronie 9 znajduje się wykaz skrótów wykorzystanych w dysertacji. Rozprawa zawiera 46 rysunków i 19 tabel. Autorka w pracy powołała się na 202 pozycje literatury dotyczącej przedmiotu badań, co wskazuje na dogłębną znajomość literatury tematu. Z naukowego punktu widzenia tematyka dysertacji wpisuje się w dyscyplinę inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Rozprawa doktorska podzielona została na 5 rozdziałów poprzedzonych wprowadzeniem, które nie jest numerowane jako rozdział, co może wprowadzić czytelnika w błąd. We wprowadzeniu doktorantka ogólnie omawia problem badawczy, oraz potrzeby technologiczne firmy, które będzie rozwiązywać.

Rozdział „*Doktorat wdrożeniowy*” przybliży założenia projektu w ramach którego realizowane były prace, przedstawia firmę w której opracowane rozwiązania będą wdrożone, definiuje dwa problemy technologiczne, cel główny i cele szczegółowe rozprawy. W rozdziale tym dokładnie opisane zostało jakie zależności występują pomiędzy realizacją projektu a potrzebami i planami firm. W tym kontekście doktorat stanowi znaczną wartość, jako powiązanie badań naukowych z przemysłem i gospodarką. W rozdziale zdefiniowane zostały dwa problemy technologiczne, których rozwiązanie doktorantka proponuje w rozdziałach 3 i 4:

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

Rozdział 3 rozprawy opisuje rozwiązanie problemu technologicznego związanego z określeniem lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap. Podzielony został na podrozdziały od 3.1 do 3.5. W rozdziale tym doktorantka zaproponowała rozwiązanie pozwalające określić położenie pnia drzewa na podstawie danych ze skaningu laserowego. Rozdział 4 rozprawy opisuje w pewnym sensie oddzielne zadanie badawcze związane z automatyzacją określenia gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap. Rozdział ten składa się z podrozdziałów 4.1 do 4.3. Struktura podrozdziałów jest mocno „zagnieżdżona” – dużo czytelniejszym rozwiązaniem był by podział na trzy poziomy podrozdziałów.

Rozdział 5 pt „Wnioski” zawiera trzy podrozdziały podsumowujące wcześniejsze części dysertacji.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

3.1. Cel pracy

W przedłożonej dysertacji bardzo wyraźnie widać praktyczny aspekt prowadzonych badań. Niewątpliwie jest to wynik realizacji pracy w ramach projektu „doktorat wdrożeniowy”. Ogólny cel pracy jakim jest „opracowanie rozwiązania technologicznego dla firmy Vimap, które pozwoli na uzyskanie szczegółowych informacji o roślinności na podstawie danych fotogrametrycznych oraz danych ze skaningu laserowego” jest realizowane poprzez cele szczegółowe wynikające z zapotrzebowania firmy Vimap na określone usługi:

1. Opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny lokalizacji pnia drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap.
2. Opracowanie procesu umożliwiającego określenie w sposób automatyczny gatunku i typu drzewa na podstawie danych pozyskanych systemem Vimap.

Cele szczegółowe stanowią w rzeczywistości dwa poniekąd odrębne zadania badawcze z poniższymi hipotezami badawczymi:

- 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.

Takie podejście do zagadnienia wskazuje na silny związek pracy z działalnością firmy, znajomość jej potrzeb rynkowych oraz luk w dostępnych rozwiązaniach technologicznych. Jednocześnie cierpi na tym spójność pracy – nie przedstawiono związku pomiędzy tymi zadaniami badawczymi ani ich powiązania implementacyjnego.

3.2. Analiza i ocena przebiegu badań oraz uzyskanych wyników

Prace badawcze zostały przez doktorantkę podzielone na dwie niezależne części dotyczące zdefiniowanych problemów technologicznych firmy Vimap. W pierwszym zadaniu doktorantka wykorzystuje połączenie technik numerycznych i technik przetwarzania obrazu z metodami estymacji do wykrywania i określania położenia pni drzew na podstawie danych ze skaningu laserowego. Proces został podzielony na dwie części. Pierwsza część dotyczy wyznaczenia współrzędnych przybliżonych „kandydatów” na oś pnia drzew z wykorzystaniem kołowej transformaty Hough oraz ostateczne wyznaczenie współrzędnych na podstawie odpornej estymacji metodą najmniejszych kwadratów. W kolejnym kroku doktorantka przeprowadziła analizy dotyczące wyboru zakresu danych, które powinny być wykorzystane do analiz w celu uzyskania najlepszych rezultatów.

Druga część dotyczy wykorzystania algorytmów uczenia maszynowego do rozpoznawania rodzaju i gatunku drzew na zdjęciach pozyskanych z platformy lotniczej zarówno w paśmie widzialnym jak i CIR.

3.3. Ocena wartości naukowej

Doktorantka wykazała się bardzo dobrą znajomością tematyki oraz umiejętnością prowadzenia prac badawczych i wdrożeniowych. Na uwagę zasługuje fakt, że doktorantka samodzielnie opracowała całe oprogramowanie i wdrożyła je do istniejącego oprogramowania firmy. Na uwagę zasługuje również szeroki zakres przeprowadzonych prac obejmujących zarówno zagadnienia związane ze skanowaniem laserowym, fotogrametrią lotniczą, algorytmiką, metodami obliczeń, metodami numerycznymi, algorytmami uczenia maszynowego, programowanie.

Prace przeprowadzone przez doktorantkę zdecydowanie doprowadziły do rozwiązania zdefiniowanych problemów technologicznych co stanowi główny cel realizacji projektu „doktorat wdrożeniowy”.

4. Uwagi i pytania do rozprawy doktorskiej

4.1. Uwagi merytoryczne

- Dysertacja, jak wskazuje sama autorka, koncentruje się na opracowaniu „zintegrowanego procesu, który wykorzystuje kołową transformatę Hough, procedurę oczyszczania danych oraz metodę dopasowania okręgu odporną metodą najmniejszych kwadratów do zlokalizowania pozycji pni drzew przy wykorzystaniu danych z naziemnego skaningu laserowego”. W ramach tej integracji wykorzystano również zdjęcia lotnicze o wysokiej rozdzielczości.

Jednakże, na stronie 54 pojawia się istotne uściślenie: „Należy zaznaczyć, że zaproponowane rozwiązanie skutecznie sprawdzi się w przypadku wykorzystania danych z lotniczego skanowania laserowego do określenia pozycji pierwszych rzędów drzew w pasie technologicznym, dla których zostanie pozyskana chmura punktów odwzorowująca pnie drzew.” To precyzowanie zakresu pracy na „pierwsze rzędy drzew” powinno być wyraźnie zaznaczone już na wstępie dokumentu. Jest to bowiem kluczowe dla zrozumienia zakresu i celu badania, a także stanowi podstawę do oceny niniejszej recenzji. W dysertacji dokonano bezpośredniego odniesienia do pomiarów TLS jako przybliżenia ALS skupiska drzew. Wydaje się być nazbyt znacznym uproszczeniem, zwłaszcza w zakresie dostępu do przestrzeni i perspektywy pomiarowej. Jednak biorąc pod uwagę organicznie stosowalności rozwiązania proponowanego przez Doktorantkę do frontowego szeregu przywołaną przeze mnie w punkcie poprzednim, uproszczenie to może być w wyjątkowych sytuacjach akceptowalne.

- W przypadku skaningu laserowego z ziemi, szczególnie w testach na terenie testowym mierzonym z różnych stron, możliwe jest uzyskanie pełniejszego obrazu obiektów. Jednak w przypadku pomiarów pasów liniowych, takich jak te wykorzystywane w sektorze energetycznym, dostęp do przestrzeni jest ograniczony do frontu drzew zlokalizowanych wzdłuż linii, co może znacząco wpływać na wyniki pomiarów. Takie uproszczenie w analizie może prowadzić do błędnych wniosków, szczególnie w kontekście lokalizacji i charakterystyki pni drzew. Czy w pracy uwzględniono ograniczenia wynikające z braku dostępu do przestrzeni poza dostępem frontalnym, co jest kluczowe dla zrozumienia i oceny skuteczności zastosowanych metod pomiarowych. Wnioski wyciągnięte na podstawie danych z naziemnego skaningu laserowego mogą nie być w pełni reprezentatywne dla warunków lotniczego skaningu laserowego, co powinno być jasno zaznaczone w pracy. Brak takiego rozróżnienia i uwzględnienia specyfiki obu metod skaningu może prowadzić do nadmiernego uogólnienia wyników. Proszę o ustosunkowanie się do tego zagadnienia.
- Analizując dalszą część pracy, napotyka się stwierdzenie: „Należy podkreślić, że utworzone w tym badaniu modele zostały zbudowane przy użyciu domyślnych parametrów dostarczonych przez platformę Microsoft ML.NET. Wybór domyślnych parametrów miał na celu weryfikację, czy bez dogłębnej wiedzy programistycznej oraz wiedzy z zakresu głębokiego uczenia i uczenia maszynowego, domyślne parametry platformy dostarczają zadowalających wyników klasyfikacji.” Ta decyzja o ograniczeniu się do domyślnych parametrów, choć zrozumiała w kontekście weryfikacji możliwości platformy, wydaje się zbyt uproszczona w stosunku do oczekiwań stawianych przed tytułem dysertacji. Można odnieść wrażenie, że praca ta ma charakter podsumowania z eksperymentów przeprowadzonych metodą prób i błędów, co może nie w pełni oddawać potencjał i głębię analizy, jakiej można by oczekiwać w kontekście tak ambitnego tematu.

Jednak całość zaprzecza temu uproszczeniu i umniejszeniu opisu prac jakie popamięła doktorantka.

- W dysertacji wykorzystano znana klasyczną metodę/transformatę Hough, jednak jej opis w dokumencie pozostawia wiele do życzenia. Brak jest choćby bazowego, prostego wzoru, który mógłby ułatwić zrozumienie zastosowanej techniki czytelnikowi. W kontekście metodologicznym, oczekiwano by się, że metoda ta zostanie opisana z równą starannością, co odporną metodę sumy najmniejszych kwadratów, której również brakuje głębszego opisu, w tym pobudek determinujących jej wybór i głównych założeń.
- W wykorzystaniu metody Hough nie przedstawiono danych wstępnych, takich jak liczba drzew w analizowanym obszarze, sposób ich pomiaru (poza pomiarem TLS) czy dokładność tych pomiarów. Wskazanie referencyjnych danych jako odniesienie do wyniku uzyskanego w analizach inna tj. komercyjna aplikacja: Global Mapper jest dużym uproszczeniem. Brak tych informacji stanowi znaczącą lukę, ponieważ utrudnia ocenę dokładności przeprowadzonych badań. W tym kontekście, twierdzenie o wysokiej dokładności pomiarów wydaje się zaskakujące i budzi chęć skonfrontowania tego stwierdzenia z faktami. Szczególnie interesujący jest zapis dotyczący dokładności: „Zaproponowana procedura umożliwiła wykrycie pni drzew z dokładnością pozycji $RMSE = 1,6$ cm oraz dokładnością określenia promienia $RMSE = 0,3$ cm.” Prezentowane wyniki, choć imponujące, rodzą pytania co do metodologii i precyzji pomiarów, zwłaszcza w świetle braku informacji o danych wstępnych i metodzie ich pozyskania. Średni błąd kwadratowy oraz średni błąd określenia pozycji i promienia pnia drzewa, przedstawione w Tabeli 5, wymagają dodatkowego kontekstu, aby można było w pełni ocenić ich znaczenie i wiarygodność.
- Brak jest istotnych informacji dotyczących procesu rasteryzacji chmury punktów, co stanowi znaczącą lukę w technicznym opisie metodyki badawczej. Autorka nie wspomina o kluczowych parametrach, takich jak wielkość przestrzenna piksela użytego w rasteryzacji, co jest fundamentalne dla zrozumienia skali i precyzji analizy przestrzennej. Równie ważna jest informacja o rozdzielczości siatki akumulującej, która odgrywa kluczową rolę w procesie wyboru środków okręgów w kontekście zastosowanej metody Hough. Brak tych danych utrudnia pełne zrozumienie i ocenę metodologii oraz wyników pracy, zwłaszcza w kontekście dokładności lokalizacji pni drzew. Rozdzielczość siatki akumulującej ma bezpośredni wpływ na precyzję wykrywania obiektów (tu środków okręgów) i ich charakterystyk geometrycznych, a więc jest kluczowym elementem w procesie analizy danych przestrzennych. Z drugiej strony może znacząco wydłużyć czas analiz, przy przyjęciu zbyt małego oczka siatki, a także zmniejszyć liczbę „pixeli” mogących tworzyć okrąg w oparciu o danych środek. Tak więc przywołane mankamenty są kluczowe do oceny i powtarzalności doświadczeń – ważnych w naukowym procesie poznawczym.

- W pracy naukowej, każdy wybór parametrów powinien być poparty solidnym uzasadnieniem, opartym na badaniach, analizie danych lub teorii. Brak takiego uzasadnienia może podważać wiarygodność wyników i ograniczać możliwość reprodukcji badań przez inne zespoły naukowe. Tu problem pojawia się np. przy progu eliminacji - Kluczowe jest zrozumienie, na jakiej podstawie dokonano wyboru właśnie 30% pikseli do wykluczenia. W metodzie Hough, liczba głosów piksela odgrywa istotną rolę w identyfikacji cech obiektów? Podobnie jest przy funkcji tłumienia. Skąd wartość 0.2 we wzorze 7. W dysertacji autorka przyjmuje parametry a priori, co może być uznane za metodologiczne niedociągnięcie, zwłaszcza bez szczegółowej analizy ich skuteczności w różnych warunkach. Brak weryfikacji, jak te parametry wpływają na wyniki obliczeń odniesione do siatek o różnych gęstościach, wykonanych z różnych odległości pomiarowych, daje możliwość falsyfikacji wyników, co jest kluczowym elementem metody naukowej. Jeśli istnieje każdorazowa potrzeba definiowania parametrów dla różnych warunków badawczych powinna być jasno zaznaczona, gdyż stanowi istotny defekt metody. Takie podejście ogranicza uniwersalność metody i podważa jej wiarygodność.
- W kontekście problemu 1 i metody Hough, zasadne byłoby wskazanie parametru F1 score, który efektywnie kumuluje informacje o skuteczności działania algorytmu poprzez uwzględnienie stosunku błędnie wykrytych obiektów (zarówno brakujących, jak i nadliczbowych). Tym bardziej, że parametr ten został wykorzystany przy opisie jakości wyników dla problemu 2, co sugeruje jego znajomość przez Doktorantkę tak samo jak jego przydatność.
- W dysertacji autor używa kolokwializmu "zamodelowanie pnia", co mogłoby być precyzyjniej i bardziej fachowo opisane jako "budowa modelu pnia". Ta zmiana terminologii nie tylko zwiększa profesjonalizm języka, ale także lepiej oddaje złożoność i techniczny charakter procesu modelowania w kontekście naukowym.
- Zauważalny jest niedosyt informacji nt. Deep Learningu, praca nie przedstawia szerszej definicji ani wprowadzenia do tego obszaru wiedzy. Brak rozdziału wprowadzającego, który wyjaśniałby podstawowe koncepcje i zasady Deep Learningu, jest zauważalny. Samo przytoczenie podziału sieci neuronowych, które mają zastosowanie w omawianym zagadnieniu, wydaje się niewystarczające. Aby lepiej zrozumieć kontekst i zastosowanie Deep Learningu w ramach pracy, bardziej odpowiedni byłby szerszy opis tej dziedziny, a nie tylko wybór i opis kilku sieci neuronowych. Taki ogólniejszy i bardziej kompleksowy wstęp do Deep Learningu pozwoliłby na lepsze zrozumienie tematu i jego znaczenia w kontekście całej dysertacji.
- Trudno jest być pewnym poprawności i zrozumienia następującej wypowiedzi (co dokładnie oznacza? „mniejsza siatka” .

- Weryfikacja obliczeń przy użyciu konkretnego, trzeciego oprogramowania strony trzeciej nie została potwierdzona, a jedynie opisana słowami „została zweryfikowana”. Nasuwa się pytanie, dlaczego wybrano właśnie ten program, jakie parametry zostały osiągnięte i w jaki sposób różniły się od innych? Tych lepszych, gorszych... Jednak brak jest tych informacji.
- Jeśli chodzi o wydajność, która ma zostać zwiększona przez budowane, modelowane, dostrajane wdrożenie i zmniejszenie jednocześnie kosztów – praca nie wskazuje na konkretne wskaźniki. Brak jest informacji o efektach przed i po wdrożeniu. Nie podano danych porównawczych, które ilustrowałyby różnice w wynikach uzyskanych za pomocą natywnego produktu Vimap oraz po zastosowaniu opracowanych przez doktorantkę rozwiązań. Takie porównanie byłoby istotne dla oceny skuteczności i wpływu zastosowanych metod na jakość i dokładność analizy.
- W cytowanym fragmencie: „W związku z dużą rozdzielczością zdjęcia i ograniczeniami oprogramowania, w którym miało zostać przeprowadzone etykietowanie gatunków drzew, rozmiar zdjęć został zredukowany do rozmiaru 2000 x 2000 pikseli. Zmiana rozmiaru nie wpłynęła na zmianę charakterystycznych cech analizowanych gatunków drzew.”, autorka nie dostarcza wystarczającego uzasadnienia dla możliwości degradacji danych do mniejszej rozdzielczości. Wskazanie na problemy z przygotowaniem anotacji w zewnętrznym oprogramowaniu nie wydaje się wystarczające, zwłaszcza że oprogramowanie to, w porównaniu z innymi modułami opracowanymi przez doktorantkę, wydaje się na tyle proste, że możliwe byłoby stworzenie dedykowanego narzędzia do tego celu. Co więcej, liczba przygotowanych próbek do treningu nie była wyjątkowo duża, a nawet nie była zbliżona do standardowej liczby próbek używanych w modelach opartych na konwolucyjnych sieciach neuronowych (CNN). Pozostaje pytanie, na jakiej podstawie autorka doszła do przekonania, że redukcja rozdzielczości zdjęć nie wpłynęła na zmianę charakterystycznych cech gatunków drzew przedstawionych na zdjęciach i jak to zostało zweryfikowane?
- Po przeczytaniu zdania: „Model Builder dzieli zestaw wejściowych, losowych, zdjęć na dwa podzbiory: zestaw treningowy (80%), który służy do trenowania modelu, oraz zestaw testowy (20%), który jest zachowany w celu oceny wydajności modelu.”, pojawiają się dwa pytania dotyczące procesu podziału danych:
 - standardowy podział danych: w praktyce modelowania AI, zbiór danych zazwyczaj dzieli się na trzy części: treningową, walidacyjną i testową. Zbiór treningowy służy do budowania modelu, zbiór walidacyjny do bieżącej oceny i dostosowywania modelu w trakcie wieloepokowego procesu treningu, a zbiór testowy do finalnej oceny modelu na danych, które nie były wcześniej „widziane” przez model.

Taki podział zapewnia lepszą kontrolę nad ryzykiem przeuczenia modelu i pozwala na dokładniejszą ocenę jego ogólnej skuteczności.

- zbiór walidacyjny i jego znaczenie: Brak wyraźnego wyróżnienia tego zbioru w opisie procesu treningu. Zbiór walidacyjny jest kluczowy w procesie uczenia maszynowego, to on pozwala na bieżącą ocenę modelu i dostosowywanie parametrów przed ostateczną walidacją na zbiorze testowym. W innym fragmencie pracy spotkać można odniesienie do zbioru walidacyjnego co prawda innego modelu ale „„Rozmiar zbioru do walidacji został ustalony jako 40% całego zbioru danych ORTHO.” Wskazuje że taki zbiór w tym akurat modelowaniu istniał i to w wielkości 40%. Skąd różnice w wielkościach 20%, 40%, 80%. Może to tylko problem w nazewnictwie podzbiorów biorących udział w całym procesie treningu modelu.
- Proces treningu, jak wcześniej wspomniałem, zwykle obejmuje wiele epok, co wymaga starannego dostrojenia, często poprzez odpowiedni dobór typu gradientu czy funkcji aktywacji. Doktorantka na stronie 63 omawia te kwestie w sposób ogólnikowy. Jednak w kontekście podziału danych i określenia ich przeznaczenia, brakuje w pracy szczegółowych informacji na temat procesu treningu modelu. Nie znajdujemy tu danych dotyczących liczby epok, kryteriów zakończenia treningu, metod oceny stanu modelu w kontekście jego dalszego treningu lub ryzyka przetrenowania (overfitting)
- Doktorantka podaje czas trwania treningu modelu, jednak ta informacja nie jest precyzyjna i może jedynie sugerować, czy proces był obciążający obliczeniowo, oraz czy jest akceptowalny do zastosowania w środowisku produkcyjnym. Podany czas trwania treningu, wynoszący 124 minuty, nie należy do najdłuższych, ale pozostają pytania dotyczące metodologii treningu. Nie wiadomo, czy doktorantka wykorzystwała technikę transfer learningu, aby skrócić czas treningu do 2 godzin, ani czy korzystała z platformy sprzętowej wspieranej przez GPU, co mogłoby przyspieszyć proces. Brak jest również informacji o ogólnych wymaganiach zasobowych – nie tylko czasowych.
- Czy istnieje możliwość zapoznania się z wykresami kluczowych parametrów treningu dla poszczególnych epok, aby uzyskać uzasadnienie, na podstawie jakich kryteriów podjęto decyzję o jego zakończeniu?
- Doktorantka pisze: „Liczne badania naukowe wykazały, że model ResNet osiąga imponującą wydajność w klasyfikacji obrazów (Firat i Hanbay, 2021; Sarwinda i in., 2021; Li i Lima, 2021; Al-Haija i in., 2020; Wen i in., 2020). Wśród najnowszych publikacji, Cao i Zhang (2020) opracowali sieć ResUNet, bazującą na architekturze ResNet oraz U-Net, i wykorzystali ją do klasyfikacji sześciu gatunków drzew na podstawie lotniczych ortoobrazów, osiągając dokładność klasyfikacji na poziomie 87%. Li i in. (2021b) badali modele Faster R-CNN do rozpoznawania dziesięciu gatunków drzew na

podstawie pełnych zobrazowań drzew, uzyskując dokładność klasyfikacji na poziomie 98% przy użyciu ResNet-50. Wysokie dokładności klasyfikacji uzyskane w tych badaniach potwierdzają zasadność użycia modelu ResNet do osiągnięcia wiarygodnych wyników.” Te stwierdzenia są poprawne, jednak nie odnoszą się do ograniczeń każdej z tych metod. Każda z nich wymaga specyficznego podejścia do treningu, przygotowania danych, a także czas treningu i czas odpowiedzi sieci podczas detekcji obiektów obrazowych może być bardziej lub mniej złożony, co oznacza dłuższy czas przetwarzania. Tu ponownie nasuwa się myśl, że brak analizy struktur sieciowych, które pozwoliłyby na zrozumienie ich działania, jest znaczącym niedociągnięciem. Większość konwolucyjnych sieci neuronowych (CNN) ma na przykład problem z detekcją obiektów tej samej klasy, ale znajdujących się w różnych skalach. Skaniny lotnicze może odbywać się na różnych wysokościach, a drzewa mogą mieć różną wysokość, co wpływa na skalę i wielkość przestrzenną piksela obrazu. Ten temat jest istotny i powinien być przynajmniej zasygnalizowany w pracy.

- Na stronie 69 mamy podane wzory oceny precyzji, czułości, confusion matrix i bardzo ważny szczególnie podczas treninigu (często zaniebawany w ocenie treningu) F1-score. Gdzie można w pracy znaleźć poza wzorami wartości tych parametrów?
- Jak elementy antropogeniczne (słupy, linie energetyczne, budynki, budowle etc.) uwidocznione na obrazach wpływały na detekcję drzew?
- Wśród dalszych propozycji usprawnień widziałbym bardziej precyzyjne dostrojenie parametrów treningu, jego nadzór, ocenę wpływu parametrów danych treningowych na jakość modelu, czas jego treningu, uwzględnienie transferu uczenia (transfer learning), a także dopasowanie modelu do celu pracy, uwzględniając typ i metryki danych.

4.2. Uwagi związane redakcją dysertacji

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

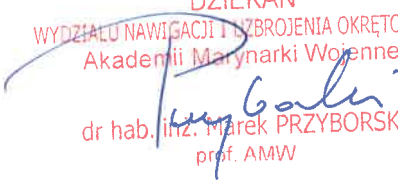
- Doktorantka przedstawia szereg wartości wysokości w sposób niewygodny i potencjalnie mylący, opisując je jako "od wysokości 1,35 m do 0,05 m nad NMT". Taka nierosnąca forma prezentacji danych jest nienaturalna i może utrudniać ich zrozumienie, gdyż standardem jest układanie wartości w kolejności rosnącej.
- Na stronie 64 MaxPolling został pomyłony z MaxPooling

5. Wnioski końcowe

Zdaniem recenzenta, recenzowana rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie zagadnienia naukowego w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport. Autorka rozprawy wykazała się bardzo dobrą znajomością aktualnego stanu wiedzy oraz najnowocześniejszych rozwiązań technologicznych w zakresie opracowania danych służących do inwentaryzacji roślinności na podstawie danych z pomiarów lotniczych, dobrą umiejętnością planowania prac badawczych, analizą uzyskanych wyników oraz logicznym wnioskowaniem.

Podsumowując, doktorantka posiada ogólną wiedzę teoretyczną i umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych. 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 2018 r. poz. 1668).

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.

DZIEKAN
WYDZIAŁU NAWIGACJI I ZBROJENIA OKRĘTOWEGO
Akademii Marynarki Wojennej

dr hab. inż. Marek PRZYBORSKI
prof. AMW