

Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr. Edwina Raczko

pt.: *Zastosowanie danych hiperspektralnych i sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji gatunków drzewiastych Karkonoskiego Parku Narodowego*
przygotowanej na Wydziale Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego
pod opieką dr hab. Bogdana Zagajewskiego

Formalną podstawą sporządzenia recenzji jest pismo Dziekana Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Pana prof. dr hab. Macieja Jędrusika z dnia 30.03.2017 roku. W niniejszym piśmie zostałem wskazany jako recenzent w przewodzie doktorskim Pana mgr Edwina Raczko i na tej podstawie dokonałem recenzji, która niniejszym przedkładam.

Struktura rozprawy

Zgodnie z Art. 13.1 pkt. 2 Ustawy z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy - *Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw*; Dz. U. 2011 nr 84 poz. 455) Art. 13. ust. 2 - *"Rozprawa doktorska może mieć formę maszynopisu książki..."*. Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr Edwina Raczko, w rozumieniu recenzenta spełnia wyżej cytowany warunek ustawy.

Charakterystyka i znaczenie rozwiązywanego problemu naukowego

Doktorant zajął się w swej dysertacji problemem niezmiernie ważnym a mianowicie wykorzystaniem algorytmów Sztucznych Sieci Neuronowych do klasyfikacji obrazów pozyskiwanych technologiami hiperspektralnymi. Teledetekcja satelitarna oraz lotnicza w ostatnich dziesięcioleciach rozwija się w kierunku zdalnej rejestracji zobrażeń w coraz większych rozdzielczościach. Dotyczy to zarówno rozdzielczości terenowej, która oferowana jest przez systemy komercyjne na poziomie zaledwie 31cm (Kanał PAN, WorldView-4; DigitalGlobe) jak i radiometrycznej (12 i 16 bitowe systemy) i czasowej (w niedługim czasie akwizycja każdego dnia przez nano-satelity Dove; Planet Labs). Najważniejszą jednak dla osób prowadzących analizy obrazu w zakresie monitoringu środowiska wydaje się być jednak rozdzielczość spektralna sensora, która powoduje iż zamiast 1 (PAN) lub 3 standardowych kanałów (RGB) użytkownik otrzymuje dostęp do rejestracji widma w kilkudziesięciu pasmach. W nich bowiem tkwi całe bogactwo bardzo złożonej informacji na temat stanu fizjologicznego roślin, aktywności barwników fotosyntetycznie czynnych, zawartości wody czy mikro- i makro pierwiastków oraz substancji odżywczych a także wody. Problem przetwarzania tak dużych ilości danych wymaga jednak odpowiedniego podejścia metodycznego a przede wszystkim znajomości zagadnień przyrodniczych i posiadania odpowiedniego warsztatu sprzętowego (oprogramowanie i komputery oraz urządzenia takie jak spektrometr). Nowoczesne podejście metodyczne zakłada, iż analizie poddawać będziemy wszelkie pozyskiwane przez sensory teledetekcyjne zobrażenia (optyczne i radarowe) a nie jak

obecnie zaledwie kilka ich procent. Dzieje się to z prostej przyczyny braku odpowiednich zaawansowanych algorytmów służących do w pełni automatycznej klasyfikacji obrazu. Na obecnym etapie obserwujemy tendencje badaczy do posługiwania się różnymi rodzajami algorytmów również uczących się wykorzystujących sieci neuronowe. Problemem jest jednak wciąż sam proces "nauczenia" algorytmu odpowiedniego rozpoznawania zadanego wzorca. Idealnym rozwiązaniem byłoby posługiwanie się już gotowymi bibliotekami wzorców opisujących różne klasy pokrycia terenu jak lasy ale z hierarchiczną informacją na temat ich kondycji zdrowotnej, składu gatunkowego, wysokości czy biomasy. Część z tych atrybutów już dziś dostępna jest w bazach danych GIS takich jak SILP (System Informatyczny Lasów Państwowych), jednak metodycznie nie do końca może odpowiadać założeniom stawianym przed SSN. Zasadniczy problem zbierania informacji dla potrzeb SILP dotyczy lokalizacji kołowych powierzchni próbnych (zwykle 500m²), które często bez precyzyjnej swej lokalizacji służą opisowi całych rozległych wydziełów często o zróżnicowanej strukturze (składu gatunkowego, form zmieszania, wysokości, piętrowości etc.). Problemy wynikające z tej sytuacji braku kompatybilności metodyk wymuszają więc wciąż zbieranie informacji terenowej i wskazywanie algorytmom próbek do uczenia (powierzchnie wzorcowe) oraz użytkownikowi do kontroli (powierzchnie testowe). Ta sytuacja pociąga za sobą oczywiście wydłużenie czasu przetwarzania danych i generowania informacji końcowych jak mapy LULC czy mapy stanu zdrowotnego drzew, szczególnie dla dużych obszarów o zróżnicowanej strukturze gatunkowej i piętrach roślinnych bo wymagana jest odpowiednia ilość zebranych danych do uczenia za każdym razem inna ze względu na zmienne procesy fizjologiczne, fenologie gatunku, datę pozyskania obrazów czy sytuację meteorologiczną i choćby stan gleby (wpływ suszy sprzed kilku lat etc.). Szansą na rozwiązanie tych problemów w niedalekiej przyszłości mają być algorytmy z dziedziny tzw. "głębokiego uczenia" (*ang.* deep learning). To chyba najszybciej obecnie rozwijająca się dziedzina sztucznej inteligencji (SI), pomagająca komputerom nadawać sens przetwarzanym w ogromnych ilościach obrazom ale także innym danym (tekst czy dźwięk). Dzięki wykorzystaniu wielu poziomów SN, już dziś komputery mają pierwsze możliwości obserwacji 2D i 3D (np. kamery i widzenie stereoskopowe), rozpoznawania (np. na takiej zasadzie jak analiza obrazu OBIA czy GEOBIA - (GeoGraphic Object Base Image Analysis), uczenia się i reagowania na często bardzo złożone sytuacje upodabniając się do schematu oko - mózg człowieka. Nawet w ostatnich dniach mamy do czynienia z pomysłami na masowe uczenie sieci zwanych DNN (*ang.* Deep Neural Network) z wykorzystaniem znanej już metody w świecie GIS tzw. *crowdsourcing* w tym przypadku nauczania algorytmu rozpoznania różnych klas pokrycia terenu na obrazach satelitarnych Planet antropogenicznie przekształcanych obszarach Amazonii. Niewątpliwie więc problem badawczy podniesiony przez Doktoranta jest niezmiernie ważny i na "na czasie" i wydaje się być ważnym kamieniem milowym w procesie przetwarzania bardzo dużych zbiorów danych a w przyszłości ich uczenia się na nowych obrazach i informacjach kontekstowych.

Omówienie przedstawionej rozprawy

Informacje ogólne

Recenzowana praca doktorska obejmuje 114 stron maszynopisu tekstu podzielonego na następujące części: *Wstęp; 1. Teledetekcja hiperspektralna; 2. Sztuczne sieci neuronowe; 3. Obszar i obiekt badawczy; 4. Metodyka; 5. Wyniki; 6. Przydatność obrazów APEX i sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji gatunków drzewiastych; 7. Podsumowanie i wnioski; Literatura; Spis rycin; Spis tabel.* W tekście umieszczonych zostało 38 rycin, 9 tabel i 163 pozycji literatury (w tym 144 obcojęzycznych, 19 w języku polskim oraz 4 źródła internetowe). Kandydat

w postaci 2 Załączników udokumentował wyniki klasyfikacji obrazów hiperspektralnych jako drukowanych mapy rozmieszczenia 6 analizowanych gatunków drzew na terenie Karkonoskiego Parku Narodowego (arkusze o nazwach "Karpacz" oraz "Szkłarska Poręba").

We **Wstępie** (6 stron) Doktorant uzasadnia przydatność teledetekcji lotniczej w badaniach naukowych w zakresie leśnictwa oraz przedstawia swoją motywację jaka skłoniła go do podjęcia prezentowanych w rozprawie badań. Skróceniowo prezentuje przegląd najnowszych osiągnięć technologicznych w zakresie teledetekcji hiperspektralnej oraz wykorzystania algorytmów z zakresu tzw. sztucznej inteligencji, tj. Sztucznych Sieci Neuronowych (SSN). We wstępie kandydat prezentuje dwa zdefiniowane cele metodyczne swej pracy jako: *opracowanie i przetestowanie metod przetwarzania danych hiperspektralnych z jednoczesnym opracowaniem metody klasyfikacji 6 gatunków drzew w Karkonoskim Parku Narodowym* oraz wyszczególnia cel aplikacyjny, tj. - *opracowanie mapy zasięgów analizowanych 6 gatunków drzew na obszarze całego Karkonoskiego Parku Narodowego*.

Rozdział 1. Teledetekcja hiperspektralna (ok. 20 stron) opisuje najważniejsze aspekty związane z jedną z najnowocześniejszych gałęzi teledetekcji lotniczej. Autor rozpoczyna rozdział od istoty i koncepcji teledetekcji hiperspektralnej, a następnie wykazuje różnice między technikami teledetekcji wielospektralną a hiperspektralną, podkreślając istotę zakresu informacyjnego zgromadzonego w bardzo wąskich kanałach promieniowania elektromagnetycznego rejestrowanego przez detektory urządzeń. Ogromna ilość bardzo wąskich przedziałów promieniowania (EM) umożliwia dziś m.in. określanie zawartości poszczególnych barwników fotosyntetycznie czynnych, zawartości wody (turgor komórki), substancji chemicznych czy koncentracji wybranych pierwiastków (np. azotu) lub biomasy. W kolejnych częściach rozdziału Doktorant przybliży czytelnikowi historię związaną z rozwojem konstrukcji urządzeń skanujących i badań hiperspektralnych stosowanych w leśnictwie światowym i w Polsce. W kolejnych podrozdziałach:

- 1.1. *Procedury korekcji obrazów hiperspektralnych* - Autor przedstawia najważniejsze etapy związane z pozyskaniem tzw. "surowych" obrazów hiperspektralnych, ich korekcją geometryczną i atmosferyczną.
- 1.2. *Procedury przetwarzania danych hiperspektralnych* - koncentruje się na wyborze optymalnych zakresów promieniowania do dalszych analiz.
- 1.3. *Klasyfikacja obrazów teledetekcyjnych* - Autor przybliży czytelnikowi podstawowe pojęcia z zakresu procesu klasyfikacji (analizy) zdalnie pozyskiwanych obrazów.
- 1.4. *Ocena dokładności klasyfikacji* - tu przedstawione zostały przez Kandydata pojęcia związane z głównymi metodami oceny jakości (ang. QA) przeprowadzanych klasyfikacji, czyli tzw.: dokładność ogólna, dokładność "Producenta", dokładność "Użytkownika" oraz współczynnik "Kappa". W większości prac badawczych z zakresu przetwarzania obrazów teledetekcyjnych ten właśnie etap bywa najczęściej krytykowany przez recenzentów. Z jednej strony autorzy starają się przedstawiać możliwie dobre wyniki, często jednak nie dając szansy recenzentowi zapoznania się z zestawami danych do treningu algorytmu i jego testowania. Pan mgr Edwin Raczko zwraca uwagę na stosowanie metod obiektywizujących ten etap prac czyli odpowiedni wybór wzorców uczących algorytm i zestawu danych do testowania wyników tj. metodę Monte Carlo lub k-krotny sprawdzian krzyżowy. Metody te z racji na powtarzalność procedury wielokrotnego wyboru próbek uczących oraz weryfikujących, umożliwiają bardziej obiektywną ocenę przeprowadzonej klasyfikacji obrazu. Jest to ważne i bardzo ciekawe rozwiązanie, które nie jest powszechnie stosowane ale z pewnością podnosi walor naukowy pracy i obiektywizm wyników.

- 1.5. *Procedury wyboru danych wykorzystanych w klasyfikacji* - prezentuje metody związane z kompresją oraz wskazaniem na najbardziej cenne zakresy promieniowania (pojemność informacyjna kanałów wyznaczana metodami - MNF lub PCA).
 - 1.6. *Lotnicze obrazy hiperspektralne APEX* - tu przedstawiona przez autora została historia skanera hiperspektralnego APEX, który był źródłem danych w projekcie na jakim pracy doktorska została oparta. W rozdziale przedstawione zostały parametry techniczne oraz uzasadnienie powstania tego sensora.
 - 1.7. *Klasyfikacja drzewostanów na podstawie obrazów hiperspektralnych* - Autor prezentuje przykłady wykorzystania obrazów hiperspektralnych i dokładności klasyfikacji drzew na podstawie przeprowadzonych bogatych studiów literaturowych.
- W konkluzjach rozdziału Autor potwierdza, że zaproponowana metoda bazująca na teledetekcji hiperspektralnej jest stosowana z sukcesem w wielu krajach, a uzyskiwane wyniki są wiarygodne.

Rozdział 2. *Sztuczne sieci neuronowe* (ok. 10 stron tekstu) poświęcony został niezmiernie szczegółowym opisom dotyczącym połączeń komórek nerwowych oraz wynikających z tego implikacji dla symulatorów Sztucznych Sieci Neuronowych (SSN). W pierwszej części rozdziału Autor przedstawia krotki rys historyczny powstania i rozwoju SSN, a następnie w kolejnych podrozdziałach:

- 2.1. *Perceptron wielowarstwowy* - prezentuje symulator Pittsa i McCullocha (1943), jednego z najczęściej do dziś wykorzystywanych rozwiązań, m. in. w recenzowanej rozprawie doktorskiej. Autor przedstawił koncepcję funkcjonalną warstw wejściowych, ukrytych oraz wyjściowych oraz procedur związanych z klasyfikacją, w tym zależność między liczbą kanałów spektralnych (ograniczeniem ich liczby), a uzyskiwanymi dokładnościami klasyfikowanego obrazu.
- 2.2. *Algorytm wstecznej propagacji błędów* - tu bardzo klarownie Autor zaprezentował założenia jednej z najpowszechniej stosowanych metod, dającej bardzo dobre wyniki klasyfikacji danych teledetekcyjnych.
- 2.3. *Charakterystyka symulatora sztucznych sieci neuronowych „nnet”* - Autor przedstawia docelowe rozwiązanie na jakim się oparł przy klasyfikacji obrazów hiperspektralnych pochodzących z urządzenia APEX. Doktorant sięgnął po tzw. symulator sztucznych sieci neuronowych „nnet” stworzony na Oxford przez emerytowanego już profesora Zaawansowanej Statystyki - Briana Ripley. Jest to bardzo nowatorskie rozwiązanie informatyczne typu *Open source* dostępne w pakiecie programów statystycznych "R". Pakiet ten jest powszechnie i szeroko stosowany nie tylko w teledetekcji, ale też innych dziedzinach nauki jak *Deep Learning* i *Social Science* - wymagających narzędzi statystycznych, w których użytkownicy preferują zalety wynikające z rozbudowanych narzędzi programistycznych.
- 2.4. *Zastosowanie sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji drzewostanu* - tu opisane zostały przez Autora przykłady konkretnych zastosowań SSN do identyfikacji gatunków drzew. Część ta opracowana została na podstawie przeglądu literatury. Na jej podstawie czytelnik orientuje się, iż symulatory sztucznych sieci neuronowych (SSN) stanowią niezmiernie konkurencyjną alternatywę w stosunku do innych klasyfikatorów. Szczególnie wykorzystanie oprogramowania "nnet" bez ponoszenia dużych kosztów jak za oprogramowanie komercyjne (np. do analizy OBIA - eCognition rząd kilkudziesięciu tys. EUR) oraz możliwości modyfikacji algorytmów przez operatora i możliwość wytrenowania sieci w przyszłości (bez potrzeby wzorców treningowych) - to bezsprzecznie dobra perspektywa dla stałego monitoringu rozległych obszarów leśnych.

Rozdział 3. Obszar i obiekt badawczy (ok. 7 stron tekstu) - Autor rozpoczął rozdział od przedstawienia rysu historycznego oraz geograficznego, a następnie zaprezentował podrozdziały: 3.1. *Warunki przyrodnicze Karkonoszy* oraz 3.2. *Roślinność Karkonoszy*.

Rozdział 4. Metodyka (ok. 15 stron tekstu) - Doktorant prezentuje najważniejsze etapy związane z pozyskaniem obrazów hiperspektralnych z urządzenia APEX, ich przetwarzaniem wraz z wykorzystaniem modeli wysokościowych ze skanowania laserowego, optymalizacją sztucznych sieci neuronowych, klasyfikacją, pozyskaniem danych do treningu sieci oraz weryfikacji uzyskanych wyników. Rozdział 4. obejmuje następujące podrozdziały:

4.1. *Pozyskanie danych*; 4.2. *Pozyskanie terenowych danych wzorcowych do klasyfikacji i weryfikacji*, 4.3. *Przygotowanie zestawu danych do uczenia i weryfikacji*, 4.4. *Procedura wyboru kanałów spektralnych*, 4.5. *Przygotowanie Numerycznego Modelu Terenu, Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu i Znormalizowanego Numerycznego Modelu Pokrycia Terenu*, 4.6. *Przygotowanie maski drzewostanu*, 4.7. *Optymalizacja struktury sieci neuronowej*, 4.8. *Iteracyjna ocena dokładności klasyfikacji*, 4.9. *Klasyfikacja zobrazowań APEX sztucznymi sieciami neuronowymi*.

Rozdział 5. Wyniki (ok. 9,5 stron) - zawiera wyniki prac wykonanych przez dostawcę zobrazowań hiperspektralnych oraz przez Autora, tj. na tematy: korekcji obrazów APEX, informacyjności poszczególnych kanałów zobrazowania APEX i ograniczania liczby kanałów spektralnych, optymalizacji procesów uczenia, klasyfikacji - w tym ocenę jakości przeprowadzonej klasyfikacji (na podstawie pól testowych/ weryfikacyjnych pozyskanych podczas prac terenowych). Z porównania użytych terenowych wzorców do kalibracyjnych skanera (FieldSpec 3) i obrazów po przeprowadzeniu korekcji wynika, że średni błąd kwadratowy (RMSE) wyniósł około 1,3 %, co oznacza wysoką jakość wykonanych przetworzeń wstępnych. Potwierdzają to charakterystyki spektralne dominujących form pokrycia terenu (podrozdział 5.1. *Dokładność korekcji atmosferycznej zobrazowań APEX*). Najbardziej informacyjnie pojemne kanały wg. wyników uzyskanych przez autora występują we wszystkich zakresach rejestrowanego widma (tj. pasma o długościach: 530, 550, 590, 600, 610, 620, 630, 650, 680, 690, 780, 800, 820, 830, 850, 860, 880, 900, 930, 940, 960, 980, 1000, 1040, 1120, 1200, 1240, 1260, 1280, 1500, 1530, 1560, 1660, 1720, 1760, 2000, 2030, 2060, 2090 oraz 2110 nm). Są one głównie związane są z zakresami odpowiedzialnymi za występowanie barwników fotosyntetycznie czynnych, struktury komórkowe, zawartość substancji budulcowych czy związane są z turgorem aparatu asymilacyjnego (5.2. *Analiza informacyjności zobrazowania APEX*).

Rozdział 6. Przydatność obrazów APEX i sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji gatunków drzewiastych (14 stron) - autor analizuje szczegółowo uzyskane wyniki i dyskutuje z osiągnięciami innych autorów. W pierwszej części Autor odniósł własne wyniki do danych zgromadzonych w systemach GIS Karkonoskiego PN (zasilane informacjami z Planu Ochrony do których wykorzystano inwentaryzację przeprowadzoną na sieci stałych powierzchni obserwacyjnych) wykazując pewne zaistniałe różnice w udziale poszczególnych analizowanych gatunków drzew. Autor porównał uzyskane przez siebie dokładności do wyników innych badaczy, wykazując skuteczność opracowanej metody do identyfikacji wybranych gatunków drzew. W podrozdziale 6.1. *Różnice udziału gatunków drzew w KPN uzyskanego na podstawie klasyfikacji i z danych oficjalnych* oraz w podrozdziale ; 6.2. *Porównanie wyników klasyfikacji APEX z dostępnymi danymi KPN* - Autor przedstawił bardzo szczegółowo konkretne przykłady wskazujące na wysoka dokładność zastosowanej metody SSN. Autor prezentuje swoje wyniki na tle map drzewostanowych KPN (Danielewicz 2012). Podrozdział 6.3. *Dyskusja na temat czasu wykonania badań terenowych* - tu Autor koncentruje się na omówieniu korzyści wynikających z zastosowania

obrazów teledetekcyjnych, które przyczyniają się do znaczącego obniżenie kosztów badań terenowych na rozległych obszarach leśnych.

Rozdział 7. Podsumowanie i wnioski opisuje najważniejsze elementy opracowanej metody i niezbędnych procedur do wygenerowania mapy drzewostanów, a także uzyskanych wyników dla 6 gatunków analizowanych drzew w obszarze Karkonoskiego PN. Autor przedstawił najważniejsze wnioski płynące z pracy, podkreślając możliwości automatyzacji procedur. Autor wskazuje także na najważniejsze elementy wynikające z doświadczenia pracy z algorytmami SSN oraz obrazami hiperspektralnymi.

Ocena pracy

Recenzent **ocenia niezwykle wysoko merytoryczną** stronę przedstawionej pracy, gdyż jej Autor podjął się bardzo trudnego tematu z zakresu interdyscyplinarnych badań. Jest godnym podziwu opanowanie przez stosunkowo młodego badacza warsztatu oprogramowania z zakresu sztucznej inteligencji a w szczególności pakietów programów R i ich dostosowywanie do potrzeb klasyfikacji wybranych gatunków drzew. Ponad wszelką wątpliwość Pan mgr Edwin Raczko udowodnił sens stosowania nowoczesnych rozwiązań informatycznych, które potrafią wykorzystywać zdolności uczenia się SSN. Jak się wydaje jest to jedyna droga do dalszego rozwoju naszej cywilizacji. Otrzymane wyniki, charakteryzują się wyższą dokładnością niż typowe opracowania bazujące na znanej od dziesięcioleci nadzorowanej klasyfikacji pikselowej. Tak dobre wyniki uzyskanych klasyfikacji bezsprzecznie są też pochodną odpowiedniego doboru nieskorelowanych ze sobą kanałów spektralnych i ograniczeniu ich nadmiarowości przy pełnym wykorzystaniu pojemności informacyjnej każdego z nich. Praca wskazuje kierunek rozwoju dla młodych pokoleń badaczy, którzy mają nieograniczony dostęp do tzw. *BigData* czyli wielkim baz danych gromadzących archiwa zobrazowań satelitarnych takich jak: SENTINEL (ESA) czy LANDSAT (NASA) i oprogramowania Open Source co kiedyś wydawało się wręcz niemożliwym snem o teledetekcji.

Autor zafascynowany trochę informatyczną stroną pracy nie ustrzegł się jak każdy rozpoczynający karierę badacz pewnych błędów technicznych głównie stylistycznych ale także związanych z dendrologia czy leśnictwem. Zostały one omówione poniżej jednak nie mają większego wpływu na ocenę całości pracy. Recenzenta zastanawia dlaczego Autor dysertacji nie powołuje się w ogóle na swoje publikacje (<http://geoinformatics.uw.edu.pl/edwin-raczko/>), które były efektem rozpoznania i testowania algorytmów SSN i SVM na danych APEX - a opublikował je w ostatnich kilku latach. W moim przekonaniu zawsze warto wskazać na swoje osiągnięcia naukowe szczególnie, że opublikowano je w renomowanych czasopismach.

Uwagi szczegółowe

Co prawda, egzemplarz pracy jaki otrzymałem jest bez podpisu autora rozprawy pod oświadczeniem o samodzielności - jednak traktuję to wyłącznie jako przeoczenie administracji Uczelni podczas kontroli materiału wysyłanego do recenzentów i zakładam, że uzyskam taki podpis przed samą obroną na moim egzemplarzu.

Wstęp.

Nie znajduję osobiście przyczyn dlaczego wstęp nie jest ponumerowany, przez co powstaje wrażenie jakby nie stanowił części dysertacji. Być może wynika to z przyjętych zasad na UW, ale nie jest to streszczenie pracy. We wstępie znajduję kilka niedociągnięć stylistycznych, które należy usunąć przygotowując pracę do publikacji szczególnie w języku polskim. Zaliczyć można do nich stwierdzenia takie jak .."interpolacja uzyskanych wyników na poziom satelitarny" - powinno być raczej transformacja czy przeniesienie lub powtarzane dość często w pracy żargonowe określenie skaning lidarowy ALS. Proponuję zapoznać się z literaturą w języku polskim z ostatnich kilku lat, w której za prawidłowe uważa się stosowanie pojęć "lotnicze skanowanie laserowe" (ang. ALS - Airborne Laser Scanning). Inne żargonowe określenia to "spakowane" zamiast skompresowane czy określenie SWIR jako "dalszej podczerwieni" zamiast krótkofalowej podczerwieni. Stosowanie niestylizycznej budowy zdania od słów "Idąc ku metodom.." niepotrzebnie odciąga recenzenta od właściwej treści pracy. We wstępie znajdują się też akapity brzmiące jak wnioski na temat wykorzystania technologii hiperspektralnej oraz zostaje zdefiniowany cel pracy co jeszcze bardziej dziwi recenzenta ale być może jest to konwencja przyjęta na UW.

1. Teledetekcja hiperspektralna

Autor często stosuje akronimy w języku angielskim podając ich polskie odpowiedniki ale nie zawsze podając pełne brzmienie w języku angielskim (str. 15 , 1 akapit). Niewłaściwa stylistyka jaka pojawia się w tym rozdziale to m.in. "Postęp badań nad baldachimem roślinnym napotkał większy opór" - co jak rozumiem powinno odpowiadać bardziej "Postęp badań nad okapem (koronami, warstwą koron, sklepieniem drzewostanu) był utrudniony co wynika z...". Inne słowa nieprecyzyjnie ujmujące omawiany element pracy to "wigor roślin" czy "zawartość nutrientów" (str. 17).

Nie jest rola recenzenta poprawiać wszystkie stylistyczne usterki, których jest znacznie więcej jednak chciałem zaznaczyć ich istnienie. Za omyłkę techniczną należy też rozumieć stosowanie oznaczeń jednostek str. 15 dla podczerwieni termalnej (mikrometrów) czy podpis Ryc.2. Recenzenta dziwią opisy rycin szczególnie zachowanie np. opisów niemieckich i obok stosowanie polskich jak również autorów nad ryciną a nie w podpisie (np. Ryc. 1).

Autor nie podaje polskiego tłumaczenia dla "samolotów typu UAS" co zresztą lepiej byłoby zastąpić pojęciem UAV odnoszącym się do samego Bezzałogowego Statku Powietrznego (BSP) a nie całego systemu (Unmanned Aerial System) obejmującego także stacje odbiorczą, przesył danych etc.

W całej pracy (np. str. 34, 35) występują problemy z poprawnym cytowaniem czasu np. lata osiemdziesiąte autor opisuje jako "1980.," czy "lat 1990. i .." Być może doktorant w całej pracy automatycznie poprawił jakiś apostrof ale pisanie kropki przy roku wg mnie jest całkowicie błędne.

Na stronie 20 autor zalicza do substancji budulcowych roślin całą gamę pierwiastków. Substancje które budują takie organizmy jak drzewa składają się z pierwiastków i wiązań chemicznych. Traktuję to jako dalekie uproszczenie wymagające korekty. Bardzo często autor zamiennie stosuje słowo pigment i barwnik traktując je jako substancje głównie fotosyntetycznie czynne. Na stronie 20 pisze "pigmentów i chlorofilu". Jak wnoszę są to różnie wykonane tłumaczenia i często kalka językowa jak w przypadku pigmentów (np. str. 31).

Na stronie 22 być może korekty wymaga pisownia słowa "Ziemia", w zależności od sposobu podejścia do naszego globu, co autor poprawnie wyraża wcześniej pisownią z dużej litery. Kolejny raz ta literówka występuje na str. 58.

Być może dyskusją akademicką jest prowadzenie sporu czy klasy obiektów przypisuje się do pikseli obrazu czy też analizowanym pikselom z różnych kanałów spektralnych przypisuje się atrybut przynależności do klasy. W pracy są dwie interpretacje (jedna z nich na str. 24). Podobnie posługiwanie się współczynnikiem Kappa do oceny dokładności klasyfikacji. W moim przekonaniu ale też w innych pracach autora pisany jest wielką literą a w przedłożonej dysertacji mała. Poza tym współczynnik Kappa nie "pokazuje" a określa (opisuje) stopień podobieństwa (niewłaściwy styl zdania wymaga poprawy).

Na stronie 26 autor pisze o doborze poligonów pomiarowych nie precyzując czemu one służą ale rozumiem, że ma na myśli tzw. (ang. AOI - Area Of Interest).

Inne uchybienia stylistyczne (s. 27) to stosowanie zwrotów "nasz model" czy "zawyżanie otrzymanych wyników" czy zaniżanie wyników. Domyślam się że autorowi chodzi w tym przypadku o poprawność wyników. Unikałbym też stosowania zbitek słów "klasyfikowanie klas".

Na stronie 30 znajduje się Tabela 2. w której brakuje opisów (np. pierwszy rząd) lub nie przetłumaczono na język polski 6 wiersza - chwilowego pola widzenia. Autor w rozdziale 1.7. trochę mało precyzyjnie pisze (str. 30) o klasyfikacji drzewostanu nie podając pod kątem jakiej cechy a dopiero później opisuje klasyfikację składu gatunkowego jako typ roślinności co nie jest właściwe gdyż drzewostan jest w zasadzie jednym typem w tym znaczeniu. Przy okazji autor nie tłumaczy na język polski gatunków a podaje jedynie nazwę rodzajową np. sosna co jest zbyt mało precyzyjne, podobnie jak pisząc "parku Yellowstone" zamiast Parku Narodowego Yellowstone.

W bardzo obszernym przeglądzie najnowszej literatury (rozdział 1.70 dość trudno się poruszać gdyż autor nie używa wyraźnych akapitów i często czytelnik gubi się ze względu na płynne przechodzenie od wyników jednego autora do innego (przykład autorów Lucas i in. 2008 oraz Ghosh i in. 2014) gdzie nie jest jasne czy chodzi o skaner CASI czy HySpex ze względu na strukturę tekstu i bardzo późne cytowanie drugiego zespołu badawczy. Przy okazji cytowanie wielu autorów przyjęto jako Ghosh i in. a nie i inni.

Na stronie 32 ale i na innych często pojawia się żargonowe określenie "danych lidarowych" nie do końca opisanych a jedynie w domyśle czytelnika pozostaje czy chodziło autorowi o chmury punktów 3D czy też np. modele jakie na ich podstawie wygenerowano.

Na stronie 33 znajduje się literówka " w dalszej podczerni".

W rozdziale 2.2 autor słusznie podkreślając zalety pakietu do obliczeń statystycznych "R" używa jednak stwierdzenia, które co najmniej powinien złagodzić a zwiera ono treści "walce" z programem.

Techniczną uwagę kieruje też co do cytowania autorów, których imion nie podajemy jak na str. 42 R. Pu (2009) czy str. 43 G. Omera (2015). Osobiście nie są mi znane takie zasady cytowania i należy je poprawić przed drukowaniem fragmentów rozprawy co gorąco polecam.

Używanie poprawnego fachowego słownictwa zawsze bardzo podnosi jakość pracy więc proponuję stosować nazewnictwo ugruntowane w polskiej fotogrametrii takie jak "szeregi nalotu"

zamiast linie, które współcześnie bardziej kojarzą się z trajektorią przelotu a nie linią skanowania o konkretnej długości (mierzonej w poprzek lotu - str. 44).

Rozdział 3. Obszar i obiekt badawczy

Recenzent nie bardzo jest w stanie zrozumieć dlaczego Doktorant nie posługuje się nazwą "obszar badań" a dopiero po 6 stronach opisu o Karkonoskiego PN i KRNAP (po czeskiej stronie) jednym zdaniem konkluduje, że badania prowadzi w KPN. Zupełnie niepotrzebnie w rozdziale 2.3 wprowadza się definicje roślinności drzewiastej, która nie ma pełnej reprezentacji w KPN. Spora część rozbudowanych opisów pięter roślinnych (str. 48 - 49) nie ma podanej literatury z jakiej korzystano. W tym rozdziale pojawia się żargon typu "klasyfikowanie klona" no i w końcu jedna z najpoważniejszych z punktu widzenia dendrologicznego usterek - tj. stosowania nazw dla analizowanych gatunków drzew. W ostatnim zdaniu rozdziału nr 3 autor wymienia 6 gatunków nie podając ich polskich nazw gatunkowych a jedynie rodzajowe jak np. świerk czy modrzew lub sosna. W przypadku olchy i zamiennie stosowanej nazwy olsza nie wiadomo (w zasadzie w całej pracy) czy chodzi o olszę szarą (*Alnus incana* (L.) Moench.) czy olszę czarną (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) a może górski gatunek - olszę zieloną (*Alnus alnobetula* (Ehrh.) K. Koch). Jednoznaczne stosowanie nazwy polskiej i łacińskiej odnoszącej się do gatunku a nie rodzaju Olcha (*Alnus* Mill.), do którego należy około 35 gatunków - jest wymagane w tego typu opracowaniach. Oczywiście posiadając ugruntowaną wiedzę dendrologiczną o zasięgach tych gatunków w Polsce, Recenzent wie, że chodzi o olszę szarą - jednak powinno to być wskazane w pracy jako gatunek a nie rodzaj. Podobne niedociągnięcia pojawiają się na stronach s.78, 80 i 90. Na stronie 49 ostatnie zdanie zaczynające się omyłkowo od kropki jest dość niejasne, gdyż już we wprowadzeniu czytelnik dowiadyuje się o 6 gatunkach a teraz czyta o 5. Dopiero następne akapity też dość zawile dają dopiero odpowiedź, iż do "klasyfikacji klas" (styl! trochę "masło maślane" - powinno być klasyfikacji gatunków) - włączono olszę (bez podania gatunku). W następnym zdaniu dowiadujemy się, iż praca dotyczy wyłącznie kartowania drzew i znów podawana jest definicja roślinności drzewiastej cytowana wcześniej, w zasadzie wg której również kosodrzewina (*Pinus mugo* Turra), której powierzchnia pokrywa około 900 ha KPN mogłaby śmiało podlegać klasyfikacji, nawet jeśli Danielewicz i in. (2012) nie kwalifikują tych zbiorowisk do typowo leśnych. To również bardzo zastanawia recenzenta dlaczego tak licznie występującego w KPN gatunku drzewa (czasem w formie płożącego krzewu) nie uwzględniono w klasyfikacji - recenzent nie znalazł fragmentu tłumaczącego dlaczego nie była klasyfikowana kosodrzewina co wspaniale uzupełniałoby bilans powierzchni zajmowanych przez główne gatunki drzew. Zaprezentowanie Ryciny 7 z mapą potencjalnego występowania "badanych gatunków drzew" nie jest jednoznaczne, gdyż za miejsca potencjalne można śmiało uważać siedliska leśne przejściowo pozbawione drzewostanu, których po klęsce zamierania świerczyn w Karkonoszach (z lat 80-tych XX wieku) jest dość dużo. Poza tym wydaje się, iż przyjęta kolorystyka dla Św i So nie jest zbyt szczęśliwa gdyż kolory są zbyt do siebie zbliżone ale być może jest to kwestią wydruku.

Autor używa pojęcia wielkość piksela wynosząca ponad 9 m² . W teledetekcji przyjęto raczej miarę wielkości piksela w zakresie jego rozmiaru boku więc w tym wypadku powinno się raczej stosować wartość 3.0m rozdzielczości terenowej. Kandydat nie jest leśnikiem ale jego praca dotyczy środowiska leśnego winien więc używać słownictwa w pełni fachowego. Pojawiający się termin "zwarłość" drzew jak rozumiem należy zamienić przed publikacją na słowo "zwarcie poziomie warstwy koron".

Dodatkowo w rozdziale tym pojawia się w zasadzie cel pracy co trochę dziwi recenzenta co do układu struktury pracy, gdyż w tym rozdziale powinno być opisane miejsce wykonywanych

badania, jego wielkość czy zróżnicowanie wysokościowe. Cel pracy definiuje się zwykle na zakończenie wprowadzenia.

Rozdział 4 . Metodyka

Recenzent proponuje używać precyzyjnego pojęcia klasyfikacji zasięgów przestrzennych wybranych gatunków lasotwórczych zamiast "klasyfikacji wybranych drzew". Pod pojęciem klasyfikacji obrazów satelitarnych zwyczajowo rozumie się etap ich przetwarzania, więc rozdział ich nie do końca jest doprecyzowany. Efektem małej precyzji opisywania klasyfikowanych gatunków, schemat na Ryc. 8 zawiera w sobie element nazwany "Mapa drzewostanu KPN" a powinny to być mapy zasięgów analizowanych gatunków, gdyż nie wszystkie były analizowane. Oczywiście pozostałe gatunki lasotwórcze zajmują pomijalnie małe obszary KPN ale poza kosodrzewiną, której autor jasno nie deklaruje jako gatunku drzewa choć przytacza definicje wg. których nim jest. Na Rycinie 8 nie znajduję etapów wykonywania poszczególnych korekcyj: atmosferycznej, topograficznej czy geometrycznej. Autor używa pojęcia Znormalizowany DSM (Ryc. 8) mieszając nieładnie nazwę polską z angielską. Proszę o zmianę na zNMPT (znormalizowany Numeryczny Model Pokrycia Terenu).

Stylistyczne uwagi dotyczą sformułowań "gotowe dane" (s. 55) czy "pozyskanie terenowych danych wzorcowych". Przytoczone w metodyce użycie odbiornika ZENO 10 powinno być sygnalizowane z użyciem określenia "odbiornik GNSS" a nie GPS gdyż jest dwu-systemowym urządzeniem pracującym z sieciami NAVSTAR-GPS oraz GLONASS. Autor nie opisuje niestety jakie parametry pomiaru zostały przyjęte (np. graniczna wartość PDOP czy SNR) co ma znaczenie dla dokładności określania pozycji szczególnie pod okapem drzewostanu. Na stronie 56 znajduję jedynie informację, że za dopuszczalny błąd określenia pozycji odbiornikiem ZENO 10 przyjęto 2.5 metra. Skąd taka wiedzę doktorant uzyskał? Czy testował ten odbiornik na znanych punktach pomiarowych? Właściwym byłoby przetestowanie jakości odbioru na terenie otwartym lub w miejscach pomiaru GCP do ortorektyfikacji obrazów. O ile zrozumiałym jest fakt, iż zaawansowane przetworzenia danych hiperspektralnych wykonywała firma VITO to brak informacji o faktycznej dokładności ortorektyfikacji obrazów poza szcążkową informacją iż dokładność wahała się około 1.0 m.

W rozdziale 4.2. autor wspomina pozyskanie z KPN ortofotomapy (powt. słowo pozyskaną) ale nie opisuje czy chodzi o zobrazowania w kompozycji NIR czy CIR i czy lotniczą czy satelitarną. Podaje na szczęście rozdzielczość 15 cm przez co można domyślić się że chodzi o materiały fotolotnicze.

Doktorant w rozdziale Metodyka wskazuje na typowe trudności związane z organizacją badań terenowych w tego typu kampaniach fotolotniczych. Jak pisze dopiero niemal rok po nalocie pozyskano pierwsze dane wzorcowe z terenu i kontynuowano to przez następne dwa okresy 2014 i 2016. Dość lakonicznie zasygnalizowano projekt WICLAP, o którym nic więcej nie można się dowiedzieć. Tak czy inaczej największą troskę recenzent w tym rozdziale przywiązuje do sposobu zbierania pól treningowych i testowych (weryfikacyjnych). Otóż doktorant pisze w pracy o pomiarach poligonów reprezentujących badane gatunki drzew. Z opisu jednak domyślałem się jedynie, że nie były to poligony (złożone z poli-linii) a jedynie przeprowadzono pomiar punktowy (nie wiemy ile epok pomiarowych i czy był to pomiar RTK).

Dalej moje rozumowanie przebiega już w domyśle, bo ten fragment nie jest dobrze opisany, iż autor rozprawy na obrazie rastrowym poprawnym geometrycznie (dokładność położenia piksela

około 1.0 m przy ponad 3.0 metrowym pikselu terenowym obrazu) wyszukiwał po kilka pikseli reprezentujących korony drzew. Nie jest jasne, czy ten chyba najbardziej subiektywny rozdział metodyki pracy dotyczył wskazywania pikseli tylko do 5.0 metrów od pozycji odbiornika GNSS (zasięg ok 1.5 piksela?). Ten element dość subiektywnego wyboru operatora mógł znaleźć swój koniec w niewłaściwych wynikach klasyfikacji obrazu, jednak duża próba prawdopodobnie uchroniła Doktoranta przed uzyskaniem niewłaściwych wyników analizy obrazu.

Aż 564 poligony pozyskano z KPN ale autor niestety nie opisuje, co to były za dane (pomiarzy azymutalne pojedynczych drzew?) pisząc jedynie o informacjach o położeniu drzew. Zwykle występujące w Parkach Narodowych sieci powierzchni obserwacyjnych mają powierzchnie 400-500m² a ich wyznaczanie odbywało się stosunkowo dawno kiedy odbiorniki GPS nie miały tych samych możliwości co obecnie stąd błędy lokalizacji środków powierzchni kołowych dochodzą do wielu metrów a czasem kilkudziesięciu.

Sama metodyka nie precyzuje też dlaczego poszczególne gatunki drzew mają różne wartości średniej liczby pikseli na 1 poligon badaczy. I tak tylko 3 piksele reprezentują Św, aż 6 - Brz, 8 - Bk, 3 - Md, 8 - Ol sz. i 6 - So. Ta przypadkowość reprezentacji drzew na obrazach nie jest skorelowana z liczebnością tych drzew w KPN jednoznacznie, szczególnie w przypadku Md może być trochę za niska.

Autor w kilku miejscach dysertacji (np. rozdział 4.3.) wspomina o scenach zobrazowania APEX nie prezentując jednak nigdzie ich zakresów nawet w sposób graficzny.

W rozdziale 4.5. autor opisuje generowanie modeli wysokościowych na podstawie chmur punktów ALS. Nie jest przedmiotem pracy samo ich przetwarzanie jednak nasuwa mi się pytanie do Kandydata - co rozumie pod określeniem filtracja oraz uzyskiwanie gładkiego DSM. Akronimy polskie takie jak NMT czy NMPT są w tym rozdziale niepotrzebnie mieszane z angielskimi: DTM oraz DSM czy nDSM. Proponuję używać wyłącznie polskich skrótów. Autor pisze też o klasach wysokości dla gatunków nie podając jednak żadnych wartości przedziałów klasowych.

Rozdział 5 - Wyniki.

W tym rozdziale recenzent nie znajduje wielu usterek choć uważa, że klasy 6-ciu gatunków drzew powinny być wymieniane jako klasa pisana np "Buk" lub klasa drzewostanów bukowych a nie żargonem typu "buk był mylony z brzozą i modrzewiem". Interesującym pytaniem wg recenzenta na jakie chciałby uzyskać odpowiedź brzmi: co stało się z klasą cień na obrazach i w wynikach klasyfikacji? Do jakiego gatunku najczęściej była przypisywana ? Na stronie 71 opisywane są wyniki dokładności klasyfikacji producenta i użytkownika jednak bez podawania konkretnych wartości w tekście, po które czytelnik odsyłany jest do kolejnych Rycin (np. Ryc. 25). Utrudnia to trochę czytanie i analizowanie wyników, gdyż strony nie leżą koło siebie.

Rozdział 6.

Wg recenzenta rozdział ten powinien nazywać się Dyskusja wyników lub należało go połączyć z Rozdziałem 5 i zatytułować Wyniki i dyskusja.

Autor nie precyzuje dość potocznego określenia "oficjalne dane" KPN co w tego typu rozprawie nie powinno mieć miejsca a jak mniemam chodzi o dane z siatki powierzchni kołowych użytych w inwentaryzacji Parku i sporządzeniu Planów Ochrony. Określenie "oficjalne" dane sugeruje też istnienie innego zestawu danych - "nieoficjalnych"? Stylistycznie złe sformułowanie iż

wynik klasyfikacji SSN obniża udział procentowy buka nie jest poprawny. Wynik może być całkiem prawdziwy i jedynie przybliży nas do prawdy jednocześnie weryfikując poprzednie dane. Na stronie 80 autor mało precyzyjnie używa stwierdzenia o "danych lidarowych" nie wskazując na to czy stosowane są chmury punktów 3D czy też wykorzystywane modele wysokościowe do segmentacji koron drzew. w ostatnim zdaniu sugeruje Model Koron Drzew, który można nawet generować w oparciu o metody dopasowania zdjęć lotniczych (ang. stereomatching) bez użycia technologii LiDAR. Pytanie na jakie chciałby recenzent uzyskać odpowiedź od Doktoranta dotyczy właśnie pominięcia wykorzystania chmur punktów i MKD do segmentacji koron drzew i użycia ich w procesie klasyfikacji SSN. Z jednej strony rozumiałe jest iż Doktorant dba o aktualność danych i te ze skanowania laserowego pochodzą z 2007 roku, jednak w 2012 dostępne już były w PZGiK dane projektu ISOK. Co prawda gęstość chmur punktów ALS z projektu ISOK wynosiła zaledwie 4 pkt /1m² ale przewaga polegała na ich aktualności. Zrozumiałym jest dla recenzenta wydłużenie opracowania o analizy danych LiDAR, jednak doktorant w rozdziale 6 sam przywołuje ich dużą zaletę w klasyfikacji.

Kolejne pytanie recenzenta dotyczy technicznej strony klasyfikacji algorytmem SSN. Czy zamiast wymaskowania obszarów o pokrywie roślinnej < 2.5m można było wykorzystać model zNMPT w samym algorytmie klasyfikacyjnym? Efekt końcowy oczywiście byłby prawdopodobnie ten sam, pytanie dotyczy raczej samej procedury uczenia SSN.

W rozdziale 6 który rozumiany jest jako Dyskusja, na stronie 80 pojawiają się dwa wnioski w ostatnich akapitach. Tego typu sformułowania powinny być przeniesione do rozdziału Wnioski. Akapit o stosowaniu SSN w teledetekcji jest kolejnym powtórzeniem z wcześniejszych rozdziałów pracy.

W rozdziale 6.1 autor próbuje dociec prawdy o rzeczywistych wartościach zasięgów drzewostanów w Karkonoskim PN, jednak pomimo podawania różnych danych z różnych źródeł nie potrafi wyjaśnić jednoznacznie, na czym polega problem tak dużej różnicy pomiędzy poszczególnymi informacjami. Z jednej strony podawane są wartości 4022 ha (Danielewicz 2012) a na drugiej szali wagi kładziony wynik: 2027 ha sklasyfikowanych drzewostanów. Na stronie internetowej KPN znajduje się informacja o powierzchni lasów w Parku - 4.396,57 ha więc jeszcze inna nic cytowany Danielewicz (2012).

Niestety recenzent nie doszukał się w pracy informacji o powierzchni maski lasu wykonanej dla wysokości roślinności poniżej 2.5 m wysokości (na podstawie zNMPT?) - co w jakiś sposób mogłoby wytłumaczyć różnice stwierdzone przez Doktoranta. Różnica powierzchni leśnych wynosząca 2000 ha jest ogromna i polega prawdopodobnie w dużej mierze na niezakwalifikowaniu do powierzchni leśnych zbiorowisk kosodrzewiny (ok. 970 ha).

Rozdział 6.2. zawiera w sobie pewne drobne sprzeczności. Z jednej strony autor oczekiwałby od danych z KPN wysokiego poziomu dokładności i aktualności jednak porównywanie się do nich jak sam zauważa- nie jest często możliwe. Autor pisze *"Ze względu na większą dokładność klasyfikacji jest ona w stanie wykazać istnienie nawet pojedynczych drzew danego gatunku na badanym obszarze, co naturalnie nie jest pożądane ani możliwe na mapie"*. Wydaje się więc recenzentowi, iż autor zapewne przez swój młody wiek i specjalizację nie był w stanie zgromadzić wystarczającej wiedzy z zakresu inwentaryzacji i urządzania lasu - co nie jest oczywiście dla jego osoby jakąś ujmą - ponieważ jest to bardzo szeroki i specjalistyczny zakres informacji. Mapy drzewostanowe sporządzane w procesie urządzania lasu oparte są na wynikach obserwacji na kołowych powierzchniach próbnych i prezentują tylko jeden i wyłącznie jeden

gatunek dominujący w drzewostanie (tzw. gatunek pierwszy). Kiedyś skład gatunkowy określany był on na zadzie udziału masy drewna poszczególnych gatunków w drzewostanie od około 10 lat na podstawie udziału powierzchniowego. Powierzchnia próbna nie do końca musi odzwierciedlać przestrzenne rozmieszczenie gatunków drzew w drzewostanie nawet zachowując proporcje pomiędzy poszczególnymi gatunkami.

Niezrozumiałe dla recenzenta jest odwołanie do Ryc. 8 (czyli schematu) w pierwszym akapicie rozdziału 6.2 natomiast następująca Ryc. 31 ma najwyraźniej niedokończony podpis.

Rozdział 7. Podsumowanie i wnioski

Wydaje się, że rozdział ten mógłby być zdecydowanie krótszy, gdyż przez ilość prezentowanych informacji nie jest syntetyczny i czyni go dość trudnym do zapamiętania najważniejszych z nich, które giną w nadmiarze informacji. Umiejętność prezentacji wniosków polega na ich dobrym zdefiniowaniu i unikaniu opisywania już wcześniej prezentowanych informacji. Niepotrzebnie przywoływane są fragmenty metodyki czy opisu poziomu wykorzystywania SSN w teledetekcji. W przypadku druku fragmentów rozprawy polecałbym znaczne skrócenie rozdziału i syntetyczne opracowanie wniosków

Recenzent pragnie jednoznacznie stwierdzić, iż zawarte w recenzji bardzo szczegółowe uwagi, w żaden sposób nie umniejszają merytorycznej wartości przedłożonej dysertacji, którą pomimo stylistycznych uszczerbków czy niewielkich potknięć metodycznych oceniam bardzo wysoko.

Konkluzja

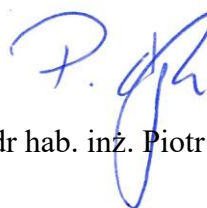
W myśl Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 27 października 2015 r. w sprawie szczegółowych kryteriów i trybu przyznawania oraz rozliczania środków finansowych na naukę w ramach programu „Diamentowy Grant” - odbywanie studiów drugiego poziomu oraz złożenie pracy magisterskiej "Klasyfikacja gatunków drzewiastych Góry Chojnik (KPN) na podstawie lotniczych obrazów hiperspektralnych APEX i sztucznych sieci neuronowych" nie jest wymagane od osób, którym przyznano Diamentowy Grant, a do takich właśnie laureatów zalicza się Pan Edwin Raczko. Kandydat, jednak podjął trud przygotowania pracy magisterskiej i na fragmencie Karkonoskiego Parku Narodowego przetestował jeden z algorytmów SSN oraz SVM. W mojej opinii praca magisterska nie stanowi więc w żaden sposób problemu czy zagrożenia w rozumieniu oryginalności rozprawy doktorskiej, a co więcej wzbogaca Kandydata o wiedzę na temat wyników klasyfikacji osiągniętych za pomocą innych algorytmów przetwarzania obrazu.

Po przestudiowaniu otrzymanego do recenzji maszynopisu dysertacji, stwierdzam że wkład Doktoranta do nauk związanych z szeroką pojętą teledetekcją a szczególnie nowoczesnym podejściem do klasyfikacji lotniczych obrazów hiperspektralnych - jest bezsprzecznie znaczący. Przedstawiona rozprawa zawiera oryginalne rozwiązanie istotnego problemu poprawnej klasyfikacji obrazów teledetekcyjnych pozyskiwanych technologiami lotniczych sensorów hiperspektralnych. Wątpliwości nie budzi w żaden sposób wiedza doktoranta z zakresu teledetekcji lotniczej w zakresie Nauk o Ziemi, szczególnie w aspekcie wykorzystania wysokorozdzielczych zobrazowań pozyskiwanych w setkach pasm widma elektromagnetycznego do kartowania składu gatunkowego drzewostanów. Tym samym stwierdzam, iż recenzowana przeze mnie rozprawa doktorska Pana

mgr Edwiwna Raczko, przygotowana pod opieką promotora - Pana dr hab. Bogdana Zagajewskiego - spełnia wszelkie warunki (tj.: rozwiązanie oryginalnego problemu naukowego, który został prawidłowo zaprezentowany na szerszym tle wiedzy teoretycznej; wykazanie się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej oraz zastosowanie w praktyce narzędzi badawczych, które pozytywnie zweryfikowały postawione cele) określone w art. 13 Ustawy z dn. 14.03.2003 roku o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki (Dz. U. 2003 nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami - Ustawa z dnia 18 marca 2011 r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym, ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz o zmianie niektórych innych ustaw; Dz. U. 2011 nr 84 poz. 455) - wnioskuję i rekomenduję Radzie Wydziału Geografii i Studiów regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego dopuszczenie mgr Edwina Raczko do kolejnego etapu przewodu doktorskiego i publicznej obrony rozprawy doktorskiej.

Jednocześnie ze względu na bardzo duży wkład Doktoranta w badania nad wykorzystaniem SSN do klasyfikacji obrazów hiperspektralnych uważam, że pomimo drobnych usterek opisanych w mej recenzji zasługuje ona ze wszech miar na jej wyróżnienie.

Z wyrazami szacunku



dr hab. inż. Piotr Wężyk