

Dr hab. inż. Marek Stanisław Mróz, prof. UWM
Katedra Geodezji
Instytut Geodezji i Budownictwa
Wydział Geoinżynierii
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Olsztyn, 14 kwietnia 2024 r.



Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Aleksandry Radeckiej

sporządzona na zamówienie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport dr. hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. Politechniki Warszawskiej (pismo nr WTBD.521.Dr.47.2024 z dnia 12 lutego 2024 r.), na podstawie art. 190 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2018 r., poz. 1668 z późn. zm.).

Temat rozprawy: **Wykorzystanie ortofotomapy lotniczej RGB oraz spłotowych sieci neuronowych w detekcji wybranych gatunków sukcesji wtórnej**

Promotor: **dr hab. inż. Katarzyna Osińska-Skotak, prof. uczelni**

Promotor pomocniczy: **dr Hubert Piórkowski**

1. Ocena formalna i metodyczna

Przedstawiona do recenzji rozprawa ma formę monografii składającej się z ośmiu rozdziałów, bibliografii oraz spisów tabel, rysunków, wykresów oraz załączników graficznych i tabelarycznych. Każdy z rozdziałów zawiera kilka podrozdziałów, a rozdział piąty nawet dwa ich poziomy. Tytuł rozprawy jest zgodny z jej treścią, choć po jej lekturze dostrzegam brak w tytule frazy „i klasyfikacji” po wyrazie „detekcji”, co przecież stanowi jedną z dwóch głównych tez pracy. Monografia liczy 235 stron i 215 bardzo szczegółowych odniesień bibliograficznych. 21 stron pierwszego rozdziału poświęcono wprowadzeniu do metod uczenia maszynowego, sztucznych sieci neuronowych oraz wskazaniu ich związku z obrazami lotniczymi i satelitarnymi. 15 stron rozdziału drugiego to opis zjawiska sukcesji wtórnej, jego genezy i metod monitorowania, w tym metod zdalnych. Rozdział czwarty *Cel i hipotezy pracy* to tylko 3 strony, stanowiące niejako „mikro-rozdział”, którego treść mogłaby być wpleciona w większą całość jako podrozdział czy wręcz podpunkt. 13 stron rozdziału piątego poświęcono kryteriom wyboru danych badawczych – bardzo drobiazgowo, od ogółu do szczegółu. Na kolejnych sześciu stronach podano charakterystykę zarówno danych obrazowych, jak i referencyjnych danych terenowych. Ponieważ dane badawcze pozyskiwano z trzech różnych obszarów badawczych zlokalizowanych w różnych „kontekstach przyrodniczo-geograficznych” Polski, poświęcono ich charakterystyce 9 stron monografii. Kolejny rozdział *Metodyka badań* przypomina o celu badań i użytych materiałach, na jego 7 stronach zawarto wielowątkową dyskusję na temat wyboru modelu bazowego. Kolejnych 5 stron to podrozdział 6.3. analizujący proces wstępnego przetworzenia danych źródłowych. Rozważaniom na temat przeprowadzonych eksperymentów badawczych poświęcono ponad 20 stron podrozdziału 6.4 – najbardziej skondensowanej i nasyconej

szczegółowymi informacjami części pracy. Do meritum tego rozdziału odniosę się w następnym punkcie recenzji. Kolejny podrozdział 6.5 zatytułowano *Ocena wyników*, co sugeruje, że znajdziemy w nim merytoryczną ocenę wyników uzyskanych w wielowariantowych eksperymentach obliczeniowych. Ten bardzo krótki, dwustronicowy podrozdział powinien nosić tytuł *Metody oceny wyników*, bo dokładnie o tym traktuje. Rozdziałem o największym „ciężarze gatunkowym” jest rozdział 7 *Omówienie wyników i dyskusja*, zawierający główne wyniki badań oraz ich dyskusję. W moim odczuciu tytuł powinien brzmieć *Wyniki i dyskusja*, co zwykle jest stosowane w pracach naukowych. W obecnym układzie od metodyki „przeskakujemy” od razu do „omówienia wyników”, wywołując u czytelnika pewien dyskomfort dezorientacji: „A gdzie są wyniki?”. Powyższa uwaga wynika z pewnej wrażliwości recenzenta na stosowane kanony i standardy publikacji naukowych i nie stanowi poważnego zarzutu w ocenie metodycznej rozprawy. 49 stron tego rozdziału (co stanowi ponad 30% zasadniczej części rozprawy) – tekstu i dużych wykresów – to kopalnia wiedzy o zawiłościach procesu klasyfikacji wtórnej sukcesji roślinnej z wykorzystaniem splotowych sztucznych sieci neuronowych i ortofotomap RGB. To także skomplikowany obraz procesów decyzyjnych i oceny ich efektów dokonywanych przez doktorantkę po każdym etapie, wariacie i kroku obliczeniowym. Rozdział ósmy *Podsumowanie i wnioski* to 4 strony zwartej syntezy rozprawy i jej głównych osiągnięć.

Bibliografia jest zestawiona wg kolejności cytowania źródeł w tekście rozprawy, zajmuje 22 strony i zawiera 215 pozycji. Niektóre pozycje (8) odwołują się do Wikipedii. Nie jest to kardynalny zarzut. Wszyscy w jakimś stopniu korzystamy z tego źródła jako „punktu pierwszej pomocy”, ale w następnym kroku szukamy podstawy, autora i autoryzacji wiedzy naukowej, która została tam podana. Uważam, że zamiana tego źródła na inne, bardziej „uniwersyteckie” dodałaby rozprawie należnej jej elegancji. Niektóre cytowane źródła mają walor wyłącznie historyczny, jak np. [3] Bayes i Price – 1763, [23] Pearson – 1901, [44] – Clements 1916. Nie spotkałem się osobiście z cytowaniem we współczesnych artykułach z zakresu astronomii geodezyjnej dzieła *De revolutionibus orbium coelestium*. Niektóre źródła odwołują się do publikacji popularnonaukowych. Znamienna większość pochodzi jednak z ostatnich trzech, czterech lat.

2. Ocena merytoryczna i kwalifikacja rozprawy

Na tle oceny metodycznej chciałbym odnieść się do meritum zagadnień. Celem niniejszej pracy było wykonanie badań oceniających możliwość i skuteczność detekcji pojedynczych drzew i krzewów biorących udział w procesie sukcesji wtórnej oraz ich wstępnej klasyfikacji na podstawie ortofotomap lotniczych RGB z zaangażowaniem w ten proces metod sztucznej inteligencji w postaci splotowych sieci neuronowych. To było bardzo duże wyzwanie.

Do pierwszego rozdziału nie mam zastrzeżeń, ponieważ jest w nim bardzo dobrze, wręcz wykładowo i podręcznikowo, przedstawiony problem uczenia maszynowego w dość dużym skrócie i uogólnieniu. To rozdział potrzebny, porządkujący pojęcia, którymi doktorantka posługuje się później intensywnie. Przeprowadzona w nim krótka dyskusja na temat „gdzie kończą się metody statystyczne, a zaczyna sztuczna inteligencja” jest właściwie drugorzędna z punktu widzenia celu i hipotez rozprawy. Klasyfikacje wykorzystujące wzorce spektralne w postaci próbek pikseli z populacji, czy to w podejściu nadzorowanym, czy też analizie skupień (klasteryzacji), to tylko procedury porównania każdego elementu populacji z wzorcem i podjęcie decyzji statystycznej lub wręcz dokonanie pomiaru odległości geometrycznej w pewnej wielowymiarowej przestrzeni cech w

procesie przypisania do klasy/grupy. Klasyfikatory tego rodzaju nie wytworzą żadnej wartości dodanej ani nowej wiedzy nie ujętej w stworzonych przez człowieka-operatora dyskretnych zbiorach cech spektralnych. Można oczywiście uznać, że tekstura i kontekstowość stanowi „coś więcej” niż prosty wzorzec spektralny, ale to tylko dodatkowy wymiar tej samej przestrzeni cech.

Dopiero od sztucznych sieci neuronowych, a szczególnie splotowych (konwolucyjnych), mówiłbym o skoku jakościowym w klasyfikacjach. Tym większej wartości nabierają hipotezy badawcze rozprawy i parametry do testowania rozwiązań.

W rzeczonym rozdziale mam tylko jedno zastrzeżenie do użytego sformułowania: „Po drugie, części problemów nie sposób zautomatyzować bez użycia ML”. Właściwie nie automatyzuje się problemów, a ich rozwiązania.

Na s. 16 wyraz „spłaszczony” obrazu wzięłbym w cudzysłów. W podrozdziale 1.2 opisującym sieci neuronowe (s. 21–22) zdanie „Obrazy, w większości przypadków, stanowią dane o dużej liczbie wejściowych zmiennych sieci, tj. wymiarach – wysokości pomnożonej przez szerokość” uważam za niejasne. Dlaczego „w większości przypadków”? Jak rozumieć wyrażenie z s. 23 „ciągła wartość numeryczna” zawarte w zdaniu „W odniesieniu do zadania regresji wynik będzie stanowiła ciągła wartość numeryczna”? Niejasne jest także zdanie „Polega ono na tym samym co detekcja z tą różnicą, że wykryty może być tylko jeden obiekt” – o jaki jeden (i dlaczego tylko jeden) obiekt chodzi? Niektóre sformułowania zawarte w tekście, jak to z s. 27, są „zbyt barokowo zagmatwane”: Cytuję : „*Na początku rozważań na temat tworzenia nowego rozwiązania na podstawie wybranego modelu wspomniano o dwóch zestawach decyzji. Pierwszy z nich – dobór wartości hiperparametrów, jak opisano wyżej, służy stworzeniu modelu skutecznie rozwiązującego określone zadanie. Opisywana skuteczność mierzona jest za pomocą wybranych przez wykonującego miar dokładności. W tym miejscu nasuwa się pytanie o to jak wykorzystać posiadany zbiór danych referencyjnych, aby stworzyć poprawnie działający model oraz rzetelnie ocenić jego skuteczność. Jest to drugi ze wspomnianych zestawów istotnych decyzji prowadzących do zbudowania rozwiązania opartego o głębokie sieci neuronowe.*” Zdanie ze s. 28: „Jako że pozyskanie i wstępne przygotowanie danych referencyjnych jest bardzo czasochłonne, a podobne rozwiązania konkurują ze sobą pod kątem czasu publikacji, powstał trend rezygnacji ze zbioru testowego” wydaje mi się wątpliwe stylistycznie.

Kontynuując ocenę merytoryczną, przejdę teraz do rozdziałów drugiego i trzeciego, które łącznie, po ich niewielkim rozbudowaniu, mogłyby tworzyć zgrabny, niezależny artykuł opisujący procesy sukcesji wtórnej i jej teledetekcyjne monitorowanie. Szczególnie ostatnie półtorej strony to bardzo dobre tło badawcze wskazujące na lukę (ang. *research gap*), którą doktorantka zamierzała wypełnić. Na tym tle artykułuje dwie hipotezy badawcze:

1. wykorzystanie splotowych sieci neuronowych i ortofotomapy lotniczej RGB umożliwia skuteczną detekcję pojedynczych drzew i krzewów tworzących potencjalnie sukcesję wtórną;
2. wykorzystanie splotowych sieci neuronowych i ortofotomapy lotniczej RGB umożliwia wstępną klasyfikację wybranych gatunków drzew i krzewów sukcesji wtórnej.

Pierwsza hipoteza wybrzmiałaby bardziej stanowczo i przekonująco, gdyby dodać do niej w kilku miejscach wyraz „tylko”. Wtedy brzmiałaby tak: „wykorzystanie **tylko** splotowych sieci neuronowych i **tylko** ortofotomapy lotniczej RGB umożliwia skuteczną detekcję **tylko** pojedynczych drzew i krzewów tworzących potencjalnie sukcesję wtórną”. Siłę tej hipotezy osłabia jednak cytowana opinia Kattenborna i in. (2021), że proponowane do zbadania rozwiązanie jest już przez niego uznane za skuteczne. W mojej ocenie jest to jednak opinia przedwczesna i – jak się okaże po wykonaniu eksperymentów – wcale nie taka jednoznaczna. Druga hipoteza badawcza była w moim

przekonaniu nie tyle zbyt śmiała, ile wręcz karkołomna. Przyroda nie jest „zerojedynkowa”, nie jest stworzona ze standaryzowanych, powtarzalnych elementów, jak LEGO czy Ikea, i nie daje się łatwo kategoryzować. To dużo bardziej złożona struktura niż zdjęcia psów, kotów lub bananów w reklamach programów do rozpoznawania obrazów.

Druga hipoteza badawcza stworzyła „piekło” wariantów, parametrów, podejść, kroków, modeli, zmiennych i testów. Wymusiła generowanie wielu zbiorów treningowych i walidacyjnych, aby sprostać wymaganiom dokładnościowym klasyfikacji, unikając niedotrenowania bądź przetrenowania sieci. Sezonowa zmienność roślinności stanowiącej zbiorowiska sukcesji wtórnej mogła okazać się zarówno sprzymierzeńcem, jak i wrogiem skutecznej metodyki. Morfologiczne podobieństwo gatunków spotęgowało problemy wywoływane sezonowością, dlatego w mojej ocenie osiągnięcie lepszych wyników klasyfikacji było niemożliwe. Druga hipoteza badawcza była zbyt rygorystyczna.

Na zakończenie recenzji chciałbym wskazać na dwie kwestie i włączyć je do bezpośredniej dyskusji z doktorantką w trakcie obrony:

1. Czy uważa za interesujące naukowo lub praktycznie wykonanie rozpoznania sukcesji roślinnej w tym samym zakresie, w jakim zrealizowała to w rozprawie wykorzystując splotowe sieci neuronowe, metodą alternatywną – „klasycznymi algorytmami uczenia maszynowego” w zmodyfikowanej przestrzeni cech RGB + CHM? Tam, gdzie jest ortofotomapa, tam są zdjęcia, z których ją wykonano, a więc jest też „materiał pomiarowy” do pozyskania czwartej współrzędnej w przestrzeni cech, a zarazem trzeciej w przestrzeni geograficznej („XYZ”).
2. Dlaczego w monografii rozprawy nie odniosła się do rozwiązań zaproponowanych przez Rémi Cressona, zaimplementowanych w oprogramowaniu ORFEO Toolbox? W roku 2020 R. Cresson wydał w wydawnictwie CRC Press książkę pt. *Deep learning for remote sensing with open source software*. Nie znalazłem tej pozycji w bibliografii, która liczy aż 215 źródeł.

Uwzględniając wymogi ustawowe oraz dobre praktyki i zalecenia Rady Doskonałości Naukowej, po zapoznaniu się z treścią rozprawy, wyrażam swoją opinię w trzech głównych zakresach oceny dysertacji doktorskiej mgr inż. Aleksandry Radeckiej:

- 1) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie albo dyscyplinach:

Z rozprawy wynika, że kandydatka do stopnia doktora ma szeroką wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport, a w szczególności w specjalnościach kartografia, teledetekcja, uczenie maszynowe. Zna techniki fotogrametryczne i teledetekcyjne, rozumie podstawy fizyczne obserwacji i pomiarów teledetekcyjnych oraz matematyczne metody ich analizowania.

- 2) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora:

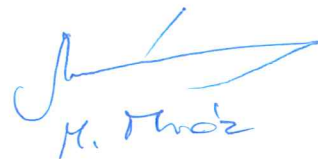
Rozprawa doktorska prezentuje wyniki eksperymentów obliczeniowych prowadzonych na danych teledetekcyjnych. Kandydatka do stopnia doktora potrafi zaprezentować koncepcje, metodykę, uzasadnić założenia i poprawnie skomentować wyniki. Ma świadomość wartości rzetelności naukowej eksperymentów, powtarzalności wyników i skrupulatności w obliczeniach.

3) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych:

Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, daje wkład do rozwoju dyscypliny i poszerza jej warsztat badawczy.

Kwalifikacja rozprawy

Zgodnie z wymogami formalnymi stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 190 ust. 1 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2022 r., poz. 574 z późn. zm.). Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów procedury doktoryzowania przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej.



M. Mrocz

