



dr hab. Mieczysław Kunz, prof. UMK
Katedra Geomatyki i Kartografii
tel. stacjonarny: 56 61-12-566
e-mail: met@umk.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Agaty Zakrzewskiej

pt. *Wykorzystanie danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego do określenia stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew*

wykonanej pod kierunkiem naukowym dr. hab. Dominika Kopcia, prof. nadzw. UŁ (promotor)
oraz dr. inż. Adriana Ochtry (promotor pomocniczy).

Wprowadzenie

Przedłożona do oceny i wyrażenia opisowej opinii rozprawa doktorska pani mgr Agaty Zakrzewskiej pt. *Wykorzystanie danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego do określenia stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew* wykonana została w Katedrze Biogeografii, Paleoeologii i Ochrony Przyrody pod kierunkiem naukowym dr. hab. Dominika Kopcia, prof. nadzw. UŁ oraz dr. inż. Adriana Ochtry pełniącego w tym procesie rolę promotora pomocniczego, w ramach Interdyscyplinarnych Studiów Doktoranckich InterDOC-STARt realizowanych na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego.

Recenzowana praca doskonale mieści się w obszarze zagadnień dotyczących poznania właściwości, kondycji i stanu zdrowotnego wybranych elementów środowiska przyrodniczego, na przykładzie drzewostanów, z wykorzystaniem nowoczesnych, nieinwazyjnych metod badawczych, a uzyskane wyniki i zaproponowane wnioski można stosować praktycznie w charakterze aplikacyjnym czy nawet przedwdrożeniowym dla innych gatunków roślinności wysokiej na różnych obszarach funkcjonalnych.

Lotnicze dane termalne w zakresie średniej podczerwieni (3,6–4,9 μm) są rzadko rejestrowane czy wykorzystywane w praktyce, w przeciwieństwie do stosowanych od kilkadziesiąt lat przez satelity środowiskowe rejestracji termalnych w przedziale długofalowym (7–15 μm). Korzystanie z danych termalnych nie jest proste ze względu na duży wpływ czynników środowiskowych na dokładność wyznaczania wartości temperatury, a także czułość aparatury pomiarowej. Przy interpretacji wyników ważna jest wiedza dotycząca zjawisk fizycznych z dziedziny promieniowania elektromagnetycznego w zakresie podczerwieni, a także właściwości promiennych ciał czy powstawania pól temperatury.

Podjęty przez Doktorantkę temat wychodzi naprzeciw współcześnie oczekiwany potrzebom naukowym nie tylko biologów, ekologów krajobrazu czy leśników, w zakresie poszukiwania alternatywnej, niż dotychczas stosowane powszechnie metody obserwacji bezpośredniej lub z wykorzystaniem klasycznej teledetekcji, oceny stanu zdrowotnego roślinności, ale także przede wszystkim praktykom wdrażającym działania ochronne oraz monitorujący stan i kondycję obiektów przyrodniczych. Te ostatni aspekt ma przy tym szczególnie ważne znaczenie, ponieważ pozwala na szybką ocenę ich stanu zdrowotnego i dzięki temu odpowiednio wcześniej podjęcie skutecznych działań zaradczych czy ograniczających negatywne skutki.

Podjęta tematyka, z którą bardzo ciekawie i co należy podkreślić udanie zmierzyła się Doktorantka, ma wymiar przede wszystkim praktyczno-aplikacyjny. Wynika to z Jej zaangażowania w projekty badawcze realizowane przez rozpoznawalną w całej Europie firmę MGGP Aero Sp. z o.o. z Tarnowa

i wykorzystania, zebranych przy okazji różnych projektów, wieloźródłowych danych teledetekcyjnych pozyskanych dla wybranych obszarów. Sposób przedstawienia nadrzędnego tematu w postaci zbioru trzech artykułów naukowych będących niezależnymi „studiami przypadku” jest przemyślany i poparty odwołaniem do literatury przedmiotu, a uzyskane wyniki cechuje duży potencjał przyszłego zastosowania praktycznego oraz podstawę do prowadzenie kolejnych, rozszerzonych badań w tym zakresie tematycznym. Zaproponowana w dysertacji próba wykorzystania danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego do określenia stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew jest oryginalna, choć wybrane fragmenty zawarte w autoreferacie dyskusyjne, i ma znaczenie naukowe oraz duży potencjał do wykorzystania w praktyce inwentaryzacyjnej i wdrożeniach środowiskowych.

Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej

Rozprawa doktorska pani mgr Agaty Zakrzewskiej składa się z trzech oryginalnych artykułów naukowych, zebranych w jednotematyczny i spójny cykl, poprzedzony autoreferatem. Całość opracowania zajmuje łącznie 65 stron, z czego 22 strony stanowi autoreferat z listą publikacji (2 strony) oraz spisem literatury i streszczeniem (7 stron), a pozostałe zajmują załączniki w postaci kopii opublikowanych artykułów naukowych i oświadczeń ich współautorów.

Zasadniczą częścią rozprawy doktorskiej są załączone artykuły naukowe, które zawierają opisy szczegółowe i otrzymane wyniki prowadzonych obserwacji nad rozwiązaniem problemu postawionego w hipotezie badawczej i zdefiniowanego głównego celu realizacji badań.

Szczegółowa ocena zawartości rozprawy doktorskiej

Temat pracy doktorskiej

Recenzowana praca doktorska zrealizowana została w bardzo ważnym, praktycznym i przyszłościowym kierunku badawczym dotyczącym możliwości wykorzystania wybranego zakresu rejestracji danych teledetekcyjnych do określenia kondycji zdrowotnej drzewostanów. Jako temat rozprawy doktorskiej przyjęty został następujący – *Wykorzystanie danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego do określenia stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew*, co jest w moim przekonaniu słuszne i co od razu pokazuje zakres problemu badawczego, który przez badania szczegółowe pani mgr Agaty Zakrzewskiej zostaje rozwiązany w trakcie prowadzenia ukierunkowanych kilkuletnich badań. Mimo, iż rozprawa doktorska opiera się na trzech niezależnych przestrzennie i częściowo także tematycznie studiach przypadku, to takie nadrzędne ujęcie problemu badawczego i poszukiwanie odpowiedzi w formie propozycji syntezy świadczy o dojrzałości badawczej autorki dysertacji.

Autoreferat

Przygotowany autoreferat opisuje problem badawczy i założony cel pracy, dane i metody oraz omawia uzyskane wyniki i propozycję wniosków. Jest to bardzo kompaktowy materiał w standardowym układzie treści, w którym wyróżniono pięć głównych części – wstęp, cel pracy, materiały i metody, omówienie wyników prac wchodzących w skład rozprawy doktorskiej oraz spis literatury i streszczenie wykonane zarówno w języku polskim, jak i angielskim.

W pierwszej części autoreferatu (Wstęp) Autorka rozprawy w ramach dwóch podrozdziałów omówiła problem oceny stanu zdrowotnego drzew oraz wykorzystanie teledetekcyjnych danych termalnych w tym procesie. Opis został wzbogacony odniesieniem do licznych pozycji literaturowych, głównie angielskojęzycznych, co jest niewątpliwie jego mocną stroną.  mojej ocenie jest to dobrze



opracowana część, ale w wybranych miejscach potraktowana zbyt skrótowo, podając tylko pozycje literaturowe, zwłaszcza w drugim podpunkcie, w którym opisano możliwości wykorzystania danych termalnych w głównym przedmiocie zainteresowania Doktorantki.

W najważniejszej w autoreferacie, z punktu widzenia końcowej oceny realizacji pracy doktorskiej, części podany został główny cel pracy, jako „sprawdzenie, czy lotnicze dane termalne z zakresu średniej podczerwieni mogą być wykorzystane do badań kondycji zdrowotnej drzew”. Na tak zadane pytanie odpowiedź pozytywną daje już przegląd literatury, co zresztą Doktorantka przedstawiła w obu wydzielonych częściach wprowadzenia. W tym miejscu należałoby postawić w sposób jednoznaczny hipotezę badawczą, do której w części wynikowej nastąpiłoby odwołanie i odniesienie końcowe na podstawie przeprowadzonych badań własnych i uzyskanych na ich podstawie wyników. Konstrukcja tego fragmentu w mojej ocenie powinna opierać się na troszeczkę innych założeniach, a mianowicie na tym, iż temperatura obiektu w tym wypadku drzew, zarejestrowana w zakresie średniej podczerwieni, jest indykatorem stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew oraz reakcją obronną na długotrwały stres środowiskowy czy antropogeniczny. Jako niepotrzebne uważam w tej części autoreferatu odwołanie do analiz szczegółowych wykonywanych na trzech obszarach badawczych. To są typowe studia przypadku, bezpośrednio związane z tematem pracy doktorskiej i służące sferze wynikowej i wnioskowaniu końcowemu. Tutaj powinien być wyraźnie określony tylko problem badawczy, który jest podstawą oceny zrealizowanego osiągnięcia naukowego, zwłaszcza, iż jest zostało ono już wcześniej właściwie zdefiniowane.

W najbardziej rozbudowanej części autoreferatu – „Materiały i metody” składającej się z 5 stron tekstu Doktorantka przybliżyła w pięciu krótkich podrozdziałach obszar prowadzenia badań i występujące na nim gatunki drzew, wykorzystane zbiory danych i przyjęte procedury przetwarzania zobrażeń teledetekcyjnych, akwizycję naziemnych danych referencyjnych, wykorzystane metody wyznaczania temperatury koron drzew oraz wykonane analizy statystyczne. Fragment ten, mimo ograniczenia w rozbudowaniu treści, jest dobrze opracowanym materiałem pokazującym w bardzo syntetycznej formie warsztat naukowy, techniczny i metodyczny, którym biegle posługuje się Doktorantka. Zasadniczą uwagą do tej części opracowania jest brak ryciny lokalizacyjnej prezentującej łącznie wszystkie trzy powierzchnie badawcze, nie tylko w układzie typowo administracyjnym, ale przede wszystkim przyrodniczym pokazującym ich zróżnicowanie pod wybranymi kryteriami geobotanicznymi, fizycznogeograficznymi czy przyrodniczo-leśnymi. Obszary analizy szczegółowej, dla których analizowano temperaturę drzew są pod tym względem rozłączne, a wybór tych powierzchni, co warto podkreślić, związany był także z rosnącym gradientem oddziaływania człowieka – od najmniejszego położonego w Wigierskim Parku Narodowym, jako obszaru funkcjonującego pod ochroną ścisłą, przez umiarkowany w Wielkopolskim Parku Narodowym, aż do bardzo silnej antropopresji w przypadku reprezentatywnej części miasta Warszawy. W przypadku opisu wykorzystanych sensorów teledetekcyjnych zabrakło w opracowaniu podania ich bardziej szczegółowych parametrów technicznych, zarówno samej kamery termalnej (np. czułość, rozdzielczość termiczna), jak również pozyskanych przez nią termalnych danych obrazowych. Elementy te pozwoliłyby na pełniejsze poznanie procesu akwizycji danych, zwłaszcza, iż na wszystkich trzech obszarach dane tematyczne rejestrowano za pomocą identycznego modelu kamery. W tym miejscu za niepotrzebne należy uznać podanie parametrów innych sensorów, zwłaszcza, iż ich wykorzystanie zostało opisane w dołączonych artykułach oraz stanowiły one zasób dodatkowy, a nie podstawowy z punktu widzenia przyjętego tematu nadrzędnego stanowiącego oceniane osiągnięcie naukowe. W Tabeli 1 warto także rozważyć zmianę nazwy kolumny „Parametry danych” na „Parametry techniczne danych” oraz „Godziny lotu” na „Czas rejestracji” i w tym ostatnim przypadku podać

bardziej szczegółowy zakres czasowy rejestracji danych służących dalszemu wykorzystaniu. W przypadku pomiaru temperatury powierzchniowej 6-godzinne okno rejestracji jest zbyt szerokie z punktu widzenia wpływu na wyniki pomiarów innych, zewnętrznych elementów. Dodatkowo, warto rozważyć zmianę słowa „wymiar piksela” na „rozmiar piksela” lub „rozdzielczość terenowa”, co poprawnie oddaje opisywaną właściwość obrazu. W przypadku pozyskania naziemnych danych referencyjnych przyjęty proces ich akwizycji jest jak najbardziej właściwy z punktu widzenia przeprowadzenia oceny procesu interpretacji czy klasyfikacji obrazu, a w każdym obszarze badań wybrane zostały inne zbiory danych ze względu na przyjęty inny cel szczegółowych analiz. Przy orzysztaniu z odbiorników GPS w terenie zalesionym warto podać stosowaną metodę rejestracji, sposób pozyskiwania poprawek dokładnościowych, ewentualnie uzyskany PDOP, czy też odchylenie standardowe wyznaczonej pozycji, zwłaszcza, jeśli chodzi o lokalizację drzew w gęsto zalesionym obszarze (poza miastem Warszawa). Przyjęte klasy kondycji zdrowotnej drzew zaprezentowane w Tabelach 2 i 3 są czytelne i mogą służyć, jako podstawę późniejszej szczegółowej klasyfikacji obrazów termalnych. Warto jednak zamieścić klucz interpretacyjny dla przyjętych 3 klas kondycji zdrowotnej wyznaczonych w Wigierskim Parku Krajobrazowym, podobnie, jak zostało to zrobione dla Warszawy, przy czym w Tabeli 3 kolumna druga i trzecia powinna być wewnętrznie przedstawiona. W kolejnej części Doktorantka opisała sposób wyznaczania temperaturę poszczególnych koron drzew na podstawie danych obrazowych. Sposób realizacji tego zadania nie budzi wątpliwości, zarówno pod kątem operacyjnym, merytorycznym, jak i statystycznym. W tej części opracowania zabrakło mi jednak załączenia jednego całościowego schematu aplikacyjnego postępowania badawczego prezentującego w sposób zbiorczy i kompleksowy, ale i uwzględnieniem specyfiki trzech niezależnych badań szczegółowych, wszystkie realizowane działania, służące realizacji osiągnięcia naukowego. Taka rycina uwzględniająca zrealizowane działania i wdrożone procesy służyłaby w przyszłości do realizacji prac o podobnym charakterze przez inne osoby zainteresowane wykorzystaniem rozwiązania opisanego i sprawdzonego w praktyce przez panią Agatę Zakrzewską. Można jednak przyjąć za Autorką dysertacji, iż wnioskowane powyżej treści są zawarte w różnych fragmentach załączników do autoreferatu, więc nie ma potrzeby powtarzania treści. Załączenie jednak takiej podsumowującej ryciny byłoby dużą korzyścią dla całościowego spojrzenia na oceniane opracowanie i zdecydowanie wzbogaciłoby jego walor użytkowy.

Uzyskane wyniki badań szczegółowych zostały opisane bardzo syntetycznie w rozdziale 4 na ponad trzech stronach maszynopisu w postaci odniesienia się do szczegółowych zadań i celów wynikających z przyjętych założeń badawczych oraz obszarów analiz szczegółowych. Ze względu na to, iż wszystkie badania szczegółowe wykonywano z wykorzystaniem identycznej lotniczej kamery termalnej, to nie ma potrzeby podawania zakresu spektralnego rejestracji (3,6–4,9 μm) przy opisie wyników uzyskanych w Wielkopolskim Parku Narodowym.

Badania przeprowadzone na pierwszym poligonie doświadczalnym (Wielkopolski Park Narodowy) o powierzchni ponad 100 km^2 miały na celu odpowiedzieć na pytanie, czy istnieje różnica pomiędzy temperaturą koron drzew położonych w terenie leśnym i poza nim. Przeprowadzone badania pokazały różnicą w tych wartościach, także w odniesieniu do poszczególnych gatunków drzew uwzględnianych w analizie. Najmniejsze różnice między koronami występowały w godzinach porannych (0,41°C), a największe w godzinach popołudniowych (0,70°C). Trzymana różnica jest istotna, ale powinna być odniesiona także do nominalnych parametrów technicznych wykorzystanej lotniczej kamery termalnej, zwłaszcza jej dokładności, czułości czy powtarzalności rejestracji. Dla zrozumienia wyników pomogłoby także podanie wybranych miar statystycznych, zwłaszcza z grupy zróżnicowania. Ponadto, warto przy tym opisać charakterystykę otoczenia drzew oraz udokumentować ją graficznie (rycina, schemat czy

zdjęcie), bowiem na początku lokalizacja, a potem także gatunek był determinantą oceny statystycznej istotności uzyskanych wyników. Dla tego obszaru przeanalizowano łącznie 400 wizualnie zdrowych drzew przynależnych do 5 rodzimych i obcych gatunków z uwzględnieniem ich położenia przestrzennego. Otrzymane wyniki charakteryzują poszczególne gatunki pod względem temperatury koron drzew umożliwiając ich przynależność do grupy nisko- czy wysokotemperaturowych. To cenna wskazówka aplikacyjna i wynik mogący zostać wykorzystany w praktyce leśnej i działaniom służącym racjonalnym gospodarowaniu zasobami przyrodniczymi, także w aspekcie projektowo-planistycznym.

Na obszarze testowym o powierzchni 9 km² położonym w Wigierskim Parku Narodowym Doktorantka przeprowadziła badania świerka pospolitego z wykorzystaniem danych termalnych oraz dodatkowych danych fotolotniczych w postaci chmury punktów i rejestracji optycznej RGB, w celu identyfikacji drzew martwych i o osłabionej kondycji aparatu asymilacyjnego z powodu żerowania kornika drukarza. Zostało tutaj przyjęte logiczne założenie, iż drzewostany zdrowe różnicują się pod względem temperaturowym od drzewostanów uszkodzonych i martwych. Przeprowadzone badania potwierdziły tę zależność oraz oszacowały ją statystycznie, iż temperatura drzew wzrasta wraz ze wzrostem ich stopnia uszkodzenia, średnio o 1,6°C w przypadku martwych osobników. Została określona średnia temperatura koron drzew w poszczególnych klasach kondycyjnych, a także określono zakres zmienności uzyskanych wyników. W tym ostatnim elemencie zastanawiające są granice przedziałów, które tworzą ciągły zakres i dopiero w nich obliczano średnią wartość temperatury koron. Jeśli tak faktycznie było to kolejność kolumn powinna zostać przedstawiona: obrym uzupełnieniem tego fragmentu doktoratu byłoby podanie także liczebności poszczególnych drzew przypisanych do wydzielonych klas kondycyjnych. Dodatkowo, bardzo ciekawe wyniki uzyskała pani Agata Zakrzewska w następnym etapie postępowania na tym poligonie badawczym, a mianowicie identyfikacji drzew martwych i o osłabionej kondycji z wykorzystaniem automatycznej segmentacji koron drzew w oparciu o chmurę punktów pochodzącą ze skaningu laserowego wykonanej równoległe i porównawczo z klasyczną metodą manualną. Ze względu na wykroczenie tej tematyki poza główny wątek dysertacji, to zrezygnowano w tym miejscu ze szczegółowej oceny tego fragmentu.

Trzecie badania przyczynkowe, w nadrzędnym temacie rozprawy doktorskiej, zrealizowano na bardzo zróżnicowanym pod względem struktury pokrycia terenu, charakterze użytkowania oraz warunków środowiskowych poligonie badawczym o powierzchni 50 km² położonym w centrum Warszawy. Stanowi on, w przyjętej koncepcji postępowania badawczego, przykład krajobrazu typowo miejskiego, w przeciwieństwie do dwóch wcześniej wybranych krajobrazów naturalnych, stanowiąc bardzo dobre uzupełnienie procesu poznawczego i analitycznego. W tym przypadku Doktorantka postawiła pytanie dotyczące tego, „Czy temperatura korony może być wskaźnikiem zdrowia drzew w środowisku miejskim?”. Mam małe wątpliwości do tak postawionego pytania, ponieważ badana była kondycja zdrowotna drzew zmierzająca do ich klasyfikacji w przyjęte i zdefiniowane cztery grupy kondycyjne. Pytanie o „zdrowie” jest typowo zerojedynkowe, albo zdrowy okaz, albo chory. Ponadto, w przypadku zieleni występującej na obszarach miejskich, w przeciwieństwie do terenów leśnych nie mówimy o drzewostanach i ich zdrowiu, a o zadrzewieniach oraz ich stanie fitosanitarnym. Nie zmienia to jednak faktu przeprowadzenia bardzo ciekawych badań cząstkowych i wykazanie, iż temperatura koron drzew nie jest takim oczywistym indykatorem. Jedynie drzewa przynależące do klasy kondycyjnej „zdrowe” statystycznie różnicują się od trzech pozostałych klas opisujących stany pośrednie. To pewne zaskoczenie w odniesieniu do wcześniej przeprowadzonych badań, ale z drugiej strony efekt zupełnie odmiennych warunków środowiskowych, zwłaszcza tych istotnie wpływających na temperaturę powierzchniową obiektów, głównie intensywnej i ukierunkowanej „korytarzowo” cyrkulacji powietrza, wysokiej zabudowy i generowanej przez nią cieni, zabiegów miejskich służb pielęgnacyjno-

konserwatorskich (w tym przypadku Zarządu Zieleni m. st. Warszawy), a także wszechobecnej w centrach miast betonozy. Z tego względu konstrukcja postawionego pytania badawczego, które powyżej zakwestionowałem, wydaje się jednak słuszną. Zadrzewienia zdrowe charakteryzują się niższą temperaturą korony drzew od zadrzewień uszkodzonych.

W przyszłości należy rozważyć opracowanie wzorców termicznych stanów zdrowotnych wybranych gatunków drzew, które byłoby swoistym katalogiem obrazowym służącym do badań porównawczych.

Całość opracowania wzbogaciłyby także wykresy przedstawiające przebieg zmienności temperatury powietrza w ciągu realizacji misji teledetekcyjnych na wszystkich poligonach badawczych, oraz podanie innych parametrów meteorologicznych, jak prędkość i kierunek wiatru, wilgotność względna powietrza czy całkowite promieniowanie słoneczne.

Po omówieniu wszystkich uzyskanych wyników na trzech poligonach badawczych Doktorantka zaproponowała cztery wnioski końcowe dotyczące zależności pomiędzy temperaturą powierzchniową wybranych gatunków drzew bądź zadrzewień bez różnicowania grup taksonomicznych, a ich stanem zdrowotnym. Wnioski te nie zostały poprzedzone akapitem wprowadzenia, co byłoby jednak wskazane nie tylko z redakcyjnego punktu widzenia.

W przypadku wniosku pierwszego sugerowałbym zmianę słowa „cieplejsze” na „wyższą temperaturę” ze względu na stosowane skale pomiarowe. We wniosku drugim wskazane lepiej jest użyć słowa „niższe średnie wartości mierzonej temperatury”, niż „niskie średnie...”. Wniosek ostatni w zasadzie odnosi się do dwóch klas kondycji zadrzewień, a brak możliwości skutecznego kategoryzowania pozostałych obiektów jest cenną wskazówką dla wszystkich korzystających z danych teledetekcyjnych rejestrowanych w zakresie średniej podczerwieni termalnej.

Całość kończy dwuzdaniowe podsumowanie, o generalnym przekazie, iż „zmienność temperatury koron może być wskaźnikiem stanu zdrowotnego drzew”. Odnoszę w tym miejscu wrażenie, iż pani mgr Agata Zakrzewska niepotrzebnie osłabiła wagę i wartość dobrze zaplanowanych i konsekwentnie przeprowadzonych badań naukowych i uzyskanych na ich podstawie wyników. Po zapoznaniu się z całym materiałem można stwierdzić, iż temperatura koron jest takim wskaźnikiem, ale interpretacja wyników wymaga jeszcze uwzględnienia innych zmiennych i parametrów, a cały proces wykonania kolejnych eksploracji terenowych i badań uzupełniających. Z pewnością zaproponowane wnioski są cenne z praktycznego, poznawczego i naukowego punktu widzenia.

Zawarty po tym wszystkich elementach wykaz literatury zawiera łącznie 43 pozycje bibliograficzne. Jest on wystarczający, przekrojowy i uwzględnia najważniejsze prace z tego zakresu tematycznego. Należy podkreślić, iż pozostałe pozycje światowej literatury zostały uwzględnione w trzech pracach naukowych będących załącznikiem do autoreferatu.

Ostatnią częścią autoreferatu jest streszczenie wykonane, zarówno w języku polskim, jak i angielskim. To dobrze przygotowany materiał, który oprócz skrótowego opisu wykonanych badań, prezentuje także warstwę wynikową i wnioskową, a także proponuje rozwinięcie ich w przyszłości, chociażby o wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych, jako nośników kamery rejestrującej.

Ocena rozprawy pod kątem redakcyjnym, graficznym i językowym

Z uwagi na inny, niż zazwyczaj praktykowany w formie tradycyjnego i samodzielnego manuskryptu, charakter dysertacji doktorskiej pani mgr Agaty Zakrzewskiej, uwagi redakcyjne są mało istotne bądź trudne w obiektywnej ocenie. Głównym elementem dokumentacyjnym recenzowanej pracy jest zbiór trzech w zasadzie monotematycznych publikacji naukowych, które zostały już wcześniej bardzo rzetelnie i skrupulatnie ocenione najpierw na etapie przyjęcia do redakcji, potem w trakcie procesu recenzowania, i na końcu podczas przygotowania finalnej wersji manuskryptu. Publikacje zostały

wydane, zgodnie z zasadami redakcyjnymi tych wydawnictw i nie jest potrzebna w tym momencie dodatkowa ich ocena.

Pozostałe drobne uwagi czy nieliczne mankamenty dotyczące autoreferatu zostały umieszczone w wybranych fragmentach recenzji. W żaden jednak sposób nie obniżają one całościowej pozytywnej jego oceny w tym względzie i mają jedynie charakter czysto dyskusyjny bądź wyłącznie uzupełniający. Nie obniżają one także jej wysokiej całościowej oceny naukowej i aplikacyjnej dysertacji doktorskiej.

Załączniki do rozprawy doktorskiej w postaci cyklu artykułów naukowych

Głównym elementem przedstawionej do wyrażenia pisemnej recenzji rozprawy doktorskiej pani mgr Agaty Zakrzewskiej był cykl trzech oryginalnych artykułów naukowych opublikowanych w latach 2022–2023 w czasopismach zagranicznych o uznanej i rozpoznawalnej renomie. Wszystkie dołączone prace doktorskie są wieloautorskie, ale na podstawie przygotowanych oświadczeń poszczególnych współautorów można jednoznacznie stwierdzić, iż udział Doktorantki we wszystkich publikacjach jest wysoki, a w zasadzie najwyższy ze wszystkich i wynosił odpowiednio od 50, przez 55 do 60%. Mgr Agata Zakrzewska występuje w każdej pracy, jako pierwszy autor, co wskazuje, iż była zarówno pomysłodawcą badań, ich koordynatorem, jak i głównym wykonawcą. Skutecznie i efektywnie opanowała warsztat badawczy, potrafiła właściwie zdefiniować istotny problem naukowy do rozwiązania, postawić hipotezę, dobrać narzędzia i dane, przeprowadzić badania, analizy i dyskusję uzyskanych wyników z pracami innych badaczy, a także skutecznie napisać z tego procesu artykuł.

Ze względu na to, iż opublikowane artykuły, będące elementem tzw. zszywki publikacyjnej, przeszły bardzo gruntowną, wielomiesięczną procedurę recenzowania, i żadne z wydawnictw nie przynależy do grupy tzw. drapieżnych, nie widzę potrzeby wykonania dodatkowej recenzji załączonych publikacji. Dla formalności pozwolę jednak sobie ocenić odniesienie prac do zdefiniowanego tematu wiodącego osiągnięcia naukowego, kolejność ich zamieszczenia w całym cyklu oraz podać podstawowe parametry bibliometryczne.

W przedstawionej do recenzji dysertacji doktorskiej zamieszczono i odniesiono się do ich zawartości w przygotowanym autoreferacie, trzy następujące publikacje:

1. **Zakrzewska Agata**, Kopeć Dominik, Krajewski Karol, Charyton Jakub. 2022. Canopy temperatures of selected tree species growing in the forest and outside the forest using aerial thermal infrared (3.6–4.9 μm) data. *European Journal of Remote Sensing* 55(1): 313–325.

IF=3,168; punktacja MEiN – 70 pkt; Wyd. Taylor & Francis; 14 stron tekstu; czasopismo multidyscyplinarne, w tym: nauki biologiczne, nauki o Ziemi i środowisku czy nauki leśne.

2. **Zakrzewska Agata**, Kopeć Dominik, 2022. Remote sensing of bark beetle damage in Norway spruce individual tree canopies using thermal infrared and airborne laser scanning data fusion. *Forest Ecosystems* 9: 100068.

IF=4,274; punktacja MEiN – 140 pkt; Wyd. KeAi z grupy Elsevier; 14 stron tekstu; czasopismo multidyscyplinarne, w tym: nauki biologiczne i nauki leśne.

3. **Zakrzewska Agata**, Kopeć Dominik, Ochtyra Adrian, Potůčková Markéta. 2023. Can canopy temperature acquired from an airborne level be a tree health indicator in an urban environment? *Urban Forestry & Urban Greening* 79: 127807.

IF=5,766; punktacja MEiN – 100 pkt; Wyd. Elsevier; 11 stron tekstu; czasopismo multidyscyplinarne, w tym: nauki biologiczne i nauki leśne.

łączna liczba punktów według wykazu czasopism MEiN publikacji zgłoszonych do oceny, jako osiągnięcie naukowe stanowiące rozprawę doktorską wynosi 310, a sumaryczny wskaźnik oddziaływania czasopism (IF) według listy *Journal Citation Reports* (JCR) to 13,208. To bardzo wysokie wartości bibliometryczne spełniające, nie tylko formalne, ale i uznaniowe kryteria w takich postępowaniach awansowych. Kolejność zamieszczenia artykułów jest właściwa i świadczy o przemyślanym całym procesie badawczym oraz konsekwencji jego realizacji, a także o stawianiu kolejnych pytań na podstawie uzyskiwanych wyników częściowych. Rozpoczęcie badań od zadania polegającego na określeniu różnicy temperatury koron pomiędzy drzewami położonymi wewnątrz i na zewnątrz kompleksu leśnego, przez badania porównawcze osobników zdrowych i osłabionych realizowane w środowisku naturalnym do rozszerzonych badań prowadzonych na obszarze o silnej antropopresji jest właściwe i od samego początku dobrze pomyślane.

Pod względem tematycznym zbiór trzech publikacji dotyczy nadrzędnego zagadnienia badawczego, jakim jest wykorzystanie danych termalnych do określania stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew i w pełni uzasadnia zaproponowany temat rozprawy doktorskiej.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Po wnikliwym zapoznaniu się z przygotowaną przez panią mgr Agatę Zakrzewską rozprawą doktorską oraz zaproponowaną metodą oceny stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew realizowaną na podstawie danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego jestem utwierdzony, iż w trakcie okresu realizacji interdyscyplinarnych studiów doktoranckich na Wydziale Biologii i Ochrony Środowiska Uniwersytetu Łódzkiego wykazała się Ona umiejętnościami samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych na styku teorii i praktyki, umiejętnego rozwiązywania problemów natury metodycznej i technicznej oraz formułowania trafnych opinii. Postawione na wstępie autoreferatu przez doktorantkę cele badawcze znalazły przekonujące odpowiedzi i zostały z powodzeniem osiągnięte.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska pani mgr Agaty Zakrzewskiej w postaci zbioru trzech oryginalnych publikacji stanowi osiągnięcie naukowe o istotnym znaczeniu z perspektywy prowadzenia badań nad stanem i kondycją roślinności, a także istotnie rozwija możliwości wykorzystania danych termalnych rejestrowanych w średniej podczerwieni w kolejnych zastosowaniach, a Doktorantka wykazała się w trakcie jej realizacji bardzo dobrym poziomem wiedzy teoretycznej i dużymi umiejętnościami praktycznymi na styku kilku dyscyplin naukowych, w których prowadzi ciekawe i potrzebne oraz bardzo przyszłościowe badania.

Biorąc pod uwagę wszystkie przedstawione powyżej aspekty z przekonaniem stwierdzam, iż rozprawa doktorska pani mgr Agaty Zakrzewskiej pt. *Wykorzystanie danych termalnych pozyskanych z pułapu lotniczego do określania stanu zdrowotnego wybranych gatunków drzew* wykonana pod kierunkiem dr hab. Dominika Kopcia, prof. nadzw. UŁ oraz promotora pomocniczego dr. inż. Adriana Ochtyry stanowi oryginalne i wartościowe rozwiązanie zagadnienia naukowego i odpowiada warunkom określonym art. 187 ustawy *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* z dnia 20 lipca 2018 roku (tj. Dz.U. z 2018 r. poz. 1668 ze zm.), i jednocześnie stawiam wniosek do Komisji ds. Stopni Naukowych w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki biologiczne Uniwersytetu Łódzkiego o dopuszczenie Jej do dalszych etapów postępowania o nadania stopnia naukowego doktora.

Toruń, dnia 5 kwietnia 2023 roku



dr hab. Mieczysław Kunz, prof. UMK