

Dr hab. inż. Piotr Matyjasiak
Instytut Nauk Biologicznych i Wydział Biologii i Nauk o Środowisku
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie
Ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa

Warszawa, 18 kwietnia 2024 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Joanny Zofii Białowicz pt. „Bocian biały (*Ciconia ciconia* (L.)) jako wskaźnik jakości i zmian środowiska oraz krajobrazu”, wykonanej w Instytucie Inżynierii Środowiska, Katedrze Sztuki Krajobrazu, Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, pod kierunkiem promotora prof. dr hab. Alexa Schwerka i promotor pomocniczej dr inż. Izabeli Dymitryszyn

1. Uwagi ogólne.

Przedstawiona mi do oceny rozprawa doktorska mgr Joanny Zofii Białowicz ma klasyczny układ rozpraw doktorskich, mających charakter monografii przygotowanej w formie maszynopisu w języku polskim. Składa się ona z jednostronicowego streszczenia w języku polskim i angielskim, wstępu, przeglądu badań i sekcji prezentującej cele badań i hipotezy badawcze. Sekcja „Metody” zawiera opisy terenu badań, badanego gatunku, wykorzystanych w analizach parametrów biologii badanego gatunku, zastosowanych metod analiz środowiskowych i krajobrazowych, oraz metod statystycznej analizy danych. Sekcja „Wyniki” została podzielona na mniejsze jednostki tematyczne, odpowiadające kolejnym aspektom analizy danych. Analogiczny podział znajdziemy w sekcji „Dyskusja”. Bibliografia liczy 201 pozycji literatury, wśród których znalazły się najbardziej aktualne pozycje literatury przedmiotu. Na końcu rozprawy znajduje się pięciostronicowe podsumowanie, zajmująca nieco ponad stronę lista wniosków oraz spisy rysunków, fotografii i tabel. Całe dzieło liczy 207 stron. Konstrukcja rozprawy jest przejrzysta. Podział pracy na sekcje i mniejsze jednostki ułatwia czytanie i nawigowanie w tekście.

Głównym celem ocenianej rozprawy doktorskiej było określenie przydatności bociana białego *Ciconia ciconia* (L.) w roli wskaźnika jakości i zmian środowiska i krajobrazu. Cztery szczegółowe pytania badawcze (hipotezy robocze) dotyczą zależności między parametrami charakteryzującymi stan środowiska lub krajobrazu i wybranymi parametrami opisującymi występowanie i biologię reprodukcyjną badanego gatunku. Kwestie te nawiązują do aktualnie bardzo ważnych trendów badawczych w ochronie przyrody i środowiska na podstawach biologicznych oraz w inżynierii i kształtowaniu środowiska, planowaniu przestrzennym i architekturze krajobrazu.

W sekcjach „Wstęp” i „Przegląd badań” Autorka dobrze wprowadza czytelnika nie specjalizującego się w zagadnieniach planowania przestrzennego i architektury krajobrazu w tematykę badawczą poruszoną w rozprawie, jasno i zrozumiale uzasadniając sens i potrzebę podjęcia przedstawionych w rozprawie badań. Mam kilka uwag odnośnie wprowadzania i definiowania pojęć istotnych z punktu widzenia koncepcji badań. Na przykład, Autorka dobrze przedstawiła pojęcie „audytu krajobrazowego” oraz opisała, do czego jest on potrzebny i dlaczego się go wykonuje. Natomiast zabrakło mi zdefiniowania kluczowego dla koncepcji rozprawy pojęcia „krajobraz” w ujęciu warsztatu ekologii i ochrony przyrody oraz planowania przestrzennego i architektury krajobrazu (strony 9 we Wstępie i 13 w sekcji „Przegląd badań”). Definicja prawna krajobrazu, jedynie w ujęciu architektury krajobrazu, znajduje się dopiero w sekcji „Metody” (strony 41-42, „Parametry krajobrazowe”). Na stronach 13 i 14 znajdujemy wzmianki o znaczeniu łączności ekologicznej i fragmentacji środowiska w kontekście funkcjonowania ekosystemów. Jest to słuszne. Zabrakło jednak informacji, że oba te pojęcia są kluczowe przede wszystkim z punktu widzenia krajobrazu, który w ujęciu ekologicznym stanowi zespół ekosystemów powiązanych przepływem materii i energii (oraz informacji). Fragmentacja i łączność ekologiczna mają kluczowe znaczenie głównie w kontekście funkcjonowania krajobrazu i układów przyrodniczych w skali większej niż lokalne ekosystemy. Krótki opis, czym jest krajobraz w rozumieniu ekologii, z podaniem najważniejszych oddziaływań zaburzających jego funkcjonowanie, pozwoliłby na przekonujące uzasadnienie potrzeby ochrony krajobrazu (strona 8, pierwszy akapit). Przydało by się też zdefiniować pojęcia „ekosystem” i „siedlisko”. Samo pojęcie „fragmentacja” jest używane w rozprawie zamiennie ze słowem „podział” (strona 14, drugi akapit). Nie jest to najlepsza praktyka; zjawiska przyrodnicze i inne powinny być nazywane w sposób jednoznaczny i precyzyjny.

W podsekcji 2.1. „Zwierzęta jako bioindykatory” Autorka przedstawiła problematykę wykorzystania zwierząt w roli wskaźników (biologicznych indyktorów) stanu i zmian środowiska i krajobrazu. Zabrakło tutaj zdefiniowania, co to jest gatunek wskaźnikowy (strona 14, trzeci akapit). Zabrakło również kompletnego opisu cech, jakimi powinny się charakteryzować gatunki – bioindykatory, z uzasadnieniem, dlaczego poszczególne cechy są ważne. W przypadku ptaków, istotne znaczenie ma wysoka mobilność, dzięki której mogą one szybko reagować liczebnie na korzystne lub niekorzystne zmiany w środowisku (co łatwo wykryjemy inwentaryzując lub monitorując odpowiednio dobrane wskaźnikowe gatunki ptaków). Czy gatunki wskaźnikowe powinny być specjalistami czy generalistami? W pierwszym zdaniu trzeciego akapitu na stronie 14 czytamy, że ptaki szeroko wykorzystuje się w roli bioindyktorów z uwagi na „łatwość oceny” – oceny czego? Trzeba się domyślić, że chodzi o ocenę liczebności populacji. Jednak cennym parametrem, który w przypadku bociana białego również można dość łatwo określić, jest sukces reprodukcyjny. W sposób wyczerpujący zostały opisane i scharakteryzowane pojęcia gatunków parasolowych i flagowych (strona 17). A przecież gatunek wskaźnikowy jest pojęciem kluczowym z punktu widzenia koncepcji rozprawy.

Oceniana rozprawa doktorska przedstawia oryginalne, wieloaspektowe i interdyscyplinarne ujęcie bardzo ważnych aktualnie zagadnień, jakimi są waloryzacja środowiska i krajobrazu oraz monitorowanie zmian, jakie w nich zachodzą. Główne pytania badawcze, cele badań i postawione hipotezy, podsumowane w sekcji „Hipotezy badawcze i cele” zostały uzasadnione w sposób jasny, zrozumiały i wyczerpujący.

Autorka wybrała do swoich badań doskonały poligon badawczy – niezwykle urozmaicony i przyrodniczo cenny układ przyrodniczy, obejmujący Puszcę Kampinoską wraz z przylegającym do niej, lewobrzeżnym fragmentem doliny środkowej Wisły. Materiał badawczy obejmuje 122 gniazda bociana białego znajdujące się na tym terenie.

Precyzyjnie i dobrze przemyślany, nowatorski schemat badań obejmuje poszukiwanie zależności między wybranymi parametrami opisującymi stan i jakość środowiska i krajobrazu a parametrami biologii reprodukcyjnej bocianów korzystających z gniazd obecnych na terenie badań. Te ostatnie zmienne charakteryzują częstotliwość zajmowania poszczególnych gniazd przez bociany na przestrzeni okresu badań lub uzyskane w tych gniazdach efekty reprodukcyjne. Do charakterystyki środowiskowej Autorka wykorzystwała dane na temat form pokrycia terenu, pochodzące z obrazowania zdalnego z wykorzystaniem technik satelitarnych (system Corine Land Cover). W nowatorski sposób Autorka zastosowała metodę wewnątrz architektoniczno-krajobrazowych (JARK-WAK) do analizy zależności między parametrami biologii bociana (na próbie 20 gniazd) a zmiennymi charakteryzującymi krajobraz i niektóre cechy środowiska w mniejszej skali. Do statystycznej analizy danych Autorka zastosowała analizę korelacji (głównie parametryczną, Pearsona) oraz uogólnione modele liniowe (pomocniczo również test chi-kwadrat). Zbędny w podsekcji „4.6. Analizy statystyczne” jest opis statystyk od strony formalnej, matematycznej, z podaniem podstawowych wzorów (równania 2, 3, itd., na stronach 56-59) i powołaniem się na klasyczne prace Fishera (1925), Kołmogorowa (1933), Smirnowa (1948) i innych autorów poszczególnych statystyk. Całkowicie wystarczające w rozprawie doktorskiej jest odwołanie się do któregoś z podręczników statystyki – w przypadku metody korelacji wystarczy ostatnie wydanie podręcznika Zera lub Sokala i Rohlf'a i podanie, czy wykonano jakieś transformacje na danych lub czy zastosowano poprawki, itp. Gdy pracujemy w środowisku R, wystarczy zacytować ostatnie publikacje albo opracowania instruktażowe, wprowadzające bardziej specjalistyczne pakiety statystyczne działające w tym środowisku (korelacje, ANOVA i część modeli liniowych zawarte są w pakiecie podstawowym R). Wskazane jest też przedstawienie, najlepiej w załączniku do rozprawy, kodu zastosowanego do budowania modeli liniowych w środowisku R. Jeśli chodzi o opis metod statystycznych, sporym niedopatrzeniem redakcyjnym jest ewidentna luka w tekście pierwszego akapitu podsekcji „4.6. Analizy statystyczne” (w piątym wierszu tego akapitu czytelnik napotyka miejsce, w którym brakuje być może dużego fragmentu tekstu). Mam kilka ogólnych uwag do samego stosowania statystyk w rozprawie (drobne uwagi zawarłem niżej, w części „uwagi szczegółowe”). Autorka wykonała dziesiątki, może nawet

ponad setkę, analiz z wykorzystaniem metody korelacji. Przeanalizowała też kilkadziesiąt modeli liniowych. W celu przeprowadzenia wnioskowania statystycznego, Autorka patrzyła na wielkość współczynników korelacji r , wartości parametrów (współczynników, *estimates*) modeli liniowych oraz na „istotność statystyczną” (wyrażoną przez wielkość p , która informuje nas o tym, jakie jest prawdopodobieństwo, że obserwowane zależności wystąpiły przypadkowo). Tutaj pojawia się problem wielokrotnego wykonywania tych samych lub analogicznych testów statystycznych na dużej rodzinie hipotez (modeli statystycznych) w oczekiwaniu, że gdzieś pojawią się „istotne efekty”. Trzeba pamiętać, że „istotna” wielkość p może pojawić się zupełnie przypadkowo. Gdy wykonujemy dużo testów, całkiem spora część „istotności” może być dziełem przypadku. W celu zaradzenia temu powinno się zastosować poprawkę, np. Bonferroniego (np. Rise 1989, *Evolution* 43:223). Z drugiej strony, jeśli analiza statystyczna ma charakter eksploracyjny, wtedy wspomniane zastrzeżenie i poprawkę co do zasady można pominąć. Oceniana rozprawa ma na celu identyfikację wzorców, trendów i związków między zmiennymi opisującymi z jednej strony środowisko i krajobraz a z drugiej – parametry biologii reprodukcyjnej bocianów. W mojej ocenie, przeprowadzona analiza statystyczna danych może w zamyśle mieć charakter eksploracyjny (a nie mieć na celu weryfikację hipotez; wtedy wspomniana poprawka byłaby konieczna). Należało to jasno napisać w opisie metod. Druga sprawa to zastosowanie przy modelach liniowych metody krokowej (wstecznej, *backward stepwise*, lub postępującej, *forward*), które wynika z treści ostatniego akapitu („Krok 4.”) na stronie 59 w podsekcji „4.6.2. Uogólnione modele liniowe GLM”. Metoda krokowa, oryginalnie opracowana dla analizy regresji, dostępna też w modelach liniowych ogólnych i uogólnionych, może być stosowana w analizie wyników otrzymanych w starannie kontrolowanych eksperymentach lub doświadczeniach (rolniczych, medycznych, fizjologicznych itp.). Niestety, nie powinna być stosowana w analizie danych zebranych metodą obserwacji lub pomiarów w terenie, bez eksperymentu (patrz np. Whittingham i inni 2006, *J Anim Ecol* 75:1182). W tym ostatnim przypadku model liniowy powinien być budowany w oparciu o postawioną *a priori* hipotezę (lub rodzinę hipotez). Powinien zawierać tylko te zmienne niezależne (predyktory), które są ujęte w hipotezie (hipotezach). Z modelu możemy usunąć, tylko w pojedynczym kroku *backward*, nieistotne interakcje, jeśli ich włożenie do modelu było uzasadnione treścią hipotez badawczych.

Sekcja „Wyniki” została przygotowana w sposób przejrzysty i jasny. Parę uwag redaktorskich zawarłem w części „uwagi szczegółowe”, niżej.

Sposób przygotowania sekcji „Dyskusja” oceniam wysoko (z nielicznymi wyjątkami, o których piszę w części „uwagi szczegółowe, niżej”). Autorka wykazała się znajomością dużej liczby artykułów naukowych przywołanych w rozprawie. Umiejętnie wykorzystwała informacje literaturowe w celu wszechstronnego omówienia i uzasadnienia otrzymanych przez siebie wyników. Interpretację i dyskusję wyników można uznać za mocną stronę rozprawy.

Mocną stroną rozprawy jest też jej szata graficzna. Temat pracy dotyczy zagadnień związanych z planowaniem przestrzennym i architekturą krajobrazu. W tym przypadku aż prosi się, by w miarę możliwości każdy opis, zagadnienie lub wnioski ilustrować schematem, zdjęciem lub innym obrazem. To udało się zrobić bardzo dobrze. Zawarte w pracy grafiki bardzo dobrze ilustrują omawiane sprawy i pozwalają czytelnikowi rozwinąć skrzydła wyobraźni.

Przygotowanie rozprawy pod względem językowym oceniam dobrze. Znalazłem w niej kilka błędów, przeważnie interpunkcyjnych lub stylistycznych. Na przykład, w piątej linii „Streszczenia” czytamy: „określono obszar badań jako 122 gniazda [...]”. Powinno być (na przykład): „badaniami objęto 122 gniazda zlokalizowane na obszarze [...]”. W zdaniu na górze strony 11, w drugiej linii licząc od góry brakuje przecinka przed słowami „w tym”. Ponadto, GDOŚ nie „wziął” lecz „wzięła”, ponieważ mowa jest tutaj o Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska. W zdaniu kończącym się w trzeciej linii na stronie 43 brakuje kropki. W ostatnim zdaniu drugiego akapitu na stronie 168 „liczba młodych zdolnych do lotu” nie „była zmniejszana przez rosnącą odległość od terenów okresowo podmokłych”. Powinno być „[...] liczba młodych [...] malała ze wzrostem odległości gniazd od terenów podmokłych”. Resztę uwag do języka rozprawy przedstawiam niżej, w części „uwagi szczegółowe”.

2. Uwagi szczegółowe

Metody statystyczne: Autorka stara się wykazać statystycznie, które zmienne niezależne (predyktory) wykazały istotny wpływ (pozytywny lub negatywny) na badane zmienne zależne (np. strona 51, akapit 2; strona 58, akapit 3; strona 59 ostatni akapit; strona 153, akapit 1, linia 3 od dołu).

Przy ocenie znaczenia poszczególnych zmiennych niezależnych w ich wpływie na zmienną zależną przydało by się dysponować standardowym oszacowaniem wielkości wpływu (*effect size*). W przypadku metody korelacji, o sile związku obu analizowanych cech wystarczająco dużo mówi sam współczynnik korelacji (lub jego kwadrat, czyli współczynnik determinacji). Natomiast w przypadku modeli liniowych, aby sensownie ocenić względną siłę związku między poszczególnymi zmiennymi obecnymi w modelu i zmienną zależną trzeba by zastosować współczynniki standardowe (*standardized coefficients*) dla poszczególnych efektów obecnych w modelu. W tym celu należałoby wystandaryzować zmienne do średniej równej zero i odchylenia standardowego (SD) równego jeden (1 SD). Ponieważ część zmiennych objętych analizą statystyczną była zmiennymi binarnymi (strona 59, górny akapit), wszystkie zmienne należałoby wystandaryzować do 2 SD (Gelman 2008, *Statistics in Medicine* 27:2865). Dzięki takiej transformacji zmiennych, można porównać ich wpływ na zmienną zależną w jednostkach

odchylenia standardowego. Umożliwia to miarodajną ocenę względnego znaczenia zmiennych objętych analizą w wyjaśnianiu zmienności zmiennej zależnej.

Ponieważ nie możemy być pewni, czy w ocenianych badaniach faktycznie istnieją związki przyczynowe między zmiennymi niezależnymi i zmienną zależną, lepiej jest nie mówić o pozytywnym lub negatywnym wpływie jednej zmiennej na drugą (np. strona 162, akapit 3, linia 1-2), tylko o pozytywnej lub negatywnej zależności między zmiennymi.

Uwagi redakcyjne.

Sekcja „Streszczenie”, linia 10: jest „analiza wnętrz krajobrazowych 20 wybranych gniazd”; powinno być „analiza wnętrz krajobrazowych dla 20 wybranych gniazd”.

Strona 10, akapit 2, ostatnie zdanie akapitu: zdanie jest stylistycznie błędne.

Strona 15, akapit 2: wspomniane w nim dzierzby poprawnie (zgodnie z aktualnie obowiązującym nazewnictwem zoologicznym) nazywają się teraz srokosz i gąsiorek.

Strona 50, akapit 3, ostatnie zdanie akapitu brzmi: „pomiędzy wartościami długości poszczególnych rodzajów pokrycia terenu ...”. Chodziło zapewne o długości krawędzi płatów; trzeba to doprecyzować.

Strona 58, linia 4 od góry: „roboust”, powinno być „robust”.

Strona 63, Rysunek 13: duża liczba kolorów sprawia, że rysunek jest trudny do czytania. To samo dotyczy rysunków 14 i 15.

Strona 92, Tabela 21: skutek błędów kodowania znaków pojawiły się kwadraty zamiast liter w opisie wierszy, kolumn i w wierszu podsumowującym tabelę. Powinno to być skorygowane w czasie składania i redagowania tekstu. W Tabeli 22 na stronie 153 analogiczne błędy skorygowano ręcznie. Dlaczego? Nie można było tego zrobić w trybie edycji tekstu?

Strona 153, akapit 1, linia 5-6: zdanie „Wykazała również trend ujemny na powodzenie łęgów ...” jest niepoprawne stylistycznie.

Strona 183, ostatnia pozycja bibliografii na stronie: praca Bogdanowski (2000) zawiera niekompletne dane bibliograficzne. Jest to rozdział w monografii pokonferencyjnej!

Strony 185-186: spis bibliografii. Trochę na chybił-trafił zostały dołączone do bibliografii te pozycje aktów prawnych. Najlepiej byłoby umieścić je na końcu bibliografii, jako „lista aktów prawnych”.

Strona 190, pozycja bibliografii 7 od góry: źle sformatowana pozycja literatury.

Strona 191, pozycja bibliografii 9 licząc od góry: niekompletna pozycja bibliografii – praca Olszewskiego 2007 została opublikowana w czasopiśmie Kulon, w tomie 12, str. 73-87.

3. Podsumowanie

Niniejszym stwierdzam, że Autorka przedstawiła w swojej rozprawie oryginalne rozwiązanie istotnego problemu naukowego z obszaru dyscypliny naukowej inżynieria środowiska. Otrzymane przez nią wyniki wzbogacają naszą wiedzę na temat możliwości wykorzystania ptaków w roli gatunków wskaźnikowych do oceny stanu i jakości środowiska i krajobrazu. Autorka wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną na obszarze na pograniczu dyscyplin inżynierii środowiska i biologii. Bez wątplenia wykazała się umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy badawczej.

Uważam, że rozprawa doktorska przygotowana przez mgr Joannę Zofię Białowicz spełnia warunki określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2018 r. poz. 1668 z późn. zm.). Wnioskuje o dopuszczenie doktorantki do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Piotr Maląg