

dr hab. Marcin K. Dyderski, prof. ID PAN  
Instytut Dendrologii Polskiej Akademii Nauk  
Parkowa 5, 62-035  
e-mail: mdyderski@man.poznan.pl

Kórnik, 12 sierpnia 2022 r.

## Recenzja

rozprawy doktorskiej Pani mgr Doroty Kotowskiej pod tytułem „Czynniki wpływające na występowanie wybranych inwazyjnych obcych gatunków roślin wzdłuż dróg w Polsce”, przygotowanej w Instytucie Ochrony Przyrody Polskiej Akademii Nauk pod kierunkiem Promotora dr. hab. Piotra Skórki, prof. IOP PAN oraz Promotora pomocniczego dr. hab. Michała Żmihorskiego, prof. IBS PAN.

### Wstęp

Inwazje biologiczne stanowią jedno z głównych zagrożeń dla różnorodności biologicznej. Nasilające się globalne przemiany środowiska przyrodniczego oraz aktywność ekonomiczna i społeczna ludzi sprawiają że coraz więcej obcych gatunków jest introdukowanych w nowe miejsca. Mimo iż człowiek przemieszczał żywe organizmy od zarania cywilizacji to dopiero od niedawna zaczął zdawać sobie sprawę z konsekwencji tych działań. Stąd dopiero od kilkadziesiąt lat prowadzone są badania w tym zakresie. W dobie szóstego wielkiego wymierania gatunków oraz zmian klimatycznych badania nad czynnikami determinującymi występowanie inwazyjnych gatunków są szczególnie ważne. Stanowią bowiem podstawę dla dalszych prac pozwalających wypracować metody ich zwalczania lub ograniczania ich negatywnych efektów.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska bazuje na północnoamerykańskich nawłociach (*Solidago canadensis* oraz *S. gigantea*), które są jednymi z najbardziej rozpowszechnionych w Europie Środkowej obcych gatunków roślin zielnych. Ich inwazjom poświęcono w literaturze naukowej bardzo wiele prac, jednakże niewiele wiadomo na temat mechanizmów rozprzestrzeniania się nawłoci w skali krajobrazowej – większość prac z zakresu ekologii inwazji bazuje albo na mniejszej (poletka, płaty roślinności) albo na większej (od regionalnej do kontynentalnej) skali przestrzennej. Połączenie ekologii inwazji z ekologią krajobrazu w tym zakresie jest więc nową jakością.

### Struktura i formalna ocena rozprawy

*AdMi*

Na rozprawę doktorską Pani mgr Doroty Kotowskiej składają się trzy artykuły naukowe: dwa opublikowane i jeden znajdujący się w momencie składania rozprawy w recenzji:

1. **Kotowska, D.,** Pärt, T., & Żmihorski, M. (2021). Evaluating Google Street View for tracking invasive alien plants along roads. *Ecological Indicators*, 121, 107020.
2. **Kotowska, D.,** Pärt, T., Skórka, P., Auffret, A. G. & Żmihorski, M. (2022). Scale dependence of landscape heterogeneity effects on plant invasions. *Journal of Applied Ecology*, 59(5), 1313–1323.
3. **Kotowska, D.,** Skórka, P., Pärt, T., Auffret, A. G. & Żmihorski, M. Spatial scale matters for predicting plant invasions along roads – maszynopis (wysłany do recenzji w *Ecology*).

Dwie opublikowane prace ukazały się w anglojęzycznych czasopismach naukowych posiadających wysoki współczynnik wpływu *impact factor* (odpowiednio 4,958 oraz 6,528). Oba czasopisma są jednymi z najlepszych na świecie czasopism w dziedzinie ekologii oraz ochrony różnorodności biologicznej i opublikowanie w nich pracy świadczy o nie tylko o jej wysokich walorach merytorycznych, ale także o globalnym znaczeniu wniosków wynikających z przeprowadzonych badań.

Prezentowane artykuły naukowe to prace wieloautorskie, z których jedną napisało troje a dwie pięcioro autorów, w tym Promotor i Promotor Pomocniczy. W każdej z prac Pani mgr Dorota Kotowska jest pierwszą autorką oraz ma wiodący udział – od 75% do 80%. W pracach Pani mgr Dorota Kotowska odpowiadała za konceptualizację i zaplanowanie badań, przeprowadzenie prac terenowych, obróbkę i analizę danych, interpretację wyników oraz przygotowywała większość tekstu artykułów. Rolą pozostałych współautorów był wkład w powstanie koncepcji pracy oraz wspieranie tekstu krytycznymi uwagami. Wkład procentowy pozostałych współautorów został potwierdzony w załączonych oświadczeniach. Badania zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki ramach grantu PRELUDIUM 2016/21/N/NZ8/01286 oraz stypendium ETIUDA 2019/32/T/NZ8/00343, które Pani mgr Dorota Kotowska zdobyła w konkursach. Pozyskanie środków z NCN na prowadzenie badań już na etapie przygotowywania rozprawy doktorskiej jest bardzo dużym osiągnięciem, świadczącym o dobrze rozwiniętych umiejętnościach Pani mgr Doroty Kotowskiej, szczególnie ważnym w kontekście dalszej pracy naukowej.



Powyższe prace zostały poprzedzone 29-stronnicowym podsumowaniem, zawierającym spis prac, informację o źródle finansowania, streszczenia w języku polskim i angielskim, pięciostronnicowy wstęp, opis celu badań, omówienie zastosowanych metod, krótkie omówienie wyników oraz najważniejsze wnioski, a także literaturę i podziękowania. Po podsumowaniu rozprawa doktorska zawiera załączone maszynopisy prac oraz oświadczenia autorów. W podsumowaniu zacytowano 58 pozycji, w tym zarówno klasyczne dla ekologii inwazji podręczniki i prace koncepcyjne, jak i wyniki najnowszych badań z czołowych ośrodków badawczych na świecie.

### **Zakres badań i zastosowane metody**

Celem badań było określenie relacji między cechami krajobrazu a występowaniem północnoamerykańskich nawłoci przy użyciu nowatorskiej metody wykorzystującej GSV. Z uwagi na podobną biologię i ekologię dwa gatunki zostały zagregowane, podobnie jak w wielu pracach z zakresu ekologii inwazji w szerszych skalach przestrzennych. Pani mgr Dorota Kotowska starannie zaplanowała cały cykl badawczy, dzieląc rozprawę na trzy części, stanowiące odrębne artykuły naukowe. Każda z części jest naturalną konsekwencją wyników uzyskanych w poprzednim rozdziale dysertacji.

Pierwszą częścią była weryfikacja dokładności metody poprzez porównanie inwentaryzacji w oparciu o GSV z inwentaryzacją terenową. Na uwagę zasługuje nie tylko opracowanie autorskiej metody wydobywania danych na temat obfitości występowania nawłoci z GSV, ale także zasięg badań terenowych. Pani mgr Dorota Kotowska przeprowadziła walidację terenową na obszarze reprezentującym pełen zakres warunków klimatycznych Polski niżowej. Szczególnie interesującym aspektem jest zastosowanie modeli addytywnych oraz walidacji krzyżowej 'leave-one-out'. Metoda ta, typowa dla uczenia maszynowego, pozwala na ewaluację modeli zachowujących w podpróbce wykorzystywanej do budowy modelu cząstkowego oczekiwanego stosunku stanów na poziomie 1:1. Zastosowanie tego rodzaju procedury pozwala na osiągnięcie o wiele lepszej dokładności estymacji w przypadku niebilansowanych zbiorów danych. Użycie tej techniki przy budowie modelu świadczy o bardzo dużym doświadczeniu oraz szerokim warsztacie metodycznym Pani mgr Doroty Kotowskiej. Co więcej, w pracy sprawdzono również wpływ innych czynników na dokładność metody, takich jak pora roku, szerokość drogi czy interwał czasu pomiędzy kontrolą terenową a wykonaniem zdjęcia GSV.

MUi



Drugą częścią była ocena zależności pomiędzy heterogenicznością krajobrazu a obfitością występowania nawłoci. W ramach tego celu Pani mgr Dorota Kotowska analizowała dwa typy heterogeniczności krajobrazu: konfiguracyjną oraz kompozycyjną. Pierwszy z nich oparła o zagęszczenie granic działek ewidencyjnych, drugi zaś o wskaźnik różnorodności Simpsona wykorzystując klasy pokrycia terenu z bazy CORINE Land Cover. Uchwycenie tych dwóch aspektów oraz zastosowanie różnych skal przestrzennych. Zastosowane modele pozwoliły na ocenę wielkości efektu w postaci ilorazu szans oraz uwzględniły autokorelację przestrzenną.

Wykazanie istotnego znaczenia skali przestrzennej w drugiej części było kluczowe do określenia wpływu 47 predyktorów charakteryzujących krajobraz w pięciu buforach wokół badanych transektów. Do estymacji wpływu wykorzystano metodę lasów losowych, zaimplementowaną w pakiecie *caret*. Warto podkreślić staranny opis procedury projektowania i budowy przez Panią mgr Dorotę Kotowską, uwzględniającą walidację krzyżową modeli, co pozwoliło na uniknięcie przetrenowania modeli. Do wizualizacji wyników zastosowano wykresy cząstkowych zależności.

W całej rozprawie doktorskiej Pani mgr Doroty Kotowskiej zastosowane metody analizy danych są dobrze dobrane do problemów badawczych oraz pozwalają na osiągnięcie zakładanych celów. Zastosowanie metod uczenia maszynowego oraz modeli addytywnych może rodzić pokusę potraktowania ich jako tzw. czarnych skrzynek, jednak Pani mgr Dorota Kotowska w swojej rozprawie doktorskiej pokazała że wykorzystuje te narzędzia z głębokim zrozumieniem nie tylko ich zalet, ale także mając świadomość mankamentów, których uniknęła poprzez zastosowanie poszczególnych technik preprocessingu oraz walidacji krzyżowej. Wskazuje to na świetny warsztat metodyczny oraz duże doświadczenie analityczne Pani mgr Doroty Kotowskiej.

W kwestii zakresu i metod badań nie mam najmniejszych zastrzeżeń, pojawiają się jednak pytania. Będąc świadomym niewielkich różnic w biologii i ekologii obu gatunków nawłoci zastanawiam się na ile możliwe będzie w przyszłości ich odróżnienie na podstawie GSV i jak duża rozdzielczość zdjęć i jakość powiększenia byłaby do tego potrzebna. Myślę że taka dywagacja mogłaby być przydatna pod kątem potencjalnej detekcji mniej wyraźnych gatunków. Jestem również ciekawy dlaczego Pani mgr Dorota Kotowska wybrała uogólnione modele addytywne jako główne narzędzie analiz – jakie zalety zdecydowały o ich wyborze zamiast lasów losowych? Interesuje mnie również jak

*Mu*



na wyniki mogłoby wpłynąć zastosowanie zamiast procentowej ważności predyktorów zastosowanie miar w jednostkach zmiennej zależnej, np. drop-out loss z pakietu DALEX. Obie metody są poprawne lecz różni badacze mają preferencje do poszczególnych metryk.

### **Wyniki i ich znaczenie**

Pierwsza prezentowana praca potwierdziła przydatność GSV do inwentaryzacji nawłoci wzdłuż dróg. Dzięki dokładnemu stwierdzeniu że parametry dróg i termin nie wpływają na dokładność metody możliwe jest jej szersze zastosowanie. Pomimo iż praca skupia się na nawłoci jako na modelowym taksonie, potencjał GSV jest znacznie szerszy i pozwoli w przyszłości na zwiększenie dokładności inwentaryzacji obcych gatunków oraz tworzenia na ich podstawie modeli rozprzestrzeniania się. Zauważone przez Panią mgr Dorotę Kotowską inne neofity wskazują że możliwe jest odnotowanie większości najszerzej rozpowszechnionych w kraju gatunków inwazyjnych roślin. W pracy omówiono nie tylko zalety metody, ale także jej mankamenty, co pozwala na rzeczową analizę przydatności jej dalszego zastosowania. Ciekawym elementem podniesionym w dyskusji jest analiza wykazująca że zastosowanie GSV generuje prawie dziesięciokrotnie mniejsze koszty i ślad węglowy niż tradycyjna inwentaryzacja. Warto tu podkreślić że w przypadku wielu gatunków taka analiza nadal nie pozwala na pełną identyfikację, ale dla taksonów zagregowanych (barszcze, rdestowce, czy właśnie nawłocie) jest w zupełności wystarczająca.

Druga zaprezentowana praca wykazała że heterogeniczność krajobrazu sprzyja inwazji nawłoci oraz że miara heterogeniczności i skala przestrzenna mają znaczenie w ocenie siły relacji. Co ciekawe, siła wpływu heterogeniczności konfiguracyjnej maleje wraz z wielkością bufora a siła wpływu heterogeniczności kompozycyjnej rośnie. Pozytywny związek pomiędzy inwazyjnością i różnorodnością biologiczną jest dyskutowany w ekologii inwazji od ponad 20 lat, lecz większość prac bazuje na mniejszych skalach przestrzennych. W omawianej pracy mamy do czynienia z analizą buforów o różnej szerokości, co pozwala na bardzo mocne wnioskowanie na temat roli heterogeniczności środowiska. Wynik ten jest przedyskutowany na tle czynników środowiskowych warunkujących heterogeniczność przydroży – antropopresji i zaburzeń. Uzyskane rezultaty mają szczególne znaczenie dla priorytetyzacji monitoringu i wczesnego usuwania nawłoci z terenów cennych przyrodniczo. Jest to niezwykle ważne w obszarach których niezwykłą różnorodność biologiczną determinuje właśnie

*Mi*



heterogeniczność krajobrazu. Nasuwa się tutaj pytanie w jaki sposób wyniki uzyskane przez Panią mgr Dorotę Kotowską korespondują z teorią biotycznej akceptacji (Stohlgren et al. 2006 Preslia).

Trzecia zaprezentowana praca wykazała wpływ kontekstu przestrzennego na ważność poszczególnych predyktorów występowania nawłoci. Zmienność ich znaczenia wraz ze zmianą wielkości bufora wpisuje się w najnowszy nurt wykazywania zależności inwazji biologicznych od kontekstu ekologicznego. W tym wypadku kontekst przestrzenny jest ważny dla oddzielenia roli poszczególnych czynników, co ma kluczowe znaczenie dla identyfikacji głównych determinantów sukcesu gatunków inwazyjnych. Pozwoli ono na lepszą priorytetyzację działań ochronnych i zwiększenie efektywności strategii zapobiegania inwazjom i łagodzenia ich skutków. Przy lekturze manuskryptu, pomimo faktu że nie było to celem pracy, samo nasuwa się pytanie o kierunek nachylenia poszczególnych krzywych odpowiedzi. Czy trendy wykazane przez modele random forest były spójne pomiędzy skalami przestrzennymi? Odpowiedź na to pytanie oczywiście nie leży w zakresie celu rozprawy doktorskiej, może być jednak przyczynkiem do interesującej dyskusji nad kierunkiem dalszych badań.

### **Podsumowanie**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska wnosi nową wiedzę do poznania krajobrazowych uwarunkowań procesu inwazji roślin oraz dostarcza nowoczesnego narzędzia do badania wkraczania gatunków inwazyjnych. Dobór celu i zakresu badań do najaktualniejszych problemów ekologii inwazji, obszerny materiał badawczy, zastosowanie zaawansowanych metod analizy danych, umiejętność syntezy najważniejszych wyników oraz ich przedyskutowanie na tle literatury przedmiotu wskazują na bardzo wysoki poziom umiejętności badawczych Pani mgr Doroty Kotowskiej. O wartości pracy świadczy ponadto przyjęcie jej do druku w czasopismach o zasięgu międzynarodowym, w tym w dwóch czasopismach (Ecological Indicators oraz Journal of Applied Ecology) należących do wiodących na świecie w zakresie ekologii. Pragnę również podkreślić, że uzyskane wyniki mają nie tylko ważne znaczenie poznawcze ale i aplikacyjne w zakresie ochrony różnorodności biologicznej. Co więcej, zastosowanie nowego źródła danych jakim są obrazy z Google Street View (GSV) doskonale wpisuje się nowy nurt *iEcology*, wykorzystujący coraz większą ilość danych gromadzonych przez nowe platformy internetowe.

Mi

## **Konkluzja**

W podsumowaniu mojej recenzji rozprawy doktorskiej Pani mgr Doroty Kotowskiej stwierdzam że prezentowana praca spełnia warunki określone w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. 2003 nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) – stanowi ona oryginalne rozwiązanie dobrze zdefiniowanego problemu badawczego. Zwracam się zatem do Rady Naukowej Instytutu Ochrony Przyrody PAN z wnioskiem o jej przyjęcie oraz wnoszę o dopuszczenie Pani mgr Doroty Kotowskiej do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora. Mając na względzie moją bardzo wysoką ocenę walorów merytorycznych rozprawy oraz warsztatu badawczego Pani mgr Doroty Kotowskiej wnioskuję do Rady Naukowej Instytutu Ochrony Przyrody PAN o jej wyróżnienie.

Marcin K. Dyderski

