

Modelowanie dynamiki populacji strzygoni choinówki i poprocha cetyniaka – głównych foliofagów sosny w Polsce

Wprowadzenie do zagadnienia:

Poznanie dynamiki populacji owadów, w szczególności tych gatunków, które – występując w formie gradacji (okresowego znacznego narastania liczebności, a następnie jej spadku) – mogą zagrażać stabilności ekosystemów leśnych i wyrządzać znaczne szkody w leśnictwie, ma ogromne znaczenie naukowe i praktyczne. Zrozumienie mechanizmów kształtujących ową dynamikę daje możliwość przewidywania, a tym samym przeciwdziałania wystąpieniu gradacji. Strzygonia choinówka *Panolis flammea* i poproch cetyniak *Bupalus piniarius* należą do najgroźniejszych owadów liściożernych sosny w Polsce i innych krajach Europy. W związku z powyższym, celem projektu jest matematyczne opisanie dynamiki populacji tych dwóch gatunków owadów z lub bez uwzględnienia wpływu warunków klimatycznych.

Do realizacji postawionego celu niezbędne są długookresowe bazy danych zawierające jak najwięcej informacji o liczebności i stanie populacji. W Instytucie Badawczym Leśnictwa zostały utworzone bazy danych o:

- liczebności poczwerek strzygoni choinówki i poprocha cetyniaka zimujących w ściółce leśnej określonej podczas jesiennych poszukiwań w stałych partiach kontrolnych w drzewostanach sosnowych na terenie Puszczy Noteckiej w okresie 1946-2007 r. (z możliwością uzupełnienia danych do 2016 r.). Jesienne poszukiwania foliofagów sosny w ściółce są podstawową metodą oceny zagrożenia drzewostanów przez te gatunki szkodników, które zimują w ściółce (zgodnie z obowiązującymi Instrukcjami ochrony lasu);
- liczebności, zdrowotności, udziału płci oraz masy, długości i szerokości poczwerek strzygoni choinówki i poprocha cetyniaka zimujących w ściółce w wybranych nadleśnictwach na terenie całego kraju za okres od lat 2011-2014 do 2016 r.

Poza tym, jest dostępna baza danych meteorologicznych dla głównych stacji od lat 50. ubiegłego wieku (w zależności od stacji).

Do głównych czynników mających wpływ na dynamikę populacji obu gatunków owadów zalicza się: wrogów naturalnych (parazytoidy i drapieżcy), konkurencję wewnątrzpopulacyjną, warunki meteorologiczne i siedliskowe oraz fenologię drzew żywicielskich (Watt i Leather 1988, Barbour 1988). Część z nich oddziałuje na populację owada bezpośrednio, np. wrogowie naturalni, konkurencja, fenologia drzewa, a część – głównie warunki meteorologiczne i siedliskowe – zarówno bezpośrednio, jak i pośrednio, np. poprzez oddziaływanie na wrogów naturalnych lub drzewa żywicielskie. Wpływ większości tych czynników jest obserwowany zazwyczaj z opóźnieniem (time-lag) i zależy od zagęszczenia populacji (density-dependent). Takie czynniki prowadzą zazwyczaj do cykliczności gradacji.

Gradacje strzygoni choinówki mogą mieć charakter acykliczny (np. w Szkocji) i cykliczny (np. w Niemczech) (Watt i Leather 1988). Acykliczne gradacje mogą być powodowane przez czynniki meteorologiczne, niezależne od zagęszczenia populacji, np. temperatury powietrza w okresie pobierania pokarmu przez samice (od marca do początku maja), a tym samym oddziałujące na liczbę jaj, które zostaną przez samice złożone. Według hipotezy o cyklicznym charakterze gradacji, o dynamice populacji decyduje różny wpływ różnych grup wrogów naturalnych (parazytoidów, drapieżców, patogenów) na różnych poziomach liczebności populacji oraz zależna od zagęszczenia populacji płodność samic. Gradacje poprocha cetyniaka zostały opisane jako zdecydowanie cykliczne, a o ich przebiegu decydują czynniki zależne od liczebności populacji z jednorocznym opóźnieniem (Barbour 1988). Rola poszczególnych czynników jest jednak jeszcze nie do końca poznana.

Od strony matematycznej głównym narzędziem analizy dynamiki tych owadów będą układy dynamiczne. W klasycznym podejściu stosowane są układy typu Lotki-Volterry, w których opisuje się zmiany liczebności populacji owadów (proste modele tego typu można znaleźć np. w Antonovsky

i in. 1988). Dokładniejszy opis może polegać np. na wprowadzeniu opóźnienia czy na zastosowaniu modeli strukturalnych. W szczególności w przypadku układów z opóźnionym argumentem wiadomo, że wprowadzenie dostatecznie dużego opóźnienia może prowadzić do oscylacji. W związku z tym, że gradacje mogą występować okresowo, ważnym zagadnieniem będzie zbadanie dynamiki w zależności od opóźnienia i próba znalezienia odpowiedzi na pytanie, czy w analizowanych modelach to właśnie opóźnienie decyduje o występowaniu oscylacji, czy też odpowiadają za to inne czynniki.

W przypadku owadów często wykorzystuje się dyskretne układy dynamiczne, gdzie liczebność populacji w sezonie z numerem n zależy od liczebności w poprzednim sezonie, czyli model ma postać $X_n = F(X_{n-1})$, gdzie wektor X_n odzwierciedla stan układu w kroku n , natomiast funkcja F opisuje dynamikę układu, czyli to, w jaki sposób stan w kroku $n - 1$ wpływa na stan w kroku n . Funkcja ta powinna uwzględniać procesy, które są istotne z punktu widzenia dynamiki układu, takie jak rozrodczość, śmiertelność, konkurencja, drapieżnictwo itp. W tego typu modelach opóźnienie opisywane jest poprzez zwiększenie wymiaru układu – funkcja F zależy wtedy nie tylko od X_{n-1} , ale również od X_{n-k} , gdzie k oznacza opóźnienie.

Czasami dynamikę układu opisuje się w sposób ciągły, za pomocą równań różniczkowych. W równaniach tych można uwzględniać średnie zagęszczenia populacji na danym obszarze i wtedy stosować równania zwyczajne, bądź wziąć pod uwagę rozmieszczenie w przestrzeni i przemieszczanie się osobników, co prowadzi do równań cząstkowych (np. równań reakcji-dyfuzji). Równania reakcji-dyfuzji oraz równania z opóźnionym argumentem należą do klasy układów nieskończeniowymiarowych, w odróżnieniu od układów dyskretnych i równań różniczkowych zwyczajnych, a badane są w odpowiednich przestrzeniach funkcyjnych. Mimo tego, badanie stabilności i bifurkacji opiera się na podobnych metodach i twierdzeniach w porównaniu do przypadku skończeniowymiarowego.

Zadania badawcze:

- Zadaptowanie i/lub zaproponowanie nowych modeli matematycznych opisujących dynamikę wybranych populacji.
- Analiza matematyczna i numeryczna tych modeli.
- Weryfikacja modeli na podstawie dostępnych danych.

W trakcie realizacji badań, doktorant będzie mógł poznać fascynujący świat dwóch gatunków motyli, gąsienice których przy dużej liczebności potrafią doprowadzić nawet do gołozerów w drzewostanach sosnowych, a podejmując próbę opisu dynamiki ich populacji metodami matematycznymi, będzie mógł wnieść swój wkład w poznanie i zrozumienie mechanizmów kształtujących tę dynamikę w Polsce.

Wymienione pozycje bibliograficzne:

- Barbour D.A. 1988. The pine looper in Britain and Europe. In: Dynamics of forest insect populations – patterns, causes, implications (ed. A.A. Berryman). Plenum Press, New York and London.
- Watt A.D., Leather S. 1988. The pine beauty in Scottish lodgepole pine plantations. In: Dynamics of forest insect populations – patterns, causes, implications (ed. A.A. Berryman). Plenum Press, New York and London.
- Antonovsky M.Ya., Fleming R.A., Kuznetsov Yu.A., Clark W.C. 1988. Forest-pest interaction dynamics: the simplest mathematical models, Working papers, WP-88-092, INTERNATIONAL INSTITUTE FOR APPLIED SYSTEMS ANALYSIS, A-2361 Laxenburg, Austria

Uwaga: Kandydat powinien skontaktować się z promotorami przez przystąpieniem do rozmowy kwalifikacyjnej.

Promotorzy/kontakt:

dr hab. Urszula Foryś, prof. UW, Instytut Matematyki Stosowanej i Mechaniki, WMIM UW

urszula@mimuw.edu.pl

dr hab. Lidia Sukovata, Instytut Badawczy Leśnictwa

L.Soukovata@ibles.waw.pl