Modelowanie stochastyczne II

Sprawozdanie 1

Paweł Cibis
#136008
27 marca 2006

1. Opis problemu

Dana jest krata (15x15), na której losowo rozmieszczone są króliki (50 osobników) i wilki błądzące z powrotami oraz bez powrotów (po 1 osobniku każdego rodzaju). Należy przeanalizować zmiany populacji królików oraz ilości królików zjadanych przez każdego z wilków.

2. Błądzenie losowe

Jest to proces stochastyczny polegający na wykonywaniu kolejnych kroków w losowo wybranych kierunkach.

W przypadku błądzenia losowego bez powrotów, niemożliwy jest ruch w kierunku przeciwnym do przesunięcia w poprzednio wykonanym ruchu (powrót do poprzedniego położenia).

3. Fazy działania modelu i przyjęte założenia

Za podstawową jednostkę czasu w modelu przyjmujemy jedną turę – w ciągu niej następują po sobie kolejne fazy aktywności zwierząt:

1. Faza rozmnażania się królików – jeżeli w dowolnym kwadracie 2x2 znajdą się 3 króliki, a 4 pole będzie puste, to na czwartym polu pojawia się nowy królik (jest oznaczany jako „młody" – nie może się rozmnażać ani poruszać w bieżącej turze – dorosłym królikiem staje się po fazie ruchu królików, czyli zdolności do rozmnażania i poruszania się nabywa dopiero w następnej turze, ale może zostać wcześniej zjedzony przez wilka).
2. Faza ruchu królików – każdy królik wykonuje próbę ruchu o jedno pole – próba kończy się powodzeniem, jeśli którekolwiek z sąsiednich pól jest wolne (jeśli wolnych jest kilka pól, jednostajnie losuje się spośród nich pole docelowe – błądzenie losowe z powrotami). Sąsiednie pola muszą mieć wspólną krawędź (nie ma ruchów po skosie).
3. Faza ruchu wilków błądzących bez powrotów – każdy wilk wykonuje próbę ruchu o jedno pole – kończy się ona powodzeniem, jeśli którekolwiek z sąsiednich pól jest wolne lub zajęte przez królika i nie jest to pole, z którego poruszał się w poprzednim ruchu (jeśli dostępnych jest kilka pól, jednostajnie losuje się spośród nich pole docelowe – błądzenie losowe bez powrotów). Sąsiednie pola muszą mieć wspólną krawędź (nie ma ruchów po skosie). Jeżeli na docelowym polu wilka znajduje się królik, zostaje on zjedzony.
4. Faza ruchu wilków błądzących z powrotami – każdy wilk wykonuje próbę ruchu o jedno pole – kończy się ona powodzeniem, jeśli którekolwiek z sąsiednich pól jest wolne lub zajęte przez królika (jeśli dostępnych jest kilka pól, jednostajnie losuje się spośród nich pole docelowe – błądzenie losowe z powrotami). Sąsiednie pola muszą mieć wspólną krawędź (nie ma ruchów po skosie). Jeżeli na docelowym polu wilka znajduje się królik, zostaje on zjedzony.

Dodatkowo przyjmujemy następujące założenia:

- Wszystkie aktywności królików i wilków rozpoczynają się od osobników znajdujących się na polach o najniższych współrzędnych z preferencją pierwszej współrzędnej.
- Jeżeli zwierzę nie mogło się poruszyć z powodu przyblokowania, ale jeszcze w tej samej fazie zostało odblokowane ruchem innego zwierzęcia, mimo to traci swój ruch.
- Jeżeli wilk błądzący bez powrotów został przyblokowany przy próbie ruchu, pole z którego przybył nie zmienia się (w następnej rundzie też nie może na nie powrócić).
- Przy generowaniu świata zakładamy, że wilki błądzące bez powrotów wykonały w „zerowej" turze ruch w dół, a jeżeli zostały wygenerowane w pierwszym wierszu, to zakładamy, że był to ruch w górę.

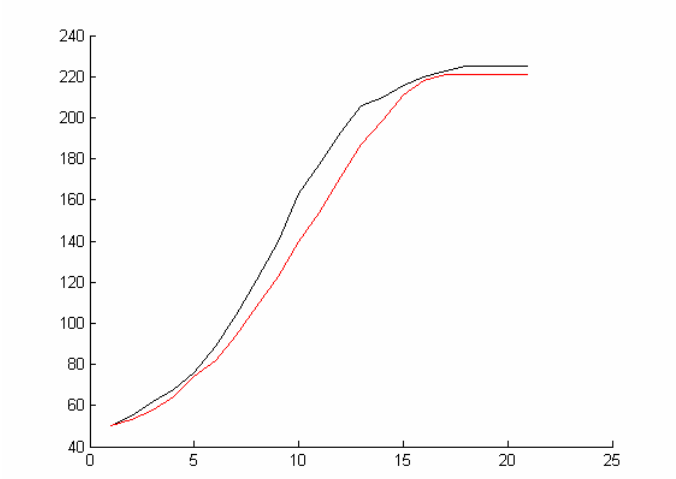
4. Opis działania programu

Na początku generowany jest świat – macierz o zadanych przez użytkownika parametrach – wymiarach i liczbie królików oraz wilków każdego rodzaju. W analizie przyjmuję – zgodnie z treścią zadania – macierz 15x15, 50 królików i po jednym wilku błądzącym z powrotami i bez powrotów. Ostatnim parametrem programu jest ilość kolejnych tur symulacji. W każdej turze następują po sobie kolejne fazy (opisane w punkcie 3.) i zliczane są ilości królików pozostałych przy życiu oraz tych zjedzonych przez wilki.

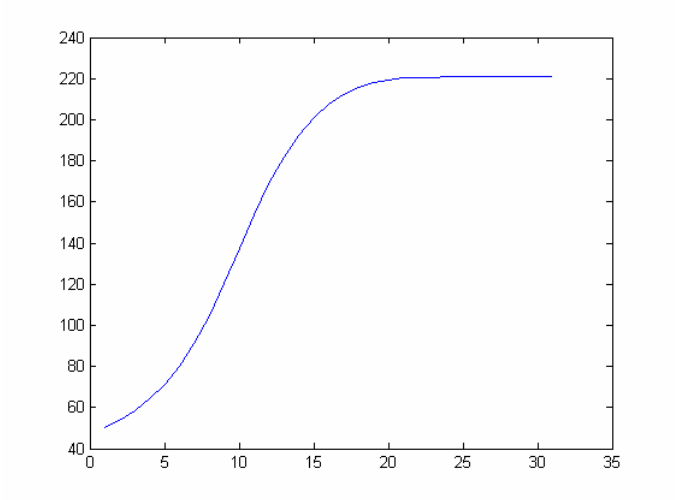
5. Analiza i wnioski

Królik domowy (*Oryctolagus cuniculus)* jest uważany za gatunek inwazyjny z powodu dużej płodności i niepohamowanego apetytu – jego nadmierne rozprzestrzenienie się w okolicy może doprowadzić do ogromnych szkód w uprawach roślin. Model oddaje tę sytuację – gdy zasymulujemy przypadek dla 50 królików przy braku jakiegokolwiek wilka, populacja tych zajęczaków podwaja się w ciągu 6 tur, a po około 15 osiąga maksymalną możliwą wysokość dla kraty 15x15 – 225 osobników.

Gdy do świata wprowadzone zostaną dwa wilki (*Canis lupus*), sytuacja nieco się zmienia. Każdy wilk, jeżeli w swoim ruchu napotka królika, zjada go, redukując ich populację, a także i sposobności do rozmnażania w następnej turze. Jednakże 2 wilki nie powodują zachwiania się ogólnego trendu, lecz tylko prawie nieodczuwalną korektę (rys. 1). W ciągu jednej tury mogą zjeść co najwyżej 2 króliki, a początkowo zdarza się to niezmiernie rzadko, gdyż zajęczaków nie jest dużo i mogą znajdować się dość daleko od wilków, a równocześnie na tyle blisko siebie, by się swobodnie rozmnażać. Gdy zagęszczenie królików wzrośnie na tyle, że wilki będą w każdej turze zjadać 2 osobniki, nie spowoduje to zagrożenia dla gatunku, ponieważ potencjalne zdolności reprodukcyjne stada pozwolą z nadwyżką zrekompensować straty – górnym ograniczeniem ilości królików będzie tylko rozmiar (pole) kraty (rys. 2). W tym przypadku na koniec tury zostaje 221 królików (225 minus 2 zjedzone przez wilki i minus 2 pola, na których znajdowały się wilki przed swoim ruchem).

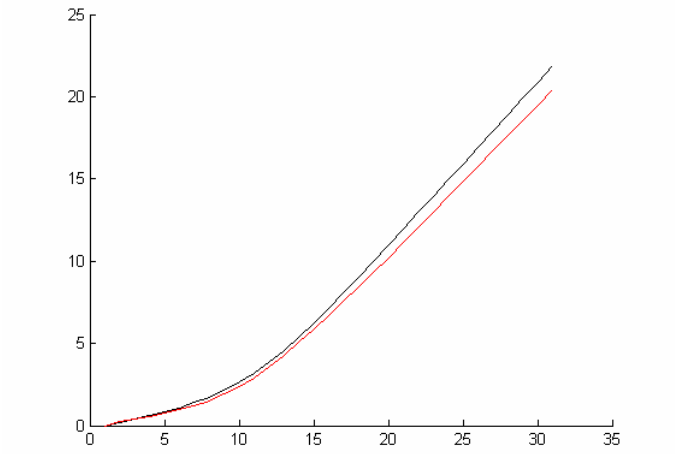


Rys. 1. Porównanie zmian populacji królików w ekosystemie bez wilków (kolor czarny) i z dwoma wilkami (kolor czerwony) – symulacja dla 20 tur.



Rys. 2. Uśredniony przebieg zmian populacji królików w ekosystemie z jednym wilkiem błądzącym bez powrotów i jednym wilkiem błądzącym z powrotami (średnia z 200 prób Monte Carlo, po 30 tur każda).

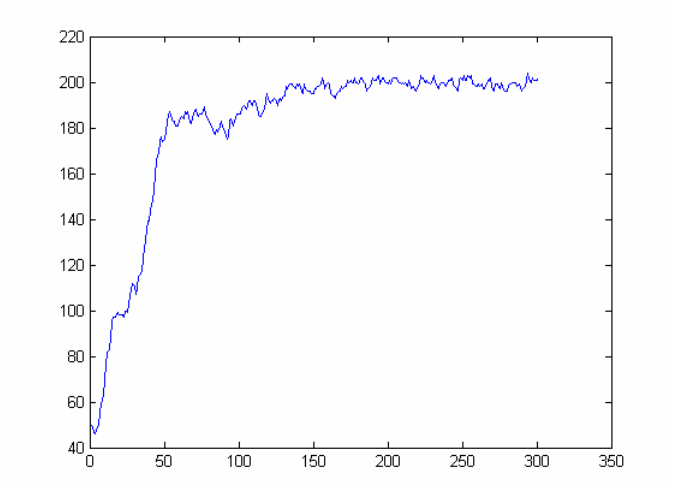
Porównanie ilości królików zjadanych przez oba rodzaje wilków (rys. 3), pokazuje, że w początkowym etapie różnice są minimalne – większe znaczenie od sposobu poruszania się wilka ma jego początkowe rozmieszczenie względem królików. Często zdarzają się tury, w których wilki nie zjadają królika, toteż sumaryczna ilość ich zdobyczy rośnie wolno. Gdy królików jest już bardzo dużo, pola puste, po przejściu na które wilk nic nie zjada stają się rzadkością (gdy populacja osiąga maksimum, zostają tylko 2 na turę – te opuszczone przez wilki w ostatnim ruchu, które prawie zawsze w następnej fazie zostają zajęte przez młodego królika). Wilk poruszający się z powrotami, ma zawsze o jedną możliwość ruchu więcej, niż wilk poruszający się bez powrotów. Wobec tego puste pole ma większą szansę na pojawienie się w zasięgu ruchu pierwszego z wilków, niż drugiego i dlatego wilk poruszający się bez powrotów przeciętnie zjada trochę więcej królików (istnieje wprawdzie sytuacja, w której wilk ten może zostać przyblokowany przez drugiego wilka w rogu kraty i nie zjeść królika w swojej turze, ale prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sytuacji jest minimalne). Różnice te są jednak bardzo niewielkie.



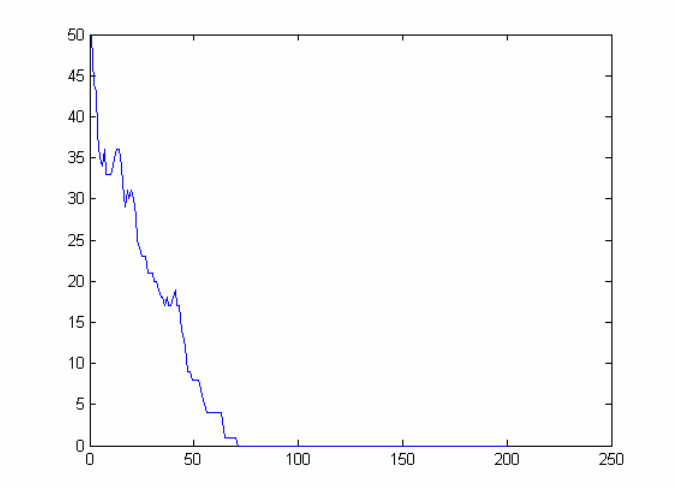
Rys. 3. Porównanie skumulowanej ilości królików zjadanych przez wilka błądzącego bez powrotów (kolor czarny) i wilka błądzącego z powrotami (kolor czerwony)

Gdy zwiększymy ilość wilków do ok. 10 z każdego rodzaju, populacja królików zacznie się stabilizować na poziomie zbliżonym do 200, czyli mniejszym niż górne ograniczenie fizyczne (pole kraty). W takiej sytuacji wilki w danej rundzie zjadają, średnio rzecz biorąc, tyle samo królików ile przybędzie w fazie rozmnażania (rys. 4). Przy dalszym zwiększaniu

ilości wilków, poziom stabilizacji jest coraz niższy, a czasem pojawiają się też takie przebiegi symulacji, w których populacja królików od początku gwałtownie spada do zera (rys. 5) – ma to miejsce, gdy wilki po wygenerowaniu świata są blisko królików, a sprzyja temu dodatkowo sytuacja, w której króliki nie są na tyle blisko siebie, by od początku gwałtownie się rozmnażać.



Rys. 4. Przebieg zmian populacji królików w ekosystemie z 10 wilkami błądzącymi bez powrotów i 10 wilkami błądzącymi z powrotami – symulacja dla 300 tur.



Rys. 5. Jeden z możliwych przebiegów zmian populacji królików w ekosystemie z 15 wilkami błądzącymi bez powrotów i 15 wilkami błądzącymi z powrotami – symulacja dla 200 tur.

Wraz z dalszym zwiększaniem liczby wilków, coraz rzadziej występować będzie sytuacja, w której populacja królików wzrośnie ponad wyjściowy poziom – w większości symulacji będzie następował jej szybki spadek do zera.