

1 Moučný červ (Tribolium)

Vývoj tohoto červa je postupně: vajíčko \rightarrow larva L (2 týdny) \rightarrow kukla P (2 týdny) \rightarrow brouk A .
Vývoj jednotlivých fází lze popsat vztahy

$$\begin{aligned} \text{Larva: } L_{n+1} &= bA_n \\ \text{Kukla: } P_{n+1} &= L_n(1 - \mu_l) \\ \text{Brouk: } A_{n+1} &= P_n(1 - \mu_p) + A_n(1 - \mu_a), \end{aligned} \quad (1)$$

kde μ_l je úmrtnost larev, μ_p úmrtnost kukel a μ_a úmrtnost brouků.

Pokud zahrneme kanibalismus, který se u těchto druhů často vyskytuje, dostaneme:

$$\begin{aligned} \text{požírání larev: } L_{n+1} &= bA_n e^{-c_{la}A_n - c_{ll}L_n} \\ \text{požírání kukel: } P_{n+1} &= L_n(1 - \mu_l) \\ \text{požírání brouků: } A_{n+1} &= P_n(1 - \mu_p) e^{-c_{pa}A_n} + A_n(1 - \mu_a), \end{aligned} \quad (2)$$

kde koeficienty byly zjištěny experimentálně jako

$$\begin{aligned} c_{la} &= 0.009 \text{ (A požírá L)} \\ c_{ll} &= 0.012 \text{ (L požírá L)} \\ c_{pa} &= 0.004 \text{ (A požírá P)} \\ \mu_l &= 0.267 \\ \mu_p &= 0 \\ \mu_a &= 0.0036 \text{ (základní úmrtnost)} \\ b &= 7.48 \text{ počet nových larev na 1 dospělého brouka za jednotku času, což je 14 dní} \end{aligned} \quad (3)$$

1.1 Nalezení největšího Ljapunova exponentu

Nalezení největšího Ljapunova exponentu pro $\mu_a \in [0, 1]$ provedeme metodou.....

..... Fázový prostor $x = P_n$, $y = L_n$, $z = A_n$

První bifurkace je při $\mu_a = 0.1$, zde se perioda 1 mění na periodu 2. Druhá bifurkace je v bodě $\mu_a = 0.6$, perioda 2 se mění na 1. ke třetí bifurkaci dochází při $\mu_a = 0.954$, kde vzniká chaotické chování.

projekt:

2 Po Thanosově lusknutí

Předpokládejme, že populace blouků je statisticky natolik velká, že dojde k vyhlazení poloviny populace. Tento krok lze zapsat, jako

$$\begin{aligned} \text{Larva: } L_{n+1} &= \frac{L_n}{2} \\ \text{Kukla: } P_{n+1} &= \frac{P_n}{2} \\ \text{Brouk: } A_{n+1} &= \frac{A_n}{2} \end{aligned} \quad (4)$$