



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

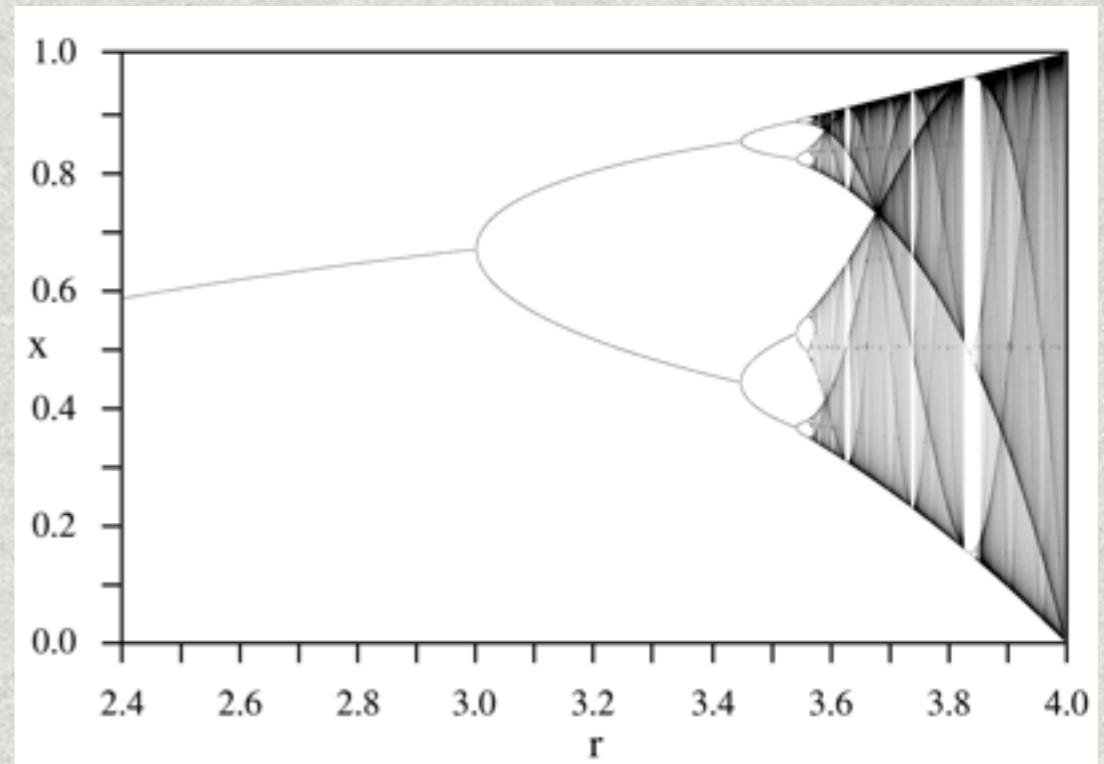
Modelování a simulace

13. lekce

Michal Janošek

Úvod

- * nutnost důkladné analýzy
- * techniky analýzy modelů
- * systémový a ABM model
- * na příkladu modelu dravec - kořist



Systémový model

ABM model

- * Lotka-Voltera model
- * ABM model
 - * multiagentový model
 - * agenty, parametry, pravidla

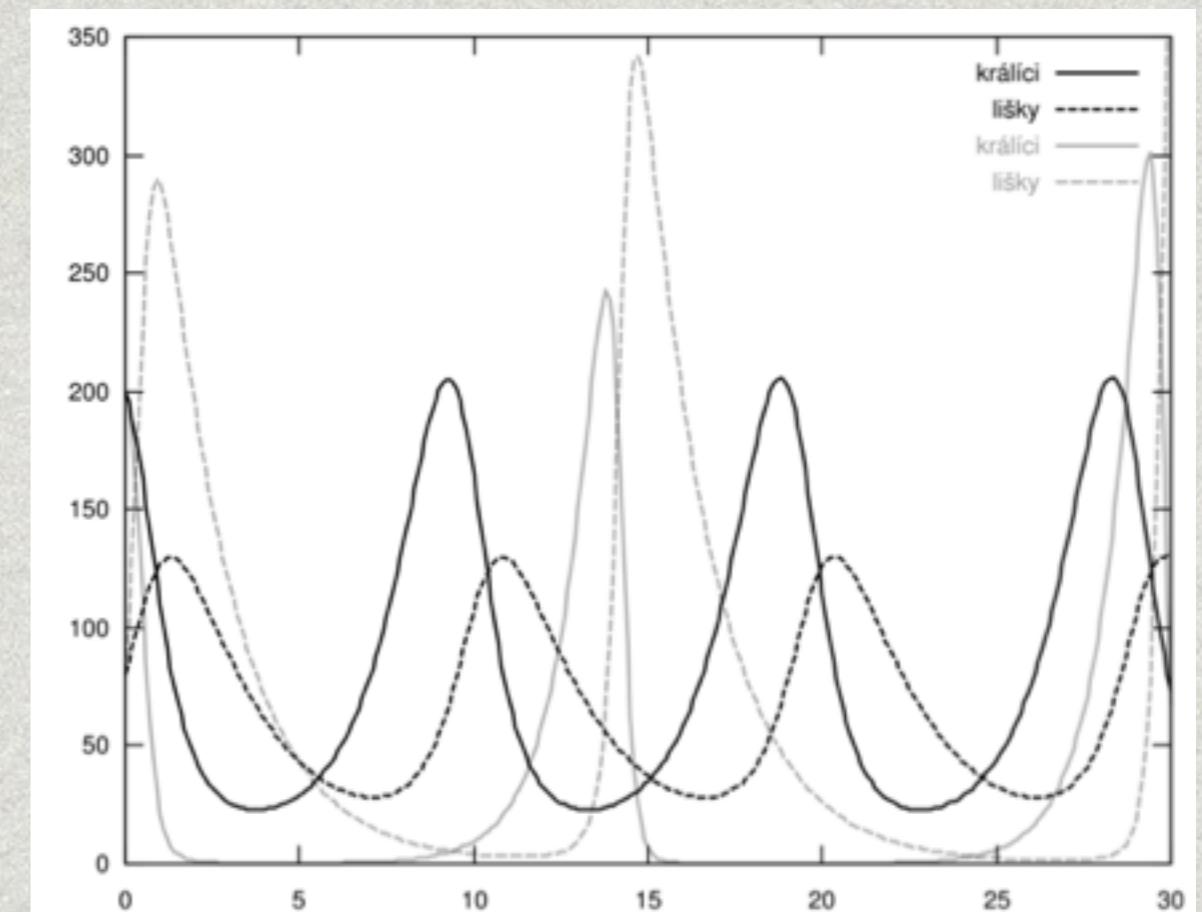
$$\begin{aligned} dL/dt &= p_l KL - u_l L \\ dK/dt &= p_k K - u_k KL \end{aligned}$$

Validace modelu

- * hodnotíme užitečnost
- * jak moc plní model svůj účel
- * kritérium je subjektivní (stupeň validity)
- * strukturní validita modelu (jsou všechny jednotky konzistentní?)
 - * vztahy v modelu odpovídají vztahům v reálném systému, Např.
 - * záporné hodnoty proměnných (velikost populace)
 - * neoprávněné míchaní proměnných (převod lišek na králíky)
 - * obousměrný tok místo jednosměrného
- * prediktivní validita
 - * chování modelu odpovídá chování reláného systému
 - * základní validita (chování modelu se základními parametry odpovídá očekáváním?)
 - * retrodikce (porovnání chování systém na datech z minulosti)
 - * rovnováha (pokud je možno analyticky odvodit rovnováhu zkoumáme, zda ji model vykazuje pro dané hodnoty parametrů)
 - * mezní hodnoty parametrů (je chování smysluplné v případě nereálného nastavení parametrů?, porodnost na nulu)

Verifikace modelu

- * kontrola, zda model opravdu dělá, co by dělat měl (100% shoda)
- * náročná - u výstupu modelu těžko rozpoznat, zda jde o překvapivý výsledek, nebo chybu
- * Základem verifikace je
 - * udržení modelu co nejjednoduššího
 - * důsledná dokumentace modelu
 - * dobré programátorské praktiky
 - * zvěřejňování modelu pro nezávislé kontroly
- * modely - differenciální rovnice
 - * je výsledek numerické analýzy stabilní?
 - * volba parametru Δt
- * modely - ABM
 - * pozornost jednotlivcům
 - * odpovídá chování navrženým pravidlům?
 - * pořadí vyhodnocování akcí agentů - zvolit náhodné vyhodnocování?



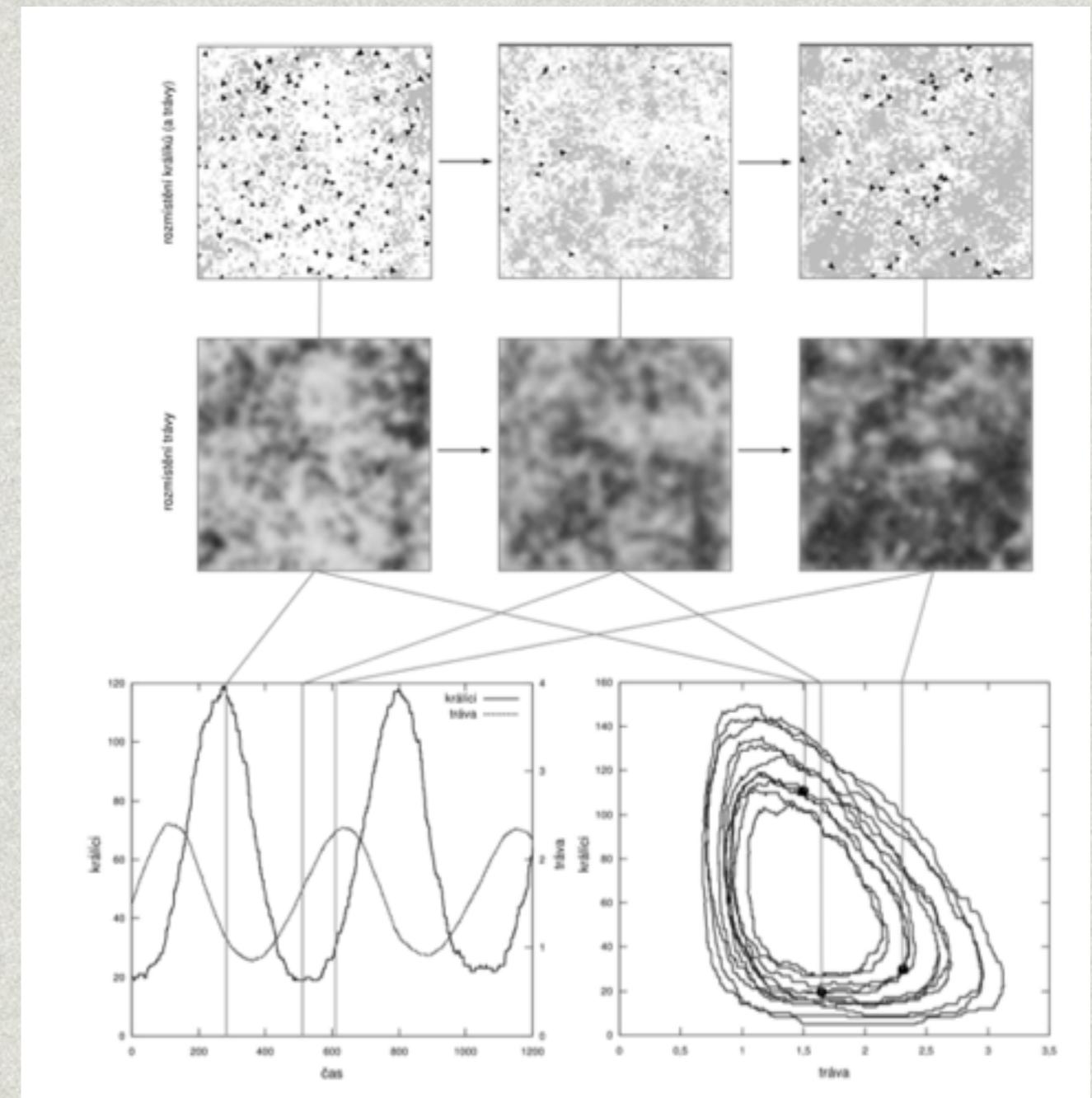
černě - $\Delta t=0,001$
šedě - $\Delta t=0,05$

Zobrazení chování modelu

- * základní analýzou je zobrazení jednoho konkrétního běhu
 - * vizualizace modelu
 - * časová osa
 - * stavový prostor

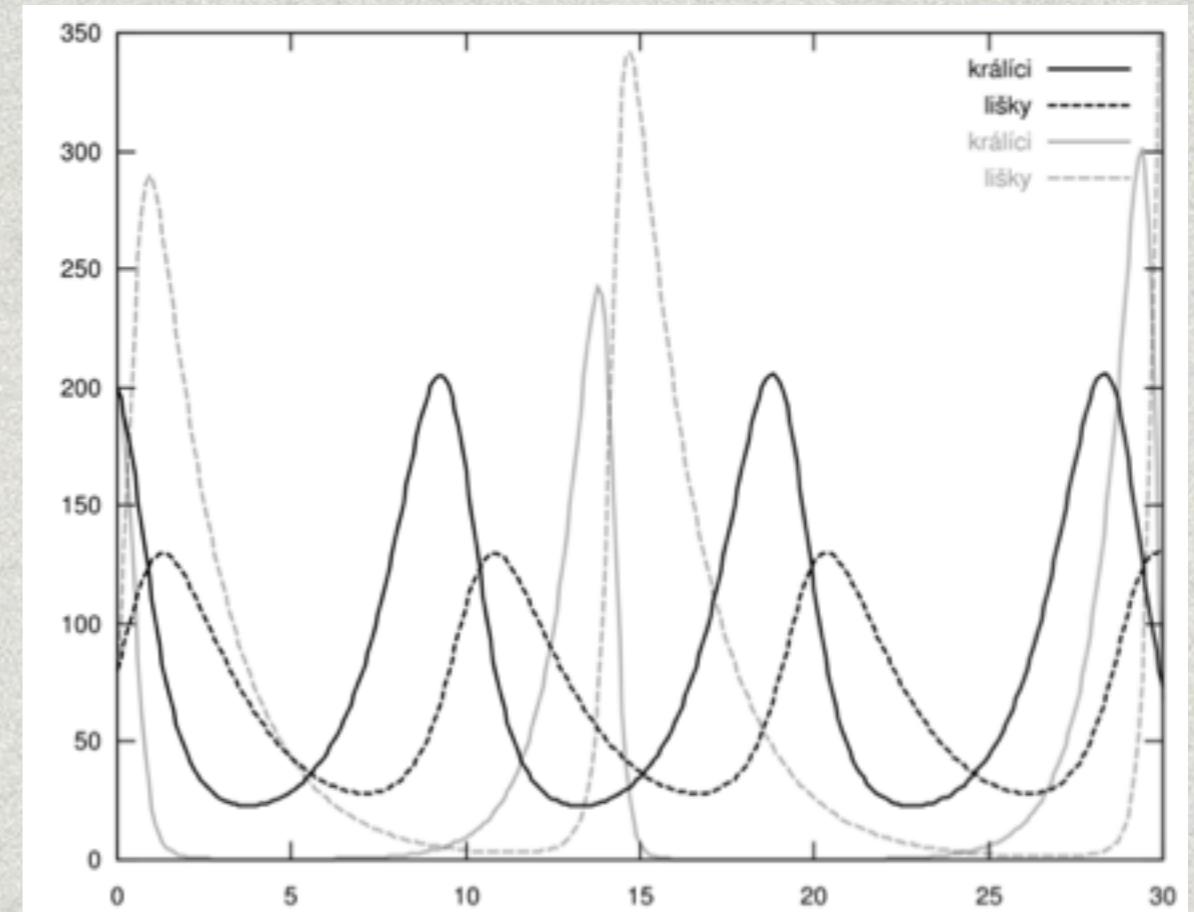
Vizualizace modelu

- * prezentace a vysvětlení modelu ostatním
- * verifikace a validace
- * možnosti vizualizace
 - * grafické vizualizace - screenshot
 - * časová osa (vlevo dole)
 - * stavový prostor (vpravo dole)



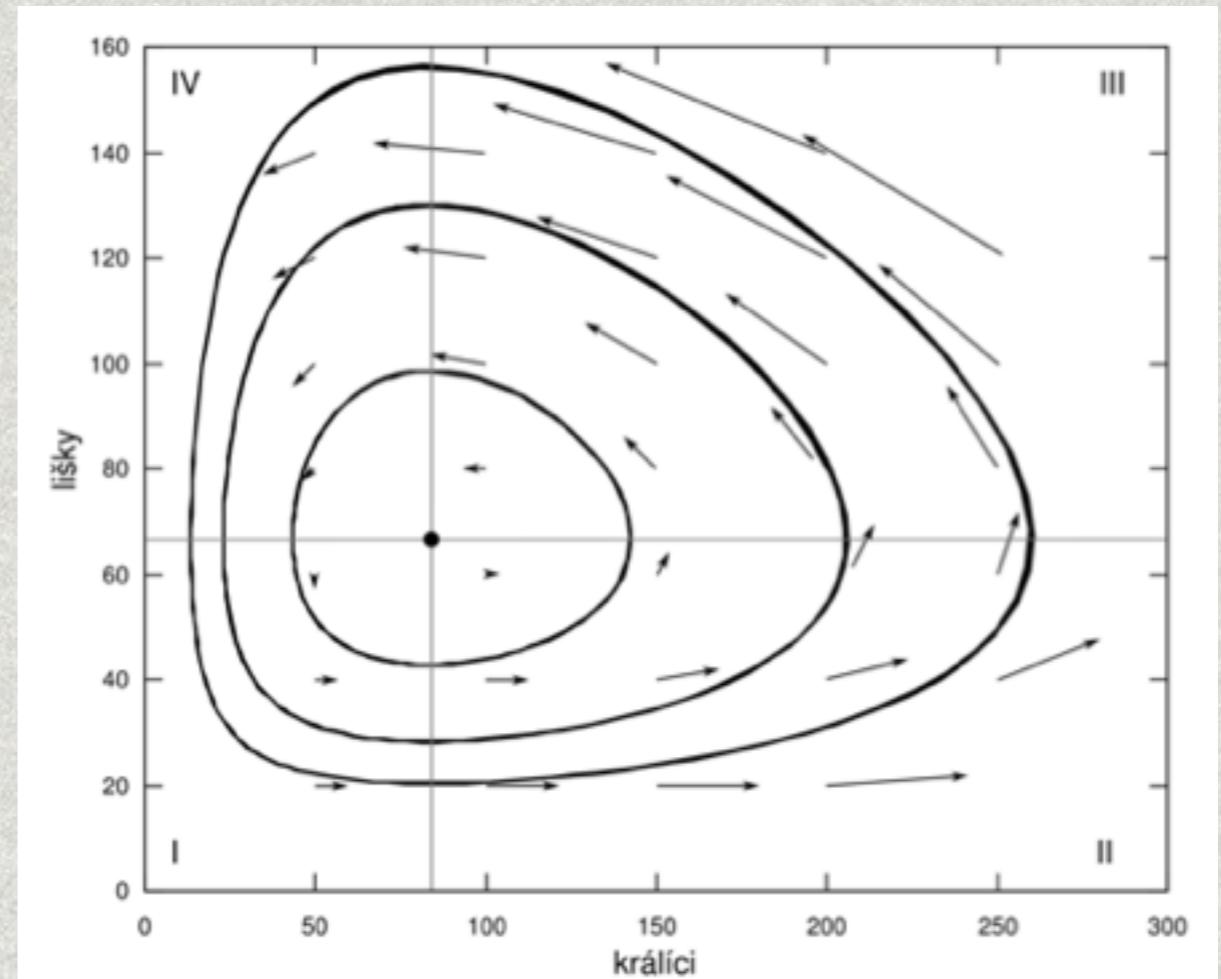
Časová osa

- * vynesení hodnoty zvolené proměnné proti času
- * systémová dynamika
 - * hodnoty použitých proměnných
- * modely s agenty
- * sumární proměnné
- * sledování více proměnných současně
- * volba zobrazovaného intervalu
- * srovnání reálných a simulovaných dat



Stavový prostor

- * stav modelu - bod v n-rozměrném prostoru
- * pokud je systém deterministický, chování modelu odpovídá neprotínající se křivce, nebo padá do smyčky
- * křivky označují chování pro různé iniciální hodnoty proměnných
- * šipky znázorňují velikost směr a velikost změny



$$dL/dt = p_L K L - u_L L$$

$$dK/dt = p_K K - u_K K L$$

Analýza citlivosti

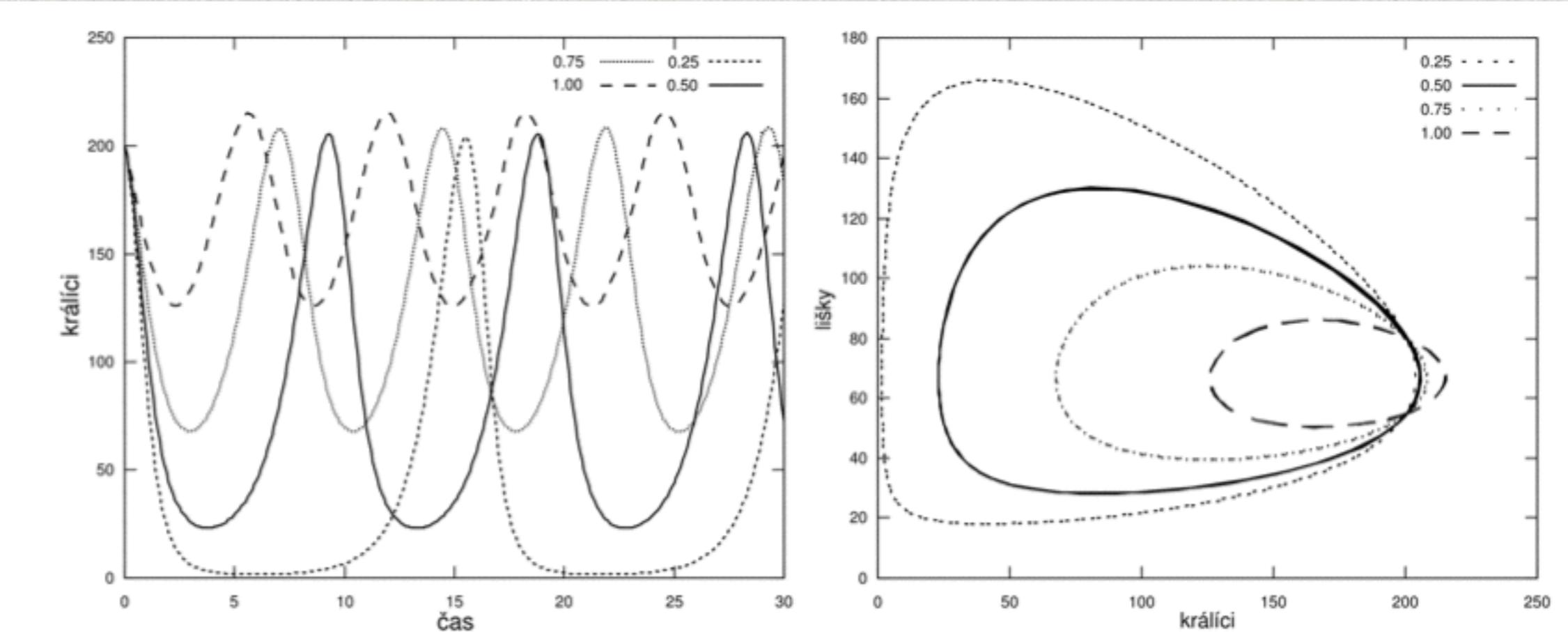
- * nestačí pracovat s jedním během, musíme provést více běhů
- * měníme hodnoty parametrů a sledujeme, jak se mění chování modelu
- * vizuální analýza
- * numerická analýza

Vizuální analýza

- * systémový model
- * změna hodnoty parametrů u_I

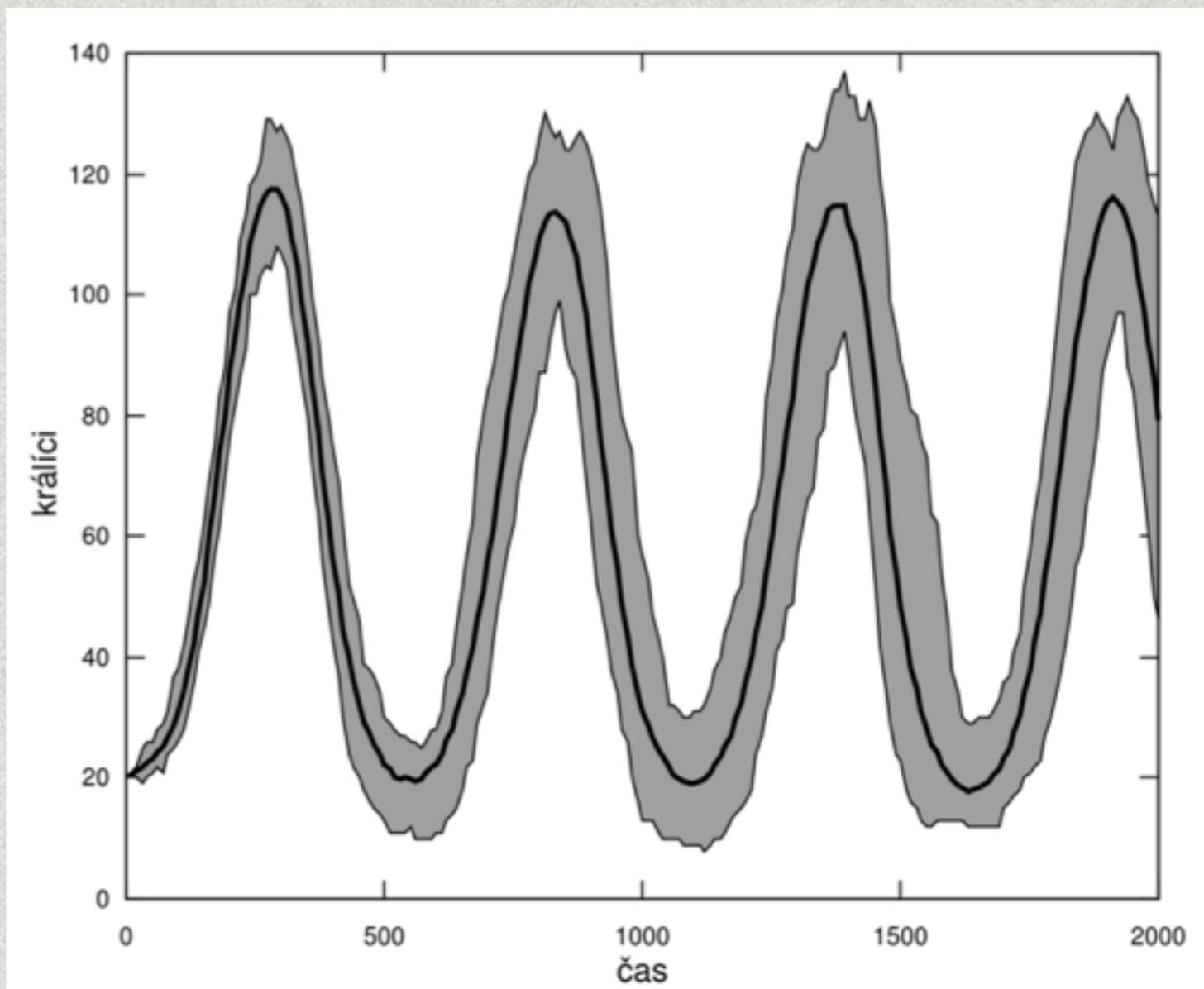
$$dL/dt = p_I KL - u_I L$$

$$dK/dt = p_k K - u_k KL$$



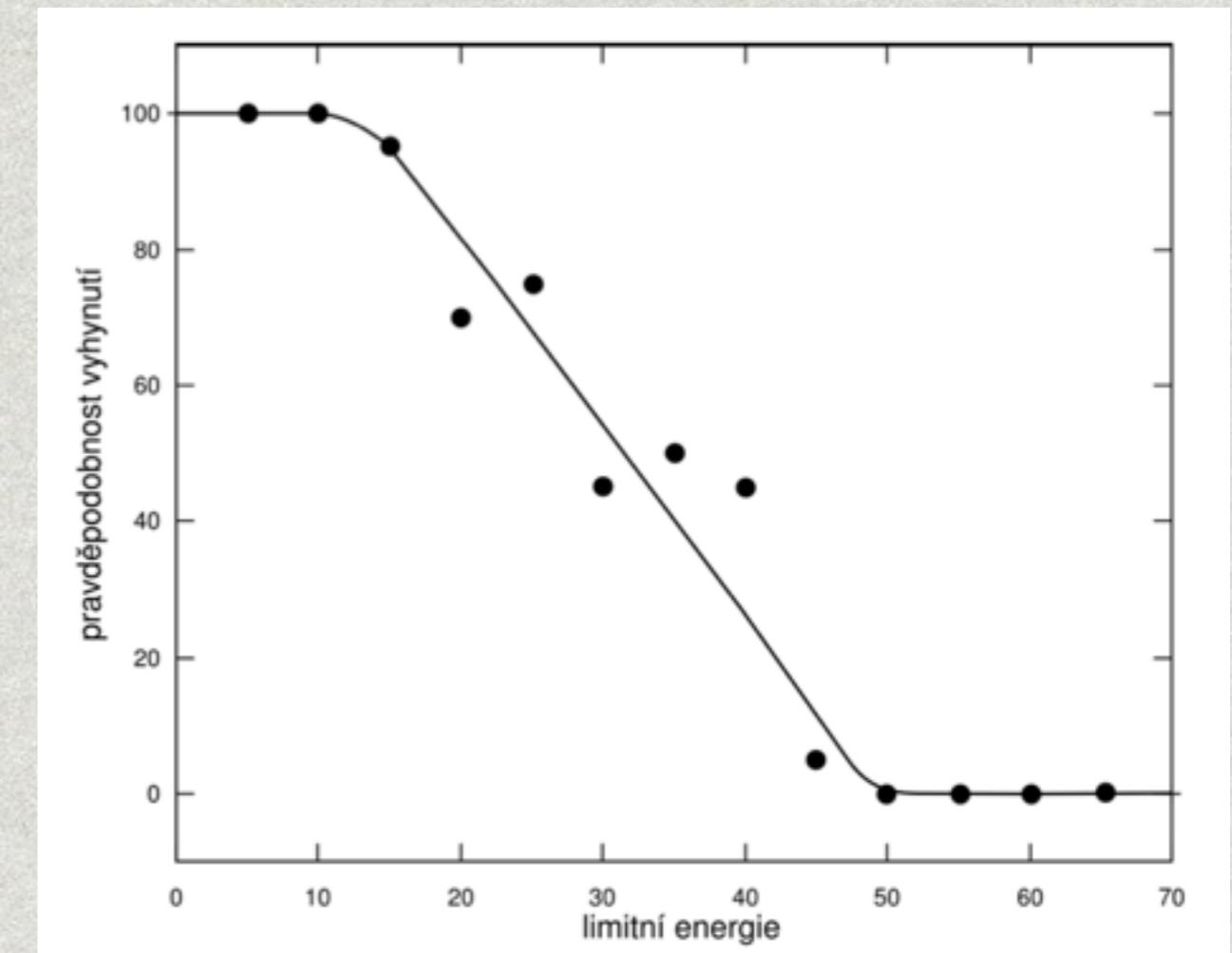
Vizuální analýza

- * analýza citlivosti ABM modelu v čase
- * souhrnné výsledky pro 20 běhů
- * minimum, maximum, průměr



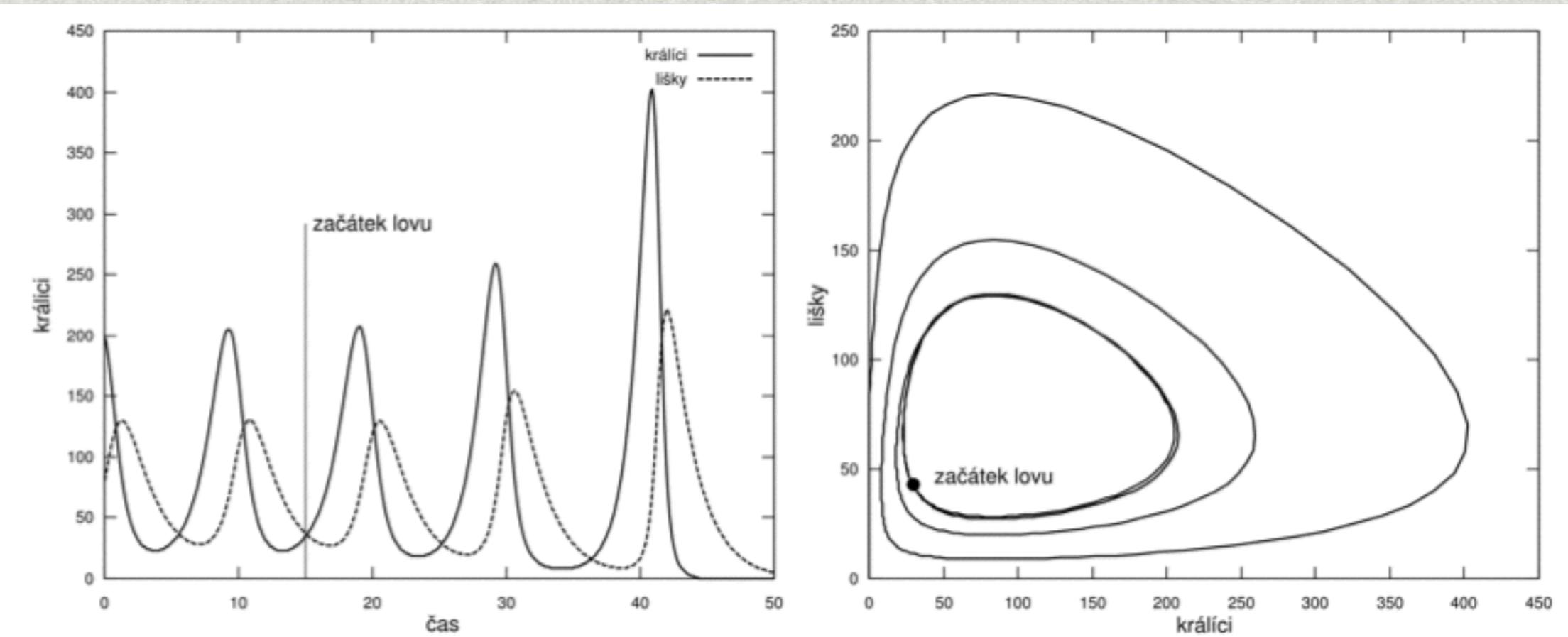
Numerická analýza

- * vyjádřit numericky chování modelu pomocí výstupní proměnné
- * simulaci spustíme s různými hodnotami parametrů a měříme hodnotu výstupní proměnné
- * hledání fázového přechodu (prudkou změnu chování)
- * pákové body



Experimenty s modelem

- * máme důvěru v model - přistoupíme k experimentům
- * skoková změn
- * systémový model s lovem
- * v čase 15 začíná kostantní výlov tří králíků za jednu časovou jednotku



Použité obrázky

- * <http://www.fi.muni.cz/~xpelanek/IV109/slidy/analyza-modelu.pdf>
- * http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/LogisticMap_BifurcationDiagram.png