

Modelování sociálních a ekonomických systémů

Radek Pelánek

Generativní sociální věda

- sociální vědy:
pozorování chování sociálních systémů a snaha vysvětlit toto chování
- problém s experimenty a falsifikací teorií
- jak se pozná dobré vysvětlení?
- Epstein: „pokud to neumíš vypěstovat, pak to neumíš vysvětlit“
- *J. M. Epstein: Generative Social Science*

Archeologie a modelování

- nemožné dělat experimenty
- většinou jen hypotézy
- ABM – možnost přehrát si minulost

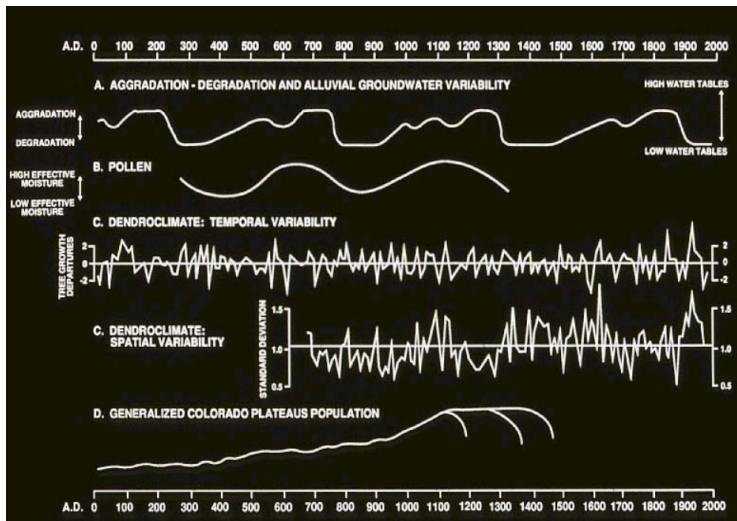
Anasazi: Historie

- kultura v Severní Americe (Pueblo), Arizona, údolí Long House Valley (96 km²)
- hlavní rozkvět 800-1300
- po roce 1300 údolí opuštěno
- velmi dobrá data dostupná (klimatické podmínky, úrodnost, osídlení,...)

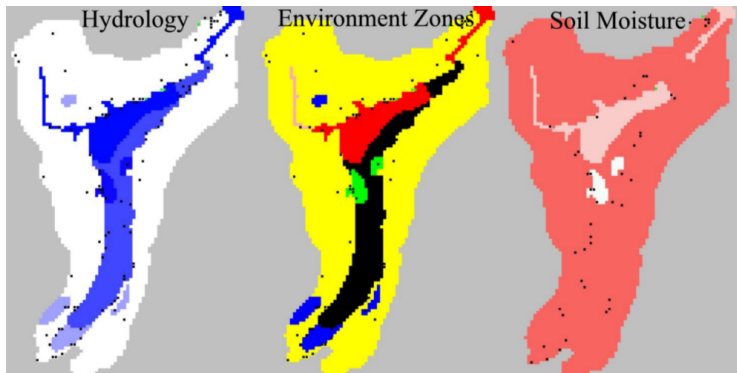
Anasazi: Údolí Long House Valley



Anasazi: Proxy data



Anasazi: Rekonstruovaná data



Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley

- simulace kultury Anasazi
- cíle:
 - hledání odpovědí na otázky: proč údolí opuštěno? enviromentální vlivy nebo i něco jiného?
 - zachytit hypotézy o chování modelem a porovnat s daty

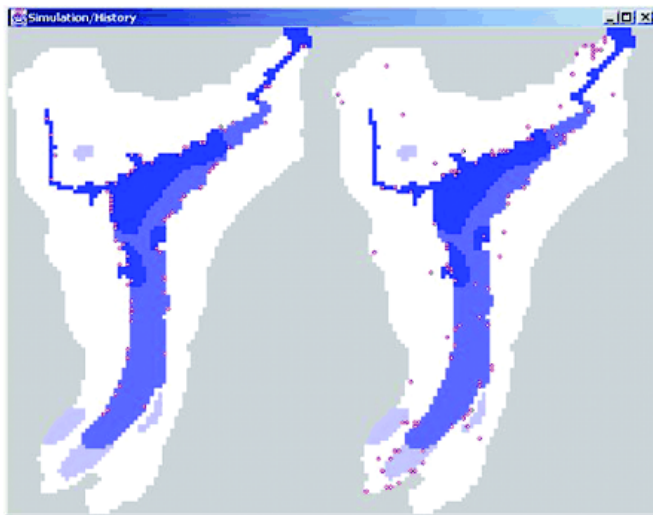
Základní pravidla

agenti = usedlosti, pravidla:

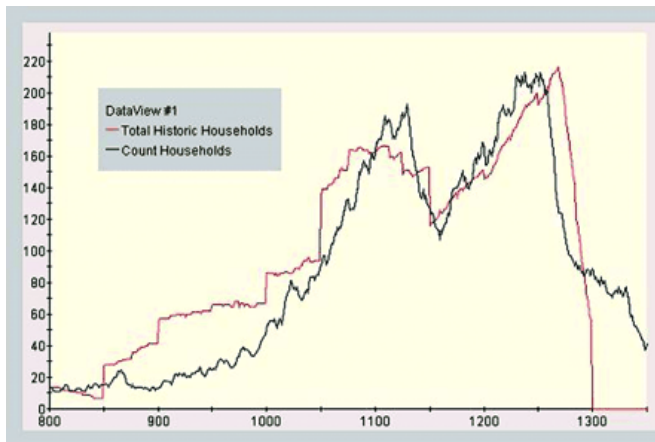
- pěstování a konzumace jídla
- stěhování, při stěhování se zohledňuje
 - úrodnost půdy
 - dostupnost vody
 - obsazenost
- rozdělení usedlosti (sňatek)

rozšíření: agenti = jednotlivci, větší heterogenita

Realita a simulace



Výsledky



Model povstání

Modeling civil violence: An agent-based computational approach

NetLogo: Social Science / Rebellion

- ABM model
- decentralizované povstání (rebellion) proti centrální autoritě
- modeluje dynamiku, nikoliv podstatu povstání

vnější parametry (jejich dynamiku nemodelujeme)

- H (hardship) – útrapy (individuální pro každého agenta)
- L (legitimacy) – legitimita režimu (globální)
- G (grievance) – rozhořčení, $G = H(1 - L)$
- R (risk aversion) – obava riskovat (individuální pro každého agenta)

Agenti: občané

- omezený rozhled
- náhodný pohyb v rámci rozhledu
- rozhodnutí zda být aktivním rebelem:
 - počet policistů ve výhledu C
 - počet aktivních rebelujících ve výhledu A
 - odhad pravděpodobnosti zatčení:

$$P = 1 - \exp(-k(C/A))$$

- budu aktivní pokud $G - PR > T$, kde T je fixní mez

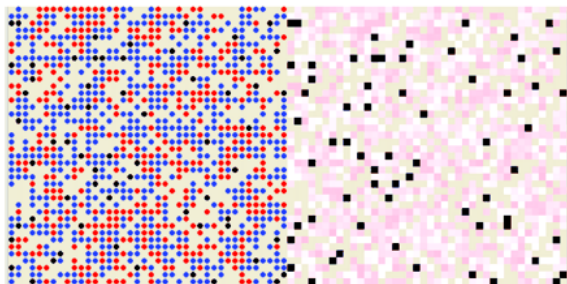
Agenti: policisté

- pokud ve výhledu aktivní rebel $\Rightarrow$ do vězení
- jinak náhodný pohyb
- policisté se nikdy nevzbouří
- vězení: náhodně zvolená délka pobytu ve věznění z určitého intervalu

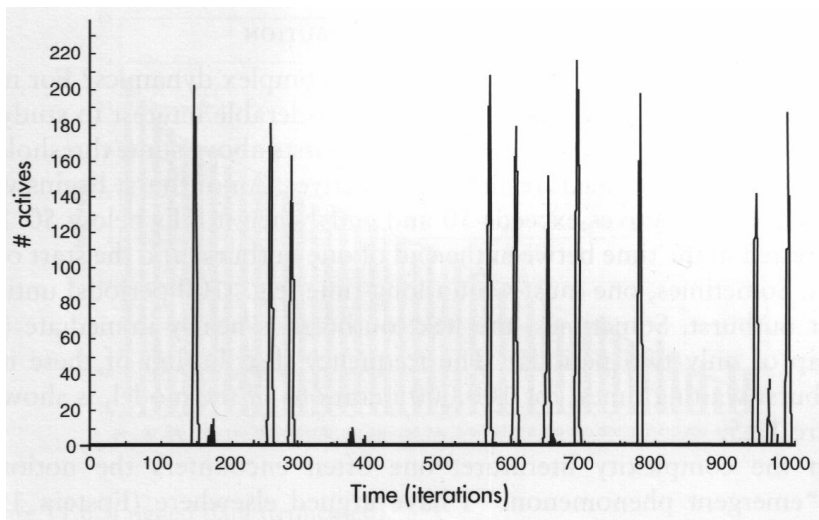
Simulace

dvě paralelní zobrazení:

- aktuální stav agentů: aktivní X poklidní
- aktuální nálada agentů: rozhořčení



Počet aktivních demonstrantů v čase



Čas mezi dvěma nepokoji

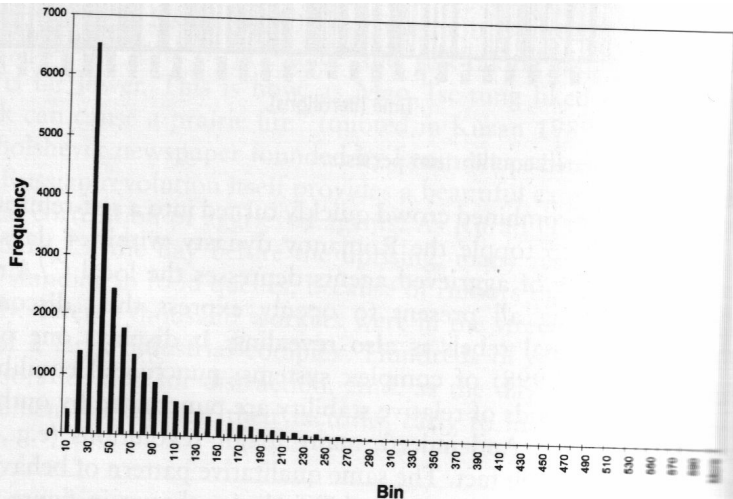
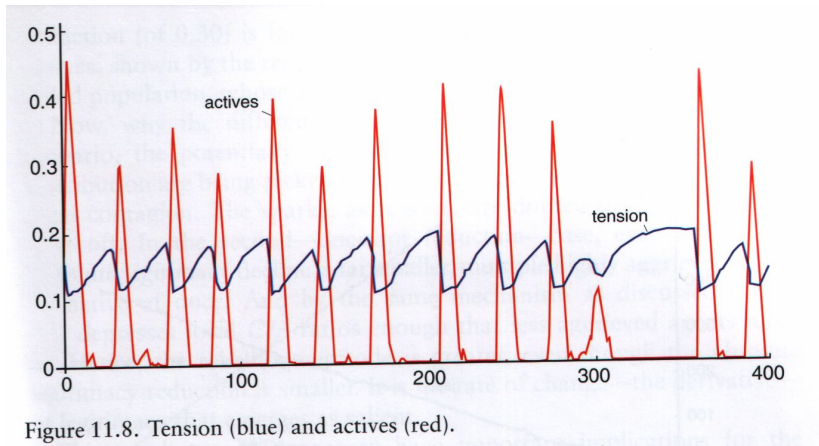


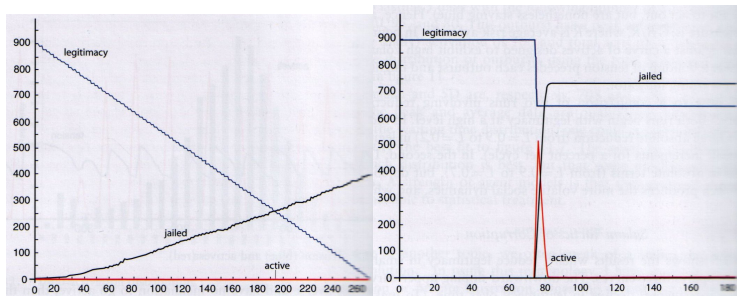
Figure 11.5. Waiting time distribution.

Napětí a aktivita

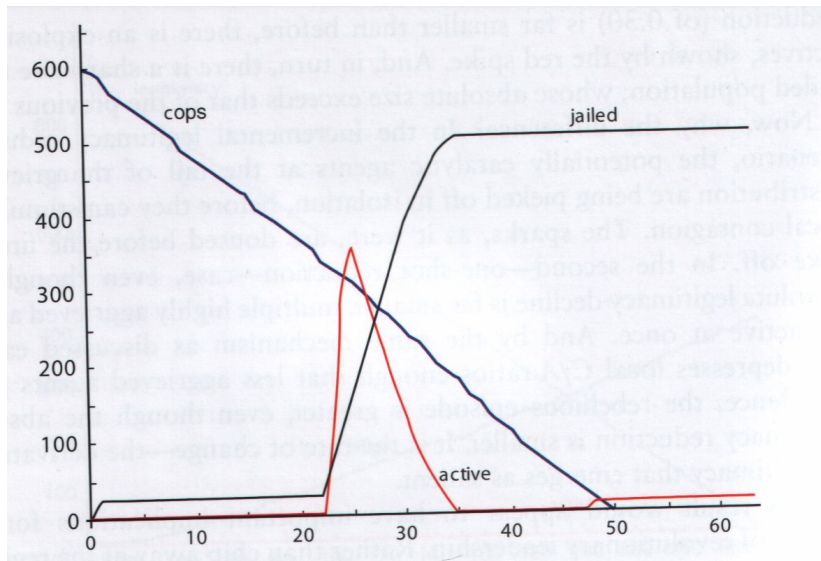


Změna vnímání legitimacy režimu

experiment: změna parametru za běhu

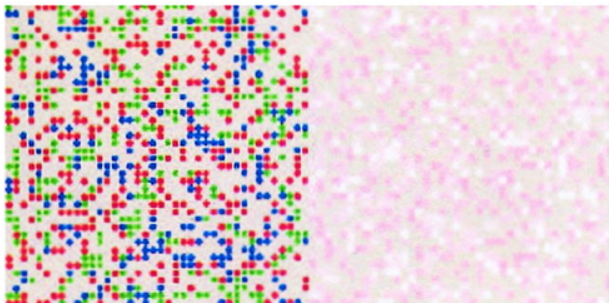
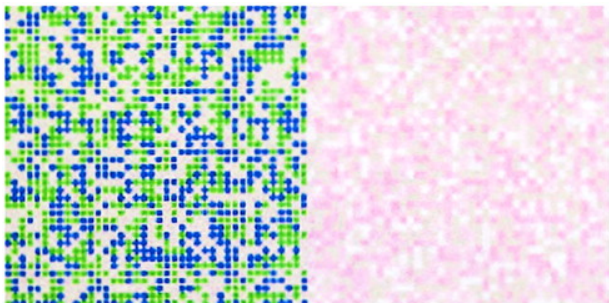


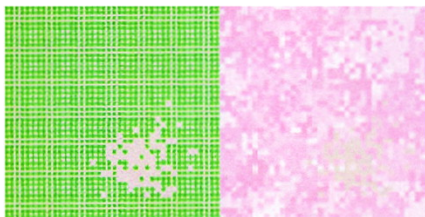
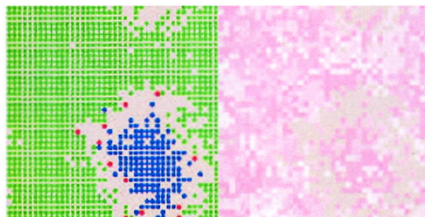
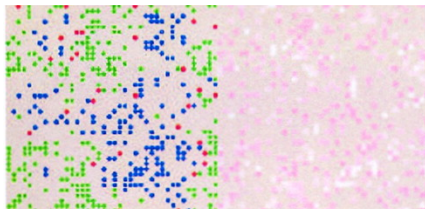
Změna počtu policistů



Etnické násilí

- variace předchozího modelu
- dvě skupiny obyvatel
- pozitivní zpětná vazba: zabíjení vede k zabíjení
- motivace modelu: genocida Rwanda, role mírových sil





- relativně jednoduchý model, zajímavá dynamika
- pozitivní zpětná vazba – čím víc rebelů, tím spíš se ostatní přidají
- negativní zpětná vazba – vězení
- výsledky analýz: grafy, konkrétní závislosti a závěry (nejen barevné obrázky)

Modelování v ekonomii

- (neo)klasická ekonomie (hlavní proud), zjednodušeně:
 - předpoklad racionálního chování
 - chování agentů vyjádřeno pomocí funkce užitečnosti
 - matematické modely
 - analytické řešení modelů – hledání ekvilibria soustavy rovnic
- agent-based computational economics
 - omezená racionalita, heterogenita, ...
 - výpočetní metody, ABM modely

Příklad modelu trhu

Asset Pricing Under Endogenous Expectations in an Artificial Stock Market

model trhu: srovnání klasický model vs. ABM model

podobný základní princip modelování jako El Farol Bar

Jednoduchý model trhu

- zaručený vklad (risk free asset) - vynáší pevný zisk $r\%$ (úroková míra)
- akcie (jeden druh)
 - cena p_t
 - vynáší dividendy d_t - „vnější“ veličina, náhodně se mění

Agenti na trhu

- agenti mají k dispozici informace o trhu (minulý vývoj)
- na základě toho odhadují budoucí vývoj dividend
- podle odhadu se rozhodují, kolik akcií v každém kole koupit/prodat (zbytek jde do vkladu)

Racionální agenti

Racionální agenti – předpoklady:

- jsou homogenní – všichni mají stejná očekávání o budoucím vývoji
- jsou plně racionální
- znají přesný mechanismus určování ceny
- ví vše výše uvedené

(připomenutí: hádanka piráti)

Racionální agenti – analytické řešení

- analytické řešení = vypočítat rovnice popisující chování agentů
- trh je v rovnováze
- cena akcií kopíruje „vnější“ vývoj dividend
- objem obchodování je minimální, nedochází ke spekulacím, bublinám, krachům, ...

$$p_t = \beta \sum_j w_{j,t} \left(E_j[d_{t+1}|I_t] + E_j[p_{t+1}|I_t] \right)$$

Artificial stock market

- pokus o uvolnění předpokladů na racionalitu, homegenitu
- snaha o realističtější model včetně spekulací, bublin, ...
- nahrazení deduktivního uvažování (perfektní racionalita) **induktivním** uvažováním (učení se ze zkušeností)
- **artificial stock market** - prostředí pro simulaci heterogenních, adaptabilních, induktivně uvažujících virtuálních agentů

Adaptabilní agenti

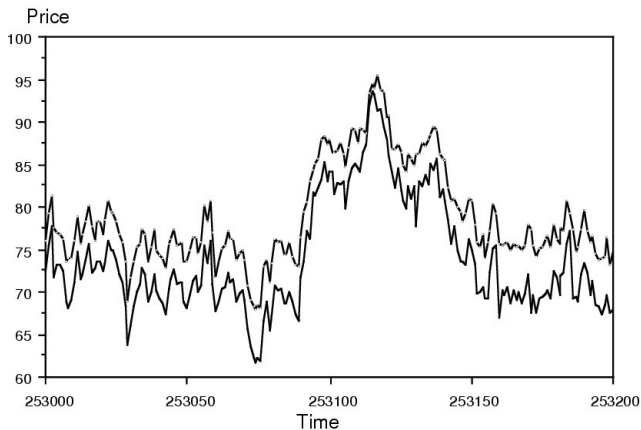
- model agenta = variace na **classifier system**
- odhad vývoje dividend: podmínka $\Rightarrow$ odhad
- **podmínka**: 12 bitů, dva typy informací
 - „fundamentální“: je hodnota dividend větší než cena akcií $\times$ úroková míra?
 - „technické“: je aktuální cena vyšší než průměr za posledních 10 kol?
- **odhad**: lineární kombinace ceny akcií a hodnoty dividend
- k odhadu se využívá několik nejúspěšnějších pravidel, jejichž podmínka odpovídá aktuální situaci

Adaptabilní agenti – učení

- ① úprava odhadu na základě zkušeností
po každém kole se upraví pravidla a jejich úspěšnost
- ② výměna pravidel
zrušení málo úspěšných, vygenerování nových (genetický algoritmus)

Simulace trhu ukazuje dva „režimy“ fungování:

- **pomalé učení** (malá frekvence výměny pravidel): chování směřuje k rovnováze, odpovídá teoretickému deduktivnímu řešení
- **rychlé učení** (velká frekvence výměny pravidel): dynamické komplexní chování včetně spekulací



Figs 1a and 1b. Rational-expectations price vs. price in the rich psychological regime.

The two price series are generated on the same random dividend series. The upper is the homogeneous r.e.e. price, the lower is the price in the complex regime. The higher variance in the latter case causes the lower price through risk aversion.

Využití „technických“ informací

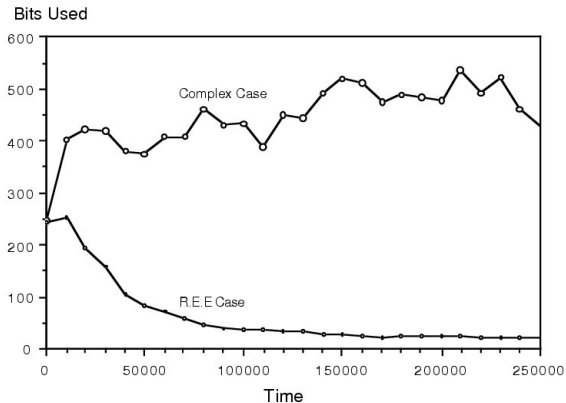


Figure 3. Number of technical-trading bits that become set as the market evolves, (median over 25 experiments in the two regimes).

- modelování sociálních, ekonomických systémů
- široká škála uplatnění
 - velmi abstraktní modely ilustrující základní principy
 - modely reprodukující konkrétní data, testování hypotéz
 - předpovídání, podklady pro konkrétní rozhodnutí
- dříve matematické modely, nyní často modely s agenty