

NetLogo a modelování decentralizovaných systémů

Radek Pelánek



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Modulární systém dalšího vzdělávání pedagogických pracovníků JmK
v přírodních vědách a informatice CZ.1.07/1.3.10/02.0024

Modelování: Ústřední myšlenka

Všechny modely jsou špatně.
Některé modely jsou užitečné.

(Připisováno autorům: George Box, Edwards Deming)

Všechny modely jsou špatně ...

model:

- **vždy** zjednodušením, abstrakcí reality
(jinak by to nebyl model)
- **nikdy** nemůže být úplně dobře, vždy se něčím od reality liší

... Některé modely jsou užitečné.

- **užitečnost** díky zjednodušení
 - *Umění je lež, která nám pomáhá uvědomit si pravdu.*
(Picasso)
 - Model je lež, která nám pomáhá pochopit realitu.
- jen **některé** modely jsou užitečné

Příklad: Mapa



Příklad: Mapa

- mapa = model prostoru
- špatně – neobsahuje všechny detaily, dochází u ní ke zkreslením, ...
- užitečná:
 - pochopení reality: mapa jako výuková pomůcka
 - plánování akcí: kterou cestou se mám vydat
 - usnadnění komunikace, sdílení myšlenek
- (ne každá mapa je užitečná)

Příklady modelů

- matematické a výpočetní modely
- fyzické modely (dopravní prostředky, stavby, ...)
- mapy, plány, návrhy
- fyzikální zákony
- karikatury
- hry (v přírodě, deskové, počítačové)
- metafory, analogie, mentální strategie
- příběhy

Výpočetní modely

- model = matematický zápis (např. soustava rovnic) nebo program
- simulace = chování modelu = řešení rovnic, spuštění programu
- **abstraktní** – pouze symbolické entity (čísla, řetězce někde v paměti), srovnej fyzické modely
- **konkrétní** – počítač je velmi tupý ... nutný přesný zápis instrukcí, srovnej mentální modely

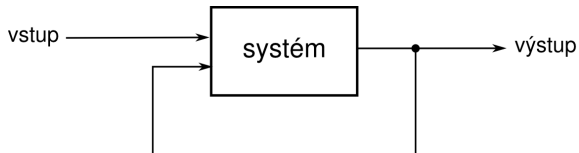
Účel výpočetních modelů a simulací

- 1 porozumění, objevování, formalizace a testování hypotéz
 - organizace mraveniště, dynamika sociální skupiny, fungování buňky
- 2 předpovídání
 - počasí, odhad spotřeby, vývoj cen, doprava
- 3 návrh systémů, zkoušení zásahů do systému „na nečisto“
 - technické obory
- 4 učení, trénink, zábava
 - výuka, letecké simulátory, SimCity

Simulace jako třetí cesta vědy

Teorie	Simulace	Experiment
Dedukce		Indukce
modely malé problémy exaktní	modely středně velké zejména popisné	realita velké systémy popisné

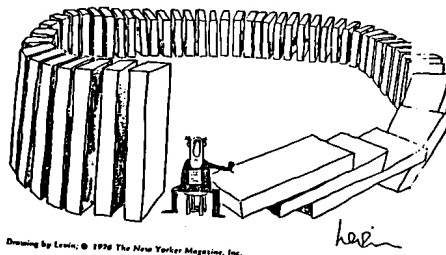
Zpětná vazba



Zpětná vazba

Proces, při kterém je část výstupu systému současně vstupem pro další činnost tohoto systému.

Zpětnovazební cyklus



- uzavřený cyklus příčin a následků
- příčiny v jedné části systému způsobují následky, které způsobují změny v původních příčinách

Pozitivní zpětná vazba

- změna v jedné složce \Rightarrow zvětšení této změny
- deregulační charakter, vyvádí systém pryč z rovnováhy
- může vést ke vzniku nových struktur

Pozitivní zpětná vazba: příklady

- míček na kopci
- nádor
- epidemie
- formace měst (počet lidí - atraktivita místa)
- vztahy mezi lidmi
- dominance na trhu
- peníze - úroky, resp. dluhy - úroky (bohatší se stávají bohatšími, chudší chudšími)
- eroze

Pozitivní zpětná vazba: příklady

- jaderná exploze
- vědomosti - snadnost učení
- vědecké práce: známost - množství citací
- popularita - zájem médií
- fotbal: úspěšnost klubu - sponzoři
- plocha ledovců - albedo planety
- *We shape our buildings; thereafter they shape us.* (W. Churchill)
- *Tomu, kdo má, totiž bude dáno, a tomu, kdo nemá, bude vzato i to, co má.* (Mk 4:25)

Negativní zpětná vazba

- změna \Rightarrow zmenšení této změny
- regulační charakter, udržuje systém v rovnováze

Negativní zpětná vazba: příklady

- míček v misce
- termostat
- řízení auta, balancování na kládě (výchylka - korekce)
- cena - poptávka
- velikost populace (počet jedinců - množství jídla)
- pracovní místa - zájem
- vědomosti - zapomínání
- množství CO_2 ve vzduchu - rychlost růstu rostlin

Nástroj NetLogo

- <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
- modelování pomocí agentů
- volně dostupný
- rozsáhlá sbírka zajímavých modelů
- snadná tvorba vlastních modelů
- k dispozici česká dokumentace

<http://www.robotomie.cz/robodownload.php?q=netlogo>

Decentralizované systémy

- systémy, které nemají centralizované řízení
- sebe-organizující se, řád (pokyny) nepřichází zvnějšku
- řízení založeno na lokálních interakcích mezi jednotlivými agenty

Mravenci

- jeden z nejúspěšnějších živočišných druhů
- oblíbený předmět pro studium decentralizovaných systémů
- mraveniště jako celek mají „inteligenci“, „osobnost“
- emergence – tyto vlastnosti nemají žádný odraz v jednotlivých mravencích (srovnej s neurony a mozkiem)

<http://www.youtube.com/watch?v=A042JOIDQK4>

Mravenci: inteligence

- pokusy v laboratoři, omezená plocha
- umístění hřbitova, skládky: maximalizace vzdáleností
- hledání nejkratších cest k potravě
- mraveniště jako celek řeší netriviální matematické úlohy

Mravenci: osobnost mraveniště

- jednotliví mravenci žijí krátkou dobu, mraveniště jako celek přežívá dlouho
- s věkem se mění charakter mraveniště (agresivní, dobyvačné → klidné, ustálené)
- průměrný věk mravenců je stále přibližně stejný

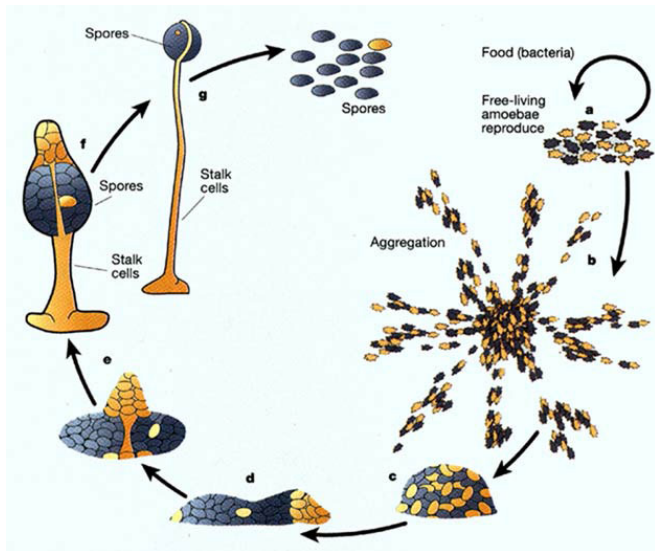
Mravenci: model

- prostředí: mraveniště + zdroje jídla
- pravidla:
 - mravenci se pohybují náhodně po prostoru
 - najdou jídlo \Rightarrow cestou zpět do mraveniště vypouští feromon
 - hledání \Rightarrow upřednostňují místa s vyšší koncentrací feromonu

Termiti

- prostředí: rozházené kusy dřívěk
- pravidla:
 - termiti chodí náhodně po prostoru
 - když termit narazí na dřívko:
 - pokud zrovna nic nese, tak dřívko zvedne
 - pokud zrovna něco nese, tak dřívko položí a jde pryč

Hlenka (slime mold)



Hlenka (slime mold)

- dva módy chování:
 - hodně potravy ~ mnoho samostatných jednobuněčných organismů
 - málo potravy ~ shlukne se a vytvoří jeden mnohobuněčný organismus
- jak se shlukuje? látka cAMP
- hypotéza **pacemaker cells**

<http://www.youtube.com/watch?v=bkVhLJLG7ug>

<http://www.youtube.com/watch?v=1eKI3Cv9YYw>

Model hlenky

- abstraktní model shlukování buněk hlenky
- pravidla:
 - náhodný pohyb
 - buňky při pohybu vylučují feromon
 - při pohybu upřednostňují místa s vyšším výskytem feromonu
- zpětné vazby:
 - pozitivní: víc buněk, víc feromonu
 - negativní: větší shluky, méně volných buněk

Hejno (boids)

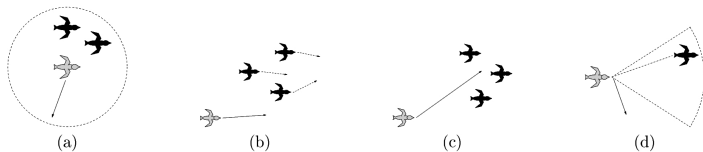


Figure 16.6 Four boid rules: (a) avoid flying too close to others; (b) copy near neighbors; (c) move towards center of perceived neighbors; (d) attempt to maintain clear view.

Figure from *The Computational Beauty of Nature: Computer Explorations of Fractals, Chaos, Complex Systems, and Adaptation*. Copyright © 1998–2000 by Gary William Flake. All rights reserved. Permission granted for educational, scholarly, and personal use provided that this notice remains intact and unaltered. No part of this work may be reproduced for commercial purposes without prior written permission from the MIT Press.

Boids: poznámky

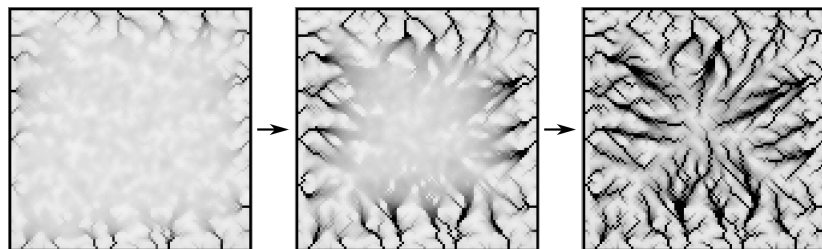
- velmi známý model
- mnoho rozšíření
- počítačová grafika
- <http://www.red3d.com/cwr/boids/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=rN8DzlgMt3M> – rozšířená verze

Dopravní zácpa

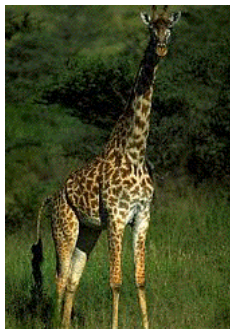
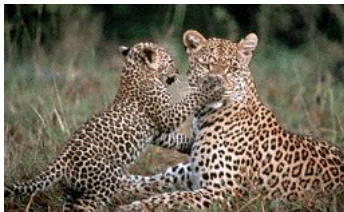
- model decentralizovaného vzniku dopravní zácpy
- auta jedou po silnici, snaží se udržovat si drobný odstup od toho před sebou, ale jinak co nejrychleji
- chování:
 - při dostatečné hustotě aut se vytváří zácpa (i bez vnější příčiny)
 - pomalu se „pohybuje“ proti směru pohybu aut

- šíření požáru v lese
- ilustrace **fázového přechodu**
 - mírná změna parametru – prudká změna chování

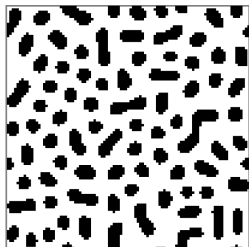
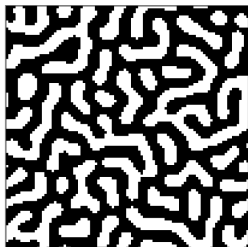
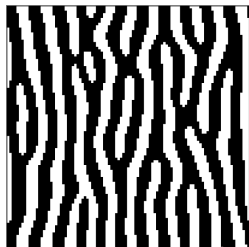
Eroze



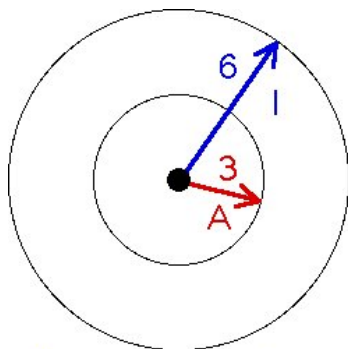
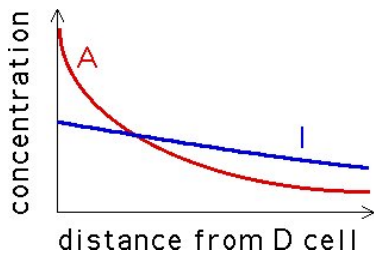
Vzory v přírodě



Model



Model – princip



I concentration = w
A concentration = 1

Hra Život

- čtverečková síť buněk, sousedi se počítají i diagonálně
- každá buňka v jednom ze dvou stavů: živá, mrtvá
- hraje se na kola
- pokud je buňka **živá**:
 - méně než dva sousedi \Rightarrow umírá na osamělost
 - více jak tři sousedi \Rightarrow umírá na přehuštní
 - dva/tři sousedi \Rightarrow přežívá
- pokud je buňka **mrtvá**:
 - právě tři sousedi \Rightarrow ožívá
 - jinak zůstává mrtvá

Základní poselství

Jednoduchá pravidla mohou vést ke složitému chování.

Proč „Život“?

Je pravděpodobné, že kdybychom poskytly dostatek času a prostoru, tak by se z náhodného počátečního stavu vyvinuly po dostatečně dlouhém čase inteligentní, sebe-reprodukcující bytosti a osídlili by část prostoru. (J. H. Conway)

Hra má schopnost z náhodného stavu vytvářet pravidelné a zajímavé struktury (srovnej *primordial soup*).

Stabilní konfigurace

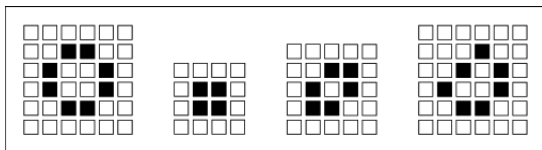


Figure 15.11 Examples of static objects in Conway's Game of Life

Periodické konfigurace

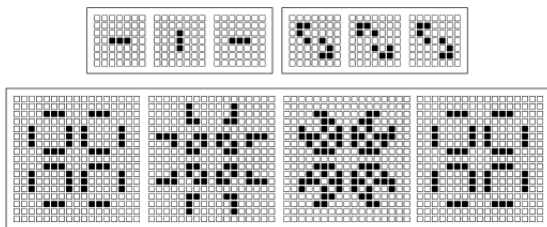


Figure 15.12 Examples of simple periodic objects in Conway's Game of Life

Pohybující se konfigurace

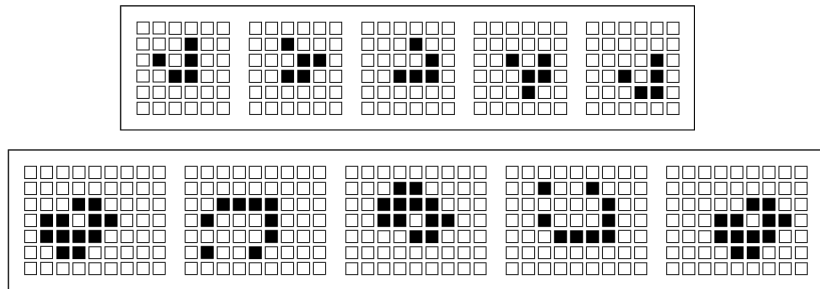


Figure 15.13 Examples of moving objects in Conway's Game of Life

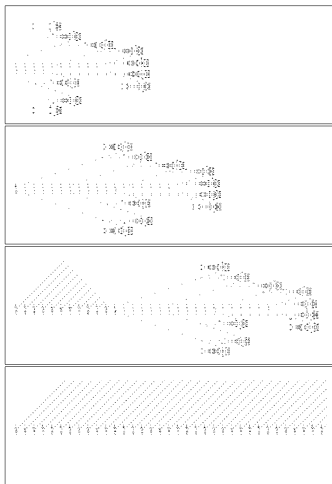


Figure 15.14 Examples of a breeder in Conway's Game of Life

- výpočetní modelování – aplikace informatiky v mnoha oblastech
- decentralizované systémy, zpětné vazby
- nástroj NetLogo