

Umělý život

Petr Pošík

Czech Technical University in Prague
Faculty of Electrical Engineering
Dept. of Cybernetics

Co je umělý život?	2
Definice	3
Conway's Game of Life	4
Game of Life: příklady konfigurací	5
Game of Life: Demo	6
Game of Life: Jen hračka?	7
Příklady alife systémů	8
Celulární automaty	9
1D celulární automaty	10
Praktická aplikace CA	11
2D celulární automaty	12
Mravenčí kolonie	13
Princip	14
Ukázka	15
Rojení částic(Particle Swarm)	16
Motivace	17
Demo	18
PSO	19
Evoluční (genetické) algoritmy	20
Princip	21
Závěr	22
Shrnutí	23

Definice

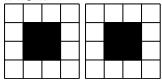
- ✓ Studuje umělé systémy napodobující některé rysy živých systémů a procesy, které v nich probíhají
- ✓ Hojně využívá simulací
- ✓ Druhy:
 - ✗ Soft alife: simulace prostřednictvím softwaru
 - ✗ Hard alife: simulace prostřednictvím hardwaru (robotika)
 - ✗ Wet alife: simulace "ve zkumavce" (biochemie)
- ✓ V užším smyslu se jako "alife" označuje hlavně soft alife
- ✓ Emergence: jednoduché chování jedinců → složité chování celku

Conway's Game of Life

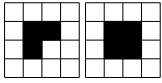
- ✓ Buňky v pravoúhlé mřížce (nekonečná, s nulovými okrajovými podmínkami nebo toroidní)
- ✓ Každá buňka je buď živá nebo mrtvá
- ✓ Stav buňky závisí na jejím stavu a na stavu buněk v jejím 8okolí
- ✓ Stav všech buněk se mění synchronně (všechny mění stav najednou)
- ✓ Všechny buňky se řídí stejnými pravidly:
 1. živá buňka s méně než 2 živými sousedy umírá (nedostatečné osídlení)
 2. živá buňka s více než 3 živými sousedy umírá (příliš velké osídlení)
 3. živá buňka se 2 nebo 3 sousedy přežívá
 4. mrtvá buňka s přesně 3 sousedy ožívá
- ✓ Pravidla se dají zjednodušit: buňka přežívá do další generace, pokud
 1. má 3 živé sousedy, nebo
 2. je živá a má 2 živé sousedy.
- ✓ Chování celého systému závisí jen na úvodním vzoru!!!

Game of Life: příklady konfigurací

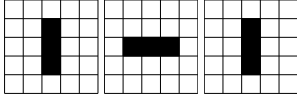
Blok:



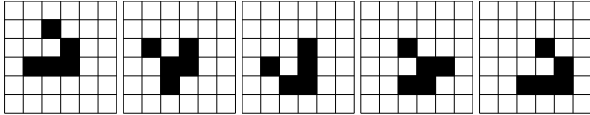
L-shape:



Blinker:



Glider:

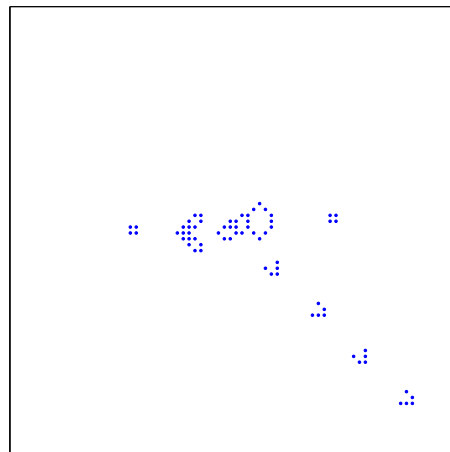


P. Pošík © 2013

Artificial Intelligence – 5 / 23

Game of Life: Demo

Gosper glider gun



t=123, pop= 68

P. Pošík © 2013

Artificial Intelligence – 6 / 23

Game of Life: Jen hračka?

- ✓ Conway formuloval hypotézu, že v GoL systému nelze vytvořit konfiguraci, která by do nekonečna rostla.
 - ✗ Ta byla velmi brzy vyvrácena (Glider Gun, ...)
- ✓ Zjistilo se, že lze vytvořit bloky, které fungují jako AND, OR, NOT, ...
- ✓ GoL má sílu univerzálního Turingova stroje <http://www.igblan.free-online.co.uk/igblan/ca/>
- ✓ GoL umí generovat
 - ✗ prvočísla, http://pentadecathlon.com/lifeNews/2010/02/prime_numbers.html,
<http://www.youtube.com/watch?v=68nEX5CEmZE>
 - ✗ Ludolfovo číslo π a zlatý řez ϕ http://pentadecathlon.com/lifeNews/2011/01/phi_and_pi_calculators.html
 - ✗ ...

Příklady alife systémů

- ✓ Celulární automaty (1D a 2D verze)
- ✓ Evoluční algoritmy
- ✓ Mravenčí kolonie
- ✓ Rojení částic
- ✓ Multiagentní systémy
- ✓ Neuronové sítě
- ✓ ...

Ukázky chování lze nalézt např. v systémech:

- ✓ MASON <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>
- ✓ NetLogo <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/index.cgi>

1D celulární automaty

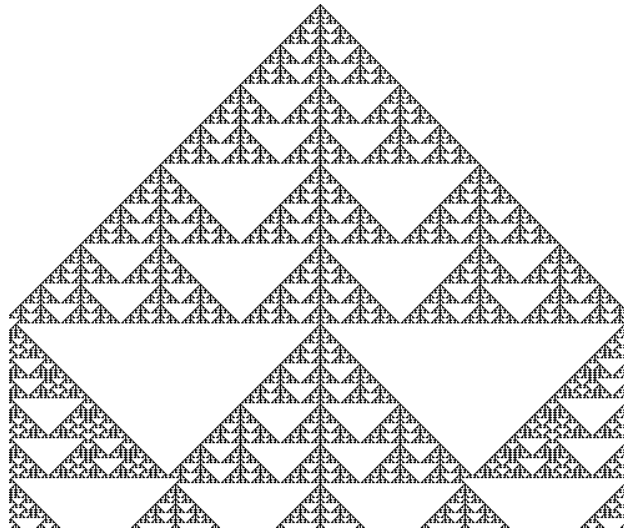
- ✓ Buňky tvoří řetězec (nekonečný, ohraničený nulami, nebo cyklický)
- ✓ $s_i(t)$: stav i . buňky v čase t
- ✓ **Pravidlo** popisuje, do jakého stavu má přejít buňka v závislosti na jejím stavu a na stavu buněk v jejím okolí
- ✓ Pravidlo má tvar $\{s_{i-1}(t), s_i(t), s_{i+1}(t)\} \rightarrow s_i(t+1)$
- ✓ Kolik pravidel lze pro takovýto 1D CA vytvořit?

			Stav okolí					Číslo pravidla
111	110	101	100	011	010	001	000	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	1	1	0	30
0	0	1	0	1	1	0	1	45
0	1	0	1	1	0	1	0	90
1	0	0	1	0	1	1	0	150
1	1	0	0	1	0	0	0	200
1	1	1	1	1	1	1	0	254
1	1	1	1	1	1	1	1	255

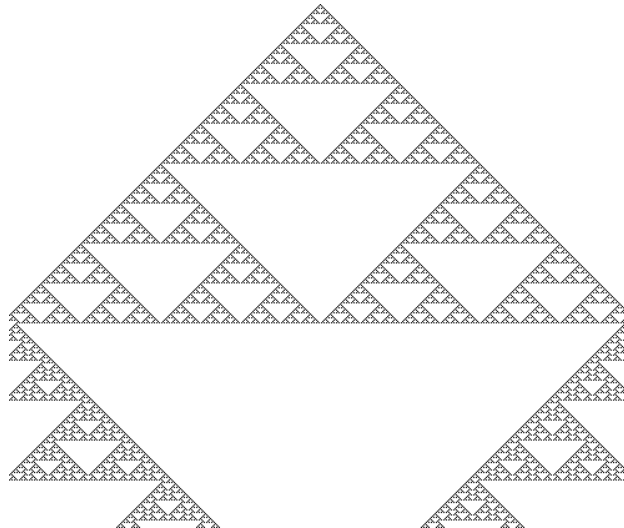
Praktická aplikace CA

Generátor pseudonáhodných čísel: bitový proud generovaný celulárním automatem

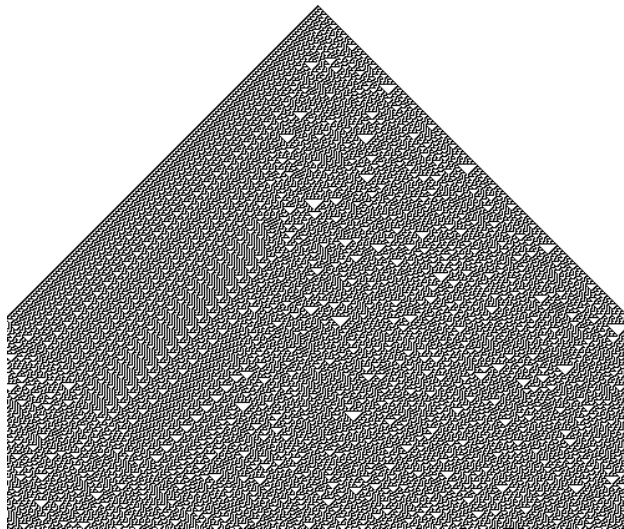
Rule nr: 150



Rule nr: 146



Rule nr: 30



2D celulární automaty

- ✓ Příklad: Conway's Game of Life
- ✓ Kolik pravidel lze vytvořit pro 2D CA typu "Game of Life"?
 - ✗ Počet možných konfigurací okolí: 2^9
 - ✗ Počet možných pravidel: $2^{2^9} \approx 1.34 \cdot 10^{154}$

Mravenčí kolonie

Mravenčí kolonie: Princip

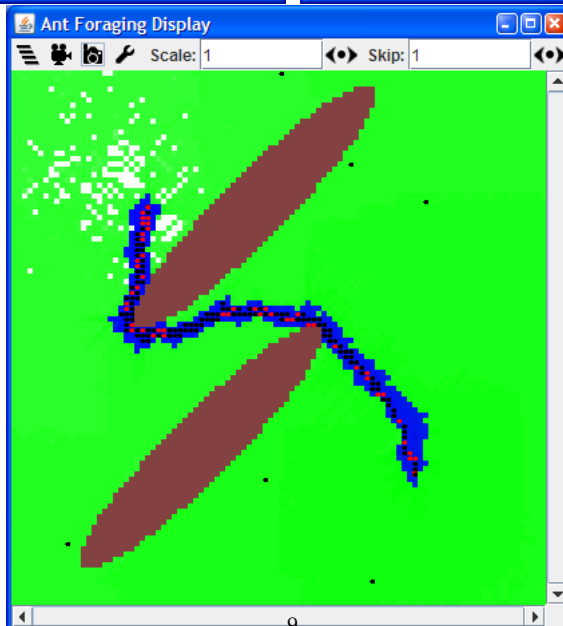
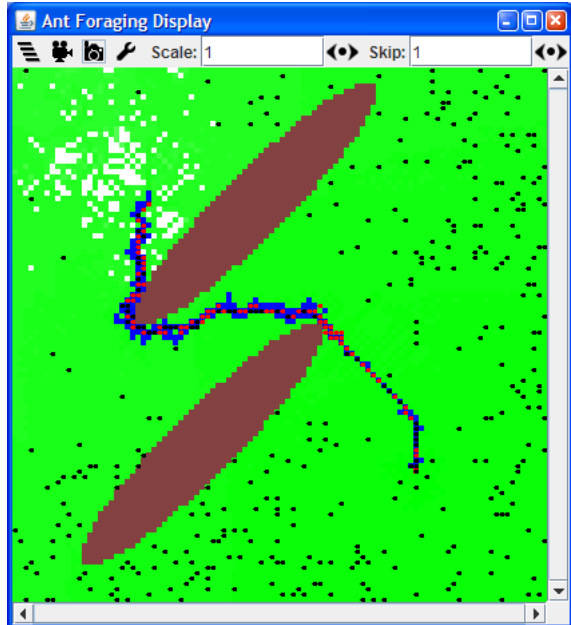
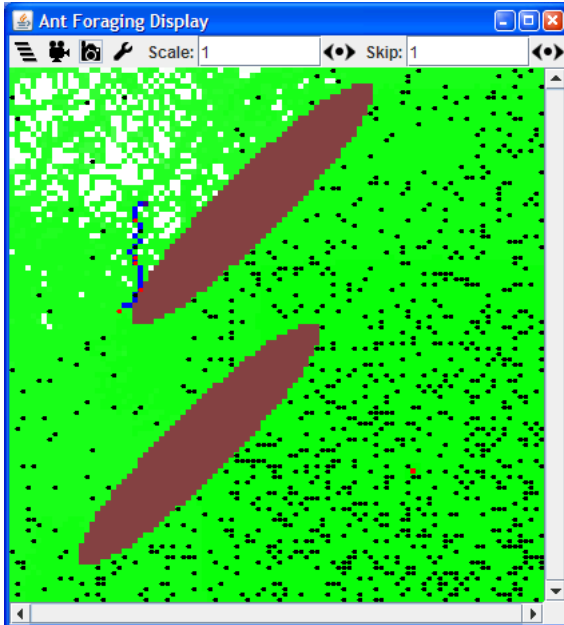
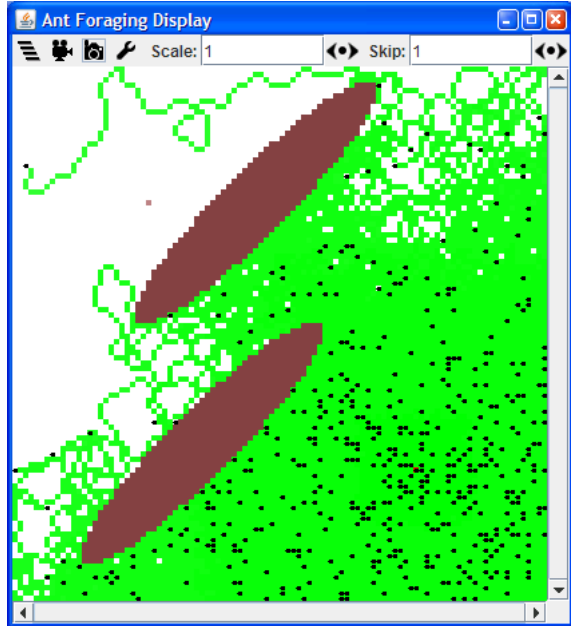
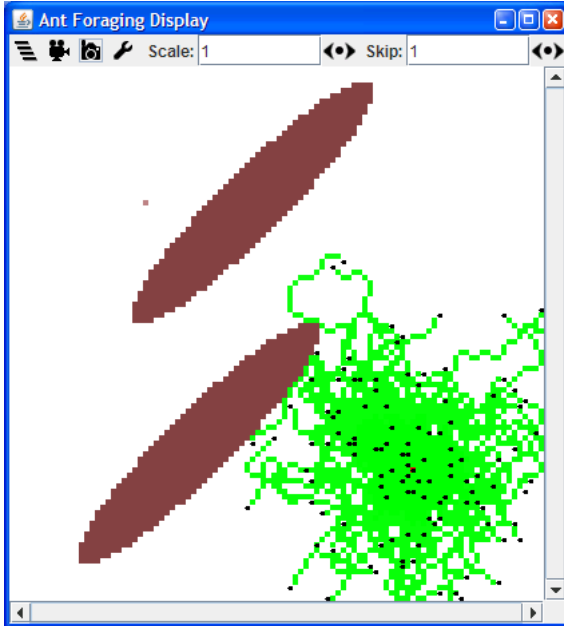
Typická aplikace: hledání nejkratší cesty v grafu

- ✓ Mravenci obvykle nekomunikují mezi sebou vzájemně, používají feromon:
 - ✗ Feromon mravenci ukládají na místa, kudy prošli
 - ✗ Feromonů může být i více typů
 - ✗ Množství feromonu se může řídit délkou nalezené cesty
 - ✗ Feromon se s časem vypařuje
- ✓ Mravenci mohou být feromonem přitahováni nebo odpuzováni
- ✓ Rozhodnutí, kam přejít, je stochastické, ale řídí se množstvím feromonu

Ukázka na dalších slidech:

- ✓ Zdroj: MASON <http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>
- ✓ Dva druhy feromonu:
 - ✗ Zelený: intenzita roste směrem k hnízdu
 - ✗ Modrý: intenzita roste směrem ke zdroji potravy
- ✓ Dva stavy mravenců:
 - ✗ Černý: hledá potravu, sleduje modrý feromon, klade zelený feromon
 - ✗ Červený: nese potravu do hnízda, sleduje zelený feromon, klade modrý feromon

Mravenčí kolonie: Ukázka



Rojení částic (Particle Swarm)

16 / 23

Rojení částic: Motivace a princip

Inspirace

- ✓ hejna ptáků nebo hejna ryb

Pravidlo se obvykle skládá z několika částí:

- ✓ pokračuj v dosavadním směru
- ✓ vyhýbej se překážkám a ostatním částicím
- ✓ uprav směr podle svých sousedů
- ✓ přidej náhodnou složku

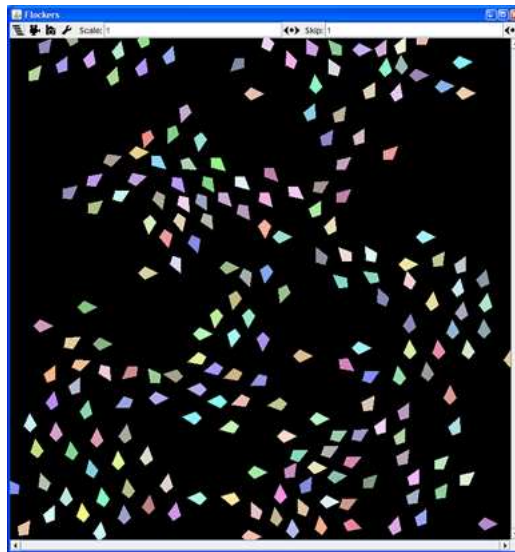
Aplikace:

- ✓ Simulace pohybů hejna
- ✓ Optimalizace (Particle Swarm Optimization)

Rojení částic: Demo

Zdroj: MASON

<http://cs.gmu.edu/~eclab/projects/mason/>



P. Pošík © 2013

Artificial Intelligence – 18 / 23

Optimalizace rojením částic (PSO)

Hledáme optimum účelové (fitness) funkce. Tato funkce říká, jak kvalitní částice je.

Pravidlo pro výpočet pozice i . částice:

$$\begin{aligned}v_i(t+1) &= w \cdot v_i(t) + r_1 \cdot \phi_p(p_i - x_i(t)) + r_2 \cdot \phi_g(g - x_i(t)), \\x_i(t+1) &= x_i(t) + v_i(t+1),\end{aligned}$$

kde

- ✓ $x_i(t)$ je pozice i . částice v čase t ,
- ✓ $v_i(t)$ je rychlost i . částice v čase t ,
- ✓ p_i je nejlepší pozice navštívená i . částicí (personal best),
- ✓ g je nejlepší dosud navštívená pozice (global best),
- ✓ w , ϕ_p a ϕ_g jsou setrvačnost, přitažlivost k osobní nejlepší pozici a ke globální nejlepší pozici, a
- ✓ r_1 a r_2 jsou náhodná čísla mezi 0 a 1.

Demo:

<http://www.stud.fit.vutbr.cz/~xgraliz00/pso/applet.html>

P. Pošík © 2013

Artificial Intelligence – 19 / 23

EA: Motivace a princip

Hledáme optimum účelové (fitness) funkce. Tato funkce říká, jak kvalitní jedinec je.

Evoluční optimalizační algoritmy modelují principy

- ✓ Mendelovy teorie genetiky a
- ✓ Darwinovy teorie přirozeného výběru.
- ✓ Pracují s *populací* kandidátských řešení.

Princip: cyklické střídání 4 základních operací

- ✓ **Selekce:** výběr rodičů, kvalitní jedinci mají více dětí než nekvalitní
- ✓ **Křížení:** potomci vzniknou tak, že si rodiče mezi sebou prohodí některé své části
- ✓ **Mutace:** některé části potomků jsou náhodně změněny
- ✓ **Náhrada:** potomci a rodiče soutěží o místo v nové populaci

Demo: Marek Obitko

<http://obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/>

Závěr**Shrnutí**

- ✓ Umělý život studuje zákonitosti a jevy probíhající v reálných živých systémech
- ✓ Simulace umělých systémů je základní nástroj
- ✓ Cíle:
 - ✗ pochopit efekty jednoduchých zákonitostí a pravidel v systémech s celými populacemi jedinců
 - ✗ využít (upravit) tyto zákonitosti pro řešení praktických úloh

Kde se můžete dozvědět víc:

- ✓ A4M33BIA: Biologicky inspirované algoritmy <http://www.feld.cvut.cz/education/bk/predmety/12/58/p12584904.html>
 - ✗ Úvod do neuronových sítí a evolučních algoritmů
 - ✗ Jde spíše do šířky (co vše tyto algoritmy umí) než do hloubky
- ✓ A0M33EOA: Evoluční optimalizační algoritmy <http://www.feld.cvut.cz/education/bk/predmety/12/58/p12589004.html>
 - ✗ Zaměřen na několik typů evolučních algoritmů, jde do hloubky
- ✓ A4M33MAS: Multi-agentní systémy <http://www.feld.cvut.cz/education/bk/predmety/12/58/p12585904.html>
 - ✗ agentní technologie do hloubky