

# **Studying Artificial Life with Cellular Automata**

by Christopher Gale Langton (1986)

---

Barbora Hudcová

7. března 2019

# Table of contents

1. Úvod
2. Vývoj celulárních automatů
3. Výpočetní síla celulárních automatů
4. Virtual State Machines (VSM)
5. Self-reproduction

# Úvod

---

- Narozen 1948
- Téma " umělého života" (simulace, komplexita, reprodukce)
- Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems v Los Alamos National Laboratory (1987)
- působil v institutu Santa Fe
- Langton ant, Langton loop

Příklady:

- lidský mozek, biologická evoluce, kolonie mravenců, akciový trh, ...

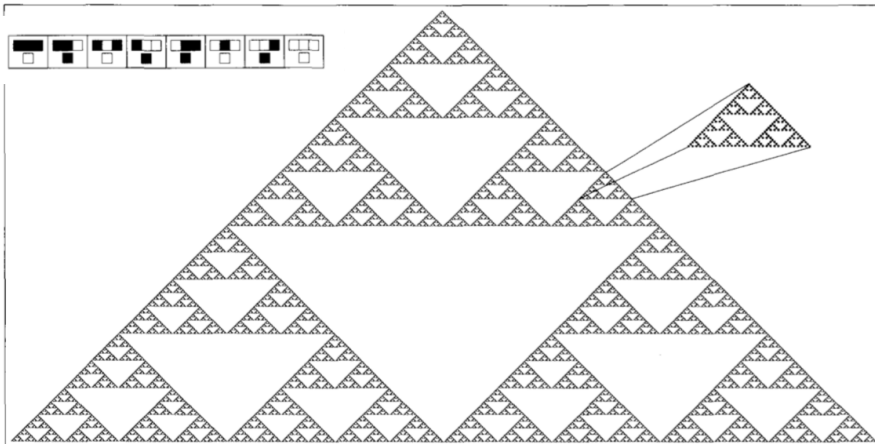
Možné neformální definice:

- Systém složený z mnoha částí, které spolu vzájemně interagují
- Na otázku „Jak bude systém vypadat v čase t?“ nejde odpovědět v lepším čase, než jaký potřebujeme k simulaci systému.
- Systém je víc, než jen součet svých částí (Mark Newman).
- Chování systému jako celku se kvalitativně liší od chování jednotlivých částí (Doyne Farmer.)
- Všechny části systému mění své chování v průběhu vývoje, jsou tedy schopny jakési adaptace (Stephanie Forrest).
- Systémy, které nejde stručně/elegantně popsat (David Krakauer).

- Co dělá neživé molekuly v lidském těle živými?
- Jde o jejich vzájemné interakce - tzv. molekulární logiku života
- Simulace funkcí molekul (proteinů) ve virtuálním prostředí
  - katalýza - zahájení procesu
  - transport - přenos materiálů
  - struktura - tvoření větších funkčních celků
  - regulace - omezování procesu
  - obrana - rozpoznání cizích částí a jejich zničení
  - informace - uchování informace

# Celulární automaty

90.png



# Vývoj celulárních automatů

---



- fáze = stavy všech buněk prosoru v jednom časovém okamžiku
- fázový prostor = množina všech možných fází
- vývoj automatu = posloupnost prvků fázového prostoru

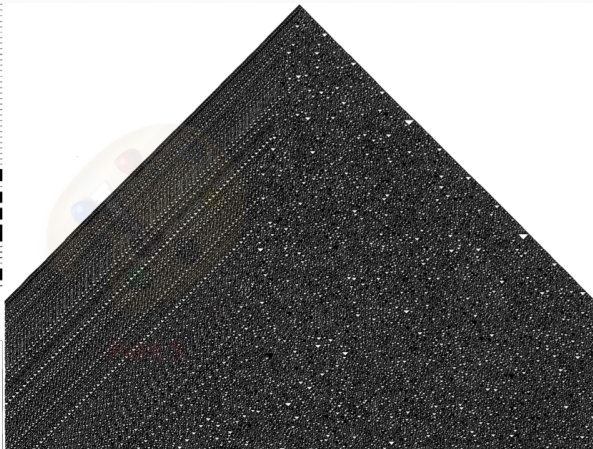
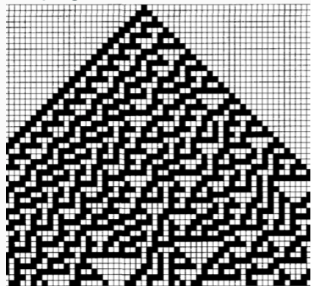
Možné výsledky:

- limitní bod (statický vývoj)
- limitní cyklus (periodický vývoj)
- "strange attractor" (chaotický vývoj)

- Třída 1: „Témeř všechny počáteční podmínky se ustálí ve stejné, fixní konfiguraci.“
- Třída 2: „Témeř všechny počáteční podmínky se ustálí ve fixní nebo periodické konfiguraci.“
- Třída 3: „Témeř všechny počáteční podmínky vedou k chaotické konfiguraci.“
- Třída 4: „Některé počáteční podmínky vedou ke vzniku komplexních lokálních struktur.“

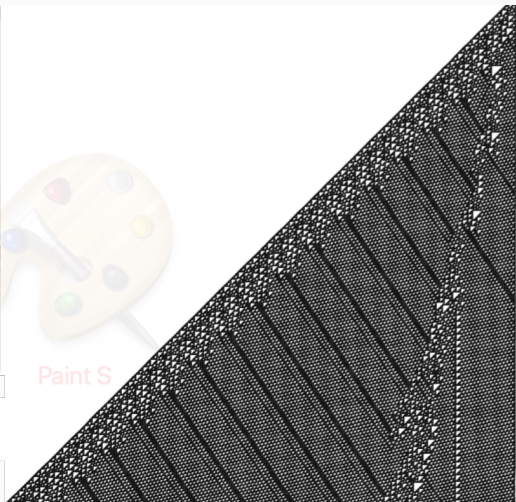
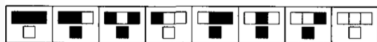
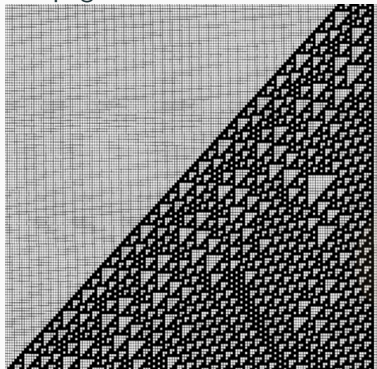
# Wolframova klasifikace, Třída 3

30.png



# Wolframova klasifikace, Třída 4

110.png

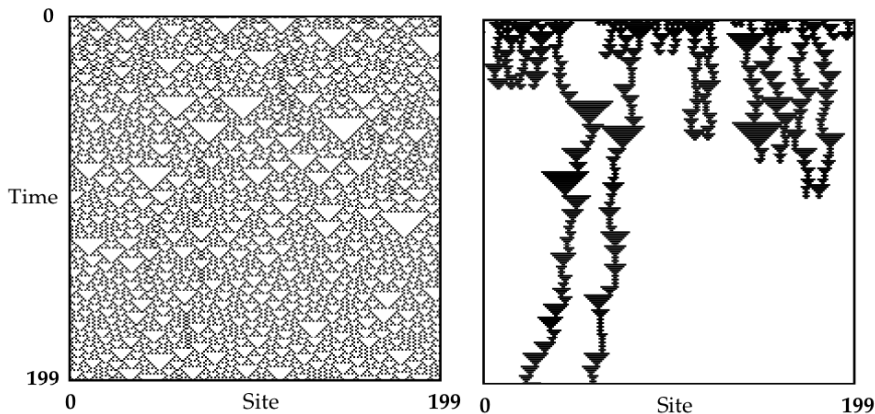


- Jak popsat komplexitu vývoje celulárního automatu?
- $\lambda = \frac{\text{počet stavů okolí buňky, které určují aktivní stav v následujícím čase}}{\text{počet všech možných stavů okolí buňky}}$
- "Lambda koreluje s komplexitou vývoje systému."
- Citlivost na velikost okolí, počet stavů, ...
- Kritická hodnota  $\lambda_c$  (ECA: 0,5, 2 dim + Mooreovo okolí: 0,271 )
- Packard, 1988 - podpořil hypotézu o  $\lambda_c$
- Problém: Chování automatu není podobné pro různé počáteční podmínky, dokonce i v rámci jedné počáteční podmínky se vývoj liší v různých oblastech

# Báze regularit

- James Hanson, James Crutchfield
- Cíl: najít bázi vzorů, díky které bychom pochopili chování

18.png



# **Výpočetní síla celulárních automatů**

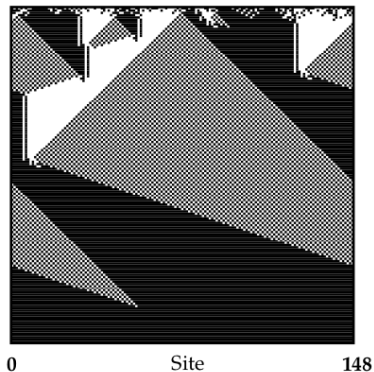
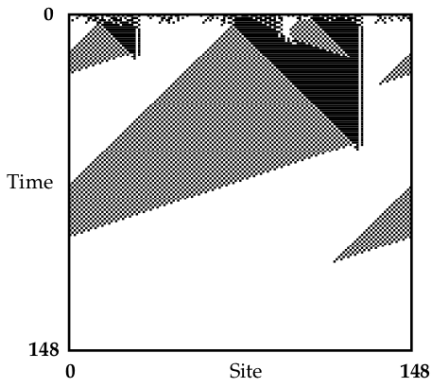
---

- Wolfram, 1-dimenzionální automat
- Game of Life



# „Programování“ v celulárních automatech

- Jak nastavit přechodovou funkci tak, aby celulární automat spočítal zadaný úkol?



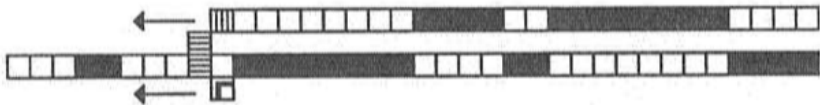
# Virtual State Machines (VSM)

---

- „malé“, periodické struktury, které se pohybují vzhledem ke statickému pozadí
- skládají se z více než jedné buňky
- konečné automaty/ Turingovy stroje
- prostředí = páska



Figure 1: A Glider propagating with respect to a fixed cell (  $\circ$  ).



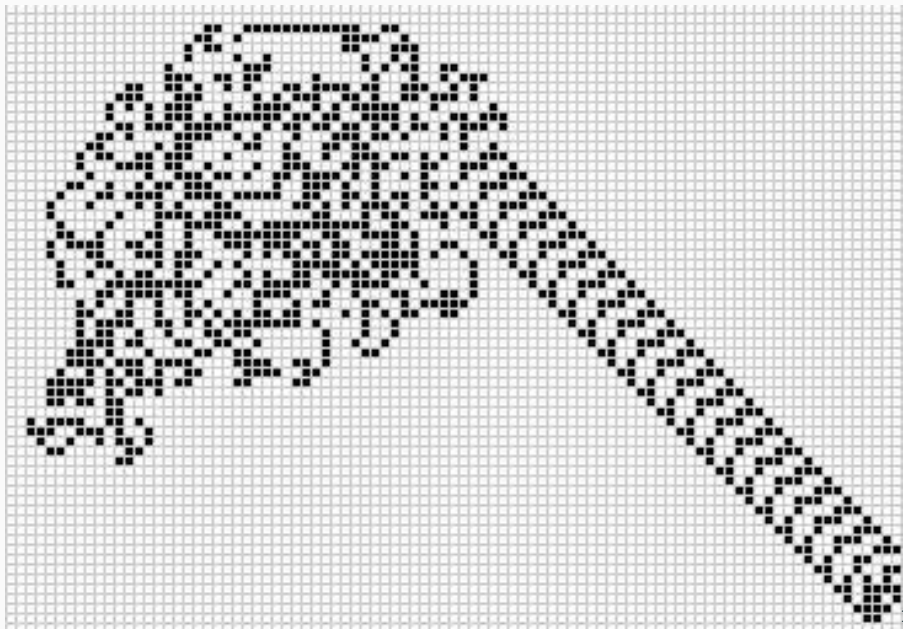
- VSM i data, které čte, jsou realizované stejným způsobem
- „psaní na pásku“ - konstrukce dalších VSM
- psaní neaktivního stavu - destrukce
- VSM se může samo smazat
- VSM může chápat jiný VSM jako data, která čte či modifikuje
- vyšší řády VSM

- katalýza
- transport
- struktura
- regulace
- obrana
- informace

přechodová funkce - implicitní logika života/ fyzikální zákony virtuálního světa

$\lambda$  - teplota prostředí

## Příklad: Mravenčí kolonie

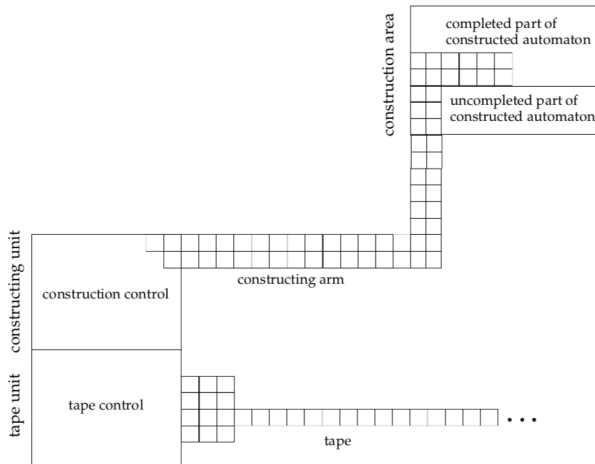


# Self-reproduction

---

# Universální konstruktör

- John Von Neumann: Theory of Self-Reproducing Automata (1966)





- Cíl: vytvořit netriviální VSM, který replikuje sebe sama

- rozšířit popis samoreplikujícího se stroje o další mechanismy
- symbióza
- virus
- kolonie s centrálním replikujícím strojem

**Děkuji za pozornost.**