

# DEVELOPMENT OF CELLULAR AUTOMATA

Tomáš BÁTŘLA, Bachelor Degree Programme (3)  
Dept. of Computer Systems, FIT, BUT  
E-mail: xbatrl01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Dr. Lukáš Sekanina

## ABSTRACT

In this paper an approach is presented for constructing shapes in cellular automata. Behavior of this automaton is determined by genetic algorithm. The required shape grows from a zygote cell to several directions and interacts with environment.

## 1 ÚVOD

Tento článek se zabývá projektem vývoje pravidel celulárního automatu za pomoci evoluce. Hlavním cílem projektu je nalézt takovou množinu pravidel, aby elementy simulovaného systému zaujaly během svého vývoje předem definované prostorové uspořádání. V průběhu vývoje dochází k interakci rostoucího systému s okolním prostředím. Následuje popis genetického algoritmu, celulárního automatu, princip developmentu a popis navrženého experimentu.

## 2 GENETICKÝ ALGORITMUS

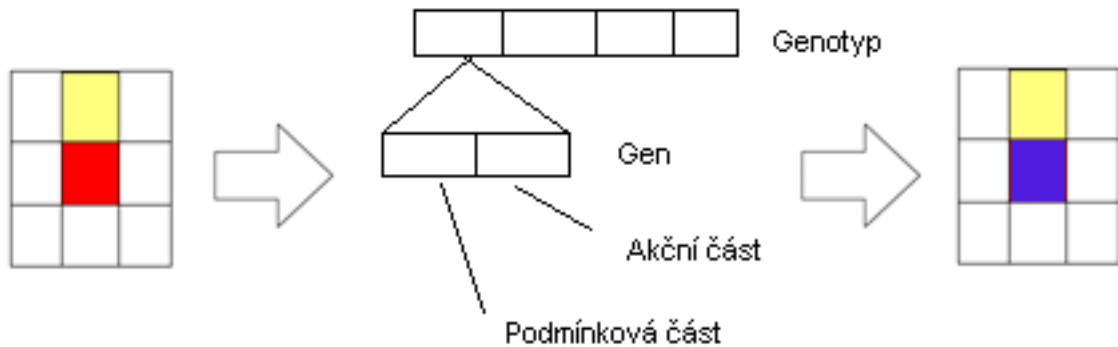
Jedná se o metodu prohledávání stavového prostoru inspirovanou Darwinovou evoluční teorií [1]. Pracuje se zde s množinou jedinců, která je nazývána populace. Každý jedinec populace obsahuje informaci o své úspěšnosti a má definované operace křížení a mutace. Jedinci jsou zastoupeni genotypem, který obsahuje zakódované řešení problému. Množina těchto genotypů poté vyplňuje vyhledávací prostor všech řešení a genetický algoritmus tento prostor prohledává, za účelem nalezení optimálního výsledku.

## 3 CELULÁRNÍ AUTOMAT

Celulární automaty patří do třídy diskretních systémů. Jedná se o systém tvořený množinou buněk, které se nachází v  $n$ -rozměrném prostoru. V našem případě buňky mají definovanou svoji polohu vůči referenčnímu bodu, interní stav a sadu pravidel, které ovlivňují jejich chování. Automat se jako celek vyvíjí paralelně a synchronně v diskretních časových okamžicích [4].

## 4 DEVELOPMENT

Český překlad slova development je vývoj. Jedná se o jednu z možností, jak realizovat zobrazení genotypu (zakódovaná reprezentace řešení) na fenotyp (objekt v prostoru řešení). Ve své práci jsem si vybral „implicitní development“ [2], který využívá pravidel pro definování chování celulárního automatu. Genotyp je v tomto případě rozdělen na část podmínkovou a akční.



**Obr. 1:** *Struktura genotypu a fenotyp*

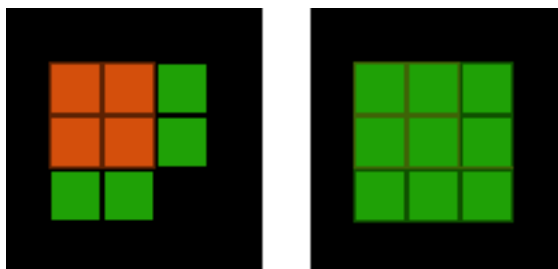
Chování všech buněk je ovlivňováno výše uvedenými pravidly. Do pole buněk celulárního automatu je umístěn prvotní zárodek (zygota), kde má možnost interagovat s prostředím, měnit svůj vnitřní stav a vytvářet kopie sebe sama [3].

## 5 EXPERIMENTY

Ve své práci jsem se zaměřil na experimenty, které mají ukázat, že je genetický algoritmus schopen navrhnout taková pravidla pro vývoj, že ze zygoty vznikne složitější objekt. Do systému, jež se vyvíjí určitý počet časových okamžiků, bude vložena zygota. Tato zygota se bude dělit podle pravidel určených genotypem a buňky se rozrostou do tvaru definovaného svým genotypem a prostředím. Tento tvar je potom porovnán s referenčním vzorem a ohodnocen na základě podobnosti.

### 5.1 VÝVOJ VZORU.

Pokusil jsem se o vývoj velmi jednoduchého vzoru, který by přesně kopíroval rozmístění „chemikálií“ v prostoru. Do prostoru o velikosti 5\*5 bodů byl vložen objekt z chemikálií (viz obrázek 2) a jedna zygota. Systém jsem nechal vyvíjet vždy 5 iterací a nakonec jsem vypočítal míru podobnosti se vzorem. Podobnost jsem počítal podle kvadratické odchylky vyvinutého a vzorového objektu.



**Obr. 2:** *Požadovaný vzor a chemikálie*

Zvolil jsem genotyp, který se skládal z 1 pravidla (genu). Každé pravidlo se skládá ze 21 binárních instrukcí. Chování buňky se řídilo podle její polohy, stavu okolních buněk a hodnoty chemikálie. Velikost prohledávaného prostoru je  $3^{21}$ . Provedl jsem 10 pokusů s genetickým algoritmem o velikosti populace 2000 jedinců a vždy dospěl k ideálnímu řešení.



**Obr. 3:** *Vývoj nejlepšího výsledku*

## 6 ZÁVĚR

Algoritmus je zatím testován a průběžně upravován pro dosažení maximální míry podobnosti s referenčními vzory. Dále se zaměřím na hledání složitějších vzorů a vylepšení metody počítající fitness hodnoty (podobnosti).

## LITERATURA

- [1] Bentley, P.: Evolutionary design by computers, Morgan Kaufmann Pub, 1999
- [2] Sanjeev, K.: On Growth, Form and Computers, Academic Press. October 2003
- [3] Miller, J, F.: Evolving a self-repairing, self-regulating French flag organism, <http://www.elec.york.ac.uk/intsys/users/jfm7/>
- [4] Sipper, M.: Evolution of Parallel Cellular Machines: The Cellular Programming Approach, Springer-Verlag, Heidelberg, 1997