

# EVOLUTIONARY DESIGN OF MOVING OBJECTS

**Martin Baláž**

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xbalaz00@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Michal Bidlo

E-mail: bidlom@fit.vutbr.cz

## ABSTRACT

This paper aims for the possibility of the exploitation of cellular automata as electronic media for displaying and shifting letters and words. An evolutionary design approach is presented for searching through very large state space in order to find optimal local transition function of the cellular automaton. The transition function should be able to ensure the movement of the text through the two-dimensional lattice of the cellular automaton.

## 1 ÚVOD

Vo svojej práci som sa zamerlal na možnosť využitia celulárneho automatu (CA) ako elektronického papiera. Dvojmerný CA uchováva grafickú podobu textu – písmená sú vytvorené vhodnou kombináciou stavov buniek. Keďže nie je možné zobrazit' ľubovoľne rozsiahly CA, je potrebné, podobne ako u elektronického papiera, zaistiť posun textu. Problém animácie textu v CA je obdobou tzv. gliderov známych z Conway-ovej hry Life [2]. Na zaistenie pohybu či animácie textu musíme mať vhodnú prechodovú funkciu, avšak ich manuálna tvorba je značne nepohodlná, je potrebné automatizovať ich tvorbu, napríklad využitím evolučných techník, ktoré sa budú zdať zvlášť vhodné, keď si uvedomíme, že stavový priestor môže byť značne rozsiahly – pri dvojmernom CA a 5-okolí má  $2^{25} = 2^{32}$ , pri 9-okolí až  $2^{29} = 2^{512}$  funkcií.

## 2 ROZBOR

### 2.1 GENETICKÝ ALGORITMUS

Genetický algoritmus (GA) je postup, ktorý sa snaží aplikovaním princípov biologickej evolúcie nájsť optimálne riešenie problému. S výhodou je použiteľný ak riešenie leží v rozsiahlom stavovom priestore, ktorého prehľadanie hrubou silou nie je časovo či výpočtovo dostupné. Genetický algoritmus pri svojej činnosti využíva operácie známe z prírodnej evolúcie – selekciu (výber) vhodných jedincov, mutáciu a kríženie chromozómov [1]. Princíp činnosti genetického algoritmu je znázornený v algoritme 1.

### 2.2 CELULÁRNY AUTOMAT

Celulárny automat je diskretný model tvorený n-rozmerným poľom pozostávajúcím z buniek. Každá bunka sa môže nachádzať v jednom stave z určitej konečnej množiny. Ak sú všetky bun-

```

gen = 0
vytvor inicializačnú populáciu P(gen)
ohodnot' každého jedinca v P(gen)
while nenájdeš vhodné riešenie do
    gen += 1
    vyber vhodných jedincov do nasledujúcej generácie P(gen)
    vytvor novú generáciu P(gen) aplikovaním genetických operátorov
    ohodnot' každého jedinca v P(gen)
end while

```

Algoritmus 1: Princíp jednoduchého genetického algoritmu [1]

ky riadené rovnakým automatom, hovoríme o uniformnom CA. Každá bunka má svoje okolie – množinu okolitých buniek, ktorá je definovaná počtom buniek, ktoré sa berú do úvahy a rozložením týchto buniek relatívne k vyšetrovanej bunke. Výpočet nad CA prebieha v diskretnom čase, nasledujúci stav bunky sa určí pomocou tzv. lokálnej prechodovej funkcie, ktorej vstupné parametre sú aktuálny stav vyšetrovanej bunky a stavy buniek z jej okolia [2].

### 3 IMPLEMENTÁCIA

Implementácia vychádza z princípu popísaného v algoritme 1. CA je využitý ako vývojový model v evolučnom algoritme, pomocou ktorého je transformovaný genotyp (lokálna prechodová funkcia CA zakódovaná v chromozóme) na fenotyp (chovanie textu v rámci CA).

Chromozóm kóduje prechodovú funkciu CA v podobe pol'a celých čísel, pričom každý element pol'a (číslo) predstavuje jeden gén. Konkrétna hodnota génu (allele) určuje stav bunky CA v nasledujúcom kroku. Pre každú bunku CA je index génu (locus) v chromozóme určený z hodnôt buniek v jej okolí. Ohodnotenie jedinca (lokálnej prechodovej funkcie) prebieha ako vyhodnotenie chovania CA – po každom kroku je vypočítaná fitness hodnota, ktorá je následne priradená príslušnému chromozómu. Fitness je určená počtom buniek, ktoré majú správny stav, zohľadňuje sa aj krok CA, v ktorom má byť text na novej pozícii. Výber jedincov do ďalšej generácie prebieha v tzv. turnajovej selekcii, pri ktorej sa náhodne vyberú dvaja jedinci a do ďalšej generácie postúpi jedinec s vyššou hodnotou fitness. Na zaistenie rýchlejšej konvergencie GA je pri selekcii využitý elitizmus. S ohľadom na [3] som sa rozhodol nevyužiť v GA operátor kríženia a značne posilniť operátor mutácie. Parametre mutácie (počet génov a pravdepodobnosť, že mutácia génu nastane) ako aj ďalšie parametre GA je možné nastaviť v užívateľskom rozhraní aplikácie.

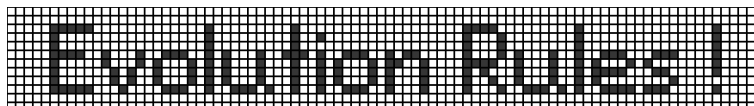
V aplikácii je použitý dvojrozmerný uniformný CA s 9 (centrálna bunka a najbližších 8 buniek) i 5 (centrálna bunka a najbližšie nediagonálne bunky) okolím.

### 4 VÝSLEDKY PREDBEŽNÝCH EXPERIMENTOV

So súčasnou verziou aplikácie sa mi podarilo dosiahnuť úspech pri evolvovaní chromozómov pre pohyb celých slov i krátkych viet tvorených niekoľkými desiatkami až stovkami “živých“ buniek. Väčšina doterajších experimentov bola zameraná na získanie chromozómov, ktoré umožňujú posun o jednu bunku bez medzikrokových transformácií.

Ako príklad efektivity evolúcie uvediem vetu “Evolution Rules !“, ktorej tvar v CA je naznačený

na obrázku 1. Tabuľka 1 popisuje úspešnosť evolúcie a priemerný počet generácií potrebných k nájdeniu riešenia. Úspešnosť a priemery boli vypočítané zo 100 nezávislých behov evolúcie. Údaje platia pre jedнокrokový posun o jednu bunku, pri zmutovaní maximálne 3% génov chromozómu s pravdepodobnosťou mutácie 85%. Veľkosť populácie pri experimentoch bola 100 chromozómov a výpočet prebehol nad 500 generáciami.



**Obrázok 1:** Tvar vety “Evolution Rules !“ v celulárnom automate

Okolie	Úspešnosť (%)	Priemerný počet generácií
9-okolie	12.0	418
5-okolie	100.0	34

**Tabuľka 1:** Úspešnosť evolúcie a priemerný počet generácií

Záver z doterajších experimentov ukazujú vysokú úspešnosť pri hľadaní riešenia pre 5-okolie CA. Z tabuľky 1 zároveň plynie, že 9-okolie potrebuje viac generácií na nájdenie riešenia, čo je dané rozsiahlejším stavovým priestorom. Po zvýšení počtu generácií, nad ktorými prebieha výpočet, dosahuje vyššiu úspešnosť. Experimenty zároveň ukazujú, že pri viackrokovom posune zložitejších objektov jednoznačne dominuje 9-okolie, ktorého chromozómy síce nedokázali poskladať slová do pôvodného tvaru, častokrát však boli takéto neúplné slová aj po niekoľkých posunoch stále čitateľné, pretože väčšina buniek CA mala správnu hodnotu.

## 5 ZÁVER

V nasledujúcej fáze projektu bude pozornosť venovaná implementácií developmentu založeného na inštrukciách a ich nasadeniu ako pravidiel CA. Pri vhodnej voľbe inštrukcií by toto riešenie malo zaistiť pohyb značne komplikovanejších štruktúr, a to nielen jedнокrokový posun ale i viackrokové transformácie. Ďalší vývoj bude smerovať k využitiu viacstavových celulárnych automatov na zobrazenie a posun farebného textu a k nájdeniu chromozómov, ktoré umožnia pohyb rôznych slov, na ktorých vyevolvovanie sa využije “učenie“ CA na obmedzenej množine tréningových dát. Podporené výskumnými projektami FIT-10-S-1 a MSM0021630528.

## REFERENCIE

- [1] Kvasnička V., Pospíchal J., Tiňo P.: Evolučné algoritmy. Bratislava, Slovenská technická univerzita, 2000
- [2] Wolfram, S.: A New Kind of Science. Champaign, IL, USA, Wolfram Media, 2002
- [3] Bidlo, M., Vasicek, Z.: Comparison of the Uniform and Non-Uniform Cellular Automata-Based Approach to the Development of Combinational Circuits. In: Proc. 2009 NASA/ESA Conf. on Adaptive Hardware and Systems, Los Alamitos, US, IEEE CS, 2009, p. 423-430