

Iztok Jeras  
Vpisna številka: 63030393  
Dvorakova ulica 11, 1000 Ljubljana  
Slovenija

**Komisija za študijske zadeve**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko  
Večna pot 113, 1000 Ljubljana

## **Vloga za prijavo teme magistrskega dela**

**Kandidat: Iztok Jeras**

Podpisani/-a študent/-ka magistrskega programa na Fakulteti za računalništvo in informatiko, zaprošam Komisijo za študijske zadeve, da odobri temo dela, podrobno opisanega v nadaljnjem predlogu teme magistrskega dela.

Okvirni naslov magistrskega dela:

slovensko: **Pred slike 2D celičnih avtomatov**  
angleško: **Preimages of 2D cellular automata**

Za mentorja/mentorico predlagam:

Branko Šter, prof. dr.  
Fakulteta za računalništvo in informatiko  
branko.ster@fri.uni-lj.si

Za somentorja/somentorico predlagam:

Genaro Juárez Martínez  
University of the West of England (UWE)  
genaro.martinez@uwe.ac.uk

Komisijo zaprošam, da odobri pisanje magistrskega dela v angleškem jeziku, da bi jo lahko neprevedeno bral somentor iz tuje univerze.

V Ljubljani, dne .....

Podpis mentorja:

Podpis kandidata/kandidatke:

# PREDLOG TEME MAGISTRSKEGA DELA

## 1 Področje magistrskega dela

slovensko: diskretni dinamični sistemi, celični avtomati, teoretična študija

angleško: discrete dynamic systems, cellular automata, theoretical study

## 2 Ključne besede

slovensko: celični avtomati, predslike, reverzibilnost, trid, quad

angleško: cellular automata, preimages, reversibility, Garden of Eden, trid, quad

## 3 Opis teme magistrskega dela

### 3.1 Uvod in opis problema

Ker lahko vsak univerzalen sistem modelira vsak drugi univerzalen sistem, predpostavimo, da lahko s celičnimi avtomati modeliramo vesolje. Pri tem mene najbolj zanimaja pogled s stališča informacijske teorije in termodinamike. Kakor primera bi lahko navedel kopiranje informacij (DNK, evolucija [1]), ter model gravitacije kakor entropijske sile (Entropic gravity).

Informacijsko dinamiko celičnega avtomata se najpogosteje opisuje samo kakor reverzibilno ali ireverzibilno, obstajajo tudi nekaj člankov, ki opazujejo entropijo sistema. Pogosto je tudi opazovanje dinamike delcev pri Game of Life ali elementarnem pravilu 110. Ne obstaja pa še splošna teorija dinamike informacij v celičnem avtomatu.

Cilj te naloge je opis algoritma, ki omogoča iskanje predslik (preteklih stanj) sistema, torej evolucijo ireverzibilnega celičnega avtomata v nasprotno smer od definicije časa.

### 3.2 Pregled sorodnih del

Paulina Léon in Genaro Martínez [2] poizkušata aplicirati de Bruijn-ove diagrame na 2D celične avtomate. Točneje opazujeta dva celična avtomata: 'Game of Life' in 'Diffusion rule', s poudarkom na opazovanju stabilnih delcev.

Razni avtorji [3] iščejo 'Garden of Eden' vzorce v 'Game of Life'. Zanimiv je pristop z teorijo končnih avtomatov in regularnih jezikov, ki je v osnovi namenjen eno dimenzionalnim sistemom. Jean Hardouin-Duparc ga je razširil tako, da je vrstice 2D polja uporabil kakor simbole v regularnem jeziku, zaporedje več vrstic pa predstavlja besedo. Podoben pristop nameravam uporabiti tudi sam.

Opiral se bom tudi na ideje iz svojih prejšnjih prispevkov [4] [5] [6], ki so analizirali problem v eni dimenziji.

### 3.3 Predvideni prispevki magistrske naloge

Doslej sem že razvil napredne algoritme za izračun predslik 1D sistema. Skozi zgodovino so taki algoritmi napredovali, tako da je padala njihova procesna zahtevnost in opisna/implementacijska zahtevnost.

1. 'brute force' algoritmi  $O(c^n)$
2. improvizirani algoritmi
3. zasnove matematičnega modela
4. optimalni algoritmi  $O(n \log(n))$  ali celo  $O(n)$

Iskanje slik 2D sistema je trenutno nekje med improvizacijo in matematičnim modelom. Z magistrsko nalogo bi rad razvil algoritme, ki se nagibajo k optimalnosti.

### 3.4 Metodologija

Magistersko delo bo obsegalo matematičen model, ki bo za lažje razumevanje tudi grafično predstavljen. Algoritem bo implementiran kakor računalniški program, ki bo omogočal tudi izris grafične predstavitev problema. Primerjava s sorodnimi deli bo s stališča procesne zahtevnosti algoritma in glede na to katere znane probleme bo algoritem sposoben rešiti. Nekaj takih problemov urejenih glede na zahtevnost je:

1. določitev ali obstajajo predslike za dano trenutno stanje sistema
2. štetje predslik
3. naštevanje konfiguracij predslik
4. jezik vseh stanj brez predslik
5. vprašanje reverzibilnosti sistema
6. vprašanje univerzalnosti sistema

### 3.5 Literatura in viri

- [1] C. Salzberg, H. Sayama, Complex genetic evolution of artificial self-replicators in cellular automata, *Complexity* 10 (2004) 33–39. doi:10.1002/cplx.20060.  
URL <http://www3.interscience.wiley.com/journal/109860047/abstract>
- [2] P. A. León, G. J. Martínez, Describing complex dynamics in life-like rules with de bruijn diagrams on complex and chaotic cellular automata, *Journal of Cellular Automata* 11 (1) (2016) 91–112.
- [3] C. Hartman, M. J. H. Heule, K. Kwekkeboom, A. Noels, Symmetry in gardens of eden, *Electronic Journal of Combinatorics* 20.
- [4] I. Jeras, A. Dobnikar, Algorithms for computing preimages of cellular automata configurations, *Physica D Nonlinear Phenomena* 233 (2007) 95–111. doi:10.1016/j.physd.2007.06.003.
- [5] I. Jeras, A. Dobnikar, Cellular automata preimages: Count and list algorithm, in: V. N. Alexandrov, G. D. van Albada, P. M. A. Sloot, J. Dongarra (Eds.), *Computational Science - ICCS 2006*, 6th International Conference, Reading, UK, May 28-31, 2006, Proceedings, Part III, Vol. 3993 of Lecture Notes in Computer Science, Springer, 2006, pp. 345–352. doi:10.1007/11758532\_47.  
URL [http://dx.doi.org/10.1007/11758532\\_47](http://dx.doi.org/10.1007/11758532_47)
- [6] I. Jeras, Solving cellular automata problems with sage/python, in: A. Adamatzky, R. Alonso-Sanz, A. T. Lawniczak, G. J. Martínez, K. Morita, T. Worsch (Eds.), *Automata 2008: Theory and Applications of Cellular Automata*, Bristol, UK, June 12-14, 2008, Luniver Press, Frome, UK, 2008, pp. 417–424.  
URL <http://uncomp.uwe.ac.uk/free-books/automata2008reducedsize.pdf>

Ljubljana, 26. februar 2016.