

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 študent 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: **Predsluke 2D celičnih avtomatov**
angleško: **Preimages of 2D cellular automata**

Za mentorja predlagam:

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

Za somentorja predlagam (še čakamo na uradno potrditev):

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

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

V Ljubljani, dne

Podpis mentorja:

Podpis kandidata:

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 zanima 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, obstaja 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.

V svojem članku [2] sem grafično upodobil predslike trenutnega stanja za 1D problem. Iz upodobitve je videti, da se ponekod izgubi več informacije kakor drugod, kar kaže na možnost izpeljave kvalitativne in kvantitativne teorije dinamike informacij; žal se ta možnost še ni udeležila.

Cilj te naloge je opis algoritma, ki omogoča iskanje predslik (preteklih stanj) sistema, torej evolucijo ireverzibilnega celičnega avtomata v nasprotno smer od definicije časa. Upodobitev predslik 2D sistema bo razširitev upodobitve za 1D sistem in bo ponujala podoben vpogled v dinamiko informacij 2D sistema.

3.2 Pregled sorodnih del

Paulina Léon in Genaro Martínez [3] 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. De Bruijn-ovi grafi so tudi osnova mojih raziskav, so pa drugače grafično upodobljeni, tako da se jih lahko poveže v opis celotnega celičnega sistema, in niso omejeni na opis predstanj ene same celice.

Razni avtorji [4] iščejo vzorce tipa 'Garden of Eden' v celičnem avtomatu 'Game of Life'. Zanimiv je pristop s teorijo končnih avtomatov in regularnih jezikov, ki je v osnovi namenjen eno dimenzionalnim sistemom. Jean Hardouin-Duparc ga je razširil tako, da je celice iz vrstice 2D polja združil v simbole regularnega jezika, zaporedje več vrstic pa predstavlja besedo. Originalni članek je v francoščini, zato še iščem članek, kjer bi pristop opisal v angleščini. Podoben pristop s končnimi avtomati nameravam uporabiti tudi sam.

Opiral se bom tudi na ideje iz svojih prejšnjih prispevkov [2] [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

Magistrsko delo bo obsegalo matematičen model, ki bo predvidoma temeljil na matričnih operacijah, kjer matrike predstavljajo grafe in končne avtomate. Za lažje razumevanje bo problem tudi grafično predstavljen. Algoritem bo implementiran kot računalniški program, ki bo omogočal tudi izris grafične predstavitve 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 preslikave za dano trenutno stanje sistema
2. štetje preslik
3. naštevane konfiguracij preslik
4. jezik vseh stanj brez preslik
5. vprašanje reverzibilnosti sistema

Rešitev problema določitve obstoja preslik si že predstavljam. Predvidevam, da bom uspel rešiti še problem preštevanja preslik, in ker je to manjši korak, tudi njihovo naštevane.

Preostalih problemov se tokrat ne bom loteval. Problem jezika stanj brez preslik bi potreboval model 2D formalnega jezika, ki še ne obstaja. Poleg tega je povezan s problemom reverzibilnosti, ki je na splošno dokazano nerešljiv, podobno kakor problem tlakovanja (Wang tile).

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] 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.
- [3] 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.
- [4] C. Hartman, M. J. H. Heule, K. Kwekkeboom, A. Noels, Symmetry in gardens of eden, *Electronic Journal of Combinatorics* 20.
- [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
- [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, 29. februar 2016.