

RAPORT STIINTIFIC 2015

PNII-RU-TE-2014-4-1130

Noi abordări ale automatelor celulare cu aplicații în segmentarea imaginilor medicale

Obiectiv 1: Managementul proiectului

Activitati: monitorizare, administrare si raportare, evaluare si control

Activitatea de management a proiectului a avut in vedere următoarele: stabilirea și delegarea sarcinilor, coordonarea si controlul sarcinilor, monitorizarea proiectului, controlul resurselor financiare si comunicarea. Evaluarea a fost un proces derulat continuu, iar etapa s-a finalizat cu raportarea activitatii fiecarui membru al echipei. Managementul proiectului s-a derulat conform obiectivelor proiectului.

Obiectiv 2: Asigurarea prerechizitelor

Activitati: A2.1 – A2.4

A2.1 Investigarea conceptelor de baza ale Automatelor Celulare

S-au investigat conceptele de baza ale Automatelor Celulare si principalele probleme abordate in acest context [And96, Chi10, Das94, Oli06, Fer01, Gog09, Jui98, Jui98a, Jui00, Koz92, Lan95, Mar98, Mit93, Mit96, Mit06, Mor01, Oli09, Pac88, Pag02, Tom02, Wol08, Wol86]. Conceptul de Automate Celulare a fost introdus de catre Neumann si Ulam la inceputul anilor 1950 [Neu66]. Automatele Celulare (AC) sunt sisteme dinamice in care interactiunile locale ale componentelor individuale evolueaza in timp si duc la obtinerea unui anumit comportament al intregii retele. Un Automat Celular este format de un sir de celule, fiecare celula putand avea una dintr-un set finit de stari. Atat timpul cat si spatiul sunt discrete pentru Automatele Celulare, starea unei celule fiind determinata de starea sa si de starea celulelor din vecinatatea sa la momentul anterior. Vecinii unei celule sunt reprezentati de r celule de fiecare parte a celulei date, unde r reprezinta raza automatului celular (si reprezinta un parametru al automatului celular), precum si celula in sine. Fiecare celula are astfel un numar de $2r+1$ vecini.

Regula care specifica starea unei celule la urmatorul moment de timp, bazata pe starea sa curenta si pe starea vecinilor sai, se poate reprezenta sub forma unui tabel cu o intrare pentru fiecare configuratie posibila de stari. O problema dificila in ceea ce priveste Automatele Celulare este

determinarea unei reguli care duce la obtinerea unui anumit comportament global. Problema devine cu atat mai dificila in cazul unui numar mai mare de dimensiuni sau de celule. Calculul evolutiv pune la dispozitie cele mai populare tehnici de abordare a acestei probleme. Interesul aratat de cercetatori pentru Automatele Celulare ca si masini capabile de calcul este datorat in mare parte acestei maniere „de jos in sus” de obtinere a unui comportament complex pornind de la interactiuni locale a componentelor individuale si simple (calcul emergent).

Am investigat diferite tipuri de Automate Celulare si metode existente in literatura pentru rezolvarea a diferite probleme atat dintr-o perspectiva local spre global, cat si dintr-o perspectiva global spre local. De asemenea, au fost investigate atat Automate Celulare bidimensionale cat si Automate Celulare cu 3 dimensiuni.

A2.2 Investigarea tehnicilor de segmentare a imaginilor medicale

S-a inceput investigarea tehnicilor de segmentare a imaginilor medicale existente in literatura [Arn13, Bea12, Bi13, Bie14, Chr12, Dar13, Diw13, Gao14, Gho11, Gol10, Gol14, Gol09, Gol08, Kau10, Nay13, Pri13, Ros10, Qad12, Raj13, Saf11, Sho13, Wan11, Won11, Yag14].

Problema segmentarii a fost abordata din doua perspective:

- identificarea a doua etichete asociate pixelilor dintr-o imagine: eticheta pentru clasa de interes principal si eticheta pentru clasa corespunzatoare fundalului
- identificarea mai multor etichete asociate pixelilor dintr-o imagine: etichete pentru clasele de interes si eticheta pentru clasa corespunzatoare fundalului (ex. in cazul segmentarii unei tumori, doua clase de interes sunt reprezentate prin nucleu si edem; in acest caz se obtine o problema cu 3 etichete).

Metodele de segmentare pot fi grupate in doua categorii [Hei09]:

- metode complet automate - fiecare algoritm foloseste acelasi set de parametrii pentru etapa de testare a imaginilor
- metode interactive - aceste metode de segmentare necesita interventia utilizatorului. Aceasta interventie poate fi de mai multe feluri, de la furnizarea unui punct de inceput si pana la rafinari manuale ale mastii binare. Aceste metode pot fi clasificate (cf. [Hei09]), in functie de timpul necesar interactiunii cu utilizatorul, in:
 - metode cu interactiune redusa - sub 1 minut
 - metode cu interactiune medie - sub 5 minute
 - metode cu interactiune ridicata -peste 5 minute.

O alta posibila clasificare a metodelor de segmentare a imaginilor ar fi data de impartirea lor in metode locale si metode globale [Zha08].

Avand in vedere perspectiva filozofica [Zha08], metodele de segmentare a imaginilor pot fi incluse in:

- abordarea bazata pe regiuni,
- abordarea bazata pe limite sau
- abordarea bazata pe contururi.

Pe langa acestea, s-a inceput si investigarea metodelor de evaluare a algoritmilor de segmentare a imaginilor medicale existente in literatura. Pentru a stabili calitatea algoritmilor de segmentare se pot folosi diferite metodologii, diferite prin:

- segmentarea referinta cu care se compara segmentarea calculata de catre un algoritm
- principiile de lucru ale metodei de evaluare [Hei09].

Activitatea de investigare a metodelor de segmentare a imaginilor medicale va continua si in anul 2016.

A2.3 Colectarea si intelegerea datelor

S-a realizat colectarea de date pentru diferite tipuri de tesut: date abdominale precum si scanari ale coloanei vertebrale sau ale articulatiei genunchiului. Aceste imagini sunt date de scanari tomografice (CT). De asemenea, grupul de cercetare de la Universitatea din Oxford a pus la dispozitie datele pe care le detine pentru a putea testa tehnicile dezvoltate in acest proiect folosind aceste date.

Aceasta faza de pregatire va duce la aranjamentul datelor sub forma de laticice pentru procesarea acestora cu automatelor celulare. Laticicele vor fi mai intai 2D, dar dimensionalitatea acestora va ramane parametrizabila in asa fel incat sa poata fi procesate sub forma de volum 3D. Planul proiectului este de a concepe mai intai algoritmi pentru structuri aranjate simplu, urmand ca acestia sa fie generalizati ulterior pentru structuri din ce in ce mai complexe.

A2.4 Setarea mediului de dezvoltare software

Grupul de cercetare de la Universitatea Babes-Bolyai a primit acces de utilizare a softului Millipede, impreuna cu un manual de utilizare a acestuia. Grupul de cercetare de la Universitatea in Oxford a realizat reprogramarea surselor de cod in asa fel incat acestea sa poata procesa imagini din diferite modalitati de scanare (RMN, tomograf, microCT), achizitionate la rezolutii diferite (512x512, 2000x2000, etc). Codul va oferi optiunea ca imaginile sa fie procesate sub forma unui singur volum 3D, sau individual, felie cu felie. Algoritmii vor fi conceputi in asa fel incat dimensionalitatea acestora (2D sau 3D) sa fie parametrizabila.

Obiectiv 3: Diseminarea si exploatarea rezultatelor

Activitati: crearea si intretinerea paginii web a proiectului.

In anul 2015 a fost creata pagina web a a proiectului (<http://www.cs.ubbcluj.ro/te1130/>). Aceasta pagina web a fost dezvoltata in limba engleza si contine la momentul actual rezumatul proiectului, si componenta echipei proiectului. Pe aceasta pagina web va fi publicata lista actualizata a publicatiilor rezultate din proiect si rapoartele aferente fiecarei etape.

Rezultatele etapei 2015: plan de monitorizare, rapoarte de progres, sesiuni de transfer al cunostintelor, sesiuni stiintifice, baza de date de imagini medicale, acces si cunostinte despre Millipede, pagina web proiect.

Bibliografie:

- [And96] Andre, D., F. H. Bennett, III, and John R. Koza. *Discovery by genetic programming of a cellular automata rule that is better than any known rule for the majority classification problem*. In Proceedings of the First Annual Conference on Genetic Programming, GECCO '96, pages 3–11, Cambridge, MA, USA, MIT Press (1996)
- [Arn13] Arndt, O.J., Scheuermann, B., Rosenhahn, B., "RegionCut" - Interactive Multi-Label Segmentation Utilizing Cellular Automaton, IEEE Workshop on Applications of Computer Vision (WACV), pp. 309-316 (2013)
- [Bea12] Beasley, R.A., Semiautonomous Medical Image Segmentation Using Seeded Cellular Automaton Plus Edge Detector, ISRN Signal Processing, Volume 2012 (2012)
- [Bi13] Bi, L., Kim, J., Wen, L., Kumar, A., Fulham, M., Feng, D.D., Cellular automata and anisotropic diffusion filter based interactive tumor segmentation for positron emission tomography, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. (2013)
- [Bie14] Biediger, D., Collet, C., Armspach, J.P., Multiple sclerosis lesion detection with local multimodal Markovian analysis and cellular automata 'GrowCut', Journal of Computational Surgery, vol. 1, issue 3 (2014)
- [Chi10] Chira, C., A. Gog, R. Lung, D. Iclanzan, *Complex Systems and Cellular Automata Models in the Study of Complexity*, Studia Informatica series, Vol. LV, No. 4, pp. 33-49 (2010)
- [Chr12] Christiyana, C.C., Rajamani, V., Devi, U.A., Ultra Sound Kidney Image Retrieval using Time Efficient One Dimensional GLCM Texture Feature. IJCA Special Issue on Advanced Computing and Communication Technologies for HPC Applications ACCTHPCA(4):12-17 (2012)
- [Dar13] Darathi, R.F.J., Archana, K.S., Image Segmentation and Classification of Mri Brain Tumors Based On Cellular Automata and Neural Network, International Journal of Computational Engineering Research, vol. 3, issue 3, pp. 323-327 (2013)
- [Das94] Das, R., M. Mitchell, J. P. Crutchfield, *A genetic algorithm discovers particle-based computation in cellular automata*, Parallel Problem Solving from Nature Conference (PPSN-III). Springer-Verlag, pp. 344-353 (1994)
- [Diw13] Diwakar, M., Patel, P.K., Gupta, K., Cellular automata based edge-detection for brain tumor, Advances in Computing, International Conference on Communications and Informatics (ICACCI), pp. 53- 59 (2013)
- [Fer01] Ferreira, C., *Gene Expression Programming: A New Adaptive Algorithm for Solving Problems*, Complex Systems, 13, pp. 87-129 (2001)

- [Gao14] Gao, Y., Yang, J., The Application of Cellular Automaton in Medical Semiautomatic Segmentation, Chapter 9 in Cellular Automata in Image Processing and Geometry Emergence, Complexity and Computation Volume 10, pp 163-182 (2014)
- [Gho11] Ghosh, P., Antani, S.K., Long, L.R., Thoma, G.R., Unsupervised Grow-Cut: Cellular Automata-Based Medical Image Segmentation, Proceedings of the 2011 IEEE First International Conference on Healthcare Informatics, Imaging and Systems Biology (HISB '11). IEEE Computer Society, Washington, DC, USA, pp. 40-47 (2011)
- [Gog09] Gog, A., C. Chira, *Cellular Automata Rule Detection Using Circular Asynchronous Evolutionary Search*, HAIS 2009, LNCS 5572, pp. 261-268 (2009)
- [Gol08] Golodetz, S., Voiculescu, I., Cameron, S., Region Analysis of Abdominal CT Scans using Image Partition Forests, In Proceedings of the 5th international conference on Soft computing as transdisciplinary science and technology (CSTST), pp. 432-437 (2008)
- [Gol09] Golodetz, S., Voiculescu, I., Cameron, S., Automatic Spine Identification in Abdominal CT Slices using Image Partition Forests, Proceedings of 6th International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA), pp. 117-122 (2009)
- [Gol10] Golodetz, S.M., Zipping and Unzipping: The Use of Image Partition Forests in the Analysis of Abdominal CT Scans, DPhil Thesis, University of Oxford (2010)
- [Gol14] Golodetz, S.M., Nicholls, C., Voiculescu, I.D., Cameron, S.A., Two Tree-Based Methods for the Waterfall, Pattern Recognition, vol. 47, issue 10, pp. 3276-3292 (2014)
- [Hei09] Heimann, T. [et al.] *Comparison and Evaluation of Methods for Liver Segmentation From CT Datasets*, IEEE Trans. Medical Imaging, 8 (28), pp. 1251-1265 (2009)
- [Jui00] Juille, H., J.B. Pollack, *Coevolutionary learning and the design of complex systems*, Advances in Complex Systems, 2:4, pp. 371-394 (2000)
- [Jui98] Juille, H., J.B. Pollack, *Coevolving the ideal trainer: Application to the discovery of cellular automata rules*, In John R. Koza, Wolfgang Banzhaf, Kumar Chellapilla, Kalyanmoy Deb, Marco Dorigo, David B. Fogel, Max H. Garzon, David E. Goldberg, Hitoshi Iba, and Rick Riolo, editors, Genetic Programming 1998: Proceedings of the Third Annual Conference, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, Morgan Kaufmann, pp. 519-527 (1998)
- [Jui98a] Juille, H., J. B. Pollack, *Coevolutionary learning: a case study*, Proc. 15th International Conf. on Machine Learning, Morgan Kaufmann, San Francisco, CA, pp. 251-259 (1998)
- [Kau10] Kauffmann, C., Piché, N., Seeded ND medical image segmentation by cellular automaton on GPU, Int. J. Comput. Assisted Radiol. Surg. 5 (3), pp. 251-262 (2010)
- [Koz92] Koza, J.R., *Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection*, MIT Press (1992).
- [Lan95] Land, M., R. K. Belew, *No perfect two-state cellular automata for density classification exists*, Physical Review Letters, 74:25, pp. 5148-5150 (1995)
- [Mar98] Mariano, A.S., G. M. B. de Oliveira, *Evolving one-dimensional radius-2 cellular automata rules for the synchronization task*, AUTOMATA-2008 Theory and Applications of Cellular Automata, Luniver Press, pp. 514-526 (1998)
- [Mit06] Mitchell, M., M. D. Thomure, N. L. Williams, *The role of space in the Success of Coevolutionary Learning*, Proceedings of ALIFE X - The Tenth International Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems (2006).
- [Mit93] Mitchell, M., P.T. Hraber, J.P. Crutchfield, *Revisiting the edge of chaos: Evolving cellular automata to perform computations*, Complex Systems, 7, pp. 89-130 (1993)
- [Mit96] Mitchell, M., J.P. Crutchfield, R. Das, *Evolving cellular automata with genetic algorithms: A review of recent work*, In Proceedings of the First International Conference on Evolutionary Computation and Its Applications (EvCA'96). Russian Academy of Sciences (1996).

- [Mor01] Morales, F.J., J. P. Crutchfield, M. Mitchell, *Evolving two-dimensional cellular automata to perform density classification: a report on work in progress*, Parallel Comput., 27, pp. 571-585 (2001)
- [Nay13] Nayak, D.R., Sahu, S.K., Mohammed, J., A Cellular Automata based Optimal Edge Detection Technique using Twenty-Five Neighborhood Model, International Journal of Computer Applications, vol. 84, issue 10, pp. 27-33 (2013)
- [Neu66] Neumann, J.V., *The Theory of Self-Reproducing Automata*. A. W. Burks (ed.) Univ. of Illinois Press, Urbana and London (1966)
- [Oli06] Oliveira P.P.B., J.C. Bortot, G. Oliveira, *The best currently known class of dynamically equivalent cellular automata rules for density classification*, Neurocomputing, 70:1-3, pp. 35-43 (2006)
- [Oli09] Oliveira, G.M.B., L.G.A. Martins, L.B. de Carvalho, E. Fynn, *Some investigations about synchronization and density classification tasks in one-dimensional and two-dimensional cellular automata rule spaces*, Electron. Notes Theor. Comput. Sci., 252, pp. 121-142 (2009)
- [Pac88] Packard, N. H., *Adaptation toward the edge of chaos*. Dynamic Patterns in Complex Systems, World Scientific, pp. 293-301 (1988)
- [Pag02] Pagie, L., M. Mitchell, *A comparison of evolutionary and coevolutionary search*, Int. J. Comput. Intell. Appl., 2:1, pp. 53-69 (2002)
- [Pri13] Priego, B., Souto, D., Bellas, F., Duro, R.J., Hyperspectral image segmentation through evolved cellular automata, Pattern Recognition Letters, Volume 34, Issue 14, pp. 1648-1658 (2013)
- [Qad12] Qadir, F., Peer M.A., Khan, K.A., Efficient edge detection methods for diagnosis of lung cancer based on twodimensional cellular automata, Advances in Applied Science Research, 3 (4), pp. 2050-2058 (2012)
- [Raj13] RajKumar, R.S., Niranjana, G., Image Segmentation and Classification of MRI Brain Tumors Based on Cellular Automata and Neural Network, International Journal Of Computational Engineering Research, vol. 1, issue 1 (2013)
- [Ros10] Rosin, P.L., Image processing using 3-state cellular automata, Computer Vision and Image Understanding, Volume 114, Issue 7, pp. 790-802 (2010)
- [Saf11] Safia, D., Oussama, D., Chawki, B.M., Image segmentation using continuous cellular automata, Programming and Systems (ISPS), 10th International Symposium on DOI: pp. 94 – 99 (2011)
- [Sho13] Shotrya, P., Bhardwaj, S., Image Segmentation Using Cellular Automata: A Technical Survey, International Journal Of Engineering And Computer Science, vol. 2, issue 4, pp. 1268-1272 (2013)
- [Tom02] Tomassini, M., M. Venzi, *Evolution of Asynchronous Cellular Automata for the Density Task*, Parallel Problem Solving from Nature - PPSN VII, Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, 2439, pp. 934-943 (2002)
- [Wan11] Wang, D., Kwok, N.M., Jia, X., Fang, G., A cellular automata approach for superpixel segmentation, Proceedings of the 4th International Congress on Image and Signal Processing (CISP), pp. 1108–1112 (2011)
- [Wol08] Wolz, D., P.P.B. de Oliveira, *Very effective evolutionary techniques for searching cellular automata rule spaces*, Journal of Cellular Automata 3, pp. 289-312 (2008)
- [Wol86] Wolfram, S., editor, *Theory and Applications of Cellular Automata*, Advanced series on complex systems, vol. 1, World Scientific Publishing, P. O. Box 128, Farrer Road, Singapore 9128 (1986)
- [Won11] Wongthanavas S., Cellular Automata for Medical Image Processing, Chapter 19 in "Cellular Automata - Innovative Modelling for Science and Engineering", book edited by Alejandro Salcido, ISBN 978-953-307-172-5 (2011)
- [Yag14] Yeghiazaryan, V., Voiculescu, I., Experiments on the Use of Fast Marching for Feature Identification, Proceedings of the Oxford University Department of Computer Science Student Conference (2014)
- [Zha08] Zhang, H., J.E. Fritts and S.A. Goldman, *A survey of image segmentation evaluation*, Computer Vision and Image Understanding, Elsevier, 2 (110), pp. 260-280 (2008)