

# Коалиционная Много-Агентная Система Принятия Решений на базе Мембранных Вычислений

Сильвия Мунтян, Виорика Судачевски, Виктор Абабий,  
Олеся Борозан, Дмитрий Бордиян, Анна Цуркан

Технический Университет Республики Молдова  
г. Кишинев, Республика Молдова

## I. ВВЕДЕНИЕ

Многоагентные системы принятия решений представляют особый интерес для проектирования эффективных систем управления сложными процессами. Учитывая факт наличия собственного Искусственного Интеллекта, Агенты способны к самоорганизации и накоплению знаний, что является очень важным в процессе принятия решений при управлении процессами с динамическим пространством состояния [1,2].

Большинство алгоритмов и моделей Искусственного Интеллекта, и для накопления знаний Агентами, реализованы на базе нейронных сетей, генетических алгоритмов, нечеткой логики, модели коллективного разума и поведения [3,4]. Используемые модели обеспечивают как качественное, так и количественное обеспечение функциональности Много-Агентной системы, однако, в процессе моделирования коалиционных Много-Агентных систем возникают затруднения связанные с процессом представления коалиции и динамические процессы в топологии и реконфигурации коалиции.

В данной работе представлен метод описания коалиционной Много-Агентной системы принятия решений на базе мембранных систем [5,6].

## II. ТОПОЛОГИЯ МЕМБРАННЫХ СИСТЕМ

Первые работы в области мембранных систем (*Membrane Computing / p-Systems*) были опубликованы Г. Пэун в конце прошлого века [5,6]. В настоящее время данное направление исследования получило широкое распространение среди разработчиков, как теоретических моделей, так и методов прикладного направления [7].

На Рисунке 1 представлены способы графического и математического описания топологии мембранной системы.

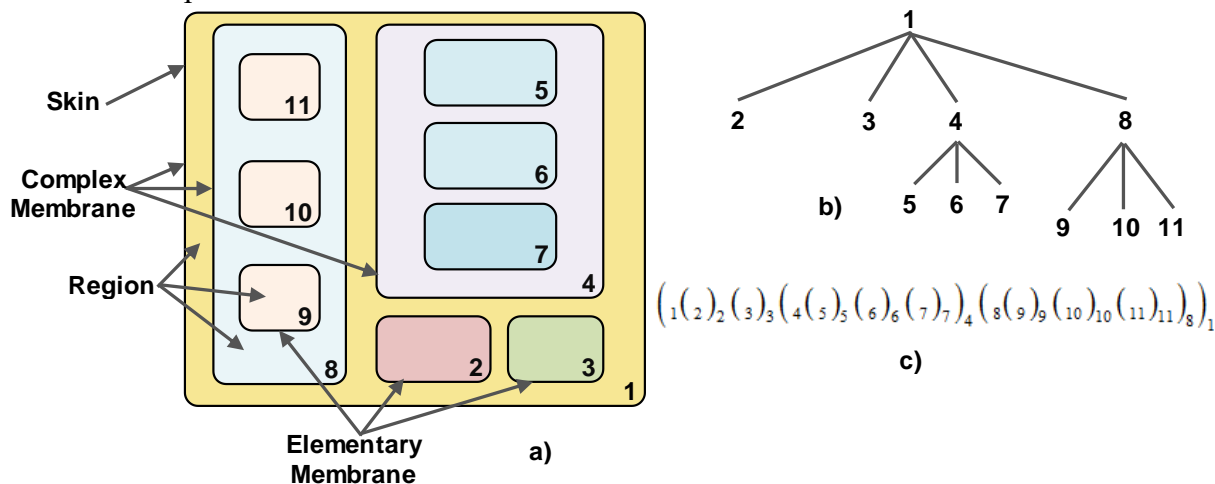


Рисунок 1 – Способы графического описания топологии мембранной системы

На Рисунке 1 представлено:

- а) Диаграмма Венн, которая содержит: множество элементарных мембран (2,3,5,6,7,9,10,11); множество сложных мембран (1,4,8); множество регионов ограниченные мембранными структурами; и внешняя мембрана.
- б) Граф диаграмма – представляющая описание параллельных и конкурирующих процессов;
- в) Формальная модель представленная в виде математической формулы.

### III. СТРУКТУРА КЛЕТОЧНОГО АВТОМАТА НА БАЗЕ МЕМБРАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Предлагаемая структура клеточного автомата представлена на Рисунке 2.

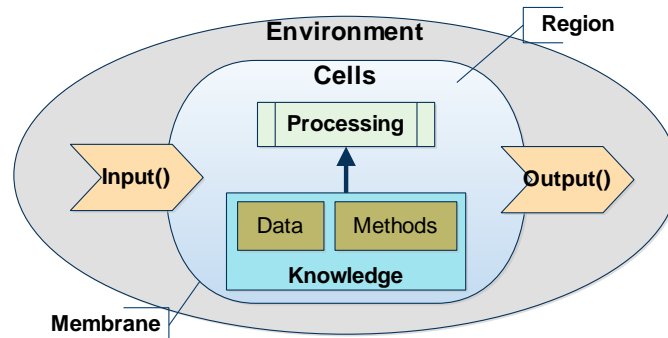


Рисунок 2 – Структура клеточного автомата на базе мембранных вычислений

Функционально клеточный автомат (*Cells*) представляет собой асинхронный процессор для обработки данных. Область действия клеточного автомата представлена в виде ограниченного пространства *Environment*. В структуре клеточного автомата мембрана выполняет две функции: *Input()* – ввод данных о состоянии пространства *Environment*; и *Output()* – вывод данных для воздействия на пространство *Environment*. Внутреннее пространство клеточного автомата *Region* представляет состояние клеточного автомата и реализовано в виде памяти для хранения входных и выходных данных. Алгоритмические основы клеточного автомата обеспечены базой знаний *Knowledge*, которая состоит из множества методов *Methods* (модели нейронных сетей, нечеткой логики, генетических алгоритмов и др. [8-14]) и данных *Data*. Само вычислительное устройство представлено в виде функционального блока *Processing*.

### IV. ПРИМЕР ЭВОЛЮЦИИ ТОПОЛОГИИ КОАЛИЦИОННЫХ МНОГО-АГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Пусть задано множество Агентов (*Agent 1 – Agent N*) [10,12,13,14]. Каждый Агент представляет собой клеточный автомат. В исходном состоянии, каждый Агент решает свои задачи, при этом взаимодействуя с другими Агентами. В процессе функционирования системы возникают общие интересы, которые могут привести к формированию коалиций (Рисунок 3).

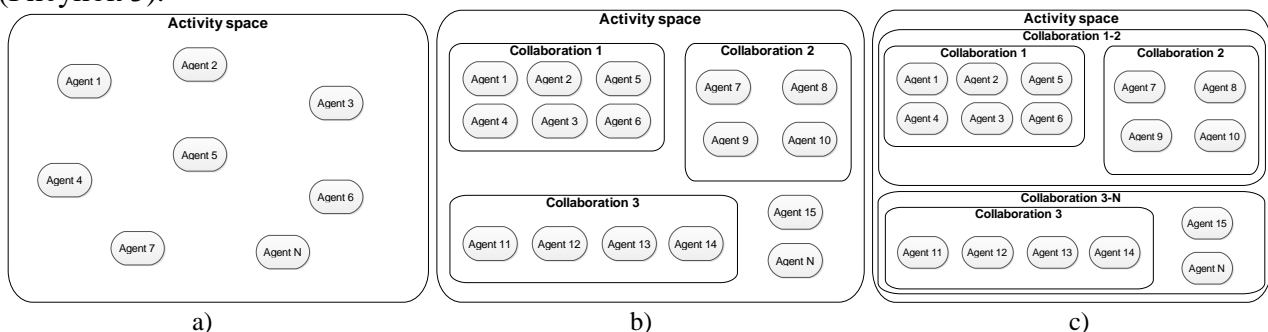


Рисунок 3 – Пример эволюции топологии коалиционных Много-Агентных систем

На Рисунке 3 представлены результаты эволюции топологии Много-Агентной системы, которая совпадает с моделью мембранной системы, представленная на Рисунке 1:

- a) Каждый Агент принимает решения самостоятельно;
- b) В процессе функционирования Агенты формировали три коалиции: *Collaboration 1*, *Collaboration 2*, *Collaboration 3*;
- c) Коалиции *Collaboration 1* и *Collaboration 2* объединили свои действия в *Collaboration 1-2*, остальные Агенты объединили свои действия в коалицию *Collaboration 3-N*.

## V. ВЫВОДЫ

В данной работе представлены результаты проектирования и моделирования коалиционной Много-Агентной системы принятия решений на базе мембранных вычислений. Также представлена структура клеточного автомата на базе мембранных вычислений, которая содержит порты ввода-вывода, память для хранения данных и базы знаний, и вычислительный блок. Функциональность клеточного автомата соответствует поведению живой клетке.

Дальнейшие исследования предусматривают проектирование клеточного автомата на базе перестраиваемых архитектур FPGA.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Byrski, R. Drezewski, L. Siwik, M. Kisiel-Dorohinicki. Evolutionary Multi-Agent Systems. *The Knowledge Engineering Review*, Vol. 30:2, 171-186, 2015. DOI: 10.1017/S0269888914000289.
- [2] V. Oduguwa, A. Tiwari, R. Roy. Evolutionary computing in manufacturing industry: an overview of recent applications. *Applied Soft Computing* 5 (2005), 281-299. DOI: 10.1016/j.asoc.2004.08.003.
- [3] D.L. Poole, A.K. Mackworth. Artificial Intelligence. Foundations of Computational Agents. Cambridge University Press. 656p., 2010, ISBN: 978-0-521-51900-7.
- [4] J. Hendler, H. Kitano, B. Nebel. *Handbook of Knowledge Representation. Foundations of Artificial Intelligence*. ELSEVER. 1035p., 2008, ISBN: 978-0-444-52211-5.
- [5] Gh. Paun, "A quick introduction to membrane computing," *The Journal of Logic and Algebraic Programming*, 79(6), pp. 291-294, 2010, doi: 10.1016/j.jlap.2010.04.002.
- [6] Gh. Paun, G. Rozenberg, A. Salomaa, *The Oxford Handbook of Membrane Computing*, Oxford University Press, 696p., 2009, ISSN: 978-0199556670.
- [7] *Ninth Workshop on Membrane Computing*. (WMC-09). Edinburgh, UK, July 28-31, 2008.
- [8] Ababii, V., Sudacevschi, V., Osovschi, M., Turcan, A., Nistiriuc, A., Bordian, D., Munteanu, S. Distributed System for Real-Time Collective Computing. *Proceedings of the Fifth Conference of Mathematical Society of Moldova, IMCS-2019, September 28 – October 1, 2019*, Chisinau, pp. 267-274. ISBN: 978-9975-68-378-4.
- [9] Ababii, V., Sudacevschi, V., Osovschi, M., Turcan, A. and Dubovoi, A. Distributed Applications for Real Time Control Systems. *In the Book of Abstracts of the 27th Conference on Applied and Industrial Mathematics, CAIM-2019, 19-22 September 2019, Targoviste, Romania, 2019*, pp. 16-17, ISSN: 2537-2688.
- [10] Ababii, V., Sudacevschi, V., Munteanu, S., Bordian, D., Calugari, D., Nistiriuc, A., Dilevschi, S. Multi-Agent Cognitive System for Optimal Solution Search. *Proceedings of the International Conference on Development and Application Systems (DAS-2018) 14th Edition, May 24-26, 2018, Suceava, Romania*, pp. 53-56, IEEE Catalog Number: CFP1865Y-DVD, ISBN: 978-1-5386-1493-8.
- [11] Ababii, V., Sudacevschi, V., Braniste, R., Turcan, A., Ababii, C., Munteanu, S. Adaptive computing system for distributed process control. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*. Vol. 22, No 2, September 2020, pp. 258-264. ISSN: 2509-0119.
- [12] Sudacevschi, V., Ababii, V., Munteanu, S. Distributed Decision-Making Multi-Agent System in Multi-Dimensional Environment. *ARA Journal of Sciences*, 3/2020, pp. 74-80, ISSN: 0896-1018.
- [13] Ababii, V., Sudacevschi, V., Safonov, Gh. Designing a Collective Agent for synthesis of Adaptive Decision-Making Systems. *Sciences of Europe (Praha, Czech Republic)*, Vol 1, No 17(17), 2017, pp. 70-75, ISSN: 3162-2364.
- [14] Safonov, Gh., Ababii, V., Sudacevschi V. (2016) Analysis of distributed computing architectures for synthesis of multi-agent systems. *European Applied Sciences Journal*, № 9, 2016 (September), pp. 34-37, ISSN: 2195-2183.