

## STRUCTURI DE CALCUL MEMBRANAR PENTRU DEZVOLTAREA SISTEMELOR CU PROPRIETĂȚI COGNITIVE

Silvia MUNTEANU<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică, Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor, Chișinău, Republica Moldova

\*Autorul corespondent: Munteanu Silvia, e-mail: [silvia.munteanu@calc.utm.md](mailto:silvia.munteanu@calc.utm.md)

**Rezumat.** În lucrarea de față este prezentată o metodă de descriere a structurilor de calcul membranar destinate pentru a dezvolta sisteme de conducere sau decizionale cu proprietăți cognitive. Modelul de calcul membranar permite de a interpreta procesele paralele și concurente printr-o descriere formală simplă în care toate procesele sunt asincrone și sunt declanșate de condiții de stare internă a acestora. O membrană poate crea o Celulă simplă de calcul sau o Celulă complexă în care pot face parte o mulțime de celule simple. Structura unei Celule simple este formată din: portul de intrare - care asigură accesul datelor din exterior; o bază de cunoștințe - care asigură procesarea datelor; și portul de ieșire - care asigură transmiterea datelor în exterior. Complexitatea algoritmică a unei Celule complexe este determinată de topologia internă a acesteia.

**Cuvinte cheie:** calcul distribuit, calcul concurent, p-system, sistem cognitiv, calcul celular, celulă elementară, celulă complexă.

### Introducere

Lumea care ne înconjoară prezintă un sistem complex în care toate procesele se petrec în mod paralel, totodată generând și un factor de concurență care pînă la urmă se află la baza evoluției pentru toate organismele vii. În rezultatul analizei comportamentale ale diferitor organisme vii au fost dezvoltate numeroase teorii, metode și modele matematice care se află la baza dezvoltării sistemelor de calcul bazate pe Inteligența Artificială [1-3].

Modul de reprezentare și raționamentul cunoașterii, se află la baza Inteligenței Artificiale, care are ca scop ideea ca să înțeleagă atât de bine natura inteligenței și a cunoașterii încât sistemele de calcul să poată prezenta abilități asemănătoare omului. Un rol important în favoarea Inteligenței Artificiale este faptul că poate fi formalizată ca raționament simbolic cu reprezentări explicite ale cunoașterii și că provocarea principală a cercetării este de a stabili cum să reprezinte cunoștințele în sistemele de calcul și cum să le folosească algoritmic pentru rezolvarea problemelor [4].

În ultimii ani s-au făcut progrese importante în trei direcții de cercetare ale Inteligenței artificiale: [4]

- metode generale de reprezentare a cunoștințelor și de raționament, abordându-se probleme fundamentale care acoperă domeniile aplicației;
- metode specializate de reprezentare a cunoștințelor și raționament pentru a gestiona domeniul de bază, cum ar fi timpul, spațiul, cauzalitatea și acțiunea;
- aplicații ale reprezentării și raționamentului cunoașterii, inclusiv răspunsuri la interogări, planificare și web semantic.

Conform datelor prezentate în [1-4] la baza descrierii formale a Inteligenței Artificiale se află: Logica Fuzzy, Rețelele Neuronale, Algoritmi Genetici, Sisteme Imune Artificiale, etc.

Un interes deosebit în proiectarea sistemelor cu proprietăți bazate pe cunoștințe îl prezintă Calculul Membranar sau p-Systems care permite de a combina metodele de descriere formală definite pentru Inteligența Artificială și noțiunea de Celulă Biologică Vie care poate fi interpretată ca un sistem de calcul autonom (Calcul Celular) cu proprietăți inteligente.

Primele lucrări orientate spre metodele de definire și aplicare ale Calculului Membrantar (Membrane Computing / p-Systems) au fost publicate de Gh. Păun la sfârșitul secolului XX. Astăzi, acest domeniu al științei informaticii prezintă o direcție de cercetare și modelare a sistemelor de calcul paralel/concurent și distribuit [5-7].

### Structura sistemului membrantar

Structura unui sistem membrantar poate fi definit prin trei metode care sunt prezentate în figura 1, unde:

- diagrama Venn care include: mulțimea de membrane elementare (2,3,5,6,8,9,10); mulțimea de membrane complexe (1,4,7); mulțimea de regiuni limitate de membrane; membrana externă – Skin.
- diagrama graf – prezintă paralelismul și procesele concurente în structura membrantară.
- Modelul formal definit prin paranteze matematice.

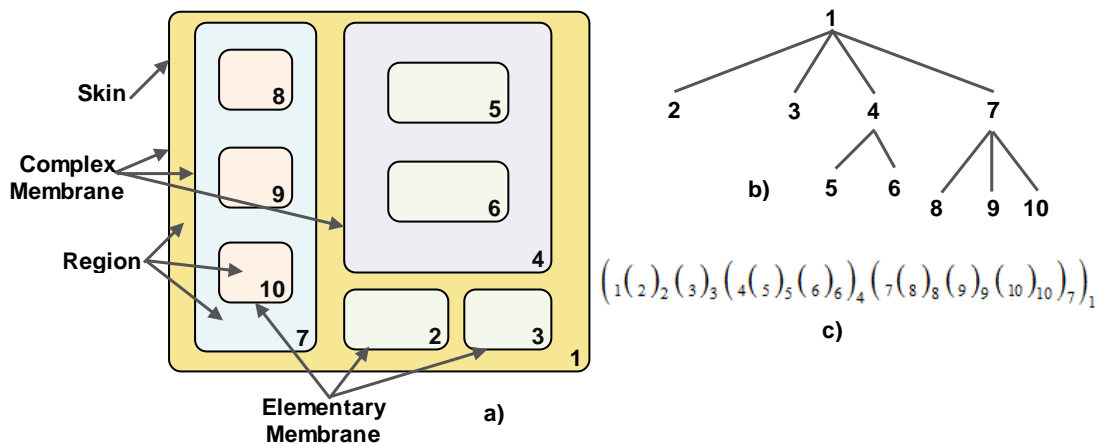


Figura 1. Structura sistemului membrantar: modele de definire

### Structura celulei în baza modelului de calcul membrantar

Structura celulei în baza modelului de calcul membrantar este prezentată în figura 2. Funcțional o Celulă (*Cells*) prezintă un sistem de procesare asincronă a datelor. Spațiul de activitate a Celulei este limitat de mediul de activitate *Environment* de membrana (*Membrane*) care îndeplinește două funcții: *Input()* – permite ca datele din mediul de activitate *Environment* să pătrundă în spațiul intern al Celulei pentru procesare; *Output()* – permite ca datele procesate din spațiul intern al Celulei să acționeze asupra mediului de activitate *Environment*. Spațiul intern al Celulei (*Region*) prezintă o mulțime de date destinate procesării. Procesarea datelor interne este efectuată în baza setului de cunoștințe *Knowledge* care prezintă o mulțime de metode și modele matematice, logică Fuzzy, Rețele Neuronale etc. [8-12].

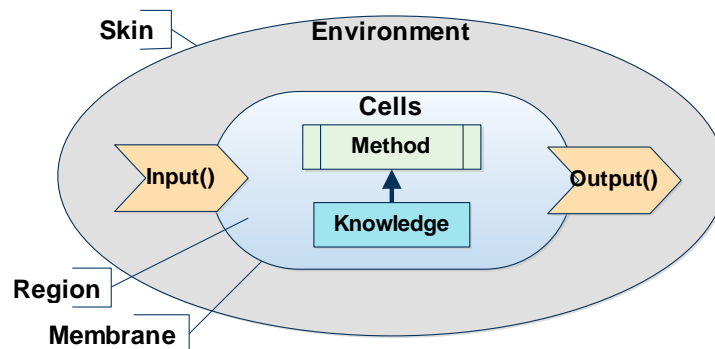


Figura 2. Structura Celulei în baza modelului de calcul membrantar

### Structura celulei complexe în baza modelelor de calcul membranar

O Celulă complexă (*Macro-Cells*) este formată din mai multe Celule elementare care sunt grupate într-un spațiu comun de procesare a datelor. Structura unei Celule complexe este prezentată în figura 3, unde: este prezentat mediul de activitate *Environment*; Celula complexa formată din 4 celule elementare; și baza de cunoștințe *Knowledge* care pune la dispoziție mulțimea de metode *Method* pentru procesarea datelor. Fiecare Celulă prezintă o regiune de activitate care comunică cu mediul exterior prin intermediul porturilor de intrare *Input()* și ieșire *Output()*.

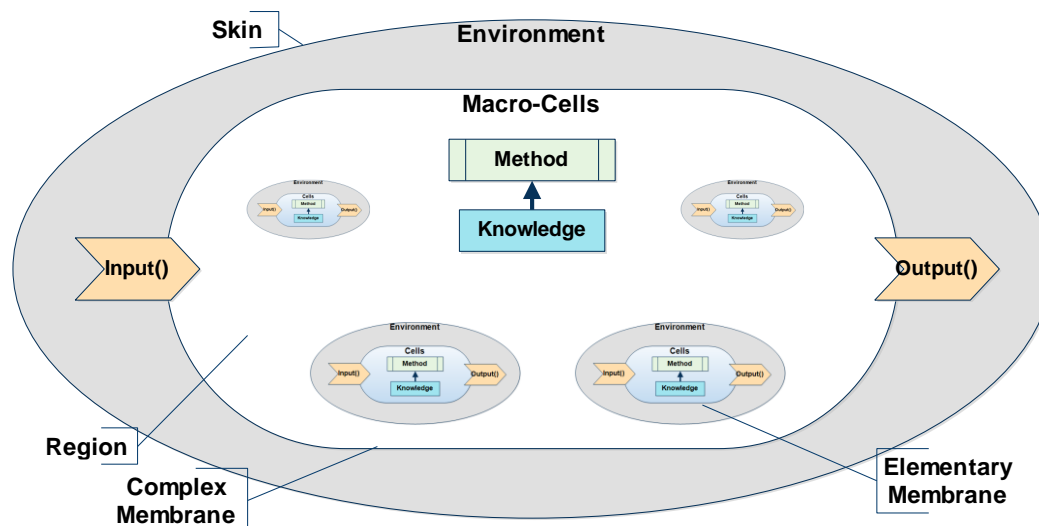


Figura 3. Structura Celulei complexe în baza modelelor de calcul membranar

### Concluzii

Calculul membranar prezintă o soluție perfectă pentru descrierea formală și modelarea funcțională a proceselor de calcul cu evenimente paralele și concurente. Datorită faptului că este inspirat din natură, aceste modele, foarte ușor, pot fi adaptate și implementate în diverse procese de control sau de luare a deciziilor la baza cărora sunt modele de Inteligență Artificială.

Funcționalitatea unui sistem membranar (Celulă) este asociată cu comportamentul unei Celule care este unitatea de bază structurală, funcțională și genetică a tuturor organismelor vii. Comportamentul unei Celule de calcul tinde să integreze proprietățile fiziologice ale Celulei vii care diferențiază materia vie de corpurile lipsite de viață, și anume: Metabolismul, Excitabilitatea și Adaptabilitatea.

În lucrarea de față sunt prezentate rezultatele proiectării structurii unei Celule elementare și modul de obținere a celulelor complexe. O Celulă elementară prezintă o unitate autonomă de procesare a datelor. Schimbul de date cu mediul exterior este efectuat prin intermediul porturilor de intrare și ieșire. Mulțimea de date interne a Celulei formează starea acesteia. Aceste date sunt procesate în baza unui set de cunoștințe care asigură mulțimea de modele bazate pe Inteligența Artificială.

Obiectivul de bază al utilizării calculului membranar în sistemele de control sau de luare a deciziilor este cercetarea capacității de implementare a acestora în arhitecturi de calcul reconfigurabile asociate cu dinamica celulelor vii.

Pentru viitor sunt planificate implementarea celulelor în arhitecturi FPGA și dezvoltarea modelelor de descriere formală a interacțiunii acestora pentru obținerea structurilor de macrocelule cu capacități de procesare a datelor predefinite.

**Mulțumiri.** Rezultatele prezentate în lucrare fac parte din tematica de cercetare a tezei de doctorat "Structuri de calcul distribuit în baza algoritmilor inteligenți cu proprietăți cognitive". Testările funcționale și experimentale s-au realizat cu suportul tehnic și tehnologic oferit de Departamentul Informatică și Ingineria Sistemelor.

### Referințe

1. RICH, E., KNIGHT, K., NAIR, Sh. *Artificial Intelligence*. Third Edition. Tata Mc-Graw-Hill. 2009. 585p., ISBN: 978-0-07-008770-5.
2. RABELO, L., BHIDE, S., GUTIERREZ, E. *Artificial Intelligence: Advances in Research and Applications*. NOVA SE, NY. 2018. 364p., ISBN: 978-1-53612-677-8.
3. ERTEL, W. *Introduction to Artificial Intelligence*. Springer. 2011. 329p. ISBN: 978-0-85729-298-8.
4. HENDLER, J., KITANO, H., NEBEL, B. *Handbook of Knowledge Representation*. Foundations of Artificial Intelligence. 2008, 1035p., ISBN: 978-0-444-52211-5.
5. PAUN, Gh. 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. PAUN, Gh., ROZENBERG, G., SALOMAA, A. *The Oxford Handbook of Membrane Computing*, Oxford University Press, 696p., 2009, ISSN: 978-0199556670.
7. GUAVITO, J.-L., OLIVER, M. *The Topological Structures of Membrane Computing*. LaMI technical report N70-2001, 27p., November 2001.
8. 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, 2018, IEEE Catalog Number: CFP1865Y-DVD, ISBN: 978-1-5386-1493-8.
9. 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, 2020, ISSN: 0896-1018.
10. ABABII, V., SUDACEVSCHI, V., MELNIC, R., MUNTEANU, S. Multi-Agent System for Distributed Decision-Making. *National Science Journal (Ekaterinburg, Russia)*, Vol 2, No 45, 2019, pp. 19-23, ISSN: 2413-5291. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2019.2.45.
11. ABABII, V., SUDACEVSCHI, V., SAFONOV, Gh. Designing a Collective Agent for synthesis of Adaptive Decision-Making Systems. *Sciences of Europe (Prahá, Czech Republic)*, Vol 1, No 17(17), 2017, pp. 70-75, ISSN: 3162-2364.
12. SAFONOV, Gh., ABABII, V., SUDACEVSCHI V. Analysis of distributed computing architectures for synthesis of multi-agent systems. *European Applied Sciences Journal*, № 9, 2016, pp. 34-37, ISSN: 2195-2183.