

# SISTEM PENTRU COMANDA UNEI COLONII de ROBOȚI MOBILI în BAZA MODELELOR de REȚELE NEURONALE

Victor ABABII<sup>1</sup>, Viorica SUDACEVSCHI<sup>1</sup>, Dimitri BORDIAN<sup>1</sup>, Alexei RASCHIPKIN<sup>2,3</sup>  
<sup>1</sup>Technical University of Moldova, <sup>2</sup>Czech Technical University in Prague, <sup>3</sup>Ternopil National  
Economic University

[Victor.ababii@calc.utm.md](mailto:Victor.ababii@calc.utm.md)

**Adnotare** — În lucrare sunt prezentate rezultatele proiectării unui sistem pentru comanda unei colonii de roboți mobili în baza modelelor de rețele neuronale. Sistemul asigură calculul direcției de deplasare a coloniei de roboți mobili pentru a atinge valorile minimale ale spațiului de stare. Pentru racordarea modelului de rețea neuronală la structura robotului mobil sunt elaborate modele analitice care permit conectarea semnalelor de stare a spațiului investigat și a motoarelor de deplasare a roboților mobili.

**Cuvinte Cheie** — sistem de comandă, colonie de roboți mobili, rețea neuronală, spațiu de operare, procesare paralelă și distribuită.

## I. INTRODUCERE

Astăzi este imposibil de imaginat dezvoltarea unei societăți moderne și de perspectivă fără de utilizarea roboților inteligenți [1]. Roboții deja au devenit un instrument inteligent care permite înlocuirea ființei umane, în diferite domenii, acolo unde: mediul de activitate prezintă un pericol pentru viața omului [2], aplicarea forței umane nu mai este eficientă [3], sau pur și simplu pentru a încerca înlocuirea omului în gospodărie [4].

Un interes deosebit, în dezvoltarea roboților inteligenți, prezintă comportarea acestora în grup sau colonii de roboți [5-7], care bazându-se pe algoritmi de procesare distribuită a datelor trebuie să rezolve o problemă unică specifică mediului de activitate sau sarcinii predefinite.

La momentul de față, sistemele bazate pe modele de inteligență artificială, oferă cele mai bune performanțe în modelarea și implementarea sistemelor de comandă a roboților mobili. Dintre acestea pot fi menționate: calculul evolutiv, rețele neuronale și logica Fuzzy [8].

În lucrarea de față este abordată problema sintezei unui sistem pentru comanda unei colonii de roboți mobili în baza rețelelor neuronale. Selecția rețelelor neuronale în calitate de modele de comandă este demonstrată prin faptul că acestea oferă posibilitatea de învățare pe parcursul funcționării, asigură rezolvarea problemelor de optimizare multicriterială cu aplicarea calculului paralel [9]. Datorită paralelismului oferit de rețelele neuronale acestea sunt tolerante la defecte, în caz de defectarea unui neuron, funcțiile acestuia sunt preluate de alți neuroni.

## II. FORMULAREA PROBLEMEI

Fie este definită o colonie de roboți mobili  $RM = \{RM_j, \forall j = \overline{1, J}\}$  care activează în spațiul  $SP \in R^{(N+3)}$ , unde  $R^N$  este starea spațiului  $SP = \{sp_i, i = \overline{1, N}\}$  și  $R^3 = \{x, y, z\}$  coordonatele geografice de amplasare a roboților mobili. Spațiul  $SP$  îndeplinește condiția  $SP < SP^*$ , unde  $SP^*$  limita de variație. Să se elaboreze algoritmul care asigură deplasarea coloniei de roboți mobili în punctul  $R_0^3 = \{x_0, y_0, z_0\}$  în care valorile de stare ale spațiului  $SP$  asigură condiția  $SP \rightarrow SP_{\min}$ , unde  $SP_{\min}$  sunt valorile de stare minimale admisibile cu condiția că  $SP_{\min} < SP^*$ .

În scopul rezolvării problemei menționate se propune următoarea transformarea spațială  $R^3 \xrightarrow{\cos(\varphi)} R^2$  care prezintă proiecția spațiului 3-dimensional de poziționare a roboților mobili pe planul 2-dimensional (harta geografică),  $\varphi$  - este unghiul format dintre planul tangentă la profilul spațiului 3-dimensional. În rezultatul acestor transformări vom obține  $R^2 = \{x', y'\}$ .

## III. SINTEZA MODELULUI REȚELEI NEURONALE PENTRU COMANDA COLONIEI DE ROBOȚI MOBILI

Pentru comanda coloniei de roboți mobili se propune spre utilizare modele de rețele neuronale Hopfield [13, 14], care asigură găsirea valorilor minimale pentru spațiul de stare  $SP$ . În Figura 1 este prezentat modelul rețelei neuronale pentru comanda coloniei de roboți mobili, unde:  $MR_j, j = \overline{1, J}$  - mulțimea de roboți mobili care formează o rețea neuronală complexă unică;

$\{\sum_{N_{j,1}}, \sum_{N_{j,2}}, \forall j = \overline{1, J}\}$  - perechea de neuroni care formează modelul de comandă cu robotul mobil  $j$ ;  $\{Y_{j,1}, Y_{j,2}, \forall j = \overline{1, J}\}$  - ieșirile neuronilor și legăturile de reacție;  $\{X_{j,1}, X_{j,2}, \forall j = \overline{1, J}\}$  - intrările neuronilor care prezintă spațiul de stare  $SP$ ;  $\{W_{j,1}^{i,1}, \dots, W_{j,2}^{i,2}, \forall ((j = \overline{1, J}, i = \overline{1, J}) \vee (i \neq j))\}$  - ponderile intrărilor ale rețelei neuronale.

Ieșirile neuronilor sunt calculate din expresia [11, 12],:

$$\begin{cases} Y_{j,1} = \sum_{i=1}^J (Y_{i,1} W_{j,1}^{i,1}) + \sum_{s=1}^J (Y_{s,2} W_{j,2}^{s,2}) + X_{j,1} W_{j,1}^{j,1}, \forall i \neq j; \\ Y_{j,2} = \sum_{i=1}^J (Y_{i,1} W_{j,1}^{i,1}) + \sum_{s=1}^J (Y_{s,2} W_{j,2}^{s,2}) + X_{j,2} W_{j,2}^{j,2}, \forall s \neq j; \\ \forall j = \overline{1, J}. \end{cases} \quad (1)$$

#### IV. ADAPTAREA MODELULUI REȚELEI NEURONALE LA ARHITECTURA ROBOTULUI MOBIL ȘI LA SPAȚIUL DE STARE

Logica de comandă a coloniei de roboți mobili se bazează pe funcționalitatea modelului de rețea neuronală de tip Hopfield (Figura 1). Adaptarea rețelei neuronale Hopfield la spațiul de stare este efectuată în baza expresiei (2), unde intrările neuronilor  $\{X_{j,1}, X_{j,2}, \forall j = \overline{1, J}\}$ , sunt calculate din expresia:

$$\begin{cases} X_{j,1} = f_{j,1}(\sin(V_j), I_j), \\ X_{j,2} = f_{j,2}(\cos(V_j), I_j). \end{cases} \quad \forall j = \overline{1, J}. \quad (2)$$

În expresia (2) sunt specificate:  $V_j$  - vectorul - direcție de deplasare a robotului mobil  $j$ ;  $\sin(V_j)$  și  $\cos(V_j)$  - proiecția vectorului  $V_j$  pe sistemul de coordonate al planului de referință  $R^2$ ;  $I_j$  - intensitatea câmpului de optimizare detectat de robotul mobil  $MR_j$ ;  $f_{j,1}$  și  $f_{j,2}$  - funcții pentru calculul valorilor de intrare a rețelei neuronale.

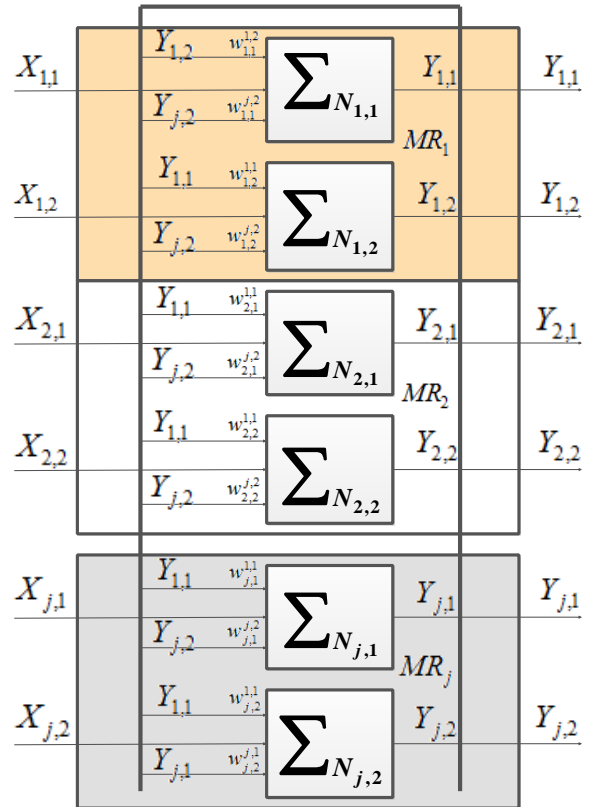


Figura 1. Modelul rețelei neuronale pentru comanda coloniei de roboți mobili.

Ponderile pentru intrările și legăturile dintre componentele rețelei neuronale sint calculate din expresia (3):

$$\begin{cases} W_{j,1}^{i,1} = g_{j,1}(dI_j/dV_j), \\ W_{j,2}^{i,2} = g_{j,2}(dI_j/dV_j), \end{cases} \quad \forall j, i = \overline{1, J}, \quad (3)$$

unde:  $dI_j/dV_j$  - viteza de variație a câmpului de optimizare pentru ultimul pas de deplasare a robotului mobil  $MR_j$ ;  $g_{j,1}$  și  $g_{j,2}$  - funcții de calcul a ponderilor pentru legăturile în rețeaua neuronală.

Deplasarea roboților mobili pentru a atinge valorile optime ale spațiului  $SP$  este efectuată în baza a două motoare  $DC$ . Pentru comanda cu motoarele este utilizată expresia (4):

$$\begin{cases} PWM_{ML,j} = \xi_{j,1}(Y_{j,1}), \\ PWM_{MR,j} = \xi_{j,2}(Y_{j,2}), \end{cases} \quad \forall j = \overline{1, J}, \quad (4)$$

unde:  $Y_{j,1}$  și  $Y_{j,2}$  - ieșirile rețelei neuronale pentru comanda cu robotul mobil  $MR_j$ ;  $\xi_{j,1}$  și  $\xi_{j,2}$  - funcții pentru transformarea ieșirilor  $Y_{j,1}$  și  $Y_{j,2}$  ale rețelei neuronale în semnale  $PWM_{ML,j}$  și  $PWM_{MR,j}$  (Pulse-Width Modulation) pentru comanda cu viteza și direcția de deplasare a robotului mobil  $MR_j$ .

## CONCLUZII

În rezultatul proiectărilor efectuate au fost obținute modelul rețelei neuronale pentru comanda unei colonii de roboți mobili care se deplasează spre un punct cu valoarea minimală a spațiului de stare. Modelul rețelei neuronale asigură procesarea paralelă a datelor, ceea ce duce la accelerare și distribuirea optimală a puterii de calcul. Calculele experimentale efectuate au demonstrat o dependență liniară a timpului de convergență în raport cu numărul de roboți mobili implicați în căutarea punctului minimal.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] <http://www.yoda.ro/techschool/robotii-sf-vs-robotii-reali.html> (accesat 15.01.2016).
- [2] <http://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/heres-why-we-should-be-using-modular-robots-to-explore-fukushima> (accesat 20.01.2016).
- [3] <http://playtech.ro/2015/samsung-dezvolta-roboti-pentru-a-inlocui-forta-de-munca-ieftina/> ((accesat 07.02.2016).
- [4] <http://robocraft.ru/forum/viewtopic.php?f=11&t=579> (accesat 01.02.2016).
- [5] Cortes J.; Martínez, S.; Karatas, T.; and Bullo, F. Coverage Control for Mobile Sensing Networks. In Proceedings of the IEEE Conference on Robotics and Automation, pp. 1327-1332. Arlington, VA. 2002.
- [6] Howard, A.; Parker, L.; and Sukhatme, G. Experiments with a Large Heterogeneous Mobile Robot Team: Exploration, Mapping, Deployment and Detection. The International Journal of Robotics Research 25: pp. 431- 447. 2006.
- [7] Sugar, T. G., and Kumar, V. C. Control of Cooperating Mobile Manipulators. In IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol.18, No.1, pp. 94-103. 2002.
- [8] Dziřac, I. Inteligență artificială – Arad : Editura Universității „Aurel Vlaicu”, 2008. - 182p. ISBN: 978-973-752-292-4.
- [9] Dumitrescu, D.; Costin, H., Rețele neurale: teorie și aplicații, Teora, Bucuresti, 1996.
- [10] Ababii, Victor; Sudacevschi, Viorica; Podubnii, Marin; Cojuhari, Irina. Sensors network based on mobile robots. International Conference on DEVELOPMENT AND APPLICATION SYSTEMS 12th Edition, May 15-17, 2014, Suceava, ROMANIA, pp. 70-72, ISSN 1844-5039. DOI: 10.1109/DAAS.2014.6842430.
- [11] Абабий, В.; Судачевски, В.; Подубный, М. Поиск оптимального алгоритма для систем коллективного принятия решения. Proceedings of the Ninth International Scientific-Practical Conference INTERNET - EDUCATION – SCIENCE, IES-2014, 14 - 17 October, 2014, Vinnytsia, Ukraine, pp. 28-30 , ISBN 978-966-641-491-8.
- [12] Ababii, V.; Sudacevschi, V.; Sachenko, A.; Roshchupkin, O.; Maykiv, I. Mobile Sensors Network for Detection of Ionizing Radiation Sources. Proceeding of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACA-2015, 24-26 September 2015, Warsaw, Poland, Vol. 2, pp. 913-917, IEEE Catalog Number: CFP15803-PRT, ISBN: 978-1-4673-8359-2.
- [13] Humayun Karim Sulehria, Ye Zhang. “Hopfield Neural Networks—A Survey”. Proceedings of the 6th WSEAS Int. Conf. on Artificial Intelligence, Knowledge Engineering and Data Bases, Corfu Island, Greece, February 16-19, 2007, pp. 125-130.