

**Academia  
Oamenilor de Știință  
din România**



**Academy  
of Romanian  
Scientists**

Add: Splaiul Independenței nr. 54 sector 5, 050094, București, ROMANIA, Cod Fiscal: 5091859  
Tel. 00-4021/314.74.91; Fax. 00-4021/314.75.39, Web-site: [www.aos.ro](http://www.aos.ro) , E-mail: [aosromania@yahoo.com](mailto:aosromania@yahoo.com)

**Tema**

**UTILIZAREA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE ÎN PREDICȚIA DATELOR  
DIN SISTEMELE AUTOMATIZATE INDUSTRIALE**

**Raport intermediar 2: METODOLOGIA CERCETĂRII PENTRU  
PREDICȚIA DATELOR**

**Autor:**

Dr. ing. Alexandru-Daniel TUFAN

**Coordonator:**

Prof. univ. dr. ing. Miron ZAPCIU

## METODOLOGIA CERCETĂRII

Sistemul adaptiv de inferență neuro-fuzzy (ANFIS-Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System) este un sistem de prognozare hibrid, compus din rețea neuronală artificială (RNA) și logică fuzzy (LF).

Sistemul de inferență adaptiv neuro-fuzzy generează un sistem de deducere fuzzy de tip FIS Sugeno cu o singură ieșire (tip singleton) și reglează parametrii sistemului utilizând datele de instruire specificate de intrare/ieșire.

Structura FIS este generată automat folosind partiționarea în rețea.

Metoda constă în patru etape:

**Etapa 1.** Se introduc datele de intrare în RNA-BP (Figura 1) care este realizată din 3 straturi:

- stratul de intrare,
- stratul ascuns și
- stratul de ieșire.

Din cele  $n=3$  coloane încărcate, coloanele  $(1, \dots, n-1) = (1-2)$  sunt utilizate pentru realizarea instruirii rețelei neuronale artificiale adaptive și a funcțiilor de apartenență pentru variabilele de intrare fuzzy, iar coloana  $n=3$  este utilizată pentru realizarea funcțiilor de apartenență a variabilei de ieșire fuzzy având ca metodă de defuzzyficare FIS Sugeno [21].

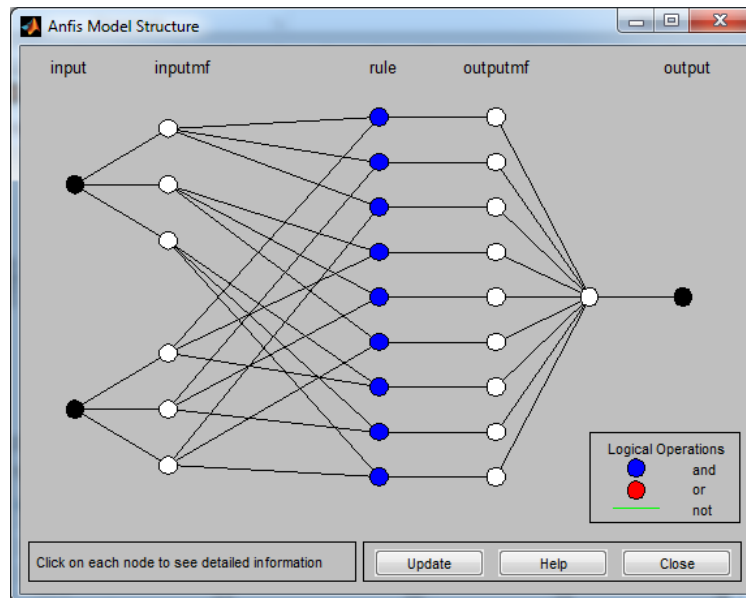
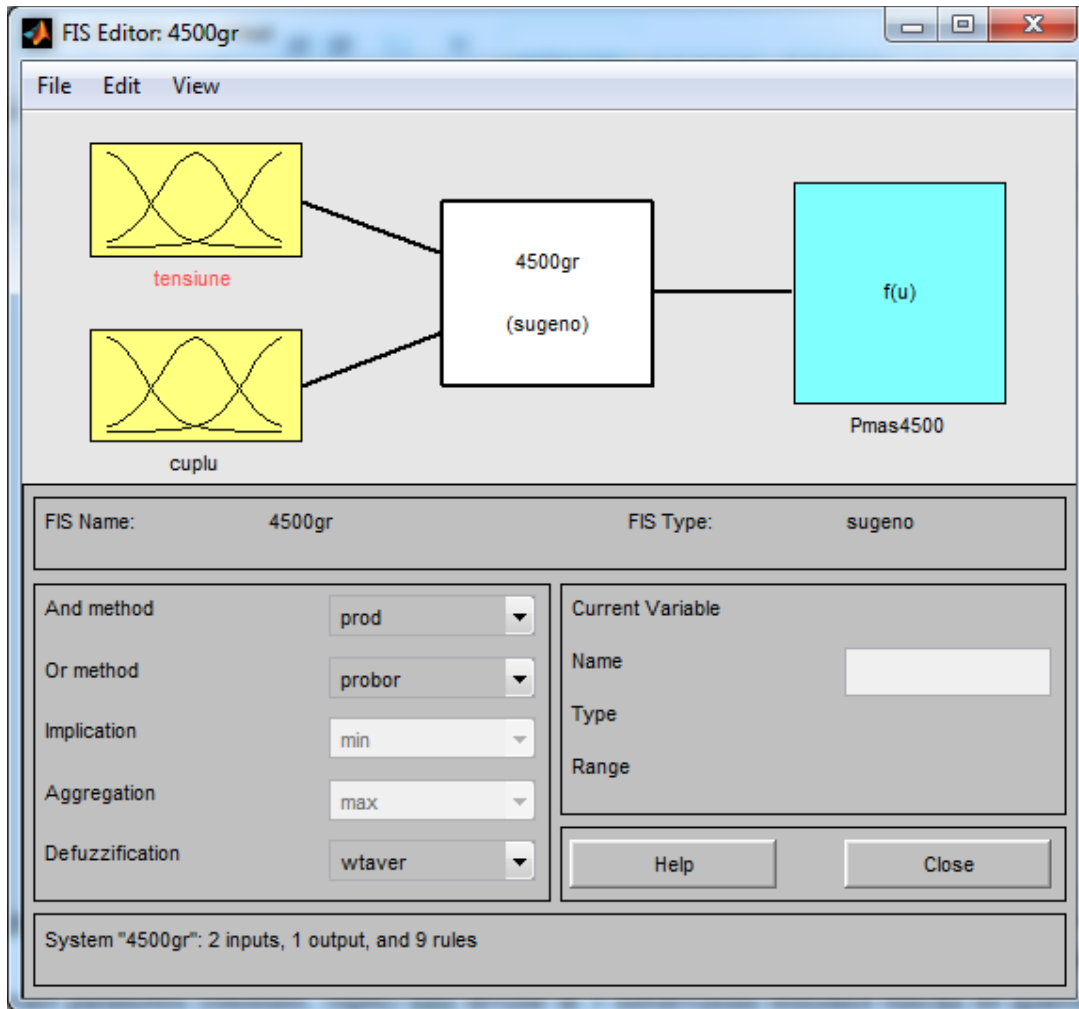


Figura 1 Structura RNA-BP realizată de ANFIS

**Etapa 2.** Softul Matlab R2011b realizează conexiunea între algoritmi RNA-BP și fuzzy logic.

**Etapa 3.** Datele de ieșire din RNA-BP sunt utilizate pentru sistemul de inferență fuzzy (Figura 2).



**Figura 2** Structura fuzzy logic realizată de ANFIS

Fiecare parametru (tensiune, cuplu) este divizat în 3 subdiviziuni utilizând funcția de apartenență fuzzy de tip triunghiular (Figura 3). Funcțiile de apartenență sunt construite prin suprapunere.

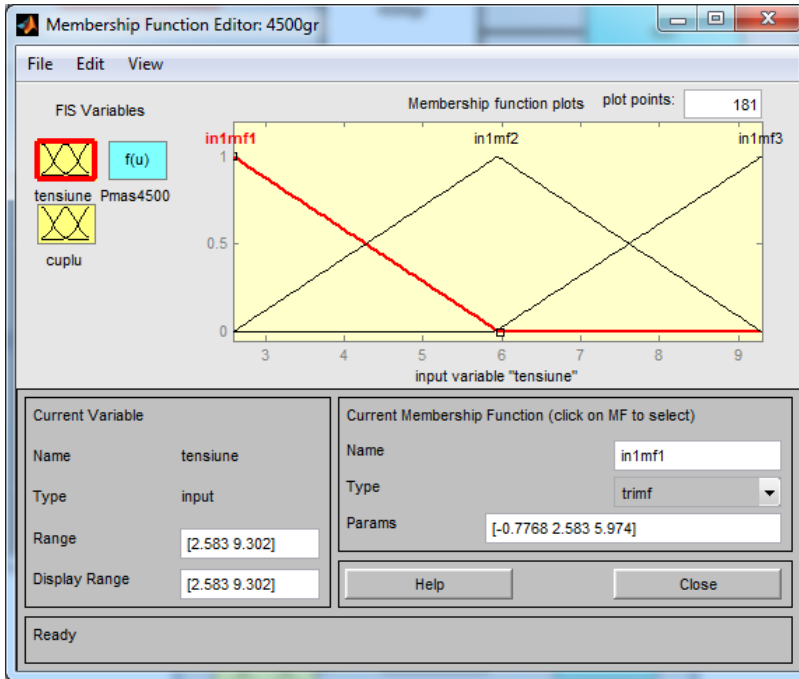


Figura 3 Modul de divizare a domeniului pe funcții de apartenență

Pentru cei doi parametri sunt stabilite 9 reguli. În prima fază se testează regulile prezentate în format lingvistic (Figura 4).

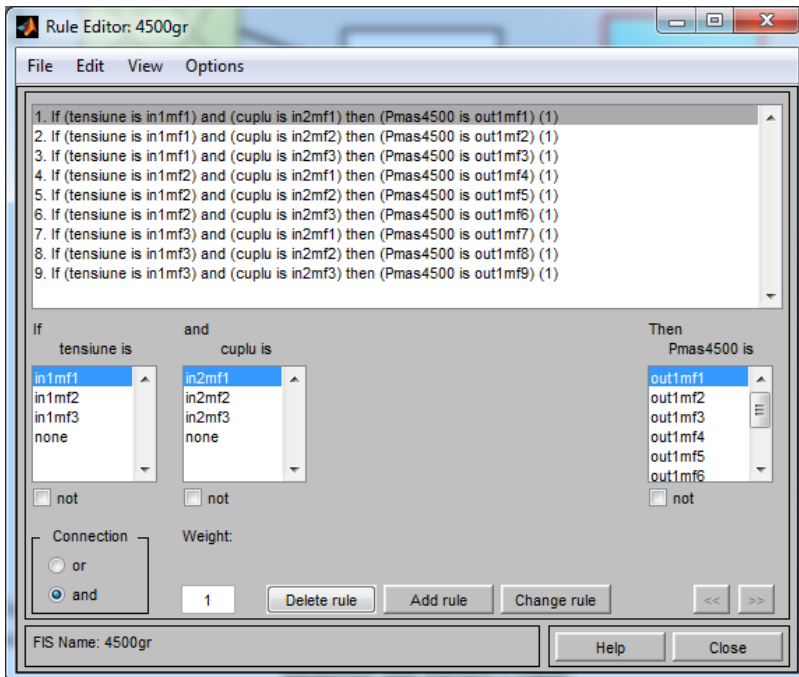
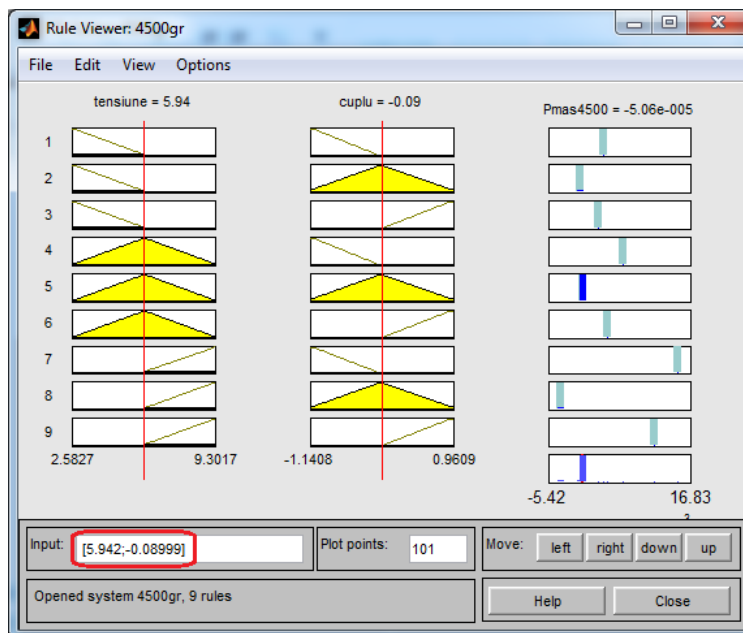


Figura 4 Prezentarea regulilor în format lingvistic

**Etapa 4.** Se testează stuctura fuzzy logic din punct de vedere a preciziei predicției.

În caseta Input (marcată cu un dreptunghi roșu) se introduce perechea de numere (cazul nostru tensiune și cuplu) pentru care se dorește aflarea predicției (pentru parametrul de tip putere consumată).



**Figura 5** Prezentarea modului de testare a ANFIS

## **PREDICȚIA PRIN UTILIZAREA METODEI HIBRIDE:**

### **REȚELE NEURONALE ARTIFICIALE – FUZZY LOGIC**

Metoda hibridă analizată în tem (ANFIS) este destinată predicției de valori în interiorul domeniului pentru perechi de valori care prezintă interes dar nu au fost măsurate.

Metoda nu poate face predicție pentru valori în afara domeniului așa cum a fost prezentat în cazul utilizării numai a *Rețelelor Neuronale Artificiale*.

## **CONCLUZII PRELIMINARE**

Tendința ANFIS este de a obține cu precizie foarte bună (erori sub 5%) mărimi cu valori subevaluate în toate cele trei cazuri analizate în lucrare.

Un dezavantaj îl reprezintă faptul că, pe măsură ce caracteristicile de intrare ale parametrilor analizați devin mai complexe, apare o creștere accelerată a gradului de apariție al unor erori ce nu sunt acceptabile.

Metoda hibridă de analiză, abordată prin instrumentul ANFIS, este o metodă robustă, caracterizată printr-o precizie bună (erori sub 10%) pentru valori care prezintă interes în predicție.



## BIBLIOGRAFIE

- [1] <https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/neural-networks/History/history1.html>
- [2] D. Michie, D.J. Spiegelhalter, C.C. Taylor, *Machine Learning, Neural and Statistical Classification*, Ellis Horwood, New York, 1994, ISBN 013106360X, 9780131063600, <https://www1.maths.leeds.ac.uk/~charles/statlog/whole.pdf>
- [3] Swati Aggarwal, Ranjit Biswas, A.Q.Ansari, *Neutrosophic Modeling and Control*, International Conference on Computer and Communication Technology, 2010, DOI: 10.1109/ICCCT.2010.5640435, [https://www.researchgate.net/publication/231521008\\_Neutrosophic\\_Modeling\\_and\\_Control](https://www.researchgate.net/publication/231521008_Neutrosophic_Modeling_and_Control)
- [4] Ioan Dziţac, *Inteligenţă Artificială*, Editura Universităţii "Aurel Vlaicu", Arad, 2008, ISBN 978-973-752-292-4 004.42, [http://www.uav.ro/files/exacte/cursuri/Inteligența\\_artificiala\\_Dzitac.pdf](http://www.uav.ro/files/exacte/cursuri/Inteligența_artificiala_Dzitac.pdf)
- [5] Bălan C. George, [http://www.mrm.ugal.ro/balan\\_site/e-books/miassm-pdf/cap.1.pdf](http://www.mrm.ugal.ro/balan_site/e-books/miassm-pdf/cap.1.pdf)
- [6] Ramin Shamshiri, Wan Ishak Wan Ismail, *Design and Simulation of Control Systems for a Field Survey Mobile Robot Platform*, Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology 6(13): 2307-2315, 2013, ISSN: 2040-7459; e-ISSN: 2040-7467, [https://www.researchgate.net/publication/259932485\\_Design\\_and\\_Simulation\\_of\\_Control\\_Systems\\_for\\_a\\_Field\\_Survey\\_Mobile\\_Robot\\_Platform](https://www.researchgate.net/publication/259932485_Design_and_Simulation_of_Control_Systems_for_a_Field_Survey_Mobile_Robot_Platform)
- [7] Thiang St, Handry Khoswanto, Rendy Pangaldus, *Artificial Neural Network with Steepest Descent Backpropagation Training Algorithm for Modeling Inverse Kinematics of Manipulator*, World Academy of Science, Engineering and Technology Vol. 60, 2009, [https://www.researchgate.net/publication/43649867\\_Artificial\\_Neural\\_Network\\_with\\_Steepest\\_Descent\\_Backpropagation\\_Training\\_Algorithm\\_for\\_Modeling\\_Inverse\\_Kinematics\\_of\\_Manipulator](https://www.researchgate.net/publication/43649867_Artificial_Neural_Network_with_Steepest_Descent_Backpropagation_Training_Algorithm_for_Modeling_Inverse_Kinematics_of_Manipulator)

- [8] Dosoftei Constantin-Cătălin, *Utilizarea inteligenței computaționale în conducerea proceselor*, Teză de doctorat, Universitatea tehnică Gh.Asachi, Iași, 2009, <http://www.ace.tuiasi.ro/users/103/2009-Dosoftei%20Catalin%20PhD%202009.pdf>
- [9] Uve Windhort, Hakan Johansson, *Modern techniques in neuroscience research*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1999, ISBN 978-3-642-63643-1, ISBN 978-3-642-58552-4 (eBook), DOI 10.1007/978-3-642-58552-4, <https://books.google.ro/books?id=xfXsCAAQBAJ&pg=PA592&lpg=PA592&dq=Static+neuron+is+the+simplest+model+of+artificial+neuron&source=bl&ots=1uOYwdAvl-&sig=jq20kt30bmtV-UUKBPz4gyg8hqw&hl=ro&sa=X&ved=0ahUKEwjOwsSc5MrVAhUCshQKHf5LAgIQ6AEIWDAH#v=onepage&q&f=false>
- [10] Daniela Danciu, *Probleme calitative în dinamica rețelelor neuronale*, Teză de doctorat, Universitatea din Craiova, 2003, <http://www.automation.ucv.ro/Romana/membri/Daniela%20Danciu/DDRezumat.pdf>
- [11] Ciocoiu Iulian-Aurelian, *Curs, Cap.2 Caracteristici fundamentale ale rețelelor neurale artificiale*, [http://scs.etc.tuiasi.ro/iciocoiu/courses/DSP/course5/capitol2\\_NN.pdf](http://scs.etc.tuiasi.ro/iciocoiu/courses/DSP/course5/capitol2_NN.pdf)
- [12] Klaus Debes, Alexander Koenig, Horst-Michael Gross, *Transfer Functions in Artificial Neural Networks. A Simulation-Based Tutorial*. Supplementary Material for urn:nbn:de:0009-3-1515, <http://www.brains-minds-media.org/archive/151/supplement/bmm-debes-suppl-050704.pdf>
- [13] Laura Dioșan, *Inteligență artificială. Curs 9*, Universitatea Babeș-Bolyai, 2013, [http://www.cs.ubbcluj.ro/~lauras/test/docs/school/IA/lectures2013/lectures/09\\_10\\_ML\\_ANN.pdf](http://www.cs.ubbcluj.ro/~lauras/test/docs/school/IA/lectures2013/lectures/09_10_ML_ANN.pdf)
- [14] Masahiko Morita, Shuji Yoshizawa, Kaoru Nakano, *Memory of Correlated Patterns by Associative Neural Networks with Improved Dynamics*, The International Neural Network Society (INNS), the IEEE Neural Network Council Cooperating Societies ISBN: 978-0-7923-0831-7 (Print) 978-94-009-0643-3 (Online), [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-0643-3\\_115](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-0643-3_115)
- [15] <http://www.tc.etc.upt.ro/teaching/or/or.pdf> sau [http://shannon.etc.upt.ro/laboratoare/or/or\\_laborator.pdf](http://shannon.etc.upt.ro/laboratoare/or/or_laborator.pdf)
- [16] László Bakó, *Sisteme adaptive cu rețele neuronale artificiale neuromorfe. Realizări cu dispozitive hardware reconfigurabile*, Teză de doctorat, Universitatea Transilvania din Brașov, 2009, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.705.8811&rep=rep1&type=pdf>
- [17] Prostean Gabriela Ioana, *Sisteme inteligente în electrotehnică*, [http://www.mpt.upt.ro/doc/curs/gp/Sisteme\\_inteligente\\_in\\_electrotehnica/Inteligenta\\_artificiala\\_si\\_Retele\\_neuronale\\_cap1.pdf](http://www.mpt.upt.ro/doc/curs/gp/Sisteme_inteligente_in_electrotehnica/Inteligenta_artificiala_si_Retele_neuronale_cap1.pdf)
- [18] Madan M. Gupta, Liang Jin, Noriyasu Homma, *Static and dynamic neural networks. From fundamentals to advanced theory*, IEEE Press, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2003, ISBN 0-471-21948-7, <https://doc.lagout.org/science/Artificial%20Intelligence/Neural%20networks/Static%20and%20>



[Dynamic%20Neural%20Networks%20From%20Fundamentals%20to%20Advanced%20Theory%20-%20Madan%20M.%20Gupta%20C%20Liang%20Jin%20C%20Noriyasu%20Homma.pdf](#)

[19] Krzysztof Patan, *Artificial Neural networks for the modeling and fault diagnosis of technical processes*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008, ISBN 978-3-540-79871-2, e-ISBN 978-3-540-79872-9, DOI 10.1007/978-3-540-79872-9, [http://lab.fs.uni-lj.si/lasin/wp/IMIT\\_files/neural/doc/Patan2008.pdf](http://lab.fs.uni-lj.si/lasin/wp/IMIT_files/neural/doc/Patan2008.pdf)

[20] Knapp, *Fuzzy Sets and Pattern Recognition*, Copyright © 1996-2004, <http://www.cs.princeton.edu/courses/archive/fall07/cos436/HIDDEN/Knapp/fuzzy004.htm>

[21] Daniel-Petru GHENCEA, *Modelare-simulare și predicția datelor experimentale specifice sistemelor de fabricație utilizând tehnici hibride bazate pe inteligență artificială*, Teză de doctorat, Universitatea POLITEHNICA din București, Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, aprilie 2018.