

INSTRUMENTE ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE CU APLICAȚII ÎN PROTECȚIA MEDIULUI

Doctorand: ing. Ciprian-George Piuleac

Conducător științific: prof. dr. ing. Silvia Curteanu

Inteligența artificială (IA), unul dintre domeniile cu cea mai spectaculoasă dezvoltare, în special prin diversitatea aplicațiilor în care sunt folosite tehnicile sale, furnizează instrumente eficiente pentru modelarea și optimizarea proceselor chimice.

Teza de doctorat abordează o serie de aspecte de actualitate referitoare la modelarea și optimizarea unor procese folosind **rețele neuronale (RN)** și **algoritmi genetici (AG)**. Au fost selectate o serie de procese semnificative pentru domeniul protecției mediului și al ingineriei chimice pentru care s-au folosit seturi cuprinzătoare și relevante de date experimentale, respectiv:

- ✚ îndepărtarea diferiților compuși din ape uzate prin fotocataliză, electroliză sau electrocoagulare;
- ✚ obținerea curentului electric în celule de combustie;
- ✚ procese ce implică utilizarea unor siloxani cu potențiale aplicații în protecția mediului.

Principalele obiective propuse și rezolvate în această lucrare au fost:

- ✚ dezvoltarea unor strategii de modelare bazate pe rețele neuronale de diferite tipuri, utilizate individual sau agregate în stive;
- ✚ elaborarea diferitelor metode de determinare a topologiei optime pentru rețele neuronale;
- ✚ dezvoltarea unor strategii de optimizare bazate pe algoritmi genetici;
- ✚ utilizarea unor tehnici hibride soft computing (RN + AG).

Au fost proiectate și testate *diferite tipuri de rețele neuronale*, MLP, GFF, MNN, JEN, urmărindu-se, în mod deosebit, capacitatea de generalizare a acestor modele. Utilizarea lor a presupus elaborarea unei metodologii specifice care implică colectarea și analiza datelor experimentale disponibile, precizarea intrărilor și ieșirilor, dezvoltarea celui mai potrivit model, folosirea acestuia la efectuarea de predicții. Etapele enumerate prezintă o serie de aspecte particulare dependente de procesul sau sistemul abordat și de scopul vizat.

Îmbunătățirea performanțelor modelelor neuronale s-a realizat prin diferite metode: • utilizarea diferitelor combinații ale funcțiilor de transfer; • agregarea rețelelor neuronale în stive prin însumarea ponderată a ieșirilor sau printr-o asamblare de tip software; • combinarea modelelor fenomenologice simplificate cu rețele neuronale obținându-se un model hibrid.

Determinarea topologiei optime a unei rețele neuronale este una din problemele tratate detaliat în această teză. S-au utilizat metoda încercărilor succesive și algoritmi genetici.

Rețelele neuronale au fost utilizate în aplicații de *modelare directă* prin care au fost apreciate caracteristici de reacție sau proprietăți ale produselor finale funcție de condițiile de lucru și în aplicații de *modelare inversă* prin care s-au determinat condițiile care duc la proprietăți finale prestabilite. Modelarea inversă reprezintă un caz particular de optimizare, avantajele metodei provenind din faptul că sunt înlocuite atât modelul matematic al procesului, cât și tehnica de soluționare a unei probleme de optimizare.

Pentru o serie din procesele chimice s-au realizat *optimizări cu algoritmi genetici*, procedura incluzând un model neuronal și o funcție obiectiv scalară. Modelul neuronal a avut ca intrări variabilele de decizie ale optimizării, iar ca ieșiri, mărimile care intervin în funcția obiectiv. Aplicarea operatorilor AG se bazează pe o procedură iterativă, la fiecare pas fiind testată realizarea obiectivului optimizării.

Din punct de vedere formal, teza este constituită din 9 capitole dintre care capitolul 1 reprezintă introducerea, capitolul 2 cuprinde partea teoretică, iar următoarele contribuția propriu-zisă a tezei. Fiecare capitol se încheie cu o secțiune de concluzii, iar ultimul capitol cuprinde concluziile generale. Acestea sunt prezentate din două puncte de vedere: pe de o parte contribuția tezei la rezolvarea obiectivelor IA propuse și, pe de altă parte, este considerat fiecare proces abordat, cu procedurile de modelare și optimizare aplicate.

Rezultatele obținute în teză se regăsesc în 7 articole publicate sau acceptate spre publicare în reviste ISI, 2 articole în reviste BDI, 2 articole în volume ale manifestărilor științifice, 4 articole trimise spre publicare și 10 participări la manifestări științifice (5 postere și 5 comunicări). Exemple:

1. Suditu, G.D., Secula, M., **Piuleac, C.G.**, Curteanu, S., Poulios, I., Genetic algorithms and neural networks based optimization applied to the wastewater decolorization by photocatalytic reaction, **Revista de Chimie**, 7, 816-825, 2008.
2. Nistor, A., **Piuleac, C.G.**, Cazacu, M., Curteanu, S., Neural networks modeling of the equilibrium anionic polymerization of cyclic siloxanes, **Materiale Plactice**, 45(1), 67-73, 2008.
3. Lobato, J., Canizares, P., Rodrigo, M.A., Linares, J.J., **Piuleac, C.G.**, Silvia Curteanu, The neural networks based modeling of a PBI-based polymer electrolyte membrane fuel cell: effect of temperature, **Journal of Power Sources**, 192 (1), 190-194, 2009.
4. **Piuleac, C.G.**, Poulios, I., Curteanu, S., Photocatalytic oxidation process of sulfamethazine modeling based on neural networks, **Environmental Engineering and Management Journal**, 8 (3), 439-445, 2009.
5. **Piuleac, C.G.**, Curteanu, S., Cazacu, M., Stacked neural network modeling applied to the process of metal ion sorption by the functional silica xerogel, **Revue Roumaine de Chimie**, acceptată spre publicare, RRC 73/2009, 2009.
6. **Piuleac, C.G.**, Rodrigo, M.A., Canizares, P., Curteanu, S., Saez, C., Ten steps modelling of electrolysis processes including a few phenols compounds by using neural networks, **Environmental Modelling and Software**, acceptată spre publicare, doi:10.1016/j.envsoft.2009.07.012, 2009.
7. **Piuleac, C.G.**, Curteanu, S., Different methods of neural network based modeling for polymerization processes, **Materiale Plactice**, nr.3, 2009.