

## REPREZENTAREA REȚELEI NEURONALE ARTIFICIALE PRIN INTERMEDIUL HIPERMATRICIEI

Sergiu SCROB\*<sup>1</sup>,  
Inga LISNIC<sup>1</sup>

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

\*Autorul corespondent: Scrob Sergiu, [sergiu.scrob@ati.utm.md](mailto:sergiu.scrob@ati.utm.md)

**Rezumat.** Rețelele neuronale artificiale pot fi reprezentate prin matricii, supermatricii și hipermatricii. Astfel încât putem crea hiperstraturi și hiper-rețele pentru a modifica rețeaua neuronală după ce a fost proiectată. Aceste posibilități ne permite să creem rețele neuronale flexibile și scalabile, în care mai multe straturi de neuroni pot conlucra împreună pentru a oferi rezultate mai bune.

**Cuvinte cheie:** rețele neuronale artificiale, hipermatricie, hiperstrat, hiper-rețea

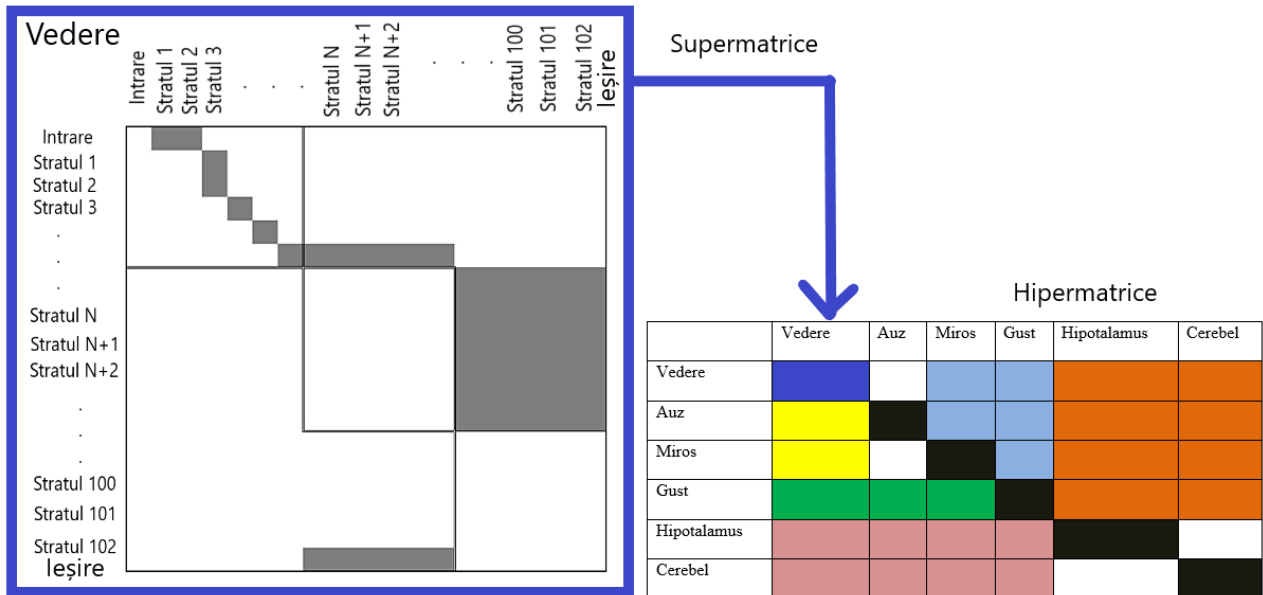
### Introducere

Dezvoltarea modelului matematic cel mai potrivit pentru descrierea interacțiunii tranzitorie între perechile de neuroni reprezintă o provocare majoră la elaborarea și optimizarea rețelelor neuronale artificiale. Există un număr mare de neuroni în sistemul nervos biologic (aproximativ 86 de miliarde) însă nu toți neuronii sunt conectați între ei, fie din cauza poziționării lor sau din alte motive bio-fizice. În schimb modelul artificial de neuroni poate beneficia de unele avantaje oferite de către matricii, supermatricii sau hipermatricii care ne permite să tranzitam interacțiunile dintre neuroni, direcția de propagare a interacțiunilor precum și posibilitatea de a salva relațiile dintre neuroni sau grupuri de neuroni la diferite niveluri de abstractizare și care nu depind de poziționarea neuronilor în rețeaua de neuroni. Astfel încât, limitele neuronilor din sistemului nervos biologic cu referire la poziționarea neuronilor poate fi depășită în rețeaua neuronală artificială cu ajutorul hipermatricilor. Pentru a rezuma aceste idei matematic, trebuie să ne gândim la neuroni ca la grupuri care îndeplinesc diferite funcții împreună. De asemenea, este nevoie de un cadru matematic conceptual pentru a descrie contribuția funcțională de activare a fiecărui neuron la activarea altor neuroni cu care se sinapsează.

Rețelele neuronale cu hiperstraturi și hiper-relatii între straturi poate fi soluția pentru creșterea flexibilității și scalabilității unei rețele neuronale. Un strat de neuroni într-o rețea obișnuită se conectează cu stratul predecesor și succesori, dar este posibil de propus un alt model care face posibilă o conexiune între mai multe straturi, o conexiune dinamică sau hiper-conexiune. Modelul biologic al rețelei neuronale nu permite astfel de posibilități deoarece neuronii nu pot fi mutați cu locul sau deplasați în alte regiuni, la fel și cu relația dintre neuroni care nu poate conecta neuronii dintr-o regiune cu neuronii din alte regiuni ale creierului, pentru că între aceste regiuni sunt o mulțime de neuroni care divizează aceste două regiuni. O conexiune dinamică dintre doi sau mai mulți neuroni poate avea efecte majore și pozitive, de aceea este propus un nou model de conexiune între neuronii unei rețele artificiale, cu ajutorul hipermatricii și supermatricii.

### Metodologia utilizării hipermatricilor la reprezentarea rețelelor neuronale artificiale

Hipermatriciile reprezintă un tip de matricie a cărei elemente pot forma alte supermatrici care sunt folosite în luarea deciziilor specifice, ca mai apoi să fie luată o decizie complexă pe baza tuturor elementelor din hipermatricie. Elementele unei supermatrici sunt de asemenea constituite din matricii mai mici ale căror intrări sunt vectori proprii pe coloană sau linie [1]. În Figura 1 avem o aplicație simplificată a unei hipermatrici, cu grupuri de neuroni pe care îi numim module și submodule pentru a ilustra o rețea neuronală cu ajutorul unei hipermatrici.



**Figura 1. Aplicație simplificată a unei hipermatrice**

Straturile de neuroni sunt utilizați pentru realizarea unui obiectiv concret dintr-un domeniu concret. Astfel dacă, domeniul unei supermatrice este Vedere, atunci obiectivele precum: determinarea conturului, regiunilor bazate pe similaritate sau discontinuetate, forma și textura regiunilor, pot fi realizate cu ajutorul straturilor de neuroni. Fiecare strat de neuroni conține un număr predefinit de neuroni obișnuiți asemenea modelului perceptron [2], sau poate să conțină un număr de referințe către neuroni ce fac parte din alte straturi de neuroni. Două sau mai multe straturi de neuroni pot accesa un neuron comun, care face interconexiunea dintre mai multe straturi. Sau un alt caz este atunci când putem avea un strat format doar din referințe către neuroni din diferite straturi, formând astfel un hiperstrat de neuroni ce pot fi accesați prin referință. Avantajul unui astfel de strat este flexibilitatea sa de a modifica dinamic referințele către diverși neuroni, chiar și după ce rețeaua de neuroni a fost proiectată. Acest lucru ne permite să modificăm structura rețelei neuronale în timpul execuției sale. În Figura 2 este reprezentată o rețea formată din mai multe hiperstraturi de neuroni ce fac parte din diferite straturi obișnuite de neuroni (straturi formate doar din proprii neuroni fără referințe către neuroni din alte straturi).

Hiperstraturile de neuroni ne permite să extindem rețeaua de neuroni prin adăugarea straturilor noi care au obiective identificate pe parcursul utilizării acestei rețele de neuroni. De exemplu atunci când crierul uman percepe un miros din mediu, în crierul lui poate fi ilustrată imaginea vizuală asociată cu acest miros. Astfel stratul de neuroni responsabil pentru percepția mirosului poate avea conexiune cu straturile destinate pentru percepția vizuală a mediului. Iar hiperstraturile au potențialul de a realiza conexiunea dintre diferite straturi de neuroni, și în mod dinamic pot fi adăugate straturi noi, cu extinderea posibilităților a unei rețele artificiale de neuroni.

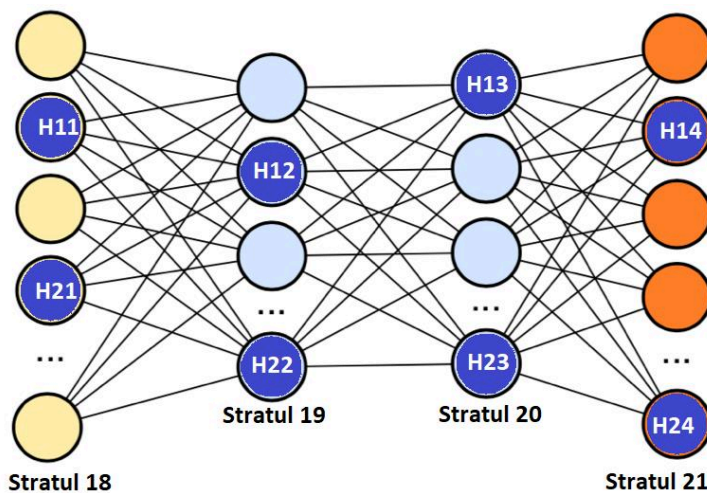


Figura 2. Hiperstraturi de neuroni ce formează o hiper-rețea

Putem spune că mai multe hiperstraturi de neuroni formează o hiper-rețea de neuroni. Iar la baza lor stă un model matematic bazat pe hipermatrici și supermatrici, reprezentat în Figura 1. Există mai multe proprietăți ale hipermatricii de neuroni pe care trebuie să le luăm în considerare:

1. Hipermatricea se descompune în blocuri corespunzătoare modulelor, ai căror neuroni trebuie să sintetizeze informații interne către submodul, înainte de a le exporta către alte module. Hipermatricea constă din matricii bloc care dacă sunt privite ca un grup de noduri, formează o rețea cu multe circuite, ce ne permite să ne referim la microcircuitele dintr-un modul și la circuitele între module [3].

2. Module diferite se referă la funcții diferite, iar unele pot dura mai mult decât altele pentru a-și finaliza activitatea. În special, modulele de control care duc la răspuns și acțiune și la stabilirea priorităților, fac parte din hipermatrice și își aplică influența după ce alți neuroni au finalizat o fază a interacțiunii lor [3].

3. Sincronizarea organizată a transmisiei și recepției semnalelor, excitarea și inhibarea, precum și rolul memoriei joacă un rol decisiv în sinteza semnalelor. Periodicitatea semnalelor este o caracteristică de bază, similară celei ce există în creier, cu cât mai constant sunt transmise semnalele cu atât mai organizată este recepția lor pentru o perioadă determinată, de altfel excitarea și inhibarea semnalelor vor predomina.

4. Pentru a sintetiza informațiile dintr-o matrice, trebuie să luăm în considerare operațiunile care sunt compatibile cu alineatele 1-3 de mai sus. Timpul implică faptul că, pe măsură ce continuăm să lucrăm cu matricea, în cele din urmă ne ocupăm de toate sintezele potențiale pe care le lucrăm în diferite module.

5. Este necesară o evaluare numerică a rezultatului general, a stării de sinteză, pe baza rezultatelor matricii. Deoarece controlul în hipermatrice nu este dezvoltat explicit, este dificil să se stabilească modul în care această funcție de evaluare generală apare în componenta de control a rezultatelor. Similar crierului uman, într-un moment concret putem spune cum ne simțim în general, fără a enumera rezultatele fiecare parte componentă și cum am obținut aceste rezultate care au determinat starea noastră.

6. Este necesar să se țină seama de dinamica unui flux constant de date inutile sau de zgomot, care perturbă continuitatea fluxului de informații atunci când acestea sunt reflectate în matrice și care necesită filtrare.

7. Vectorul principal al unei hipermatrice este diagonala principală și secundară a ei care constă dintr-o combinație liniară de produse cu funcțiile de activare care sunt aranjate în mod ordonat. O observație importantă este că aceste înregistrări legate de sentimente sunt atât de apropiate unele de altele, încât răspunsurile lor se pot suprapune de la un sentiment la altul. De exemplu, mirosul și gustul se influențează reciproc, astfel încât mirosul unui aliment poate deveni gustul aceluia aliment, așa cum se știe că se întâmplă la unii oameni.

## **Concluzii**

Reprezentarea rețelei neuronale artificiale prin intermediul hipermatriciei ne oferă avantaje precum: scalabilitatea rețelei neuronale, flexibilitatea operațiilor dintre neuroni și straturile de neuroni, flexibilitatea dintre matricii și supermatricii. Un avantaj mai deosebit pe care îl oferă hipermatriciile, reprezintă posibilitatea de a crea hiperstraturi de neuroni, care ulterior pot forma hiper-rețele de neuroni, astfel încât rețeaua de neuroni proiectată anterior poate să fie modificată pe parcurs, extinsă sau comprimată, iar flexibilitatea operațiilor dintre elementele rețelei poate adapta rețeaua la diverse necesități, caracteristici și proprietăți noi, cu interacțiuni complexe dintre neuroni poziționați pe diferite straturi. De asemenea, se poate de utilizat neuronii existenți ca neuroni comuni pentru diferite straturi, astfel optimizând performanțele rețelei neuronale și ale indicatorilor de performanță pentru timp și viteză, iar capacitatea de calcul poate crește din cauza reducerii numărului de operații pentru fiecare neuron.

Straturile de intrare și ieșire a unei supermatrice pot fi utilizate ca interfețe care asigură colaborarea dintre diverse tipuri de matricii, astfel rezultatul unei matrice poate fi transmis stratului de intrare a altei matrice.

Se recomandă studierea în continuare a avantajelor și dezavantajelor oferite de utilizarea hipermatriciilor și supermatriciilor, deoarece potențialul lor de dezvoltare pentru rețelele neuronale este imensă și oportună, și ne poate ajuta la identificarea unei arhitecturi universale pentru rețelele neuronale, la baza căreia ar sta un singur model ce ne-ar permite să lucrăm cu diferite seturi de date, din diverse domenii, cu diferite probleme, asemenea creierului uman.

## **Referințe**

1. SAATY, T.L. *The Brain: Unraveling the Mystery of How it Works*. USA: E-Book edition published 2019.
2. ȘÍMA J. The Computational Capabilities of Neural Networks. In: *Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms*. 2001, pp. 16-19.
3. THOMAS L.SAATY. Hipermatrix of the Brain. In: *Artificial Neural Nets and Genetic Algorithms*. 2001, pp. 16-19.