

# Științe cognitive în România?

Răzvan Florian

Centrul de Cercetări Cognitive și Neurale  
Cluj-Napoca, România  
[florian@coneural.org](mailto:florian@coneural.org)

**Rezumat.** În acest articol voi face o trecere în revistă a câtorva direcții de cercetare din științele cognitive, insistând asupra inteligenței artificiale, conexionismului, neuroștiințelor computaționale și vieții artificiale. Voi argumenta apoi necesitatea dezvoltării cercetării în aceste domenii în România, deoarece poate fi făcută fără instrumente costisitoare, poate beneficia de competențe existente de informatică și fizică, și poate genera aplicații inovative și aducătoare de profituri importante.

## 1 Introducere

Științele cognitive au apărut în urmă cu câteva decenii ca un domeniu interdisciplinar de cercetare dedicat studiului inteligenței și sistemelor inteligente, fie ele naturale sau artificiale. Psihologia, neuroștiințele, inteligența artificială, lingvistica, filozofia și antropologia interacționează în cadrul științelor cognitive, tinzând spre o teorie integrată a creierului și cogniției.

În prima parte a articolului, voi trece în revistă situația actuală a acestui domeniu, după o scurtă descriere a evoluției sale istorice. Mă voi concentra mai ales asupra abordărilor computaționale ale studiului cogniției, având în vedere întinderea limitată a acestui articol. Ele sunt întrucâtva mai aproape de a putea genera aplicații comerciale, dar și celelalte ramuri ale științelor cognitive au o importanță științifică egală, și rezultatele din toate aceste ramuri trebuie integrate în realizarea de modele computaționale. În a doua parte a articolului voi susține importanța potențială a dezvoltării științelor cognitive în România. Voi prezenta, de asemenea, referințe bibliografice și resurse de pe internet.

## 2 O trecere în revistă

### 2.1 Începuturile

Momentul de naștere al științelor cognitive este considerat a fi o conferință ce a avut loc la MIT (Massachusetts Institute of Technology) în 1956. Prezentările lui H. A. Simon, A. Newell, N. Chomsky și G. Miller au sugerat atunci că psihologia experimentală, lingvistica teoretică și simulările computaționale ale proceselor cognitive sunt părți ale unui tot unitar. Un Centru de Cercetări Cognitive a fost apoi înființat

la universitatea Harvard. În 1976, recent înființata Societate de Științe Cognitive (Cognitive Science Society, [1]) a început să publice revista *Cognitive Science*, instituționalizând astfel nașterea noii științe.

## 2.2 Inteligența artificială clasică; sisteme simbolice

Primii ani ai științelor cognitive au fost influențați puternic de calculatoare, o tehnologie relativ nouă în acea vreme. Gândirea era adesea echivalată cu procesele care pot fi întâlnite într-un calculator. Se credea că comportamentul inteligent al oamenilor ia naștere prin simbolizarea internă a mediului și evenimentelor și prin manipularea după reguli sintactice a acestor simboluri [2, 3, 4]. Cei care susțineau aceste teorii (numite cognitiviste sau funcționaliste) credeau că, odată ce vor fi găsiți algoritmi și metode potrivite de reprezentare în simboluri a cunoștințelor, inteligența va putea fi implementată în orice fel de tipuri de mașini de calculat, indiferent de platforma hardware sau suportul fizic, la fel ca și programele de calculator. Până în anii 80, majoritatea modelelor din științele cognitive și psihologia cognitivă au fost puternic inspirate de funcționarea calculatoarelor și erau exprimate în termeni legați de funcționarea calculatoarelor și procesarea informației. Pentru explicarea proceselor cognitive și simularea lor pe calculatoare erau folosite structuri reprezentative cum ar fi listele de caracteristici (de exemplu, *SCAUN [șezut, spătar, picioare]*), schemele și cadrele (structuri de cunoștințe care conțin informații cu structură fixă, cu intrări care acceptă anumite domenii de valori), rețele semantice (liste și arbori care reprezintă legături între cuvinte) și sisteme de producție (perechi de condiții și acțiuni folosite ca reguli în executarea unor sarcini) [5, 6]. S-a propus că oamenii rezolvă probleme reprezentând situațiile posibile și evoluția lor sub forma unui arbore ramificat și căutând apoi în acest spațiu al problemei [7], sau că obiectele sunt recunoscute prin analiza caracteristicilor lor discrete sau prin decompunerea lor în componente geometrice primitive [8]. În robotică, cercetările erau direcționate spre construirea de modele ale lumii exterioare, interne robotului, cu care programul său putea opera pentru a îi planifica acțiunile. Planificarea acțiunilor era reprezentată, de exemplu, ca *bea (aduce (gură, apucă (cană, stare-inițială)))*). Metodele tradiționale de cercetare în procesarea limbajului natural (PLN) sunt, de asemenea, bazate pe abordări simbolice [9].

Metodele acestei așa-numite “inteligențe artificiale bune și demodate” (GOFAI, Good Old Fashioned Artificial Intelligence) au avut totuși niște succese impresionante în anumite domenii; aceste succese sunt însă limitate. Pe baza acestor metode au fost realizate programe care rezolvă probleme și care demonstrează teoreme de logică și geometrie. Ele sunt însă total dependente de oameni pentru interpretarea problemei într-o reprezentare cu care pot să lucreze și sunt limitate la domenii unde informațiile pot fi ușor formalizate. Sistemele expert sunt utilizate pe scară largă în industrie pentru planificarea proceselor, dar odată ce situațiile care apar ies din cadrul ontologiilor cu care operează, aceste sisteme nu au nici o posibilitate de a reacționa corespunzător. Unul dintre cele mai cunoscute sisteme expert este MYCIN [10], un program conceput pentru a ajuta doctorii în tratarea infecțiilor bacteriale ale sângelui și a meningitei. Un exemplu al limitărilor lui MYCIN este de a-i spune că în intestinele pacientului a fost găsit *Cholerae Vibrio*. Sistemul va recomanda două săptămâni de tetraciclină și nimic mai mult. Aceasta va omori probabil bacteria, dar probabil că pacientul va muri de holeră cu mult înaintea celor două zile. Un doctor ar ști însă că în acest caz și efectele secundare, cum ar fi diareea, trebuie tratate [11].

Înfrângerea din 1997 a campionului mondial la șah, Garry Kasparov, de către calculatorul Deep Blue, a fost mult mediatizată [12]. Un alt sistem expert, un program recent de calculator construit pe baza arhitecturii FORR [13] poate învăța și juca cu succes chiar mai multe tipuri de jocuri. Rămâne însă de realizat un program care să poată învinge un jucător profesional de go, pentru că în acest joc spațiul de stări posibile este mult mai mare decât în alte jocuri. Go-ul este un exemplu bun de domeniu în care metodele tradiționale nu au succes.

Cercetările în PLN au condus la realizarea de programe care pot să caute și să rezume texte, să traducă automat sau să vorbească cu un partener uman. Nivelul actual de performanță al programelor din acest domeniu poate fi ușor testat de oricine pe internet [14, 15]: nici traducerea cuvânt cu cuvânt, nici analiza gramaticală a structurii propozițiilor și frazelor nu sunt suficiente pentru înțelegerea limbajului natural. Problemele programelor actuale sugerează că înțelegerea semnificației cuvintelor și a contextului sunt cruciale. Cyc [16], un proiect comercial, încă neterminat, încearcă de mai mult de zece ani să construiască o uriașă rețea semantică destinată să acopere cunoștințele de bază legate de viața de zi a unui om obișnuit. În ciuda uriașei cantități de informații introduse în calculatoare, rezultatele sunt cu mult sub așteptări.

În general, mare parte din cunoștințele intuitive ale omului, inclusiv cele necesare pentru înțelegerea unor povestiri simple sau a unor situații fizice comune, sunt greu de formalizat. Sistemele artificiale actuale sunt de obicei fragile, în sensul că nu sunt capabile să se adapteze unor situații neprevăzute de programatorul care le-a realizat. Multe probleme simple din viața de zi cu zi a unui om par să aibă o complexitate computațională mult peste posibilități pentru sisteme concepute în cadrul inteligenței artificiale (IA) clasice. Deși unii cercetători au susținut că creierul uman funcționează după principii similare, dovezile că sistemele de simboluri stau la baza gândirii umane sunt extrem de puține [17]. Problemele acestor sisteme vor fi discutate și în secțiunea 2.5 a acestui articol.

### 2.3 Conexionismul și rețelele neuronale

Creierul este o sursă alternativă de inspirație pentru modele ale cogniției. În 1943, McCulloch și Pitts [18] au propus un model foarte simplu al neuronului, ca unitate binară cu prag. Ei au demonstrat că grupuri de astfel de unități pot realiza funcții logice și sunt capabile, în principiu, de calcul universal. În anii 60, Rosenblatt [19] și Widrow și Hoff [20] au studiat perceptronii, grupuri de astfel de unități organizate în straturi, cu conexiuni unidirecționale între aceste straturi. Pentru categoria cea mai simplă de perceptroni, cei fără straturi intermediare, Rosenblatt a demonstrat convergența unui algoritm de învățare, un mod de a schimba în mod iterativ ponderile conexiunilor dintre unități astfel încât să se realizeze calculele dorite. Aceasta a creat speranțe că acest tip de sisteme pot fi o bază pentru inteligența artificială. În 1969, Minsky și Papert [21] au arătat că anumite tipuri de calcule elementare, cum ar fi “sau exclusiv”, nu pot fi realizate de perceptronul cu un singur strat, îndepărtând astfel din această direcție atenția majorității cercetătorilor [22]. Totuși, descoperiri importante legate de rețelele neuronale au fost realizate între timp de Anderson, Kohonen, Hopfield și alții [23]. Metoda propagării înapoi, descoperite de Rumelhart și McClelland în 1986 [24], a repus apoi din nou această paradigmă în curentul principal de cercetare. Metoda propagării înapoi este un algoritm pentru modificarea ponderilor conexiunilor dintre unități din straturi succesive ale perceptronilor, care rezolvă multe probleme care sunt dincolo de posibilitățile perceptronului cu un singur strat.

Rețelele neuronale artificiale sunt formate din multe unități simple (simulate pe calculator, sau implementate uneori în circuite electronice), care seamănă întrucâtva cu neuronii prin faptul că activarea lor este dependentă de suma ponderată a activării unităților care se conectează la ele. Funcția de activare este de obicei neliniară, ceea ce corespunde pragului de activare care există și în neuronii reali. Aceste rețele funcționează prin propagarea activării între unități, prin intermediul conexiunilor. Învățarea are loc prin modificarea ponderilor conexiunilor [25].

Așa numitele modele conexioniste, sau de procesare paralelă distribuită, ale cogniției au fost folosite pentru a explica o paletă largă de fenomene cognitive, cum ar fi percepția, memoria și învățarea [24, 26], limbajul [27], citirea [28] și dezvoltarea cognitivă [29]. Rețelele neuronale artificiale sunt folosite și de ingineri pentru sarcini cum ar fi recunoașterea caracterelor (OCR, optical character recognition), recunoașterea vorbirii, interpretarea imaginilor, sau chiar pentru controlul avioanelor militare accidentate [30] sau pentru a controla o pisică robot [31]. Modelele conexioniste au avut succese considerabile în multe domenii ale cogniției, dar rămân încă să fie realizate modele de acest tip ale funcțiilor cognitive superioare, cum ar fi gândirea abstractă sau rezolvarea de probleme.

### 2.4 Neuroștiințele computaționale

Rețelele neuronale artificiale clasice, deși inspirate inițial de corespondențele lor biologice, diferă în multe privințe de acestea. Metodele de învățare supervizată folosite în modelele conexioniste, în care eroarea rezultatului rețelei este propagată înapoi din strat în strat, nu sunt realiste deoarece neuronii reali pot folosi numai informație care este disponibilă local, cum ar fi activarea neuronilor care sunt conectați la ei și mediul biochimic înconjurător. Cu plauzibilitate biologică mai mare sunt regulile de învățare sugerate inițial de Hebb [32], unde, de exemplu, o sinapsă se întărește atunci când există activitate presinaptică și postsinaptică concomitentă. Aceasta este posibil prin mecanismul de potențare sinaptică pe termen lung [33, 34]. Multe modele folosesc rata de declanșare a neuronilor ca parametru de bază; în multe situații însă

temporizarea exactă a impulsurilor se dovedește a fi importantă, sau timpul de reacție al creierului la un anumit stimul corespunde propagării unui singur impuls între două straturi succesive [35]. Acestea duc la nevoia simulării evoluției potențialului unui neuron pe intervale de timp mai fine [36, 37]. De asemenea, dependența activării unui neuron de intrările sale este de obicei mai complexă decât simpla însumare [38, 39, 34]. Arhitecturile unidirecționale de conexiuni folosite în multe modele conexioniste nu există în creierul real, și deci rețelele neuronale recurente sunt considerate mai realiste. În plus, numărul neuronilor din creierul uman depășește cu mult numărul unităților din modelele conexioniste clasice, și chiar cel din orice simulare detaliată posibilă în acest moment.

Domeniul, relativ recent, al neuroștiințelor computaționale [40] își propune să construiască modele computaționale realiste ale mecanismelor neuronale, urmând îndeaproape rezultatele experimentale din neuroștiințe. Se presupune că posibilitățile cognitive ale creierului sunt efecte de nivel înalt care depind sistematic de fenomenele de nivel jos. Metodele din neuroștiințele computaționale au dus la crearea unor modele satisfăcătoare ale unor module cerebrale și funcții de nivel relativ jos. De exemplu, un model recent al cortexului perirhinal, bazat pe rețele neuronale, poate face discriminări corecte ale familiarității stimulilor, având în același timp patternuri de activitate ale neuronilor simulați care sunt foarte similare cu cele ale celor înregistrate în creierul primatelor [41]. Acest model prezice că omul poate discrimina familiaritatea a aproximativ  $10^8$  patternuri, în timp ce numai aproximativ  $10^5$  patternuri pot fi reamintite la dorință, cum au arătat alte modele. Un alt model recent [42] explică halucinațiile vizuale geometrice observate de mulți din cei care iau halucinogene, ca patternuri emergente de activitate în cortexul vizual primar.

## 2.5 Corporalitate, situare, a-life

Rezultate din mai multe domenii din cadrul științelor cognitive au convers recent pentru a arăta necesitatea unor teorii ale cogniției “corporale” și “sitate”, spre deosebire de abordările care consideră că toate aspectele inteligenței pot fi generate de procesarea de simboluri. Se consideră că un agent artificial cu adevărat inteligent trebuie să aibă un corp, existent ca o entitate fizică, și trebuie să fie imersat în situațiile care le poate conceptualiza, primind informații despre mediul care îl înconjoară prin senzorii săi și interacționând cu acest mediu prin efectori. Conceptele abstracte sunt bazate, de asemenea, în această interacțiune.

Bickhard [43] a arătat că numai reprezentările simbolice nu pot furniza conținut reprezentational pentru sistemele cognitive care le folosesc. Reprezentările simbolice sunt componentele principale ale modelelor cognitive clasice, dar sunt folosite și în multe modele conexioniste unde intrările sau ieșirile rețelelor neuronale sunt simboluri. Ele reprezintă conținut real pentru observatorii externi, cum ar fi realizatorul sau utilizatorul programelor clasice de inteligență artificială, dar nu pentru programele însele. Alte probleme ale abordărilor simbolice ale cogniției sunt arătate de Harnad [44] și Clancey [45].

Barsalou [17] a propus recent o abordare perceptuală a funcțiilor de nivel înalt ale cogniției. S-a arătat, motivat de rezultate experimentale, că nici chiar gândirea abstractă nu necesită presupunerea existenței unui sistem de simboluri amodale, și că toate conceptele, chiar și cele mai abstracte, sunt de fapt bazate în mecanisme perceptuale și motoare. În sprijinul acestui fapt stau și studii de imaginerie cerebrală ale activărilor produse de cuvinte reprezentând obiecte sau animale [46]. Indurkha [47] a propus un model detaliat al bazării conceptelor în intrări sensorimotoare care explică posibilitatea de înțelegere a metaforelor, modelelor și analogiilor. Alte câteva studii recente s-au concentrat pe natura corporală a conceptelor matematice [48, 49, 50, 51].

Bickhard [43] propune, cu argumente filozofice, că reprezentare adevărată care depășește problemele simbolicismului poate emerge în agenți corporali direcționați de anumite scopuri și care sunt în interacțiune dinamică, prin senzori și efectori, cu mediul care este reprezentat. Aceste propuneri interactiviste converg cu un curent independent din robotică, motivat de problemele abordărilor clasice, care consideră că inteligența comportamentală poate fi generată fără sisteme explicite (simbolice) de gândire abstractă [52], precum și cu propunerile enactiviste ale lui Varela [53], bazate pe argumente filozofice și biologice, și cu propunerea lui O'Regan [54] sugerată de experimente legate de viziunea umană și adaptarea sensorimotoare. Se pare astfel că viața artificială (a-life), un domeniu de cercetare care construiește modele de agenți inspirați de realitatea biologică, corporalizați fie ca roboți care interacționează cu lumea reală sau în medii simulate [55, 56, 57], și controlați de obicei cu rețele neuronale,

poate fi calea prin care se poate obține inteligență artificială adevărată [58]. Treckeri în revistă mai cuprinzătoare ale evoluției teoriilor constructiviste și corporale ale cogniției și ale convergenței lor recente pot fi găsite în [59] și [60].

### 3 Și România?

În România, psihologia și domeniile conexe au fost interzise de fostul regim comunist. După prăbușirea comunismului, recent înființata Asociație de Științe Cognitive din România [61] a organizat câteva școli de vară pentru promovarea științelor cognitive. Unele facultăți de psihologie continuă să promoveze abordările cognitive ale psihologiei, iar unele facultăți de filozofie sunt interesate de aspecte relevante cogniției. Se pare că cercetările în neuroștiințe cognitive nu sunt dezvoltate datorită lipsei echipamentului costisitor necesar pentru înregistrări neuronale sau imagineri cerebrale.

Cercetări în inteligență artificială, incluzând rețele neuronale și algoritmi genetici, au fost realizate în facultăți de informatică și facultăți tehnice, care în România sunt în mod tradițional competitive. Aceste studii au fost însă limitate la abordări ingineresti sau formale, fără a da atenție rezultatelor din științele cognitive sau neuroștiințe. În general, lipsa de flexibilitate a sistemului academic românesc, care mai mult descurajează decât promovează cercetările interdisciplinare, precum și slabele motivații pentru cercetare competitivă de nivel internațional au împiedicat interdisciplinaritatea, un element definitoriu al științelor cognitive. În plus, guvernul nu promovează cercetarea în științe cognitive, domeniu care nu este menționat de loc în programele departamentului guvernamental responsabil de cercetare [62], în total contrast cu eforturile internaționale de promovare a cercetărilor cognitive și a neuroștiințelor (de exemplu, [63]). Această situație a dus inevitabil la relativa subdezvoltare a științelor cognitive în România.

Totuși, dintre cele trei domenii de cercetare care sunt la ora actuală cele mai promițătoare din punctul de vedere al aplicațiilor lor potențiale – inteligența artificială, genomica/proteomica și nanotehnologia, numai primul poate fi explorat fără necesitatea unui echipament de laborator extrem de costisitor. În inteligența artificială, tot ceea ce este nevoie, pe lângă muncă susținută și creativitate, sunt calculatoarele, accesul prin internet la informație și reviste de specialitate, și eventual niște senzori și motoare ieftine pentru a testa implementări reale în roboți. Cunoștințele de informatică nu lipsesc în România, ceea ce este un avantaj mare în comparație cu situația din multe țări vestice. Domeniul poate, de asemenea, să beneficieze de persoane care au studiat fizica, deoarece multe metode de modelare în neuroștiințe computaționale și rețele neuronale sunt împrumutate din fizică.

Sectorul tehnologiei informației (TI) este deja o industrie importantă în România, generând venituri și profituri relativ importante. Guvernul sprijină dezvoltarea acestui sector, cel puțin declarativ. Cu câteva excepții notabile, majoritatea veniturilor actuale provin însă din activități de outsourcing pentru firme vestice. Această situație, deși benefică pe termen scurt, poate genera probleme pe termen lung generate de lipsa capitalizării proprietății intelectuale și a părții de piață, cum ar fi supradependența de partenerii externi, impredictibilitatea și instabilitatea [64, 65]. Aplicațiile inovative generate de inteligența computațională, cum ar fi robotica pentru lumea reală, recunoașterea obiectelor sau tehnici de căutare și generare a informației pot fi soluțiile de depășire a acestei situații. Cu sume relativ mici de capital de început pentru dezvoltare, împreună cu marketing și management profesional, aceste aplicații pot genera produse cu rate mari de profit care pot fi comercializate pe plan internațional fără a avea nevoie de infrastructuri costisitoare. Cercetările în științe cognitive pot genera nu numai aplicații computaționale, ci și aplicații în domenii cum ar fi noi principii educaționale și metode și materiale pedagogice, designul interfețelor utilizator pentru calculatoare și alte echipamente, ergonomie sau tratamentul pacienților cu probleme neurologice. În mod paradoxal pentru o țară fără multe resurse financiare, în România este disponibil mult capital pentru firme și investiții cu potențial înalt, dar fondurile de investiții nu pot găsi proiecte care să fie suficient de competitive și de bine administrate [66, 67]. Lipsa specialiștilor în marketing și management în domeniul TI este însă o problemă reală, care poate fi depășită pe termen scurt prin specializări intensive în străinătate și pe termen lung prin îmbunătățirea calității studiilor superioare de afaceri în România.

Am văzut că abordările simpliste din inteligența artificială clasică au limite fundamentale. Rezultatele din alte domenii ale științelor cognitive, cum ar fi neuroștiințele și psihologia, trebuie luate în considerare cu atenție, într-un cadru interdisciplinar. Deoarece inteligența computațională poate duce la

aplicații profitabile cu investiții relativ mici, se poate considera că dezvoltarea generală a științelor cognitive în România necesită un sprijin mai bun, atât prin promovarea interdisciplinarității între cercetători și în mediul universitar, precum și prin sprijin direct financiar sau administrativ din partea guvernului sau a firmelor private.

## 4 Concluzie

Științele cognitive sunt un domeniu de cercetare dinamic și divers, unde paradigme multiple interacționează într-o sinergie interdisciplinară. Abordările computaționale în modelarea și studiul funcțiilor cognitive au dus la mai multe direcții de cercetare, cum ar fi inteligența artificială clasică și robotica, conexionismul, rețelele neuronale artificiale, neuroștiințele computaționale, a-life sau recenta neuropsihologie computațională [68]. Dezvoltarea în România a cercetării în inteligență computațională, în strânsă legătură cu științele cognitive ca domeniu interdisciplinar de cercetare, trebuie sprijinită ca una din căile de a crește competitivitatea științifică și economică internațională a țării.

## 5 Alte sugestii de lectură

### 5.1 Științe cognitive generale

O istorie a începuturilor științelor cognitive este prezentată în [69]. [70, 71] sunt introduceri în științele cognitive, înclinate însă spre abordările simbolice. [60] este un manual de științe cognitive corporale. O sinteză cuprinzătoare a tuturor domeniilor științelor cognitive este [72], disponibilă și online pe internet. Aproximativ 250 de cărți de științe cognitive de la MIT Press sunt disponibile online [73] pentru o sumă relativ mică. Niște reviste relevante sunt [Behavioural and Brain Sciences](#)<sup>1</sup>, [Cognitive Science](#), [Trends in Cognitive Science](#), [Cognition](#)<sup>2</sup>. [CogPrints](#) este o arhivă e-print pentru științe cognitive deschisă și gratuită.

### 5.2 Rețele neuronale, neuroștiințe computaționale

[23, 74] sunt antologii care cuprind articolele care au dus la nașterea domeniului rețelelor neuronale sau a unor direcții fundamentale de cercetare în acest domeniu. [22, 75, 76, 77] sunt introduceri în rețele neuronale clasice. [25] este o sinteză cuprinzătoare a domeniului rețelelor neuronale. [40] este o discuție a ideilor fundamentale din neuroștiințele computaționale. [33] prezintă modele de rețele neuronale cu plauzibilitate biologică și cu codaj prin rate de pulsuri. [78] expune modele de rețele neuronale inspirate din fizica statistică și rețele-atractori ca memorii. O introducere în modelele pulsatorii ale neuronilor este [36]. Descrieri cantitative ale structurii cortexului pot fi găsite în [79]. [80] prezintă de asemenea descrieri și modele ale cortexului. [81] este o colecție de rezultate recente din neuroștiințele computaționale. Principalele reviste din domeniu sunt [Neural Computation](#), [Neurocomputing](#), [Neural Networks](#).

### 5.3 Neuroștiințe cognitive

Michael Gazzaniga a editat o serie de sinteze cuprinzătoare ale neuroștiințelor cognitive: [82, 83, 84, 85, 86]. Alte referințe specializate sunt [87, 88, 89]. Câteva reviste relevante sunt [Journal of Cognitive Neuroscience](#), [Learning and Memory](#)<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Articolele țintă sunt disponibile online în mod gratuit.

<sup>2</sup> Articolele scurte sunt disponibile online în mod gratuit.

<sup>3</sup> Articolele mai vechi de un an sunt disponibile online în mod gratuit.

## 5.4 Neuroștiințe

Informații cuprinzătoare și la zi din neuroștiințe pot fi găsite în [34] și [90]. Revistele relevante sunt [Journal of Neuroscience](#)<sup>3</sup>, [Neuroscience](#), [Nature Neuroscience](#), [Nature Reviews Neuroscience](#), [Annual Review of Neuroscience](#), [Brain](#)<sup>4</sup>, [Cerebral Cortex](#), [Trends in Neurosciences](#), [PNAS](#)<sup>3</sup>.

## 5.5 A-life

[91] oferă o colecție cuprinzătoare de resurse internet. [55, 56, 57, 92] sunt colecții de articole din conferințe de a-life. Câteva reviste relevante sunt [Artificial Life](#), [Artificial Life and Robotics](#), [Adaptive Behaviour](#).

## Bibliografie

1. Cognitive Science Society (situl web). <http://www.cognitivesciencesociety.org/>, 2001.
2. Jerry Fodor. *The Language of Thought*. Crowell, New York, 1975.
3. Zenon Pylyshyn. Computation and cognition: Issues in the foundation of cognitive science. *Behavioral and Brain Sciences*, 3, pp. 111-132, 1980.
4. Herbert A. Simon și Craig A. Kaplan. *Foundations of cognitive science*, p. 40. În Posner [71], 1989.
5. J. R. Anderson. *The adaptive character of thought*. Erlbaum, Hillsdale, NJ, 1993.
6. A. Newell. *Unified theories of cognition*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 1990.
7. A. Newell și H. A. Simon. *Human problem solving*. Prentice - Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1972.
8. I. Biederman. Recognition by components: A theory of human image understanding. *Psychological review*, 94, pp. 115-147, 1987.
9. Doina Tătar. *Inteligența artificială: demonstrarea automată a teoremelor; prelucrarea limbajului natural*. Editura Albastră, Cluj-Napoca, România, 2001.
10. Edward H. Shortliffe. *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*. American Elsevier, New York, NY, 1976.
11. John McCarthy. Some expert systems need common sense. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 426; Computer culture: The scientific, intellectual and social impact of the computer, 1984. Disponibil la: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/someneed.html>.
12. IBM Corporation, situl web al Deep Blue. <http://www.chess.ibm.com/>, 2001.
13. Susan L. Epstein. For the right reasons: The FORR architecture for learning in a skill domain. *Cognitive science*, 18, pp. 479-511, 1994.
14. Babelfish, translator automat. <http://babelfish.altavista.com/>, 2001.
15. Listă de chat bots. <http://www.botspot.com/search/s-chat.htm>, 2001.
16. Cyc, situl web al firmei. <http://www.cyc.com/>, 2001.
17. L. W. Barsalou. Perceptual symbol systems. *Behavioural and Brain Sciences*, 2, pp. 577-660, 1999. Disponibil la: <http://www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.barsalou.html>.
18. Warren S. McCulloch și Walter Pitts. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, pp. 115-133, 1943.
19. F. Rosenblatt. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, 65, pp. 386-408, 1958.
20. Bernard Widrow și Marcian E. Hoff. Adaptive switching circuits. *1960 IRE WESCON Convention Record, New York*, pp. 96-104, 1960.
21. Marvin Minsky și Seymour Papert. *Perceptrons*. MIT Press, Cambridge, MA, 1969.
22. John Hertz, Anders Krogh, și Richard G. Palmer. *Introduction to the theory of neural computation*. Perseus Books, Cambridge, MA, 1991.
23. James A. Anderson și Edward Rosenfeld, editori. *Neurocomputing: Foundations of research*. MIT Press, Cambridge, MA, 1988.

<sup>4</sup> Întregul text este disponibil online în mod gratuit.

24. D. E. Rumelhart și J. L. McClelland, editori. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructures of cognition*. MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
25. M. Arbib, editor. *Handbook of brain theory and neural networks*. MIT Press, Cambridge, MA, 1998.
26. P. McLeod, K. Plunkett, și E. T. Rolls. *Introduction to connectionist modelling of cognitive processes*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1998.
27. Morten H. Christiansen și Nick Chater. Connectionist natural language processing: The state of the art. *Cognitive Science*, 23 (4), pp. 417-437, 1999.
28. T. Sejnowski și C. Rosenberg. Parallel networks that learn to pronounce English text. *Complex Systems*, 1, pp. 145-168, 1987.
29. Michael S. C. Thomas și Anne Karmiloff-Smith. Connectionist models of development, atypical development and individual differences. În R. J. Sternberg, J. Lautrey, și T. Lubart, editori, *Models of Intelligence for the Next Millennium*. American Psychological Association, 2001.
30. Duncan Graham-Rowe. Crash course. *New Scientist* 4, 1999.  
Disponibil la: <http://www.newscientist.com/hottopics/ai/crashcourse.jsp>.
31. Robokoneko project home page. <http://www.cs.usu.edu/~degaris/robokoneko/>, 2001.
32. D. O. Hebb. *The organization of behavior*. Wiley, New York, NY, 1949.
33. Edmund T. Rolls și Alessandro Treves. *Neural networks and brain function*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1998.
34. R. Kandel, J. H. Schwartz, și T. M. Jessell, editori. *Principles of neural science*. McGraw-Hill, 2000.
35. S. Thorpe, D. Fize, și C. Marlot. Speed of processing in the human visual system. *Nature*, 381:520-522, 1996.
36. Wolfgang Maas și Christopher M. Bishop, editori. *Pulsed neural networks*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
37. F. Rieke, D. Warland, R. de Ruyter van Steveninck, și W. Bialek. *Spikes: Exploring the neural code*. MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
38. C. Koch și I. Segev. *Methods in neuronal modeling: From synapses to networks*. MIT Press, Cambridge, MA, 1997.
39. Christof Koch și Idan Segev. The role of single neurons in information processing. *Nature Neuroscience*, 3, pp. 1171-1177, 2000.
40. Patricia Churchland și Terrence J. Sejnowski. *The computational brain*. MIT Press, Cambridge, MA, 1994.
41. R. Bogacz, M.W. Brown, și C. Giraud-Carrier. Model of familiarity discrimination in the perirhinal cortex. *Journal of Computational Neuroscience*, 10, pp. 5-23, 2001.  
Vezi și: <http://www.cs.bris.ac.uk/~bogacz/bbc/>.
42. P. C. Bressloff, J. D. Cowan, M. Golubitsky, P. J. Thomas, și M. Wiener. What geometric visual hallucinations tell us about the visual cortex. *Neural Computation*, 13, 2001.  
Vezi și: <http://www.math.utah.edu/~bressloff/publications/01-3abs.html>.
43. M.H. Bickhard. Representational content in humans and machines. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, 5, pp. 285-333, 1993.  
Disponibil la: <http://www.lehigh.edu/~mhb0/repconpage.html> ;  
Vezi și: <http://www.lehigh.edu/~mhb0/pubspage.html>.
44. Stevan Harnad. The symbol grounding problem. *Physica D*, 42, pp. 335-346, 1990.  
Disponibil la: <http://cogsci.soton.ac.uk/harnad/Papers/Harnad/harnad90.sgproblem.html>.
45. W. J. Clancey. *Situated cognition - On human knowledge and computer representations*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.
46. F. Pulvermuller. Words in the brain's language. *Behavioural and Brain Sciences*, trimis, 2001.  
Disponibil la: <http://www.bbsonline.org/Preprints/OldArchive/bbs.pulvermueller.html>.
47. B. Indurkha. *Metaphor and cognition: an interactionist approach*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 1992.
48. R. Nunez și G. Lakoff. What did Weierstrass really define? *Mathematical Cognition*, 4, p. 2, 1998.
49. G. Lakoff și R. Nunez. The metaphorical structure of mathematics: sketching out cognitive foundations for a mind-based mathematics. În Lyn English, editor, *Mathematical Reasoning: Analogies, Metaphors and Images*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1999.
50. S. Dehaene. *The number sense: How the mind creates mathematics*. Oxford University Press, Oxford, UK, 1997.

51. S. Dehaene, E. Spelke, P. Pinel, R. Stănescu, și S. Tsivkin. Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284, pp. 970-974, 1999.
52. Rodney A. Brooks. *Cambrian intelligence: The early history of the new AI*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999. Parțial disponibil la: <http://www.ai.mit.edu/people/brooks/papers.html>.
53. Francisco J. Varela, Evan Thompson, și Eleanor Rosch. *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. MIT Press, Cambridge, MA, 1992.
54. J.K. O'Regan și A. Noe. A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioural and Brain Sciences*, 24, p. 5, 2001. Disponibil la: <http://www.bbsonline.org/Preprints/ORegan/>.
55. Jean-Arcady Meyer și Stewart W. Wilson, editori. *From animals to animats: Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
56. Jean-Arcady Meyer, Herbert L. Roitblat, și Stewart W. Wilson, editori. *From animals to animats 2: Proceedings of the Second International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
57. Dave Cliff, Philip Husbands, Jean-Arcady Meyer, și Stewart W. Wilson, editori. *From animals to animats 3: Proceedings of the Third International Conference on Simulation of Adaptive Behavior*. MIT Press, Cambridge, MA, 1994.
58. Luc Steels și Rodney Brooks, editori. *The artificial life route to artificial intelligence: Building embodied, situated agents*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, 1995.
59. Tom Ziemke. The construction of "reality" in the robot: Constructivist perspectives on situated artificial intelligence and adaptive robotics. *Foundations of Science*, 6, pp. 163-233, 2001. Disponibil la: <http://researchindex.com/ziemke00construction.html>, <http://www.ida.his.se/ida/~tom/>.
60. Rolf Pfeifer și Christian Scheier. *Understanding intelligence*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999. Vezi și: <http://www.ifi.unizh.ch/~pfeifer/mitbook/>.
61. Asociația de Științe Cognitive din România, pagina web. <http://www.psychology.ro/Psiho/ascr.htm>, 2001.
62. Ministerul Educației și Cercetării, România; Departamentul Cercetare, situl web. <http://www.mct.ro/>, 2001.
63. Cognitique, un program al Ministerului Cercetării, Franța; situl web. <http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/cognib.htm>, 2001.
64. Ziarul financiar. România poate trage o carte buna în competiția outsourcing. *Ziarul financiar*, 720, p. 12, 2001.
65. Ziarul financiar. Când america suspină, nici CornerSoft Technologies nu se simte prea bine. *Ziarul financiar*, 728, p. 11, 2001.
66. Răzvan Voican. Capitalul de risc, atras de creșterea economică rapidă. *Ziarul financiar*, 693, p. 1, 2001.
67. Laurențiu Ispir și Emil Lazăr. Românii nu i-au scos pe investitorii străini din poziția de așteptare. *Ziarul financiar*, 656, p. 8, 2001.
68. NIPS\*2001, atelier în neuropsihologie computațională; pagina web. <http://www.cs.colorado.edu/~mozer/nips2001workshop.html>, 2001.
69. H. Gardner. *The mind's new science: A history of the cognitive revolution*. Basic Books, New York, NY, 1985.
70. Neil A. Stillings, Steven E. Weisler, Christopher H. Chase, Mark H. Feinstein, Jay L. Garfield, și Edwina L. Rissland. *Cognitive science: An introduction*. MIT Press, Cambridge, MA, 1995.
71. Michael I. Posner, editor. *Foundations of cognitive science*. MIT Press, Cambridge, MA, 1989.
72. Robert A. Wilson și Frank Keil, editori. *The MIT encyclopedia of cognitive sciences*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1999. Disponibil la: <http://cognet.mit.edu/MITECS/>.
73. CogNet, sit web. <http://cognet.mit.edu/>, 2001.
74. James A. Anderson, Andras Pellionisz, și Edward Rosenfeld, editori. *Neurocomputing 2: Directions of research*. MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
75. Simon S. Haykin. *Neural networks: A comprehensive foundation*. Prentice Hall, 1998.
76. Dan Dumitrescu. *Modele conexiuniste în inteligența artificială*. Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca, România, 1995.
77. D. Dumitrescu și H. Costin. *Rețele neuronale*. Teora, București, România, 1996.
78. Daniel Amit. *Modeling brain function: The world of attractor neural networks*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1992.

79. V. Braitenberg și A. Schuz. *Anatomy of the cortex: Statistics and geometry*. Springer Verlag, Berlin, 1991.
80. Moshe Abeles. *Corticonics: Neural circuits of the cerebral cortex*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1991.
81. Lawrence Abbott și Terrence J. Sejnowski, editori. *Neural codes and distributed representations: Foundations of neural computation*. MIT Press, Cambridge, MA, 1999.
82. Michael S. Gazzaniga, editor. *Handbook of cognitive neuroscience*. Plenum, 1984.
83. Michael S. Gazzaniga, editor. *The new cognitive neurosciences*. MIT Press, Cambridge, MA, 2000.
84. Michael S. Gazzaniga, Richard B. Ivry, și George Mangun. *Cognitive neuroscience: The biology of the mind*. W W Norton & Co, 1998.
85. Michael S. Gazzaniga, editor. *Cognitive neuroscience: A reader*. Blackwell, 2000.
86. Michael S. Gazzaniga, editor. *Conversations in the cognitive neurosciences*. MIT Press, Cambridge, MA, 1996.
87. Martha J. Farah. *The cognitive neuroscience of vision*. Blackwell, 2000.
88. Marc Jeannerod. *The cognitive neuroscience of action*. Blackwell, 1999.
89. Joaquin M. Fuster. *Memory in the cerebral cortex: An empirical approach to neural networks in the human and nonhuman primate*. MIT Press, Cambridge, MA, 1995.
90. M. J. Zigmond, F. E. Bloom, S. C. Landis, J. L. Roberts, și L. R. Squire, editori. *Fundamental neuroscience*. Academic Press, 1998.
91. alife.org, sit web. <http://www.alife.org/>, 2001.
92. Rodney Brooks și Pattie Maes, editori. *Artificial life IV: Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*. MIT Press, Cambridge, MA, 1994.