

CUM ÎNVAȚĂ CREIERUL

Principii ale neuroștiinței
ce pot fi aplicate în educație

Mara Dierssen

CUPRINS

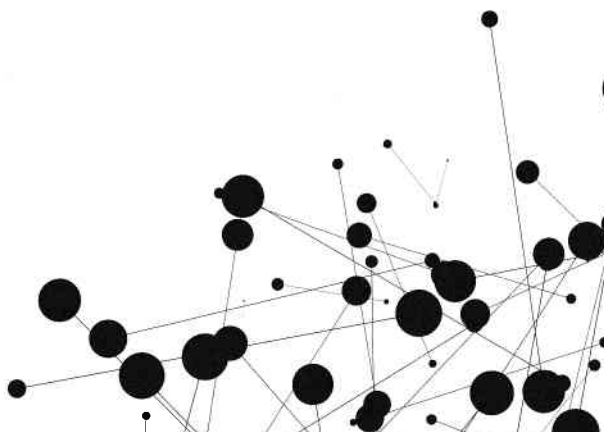
Introducere	7
Procese influențate de emoții, selective și creative	11
Bazele biologice ale învățării	14
Ce este învățarea? Tipuri de învățare primitivă	19
Învățare neasociativă	23
Învățare asociativă	25
Oprirea timpului: învățarea socială	29
<i>Amintiri din viitor</i>	31
Poliedrul învățării	33
<i>Memorie „de pește” sau memorie „de elefant”?</i>	38
Memorii superioare	40
Sisteme de decodificare și de înregistrare a informațiilor	41
<i>Supermemoria: un blestem?</i>	42
Educația în era cunoașterii	48
Învățare efemeră	51
<i>Numărul magic 7 (+/- 2)</i>	52
<i>Efectul Frankenstein</i>	54
<i>Oameni sau mașini?</i>	56
Operare cu informații	58
<i>Testează-ți memoria</i>	62
<i>Ars memoriae</i>	64
Cum primim informațiile: condiția prealabilă a învățării	67
Memoria vizuală	70
<i>Publicitate subliminală</i>	73
<i>Învățarea ca un aparat de fotografiat</i>	77
Memoria auditivă	78

Învățarea pe tot parcursul vieții	81
Condiții pentru o bună consolidare a lucrurilor învățate	84
<i>Amintirea emoției</i>	86
<i>Internetul lucrurilor și curba de dublare a cunoștințelor</i>	88
Învățarea „ce” și „cum”	89
<i>Soluții științifice pentru îmbunătățirea educației</i>	90
Memorie explicită	91
Cum se creează schița cerebrală a lucrurilor învățate	93
<i>Mirosul învățării: factori declanșatori ai memoriei</i>	94
Învățare implicită	96
Uitarea	98
<i>Creiere de elită</i>	99
<i>Conspirația uitării sau de ce uităm ce am învățat</i>	100
Materia care formează învățarea	103
Neuronul	107
Formă și funcție	108
Sărutări protoplasmatic	111
Cum funcționează sinapsele?	113
Neurotransmițători: poțiuni neurochimice	115
Creierul plastic	117
Plasticitatea structurală	120
Sinapsa ca structură plastică: memoria sinaptică	124
<i>Câte date poate să stocheze creierul?</i>	125
Potențare de lungă durată	127
Ce coincidență!	128
<i>Un detector molecular de coincidență</i>	133
Memoria și volatilitatea sinaptică	134
Engrama, o parte esențială a arhitecturii învățării	137
Colofon	141
Bibliografie recomandată	143

LBRIS

We know
books

INTRODUCERE



Din punct de vedere științific, este un mister fascinant faptul că, din fabuloasa încâlcitură de rețele de neuroni de diferite subtipuri și alte specii de celule, precum astrocitele, iau naștere gândirea, memoria, visele, emoțiile și conștiința. Înțelegerea proceselor cerebrale care permit gestionarea informațiilor aduce progrese revoluționare în domeniul informaticii și al roboticii. Sistemele inspirate de biologie, precum ingineria neuromorfică¹, sunt exemple clare ale modului în care aceste cunoștințe din sfera biologiei pot să se repercuteze asupra tehnologiei.

Nu e însă necesar să recurgem la ultimele cercetări din domeniul biotehnologiei ca să experimentăm această fascinație. Una dintre cele mai interesante, complexe și utile proprietăți ale creierului nostru este capacitatea de învățare, așa cum este înțeles termenul în cadrul neurobiologiei, care, după cum vom vedea în această carte, i-a atribuit alte conotații decât cele obișnuite.

Potrivit Dicționarului Academiei Regale Spaniole (RAE), învățarea reprezintă „dobândirea prin practică a unui comportament durabil“, în timp ce *a învăța* are sensul de „a dobândi

¹ Conceptul de inginerie neuromorfică a fost propus, la începutul anilor 1980, de Carver Mead, din cadrul Institutului de Tehnologie din California (Caltech, SUA), ca o modalitate de a utiliza circuite analogice pentru a imita arhitecturile biologice ale sistemului nervos.

cunoștințe despre ceva prin studiu sau experiență” sau de „a-și întipări ceva în minte”. De fapt, când vorbim despre „învățare”, de obicei ne referim la procesul de dobândire și de reținere a informațiilor (spre exemplu, învățarea numelor fluviilor care străbat Europa) sau la cel de dobândire a unor deprinderi specifice (învățarea mersului pe bicicletă sau a unei meserii). Dar, deși intuitiv ne dăm seama că sunt procese de învățare diferite, nu ne imaginăm și complexitatea mecanismelor pe care creierul trebuie să le pună în mișcare pentru ca fiecare dintre aceste procese să aibă loc. Pe Wikipedia, enciclopedia liberă, definiția îmbracă o formă mai biologică: „Învățarea este procesul prin care se modifică și se dobândesc diferite deprinderi, abilități, cunoștințe, comportamente sau valori, prin studiu, experiență, instruire, raționament și observare”. Dacă încercăm să îmbinăm cele două perspective, obținem o astfel de definiție a învățării: „capacitatea sistemului nervos de a reține experiențe în așa fel încât răspunsurile comportamentale viitoare să fie condiționate de modificări moleculare sau celulare mai mult sau mai puțin durabile”.

Observăm că între învățare și memorare există o relație strânsă, una neputând exista fără cealaltă. Ambele funcții mintale ne permit să ne adaptăm comportamentul la experiențele noastre. Iar această experiență, asemenea cunoștințelor dobândite, stocate în creier într-un mod sau altul, ne modelează trăsăturile, comportamentul, atitudinea și chiar modul de gândire.

Suma proceselor de învățare și de memorare dă naștere funcției cerebrale care ne permite să înregistrăm, să codificăm, să consolidăm, să reținem, să stocăm și să recuperăm informațiile acumulate. Dacă învățarea se ocupă de etapele de înregistrare și codificare, memoria este cea care ne

permite să le realizăm pe celelalte fără să uităm să fim conștienți de cine suntem și încotro mergem. Este uluitor cât de multe „amintiri” de tot felul suntem capabili să dobândim, fiecare cu propriile „metadate” sau informații asociate (de la mirosul emanat la emoția simțită, la cine era persoana care ne însoțea, până chiar la hainele pe care le purtam în ziua în care am învățat acel lucru).

Deși avem tendința să credem contrariul, învățarea nu este doar procesul de dobândire cognitivă prin efort, ci este mai degrabă o practică zilnică și constantă a creierului nostru, deoarece învățăm continuu: experiențele noastre sunt tot o formă de învățare, care ne permite să folosim informațiile mai târziu și să reacționăm cât mai eficient la mediul înconjurător. Cum codifică, așadar, creierul informațiile astfel încât să fie „stocabile”? Cum învățăm lucruri cotidiene astfel încât să ne amintim și atributele asociate, senzoriale sau de altă natură, și cum alegem ce informații să învățăm?

Procese influențate de emoții, selective și creative

Memoria și învățarea au câteva caracteristici interesante, iar una dintre ele este relația acestora cu emoțiile. Un lucru esențial este că le dăm o tentă emoțională lucrurilor pe care le învățăm, în special acelor care au legătură cu experiențele noastre de viață (care, vom vedea mai târziu, se traduc prin așa-numita „memorie episodică”). De exemplu, o petrecere îi poate produce o amintire foarte plăcută cuiva care a întâlnit acolo pe cineva interesant sau, dimpotrivă, extrem de neplăcută cuiva care a avut de-a face cu un nesuferit. La fel și dacă

unuia dintre participanții la petrecere i-a fost rău în seara respectivă: indispoziția îi poate păta amintirea. Persoanele care suferă de tulburare de stres posttraumatic duc învățarea experienței traumatice la extrem, adică o „supraînvață“, gravând-o atât de profund în memoria lor, încât nu o pot uita. Oamenii de știință caută, astfel, modalități de „dezînvățare“, de eliminare a amintirilor gravate prin supraînvațarea traumatică. Unii cercetători au reușit, prin tehnici optogenetice – o combinație de metode genetice și optice de a controla evenimente specifice în anumite celule din țesuturile vii – să „șteargă“ amintirea șocurilor electrice la rozătoare. Cam ca neutralizatorul din filmul *Bărbați în negru*, acel dispozitiv folosit de Will Smith și Tommy Lee Jones pentru a elimina din memoria oamenilor orice amintire legată de extraterestri, sau ca bagheta magică folosită de Hermione, din saga *Harry Potter*, pentru a șterge memoria părinților săi și a porni în lupta împotriva lui Cap-de-Mort. Cine știe, poate într-un viitor nu foarte îndepărtat, aceste tehnici, aflate încă în faza de cercetare, vor ajuta la dezvoltarea unor noi metode de tratament în cazul persoanelor cu experiențe traumatice.

Să vedem acum alte două caracteristici interesante ale învățării și memoriei, anume că sunt procese selective – pentru că ne permit să uităm ce ni se pare dureros sau, pur și simplu, să nu stocăm ce nu ne interesează – și creative, adică „stocarea“ informației nu este de o exactitate riguroasă și, la fel ca în cazul percepției, nu suntem receptori pasivi ai acesteia: intervenim activ în dobândirea informației, în cum e ea stocată și, prin urmare, în felul în care e reținută. De fapt, deși majoritatea credem că avem amintirea exactă a unui lucru, că acel fragment de realitate este bătut în cuie, informațiile stocate pe termen lung sunt supuse unor procese de modificare

și de reorganizare care se află în legătură cu învățarea de noi informații conexe, ceea ce ne permite să dăm interpretări proaspete lucrurilor deja cunoscute și care poate duce, de asemenea, la pierderea unei părți din informații în timp. De fiecare dată când ne amintim un lucru, „reinventăm“ puțin acea amintire. E ca și cum l-am reînvăța. Asta deoarece, când aducem acea amintire în planul conștientului, ea devine fragilă, iar atunci când o reconsolidăm, încorporăm elemente care nu se aflau acolo inițial. De aceea, memoria e supusă erorilor, distorsiunilor sau iluziilor, care pot proveni fie din judecata noastră perceptuală, fie din interpretarea ulterioară pe care o dăm acelei informații.

Învățarea pare să fie uneori extrem de „selectivă“. Un exemplu este memoria de recunoaștere. Unii oameni par să aibă o capacitate specială de a-și „întipări“ fețe în minte, în timp ce alții au o memorie prodigioasă pentru nume. Unele studii sugerează chiar că am fi dotați cu anumiți neuroni care „răspund“ la anumite fețe (cum ar fi celebrul „neuron Jennifer Aniston“¹, descoperit de Rodrigo Quian Quiroga, de la Universitatea din Leicester) sau care recunosc o notă muzicală fără necesitatea unui ton de referință. Oare acești neuroni stochează o „cheie“ neuronală anume pentru astfel de stimuli? Și dacă e așa, sub ce formă: ca o modificare chimică subtilă sau ca o modificare stabilă în structura lor, care se păstrează în timp?

¹ Rodrigo Quian Quiroga este specialist în neuroștiință, scriitor și profesor de bioinginerie la Universitatea din Leicester (Marea Britanie). Quiroga a dezvoltat un experiment în care unui eșantion de pacienți i s-a arătat imagini cu persoane și locuri familiare. A observat că una dintre celulele care se înregistrau în acel moment a reacționat activ la o fotografie cu actrița americană Jennifer Aniston, cunoscută pentru rolul din serialul *Prietenii tăi*. În momentul în care pacienților li se arăta o fotografie sau o caricatură în care actrița apărea neînsoțită, neuronii răspundeau cu o înaltă rată de declanșare. Acest lucru dovedește că celulele din creierul nostru se pot lega de un anumit concept.

Bazele biologice ale învățării

Ca să putem înțelege aceste procese, trebuie mai întâi să identificăm moleculele și mecanismele responsabile de stocarea informațiilor. Este evident că psihologia și neuroștiința depun un efort deosebit în deslușirea naturii și funcționării activității mintale și, în special, în înțelegerea învățării și a memoriei. Încă de pe vremea ilustrului om de știință Santiago Ramón y Cajal, s-a presupus că modificările cerebrale care însoțesc procesele de învățare și de memorare au loc acolo unde anumite celule nervoase intră în contact cu alte celule nervoase, adică în așa-numitele „sinapse”. Această imagine a memoriei „sinaptice” a fost mult timp prevalentă, și chiar și azi domină opinia neuroștiințifică.

Totuși, în ultimii ani, bazându-se în principal pe noi tehnici de neuroimagică, neuroștiința sistemelor a început să susțină că învățarea necesită rețele neuronale distribuite, parțial suprapuse. Nu este clar unde ar fi localizate aceste rețele sau cum ar fi distribuite, organizate sau activate, dar ar putea fi vizualizate ca modele de activitate neuronală care s-ar produce în regiuni specifice, în mod coordonat.

Există motive să credem că pentru diferitele mecanisme subiacente există diferite tipuri de învățare. Avem învățarea asociativă, în care se dobândește noțiunea de relație între două elemente (două obiecte, de exemplu cheie–broască, două persoane, tată–mamă, sau două situații, precum celebrul clopoțel care anunță ora mesei). Există însă și învățarea neasociativă, în care se dobândesc cunoștințe din experiențe, așa cum vom vedea în diferitele capitole ale volumului de față.

În sfârșit, există și procese de dezînvățare a lucrurilor, relevante mai ales în învățarea asociativă, caz în care se numesc

„procese de suprimare“. Astfel, dacă în copilărie am fost mușcați de un câine, creierul nostru se poate să fi învățat că trebuie să ne fie frică de toți câinii. Un astfel de comportament nu este adaptativ, așa că putem recurge la strategii precum procesele de suprimare pentru a dezînvăța, ceea ce înseamnă, în esență, a învăța din nou, numai că, de data aceasta, luând exemplul cu frica de câini, învățăm să asociem animalul cu ceva plăcut. Psihologul german Hermann Ebbinghaus a studiat pierderea de informații sau de cunoștințe care se produce în timp și a constatat că aceasta are loc progresiv dacă respectivele informații nu sunt reîmprospătate. Din perspectiva autorului, această pierdere este atât rezultatul trecerii timpului, cât și al nefolosirii informațiilor. Practic, ca lucrurile învățate să se consolideze, sunt necesare procese de stabilizare. Rezultatele experimentelor lui Ebbinghaus și analiza curbei uitării indică faptul că, în primele momente după dobândirea informației, aceasta este cea mai fragilă, iar curba uitării are cea mai abruptă pantă. Astfel, materialul memorat se reduce dramatic, așa încât mai bine de jumătate din ce s-a învățat poate dispărea din conștiință chiar în prima zi. Apoi, materialul continuă să se estompeze, iar noi ajungem să ne amintim, după două zile, mai puțin de 30% din ce am învățat. Cantitatea de informații care se uită din acest moment începe să scadă, până la aproximativ o săptămână după învățare, apoi nu se mai produc pierderi majore. Cu toate acestea, materialul reținut după această perioadă este practic nul: doar dacă avem noroc reușim să ne amintim peste 3%. Chiar și așa, faptul că este necesar mai puțin timp pentru a reînvăța un material decât pentru a-l învăța de la zero, inclusiv în cazul fragmentelor care au dispărut din memorie, sugerează că este posibil ca informațiile învățate să fi lăsat un fel de „amprentă“ neuronală.

Prin urmare, din punct de vedere neurobiologic, sistemul nostru educațional, bazat pe „intoxicarea” cu informații ore în șir fără a reflecta asupra lor, este o garanție biologică a eșecului.

În acest scurt text, voi încerca să explic, într-o manieră simplă, o parte din cunoștințele dobândite cu ajutorul neuroștiințelor despre codurile biologice implicate în îndeplinirea tuturor acestor funcții cu un cost energetic suportabil (care în creier este excepțional de scăzut). Nu intenționez să fiu exhaustivă, nici să repet eforturile altor colegi care, foarte recent, au cercetat într-un mod impresionant acest subiect, ci îmi propun, mai degrabă, să prezint idei generale și să exprim unele dintre îndoielile mele (sau ale noastre) cu privire la biologia învățării și a memoriei. Îmi doresc ca acest conținut să fie captivant și accesibil, chiar dacă, în acest sens, uneori, acord mici concesii superficialității, păstrând însă nealterată rigoarea științifică.

De-a lungul întregii mele cariere, cu excepția unui mic flirt inițial cu centrele respiratorii, mi-am concentrat interesul asupra mecanismelor neurobiologice fundamentale memoriei și învățării, precum și asupra modificărilor genetice și/sau ambientale ale acestora. În anii 1990, am lucrat la dezvoltarea de noi terapii pentru boala Alzheimer, identificând mecanisme de acțiune care au pus bazele sintezei de noi compuși. Ulterior, mi-am orientat cercetările către dizabilitatea intelectuală. Grupul meu de lucru a fost primul care a utilizat, validat și generat modele genetice ale sindromului Down la șoareci, trasând corelațiile celulare și moleculare ale dizabilității intelectuale. Am fost pionieri în determinarea alterărilor în plasticitatea neuronală care stau la baza deficitelor cognitive ale acestui sindrom. Acest concept de plasticitate

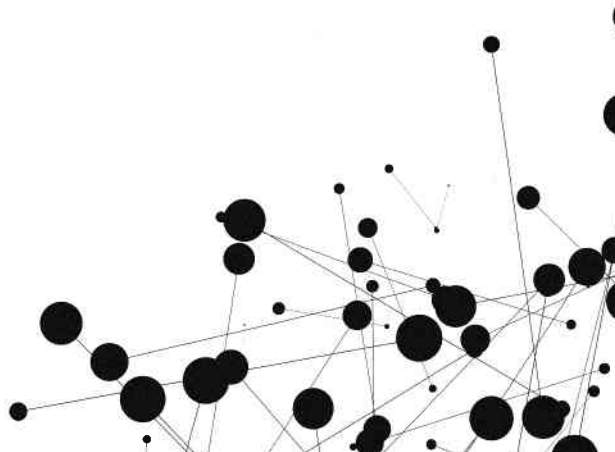
evidențiază capacitatea creierului de a-și schimba structura și funcția odată cu experiența și este esențial pentru învățare și memorie, ca să nu mai vorbim că a revoluționat și tratamentele terapeutice pentru tulburările cognitive. Ulterior, am identificat mecanismele moleculare care afectează formarea rețelelor neuronale în sindromul Down, ceea ce ne-a permis să găsim un candidat puternic pentru a explica această patologie. Această descoperire importantă a generat noi oportunități terapeutice, recunoscute prin studii clinice care au demonstrat efecte benefice semnificative la persoanele cu dizabilități intelectuale marcând o revoluție în terapia acestor boli și arătând că cercetarea științifică are valoare prin ea însăși și că este un bun mijloc de a progresa spre o societate mai bună. Nu pot încheia această prefață fără să-i menționez pe colaboratorii mei: Pablo, Luis, vă mulțumesc pentru corecturile și criticile voastre, datorită vouă textul este mai clar și lipsit de cuvinte sau concepte exagerat de tehnice; Trini, îți mulțumesc pentru desenele minunate, care cu siguranță adaugă o enormă valoare textului.

Sper ca această carte să îi stârnească cititorului curiozitatea și, mai ales, pofta să cunoască mai multe lucruri. Lectură plăcută!

CE ESTE ÎNVĂȚAREA? TIPURI DE ÎNVĂȚARE PRIMITIVĂ

*A fi înseamnă, în esență, a fi memorie; înseamnă a găsi o formă de coerență,
o legătură între ce suntem, ce am vrut să fim și ce am fost.*

EMILIO LLEDÓ, academician al limbii spaniole, profesor la universitățile din Heidelberg, La Laguna, Barcelona și Madrid, este unul dintre puținii savanți spanioli în viață (deși se plânge că a fi un „savant cu acte-n regulă” e obositor).



Când psihologii vorbesc despre învățare, se referă la procesele prin care comportamentul nostru se poate, cu timpul, modifica, pentru a se adapta la un mediu în schimbare. Această proprietate a creierului presupune capacitatea de a dobândi informații din mediul înconjurător, de a le evalua și de a genera o memorie individuală (autobiografică), memorie care se construiește prin experiență și care ne permite să ne bucurăm de identitate, adaptabilitate și conștientizare. Într-un fel, prin învățare, neuronii, organismul din care fac parte și mediul cu care acesta interacționează se conectează din punct de vedere funcțional și structural, iar aceste transformări sunt coerente cu schimbările care au loc în mediul înconjurător. Fiecare lucru învățat se va păstra sau șterge, în funcție de utilitatea pe care o poate avea în situații viitoare.

Așa cum am semnalat în introducere, învățarea și memoria sunt concepte strâns legate între ele: dacă învățarea este capacitatea de a dobândi informații noi, memoria este capacitatea de a reține informațiile învățate, pentru a le putea folosi ulterior. Putem spune că ele constituie, în fapt, două momente din seria de funcții prin care organismele procesează și utilizează informațiile. Însă nu trebuie să facem greșeala de a considera învățarea ca un „proces” (dobândire de informații) și memoria ca o „stare” (depozit). Ambele sunt procese. Relația dintre învățare și capacitatea de a combina conținuturile