



1000

de creieri

O nouă teorie a inteligenței

Traducere din engleză de
Dan Crăciun



Jeff Hawkins

Cuprins

Cuvântul traducătorului	7
Prefață de Richard Dawkins	13
PARTEA ÎNTÂI: O NOUĂ ÎNȚELEGERE A CREIERULUI	23
1. Creierul vechi – noul creier	37
2. Marea idee a lui Vernon Mountcastle	49
3. Un model al lumii în capetele voastre	59
4. Creierul își dezvăluie secretele	71
5. Hărțile din creier	91
6. Concepte, limbă și gândire de nivel superior	107
7. Teoria inteligenței celor 1 000 de creieri	133
PARTEA A DOUA: INTELIGENȚA ROBOTICĂ	159
8. De ce nu există niciun „Eu” în inteligența artificială	167
9. Când mașinile sunt conștiente	189
10. Viitorul inteligenței robotice	201
11. Riscurile existențiale ale inteligenței robotice	221
PARTEA A TREIA: INTELIGENȚA UMANĂ	233
12. False convingeri	239
13. Riscurile existențiale ale inteligenței umane	255

14. Fuziunea creierului cu mașina	273
15. Dispozițiile testamentare ale omenirii	285
16. Gene versus cunoaștere	303
Gânduri finale	325
Sugestii bibliografice	331
Mulțumiri	341

Prefață

de Richard Dawkins

Nu citiți această carte înainte de culcare. Nu pentru că v-ar umple de spaimă. Nu veți avea coșmaruri. Dar este atât de captivantă, atât de stimulantă, încât veți simți că mintea vă este răpită și purtată de un vârtej învolburat de idei palpitante și provocatoare – și, în loc să adormiți, veți dori să dați fuga și să spuneți cuiva ce ați citit. Autorul acestei prefete este și el o victimă a acelui vârtej și sper să vă arăt de ce.

Charles Darwin a fost un caz neobișnuit printre oamenii de știință, întrucât a dispus de mijloace care i-au permis să lucreze în afara universităților și fără granturi guvernamentale de cercetare. S-ar putea ca Jeff Hawkins să nu guste dacă l-am numi echivalentul din Silicon Valley al unui gentleman savant, dar, mă rog, ați înțeles paralela. Ideea de forță a lui Darwin era prea revoluționară ca să se impună, fiind expusă într-un articol scurt, iar studiile publicate de Darwin și Wallace în 1858 au fost total ignorate. După cum a spus însuși Darwin, ideea trebuia expusă într-un text de mărimea unui volum. Destul de cert, un an mai târziu, marea lui carte a zguduit fundamentele epocii victoriene. O tratare de dimensiunile unui volum este necesară și pentru teoria celor 1 000 de creieri a lui Jeff Hawkins. Și pentru ideea lui despre sistemele de referință – „Însuși actul gândirii este o formă de mișcare” – drept la țintă! Fiecare din aceste două idei este suficient de profundă ca să umple o carte. Dar asta nu e tot.

Este celebră afirmația lui T.H. Huxley după ce a terminat de citit *Despre originea speciilor*: „Cât de idiot am fost să nu mă fi gândit la asta”. Nu sugerez că cerebrologii vor spune neapărat același lucru după ce vor fi citit această carte. Volumul de față prezintă multe idei captivante și nu doar o singură idee uriașă precum cea descoperită de Darwin.

Am bănuiala că nu doar T.H. Huxley, ci și cei trei scriitori nepoți ai săi ar fi îndrăgit-o: Andrew, pentru că a descoperit cum funcționează impulsul nervos (Hodgkin și Huxley sunt Watson și Crick* ai sistemului nervos); Aldous, datorită peregrinărilor sale vizionare și poetice până la cele mai îndepărtate putințe de înțelegere ale minții; și Julian, fiindcă a scris această poezie preamărind capacitatea creierului de a construi un model al realității, un microcosmos al universului:

Lumea lucrurilor pătruns-a-n mintea-ți cea copilărească
Populând acea frumoasă de cristal vitrină.
Între pereții săi fătați dintre cei mai stranii se îmbină,
Și transformate-n gânduri lucrurile încep
să se-nmulțească.

Căci, odată înlăuntru, faptul corporal poate spune c-a
aflat
Un spirit. Deopotrivă tu și faptul în colaborare strânsă
Ați făurit acolo micul tău microcosmos – care însă
Cele mai enorme sarcini mărunțului său eu
i-a-ncredințat.

Morții pot trăi acolo, cu stelele stând la taclale:
Polul cu ecuatorul și noaptea cu ziua de vorbă stau
acum;

* James Dewey Watson și Francis Harry Compton Crick au descoperit structura și funcționalitatea ADN (n.r.).

Spiritul dizolvă ale lumii piedici materiale –

Un milion de învelișuri menite să despartă se fac
scrum.

Universul poate să trăiască, să lucreze și să plănuiască
Întru-n sfârșit și Dumnezeu se făcu în mintea omenească.

Creierul stă ascuns în beznă, înțelegând lumea din afară doar printr-un potop de impulsuri nervoase descoperite de Andrew Huxley. Un impuls nervos pornit din ochi nu se deosebește de unul venit din ureche sau din degetul mare de la picior. Abia la capătul drumului din creier se face diferența dintre ele. Jeff Hawkins nu este primul om de știință ori filosof care sugerează că realitatea pe care o percepem este o realitate construită, un model, actualizat și informat prin buletinele de știri primite de la simțuri. Dar Hawkins este, cred eu, primul care acordă un spațiu elocvent ideii că nu există doar un singur astfel de model, ci mii, câte unul în fiecare dintre numeroasele coloane corticale frumos rânduite în cortexul cerebral. Există aproximativ 150 000 de asemenea coloane și ele sunt starurile primei secțiuni a cărții, alături de ceea ce el numește „sisteme de referință”. Teza lui Hawkins despre ambele concepte este provocatoare și va fi interesant de văzut cum este receptată de alți cerebrologi — bine, presupun. Nu cea mai puțin fascinantă dintre ideile lui expuse aici este că, în activitățile lor de modelare a lumii, acele coloane corticale funcționează semiautonom. Ceea ce percepem „noi” este un fel de consens democratic între ele.

Democrație în creier? Consens și chiar dispute? Ce idee uimitoare. Este o temă majoră a cărții. Ca mamifere umane, suntem victimele unei dispute recurente: o luptă între vechiul creier reptilian, care conduce inconștient mașina de supraviețuire, și neocortexul mamifer situat cumva deasupra

lui, cu mâinile pe volan. Acest nou creier de mamifer – cortexul cerebral – gândește. Este sediul conștiinței. Este conștient de trecut, prezent și viitor și transmite instrucțiuni vechiului creier, care le execută.

Vechiul creier, format de selecția naturală timp de milioane de ani, pe când zahărul se găsea rar și era prețios pentru supraviețuire, spune: „Prăjitură. Vreau tort. Mmmm... cozonac. Dă-mi”. Noul creier, școlit de cărți și doctori abia de câteva zeci de ani, pe când zahărul era supraabundent, spune: „Nu, nu. Fără prăjitură. Nu trebuie. Te rog să nu mănânci din tort”. Vechiul creier spune: „Durere, durere, durere oribilă, oprește durerea imediat”. Noul creier spune: „Nu, nu, suportă durerea, nu îți trăda țara lăsându-te învins de ea. Loialitatea față de țară și de camarazi este mai presus chiar și de propria viață”.

Conflictul dintre vechiul creier reptilian și noul creier de mamifer ne dă răspunsul unor enigme precum „De ce durerea trebuie să fie atât de afurisit de chinuitoare?”. La urma urmei, la ce servește durerea? Durerea este o reprezentantă a morții. Este un avertisment pentru creier. „Altă dată să nu mai faci asta: nu zgândări un șarpe, nu pune mâna pe un tăciune fierbinte, nu sări de la mare înălțime. Acum te-ai ales doar cu o durere; data viitoare s-ar putea să fii ucis.” Un inginer proiectant ar putea spune că avem nevoie în creier de echivalentul unui steguleț nedureros de avertizare. Când stegulețul se ridică, nu repeta indiferent ce ai făcut înainte. Dar, în locul stegulețului lejer și nedureros al inginerului, ceea ce avem efectiv este durerea – de multe ori o suferință chinuitoare și insuportabilă. De ce? Și ce nu este în regulă cu stegulețul rațional?

Răspunsul rezidă probabil în natura arțăgoasă a procesului decizional din creier: conflictul dintre vechiul și noul creier. Dacă i-ar fi prea ușor noului creier să nesocotească votul

vechiului creier, sistemul nedureros de stegulețe de avertizare nu ar funcționa. Și tortura ar fi inefficientă.

Noul creier s-ar simți liber să ignore stegulețul meu ipotetic și să îndure oricâte înțepături de albine, oricâte glezne scrântite sau oricâte degete strivite cu o menghină de un torționar dacă, dintr-un motiv oarecare, „așa vrea el”. Vechiul creier, căruia realmente „îi pasă” de supraviețuire, ca să își transmită mai departe genele, ar putea „să protesteze” în van. Poate că selecția naturală, în interesul supraviețuirii, a asigurat „victoria” vechiului creier făcând durerea atât de afurisit de chinuitoare încât noul creier să nu o poată nesocoti. Ca un alt exemplu, dacă vechiul creier ar fi „conștient” de trădarea scopului darwinist al sexului, actul de folosire a unui prezervativ ar provoca o durere insuportabilă.

Hawkins e de partea majorității oamenilor de știință documentați și a filosofilor care nu vor avea nicio problemă cu dualismul: nu există nici un duh ascuns în mașină, nici un suflet fantomatic atât de rupt de hardware încât să supraviețuiască după moartea acestuia, nici un teatru cartezian (termenul lui Dan Dennett) unde pe un ecran colorat rulează un film al lumii în fața unui sine care privește. În schimb, Hawkins propune multiple modele ale lumii, microcosmosuri construite, formate și corectate de ploaia de impulsuri nervoase care se scurg din simțuri. Pentru că veni vorba, Hawkins nu exclude cu totul posibilitatea de a scăpa în viitor de moarte încărcându-ți creierul pe un computer, dar nu crede că ar fi foarte amuzant.

Printre cele mai importante modele din creier se numără modelele corpului însuși, care trebuie să acomodeze modul în care propriile mișcări ale corpului modifică perspectiva noastră asupra lumii din afara zidului de închisoare al craniului. Și acest aspect este relevant pentru tema centrală a părții de mijloc a cărții, inteligența roboților. Ca și mine, Jeff Hawkins are

un mare respect pentru acei oameni inteligenți, prieteni cu el și cu mine, care se tem că avântul mașinilor superinteligente ne va da la o parte, ne va subjuga sau chiar ne va elimina cu totul. Dar Hawkins nu se teme de ele, parțial întrucât calitățile măiestriei în șah sau go nu sunt acelea care se pot adapta complexității lumii reale. Copiii care nu știu să joace șah „știu cum se varsă lichidele, cum se rostogolesc mingile și cum latră câinii. Știu să utilizeze creioane, markere, hârtie și lipici. Știu să deschidă cărți și au învățat că hârtia se poate rupe.” Și au o imagine despre sine, o imagine corporală care îi plasează în lumea realității fizice și le permite să se miște prin ea fără efort.

Nu se poate spune că Hawkins subestimează forța inteligenței artificiale și a roboților din viitor. Dimpotrivă. Dar el crede că în mare măsură cercetările actuale înaintează într-o direcție greșită. În opinia lui, direcția corectă ar fi să înțelegem cum funcționează creierul și să împrumutăm procedurile sale, dar și să le accelerăm enorm viteza de operare.

Și nu există niciun motiv să împrumutăm (într-adevăr, mă rog să nu preluăm) metehnele vechiului creier, poftele trupești și foamea, dorințele nepotolite și accesele de furie, emoțiile și spaimile care ne pot împinge pe niște căi considerate periculoase de noul creier. Periculoase cel puțin din perspectiva prețuită de Hawkins, de mine și aproape cu siguranță și de voi. Căci el spune foarte limpede că valorile noastre emancipate trebuie să fie și sunt total divergente față de valoarea primară și primitivă a genelor noastre egoiste – imperativul brut de reproducere cu orice preț. În viziunea lui (pe care o bănuiesc a fi discutabilă), fără un creier vechi nu există niciun motiv să ne așteptăm că o inteligență artificială (IA) ar nutri sentimente răuvoitoare față de noi. Tocmai de aceea și, de asemenea, poate în mod discutabil, el nu crede că deconectarea unei IA

conștiente ar fi o crimă: în lipsa unui creier vechi, de ce ar simți ea frică ori tristețe? De ce ar dori să supraviețuiască?

În capitolul „Gene versus cunoaștere”, nu rămânem cu niciun dubiu legat de disparitatea dintre scopurile vechiului creier (servirea genelor egoiste) și cele urmărite de noul creier (cunoașterea). Măreția cortexului cerebral omenesc este faptul că el – unic printre toate animalele și fără precedent în toate perioadele geologice – are puterea de a sfida poruncile genelor egoiste. Ne putem bucura de sex fără procreație. Ne putem dedica viețile filosofiei, matematicii, poeziei, astrofizicii, muzicii, geologiei sau căldurii iubirii omenești, sfidând impulsul genetic al vechiului creier de a socoti că toate astea sunt o pierdere de timp – timp care „ar trebui” petrecut luptându-ne cu rivalii și urmărind cât mai mulți parteneri sexuali: „După cum văd eu lucrurile, avem de făcut o alegere profundă. Este o alegere între a favoriza vechiul creier sau a da întâietate noului creier. Mai concret, dorim ca viitorul nostru să fie condus de procesele care ne-au adus până aici, și anume selecția naturală, competiția și impulsul genelor egoiste? Sau dorim ca viitorul nostru să fie condus de inteligență și de dorința ei de-a înțelege lumea?”

Am început prin a cita fermecător de umila remarcă a lui T.H. Huxley după ce a terminat de citit *Originea speciilor* a lui Darwin. Voi încheia cu doar una dintre numeroasele idei fascinante ale lui Jeff Hawkins – el o prezintă pe numai două pagini – care m-a făcut să îl evoc pe Huxley. Simțind nevoia unei pietre funerare cosmice, un lucru de lăsat pentru ca galaxia să știe că noi am fost aici cândva și că am fost capabili să anunțăm faptul existenței noastre, Hawkins notează că toate civilizațiile sunt efemere. La scara timpului universal, intervalul dintre momentul în care o civilizație inventează comunicarea electromagnetică și extincția ei seamănă cu sclipirea unui

licurici. Șansa ca o astfel de scripă să coincidă cu alta este îngrozitor de mică. Ceea ce ne trebuie așadar – motivul pentru care l-am numit o piatră funerară – este un mesaj care nu spune că „Suntem aici”, ci spune că „Am fost aici cândva”. Și piatra funerară trebuie să aibă o durată la scară cosmică: nu trebuie doar să fie vizibilă de la distanțe de parseci, ci trebuie să dureze milioane dacă nu miliarde de ani, în așa fel încât să își emită încă mesajul când alte scripuri de intelect o interceptează mult timp după ce noi vom fi dispărut. Emisia în eter a numerelor prime sau a cifrelor numărului π nu vor fi de ajuns. Oricum, nu ca un semnal radio sau ca pulsație a unei raze laser. Ele vestesc neîndoiește inteligență biologică, motiv pentru care fac parte din inventarul de instrumente al SETI* și al autorilor de science-fiction, dar ele sunt prea sumare, prea mult ancorate în prezent. Așadar, ce semnal ar dura suficient de mult și ar fi detectabil de la o foarte mare distanță în orice direcție? Aici Hawkins m-a făcut să-mi pun și eu în sinea mea întrebarea lui Huxley.

În prezent ne depășește puterile, dar în viitor, înainte ca scripura noastră de licurici să se stingă, am putea plasa pe orbită în jurul Soarelui o serie de sateliți „care blochează o mică parte din lumina solară într-un pattern care nu ar avea cum să apară în mod natural. Acești sateliți care astupă lumina Soarelui ar continua să se deplaseze pe orbitele lor milioane de ani, mult timp după ce noi vom fi dispărut și ar putea fi detectați de la mari depărtări.” Chiar dacă dispunerea spațială a acestor sateliți de umbră nu este literalmente o serie de numere prime, mesajul ar putea fi inconfundabil: „Viața inteligentă fuse p-aci”.

* SETI – acronim pentru *search of extraterrestrial intelligence*, „Căutarea inteligenței extraterestre” (n.t.).

Ceea ce îmi face o deosebită plăcere – și îi ofer vinieta lui Jeff Hawkins în semn de mulțumire pentru bucuria pe care mi-a dăruit-o scripitoarea lui carte – este că un mesaj cosmic codificat sub forma unui pattern de intervale între scripiri (sau, în cazul lui, antiscripiri, întrucât sateliții astupă Soarele) ar folosi același tip de cod ca un neuron.

Aceasta este o carte despre modul în care funcționează creierul. Prezintă la lucru creierul într-un mod nelipsit câtuși de puțin de momente captivante.

Partea | O nouă înțelegere
întâi | a creierului

Celulele din capetele voastre citesc aceste cuvinte. Gândiți-vă cât de remarcabil este acest fenomen. Celulele sunt simple. O singură celulă nu poate să citească, să gândească ori să facă mai nimic. Totuși, dacă strângem laolaltă destule celule cât să formeze un creier, ele nu doar citesc, ci și scriu cărți. Ele proiectează clădiri, inventează tehnologii și descifrează misterele universului. Cum se face că un creier alcătuit din celule simple creează inteligența este o întrebare extrem de interesantă și rămâne un mister.

Înțelegerea modului în care funcționează creierul este considerată una dintre marile provocări ale umanității. Căutarea soluției a dat naștere unor zeci de inițiative naționale și internaționale, precum Europe's Human Brain Project și International Brain Initiative. Zeci de mii de specialiști în neurobiologie lucrează în zeci de specialități, practic în toate țările din lume, încercând să înțeleagă creierul. Deși neurobiologia studiază creierul diferitelor animale și pune întrebări variate, scopul ei suprem este să afle cum dă naștere inteligenței creierul omenesc.

S-ar putea să vă surprindă afirmația mea conform căreia creierul omenesc rămâne un mister. În fiecare an se anunță noi descoperiri legate de creier, se publică noi cărți despre creier și cercetătorii din domenii înrudite precum inteligența artificială pretind că diversele lor creații se apropie de inteligența, să zicem, a unui șoricel ori a unei pisici. Ar fi ușor de extras din

toate acestea concluzia că oamenii de știință au o idee destul de corectă despre modul de funcționare a creierului. Dar, dacă îi întrebați pe neurobiologi, aproape toți vor admite că suntem încă în beznă. Am acumulat un volum enorm de cunoștințe și fapte legate de creier, dar înțelegem în mică măsură cum funcționează acesta în ansamblu.

În 1979, Francis Crick, celebru pentru cercetările lui legate de ADN, a scris un eseu despre starea cerebrologiei, intitulat „Gânduri despre creier”. A descris marele volum de fapte despre creier pe care le-au strâns oamenii de știință, dar concluzia lui este că „în pofida acumulării statornice a cunoștințelor de detaliu, modul de funcționare a creierului omenesc este încă profund misterios”. Și spune mai departe: „Ceea ce în mod vădit lipsește este un vast cadru conceptual în care să fie interpretate aceste rezultate”.

Crick a remarcat că oamenii de știință colecționaseră timp de decenii date privind creierul. Cunoșteau un mare număr de fapte. Dar nimeni nu a ghicit cum să asambleze acele fapte în ceva inteligibil. Creierul semăna cu un puzzle uriaș, alcătuit din mii de piese. Piese se aflau în fața noastră, dar nu le puteam vedea sensul. Nimeni nu știa cum era de presupus să arate soluția. Conform lui Crick, creierul era un mister nu pentru că noi nu adunaserăm suficiente date, ci fiindcă nu știam cum să aranjăm piesele pe care le aveam deja. În cei 40 de ani care au trecut de când Crick a scris acest eseu, s-au făcut numeroase descoperiri legate de creier, urmând ca pe mai multe dintre ele să le discut mai târziu, dar în ansamblu observația lui este încă adevărată. Cum răsar inteligența din celulele din capetele voastre rămâne un profund mister. Pe măsură ce se înmulțesc piesele din puzzle adunate în fiecare an, avem uneori sentimentul că suntem tot mai departe de înțelegerea creierului, nu mai aproape.

Am citit eseuul lui Crick pe când eram tânăr și m-a inspirat. Mi-a trezit sentimentul că am putea dezlega misterul creierului în timpul vieții mele și de atunci am urmărit această țintă. În ultimii 15 ani am condus o echipă de cercetători din Silicon Valley care studiază o parte din creier numită neocortex. Neocortexul ocupă cam 70% din volumul unui creier omenesc și este responsabil de tot ceea ce asociem cu inteligența, începând cu simțurile, precum văzul, pipăitul și auzul, până la toate formele de limbaj și gândirea abstractă din matematică și filosofie. Obiectivul cercetărilor noastre este să înțelegem suficient de amănunțit cum funcționează neocortexul ca să putem explica biologia creierului și să construim mașini inteligente care funcționează pe baza aceluiași principii.

La începutul lui 2016 progresul cercetărilor noastre s-a modificat spectaculos. Înțelegerea noastră a făcut un salt înainte. Ne-am dat seama că nouă și altor oameni de știință ne-a scăpat un ingredient esențial. Cu această nouă viziune, am văzut cum se îmbină piesele din puzzle. Cu alte cuvinte, cred că am descoperit cadrul conceptual despre care scria Crick, un cadru care explică nu doar principiile de bază ale funcționării neocortexului, ci generează și un nou mod de a concepe inteligența. Încă nu avem o teorie completă a creierului – nici pe departe. De regulă, domeniile științifice încep cu un cadru teoretic și numai după aceea sunt explicate amănuntele. Poate că exemplul cel mai faimos este teoria lui Darwin despre evoluție. Darwin a propus un îndrăzneț mod nou de a gândi originea speciilor, însă detaliile, precum modul în care operează genele și ADN-ul, vor fi cunoscute abia după mulți ani.

Ca să fie inteligent, creierul trebuie să învețe multe lucruri despre lume. Nu mă refer doar la ceea ce învățăm la școală, ci la lucruri elementare, precum felul în care arată, sună și se simt tactil obiectele din viața de zi cu zi. Trebuie să învățăm

cum se comportă lucrurile, de la cum se deschid și se închid ușile până la ceea ce fac aplicațiile de pe telefoanele noastre inteligente când atingem ecranul. Trebuie să învățăm unde se situează în lume fiecare obiect, începând cu locul din casă în care vă păstrați bunurile de valoare și până la poziția în care se află biblioteca și oficiul poștal din orașul vostru. Și, bineînțeles, învățăm și concepte de nivel superior, precum „compasiune” și „guvernare”. Deasupra tuturor acestora, fiecare dintre noi învață semnificația unor zeci de mii de cuvinte. Fiecare dintre noi posedă un volum enorm de cunoștințe despre lume. Unele dintre abilitățile noastre elementare sunt determinate de genele noastre, de pildă cum să mâncăm ori să ne ferim de durere. Dar cea mai mare parte din ceea ce știm despre lume este învățat.

După cum spun oamenii de știință, creierul învață un model al lumii. Cuvântul „model” implică ideea că lucrurile pe care le cunoaștem nu sunt doar depozitate ca o stivă amorfă de fapte, ci sunt organizate în așa fel încât reflectă structura lumii și a tuturor lucrurilor pe care le conține aceasta. De exemplu, pentru a ști ce este o bicicletă, nu ne amintim o listă de fapte legate de biciclete. În schimb, creierul nostru creează un model de bicicletă care include diferitele ei componente, cum sunt aranjate unele în raport cu celelalte și cum se mișcă și conlucrează. Ca să recunoaștem ceva, trebuie să învățăm în primul rând cum arată și cum se simte la pipăit, iar ca să ne atingem scopurile trebuie să învățăm cum se comportă de regulă lucrurile din lume când interacționăm cu ele. Inteligența este intim legată de modelul despre lume al creierului; prin urmare, ca să înțelegem cum creează creierul inteligența trebuie să înțelegem modul în care creierul, alcătuit din celule simple, învață să construiască un model al lumii și al tuturor lucrurilor aflate în ea.

Descoperirea noastră din 2016 explică modul în care creierul învață acest model. Am dedus că neocortexul stochează tot ceea ce știm, toate cunoștințele noastre, utilizând ceva numit *reference frames* – sisteme de referință. Voi explica pe deplin acest fenomen mai târziu, dar, deocamdată, faceți analogie cu o hartă. O hartă este un tip de model: harta unui oraș este un model al orașului, iar liniile de caroiă, precum cele care indică latitudinea și longitudinea, sunt un tip de sistem de referință. Liniile de caroiă de pe o hartă, sistemul ei de referință, furnizează structura hărții. Un sistem de referință îți spune unde se situează lucrurile în relație cu altele și vă poate spune cum să vă realizați scopurile, cum ar fi să ajungeți dintr-o localitate în alta. Ne-am dat seama că modelul lumii din creier se construiește folosind sisteme de referință asemănătoare celor de pe hartă. Nu un sistem de referință, ci sute de mii. Într-adevăr, acum înțelegem că majoritatea celulelor din neocortex sunt dedicate creării și manipulării sistemelor de referință pe care le folosește creierul ca să planifice și să gândească.

Odată cu această nouă înțelegere au început să se întrevadă răspunsurile unora dintre cele mai mari întrebări ale neurobiologiei. Întrebări de tipul: cum se unifică într-o singură experiență diversele noastre inputuri senzoriale? Ce se întâmplă când gândim? Cum pot să ajungă doi oameni la opinii diferite pornind de la aceleași observații? Și de ce avem o conștiință de sine?

Această carte spune povestea acestor descoperiri și a implicațiilor pe care le au pentru viitorul nostru. Cea mai mare parte a conținutului a fost publicată în reviste științifice. Pun la dispoziție linkuri spre aceste articole la sfârșitul cărții. Totuși articolele științifice nu sunt adecvate pentru explicarea unor teorii ample, mai ales într-o modalitate pe care să o poată înțelege un nespecialist.