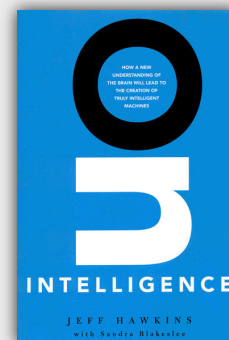


Sobre el cervell, la ment i la màquina

Salvador Climent

HAWKINS, Jeff; BLAKESLEE, Sandra (2004). *On intelligence*. Nova York: Times Books, Henry Holt and Co. 2004 [Traducció a l'espanyol: *Sobre la inteligencia* (2005). Madrid: Espasa Calpe]. ISBN 0-8050-7456-2



Resum:

En aquest llibre Jeff Hawkins, creador de la Palm Pilot, presenta una nova teoria del cervell-ment. Aquest autor vol explicar com la ment resulta de l'activitat de la matèria —en concret, del còrtex cerebral— i com aquest model es pot arribar a plasmar en un algorisme biològicament plausible i implementable en ordinadors. Hawkins creu que amb el seu model es podran construir màquines intel·ligents i explica què faran.

La idea bàsica és la següent: el cervell empra grans quantitats de memòria per a crear un model jeràrquic del món i el fa servir per a efectuar, per analogia, prediccions contínues sobre fets futurs. La clau de la intel·ligència seria, per tant, la capacitat de fer prediccions.

El llibre *On intelligence* interessarà a qui tingui interès per la ciència cognitiva en qualsevol de les seves derivacions, com la teoria lingüística o la intel·ligència artificial, ja que presenta un marc teòric susceptible de tenir repercussions en qualsevol àrea d'estudi que impliqui tractar amb models de la intel·ligència i de la percepció, tant naturals com artificials.

Paraules clau:

ciència cognitiva, intel·ligència artificial, lingüística, ment-cervell

Abstract:

In this book, the creator of the Palm Pilot presents nothing less than a new theory about the brain/mind. The aim is to explain how the mind results from the activity of matter – specifically the brain cortex – and how this model may reflect an algorithm that is biologically plausible and implementable in computers. Hawkins believes that his model can be used to build intelligent machines and he explains what they will do.

The basic idea is as follows: the brain uses large amounts of memory to create a hierarchical model of the world and uses it to create, by analogy, continuous predictions about future events. The key to intelligence is, therefore, the ability to make predictions.

On intelligence will interest anyone interested in cognitive science in any of its forms, such as linguistic theory or artificial intelligence, as it presents a theoretical framework likely to have repercussions on any area of study that involves dealing with intelligence and perception models, both natural and artificial.

Keywords:

cognitive science, artificial intelligence, linguistics, mind-brain

Jeff Hawkins, inventor de la Palm Pilot, després de passar anys estudiant neurociència, ha escrit —amb l'ajut de Sandra Blakeslee— un llibre amb vocació fundacional i inspiracional que vol donar vies de solució a dos problemes clau de la ciència cognitiva: un de la neurociència i l'altre de la intel·ligència artificial (IA).

El primer problema és el següent: després de dècades d'investigació i de recull massiu de dades experimentals sobre l'activitat neuronal que es desenvolupa en una multiplicitat d'àrees definibles en el cervell, no hi ha encara una teoria que doni compte

de manera unificada i general del funcionament del cervell i de la ment.

El segon problema afecta la IA i és el fet que, també després de dècades d'investigació, encara no s'ha aconseguit crear sistemes realment intel·ligents. Sí que s'han construït sistemes que superen funcionalment l'home en la resolució d'algun problema determinat (com jugar a escacs), però només en aquest problema i mitjançant l'aplicació de tècniques específiques per a la seva solució, fet que queda lluny del que es pot considerar intel·ligència.

El llibre *On intelligence* interessarà a qui tingui interès per la ciència cognitiva en qualsevol de les seves derivacions, ja que presenta un marc teòric susceptible de tenir repercussions en qualsevol àrea d'estudi que impliqui tractar amb models de la intel·ligència i de la percepció, tant naturals com artificials.

La ment com a computadora

He llegit aquest llibre des de l'interès i el punt de vista inicial de la lingüística. Aquest no és un llibre sobre el llenguatge, però evidentment el llenguatge és una de les facultats principals de la ment. I, paradoxalment, s'ha escrit molt des de la lingüística sobre com els humans entenem i generem llenguatge sense parar excessiva atenció al que diuen els neurocientífics del funcionament del cervell i la ment. Més aviat hi ha teories del llenguatge que, de fet, es postulen com a teories de la ment, ja que proposen mòduls i estratègies de processament de tipus computacional, compostes bàsicament d'elements més o menys atòmics i també d'instruccions de combinació d'aquests elements.

Aquest paradigma cognitiu («la ment com a computadora») ha esdevingut tan poderós en lingüística en el darrer terç del segle xx que la majoria de cops es constitueix de forma ni esmentada ni advertida en el rerefons assumit de les descripcions o explicacions dels lingüistes.

Ara bé, si hem de creure el que diu Jeff Hawkins, no és el cas que el cervell-ment sigui una computadora, sinó un sistema basat únicament en la memòria i la predicció per analogia. És clar que Hawkins no és el primer que diu aquest tipus de coses. Ja fa un parell de dècades que científics cognitius com Roger Penrose, Gerald Edelman i John Searle, o lingüistes com George Lakoff, mantenen aquesta postura: el cervell no és un mecanisme que manipula símbols formals i que fa operacions amb aquests símbols d'acord amb unes determinades regles (tot i que alguns sí que accepten que les computadores puguin ser eines útils per a fer simulacions de la ment). L'opinió contrària la sostenen neurocientífics com Steven Pinker, Daniel Dennet o David Chalmers i lingüistes com Noam Chomsky o Jerry Fodor.

Idees bàsiques

El llibre *On intelligence* presenta, i no és poca cosa, una nova teoria del cervell-ment. Vol explicar com la ment resulta de l'activitat de la matèria —en concret, del còrtex cerebral— i com aquest model es pot arribar a plasmar en un algorisme biològicament plausible i implementable en ordinadors. Hawkins creu que amb el seu model es podran construir màquines intel·ligents i explica què faran.

Considera que és un error, i la causa del fracàs de la IA, el model clàssic de Turing (1950), en què la intel·ligència es defi-

neix per la conducta intel·ligent (vegeu també Searle, 1997). Per a Hawkins la intel·ligència és una propietat interna del cervell (un ésser pot entendre sense manifestar cap conducta) i, per tant, l'objectiu de la IA ha de ser construir sistemes biològicament realistes.

La teoria està sòlidament ancorada en la neurobiologia: en els mecanismes físics de l'estructura del còrtex i les seves regions, la percepció, els mecanismes sinàptics i les columnes de neurones. A partir d'aquí, es desplega fins a donar explicacions plausibles del funcionament de diverses facultats mentals com la imaginació, la creativitat o, en general, la intel·ligència.

La idea bàsica és la següent: el cervell empra grans quantitats de memòria per a crear un model jeràrquic del món, i el fa servir per a efectuar, per analogia, prediccions contínues sobre fets futurs. La clau de la intel·ligència seria, per tant, la capacitat de fer prediccions.

El model es fonamenta en la hipòtesi de Mountcastle (1978), que afirma que el còrtex és uniforme pel que fa a estructura i aspecte, independentment de les regions o funcions, i suggereix que pot ser que totes les regions del còrtex realitzin la mateixa operació bàsica.

Així, Hawkins assumeix que l'algorisme cerebral és independent de la funció, i el que fa que l'àrea cortical visual sigui visual i l'auditiva auditiva és com es connecten amb el sistema nerviós i amb quines parts ho fan. Els òrgans sensorials subministren senyals diferents, però un cop convertits en potencials d'acció tots són exactament el mateix: patrons espacials i temporals d'activitat cel·lular.

El model: memòria, predicció i jerarquia

Hawkins es pregunta com és que el cervell, essent milions de cops més lent que els moderns ordinadors, pot resoldre en molt poc temps problemes complexos i inabastables per a la IA com el reconeixement de cares o el tractament del llenguatge. Després d'argumentar de manera convincent que la solució no es pot trobar en el paral·lisme, la seva resposta és la següent: el cervell no «computa» les respostes als problemes, les recupera de la memòria.

Segons l'autor, els quatre atributs de la memòria cortical són els següents:

- Emmagatzema seqüències (temporals) de patrons.
- Les regions corticals en què els emmagatzema formen, en virtut de la seva connectivitat, una jerarquia, la qual constitueix un model del món real i està estructurada per relacions d'inclusió i part.
- Els patrons s'emmagatzemen de forma invariable, és a dir, són esquemes que romanen estables, tot i que els *inputs* perceptius, com se sap, són sempre canviants.

- Recorda els patrons per «autoassociació»: els uns evocuen els altres i, com també és sabut, el nostre cervell completa constantment la informació que falta.

Cada regió cortical rep *inputs* de moltes regions jeràrquicament inferiors i en passa a una de superior del mateix tipus, fins a arribar a les àrees d'associació on convergeixen i es combinen funcions diferents (p. ex., la vista i el tacte). Anatòmicament sobta el fet que hi hagi tantes o més connexions jerarquia avall que no pas jerarquia amunt. Amb el model clàssic no s'entén la seva funció, ja que si el que fa el cervell és rebre *inputs* sensorials, processar-los i actuar en conseqüència, aquests senyals de realimentació no són necessaris. Ara bé, quan ens adonem, diu Hawkins, que la funció central del còrtex és fer prediccions, llavors és quan la realimentació resulta imprescindible per al model: la predicció necessita una comparació entre el que passa i el que s'espera que passi a continuació.

Així, el cervell utilitza les memòries emmagatzemades per a fer prediccions constants i inconscients sobre tot el que percebem o fem. L'atenció només es dispara davant l'incompliment de la predicció. Les prediccions encertades donen com a resultat comprensió. A més, totes les prediccions que fa el còrtex, com que emanen de les memòries, són apreses, fruit de l'experiència. Aquest mecanisme és vàlid tant per a processos de nivell purament perceptiu, com veure o escoltar, com per a processos més abstractes. Fins i tot la més gran construcció de l'home, la ciència, no és res més que un exercici de predicció a partir del que se sap.

Discussió

Prestigiosos científics cognitius han rebut molt favorablement el plantejament de Hawkins.¹ En canvi, altres, com Feldman (2005), Perlis (2005) i Taylor (2005), n'han publicat ressenyes crítiques.

Aquests autors, en general, admeten que el paper de la memòria per a modelar la intel·ligència és crucial i poc estudiat en IA i que, per tant, és pertinent postular un model predictiu basat en la memòria i que sigui computacionalment implementable. Però en canvi, troben que l'aproximació és relativament simplista i que li manca una discussió més profunda de determinats temes tècnics d'IA i de filosofia de la ment (com la consciència, els *qualia* o l'atenció). En la seva resposta, Hawkins (2005) diu que el llibre presenta certament algunes coses de manera simplificada, però això és perquè presenta els grans trets d'una teoria nova i, per tant, cal començar donant la visió global, a partir de la qual ja es descendirà cap als detalls tècnics.

Feldman (2005) es fa fort en la idea que la memòria sola no pot donar compte dels problemes clau de la ment. Però probablement ell també cau en la simplificació, ja que el model de Hawkins no es basa únicament en la memòria, sinó també en la predicció, la jerarquia, la invariància i la realimentació. També cal veure que Hawkins remarca explícitament que la seva teoria està en construcció i naturalment subjecta a comprovació experimental; ell mateix, de manera metodològicament admirable, presenta un apèndix de prediccions que cal verificar experimentalment.

Per part meua, trobo a faltar en el llibre alguna referència a Gerald Edelman, el qual ha construït un model força proper al de Hawkins, segurament el més proper, pel que jo sé (Edelman, 1992). Però especialment hi trobo a faltar una major contribució al model dels papers de l'analogia i de la força (o pes) de les connexions. Pel que fa a les connexions, Hawkins presenta —potser perquè també és un aspecte que cal desenvolupar— un panorama pràcticament binari: hi ha connexió o no n'hi ha, però jo intueixo que les estructures del coneixement estan connectades amb diferents graus d'intensitat (com de fet és sabut que passa amb les connexions sinàptiques, tot i que no sé si és ben bé el mateix) i això ha de ser molt rellevant per a un model de la ment. Pel que fa a l'analogia, Hawkins l'esmenta solament de forma marginal, cap al final, però donant per fet que aquest mecanisme precisament articula un dels dos fonaments principals del model: la predicció. Jo crec que no n'hi ha prou a apuntar aquest fet, sinó que cal situar-lo al bell mig de la teoria: l'enunciat del model de Hawkins hauria de dir que el funcionament del cervell i de la ment estaria basat en la memòria i la predicció per analogia.

Actualment Hawkins implementa el seu model mitjançant algorismes similars a les xarxes bayesianes, esteses amb jerarquia, memòries seqüencials, acció i atenció (Hawkins i George, 2006) i comença a construir sistemes basats en aquest model, per la qual cosa ha fundat l'empresa Numenta.^[www1] Crec que qui treballi en IA faria molt bé de seguir de prop aquests treballs.

Corol·lari per a lingüistes

El model de Hawkins (que per cert explica de manera convincent com el llenguatge és evolutivament massa recent perquè els gens l'hagin pogut codificar com un mecanisme específic) encaixa perfectament amb l'aproximació al llenguatge de la lingüística cognitiva, fonamentada per autors com Lakoff, Langacker o Fillmore. Aquest corrent assumeix que el llenguatge no es codifica en uns mòduls mentals específics, sinó que emprava les facultats cognitives comunes, i rebutja la ment-computadora. En canvi, postula construccions i representacions mentals esquemàtiques

1. Vegeu www.onintelligence.org.
[www1]: <http://www.numenta.com>

guardades en memòria, com les representacions invariables de Hawkins i la integració holística (no modular-seqüencial) dels diferents tipus de dades perceptives i semàntico-informatives rellevants per al llenguatge.

En tot cas, independentment de l'evolució del model de Hawkins, sembla cada cop més clar que, per a la neurociència, avui, la memòria (de la qual el cervell disposa de quantitats insospitadament immenses) juga un paper dominant en el funcionament de la ment. Per això resulta estrany que aquest sigui encara un factor bandejat per molts lingüistes, a favor de models que postulen la recomputació permanent i *ex novo* de tota entrada o producció humana del llenguatge.

Finalment, crec que la principal conclusió metodològica que en podem treure els lingüistes és que, en qualsevol treball de recerca, caldria especificar necessàriament si el que es fa és únicament la descripció d'un sistema extern o si, en canvi, es contribueix a una hipòtesi del funcionament de la ment. I si el cas és el segon, convindria deixar clar, encara que fos breument, quin tipus d'arquitectura ment-cervell s'assumeix o es postula.

Enllaços relacionats:

Web del llibre *On Intelligence*
<http://www.onintelligence.org>

Empresa de l'autor on s'aplica la teoria
<http://www.numenta.com>

Bibliografia:

- CRICK, F. (1994). *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*. Nova York: Touchstone [Traducció espanyol: *La búsqueda científica del alma*. Barcelona: Círculo de Lectores].
- EDELMAN, G. (1992). *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*. Nova York: Basic Books.
- FELDMAN, J. (2005). «On intelligence as memory». *Artificial Intelligence*. Núm. 169, pàg. 181-183.
- HAWINKS, J. (2005). «Reponse to reviews by Feldman, Perlis, Taylor». *Artificial Intelligence*. Núm. 169, pàg. 196-200.
- HAWKINS, J.; GEORGE, D.(2006). *Hierarchical Temporal Memory. Concepts, Theory and Terminology*. Numenta. [en línia]. <http://www.numenta.com/Numenta_HTM_Concepts.pdf>
- MOUNTCASTLE, V. (1978). «An organizing principle for cerebral function: The unit model and the distributed system». A: G.M. Edelman, V. Mountcastle (eds.). *The Mindful Brain*. Cambridge MA: MIT Press.
- PERLIS, D. (2005). «Hawkins on intelligence: Fascination and frustration». *Artificial Intelligence*. Núm. 169, pàg. 184-191.
- SEARLE, J.R. (1997). *The Mystery of Consciousness*. Nova York: New York Review of Books [Traducció espanyol: *El misterio de la conciencia*. Barcelona: Paidós].
- TAYLOR, J.G. (2005). «Book Review». *Artificial Intelligence*. Núm. 169, pàg. 192-195.
- TURING, A.M. (1950). «Computing Machinery and Intelligence». *Mind*. Núm. 59, pàg. 433-460.

Citació recomanada

CLIMENT, Salvador (2006). Ressenya del llibre *On intelligence* de Jeff Hawkins i Sandra Blakeslee. *UOC Papers* [ressenya en línia]. Núm. 3. UOC. [Data de consulta: dd/mm/aa].
 <<http://www.uoc.edu/uocpapers/3/dt/cat/climent.pdf>>
 ISSN 1885-1541



Aquesta obra està subjecta a la llicència Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 2.5 de Creative Commons. Podeu copiar-la, distribuir-la i comunicar-la públicament sempre que n'especifiqueu l'autor i UOC Papers; no en feu un ús comercial; i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.ca>.

Autors del llibre



Jeff Hawkins
Director tècnic de Palm Inc.
i cofundador de Numenta

Jeff Hawkins ha fundat tres empreses, Palm Computing, Handspring i Numenta, així com l'Institut Redwood de Neurociència, un institut d'investigació científica especialitzat a entendre el funcionament del neocòrtex. Actualment, ocupa el càrrec de director tècnic de Palm i és cofundador de Numenta. A Palm és l'arquitecte de diversos productes computeritzats, com els ordinadors de mà Palm Pilot i Treo. A Numenta desenvolupa tecnologia derivada del model cerebral descrit al seu llibre *On Intelligence*. La tecnologia de Numenta és un tipus nou d'arquitectura de memòria que imita el còrtex dels mamífers i que pot solucionar problemes de reconeixement de formes i d'aprenentatge mecànic. A part dels càrrecs a Numenta i a Palm, Hawkins és membre del Consell Directiu Científic del laboratori Cold Spring Harbor i forma part del Consell Consultiu de l'Institut Redwood de Neurociència Teòrica de la Universitat de Califòrnia a Berkeley. Hawkins va ser elegit per formar part de la National Academy of Engineering el 2003. Llicenciat en Enginyeria Elèctrica per la Universitat de Cornell.



Sandra Blakeslee
Corresponsal científica
del *New York Times*

Sandra Blakeslee és corresponsal científica del *New York Times*, especialitzada en neurociència. Es coautora, amb Judith Wallerstein, de diversos llibres sobre com afecta el divorci els nens: *Second Chances*, *The Unexpected Legacy of Divorce* i *What About the Kids*, així com d'un llibre sobre les claus perquè funcioni un matrimoni, *The Good Marriage*. També és coautora del llibre *Phantoms in the Brain*, amb el psicòleg i neuròleg Vilayanur S. Ramachandran de la Universitat de Califòrnia, San Diego.

Autor de la ressenya



Salvador Climent
Professor dels Estudis de Llengües
i Cultures de la Universitat Oberta
de Catalunya
scliment@uoc.edu

Salvador Climent és professor dels Estudis de Llengües i Cultures de la Universitat Oberta de Catalunya, on imparteix i coordina assignatures de les àrees de Lingüística General, Tecnologia Lingüística i Llengua Espanyola de les titulacions de Filologia Catalana, Humanitats i Publicitat i Relacions Públiques. És director adjunt de la revista *Digithum* (www.uoc.edu/digithum) i fa recerca en lingüística computacional i lingüística cognitiva.