LIBRIS | We know books

INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ

Poate tehnologia să înlocuiască gândirea umană?

Remo Pareschi
Stefano Dalla Palma

LITERA
București

LIBRIS | We know books

CUPRINS

Introducere 7

Care sunt ideile fundamentale ale inteligenței artificiale? 13
Inteligența artificială ca raționament simbolic 17
Inteligența artificială subsimbolică și învățarea automată 32
Inteligența artificială ca proces evolutiv 37

Apariția roboților 45
GOFR sau începuturile roboticii 50
Dezvoltarea roboticii comportamentale, hibride și evoluționiste 54
Robotica- roi 65

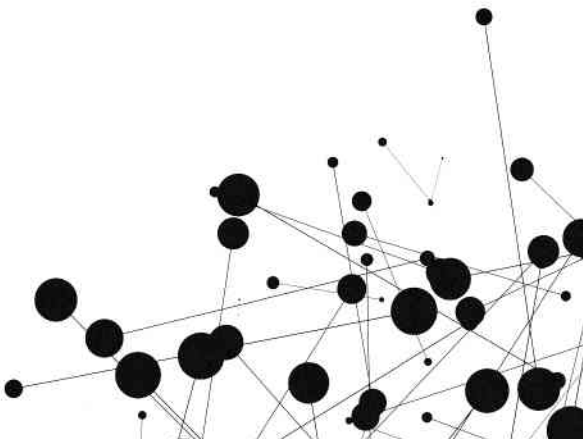
Industria sentimentelor 73
Piața *analizei sentimentelor* și a *minatului de opinii* 90

Darul vorbirii 95
Abordarea simbolică în înțelegerea și generarea limbajului 98
Abordarea evoluționistă în dezvoltarea competențelor lingvistice 109
Învățarea automată în procesul de creare a dialogurilor 113

Campioni artificiali 119
Evoluția jucătorilor artificiali 130

LIBRIS | We know books

CARE SUNT IDEILE FUNDAMENTALE ALE INTELIGENȚEI ARTIFICIALE?



LIBRIS | We know books

Călătoria noastră, care ne poartă, fără alte formalități, în labirintul fascinant al inteligenței artificiale, pentru a cunoaște în profunzime acele concepte cărora li se datorează o mare parte din succesul acesteia, începe cu o conferință organizată în cadrul Departamentului de matematică al Universității Dartmouth, în vara anului 1956. Aici, la întâlnirea aceasta, s-a produs nașterea oficială a disciplinei, în urma schimburilor de opinii și perspective asupra subiectului de către cei care pot fi considerați, pe bună dreptate, părinții săi fondatori.

De fapt, ce s-a întâmplat la Dartmouth a fost mai degrabă un laborator de brainstorming pentru minți tinere și geniale, pline de idei despre cum să dezvolte noua disciplină a „mașinilor gânditoare", care a fost botezată „inteligență artificială". Deși nu s-au întocmit acte oficiale, acesta a fost evenimentul care i-a oferit certificatul de naștere oficial inteligenței artificiale. Persoana care i-a ales numele a fost însuși organizatorul atelierului, care a avut o influență majoră asupra industriei, cel puțin în primii zece ani. Vorbim despre John McCarthy, pe atunci un tânăr profesor de matematică la Dartmouth College. Inspirat de marele matematician von Neumann, McCarthy tocmai făcuse legătura între interesul său pentru matematica pură și posibilitatea de a reproduce raționamentul matematic pe un computer. Matematicianul era de părere că inteligența era totuna cu abilitatea de a raționa sau,

LIBRIS We know books

cel puțin, că aceasta era forma de inteligență cel mai ușor de reprodus cu ajutorul unui computer. El a inventat termenul de *inteligență artificială* ca să justifice în mod direct și eficient dobândirea de fonduri de la o agenție guvernamentală pentru organizarea atelierului de la Dartmouth. Termenul a ajuns până în zilele noastre, consolidându-se treptat și acumulând noi declinări și sensuri față de formularea sa inițială.

McCarthy este considerat unul dintre cei patru părinți fondatori ai inteligenței artificiale. Alături de el, la Dartmouth, au mai fost prezenți în acea vară Marvin Minsky, Herbert Simon și Allan Newell. Minsky era deja la MIT (Massachusetts Institute of Technology), unde, de altfel, și-a petrecut tot restul carierei sale lungi și fructuoase de cercetător. În decursul anilor, Minsky a luat o poziție tot mai îndepărtată de cea a lui McCarthy, teoretizând în special asupra unei noțiuni de inteligență emergentă datorate mai degrabă interacțiunii unei multitudini de componente decât unui sistem individual de raționament. În schimb, Herbert Simon și Allan Newell au ocupat o poziție intermediară în istoria inteligenței artificiale, situându-se între rigurozitatea logică a lui McCarthy și sistemele cognitive emergente ale lui Minsky. Pe de o parte, ei erau ferm convinși că cel mai bun mod în care un computer poate rezolva probleme inteligent este de a codifica strategia de rezolvare a acestora sub forma unui set de formule logice manipulabile prin intermediul unor reguli de inferență; pe de altă parte, ei considerau că trebuia să se acorde o atenție adecvată cunoașterii empirice a domeniului, capabilă să ghideze selectiv alegerea regulilor care urmează să fie aplicate în rezolvarea unor probleme specifice. Eclecticul Simon (politolog, economist și informatician) dezvoltase o teorie a cunoașterii euristice în contextul procesului decizional managerial, introducând

conceptul de raționalitate limitată *(bounded rationality)*, adică o raționalitate atenuată de imposibilitatea de a avea informații complete despre domeniul asupra căruia trebuia să se ia decizii; de aici rezultă că decidentul trebuie să acționeze atât rațional, adică deductiv, cât și empiric, adică pe baza propriilor cunoștințe intuitive despre contextul de rezolvare a problemelor *(problem solving)*. Simon, care a primit Premiul Nobel pentru Economie pentru descoperirea raționalității limitate și pentru cercetările sale asupra procesului uman de luare a deciziilor, a transferat aceeași metodologie la producerea și proiectarea agenților artificiali, stabilind o colaborare de durată în dezvoltarea acestei abordări cu Allan Newell.

Inteligența artificială ca raționament simbolic

În ciuda diversității de poziții și nuanțe, conceptul de inteligență artificială care a prevalat în mod clar la conferința de la Dartmouth a fost cel de inteligență artificială simbolică, un concept care a dominat scena de atunci și până la sfârșitul anilor 1980. Din acest motiv, dar și din cauza relativului său declin din următorii ani, acest tip de inteligență artificială a devenit cunoscut sub numele de GOFAI (*good old-fashioned artificial intelligence*, adică „inteligență artificială în stil pur"). Mai jos, vom încerca să surprindem esența inteligenței artificiale simbolice, în special în aspectul său raționalist și logicist, așa cum a fost formulată de McCarthy și de adepții săi.

Un exemplu clasic de inteligență artificială simbolică este așa-numita „lume a blocurilor", care a fost utilizată pentru o serie de cercetări timpurii în domeniul roboticii. Este o „lume de jucărie", care, deși este departe de complexitatea

LIBRIS We know books

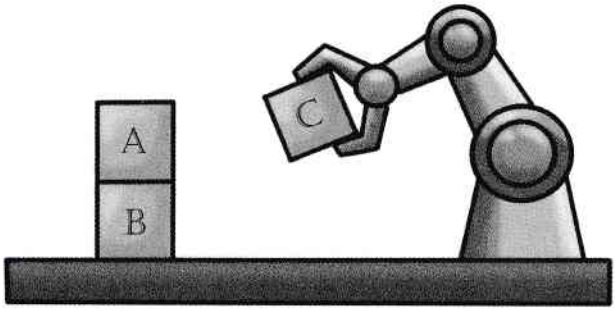


Figura 1: Lumea blocurilor.

unei situații reale, conține suficiente elemente de experimentare ce pot fi generalizate pentru contexte mai ample și mai realiste. Un exemplu tipic de lume a blocurilor este prezentat în figura 1. Trei blocuri, A, B și C, se află pe o masă, primele două fiind stivuite unul peste celălalt. Inteligența artificială simbolică ar traduce această figură într-un limbaj de simboluri, un limbaj al unei logici cu proprietăți bine definite de inferență și raționament.

Prin urmare, o posibilă codificare în logica simbolică din figura 1 ar fi următorul set de formule:

pe(A, B), pe_masă(B), pe_masă(C), liber(A), liber(C)

Aceste formule ignoră alte detalii ale realității, spre exemplu mirosul camerei în care a fost amplasată masa ori zgomotul care pătrunde în cameră din exterior. Aceste informații care pot fi irelevante pentru acțiunile executabile sau planificabile în acest context, cum este plasarea unui bloc pe o suprafață sau pe un alt bloc. Aceleași acțiuni executabile sunt codificabile și ca formule de tipul:

stivă: *liber (X), liber (Y) -> peste (X, Y)*

cu semnificația că, dacă cele două blocuri sunt libere, adică nu au alte blocuri deasupra lor, atunci este posibilă stivuirea lor unul peste celălalt.

Avantajele acestei reprezentări, prin simplitatea și claritatea ei, sunt evidente, dar tot evidente sunt și limitele ei: de exemplu, la ce nivel de detaliu ar trebui să ajungem ca să facem trecerea de la lumea a blocurilor de jucărie la o situație reală? Aparenta simplitate a acestei reprezentări ar putea dispărea în fața complexității reale, codificabilă printr-o pletoră de formule, cu suspiciunea de a fi omis mereu câte ceva. Vom reveni asupra acestei limite, dar și a altora ale inteligenței artificiale simbolice, însă pentru moment e suficient să reținem că aceasta s-a remarcat ca fiind câștigătoarea conferinței de la Dartmouth și a dominat scena în decursul următorilor treizeci de ani.

Trebuie remarcat, totuși, că de atunci au apărut alte căi posibile, dacă nu alternative, cel puțin complementare. De altfel, în timpul congresului, s-au conturat două curente: unul atribuibil lui McCarthy, pe care l-am putea defini ca fiind logicist și ortodox, și un altul mai deschis către o confruntare directă cu experiența derivată din interacțiunea cu realitatea.

McCarthy și raționamentul deductiv

Pentru McCarthy, datele empirice sunt relevante, dar validitatea lor este considerată de la sine înțeleasă, iar tot efortul în ceea ce privește capacitatea de a dezvolta inteligența artificială constă în implementarea unei forme mecanizate de raționament deductiv. Deducția este o formă de inferență cu sumă nulă, care nu creează și nu distruge, ci explicitează informații disponibile în mod implicit în informațiile preexistente, fără a pune sub semnul întrebării validitatea empirică a datelor. Acest aspect nu trebuie în nici un caz înțeles ca un defect,

LIBRIS We know books

ci mai degrabă ca o legătură disciplinară naturală pentru logica deductivă, a cărei aplicație originală este formalizarea raționamentului matematic, care se bazează pe informații deconectate de orice considerație empirică.

Introducerea conceptului de raționament deductiv datează din vremea lui Aristotel, acesta fiind primul care l-a adoptat, identificându-l în mod substanțial cu silogismul, un procedeu prin care dorea să discearnă adevărul de fals, fără să cadă vreodată în contradicție, folosind doar rațiunea:

1. Toți oamenii sunt muritori (premisă majoră).
2. Socrate este un om (premisă minoră).
3. Prin urmare, Socrate este muritor (concluzie).

Cu toate acestea, este evident că, dacă datele nu sunt certificate, nu suntem în măsură să evaluăm concluziile următoarelor două raționamente deductive, în sine ambele corecte, deși concluzia raționamentului (ii) este probabil mai utilă decât cea a raționamentului (i).

i. Toți măgarii zboară (premisă majoră).
   Bill este un măgar (premisă minoră).
   Prin urmare, Bill zboară (concluzie).

ii. Toți bancherii sunt bogați (premisă majoră).
   Bill este un bancher (premisă minoră).
   Prin urmare, Bill este bogat (concluzie).

Astfel, aplicațiile abordării logiciste a lui McCarthy au fost în mod necesar limitate la situații stabile, cu date certificate, în special domeniile experților din industrie, care au produs

LIBRIS | We know books

primele aplicații practice ale inteligenței artificiale prin intermediul sistemelor expert, software care utilizează cunoștințele din sfera de aplicare pentru a semiautomatiza activitatea de diagnosticare în domenii precum medicina și ingineria. Această contribuție este parțial umbrită de rezultatele senzaționale obținute de tehnologiile mai recente bazate pe inteligență artificială, deși continuă să fie aplicată în mod fructuos și în prezent. Abordarea logicistă a adus, de asemenea, contribuții importante la nașterea și la dezvoltarea roboților autonomi, deși aici rezultatele aplicării sale sunt, așa cum vom vedea, mult mai controversate.

Cu toate acestea, orientarea substanțială către inteligența artificială simbolică apărută în urma conferinței de la Dartmouth este mult mai pestriță decât logicismul lui McCarthy și a sădit semințele unor abordări în care inteligența este dată nu numai de manipularea inferențială a datelor dobândite, ci și de însuși procesul de achiziție și selecție a datelor. Interesul lui Simon și Newell pentru strategiile euristice de rezolvare a problemelor care se grefează pe procesul deductiv inferențial deplasează centrul de greutate al inteligenței spre un compromis între capacitățile logice și cele experimentale.

Solomonoff și raționamentul inductiv

Dintre participanții la conferința de la Dartmouth, cel care s-a distanțat cel mai mult de pozițiile lui McCarthy a fost Ray Solomonoff, care a propus o alternativă radicală la viziunea inteligenței ca raționament deductiv, favorizând raționamentul inductiv. Acesta pornește de la observarea regularității în date specifice, pentru a enunța apoi legi generale:

„Bill este bancher; Bill este bogat."

LIBRIS We know books

„Corrado este bancher; Corrado este bogat."
„Lloyd este bancher; Lloyd este bogat."

Apoi, prin inducție, se va enunța următoarea lege universală:

Toți bancherii sunt bogați.

Ca atare, raționamentul inductiv, spre deosebire de cel deductiv, se murdărește pe mâini cu date și este expus unor riscuri și erori de care raționamentul deductiv este scutit, întrucât se menține departe de o confruntare directă și empirică cu realitatea. Să presupunem că, pe lângă bancherii Bill, Corrado și Lloyd, îl avem și pe bancherul Joe, căruia i s-a cerut să compenseze prejudiciul cauzat de banca al cărei director a fost și care a intrat în faliment. Bietul Joe și-a epuizat toate fondurile, dar tot rămâne îndatorat față de creditori, cărora le vor reveni toate câștigurile sale viitoare, contrazicând astfel legea universală conform căreia toți bancherii sunt bogați. Această slăbiciune intrinsecă a raționamentului inductiv naiv, rudimentar, a fost deja remarcată de Hume, marele filosof empirist scoțian, în secolul al XVIII-lea. Dar perspectiva inductivă poate fi mult mai eficientă dacă este îmbogățită cu o doză adecvată de teorie a probabilităților. Probabilitatea a fost mult timp exclusă din inteligența artificială, în esență în perioada de dominație a logicismului deductiv, care o considera irelevantă pentru propria viziune și concepție despre inteligență. În 1984, cu ocazia unei reuniuni anuale a Asociației Americane pentru Inteligență Artificială (AAAI), s-a decis și s-a aprobat, chiar, în mod oficial, că probabilitatea nu este în nici un fel relevantă pentru acest domeniu. Niciodată o decizie nu a fost atât de mioapă și de menită să se contrazică pe