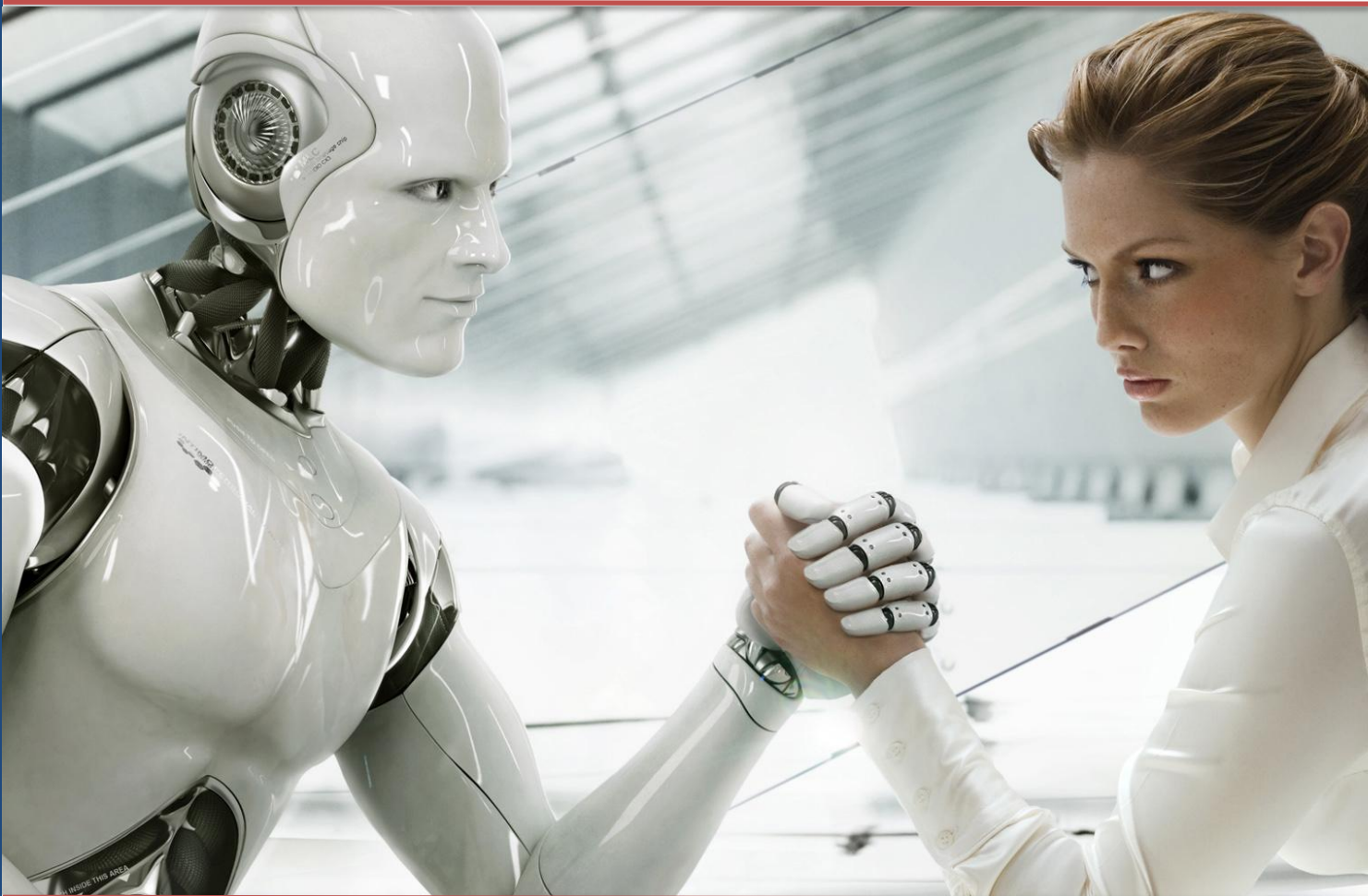


Uomo: macchina perfetta

Strutture simili, ma diverse



Liceo Scientifico Giacomo Ulivi

A.S. 2015/2016

Andrea Sestito

Indice

Premessa	2
1. Cervelli organici e Cervelli di silicio	3
2. Macchine a scuola	7
3. Quantità e qualità di calcolo	9
4. Una visione filosofica sulle macchine pensanti	12
5. Le diverse concezioni di intelligenza	13
6. Limiti di linguaggio	15
Conclusione	18
Bibliografia	19

Introduzione

Nella prima parte si analizza come i due mondi apparentemente differenti, si somiglino nelle funzioni che svolgono i singoli componenti, sottolineando però il maggior grado di complessità dell'uomo.

In seguito si illustra un grande progresso fatto nel campo dell'informatica, che è quello di rendere i computer capaci di apprendere dal mondo esterno, passando per la netta analogia con il meccanismo di apprendimento negli animali e nell'uomo.

Successivamente si passa ad analizzare i principali approcci alla risoluzione di un problema: l'esastione per calcolo diretto contro l'elaborazione di programmi strategici.

Si passa a commentare l'opinione di natura generica di alcuni pensatori sulle questioni riguardanti le macchine pensanti ed i problemi legati ad esse.

Infine si presentano le problematiche legate al linguaggio di programmazione ed i limiti che esse impongono ai fini della creazione di una macchina autocosciente; in particolare si analizza l'effetto sull'informatica dei teoremi di incompletezza e dei risvolti della Crisi dei fondamenti della matematica di inizio Novecento.

Premessa

L'idea di questa tesina è nata dalla mia grande passione per l'informatica e l'immenso universo che si nasconde dietro essa, e allo stesso tempo dal fascino e dall'ammirazione della complessità e perfezione di un altro universo ad esso simile ma diverso, quello dell'uomo, dove tutte le operazioni sembrano coordinarsi tra di loro in maniera inimitabile.

Imitare non significa eguagliare: il tentativo dei ricercatori di creare una macchina perfetta come quella umana per ora è solo imitazione, in quanto si limita a comportarsi come l'uomo senza capirne il ragionamento e quindi non arrivando a tali livelli di abilità, e in particolare di autocoscienza, tali da eguagliarlo.

A proposito di ciò Douglas Richard **Hofstadter**, filosofo e divulgatore scientifico dice:

“Dipende da cosa si intende quando si parla di intelligenza artificiale. Se qualcuno lo intende come tentativo di capire la mente, allora non andranno lontano; se invece è il tentativo di creare qualcosa di simile all'uomo, si potrebbe dire che questo è uno dei pochi lavori finora ben fatti”.

“Ho sempre pensato che l'unica speranza per gli umani di capire a pieno la complessità delle loro menti possa avvenire modellando processi mentali sui computer e imparando dagli inevitabili fallimenti dei modelli stessi.”

Questo fa capire quanto la mente umana sia estremamente complessa e inimitabile, e affinché possa essere eguagliata bisognerebbe prima capire a fondo come la mente umana funzioni e poi creare qualcosa che la eguagli.

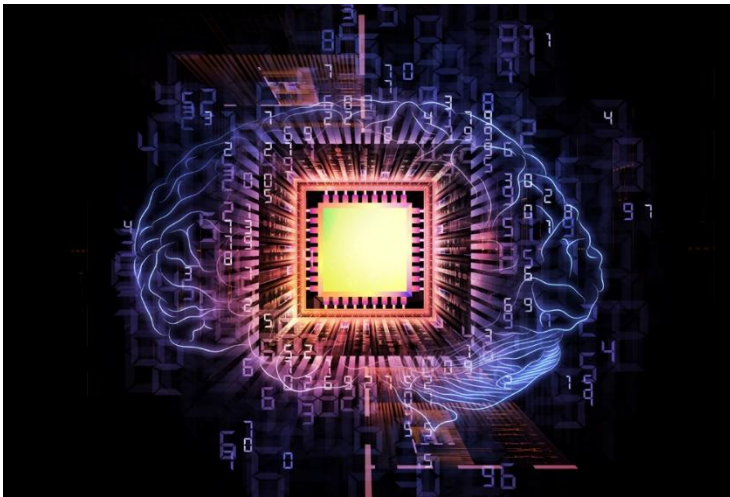
“La disumanità del computer sta nel fatto che, una volta programmato e messo in funzione, si comporta in maniera perfettamente onesta.”

Isaac Asimov

Questa citazione detta da Isaac Asimov, scrittore di opere considerate una pietra miliare sia nel campo della fantascienza sia in quello della divulgazione scientifica, sottolinea come il computer si limiti a eseguire in maniera pulita, appunto onesta, delle operazioni impartite.

Allora è possibile rendere umano un onesto meccanismo di silicio?

Cervelli organici e Cervelli di silicio



Fino agli anni '90, l'**unità di elaborazione centrale** (comunemente chiamata **CPU** o **processore centrale**), veniva chiamata con un tono quasi reverenziale "*cervello elettronico*", definizione che calza a pennello.

Naturalmente, il cervello non è un computer nel senso letterale della parola, ma la metafora cervello come computer è molto azzeccata.

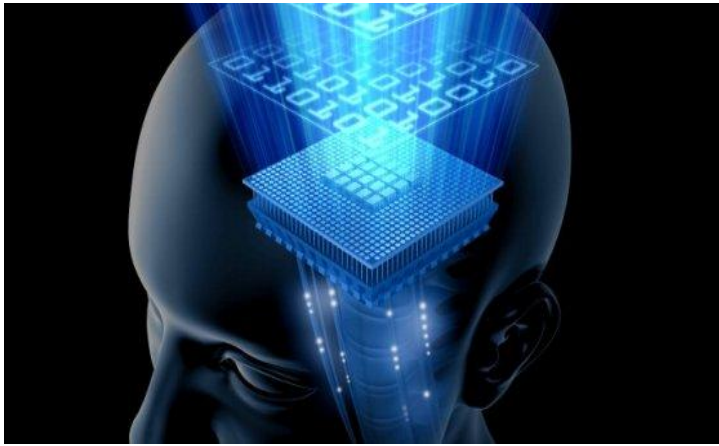
La CPU è detta unità **centrale** di elaborazione perché coordina in maniera centralizzata tutte le altre unità di elaborazione presenti nelle architetture hardware dei computer di elaborazione delle varie periferiche interne o schede elettroniche, così come il cervello è l'organo responsabile del monitoraggio e coordinamento di tutte le funzioni del corpo. Basta solo immaginare la quantità di informazioni che passano attraverso per capire la loro importanza, il grado di complessità e sicuramente le loro straordinarie capacità.

Ma come e sotto forma di cosa vengono trasferite queste informazioni?

In biologia, il **neurone** è la cellula altamente specializzata per la raccolta e la conduzione degli impulsi nervosi e quindi delle informazioni e rappresenta l'unità strutturale e funzionale del sistema nervoso. L'informazione viene quindi codificata nell'ordinato complesso di questi impulsi elettrici e chimici. Allo stesso modo i **transistor**, in un computer, sono i responsabili del trasferimento di segnale in quanto applicata una tensione elettrica a due terminali, permettono di far passare oppure meno la corrente che attraversa il dispositivo, proprio come un interruttore; il codice attraverso cui i dati vengono rappresentati è basato su due soli simboli, usualmente 1 e 0 che indicano due stati diversi di tensione che il transistor è capace di assumere (alta tensione e bassa tensione), e viene chiamato **codice binario**.

Tuttavia la maggior complessità del neurone rispetto al transistor si nota dal fatto che la connessione tra di essi non avviene solo per via elettrica, ma soprattutto per via chimica. Infatti, al sopraggiungere dell'impulso nervoso al bottone sinaptico, le vescicole che esso contiene, ricche di messaggeri chimici (neurotrasmettitori), si fondono con la membrana cellulare liberando il proprio contenuto nella fessura sinaptica. I neurotrasmettitori vengono quindi captati da specifici recettori posti sulla membrana postsinaptica, modificandone la permeabilità al passaggio di ioni. Si viene così a generare un potenziale post-sinaptico che permetterà al segnale di proseguire.

Ricapitolando il computer ha solamente due valori per trasferire le informazioni, 1 o 0 (alta o bassa tensione di corrente), questo implica una maggior quantità di operazioni per esprimerle. Al contrario, esistendo in natura circa un centinaio di **neurotrasmettitori**, le informazioni possono essere trasferite utilizzando un minor numero di operazioni ma con un grado di complessità maggiore, questo può comportare alterazioni o malfunzionamenti



del neurone e di conseguenza può portare a modificazioni del pensiero, dell'umore e della personalità. Lo sviluppo in alcune specie di particolari ormoni ha guidato l'affermazione o l'estinzione di diverse specie. Ad esempio i mammiferi sono animali sociali per la produzione di ossitocina, un ormone mutato dai segnali che fanno percepire

la sete; inoltre è noto che persone con disturbi al comportamento sociale hanno minore o inefficiente produzione di tale trasmettitore neurologico.

Alla maggiore potenza del sistema umano corrisponde una maggiore delicatezza del sistema stesso, in quanto la produzione dei differenti umori è collocata in parti diverse dell'organismo, che possono essere affette da agenti esterni (virus, batteri, parassiti) o da spontanea corruzione dei processi che producono le diverse proteine.

Un tentativo di aumentare la potenza di calcolo dei computer va nella direzione di un incremento dei possibili modi di codificare l'informazione (da 2 a 16 o 32), mediante l'introduzione di segnali quantistici da accostare a quelli elettrici.

In che modo uomo e macchina si rapportano con l'ambiente esterno?

L'**input**, ovvero "immettere, è la ricezione di informazioni dal mondo circostante: il segnale proveniente dalla periferia viaggia fino ai rispettivi "cervelli", i quali dopo aver elaborato le informazioni acquisite, risponderanno con un determinato **output** ovvero "mettere fuori", che sta ad indicare il risultato finale dell'elaborazione.

Se pensiamo ad un computer gli input sono il mouse o la tastiera, ad esempio, o se pensiamo ai robot, i vari sensori che gli permettono di trarre informazioni dall'esterno (input) e di reagire allo stimolo in maniera opportuna (output).

L'input dell'uomo invece sono gli **organi di senso**, caratterizzati da recettori capaci di ricevere gli stimoli provenienti dall'esterno e di trasdurli in impulsi nervosi da inviare ai centri superiori. Questi di conseguenza produrranno una risposta adeguata in base alla richiesta. Un classico esempio è quello dell'**arco riflesso**, il quale rappresenta un sistema di coordinamento tra uno stimolo e la reazione dell'organismo, venuto a contatto con l'impulso esterno.

Un elemento nervoso recettore, registra lo **stimolo** (input) e genera l'impulso nervoso, il quale viene condotto da una fibra nervosa verso il sistema nervoso centrale, consistente in un numero variabile di collegamenti che distribuiscono in varie direzioni l'informazione percepita dal recettore. In seguito, una cellula nervosa cui è giunta l'informazione e che, rappresentando la seconda parte dell'arco, invia attraverso la sua fibra in senso centrifugo la risposta riflessa. Infine un elemento effettore che riceve l'impulso di risposta e compie l'azione coordinata (tale elemento può essere un muscolo o una ghiandola, a cui arriva l'assone del neurone efferente). Così uno stimolo applicato alla periferia provocherà una pronta **risposta** consistente in una contrazione muscolare o in una secrezione ghiandolare.

In entrambi i casi la relazione con il mondo esterno è fondamentale e la struttura degli input modifica in maniera cruciale la qualità dell'output. Di fatto gli organi di senso negli organismi più evoluti sono stati sviluppati proprio come "estensione" della massa cerebrale.

In natura, animali cacciatori hanno sviluppato sensi molto più sensibili rispetto alle prede, in quanto i primi hanno a che fare con un nutrimento mobile, mentre i secondi con vegetazione di scarsa mobilità.

A livello di intelligenza artificiale, sistemi fortemente dipendenti da output tendono ad essere poco sviluppati dal punto di vista della capacità di calcolo (tendenzialmente svolgono semplici operazioni aritmetiche), mentre sistemi con scarsa informazione in entrata controbilanciano con migliori capacità di simulare e prevedere. Un esempio sta nei sistemi di geolocalizzazione: alcuni strumenti rilevano continuamente, istante per istante, la posizione comunicata dal sistema GPS, altri rilevano il dato esterno più raramente e si affida ad una bussola interna per ricavare e ricostruire lo spostamento; il primo sistema ha "occhi" più grandi e precisi, ma riesce ad elaborare poco l'informazione ricevuta e deve impiegare una potente connessione esterna, mentre il secondo sistema ha meno informazioni derivanti da connessione, ma sfruttandole più efficientemente ha spazio per svolgere altre attività.

Gli stimoli provenienti dall'esterno determinano quindi una certa risposta all'interno. Ma è finita qui?

L'esperienza sensoriale (o raccolta dati) non solo ha determinato una reazione all'interno ma ha permesso anche l'immagazzinamento in "contenitori" di **memoria dell'informazione**, in modo da poterne attingere in ogni momento e non dover ripetere l'esperienza all'infinito.

In anatomia il ruolo fondamentale nei processi di memoria e apprendimento è detenuto dall'**ippocampo**, situato nel lobo temporale del cervello. La memoria umana è la capacità di conservare informazioni ovvero quella funzione psichica volta all'assimilazione, alla ritenzione e al richiamo, sotto forma di ricordo, di informazioni apprese durante l'esperienza o per via sensoriale.

Nel **Disco Rigido** o **Hard Disk**, ovvero un dispositivo di memoria di massa di tipo magnetico che utilizza uno o più dischi magnetizzati per l'archiviazione dei dati, la memoria viene immagazzinata secondo sequenze di bit su un supporto. La possibilità di immagazzinare informazioni in modalità sempre più veloci ed efficienti ha determinato nel tempo l'evoluzione dei computer: dalle combinazioni di leve e tasti portate avanti da un operatore umano, ai primi nastri magnetici alle testine laser odierne si è sempre assistito ad un salto della potenza di calcolo; oggi i problemi legati alla memoria sono secondari rispetto a quelli collegati al riscaldamento o la codifica efficiente nei passaggi di informazioni, ma in un futuro potrebbero insorgere nuovi problemi e sfide.

Sebbene rimanga comunque un mistero di come si possa passare dai segnali elettrochimici che i neuroni si scambiano alle idee che si formano nella mente, una differenza chiave tra memoria umana e memoria artificiale sta nelle **modalità di richiamo**.

Per un calcolatore il richiamo di informazioni è sempre intenzionale: si ha un problema, si conosce il luogo della memoria in cui è conservata la chiave per la risoluzione, si attinge a tale luogo virtuale e si riscrive tale informazione sulla memoria a breve termine, dove può essere utilizzata dall'unità che lavora in tempo reale.

La memoria umana non è un sistema che si limita a conservare e richiamare passate esperienze, in quanto essa risulta parte attiva: spesso le idee possono riaffiorare in maniera totalmente casuale in seguito alla visione di un oggetto o all'ascolto di un motivetto. Il meccanismo dell'**intuizione** molto probabilmente è legato alla memoria, la quale, trovando involontariamente un filo conduttore nell'immagazzinamento dei ricordi, tende a suggerire soluzioni non derivanti dal processo deduttivo volontario. In chiave negativa, patologie simili alla depressione sono dovute all'incapacità di trattenere il continuo richiamo di ricordi ed esperienze involontarie che arrecano dolore.

In realtà, non sempre vi è la necessità di trattenere a lungo i dati, ma a volte quando si dice “tenere a mente”, si intende ricordare qualcosa per un periodo di tempo finito.

Ed ecco perché questo tipo di memoria viene definita a breve termine, gli psicologi cognitivi preferiscono parlare di **working memory** tradotto “memoria di lavoro”: essa è il sistema per l'immagazzinamento temporaneo e la prima gestione/manipolazione dell'informazione. Per usare un esempio pittoresco, tale componente cognitiva è quella che ci permette di prefigurare le immagini associate alle parole che ripetiamo in mente. Il modo in tale abilità può essere determinante è dimostrato dal fatto che individui che non conoscono il nome delle diverse sfumature del rosso non sono in grado di distinguerle e confrontarle nemmeno con campioni reali da osservare; in particolare, non conoscere il nome del colore impedisce di prefigurarli mentalmente e quindi depotenzia la capacità di riconoscerlo e rafforzare le differenze in un confronto.

La working memory di un elaboratore è la **RAM** (Random Access Memory), il cui contenuto viene caricato e può essere modificato o usato programma attivo, ma va perduto all'atto dello spegnimento della macchina; quindi in essa vengono di volta in volta caricati i dati o i programmi necessari all'elaborazione. Questo tipo di memoria permette quindi di avere accesso alle informazioni sulle quali si sta lavorando in maniera più rapida e diretta rispetto all'accesso alla memoria a lungo termine.

Nei computer, il forte stacco tra RAM e memoria su Disco Rigido impedisce e rallenta la possibilità di sviluppare una componente attiva nel processo di richiamo e quindi di creare in una macchina una facoltà simile all'intuizione.

Al contrario, nella mente umana lo stacco tra memoria a lungo termine e a breve termine è molto meno marcato, aumentando la possibilità di scambi positivi (lampi di genio), scambi caotici (che si può identificare nella distrazione e incapacità di mettere a fuoco) e scambi negativi (ricordi rimossi).

Macchine a scuola

La semplice acquisizione di dati e il recupero di essi soddisfa le esigenze dei ricercatori?

In realtà il loro scopo è molto più ambizioso: creare una macchina identica, se non quasi, all'uomo.

Una delle capacità che maggiormente spicca nell'uomo è quella dell'**apprendimento** che consiste nell'acquisizione persistente di modificazioni del comportamento, dal semplice condizionamento di riflessi primari fino a forme complesse di organizzazione delle informazioni, determinate dall'**esperienza** del soggetto, piuttosto che da un controllo genetico. E questo è uno dei tanti aspetti che i ricercatori vogliono che le loro "macchine speciali" abbiano.

Il primo accenno a tale idea è di **Arthur Samuel**, che nel 1959 definì il **Machine Learning** come "campo di studi per dotare i computer della capacità di imparare, acquisire nuove competenze, senza la necessità di essere esplicitamente programmati per un determinato compito".

Una definizione formale è stata successivamente fornita da **Tom M. Mitchell**, ed include qualunque programma per computer che sia in grado di migliorare le proprie prestazioni su un certo compito attraverso la sua stessa esperienza. Più precisamente:

"Un programma apprende da una certa esperienza E se nel rispetto di una classe di compiti T , con una misura di prestazione P , la prestazione P misurata nello svolgere il compito T è migliorata dall'esperienza E ."

Tom M. Mitchell, 1988

Ad esempio molti siti che raccomandano cosa vedere o cosa comprare si basano su quest'apprendimento: come Amazon o eBay. I suggerimenti consigliati per il consumatore, i contenuti che potrebbero interessare, la pubblicità definita in base agli interessi su altri siti internet, sono tutti gestiti da programmi che raccolgono informazioni e creano un profilo personale in base agli interessi della persona; siti come Facebook o Youtube, o gli annunci pubblicitari, hanno dietro questa logica.

Un'altra tecnica di apprendimento che mira sempre al miglioramento è l'**apprendimento per rinforzo**.

L'esempio più comune è quello dell'apprendimento del cane; infatti essi imparano attraverso l'esperienza e in particolare dalle conseguenze delle azioni che possono essere negative o positive.

Le azioni che hanno una conseguenza positiva hanno maggiori probabilità di essere ripetute. Per un cane, una conseguenza **rinforzo positivo** può essere il cibo, il gioco, l'attenzione del proprietario, la libertà. Il rinforzo positivo è ciò che piace al cane. Se il cane per esempio riceve del cibo quando torna dal suo proprietario, le probabilità che il cane ripeta l'azione di tornare dal proprietario sono molto più elevate. Anche sottrarre una sensazione negativa (provare sollievo) aumenta la probabilità che si ripeta un comportamento. Ad esempio nelle scuole tradizionali, in cui si utilizzava il colare a strangolo, il cane veniva strozzato finché non si sedeva. Il cane di conseguenza associava la posizione "seduto" con la cessazione del dolore. In questo esempio il **rinforzo è negativo**.

La logica che vi è alla base può essere applicata ad un modello generico:

1. Un meccanismo logico A in grado di scegliere degli output sulla base degli input ricevuti.
2. Un meccanismo logico B in grado di valutare l'efficacia degli output rispetto ad un preciso parametro di riferimento.
3. Un meccanismo logico C capace di cambiare il meccanismo A per massimizzare la valutazione di efficacia effettuata da B.

Il modo in cui questi meccanismi dovrebbero collaborare è descritto dai seguenti punti:

1. Se il meccanismo A effettua una scelta efficace allora il meccanismo B manda in output un *premio* proporzionale all'efficacia della scelta di A.
2. Se il meccanismo A effettua una scelta inefficace allora il meccanismo B manda in output una *penalità* proporzionale all'inefficacia della scelta di A.
3. Il meccanismo C, osservando l'agire di A e B, cerca di modificare la funzione matematica che regola il comportamento di A in modo da massimizzare la quantità e la qualità dei premi.

Questo può essere rappresentazione del detto “**sbagliando si impara**”, nel senso che nell'apprendimento con rinforzo il cane sbagliando, veniva corretto con un rinforzo negativo, e veniva invece premiato nel caso il comportamento fosse quello giusto, **imparando e migliorandosi**.

La parola **migliorare** ricorda molto il meccanismo della **selezione naturale**, in quanto nel corso delle generazioni, al manifestarsi delle mutazioni, vengono favorite ("selezionate") quelle mutazioni che portano gli individui ad avere caratteristiche più vantaggiose in date condizioni ambientali, determinandone, cioè, un vantaggio adattativo (migliore adattamento) in termini di sopravvivenza e riproduzione.

Come avviene il miglioramento in senso pratico?

Il DNA, svolge un ruolo fondamentale, in quanto le mutazioni che possono originarsi **casualmente** o essere indotte da particolari agenti fisici o chimici detti appunto mutageni, possono fissarsi permanentemente nel genoma in modo da essere ereditate alle generazioni successive; se queste modificazioni saranno vantaggiose, rimarranno nel genoma, altrimenti, se portano alla morte dell'individuo, si estingueranno, seguendo la legge del più forte (individuo che ha il genoma più appropriato per un determinato ambiente). Tutto ciò porta a un miglioramento del genoma attraverso modificazioni casuali dello stesso.

Individuato il meccanismo biologico, risulta possibile riportare i concetti di adattamento e selezione naturale in una macchina artificiale?

Questo principio della selezione naturale ed evoluzione biologica teorizzato nel 1859 da **Charles Darwin** ha ispirato una metodologia di programmazione automatizzata, per scoprire programmi informatici che svolgano in maniera ottimale un determinato compito: la **programmazione genetica**. È una particolare tecnica di apprendimento automatico che usa un algoritmo genetico, "genetico" appunto deriva dal fatto che il modello evolutivo darwiniano trova spiegazioni nella branca della biologia detta genetica e dal fatto che gli algoritmi genetici attuano dei meccanismi concettualmente simili a quelli dei processi biochimici scoperti da questa scienza.

In sintesi si può dire che gli algoritmi genetici consistono in algoritmi che permettono di valutare delle soluzioni di partenza e che ricombinandole ed introducendo **elementi caotici** (più precisamente funzioni aleatorie) sono in grado di crearne di nuove nel tentativo di convergere a **soluzioni ottime (fitness)**. Queste tecniche vengono di norma utilizzate per tentare di risolvere problemi di ottimizzazione per i quali non si conoscono altri algoritmi efficienti di complessità lineare o polinomiale.

Risulta importante sottolineare gli elementi di disordine, in quanto le mutazioni che avvengono all'interno del DNA o dell'algoritmo sono puramente casuali e meccaniche: il DNA non è "consapevole" di essere in errore, ma è attraverso la selezione naturale che "capisce" meccanicamente che un determinato genoma è più vantaggioso rispetto ad un altro, proprio come l'algoritmo "capisce" che si sta avvicinando o meno al fitness ovvero la soluzione migliore ad un determinato problema.

Quantità e qualità di calcolo

Strategie vincenti per uno scacchista robotico: superiore capacità di calcolo o imitazione del giocatore umano?

Fin ora si è affrontato il problema della riproduzione dei ragionamenti di tipo logico-formale, ossia quelli che possono essere descritti e sviluppati all'interno di un sistema preciso e definito di regole e che consentono in qualunque momento di determinare, in un numero finito di passaggi, se una conclusione deriva dalle premesse iniziali in maniera corretta e se è stata ottenuta applicando le 'regole di grammatica' stabilite. Tuttavia il pensiero umano è una realtà estremamente complessa, sicuramente non riconducibile a schemi semplici.

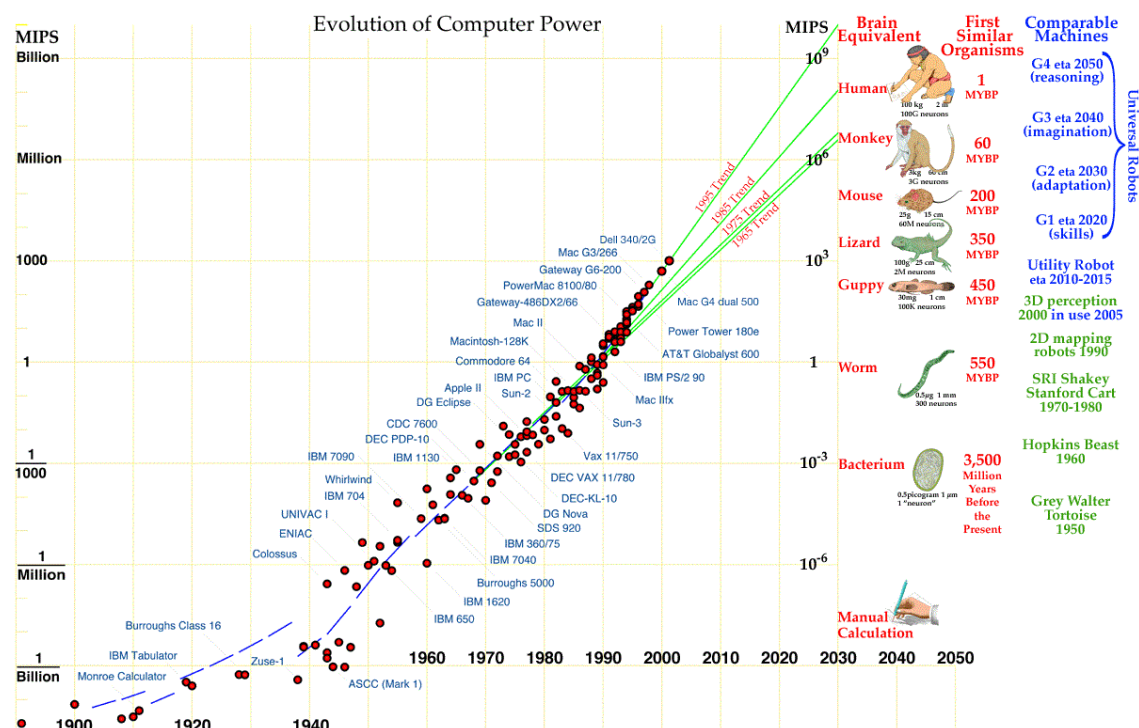
Un tipico esempio di questo tipo di ragionamento è il **gioco degli scacchi**. Qui hanno fatto epoca le sfide tra i più grandi campioni del mondo e potenti elaboratori, come la partita giocata nel 1996 tra il supercalcolatore IBM Deep Blue e l'allora campione mondiale G. Kasparov (n. 1963). La sfida fu vinta per 4 a 2 da quest'ultimo, ma nel 1997 Deep Blue si aggiudicò la rivincita per 3,5 a 2,5.



Il gioco degli scacchi richiede insieme fantasia strategica e rapido ragionamento, ma in ogni caso ogni partita si svolge all'interno di un **preciso quadro di regole** certe e ben definite, descrivibili in linguaggio matematico e che si riferiscono a un numero finito di variabili. Così i

computer possono elaborare e prefigurarsi milioni e milioni di mosse e situazioni possibili, opponendo la forza bruta della loro **velocità di calcolo** all'**intuizione dei migliori giocatori**.

Per quanto riguarda la potenza di calcolo, il computer più veloce del pianeta è il Tianhe-2, 33,86 PetaFLOPS (per FLOP si intende un'operazione elementare, come un'addizione o lo scorrimento di un indice in un elenco), laddove un singolo PetaFLOP equivale a 10^{15} operazioni processate nell'arco di in 1 secondo; per fare un confronto, il cervello umano ha una potenza computazionale grezza compresa tra 10^{13} e 10^{16} FLOPS.



Apparentemente sembra non esserci molta differenza fra i due, in termini di potenza, ma bisogna valutare se è più importante **quante** operazioni possono essere fatte in un lasso di tempo, oppure decidere **quali** operazioni fare in base all'intuizione.

Quello che fa il computer è provare tutte le mosse possibili per i successivi 16 o 32 turni, arrivando ad analizzare milioni di situazioni. Anche un umano prevede una serie di mosse, ma in numero minore: un giocatore scarso saranno 2-3, un buon giocatore allenato saranno 5-10, per un campione mondiale saranno 10-30.

Questo perché l'umano, per esperienza e per memoria, non ricalcola ogni volta le mosse, ma le pensa e le possiede già in mente nel momento in cui guarda la scacchiera; questo accade per due motivi: l'esperienza e la strategia.

Da una parte si ha l'**esperienza**, in quanto un campione mondiale gioca almeno un'ora al giorno, dunque fa esperienza di un numero impressionante di situazioni ed approcci alla partita; quindi si accumulano informazioni che possono diventare fondamentali per le future partite, nel caso in cui si riconoscano degli schemi già visti.

Per quanto riguarda la **strategia**, un bravo giocatore decide una strategia ad inizio partita e le mosse avversarie non fanno altro che fargli variare di poco le mosse che egli ha già concatenato in mente per raggiungere un dato obiettivo.

Il computer manca di queste cose: esso fotografa ogni turno la scacchiera e di tutte le mosse (comprese milioni di mosse inutili che un utente umano nemmeno si prefigura) sceglie quella più sicura o quella che gli permette di attaccare il Re.

Il team di ricercatori di CODER si è proposto di studiare il cervello umano, con l'obiettivo di mappare i processi che ci portano a prendere decisioni basate sull'intuizione e sull'esperienza accumulata. Per fare questo hanno utilizzato il gioco online chiamato

“Quantum Moves”, un video game che simula operazioni logiche all’interno di computer, al quale hanno partecipato più di 10 mila persone.

“La mappa che abbiamo creato ci fornisce un’idea delle strategie che hanno luogo nel cervello umano. Quando dobbiamo risolvere un problema sconosciuto facciamo spesso ricorso all’intuizione, e questo per un computer è del tutto incomprensibile. I computer analizzano enormi quantità di informazioni, mentre noi possiamo scegliere di non farlo e di basare la nostra scelta sull’esperienza o sull’intuizione. Analizzando le risposte dei giocatori di Quantum Moves è emerso questo elemento intuitivo, che ci differenzia dai calcolatori.

I giocatori sono stati in grado di risolvere problemi complessi creando strategie molto semplici. Mentre un computer analizza tutte le opzioni disponibili, i giocatori scelgono automaticamente la soluzione che sentono intuitivamente giusta. La nostra analisi ha permesso di identificare caratteristiche comuni nelle soluzioni trovate dai giocatori, mettendo in luce l’esistenza di una sorta di ingegno condiviso da tutti gli esseri umani.

Se riusciamo ad insegnare ai computer a riconoscere queste soluzioni acquisendo una forma di intuizione simile alla nostra, riusciremo ad aumentare enormemente la velocità di calcolo. In un certo senso stiamo cercando di “installare” la nostra ingegnosità intuitiva sul computer. [...]

Hollywood ha costruito negli anni un’immagine sempre più realistica dell’intelligenza artificiale, ma i nostri risultati dimostrano che in un confronto diretto siamo ancora noi umani a vincere. I computer sono lontani dai processi cognitivi con efficienza paragonabile a quella umana.”

Il computer è quindi privo di intuizione in quanto non è capace di andare al di là della rigidità materiale del pensiero razionale e portare a soluzione ogni problema.

Una visione filosofica sulle macchine pensanti

Da qui si passa da una portata matematica-ingegneristica ad una più **filosofico-umanistica**: se da un lato è chiaro che i problemi per la creazione di una macchina perfetta sono di natura troppo scientifica per lasciarli ai soli filosofi, dall'altro è manifesto che essi, almeno a certi livelli di problematizzazione teorica, sono di natura troppo filosofica per lasciarli ai soli scienziati.

L'ipotesi delle "macchine pensanti" e la sua teoria dell'isomorfismo mente-computer ha oggettivamente rappresentato una sfida per la filosofia:

"L'idea che dei frammenti indiscutibilmente inanimati di silicio e di rame possano essere paragonati a delle persone [...] sembra aver seminato il panico fra i ranghi dei filosofi. È singolare che diversi secoli di indagine scientifica sul cervello umano non siano riusciti a catturare l'interesse dei filosofi (escludendo, naturalmente, poche eccezioni), mentre pochi decenni di ricerca sulla possibilità di costruire macchine pensanti abbia provocato un vero e proprio uragano filosofico."

C.Blakemore, 1989

Il filosofo **Heidegger** ribadisce che l'intelligenza non è un'entità astratta e logico-formale, bensì un concreto e storico essere-nel-mondo, di cui fanno parte anche la corporeità e l'emotività. In altri termini, poiché i computer non hanno l'**Esserci** heideggeriano, risultano privi di quella forma di precomprensione contestuale che scaturisce dal fatto di vivere nella realtà e dentro la realtà, e quindi non possiedono quella specifica forma di intelligenza che si manifesta nel **senso comune**. Inoltre il filosofo muove una critica alla metafisica occidentale affermando che essa ha ridotto l'essere all'ente; infatti egli dirà come nella tradizione si siano sviluppati tre pregiudizi, il primo dei quali è stato appunto di porre sullo stesso piano l'ente e l'essere, e quindi dare stessa importanza a una matita quanto a un uomo. Tuttavia per Heidegger, l'Essere si differenzia dall'ente per il fatto di interrogarsi sul **senso** delle cose, di domandarsi sul perché dell'esistenza e non è una semplice presenza spaziale all'interno del mondo; un computer non può sapere di esistere e tanto meno interrogarsi sull'esistenza: è un banale ente. Un'altra differenza sostanziale che qualifica il modo dell'Esserci di **in-essere** a discapito dell'ente, consiste nel suo essere presso le cose, nel prendersi **cura** di esse. L'Esserci, in quanto essere-nel-mondo, incontra l'altro e ciò lo porta ad aver cura di lui, cosa che non avviene in una macchina.

Un altro autore, questa volta nella letteratura italiana, che muove una critica nei confronti del mondo delle macchine è **Luigi Pirandello**, che nel suo romanzo "Il Fu Mattia Pascal", in particolare nel capitolo *Un po' di nebbia*, descrive la giornata di Mattia a Milano e sottolinea l'eccesso di meccanizzazione della vita metropolitana, quindi dell'interazione con le macchine pensanti.

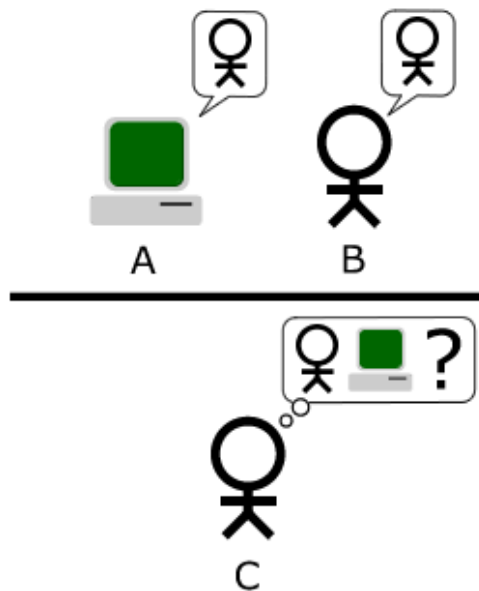
«Oh perché gli uomini,» domandavo a me stesso, smaniosamente, «si affannano così a rendere man mano più complicato il congegno della loro vita? Perché tutto questo stordimento di macchine? E che farà l'uomo quando le macchine faranno tutto? Si accorgerà allora che il così detto progresso non ha nulla a che fare con la felicità? Di tutte le invenzioni, con cui la scienza crede onestamente d'arricchire l'umanità (e la impoverisce, perché costano tanto care), che gioja in fondo proviamo noi, anche ammirandole?» [...] Eppure la scienza, pensavo; ha l'illusione di render anche più facile e più comoda L'esistenza! Ma, ammettendo che la renda veramente più facile, con tutte le sue macchine così difficili e complicate, domando, io: «E qual peggior servizio a chi sia condannato a una briga vana, che rendergliela facile e quasi meccanica?».

Il Fu Mattia Pascal, Un po' di nebbia cap. IX

Le diverse concezioni di intelligenza

Come si può stabilire se una macchina è pensante?

Alan Mathison **Turing** (1912-1954), logico e matematico inglese che figura tra i pionieri della scienza dei calcolatori e al quale si deve la macchina che porta il suo nome, pubblica uno scritto, apparso nel 1950, intitolato *Macchine calcolatrici e intelligenza*, in cui si occupa della questione se le macchine possono pensare. Per rispondere a tale domanda egli ha ideato un apposito esperimento mentale, il cosiddetto “gioco dell’imitazione” o “**Test di Turing**”, volto a chiarire che se un esperto, nel corso di una conversazione “cieca”,



cioè in cui non vede il suo interlocutore, limitandosi a comunicare con lui tramite messaggi scritti, non riesce a sapere con certezza se sta comunicando con una persona o con una macchina, allora si può affermare che la macchina “pensa”. In altri termini, per Turing:

Un computer è paragonabile a un essere umano, quanto a intelligenza, se gli esseri umani non possono distinguere le prestazioni del computer da quelle dell'essere umano.

William Bechtel, 1988

A partire dall'ipotesi dell'impossibilità di distinguere, in circostanze sperimentali opportune, tra le prestazioni cognitive di una macchina e quelle di un essere umano, Turing suggeriva l'affinità, se non proprio l'identità, tra

intelligenza umana e quella della macchina, ponendo così le basi, sebbene in una forma embrionale ancora viziata dalla visione comportamentista della mente come **black box**.

John B. Watson fu iniziatore del comportamentismo nel 1914 e pone come unico oggetto della psicologia il **comportamento** osservabile dell'individuo, cioè le sue reazioni in una determinata situazione, abbandonando i concetti di mente, di Io e di coscienza. La mente viene quindi considerata una sorta di black box, una scatola nera il cui funzionamento interno è inconoscibile e, per certi aspetti, irrilevante: quello che importa veramente per i comportamentisti è giungere ad un'approfondita comprensione empirica e sperimentale delle relazioni tra certi tipi di stimoli e certi tipi di risposte.

Sarà, **Rollo Carpenter**, scienziato delle intelligenze artificiali, dopo circa 50 anni dall'uscita dell'articolo *Computing machinery and intelligence*, a sfatare il mito del test di Turing con un'applicazione che studia come mimare delle conversazioni umane comunicando con gli umani: Cleverbot.

Il chatterbot ha partecipato a un test di Turing insieme con degli umani durante il festival Tecniche 2011 all'IIT Guwahati in India, il 3 settembre 2011; in questo Cleverbot è stato giudicato essere al 59,3% umano, mentre i restanti partecipanti in carne ed ossa hanno raggiunto appena il 63,3%. In generale un punteggio del 50% o superiore è spesso considerato un superamento del test.

Il superamento del test di Turing comporta l'intelligenza di una macchina?

Secondo Turing e i comportamentisti la risposta sarebbe affermativa in quanto non importano i processi interni alla macchina - è una scatola nera - ma solamente la manifestazione esterna di essi, ovvero l'output: se la macchina dimostra intelligenza sapendo comunicare come gli umani, allora la macchina può essere considerata intelligente, al di là dei processi di rielaborazione interni che possono essere più o meno simili a quelli umani.

Ma Rollo Carpenter stesso dice:

“Passing the test does not prove intelligence, but merely shows that the machine can imitate intelligence. That does not mean attempting to pass the test is pointless, however.

“We humans learn from enormously richer sensory data than that. Imagine a robot with learning techniques that has the capability to do the same.”

Rollo Carpenter, 2011

Anche se il test è stato superato non si è dimostrata la vera intelligenza della macchina, ma semplicemente si è dimostrata la grande capacità di Cleverbot nel saper imitare in maniera molto convincente l'uomo per come scrive.

Un altro test che assume il valore di un **contro-test di Turing**, fu ideato dal filosofo John Roger **Searle**, in *Menti, cervelli e programmi*, chiamato **“Test della stanza cinese”**. Infatti, contro i seguaci del logico e matematico inglese, e contro i comportamentisti, pronti a pensare che se un sistema si comporta come se capisse il cinese, allora esso capisce davvero il cinese, Searle afferma che nessun sistema che si limiti a una manipolazione formale di simboli, senza aver coscienza dei loro significati, può essere considerato identico a un essere pensante, anche se le sue performances esteriore lo sono.

Tale esperimento mentale ruota intorno al caso di un individuo che, grazie a opportune istruzioni nella sua lingua, riesce a mettere correttamente insieme dei simboli cinesi, pur senza comprenderne i significati. Per cui, pur operando come delle menti, i computer non sono delle menti, in quanto privi di coscienza e intenzionalità. Infatti, le loro ipotizzate intenzionalità e intelligenza (come quando diciamo che il computer è a conoscenza di come deve agire) sono soltanto nelle menti di coloro che li programmano (è il programmatore, non il programma, a essere intelligente).

Riassumendo **l'intelligenza** vera e propria non va intesa come capacità di svolgere operazioni meccanicamente, senza interrogarsi su come si è arrivati a una certa soluzione (Turing e comportamentisti), ma come capacità di risoluzione di problemi tenendo conto anche della consapevolezza e comprensione di ciò che si sta elaborando, capacità che l'uomo ha, ma che un computer non potrà mai avere (Rollo Carpenter e Searle).

Limiti di linguaggio

Il problema principale che sorge è, quindi, conoscere che cosa avviene in quella misteriosa scatola nera della quale si parlava in precedenza. L'uomo vede solamente la manifestazione della rielaborazione (output), ma non riesce a comprenderne i processi: la coscienza è il connotato più ovvio e insieme più misterioso della nostra mente.

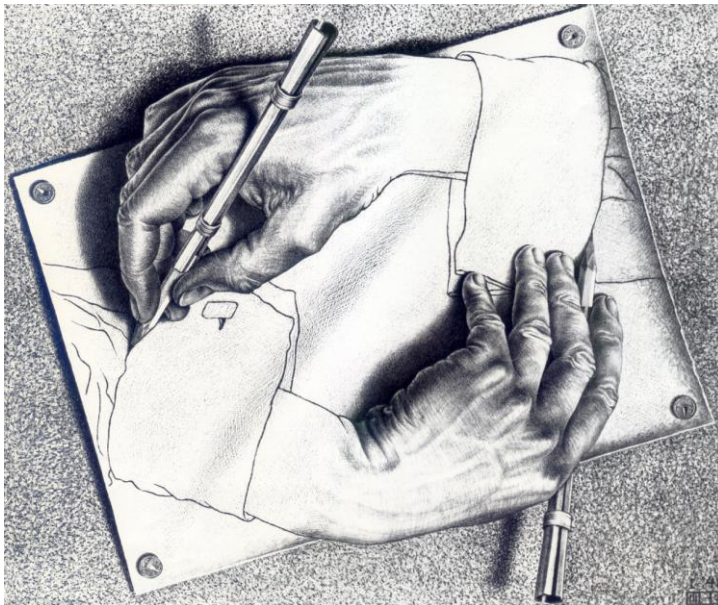
Ma è possibile costruire un meccanismo puramente deterministico capace di autodefinirsi impiegando le sue sole risorse?

Più in generale, note alcune nozioni, informazioni o algoritmi è possibile impiegare le conclusioni (output) per giustificare le premesse (input)?

Per rispondere a queste domande facciamo riferimento ad una teoria più ampia per cui gli esempi legati all'informatica e alla biologia possono essere visti come particolarizzazioni o applicazioni; tale teoria è di natura logica e prende le mosse dalla teoria sulla autoreferenzialità del matematico **Kurt Gödel**.

Il lavoro del logico tedesco permette infatti di gettare luce sulle ombre che si formano ogni volta che si vuole migliorare un sistema usando il sistema stesso.

Che cos'è l'autoreferenzialità?



Nelle scienze sociali, all'interno della teoria dei sistemi, è la proprietà che avrebbero alcuni sistemi di riferirsi a sé stessi, cioè di determinare i propri stati internamente, mediante un processo di interazione circolare tra gli elementi che li costituiscono e in modo essenzialmente indipendente dall'ambiente esterno.

In matematica, dal punto di vista solo metodologico, l'autoreferenzialità è una proprietà assai delicata e spesso costituisce uno dei principali ostacoli da arginare

ogni volta che si elabora un nuovo sistema teorico; molto spesso le dimostrazioni risalenti a prima dell'epoca moderna sono in parte confusionarie o autoricorsive, nel senso che molto spesso impiegavano parte della tesi per dimostrare quest'ultima. Solo con l'affermazione della matematica moderna con Gauss ed ancora di più con i sistematori dell'Analisi matematica, Weierstrass, Cauchy e Cantor divennero chiare le modalità di procedere ed i fondamenti di tutti gli strumenti utilizzati senza essere compresi fino in fondo.

Dal punto di vista contenutistico, il concetto di autoreferenzialità è stato uno dei perni attorno al quale ha ruotato la Crisi dei Fondamenti della matematica a cavallo tra Ottocento e Novecento; il lavoro di sistematizzazione dei concetti e dei teoremi portato avanti in epoca positivista aveva infatti lasciato alcuni nervi scoperti.

Nello specifico, con riferimento al lavoro di Cantor e Frege, i fondamenti della Geometria, l'Algebra e l'Analisi erano stati riportati alla Aritmetica dei numeri naturali e alla Teoria degli insiemi e proprio in questa si erano trovati alcuni concetti controversi, tra cui spiccava l'autoreferenzialità.

In che senso le teorie logico-formali non possono essere autoreferenziali?

Un nutrito gruppo di studiosi si impegnò nel tentativo di dare una rigorosa fondazione logica ai contenuti delle proposizioni matematiche, con l'obiettivo di produrre una giustificazione assoluta della loro validità; tuttavia l'insorgenza di difficoltà inaspettate (in particolare una serie di paradossi portati alle loro estreme conseguenze da Kurt Gödel nel 1931), finì per dimostrare l'incompletezza di tutta la matematica.

Primo Teorema di incompletezza

“In ogni teoria matematica T sufficientemente espressiva da contenere l'aritmetica, esiste una formula φ tale che, se T è coerente, allora né φ né la sua negazione sono dimostrabili in T .”

Secondo Teorema di incompletezza

“Sia T una teoria matematica sufficientemente espressiva da contenere l'aritmetica: se T è coerente, non è possibile provare la coerenza di T all'interno di T .”

La prova di Gödel si articolava in due parti: da un lato, egli dimostrò che se il sistema di assiomi dell'aritmetica è consistente, allora non è completo, cioè che un sistema coerente, in cui non sussistono contraddizioni, contiene delle affermazioni indecidibili (né dimostrabili né confutabili); dall'altro, dimostrò che non è possibile dimostrare la consistenza dell'aritmetica per mezzo del sistema di assiomi dell'aritmetica stessa.

L'autoreferenzialità ha caratterizzato la crisi dei fondamenti della matematica ovvero il fallimento del tentativo di dare una rigorosa giustificazione formale all'insieme di definizioni e deduzioni su cui si basa l'aritmetica (e conseguentemente anche la matematica nella sua interezza), il quale fu seguito nei seguenti decenni del Novecento da una radicale revisione dei concetti fondamentali della disciplina.

In altre parole, ogni dimostrazione concernente la validità di un sistema formale deve essere fatta ricorrendo a un diverso sistema formale più "potente" e complesso di quello di partenza, cioè a un metalinguaggio di "grado" superiore.

Come superare il limite imposto dai teoremi di Gödel?

Per definire una teoria formale bisogna conoscere e definire alcuni assiomi di partenza. Ad esempio si può partire da un insieme finito di assiomi, come nella geometria euclidea, oppure, con maggiore generalità, si può consentire che esista un insieme infinito di assiomi.

L'analisi del logico tedesco ha dato origine ad un fiorente filone di scoperte e analisi approfondite, che hanno prodotto la Teoria assiomatica degli insiemi, meglio nota come teoria ZFC, nel quale, ovviamente gli insiemi che contengono se stessi sono tenuti alla larga e trattati in maniera particolare.

In questo caso l'autoreferenzialità è stata superata postulando (ovvero partendo da una base) le principali nozioni, creando un sistema **coerente**, ovvero nel quale, note determinate premesse, si arriva ad un'unica conclusione, ma al prezzo dell'**incompletezza**, ovvero ammettendo l'esistenza di proposizioni sulle quali non si può

dire se sono false o vere. Il concetto di incompletezza perde definitivamente il suo carattere negativo impiegando una logica in cui esiste il vero, il falso ed il non decidibile.

Grazie alla teoria assiomatica degli insiemi è stato possibile fondare con precisione i fondamenti delle altre discipline matematiche, dando un impulso alla ricerca che tuttora non si è estinto.

In definitiva, la matematica ha potuto definire il suo "output" solo ammettendo l'esistenza di "input" esterni, i postulati, in quanto il ciclo autoricorsivo Ipotesi-Teorema non può reggersi autonomamente. Non solo, l'analisi di Gödel ha permesso di individuare l'esistenza di "output" non spiegabili sulla base dei soli "input" (tali risultati sono appunto il frutto dell'incompletezza).

In che modo è presente Gödel nell'informatica?

Turing, logico e matematico del quale si è parlato in precedenza, studiò i teoremi di Gödel, e elaborò un teorema che in un certo senso funge da "versione informatica" del teorema di indecidibilità di Gödel.

"Dato sotto forma di codice un programma P che stampa sempre "si" oppure "no" ed un input I, stabilire l'output P(I)."

Egli si trovò quindi a meccanizzare il ragionamento logico applicandolo a una macchina, ma non avendola di fronte a lui, egli se la creò ed in futuro essa prenderà il nome del suo creatore: la macchina di Turing. Il **teorema di Turing** sostiene l'esistenza di problemi non decidibili, per i quali cioè non esiste alcun algoritmo in grado di dare una risposta in tempo finito su tutte le istanze del problema.

Quindi da una parte si è visto come uno dei problemi che potrebbero riscontrarsi nella creazione di una macchina cosciente sia quello della mancanza di un linguaggio formale completo in grado di essere cosciente di se stesso e dall'altro lato la difficoltà da parte dell'uomo di comprendere dai soli risultati il meccanismo che li ha prodotti.

La neurofisiologia e l'informatica, per vie diverse, convergono su domande che la coinvolgono su alcuni punti. Che cosa avviene quando si pensa? Che cos'è che distingue un'operazione cosciente dalla stessa operazione compiuta con procedimento automatico? E come mai, appena introduciamo nel discorso scientifico la parola "coscienza", tutto sembra diventare inafferrabile?

Un **ente operante** è un ente che svolge determinate operazioni codificate in un linguaggio, mentre un **ente cosciente** è un ente che svolge e capisce determinate operazioni, ovvero possiede il linguaggio e lo può eventualmente adoperare in modo creativo; essere coscienti del linguaggio grazie al quale si è programmati implica ammettere che il linguaggio conosce se stesso. Più precisamente essere autocosciente significa conoscere il proprio metalinguaggio.

Tuttavia, per il secondo teorema di incompletezza, un linguaggio non può coincidere con il proprio metalinguaggio completamente e rimanere coerente. Questo vuol dire che non si può programmare una macchina deterministica, ovvero coerente e che prevede solo vero e falso per ogni operazione, in modo tale che risulti cosciente e quindi creativa.

L'uomo è autocosciente perché il suo metalinguaggio profondo può essere contraddittorio, come mostra spesso la psicologia: Freud stesso afferma che al livello più profondo non esiste principio di non contraddizione.

Conclusione

La ricerca si muove ancora a tentoni in questa direzione e Hofstadter, citato in precedenza, dice a proposito:

“Pochissime persone sono interessate sul funzionamento del cervello umano... questo è ciò a cui noi siamo interessati: che cos'è il pensiero?”

Quindi bisogna che gli studiosi innanzitutto comprendano l'estrema complessità dei processi cognitivi, e poi li impartiscano a una macchina.

Tuttavia si noti che il risultato di limitatezza derivato da Gödel è assoluto e necessario, indipendente dalla possibilità ingegneristica o tecnica di poter sviluppare una macchina pensante.

Concludendo, per ora l'uomo sembra avere la meglio sui cervelli di silicio e si aggiudica il titolo di macchina perfetta, ma la questione è ancora aperta...

Bibliografia

Bologna C., Rocchi P., *Rosa fresca ed aulentissima. Il primo Novecento*, Loescher, Torino, 2010.

Campbell N., Reece J., *Biologia*, Pearson, Milano, 2011.

Berembaum M., Hills D., Heller C., Posca V., Sadava D., *Chimica organica biochimica e biotecnologie*, Zanichelli, Bologna, 2014

Ruffaldi E., Sani A. Terravecchia G., *Il nuovo pensiero plurale. Dalla seconda rivoluzione scientifica ad oggi*, Loescher, Torino, 2012.

Abbagnano N., Fornero G., *La filosofia. Dalla fenomenologia a Gadamer*, Paravia, Padova, 2009.

Hofstadter D.R., Gödel, *Escher, Bach. Un'eterna ghirlanda brillante*, Adelphi, Milano, 1990.

Odifreddi P., *Le menzogne di Ulisse. L'avventura della logica da Parmenide ad Amartya Sen*, TEA, Milano, 2013.

Churchland P., *Neurobiologia della morale*, RaffaelloCortina, Milano, 2012