

FABIO LEUZZI

Ars intelligendi

Riflessioni sull'intelligenza,
l'astrazione e la coscienza di sé

prefazione di Francesco Bianchini

seconda edizione

SAGGI

*ai miei genitori
a Mariella*

Indice

- p. 11 Prefazione di Francesco Bianchini
- 15 Introduzione
- 17 Indice commentato
- 19 Prologo
- 37 Capitolo 1
Tipi di intelligenza
- 1.1. Uno spettacolo naturale, 38
 - 1.2. Uno spettacolo artificiale, 49
 - 1.3. L'intelligenza e basta, 54
- 59 Capitolo 2
La rappresentazione della conoscenza
- 2.1. Il concetto di concetto, 60
 - 2.2. Il concetto di ricordo, 65
 - 2.3. Il concetto di relazione, 66
 - 2.4. Il concetto di proprietà, 75
- 77 Capitolo 3
Gli operatori di ragionamento e apprendimento
- 3.1. Ragionamento, apprendimento e i loro confini, 80
 - 3.2. Sedie dal mondo: la generalizzazione, 82
 - 3.3. Lì sotto c'è una sedia: l'astrazione, 87
 - 3.4. Mi serve proprio quella sedia: la specializzazione, 88

- 3.5. Quella deve proprio essere una sedia: l'abduzione, 89
 - 3.6. Sedersi o non sedersi, questo è il problema: l'argomentazione, 91
 - 3.7. Come per un libro il suo leggio: l'analogia, 94
 - 3.8. Induzione e ipotesi probabili, 100
 - 3.9. A ognuno il suo mestiere: ragionamento multi-strategico, 103
 - 3.10. Il concetto di bias e le sue insidie, 106
- p. 113 **Capitolo 4**
La potenza della manipolazione e il calcolo che la rende possibile
- 4.1. Le regole del gioco, 121
 - 4.2. Un cambio di paradigma per un salto generazionale, 124
- 133 **Capitolo 5**
La singolarità
- 5.1. Il pensiero in una macchina, 140
 - 5.2. La convivenza delle intelligenze, 151
 - 5.3. È più facile spezzare un atomo che un pregiudizio: il bias etico, 156
 - 5.4. Le dieci domande di Hofstadter, 160
- 169 **Epilogo**
- 177 **Appendice**
- 221 **Bibliografia essenziale**
- 227 **Ringraziamenti**

Il risultato del ragionamento da parte di una macchina dovrebbe essere una descrizione riconducibile a un formalismo simbolico di certe entità, semanticamente e strutturalmente legate al modello che la macchina ha dell'interlocutore, per renderle esponibili da parte della macchina stessa, in modo che esse possano ricreare nella mente della forma d'intelligenza ricevente un pezzo d'informazione quanto più simile al risultato del ragionamento originale.

Tutte le citazioni da testi indicati in bibliografia nella versione in lingua inglese sono state tradotte dall'autore.

Prefazione

Chiedersi oggi che cosa sia l'intelligenza è una domanda diversa rispetto a quella che ci si poteva fare negli anni in cui è nata l'intelligenza artificiale. Gli sviluppi teorici, tecnologici, psicologici e filosofici degli ultimi decenni hanno arricchito la domanda delle tante sfaccettature e acquisizioni che le differenti discipline hanno apportato a tale quesito, senza tuttavia intaccarne il fascino e l'importanza. Soprattutto lo sviluppo di tecnologie informatiche legate all'intelligenza, molte delle quali, seppure con grandi differenze, vengono oggi classificate sotto la medesima etichetta "intelligenza artificiale", hanno modificato il nostro modo di porci di fronte a questa domanda. L'apporto delle ricerche in scienza cognitiva, unitamente a quelle informatiche, ha reso, inoltre, l'analisi dell'intelligenza più di una domanda: una sorta di sfida che chiama in causa non solo ciò che l'intelligenza è, ma anche ciò che noi siamo disposti ad accogliere come "intelligente", a riconoscere come "essenzialmente" intelligente.

Il libro di Fabio Leuzzi si è posto questa domanda da una particolare angolazione, quella del pensiero di Douglas Hofstadter. La riflessione hofstadteriana sull'intelligenza abbraccia tutto il percorso delle sue opere. È il punto di av-

vio dell'opera che gli ha dato la notorietà, *Gödel, Escher, Bach*. È il punto di arrivo del suo ultimo e più lungo lavoro dedicato all'analogia, di cui è coautore insieme a Emmanuel Sander, in italiano tradotto con il titolo di *Superfici ed essenze*. Il lungo percorso che separa questi due lavori hofstadteriani non modifica, tuttavia, il suo presupposto di fondo che è possibile rinvenire nel tentativo di individuare l'intelligenza nella capacità di vedere l'uguale nel diverso e il diverso nell'uguale, nel cogliere cioè le analogie fra varie situazioni e stati di cose, processo che in Hofstadter è largamente connesso, quasi fosse un tutt'uno, con la capacità di puntare il dito sull'essenza di una cosa, su ciò che rende quella cosa rilevante per ciò che è. Se questo per Hofstadter è il punto di arrivo di una lunga riflessione – il considerare l'analogia come il motore pulsante della cognizione nella sua interezza – e se tale punto di arrivo ha visto il progressivo affermarsi di una visione hofstadteriana sempre meno imperniata sull'intelligenza artificiale, gli echi di ciò che era cominciato proprio attraverso un'analisi dello stato dell'arte delle “macchine pensanti” negli anni Settanta del secolo scorso sono ancora presenti oggi nel pensiero di Hofstadter in maniera più o meno manifesta.

Ars Intelligendi è il tentativo di costruire un percorso sull'indagine della natura dell'intelligenza che consideri in un unico sviluppo lineare tutte le considerazioni hofstadteriane in merito, tutti gli apporti con cui lo studioso statunitense ha contribuito alle varie posizioni su tale ampia ed estremamente dibattuta questione. Per tale ragione, elementi storici e teorici si intrecciano nell'opera di Leuzzi. A una riflessione iniziale sulla nascita dell'intelligenza artificiale segue una trattazione di elementi connessi alla rappre-

sentazione della conoscenza e alle forme di ragionamento e alcune considerazioni sul calcolo che definiscono il quadro teorico dei processi di automazione, processi che costituiscono l'esito auspicabile delle teorie esposte dall'autore. Tale esito tiene conto, al contempo, dell'unione di aspetti analogici del ragionamento con tecniche di machine learning, anche in relazione agli sviluppi più recenti – avanzamenti tecnologici nella costruzione di algoritmi che sfruttano le reti neurali in modo massiccio, il cosiddetto deep learning.

Sarebbe un errore tuttavia considerare il lavoro svolto da Leuzzi come una mera analisi delle idee hofstadteriane. Esse vengono riprese e utilizzate in una prospettiva del tutto originale, che è proprio quella che consente di inserire in un quadro unitario le differenti angolazioni con cui Hofstadter ha avvicinato e affrontato il problema dell'intelligenza. Ancora una volta, va sottolineato che il tema dell'opera non è indagare la prospettiva di Hofstadter, bensì utilizzarla per proporre una propria prospettiva originale che certo scaturisce dalla molteplice e variegata congerie di idee che da sempre caratterizza la produzione hofstadteriana. Le conclusioni del volume svelano il punto di arrivo di tutto il discorso: una riflessione sulla possibilità della singolarità tecnologica e della superintelligenza artificiale. Anche in questo caso il confronto con Hofstadter è condotto riprendendo gli stessi interrogativi presenti alla fine di *Gödel, Escher, Bach*, ma aggiornando il tema alle riflessioni più recenti. D'altra parte, Hofstadter stesso si è dedicato al tema della *artificial superintelligence* molti anni dopo il suo libro d'esordio. E là dove è possibile riscontrare un esito pessimistico in relazione all'intelligenza artificiale da parte di Hofstadter, si scorge invece un'apertura più positiva agli sviluppi di questa impresa da

parte di Leuzzi. Nel proporre la sua personale e originale visione architettuale di un sistema intelligente, egli non accantona la possibilità che le ricerche in questo campo possano portare al realizzarsi di una transizione di fase verso un'intelligenza tutt'affatto diversa da quella umana, che sia essa paritaria o superiore, ma anzi ne sottolinea l'importanza da un punto di vista critico, anche come possibile motore metascientifico di innovazione.

Francesco Bianchini

Introduzione

Questa storia, come altre, inizia con una fine. Le giornate del mio dottorato di ricerca sono volate via così veloci che me ne resta un ricordo confuso e lontano. Sin dalla scuola dell'obbligo sono stato attratto dai misteri della mente. L'idea di replicare in una macchina pensiero critico e intuizione è stata, per me, così potente da non poterla costringere in un concetto conosciuto, rendendomi impossibile descriverla. Era l'intelligenza artificiale.

Ma a un certo punto il dottorato è finito e io mi sono ritrovato con delle domande sul futuro e una tesi tra le mani. Ho deciso così di mandarla al professor Douglas Hofstadter, mio autore preferito. Ero convinto che non mi avrebbe mai risposto, ma d'altro canto, non avevo niente da perdere.

Invece, soltanto il giorno dopo ho ricevuto la sua risposta: aveva letto la tesi in un pomeriggio. Criticava le mie idee in modo costruttivo, inserendo qualche battuta in italiano qua e là e dando un sapore confidenziale e caloroso a quella lettera che uno studentello come me non si aspetterebbe di ricevere da qualcuno come lui.

La dedizione e la passione di Hofstadter hanno acceso la voglia di insistere nei miei studi. Da quel giorno ho ini-

ziato a dedicarmi ai suoi scritti, ma anche a quelli di Alan Turing, Kurt Gödel, Marvin Minsky, John McCarthy e tanti altri. Pian piano i miei appunti assumevano una forma più ampia di una lettera di risposta a Hofstadter, in essi c'era il bisogno di dare il mio punto di vista critico sull'intelligenza artificiale generale¹ che, a conti fatti, riguarda soltanto l'intelligenza, non studi finalizzati alla comprensione della mente umana. Il mio desiderio, mentre scrivevo, era di parlare della singolarità, sia essa osservabile in un essere umano, in un'altra specie organica o in una macchina.

Qualcuno mi ha chiesto perché volessi banalizzare la bellezza e l'eleganza dell'intelligenza descrivendola come una serie di meccanismi. La mia risposta è che, al contrario, vorrei godere della sua bellezza come di opere quali *l'Ingresso nel porto di Palermo al chiaro di luna* di Vernet o *La battaglia di Dogali* di Cammarano. Il godimento della bellezza di un'opera passa dalla sua comprensione, e più aspetti vengono colti, più l'ammirazione assume un sapore intenso e consapevole. Questo è il mio intento nel disquisire sull'intelligenza.

1. Come sottolineato da Toby Walsh (2017), volendo essere aderenti alla terminologia utilizzata nell'ambito, l'"intelligenza artificiale forte" è quella che esisterà nel caso in cui un giorno si verificasse la singolarità nelle macchine; diversamente, l'"intelligenza artificiale debole" è quella che vede simulate le capacità cognitive umane in domini applicativi ristretti e ben definiti. L'"intelligenza artificiale generale", aderendo a quanto comunemente accettato nella comunità scientifica di settore, è l'evoluzione di quest'ultima, quindi la capacità della macchina di risolvere tutti i problemi a lei posti, senza però che sia mai apparsa la scintilla della singolarità. Inoltre, si deve aggiungere che una parte della comunità opera un'ulteriore distinzione considerando tutte queste non superiori all'uomo, ed etichettando come "superintelligenza" quella superiore alle capacità umane. In questo scritto useremo i concetti di intelligenza artificiale forte, generale o super in modo intercambiabile, e prometto di non lasciare nel dubbio il lettore su quanto questa scelta sia o no sensata.

Indice commentato

Nel prologo si fa un'introduzione storica, delineando gli eventi che hanno portato alla nascita della disciplina, con l'obiettivo di offrire un contesto e stimolare l'immaginazione del lettore.

Il capitolo 1, *Tipi di intelligenza*, accompagna nell'avvicinamento al concetto di intelligenza, riflettendo su quali possano essere i suoi ingredienti principali, per poi analizzare le definizioni che nel tempo sono state fornite da studiosi di vari ambiti scientifici, al fine di delinearne gli aspetti principali. Il confronto tra queste definizioni evidenzierà quanto esse possano essere aderenti alla nostra idea di intelligenza, ma incapaci di catturarne l'essenza nella sua pienezza.

Il capitolo 2, *La rappresentazione della conoscenza*, prova a scindere il fenomeno in macro fattori. Uno di questi riguarda certamente le modalità con cui una forma di intelligenza adatta il formalismo di rappresentazione della conoscenza a seconda dei sensori con cui ha avuto l'opportunità di percepire il mondo. Le riflessioni in questo capitolo hanno vari livelli di profondità, fanno emergere il rapporto causale tra le modalità di percezione del mondo e il formalismo che poi la mente sceglie, ma spingono anche a riflettere su quali meccanismi possono scatenarsi nel caso in cui provassimo a ragionare su una forma di intelligenza generica, non necessariamente legata all'umanità.

Nel capitolo 3, *Gli operatori di ragionamento e apprendimento*, la conoscenza rappresentata nella mente dovrà in qualche modo essere manipolata per essere resa utile, fruttuosa. Per quanto la strategia di manipolazione della conoscenza possa risultare in ultima analisi come un grande strumento flessibile e sofisticato, operando delle

semplificazioni, alcuni operatori possono essere distinti. Un'analisi di questo tipo non sottintende che sia possibile ottenere la singolarità attraverso la somma (o la composizione) delle parti, ma quantomeno permette un approccio *divide et impera* che ci faccia ragionare sul mistero dell'intelligenza.

Il capitolo 4, *La potenza della manipolazione e il calcolo che la rende possibile*, è incentrato sul legame che esiste tra il fenomeno dell'intelligenza e l'architettura che ha permesso il verificarsi del fenomeno, la quale per un uomo è la struttura del cervello, e che per un'altra forma di intelligenza dovrebbe essere tale da fornire una potenza di rappresentazione e calcolo adeguata agli scopi. Il cervello umano riproduce il mondo in cui si muove attraverso un modello, al fine di soddisfare i vari bisogni che emergono nel tempo; anche un calcolatore può creare descrizioni di un contesto attraverso un modello matematico, tuttavia il contesto descritto da un cervello è, oggi, troppo complesso per essere affrontato dall'attuale architettura dei calcolatori. Quale sarà la soluzione a questo è un problema aperto su cui è interessante fare delle riflessioni.

Nel capitolo 5, *La singolarità*, è esposto quanto serve per avanzare una serie di ipotesi riguardo all'intelligenza, per provare a perimetrarla, definirla, comprenderne diversamente i misteri, offrendo la possibilità di riflettere su aspetti come il libero arbitrio. Le ipotesi, così come saranno state presentate sino a qui, dovrebbero poter essere in grado di convincere il lettore della possibilità di una singolarità che si verifichi in architetture differenti da quella umana, e che in poco tempo possa superarla. Non resta che riflettere su punti di contatto e differenze tra i due tipi di intelligenza, sulla loro convivenza.

Epilogo: non lo studio dell'intelligenza umana, e neanche quella artificiale, ma soltanto l'intelligenza è stata raccontata, in modo che il lettore possa assaporarne un'essenza che sia il connubio della storia, di uno scorcio su quanto è stato fatto sinora, dei problemi aperti, e soprattutto di un'analisi introspettiva che permetta di proiettare quei problemi su di sé, per lasciarsi affascinare dalle immagini e dalle intuizioni che ne scaturiscono, regalando infine, spero, una prospettiva rinnovata.

Prologo

Legge di Hofstadter: prenderà sempre più tempo di quanto stimato, anche tenendo conto della legge di Hofstadter.

Hofstadter, 1990

La scienza come la conosciamo non è sempre stata così, col passare dei secoli ha subito una forte metamorfosi, talvolta è stata confusa con qualche religione, talvolta con misticismo e magia. Ciò che non le è mai mancato sono stati i curiosi e gli appassionati, che qualche volta l'hanno spinta verso direzioni errate, qualche altra hanno mostrato la via per grandi cambiamenti o vere e proprie rivoluzioni.

Questa è la storia della rivoluzione nata dall'incontro di quattro studiosi molto speciali. La probabilità che due grandi menti si trovino, insieme, al posto giusto al momento giusto di certo non è alta, figuriamoci la probabilità che siano quattro. Eppure la storia ci ha regalato eventi come questo, si pensi alla celebre conferenza Solvay del 1927 che ha segnato una svolta epocale per la fisica quantistica, evento che Greison (2016) ha romanizzato molto bene. Anche in questo caso si tratta della storia di un evento scientifico, anzi una storia iniziata con la preparazione a quell'evento, e proprio come fu per Solvay, l'energia generata dall'incontro dei suoi protagonisti, che tra breve conosceremo, ha portato alla società come la conosciamo oggi.