

Pensare l'Intelligenza nell'innovare l'Intelligenza

di *Luigi Catzola*

Socio Ordinario AIEMS, Roma
Ingegnere, esperto di sistemi complessi e intelligenza artificiale

Sommario

Questo saggio vuole affrontare un problema molto attuale, oggetto di dibattiti e di profonde riflessioni dalle sfaccettature morali, sociali ed economiche: lo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale (IA) può portare ad una intelligenza delle macchine superiore a quella umana? Con quali conseguenze?

Parole chiave

Abduzione, Ambiente, Autopoiesi, Complessità, Computabilità, Computazione, Darwiniano, Evoluzione, IA, Informazione, Innovazione, Intelligenza, Intelligenza Artificiale, Lamarckiano, Mente, Progresso Tecnologico, Robotica, Selezione naturale, Sviluppo, Tecnologia, Teleologia, Turing Test.

Summary

This essay deals with a very topical issue, today subject of discussion and deep moral, social and economic multifaceted reflections: can the development of AI lead to develop a much higher intelligence than the human one in machines? And if so, with what consequences?

Keywords

Abduction, Environment, Autopoiesis, Complexity, Computability, Computation, Darwinian, Evolution, AI, Information, Innovation, Intelligence, Artificial Intelligence, Lamarckian, Mind, Technological Progress, Robotics, Natural selection, Development, Technology, Teleology, Turing Test.

Introduzione

Il tema è controverso, impegnativo e necessita di premesse non sempre immediate ed evidenti. L'ideale sarebbe partire dando una risposta soddisfacente al seguente quesito: «Cosa manca alla macchina di Turing* per essere simile alla intelligenza umana?» (Turing, 1936). Ma ancora non siamo in queste condizioni. Ancora molti illustri scienziati confondono i concetti o, peggio ancora, sono convinti che *intelligenza* e *computazione* siano termini equivalenti. Oggi si parla molto dell'intelligenza delle macchine che computano e della possibilità che già molto prima della fine di questo secolo esse superino il 'Test di Turing'** (Turing, 1950, pp. 433-460): un progresso della intelligenza

artificiale (IA) che secondo molti la renderebbe capace di raggiungere presto il livello dell'intelligenza umana e anche di supportarla con enorme efficacia e efficienza. Inoltre, si ritiene che l'integrazione tra le varie tecnologie, sviluppandosi in modo esponenziale, stia portando l'umanità verso una *singolarità*: e cioè il momento in cui la capacità delle macchine sarà superiore a quella umana nel controllare il loro stesso sviluppo. Tale convinzione nasce dal considerare che le tecnologie si sono diversificate e continuano a nascere e a svilupparsi secondo una legge di sviluppo temporale esponenziale - simile alla legge di Moore degli anni settanta*** (che vale per la densità dell'hardware e relativi costi). La condizione di *singolarità* sarebbe indicativa di un processo diverso (e nefasto) dalla più semplice possibilità di essere sempre più efficacemente supportati dalle tecnologie di IA.

Superato il primo passo posto dal test di Turing e considerato lo sviluppo esponenziale delle tecnologie, molti scienziati credono insomma nell'avvento della *singolarità* come punto critico di transizione di fase, punto di catastrofe: momento in cui l'IA supererà l'intelligenza umana, diventando una super-intelligenza e prendendo il controllo del governo di tutte le risorse (Kurzweil, 2014). Alcuni scienziati temono questa *singolarità* e hanno scritto nel 2015 una lettera aperta che mette in guardia dai potenziali pericoli dell'IA se prima non si affronta la questione di come controllarla e regolamentarla a livello planetario.

Libri interessanti sono stati scritti per chiarire e spiegare il contesto attuale e quello in cui potremmo essere proiettati nel prossimo futuro a causa dello sviluppo di una super-intelligenza delle macchine (Bostrom 2018, Tegmark 2018, et al.).

Le brevi considerazioni di questo saggio vogliono stimolare una riflessione sulla vera discriminante tra intelligenza umana e artificiale, e sulla possibilità che essa sia realmente superabile.

A tale scopo l'analisi sarà svolta su due piani distinti. Il primo pone l'attenzione sul processo di innovazione, su come esso condizioni il cambiamento umano in termini individuali e sociali, e con quali possibili conseguenze. Il secondo pone il focus sui concetti di *computazione* e *intelligenza*, mettendoli a confronto per capirne similitudini e singolarità distintive. Ovviamente, nella mia analisi non esaminerò il solo aspetto emozionale che non appartiene alla macchina, ma, affronterò l'analisi da un punto di vista sistemico.

Innovazione

Pensare all'innovazione significa anche pensare a come lo sviluppo umano nel suo avanzare cambi l'uomo e il modo di relazionarsi, con sé stesso, con gli altri e col suo ambiente, senza limiti né confini.

Perciò, il termine *innovazione* è da declinare come un processo di cambiamento che introduce elementi nuovi non solo a livello di tecnologia, ma anche nel pensiero, nel concepire nuove forme di interazione, di aggregazione sociale e di comunicazione, di

organizzazione, di etica, di processo, di integrazione, di sviluppo, e anche di una *vision futura* che sedimenti sulla storia e sulle esperienze passate il proprio valore innovativo.

L'innovazione conduce sempre verso il delinearsi di nuovi orizzonti, inizialmente resi appena appena visibili dagli elementi innovativi che si introducono e che alimentano il desiderio e la voglia di esplorare nuove dimensioni del sapere, del conoscere e del conoscersi, del vivere. Solo col tempo vanno delineandosi meglio le nuove opportunità di progresso, di sviluppo e di miglioramento delle condizioni umane, ma anche i rischi e le incertezze portate da legami sempre più stretti, complessi e contraddittori. Da questa dialogica nasce il valore dell'innovazione: dal saper declinare insieme mondi interconnessi e contraddittori.

L'innovazione fornisce pure nuovi strumenti di indagine. Per cui da un lato, le nuove forme sociali di aggregazione, informazione e comunicazione supportate dalla integrazione di tecnologie diverse, e da un sapere sempre più multidisciplinare (di sempre più facile reperibilità, ma non sempre di altrettanto facile fruibilità), rappresentano forme efficaci ed agguerrite di sviluppo sociale, produttivo, economico ed ambientale. Ma, dall'altro lato, queste stesse componenti innovative danno luogo a forze che sono antagoniste ad uno sviluppo sistemico uomo-ambiente, alterando l'armonia tra le componenti umane e quelle ambientali che includono anche gli artefatti umani e di natura.

Ciò, sempre più frequentemente, porta a compromettere gli equilibri eco-sistemici che col tempo si sono formati tra uomo, territorio e ambiente. Gli equilibri sistemici non sono governabili con le tipiche direttive top-down umane: tutti gli equilibri sistemici di natura hanno origine da processi bottom-up e solo da processi analoghi possono essere modificati per ricercare equilibri nuovi quando le tensioni interne si modificano, mosse dai cambiamenti dell'ambiente, dell'uomo, delle società e dal progresso tecnologico e umano.

È in questo ambito epistemologico, nel rapporto dialogico tra tensioni contraddittorie e complesse, che si pone la questione di come si sviluppano l'intelligenza naturale e quella artificiale, e del loro progredire nel tempo con lo sviluppo del sapere umano, delle tecnologie, delle modifiche ambientali. Uno dei punti cardine principali è il carattere evolutivo di entrambe. Di tipo *darwiniana* è l'evoluzione animale, quindi umana, che ha portato alla intelligenza umana (la selezione naturale è guidata dalle mutazioni casuali). L'evoluzione della intelligenza artificiale è invece di tipo *lamarckiano* (la selezione degli incrementi evolutivi è guidata dalle finalità umane).

L'innovazione dell'intelligenza

In questa fase storica l'innovazione usa varie tecnologie, di prodotto e di processo, che incorporano sempre più automatismi di valutazione, scelta, decisione e adattamento a contesti e fini prestabiliti dall'uomo. E tali automatismi fanno sempre più uso di IA. Potremmo dire, in maniera un po' semplicistica, che il processo tecnologico procede verso un'automazione sempre più intelligente dei prodotti e dei processi che coinvolgono l'uomo. Per 'automazione intelligente' voglio qui intendere un'automazione che delega

alle macchine e alla loro IA molti, ma non tutti, aspetti di misura e valutazione delle condizioni di contesto necessarie ad adattare strumenti, apparecchiature e processi alle ‘condizioni di migliore funzionamento’ stabilite da un osservatore umano.

Ma, siamo proprio sicuri che sia così? Le ‘condizioni di migliore funzionamento’ stabilite da un osservatore umano sono le condizioni per cui possiamo definire ‘intelligente’ una tecnologia capace di abilitare questa possibilità al funzionamento di strumenti e processi? La prima domanda che viene spontaneo porsi riguarda proprio le ‘condizioni di migliore funzionamento’: “Una volta assegnate le condizioni di contesto, esiste un modo chiaro, univoco, non ambiguo, affidabile e non confutabile, per poter decidere quali siano le ‘condizioni di migliore funzionamento’? Oppure tale questione non è decidibile in modo univoco? Non potrebbero esistere modi diversi con cui valutare le ‘condizioni di migliore funzionamento’?”.

La questione posta fa riferimento in modo implicito alle finalità che sono alla base delle valutazioni da operare. Le ‘condizioni di migliore funzionamento’ dipendono da come intendere il migliore funzionamento, e questo dipende a sua volta dalle finalità poste alla base. E tali finalità dipendono dall’osservatore umano che le definisce. Questo è il controverso e profondo tema dei fini umani posti alla base dei comportamenti e delle decisioni da prendere. È perciò un tema che non ha una soluzione assoluta, unica e incontrovertibile.

I compiti di base della IA riguardano essenzialmente gli aspetti di classificazione, stima, valutazione, previsione e ottimizzazione dei dati rappresentativi di un contesto scelto dall’uomo, da esso misurato e interpretato. Tali aspetti sono dunque quelli posti dall’uomo stesso che osserva il mondo, interagisce traendo esperienza, poi cataloga tali esperienze e immagina un futuro.

Quindi, gli aspetti citati sono fortemente correlati alla capacità umana di comprendere la realtà con cui l’uomo si confronta per interagire consapevolmente con essa, al meglio, senza perire, anzi, progredendo: traendo dal suo interagire un possibile benessere che favorisca l’interagire stesso. È una questione analoga a quella affrontata da Maturana e Varela nel definire l’autopoiesi, parlando di cognizione, autonomia e vivente (Maturana, Varela, 1985). Tale benessere, può emergere dal basso come risultato di un insieme di relazioni che l’uomo è capace di instaurare col contesto di interazione, senza necessariamente essere mosso da obiettivi predefiniti (azioni e relazioni nascono allora *bottom-up*). Ma, più spesso, nel caso dell’uomo, il benessere dipende dai fini che vengono stabiliti (azioni e relazioni vengono allora stabilite *top-down*). In ogni caso, l’uomo, per interagire col suo contesto, si avvale sempre più della tecnologia che gli facilita e supporta sempre meglio la comprensione del contesto. Lo sviluppo culturale dell’uomo procede molto rapidamente e non ha bisogno di ere geologiche per migliorarsi, come invece avviene per lo sviluppo biologico. Lo sviluppo culturale non è un processo evolutivo darwiniano, è invece lamarckiano perché guidato dalle finalità di sviluppo e progresso intenzionalmente scelte; procede perciò in maniera top down. Come per lo sviluppo culturale, è così anche per lo sviluppo delle tecnologie e della intelligenza artificiale: guidato in maniera teleologica dalle finalità umane sempre più sfidanti in termini di obiettivi, di benessere, di utili economici da raggiungere.

Gli algoritmi capaci di valutazione e di scelta vanno sempre più frequentemente ad inserirsi nei punti di snodo, spesso critici, di un processo umano. Ciò fa un po' perdere la visibilità di quali siano i punti di snodo dove si articolano le valutazioni e decisioni più critiche. Questa interferenza, posta dalla IA sul modo di comprendere la realtà e di operare decisioni, conduce verso l'illusione di una eccessiva semplificazione del processo decisionale: ora esso appare all'uomo più semplice di quanto sia realmente, rispetto al quale era abituato prima della introduzione della IA. Ciò crea l'illusione che i processi decisionali siano sempre più semplici e possano essere svolti automaticamente da algoritmi di IA (Benanti 2018).

Ma, se è vero che gli algoritmi possono avere accesso a tutta la mole di dati disponibili sul contesto da analizzare, è altrettanto vero che essi non possono avere accesso alla dimensione etica umana perché non possono sviluppare un senso etico attraverso un processo evolutivo così come è avvenuto, invece, per l'uomo. La macchina può solo essere addestrata, anche sui valori etici da adottare, ma non potrà mai sviluppare un proprio senso critico che includa la dimensione etica, sempre necessaria, come riferimento, nei processi di valutazione e decisione. Questo è un grave pericolo. Anche quando l'agire è mosso da fini predefiniti, avere valori etici alla base di ogni valutazione e decisione è fondamentale per garantire il carattere umano delle scelte e mantenere un'armonia sistemica nel contesto in cui tali scelte vanno a incidere.

Qualcuno potrebbe pensare, allora, di addestrare la macchina ad apprendere e classificare i valori umani per applicarli nelle procedure decisionali. Chi pensa ciò commette l'errore di considerare la formazione dei valori umani, etici e morali, un qualcosa di statico: fotografabile e applicabile alla IA della macchina. L'etica ha accompagnato e accompagna lo sviluppo dell'uomo nella sua totalità, attraverso un processo evolutivo darwiniano, contribuendo al contempo alla formazione della sua intelligenza, che circolarmente nel suo sviluppo crea, modifica e riadatta l'etica stessa ai mutamenti di contesto. Non può perciò essere fotografata a un dato tempo, applicata come un adesivo e usata top down: è essa stessa parte della evoluzione della intelligenza naturale e partecipa le decisioni umane, il loro sviluppo e il suo stesso sviluppo.

Breve digressione su Computazione e Computabilità

È oramai passato quasi un secolo da quando Alan Turing definì il concetto di *macchina di Turing* (definizione matematica del concetto moderno di calcolatore) e di 'numeri computabili' (Turing, 1936, pag. 230):

"The 'computable' numbers may be described briefly as the real numbers whose expressions as a decimal are calculable by finite means".

Nella pratica significa dire che i numeri computabili sono generabili da una procedura finita di passi. È anche la definizione moderna di algoritmo. In quello stesso lavoro Turing introduce la sintassi per costruire una tale procedura che definisce in termini di *automatic machine*, chiamata poi Macchina di Turing (MT). Essa diventa, poi, anche Macchina di Turing Universale, macchina universale che le include tutte. Questa, potendo computare qualunque elaborazione fattibile da una qualsiasi MT, è indipendente dal substrato

materiale. Qualunque computazione che giri su una MT girerà su qualunque altra MT. Ovvero, la computazione definita da Turing (il software) non dipende dal materiale (l'hardware) che implementa la MT. Splendida realizzazione cartesiana che distingue la *res cogitans* dalla *res extensa*, il software dall'hardware.

Quanto definito da Turing ha importanti conseguenze. Significa dire che la capacità di elaborare trasformazioni computabili di stati di memoria verso altri stati di memoria non dipende dal tipo di materia che supporta una tale memoria e le sue elaborazioni. Significa pure dire che, ai soli fini computazionali, non fa differenza se una macchina capace di computo è implementata su un substrato di materia alla cui base ci sia il carbonio, il silicio o altro materiale. Noi esseri viventi e intelligenti, invece, basiamo la nostra esistenza fisica e corporea sul materiale biologico alla cui base c'è il carbonio. Non conosciamo, allo stato attuale del nostro sapere, forme di vita che possano essersi basate e poi evolute su elementi diversi dal carbonio.

Ma nello stesso lavoro Turing dimostra pure che non tutti i numeri definibili sono anche computabili (Turing, 1936). Ciò lo porta a dimostrare che non tutte le computazioni conducono la MT a terminare il proprio lavoro producendo un possibile risultato: la macchina di Turing potrebbe non fermarsi mai per dare un risultato al suo computo (Teorema di Turing dell'arresto* (Turing, 1936, pag. 259)).

Nella pratica Turing riesce a dimostrare sulla *computazione* quanto Gödel era riuscito a dimostrare coi suoi teoremi di 'indecidibilità' e di 'incompletezza' dei sistemi assiomatici: in un sistema assiomatico, non per tutte le asserzioni 'vere' è possibile dimostrare la loro verità o falsità ('indecidibilità'), e se i teoremi dimostrano asserzioni 'vere' allora non tutte le asserzioni 'vere' sono dimostrabili ('incompletezza').

L'esigenza sentita dall'uomo di indagare e spiegare ciò che regola l'evoluzione dell'universo e della natura ha permesso lo sviluppo della matematica come strumento e linguaggio di supporto alla scienza per determinare teorie e sistemi di equazioni in grado di poterne modellare il comportamento, verificandone la validità per mezzo della sperimentazione.

L'idea che non dovessero esistere discontinuità, vuoti tra le cose, ha portato a sviluppare il concetto di 'continuo' e alla scoperta del campo dei numeri reali.

Ma l'idea di 'continuo', ovvero di una possibile divisibilità all'infinito di un qualcosa (ad esempio una retta, un segmento) che sembrerebbe essere continua, nella realtà osservabile non esiste. Essa è solo espressione del pensiero umano che per aprirsi la strada verso una matematica più profonda, doveva decomporre in maniera continua un intervallo continuo.

È stata perciò l'intelligenza umana a concettualizzare l'insieme dei numeri reali arrivando a definire un insieme infinito continuo che avesse 'potenza continua' infinitamente superiore a quella dei numeri interi ('potenza numerabile').

Diventa allora interessante riprendere il lavoro di Turing del 1936 in cui, non solo egli definisce la computabilità e inventa un calcolatore universale per poterla applicare, ma dimostra pure che l'insieme dei numeri reali computabili (quindi generabili da una macchina) ha la potenza dei numeri naturali (numerabile). Ciò significa pure che l'insieme dei numeri reali *non* computabili ha la potenza del continuo, infinitamente maggiore della potenza numerabile data dai numeri naturali. Detto in altri termini, se pescassimo a caso un numero dall'insieme dei numeri reali prenderemmo con probabilità

pari a 1, un reale *non* computabile. Praticamente, è pressoché impossibile pescare a caso un numero computabile dall'insieme dei numeri reali. L'algoritmo può solo generare numeri computabili coi quali approssimare i numeri *non* computabili, necessari per poter indagare l'universo osservabile in modo rigorosamente scientifico. Come scrive Zellini (Zellini, 2018 pag. 57 e 75): “La domanda sarebbe rimasta sempre la stessa: come si fa a conoscere per mezzo dei numeri naturali qualcosa che non può essere rappresentato esattamente con gli stessi numeri naturali?”. Poi si risponde: “In ogni caso il processo di calcolo è finito e tende a escludere quel pensiero dell'infinito che interviene nei teoremi dell'analisi.”.

Da qui la mia tesi: la capacità di computazione di una macchina, che dà luogo solo a risultati computabili, non è paragonabile all'intelligenza umana che per indagare approfonditamente la realtà osservata è stata capace di concepire il continuo, l'infinito e i numeri reali. Questi ultimi restano *non* computabili per una qualunque macchina idealizzata (capace di produrre solo quelli computabili).

Da quanto sopra si pongono due questioni:

1) Se, al fine di sviluppare un'intelligenza artificiale che in futuro possa almeno eguagliare quella naturale umana, sia necessario/sufficiente orientare l'impiego dei materiali da impiegare: carbonio, silicio, altro?

2) Se l'intelligenza umana riesca a decidere sulla verità o falsità di asserzioni laddove la computazione non lo possa fare.

Riguardo il primo punto, sappiamo che per la *computazione* la scelta del materiale è indipendente dal substrato: esso può solo influenzare le prestazioni (tempo di elaborazione, quantità di risorse impiegate per il calcolo). Ma, riguardo l'*intelligenza* naturale? Non conosciamo alcun organismo vivente la cui intelligenza sia basata su materiali non organici. Allora il dubbio diventa: “L'intelligenza naturale è semplice computazione oppure è qualcosa di più complesso? È, forse, la materia biologica basata sul carbonio a conferire all'*intelligenza* naturale quel qualcosa in più, se davvero esiste, che possiede rispetto alla *computazione* di una macchina?”.

Riguardo il secondo punto, vari uomini di cultura (Lucas 1961, Hofstadter 1961, Penrose 1992, et al.) hanno risposto che sì, l'intelligenza umana è capace di decidere sulla verità o falsità di asserzioni laddove una MT non si fermerebbe mai, senza arrivare mai a dare una risposta. Hanno, così, messo in evidenza che il limite posto dal teorema di Gödel (equivalente al teorema dell'arresto di Turing riguardante la computazione di una qualsiasi MT), non riguarda, invece, l'intelligenza umana. Infatti, l'uomo ha la capacità di saltare il livello di semplice considerazione delle regole poste da un algoritmo e di utilizzare differenti conoscenze, esterne all'algoritmo, per risolvere una problematica, di fatto, indecidibile per una macchina.

L'Intelligenza naturale

Molti esperti che hanno scritto sulla intelligenza artificiale e sul suo sviluppo, non hanno dato una spiegazione di Intelligenza, né hanno spiegato come confrontare l'intelligenza umana con quella delle macchine. Questo è un errore epistemologico che favorisce

ambiguità nella comprensione e condivisione delle teorie e delle riflessioni presenti nei libri che hanno affrontato l'argomento. Per disquisire su una macchina intelligente, occorre prima aver chiarito cosa si intenda col termine Intelligenza. Ad esempio, Shane Legg nella sua tesi di dottorato fornisce la seguente definizione (Legg, 2008, pag. 6):

“L'intelligenza misura la capacità di un agente di raggiungere obiettivi in una gran varietà di ambienti”.

È una definizione di buon senso che però non aiuta a porre in evidenza gli aspetti utili a capire se una macchina che computa potrà realmente eguagliare e superare l'intelligenza umana.

Anche la definizione di Tegmark è simile (Tegmark, 2018, pag. 76):

“Intelligenza = Capacità di realizzare fini complessi”.

Una cosa da evidenziare nelle definizioni citate è che esse ricorrono al concetto di obiettivo o di fine. Si introduce, così, una volontà per l'agente (individuo o macchina). Sono, quindi, definizioni teleologiche perché introducono una causa finale che guida l'azione intelligente dell'agente.

È un approccio poco sistemico. Infatti lo sviluppo dell'intelligenza si fonda sulla selezione naturale, quindi nasce da un processo bottom up, quello dell'evoluzione. Invece qui si fa nascere l'azione, il processo costruttivo del proprio agire, sulla base di una volontà predefinita (*vis a fronte* invece di *vires a tergo*): gli elementi che innescano l'azione si muovono top down, e l'agire intelligente non è visto come movimento partecipativo del vivere interagendo con tutti gli elementi della realtà osservata.

Da questa considerazione nasce la mia perplessità sulla correttezza dell'approccio usato da Legg, Tegmark e altri. Infatti, ritengo che volontà, fini e obiettivi nascano come sviluppo *a posteriori* di un processo evolutivo di interazione ed iterazione: essi non possono essere usati come prerogativa cui fare riferimento per sostanziare l'intelligenza. Fini e obiettivi presuppongono la identificazione di valori tra loro confrontabili e prioritizzabili, una quantificazione necessaria a scegliere e pilotare le azioni da intraprendere. Questo sicuramente è presente nella intelligenza umana, ma non ne è la caratteristica distintiva. Quella ipotizzata e definita da Legg ed altri è una intelligenza di tipo computazionale ben distinta dalla intelligenza naturale, come cercherò di spiegare.

L'intelligenza, solo in un secondo momento si è irrobustita ed evoluta mirando a degli obiettivi, ma, volendo provare a dare una spiegazione di cosa essa sia, ritengo sia giusto anzitutto evidenziare le capacità necessarie che una entità/organismo deve possedere quando, disponendo dell'opportunità di interagire, possa operare delle scelte di comportamento. È questa opportunità di scelta il seme alla base della intelligenza e tale seme non risiede certo nella fisicità dell'organismo, ma nell'ambiente in cui vive.

Tale entità/organismo deve avere la capacità di poter discriminare, memorizzare e catalogare le differenze osservate nel contesto: sono queste differenze a offrire la possibilità di scelta.

Queste differenze sono informazione (nella accezione sia di Bateson sia di Shannon), che permette di attribuire proprietà alle singole cose e un senso al contesto con cui interagire e alle possibili azioni.

L'intelligenza, evidenzia innanzitutto la capacità che ha una entità (organismo, individuo, altro ...) di discriminare contesti e cose, cioè di cogliere l'informazione. Poi, di attribuire ad essa senso, e di attribuire infine un significato all'osservazione e ai possibili modi di interagire. Questo è il primo atto dell'intelligenza.

È solo in seconda battuta, dopo aver avuto l'abilità di attribuire un senso e un significato all'osservazione e al vissuto contestualizzato, che l'intelligenza può abilitare le varie capacità di perseguire obiettivi identificando i modi operativi più idonei a raggiungerli.

Pertanto, nella pratica, ritengo più utile evidenziare in prima battuta la capacità dell'intelligenza di discriminare le differenze che si osservano nel contesto in cui si è inseriti. È questa l'informazione di partenza che l'intelligenza è capace di usare per creare legami associativi, relazioni tra le cose osservate e vissute, formando reti di concetti, mappe, attribuendo loro un senso e dei significati. Solo in un secondo tempo, queste reti di informazione e concetti permetteranno di valutare gli aspetti legati alla utilità, ovvero al come catalogare le cose osservate, indagate, vissute, per relazionarle a obiettivi che conducano a finalizzare azioni operative complesse (come dice Tegmark). Ma questo è stato un percorso lungo, un paio di centinaia di migliaia di anni in cui l'evoluzione ha lasciato emergere la nostra intelligenza così come oggi la conosciamo.

In pratica, l'unità elementare che l'intelligenza sfrutta è l'*informazione* ("la differenza che genera differenza" nella accezione di Bateson (Bateson, 1973a) oppure "l'incertezza eliminata da chi la riceve" nella accezione di Shannon (Shannon, 1948)). Con essa l'intelligenza è capace di avviare un processo evolutivo che, nella fisicità corporea, va a includere continuamente delle mappe associative osservando il 'territorio', quest'ultimo inteso come realtà osservata con cui interagire. Tali mappe sono aggiornate continuamente dall'organismo intelligente che osserva e interagisce col 'territorio': sono perciò dinamiche e cambiano ad ogni istante. In pratica, queste mappe permettono all'intelligenza di scegliere consapevolmente come relazionarsi con la realtà osservata alimentando, in continuità, la sua capacità di produrre gli elementi di base per la sua organizzazione, formata dalle mappe stesse che perciò sono entità dinamiche in continuo cambiamento evolutive necessarie a sostenere esse stesse e l'individuo. In tal senso l'intelligenza è un sistema autopoietico in grado di generare continuamente gli elementi della sua stessa organizzazione (Maturana e Varela, 1985). Inoltre, l'intelligenza alimenta una relazione molto complessa: quella che nasce dalla interazione del proprio corpo materiale con l'ambiente.

L'intelligenza, considerata da questo punto di vista tipicamente sistemico, è perciò una realtà sistemica complessa che abilita, consapevolmente, una più ampia relazione tra individuo e ambiente: relazione che diventa 'mente' perché inclusiva dei canali di connessione tra di essi (Bateson, 1973b). Considerata da questa prospettiva, l'intelligenza non ha motivo di essere spiegata o definita sulla base di finalità da raggiungere o di abilità utili al raggiungimento di un fine. Ma essa è una entità sistemica:

"L'intelligenza è una realtà sistemica, interna a un individuo, che abilita l'individuo a essere, consapevolmente, parte di una 'mente' più ampia che lo includa".

Essa nasce perciò dal basso, dalla possibilità di scegliere come interagire in modi diversi con l'ambiente per adattare l'individuo a esso in modo consapevole, abilitando il suo

vivere sulla base delle diverse opportunità concesse e della capacità di rilevare tali differenze, memorizzarle e associarle tra loro in una rete concettuale che è parte della propria fisicità. Una rete di mappe che alimenta il vivere dell'intero organismo che interagisce e alimenta le variazioni e l'esistenza delle mappe stesse necessarie al vivere. Tali mappe correlano tutto l'organismo con l'ambiente in cui l'organismo è immerso e il tutto diventa 'mente' nella accezione di Bateson. Quindi, l'intelligenza umana è parte di una 'mente' più ampia dell'individuo.

In accordo a tale considerazione, solo uno stolto, con intelligenza distorta, potrebbe pensare di fare i propri interessi distruggendo foreste, derubando boschi, laghi o mari, o distruggendo l'aria e qualsiasi parte dell'habitat che vive. Ma, purtroppo, sappiamo che molti, pur intelligenti, non hanno un'ottica lungimirante, sistemica, e mirano al raggiungimento di utili locali o personali, anche se a pagare è la 'mente' con cui convivono: la relazione con l'ambiente.

Per tale motivo, la identificazione di obiettivi utili e di modalità variegata per poterli raggiungere non può riguardare solo l'individuo escludendo l'ambiente, essendo questo pienamente coinvolto nel dare utilità all'individuo: quella che noi chiamiamo sua intelligenza dipende in larga misura da come tale organismo esperisca, comprenda, consideri, cataloghi, valuti e assimili l'ambiente nel suo substrato corporeo, quello stesso substrato che ha lasciato emergere quella intelligenza e la stessa possibilità di vivere strettamente con l'ambiente.

In tale ottica, gli obiettivi che l'individuo pone dovrebbero nascere proprio in virtù della necessità di dargli autonomia, conferendogli la capacità di scegliere come relazionarsi con l'ambiente, garantendo sussistenza propria, mantenimento delle capacità autopoietiche e mantenimento dell'ambiente che contribuisce alla sua autopoiesi.

È solo in questo modo che possiamo interpretare o spiegare correttamente il senso e il significato di Intelligenza, quale elemento sistemico, complesso, autopoietico, che salda il legame tra individuo e ambiente nella forma evoluta e più ampia di "mente", nella accezione di Bateson, che permette all'individuo di avere una propria autonomia, consapevole, nell'ambiente che vive. Autonomia consapevole, quindi, mai disgiunta dalla presenza dell'ambiente nel legame intimo e profondo di 'mente', nato bottom up da un processo evolutivo, darwiniano, della natura.

È per tale motivo che l'intelligenza umana è capace di vagare anche tra spazi concettuali apparentemente lontani o disgiunti, di scoprire cose come i numeri reali, di avere emozioni e sentimenti. È per questo che l'uomo è capace di indagare le cose osservate/esperite, ma anche di esplorare concetti astratti, anche senza avere scopi predefiniti, solo con l'intento di voler analizzare l'osservabile ponendolo in relazione con ciò che si esperisce, col vissuto, nel tentativo di comprenderli entrambi e attribuire loro un senso. L'unico utile è derivabile solo dal mantenimento delle capacità autopoietiche e di ciò che le abilita e le favorisce: il legame indissolubile di 'mente' con l'ambiente.

L'intelligenza, perciò, non è nata né è legata a un fine, ma è nata da un processo evolutivo di interazione di molecole evolutesi in aggregati cellulari che hanno sviluppato, poi, la capacità di discriminare differenze e di utilizzarle per abilitare diversi interagire con l'ambiente in forme sempre più complesse. Arrivando, infine, all'organismo più complesso che conosciamo: l'uomo. E l'uomo, nello sforzo di conoscere e capire per

operare scelte consapevoli, è capace di saltare contesti e di procedere per analogie, per metafore.

L'intelligenza umana è capace di cogliere le regolarità e tradurle matematicamente per descrivere un sistema planetario, poi, di riapplicarle con successo per descrivere l'atomo di idrogeno.

Il salto di contesto non è banale e ha permesso a Bohr di modellare la teoria dell'atomo di idrogeno pensando al sistema planetario. Potrebbe fare lo stesso una macchina dotata di AI? Potrebbe essere in grado di estendere significati, confrontarli e contestualizzarli in contesti variegati, cogliendo similitudini tra situazioni diverse? Di astrarre i significati da un contesto per trasportarli in altri diversi, generando nuovo valore non ottenibile dalla sola logica deduttiva e induttiva, ma utilizzando anche l'abduzione? È una macchina di Turing capace di superare la semplice analisi sintattica e scoprire, da sola, la semantica? La risposta, a me, sembra semplice: la macchina di Turing è capace, solo, di pura computazione!

Epilogo

Quanto segue è la mia personale sintesi delle riflessioni fino a qui fatte e condivise con voi lettori, e perfettamente allineate col pensiero di Maturana: *“Tutto ciò che è detto è detto da un osservatore”* (Maturana, Varela, 1985 pag. 53).

Per me, 'computazione' è riduzionismo: un modo di osservare e di riflettere sulla realtà quando essa può essere quantificata, partendo dai suoi semplici costituenti, dagli assunti dati e traendo conclusioni, risultati, già impliciti nelle premesse e nei dati osservati. Computare significa, perciò, operare semplicemente un'analisi sintattica della realtà osservata, basata su regole note e assegnate, un fluire top down che non permette di inserire alcuna dote di creatività che non sia stata già ipotizzata e posta nelle premesse. La creatività, invece, può essere portata dalla intelligenza. È quest'ultima che abilita una conoscenza semantica e dà respiro a un agire non premeditato: la capacità di attribuire senso, anche più d'uno, alle cose osservate e alle potenzialità delle varie possibilità di interagire con esse. Come abbiamo detto, l'intelligenza naturale nasce dalla capacità di interagire con la realtà osservata e di discriminare elementi, eventi, classi, cui segue la capacità di associare significati ad essi, attribuendo loro un senso. Il senso loro attribuito è una rete di concetti che rappresenta un valore di merito dinamico che muta attimo per attimo (non un peso quantitativo, computazionale e riconducibile a 'un principio dormitivo' (Bateson, 1984, pag. 118)), è un processo dinamico che abilita possibili azioni che a loro volta possono, o meno, essere associati a una qualche finalità. Quando l'azione che ne scaturisce non è condotta da un fine, allora essa è semplice e pura emozione o espressione corporea portata dalla semplice intelligenza. La rete di concetti che hanno un valore di merito elaborato dalla intelligenza, vivono nel tempo come incarnazione delle storie vissute in modo relazionale con l'ambiente e con gli altri soggetti in esso presenti. Sono la storia del vissuto che ha permesso all'uomo di vivere in colonie e gruppi sociali, condividendo il vivere, il crescere e il morire, e che lascia la sua traccia biologica nella corporeità animale, che promuove il processo di formazione dell'uomo animale e di

sedimentazione dell'etica e dei valori morali nei codici sociali, umani e nel tessuto biologico del corpo. Ragion per cui, l'intelligenza naturale segue un processo evolutivo di tipo darwiniano e non può ottenersi da una evoluzione lamarckiana qual è, invece, il processo culturale guidato dai fini.

La computazione è un semplice procedere rispettando regole e condizioni, come una procedura sintattica: stabilite condizioni iniziali e regole predefinite il flusso informativo dell'analisi scorre in avanti sulla base di logiche conseguenze senza possibilità di inserire alcun elemento creativo di novità e di evoluzione. È tutto predefinito, confezionato e implicito negli assunti.

La macchina, opportunamente istruita, può svolgere tale procedura di analisi verso le possibili soluzioni alla perfezione e meglio dell'uomo, ma non può autonomamente evolvere, né creare, né scoprire cose che non fossero già implicite nelle premesse stesse. Le macchine tecnologiche dotate di AI, pur dotate dall'uomo della conoscenza di base delle varie discipline umane, non potranno mai avere il livello di autonomia conferito dalla natura agli esseri viventi tramite il processo evolutivo darwiniano basato sulla selezione naturale. Non potranno mai auto-osservarsi, studiarsi e modificarsi da sole per adattarsi al cambiamento dell'ambiente e instaurare con esso un legame di 'mente'. Quindi, le macchine non avranno mai la possibilità di gestire in autonomia il proprio comportamento, il proprio cambiamento, né decidere come interagire con l'ambiente per modificare la propria relazione con esso e al mutare di esso. Né, tantomeno, potranno sviluppare una propria etica sociale, avere emozioni ed espressioni corporee autonome che nascono, bottom up, dallo svilupparsi delle relazioni con l'interagire umano.

Le macchine sono risultati di modelli costruiti dall'uomo. Sono perciò esse stesse modelli di una realtà osservata e sono modelli anche della interazione umana con tale realtà. Tali modelli non potranno creare autonomamente migliori modelli della realtà osservata, ma potranno supportare il lavoro dell'uomo nel costruire modelli più sofisticati e migliori. Perché la costruzione di modelli è un'attività umana, non riconducibile a una sintassi unica ma dipendente dalle varie possibilità dell'interagire umano con l'ambiente e dai processi di adattamento tra osservatore e ambiente, che sono molteplici, coinvolgono la semantica, la interpretazione dell'osservatore e la sua capacità di interferire, di modificare l'ambiente e di essere da questo modificato. La macchina, modello dell'interagire umano col suo ambiente, ha un comportamento dettato dalla computazione, non dalla intelligenza. Pertanto non potrà mai acquisire autonomamente alcuna capacità di guardare introspektivamente sé stessa, di finalizzare autonomamente il proprio interagire, le proprie azioni nell'ambiente, capitalizzando i feedback ricevuti per mantenere il legame di 'mente' con l'ambiente che contribuisce alla evoluzione.

Riflettiamo un attimo sulle seguenti asserzioni e successive conclusioni.

“Dicendo che: ‘non posso dimostrare sia vero ciò che sto dicendo’, ... sto dicendo il vero! Infatti, se potessi dimostrarlo starei dicendo il falso. Quindi, la mia asserzione tra apici è vera, ma non è dimostrabile. In questi casi si dice che essa è indecidibile, ovvero, non può esistere una procedura di decisione (algoritmo) che possa terminare dimostrandone la verità. Voi che mi state leggendo siete esseri dotati di intelligenza naturale, mi avete

capito e potete riflettere su queste considerazioni e capire che la frase tra apici è vera ... anche se non potete dimostrarla”.

Supponiamo ora di poter disporre di un robot dotato di intelligenza artificiale e di fargli leggere le mie asserzioni per fare poi le sue considerazioni.

Un tale robot prima di fare le sue considerazioni deve capire ciò che ho scritto, significa che innanzitutto deve prima decidere sulla verità della mia prima asserzione, poi procedere. Ma, un robot ha un solo modo per effettuare analisi e ragionamento: deve usare algoritmi, ma, l’elaborazione dell’algoritmo per decidere sulla mia prima asserzione non avrebbe mai termine, perché non è decidibile (dimostrabile). Il robot rimarrebbe eternamente lì, fermo, a elaborare una decisione su una asserzione indecidibile, ma vera! ... Che gli esseri dotati di intelligenza naturale riescono, invece, a capire.

L’innovazione tecnologica resta, pertanto, uno dei tanti aspetti della evoluzione umana. Un aspetto in cui il potenziamento delle macchine è apparentemente ‘intelligente’, ma in realtà è computazionale. Quindi, la tecnologia intelligente sarà sempre di aiuto alla intelligenza umana, alla sua creatività e alle sue capacità di interagire con l’ambiente. Le possibilità di *pensare complesso* restano prerogative umane che abilitano e aprono percorsi semantici sempre più ricchi, interconnessi e complessi. Mentre, qualunque sia il percorso evolutivo che seguirà la specie umana, le macchine abiliteranno nuove e più complesse sintassi con le quali l’uomo potrà varcare confini di senso più ampio, essendo, lui e solo lui, sempre consapevole di essere parte di una ‘mente’ più ampia che lo include.

(*) Macchina di Turing

https://it.wikibooks.org/wiki/Filosofia_dell%27informazione/Computazione

(**) Test di Turing, stabilisce come decidere se una macchina possiede una intelligenza pari a quella umana.

https://it.wikipedia.org/wiki/Test_di_Turing

(***) La Legge di Moore, dovuta a Gordon Moore inventore dei circuiti integrati, stabilisce che la quantità di transistor integrabili in 1 cmq raddoppia ogni 2 anni, raddoppiando in tal modo anche la potenza di calcolo.

È una legge di sviluppo esponenziale: $y_n = y_{n-1} \cdot 2 = y_{n-2} \cdot 2^2 = y_0 \cdot 2^n$, la potenza dell’hardware cresce periodicamente con base esponenziale 2.

Bibliografia

- Bateson G., 1973a. Form, Substance, and Difference in Steps to an Ecology of Mind, Paladin Books.
- Bateson G., 1973b. Pathologies of Epistemology in Steps to an Ecology of Mind, Paladin Books.
- Bateson G., 1984. *Mente e Natura*, Adelphi, Milano.
- Benanti P., 2018. *Le macchine sapienti. L'intelligenza artificiale e le decisioni umane*, Marietti, Bologna.
- Bostrom N., 2018. *Superintelligenza*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Lucas J.R., 1961. *Mind, Machines and Gödel*, Philosophy.
- Hofstadter D. R., 1961. *Gödel, Escher, Bach: un'eterna ghirlanda brillante*, Adelphi, Milano.
- Kurzweil R., 2014. *La singolarità è vicina*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Kurzweil R., 2019. *Come creare una mente. Il segreto del pensiero umano*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Legg S., 2008. *Machine Super Intelligence*, Tesi Dottorato, Università di Lugano.
- Maturana V., 1985. *Autopoiesi e Cognizione*, Marsilio, Venezia.
- Penrose R., 1992. *La mente nuova dell'imperatore*, Rizzoli, Milano.
- Shannon C. E., 1948. *A Mathematical Theory of Communication*, The Bell System Technical Journal.
- Tegmark M., 2018. *Vita 3.0 Essere umani nell'era dell'intelligenza artificiale*, Raffaello Cortina, Milano.
- Turing Alan M., 1936. *On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem*, Proc. London Math. Soc.
- Turing Alan M., 1950. *Computing machinery and intelligence*, Mind.
- Zellini P., 2018. *La dittatura del calcolo*, Adelphi, Milano.