

# ASTRAZIONE E SCIENZE COGNITIVE

ANALOGIA E ASTRAZIONE NELLE SCIENZE

di Alberto Strumia\*

*Si conclude il percorso che ha evidenziato la necessità di individuare nuovi strumenti della razionalità scientifica di fronte ai problemi posti dalla ricerca contemporanea. I due termini della filosofia aristotelica, analogia e astrazione, sono stati pienamente utilizzati dall'autore, facendo riferimento a un tema di grande attualità: la modellizzazione del processo conoscitivo di astrazione e il problema della sua riproducibilità con le tecniche dell'intelligenza artificiale.*

**A**bbiamo parlato, nel primo di questa serie di tre articoli, di due parole chiave, analogia e astrazione, che servivano a identificare due teorie fondamentali del pensiero antico, in particolare nella visione aristotelico-tomista della realtà, e sono poi state come messe da parte, o almeno ridotte, con l'avvento e lo sviluppo della modernità.

Ci siamo soffermati, nel secondo articolo, sulla questione dell'analogia, cercando di mettere in evidenza come l'esigenza, o almeno lo spazio, per elaborare una teoria scientifica dell'analogia stia emergendo dall'interno stesso delle ricerche scientifiche più avanzate.

Non è un caso che, da parte di alcuni scienziati, si stia riprendendo anche l'uso della parola stessa, in un senso che non è poi molto lontano da quello classico, anche se non è ancora tecnicamente formulato.

Questo avviene in particolar modo nell'ambito di quelle che oggi si chiamano «scienze cognitive». Con tale dizione si intende, normalmente, quel settore disciplinare sorto, quasi contemporaneamente, in due campi di ricerca: quello dell'«intelligenza artificiale», orientato a simulare per quanto possibile i comportamenti della mente dell'uomo e quello dell'«intelligenza naturale» che coinvolge insieme lo studio della fisiologia del cervello e della psicologia dei processi di apprendimento nell'uomo.

Nel primo settore d'indagine, da un lato, si sta cercando di oltrepassare la concezione riduttiva che vede l'intelligenza come un puro meccanismo di processi di calcolo, o come la semplice ricerca veloce di dati immagazzinati in un *database*, che la macchina non ha alcun problema a eseguire con mag-



\*<http://eulero.ing.unibo.it/~strumia>.

giore efficienza dell'uomo. E ci si chiede se e come la macchina possa essere addestrata a compiere quelle associazioni mentali che vengono chiamate «analogie».

Dall'altro lato si pone il problema, in qualche modo inevitabile, di introdurre nella memoria della macchina l'equivalente di quello che nella mente umana sono i «concetti», cioè informazioni di carattere universale che non costringano a immagazzinare miliardi e miliardi di informazioni particolari per poter riconoscere degli «oggetti» di qualsiasi natura essi siano (forme geometriche, voci, parole, eccetera).

Ecco che si pone la seconda grande questione, quella dell'astrazione. Analogia e astrazione rappresentano, anche dal punto di vista dell'efficienza e dell'economia di un processo conoscitivo, due strategie che ormai appaiono irrinunciabili e che l'intelligenza umana ha in dotazione stabile.

A questo punto, dopo i primi più o meno incerti tentativi, ci si è resi conto che occorre far riferimento a una teoria dell'astrazione nel processo conoscitivo umano per cercare, in qualche modo, di simularlo. I tentativi di basarsi su una nozione di astrazione non ben formulata, come del resto è successo per l'analogia, non ha dato seguito a risultati veramente significativi.

### Un utile termine di paragone

Anche la teoria dell'astrazione era stata approfondita con grande acutezza dai pensatori antichi. La visione aristotelico-tomista, per esempio, offre un quadro molto ben organizzato del processo cognitivo.

Essa dice, innanzitutto, che cos'è il «concetto», in che cosa consiste l'«astrazione» nei suoi diversi significati e come questa sia resa possibile proprio grazie all'«analogia» dell'ente.

Il confronto tra questa concezione e le scienze cognitive attuali, unitamente alle tecniche elaborate dagli studi sull'intelligenza artificiale, sembra poter essere di notevole utilità in una duplice direzione: da una parte il controllo della sua validità, dall'altra l'identificazione delle operazioni che una macchina o un cervello biologico possono compiere. Si tratta, in quest'ultimo caso, della differenza qualitativa tra mente e cervello, tra mente e sistema biologico, o elettronico complesso, le cui funzioni cerchino di simulare quelle cerebrali.

La dottrina aristotelico-tomista impiega il termine astrazione secondo tre significati principali: logico, cognitivo (o, come si dice usualmente, psicologico) ed epistemologico. Ci soffermeremo solamente sul secondo di questi significati, perché è quello che, in questo momento, ci interessa più da vicino.



Fosco Bertani,  
*Canneto* (olio su tela)

## *L'astrazione nel processo conoscitivo*

Dal punto di vista conoscitivo la «psicologia», cioè la scienza cognitiva, di S. Tommaso d'Aquino, fondata su quella di Aristotele, identifica, basandosi sull'esperienza comune, tre operazioni proprie dell'intelligenza umana: la prima veniva detta «apprensione semplice», la seconda è il «giudizio», la terza è il «ragionamento».

Ciascuna di queste operazioni agisce su un «materiale di partenza» ed elabora un «prodotto» che è, propriamente, oggetto di studio della logica.

L'apprensione semplice parte dal dato sensibile fornito dai sensi e dal cervello, diciamo complessivamente dal «corpo», e fornisce come risultato finale (o prodotto) il «concetto».

Il giudizio ha come materiale di partenza il prodotto della prima operazione, il concetto, e opera collegando insieme opportunamente i concetti, elaborando una proposizione o «enunciazione». Infine, il ragionamento collega insieme le enunciazioni elaborate dalla seconda operazione, seguendo regole di inferenza che garantiscono la correttezza della deduzione.

La teoria psicologica dell'astrazione si colloca a livello della prima operazione, in quanto per astrazione si intende quel processo che la mente compie sul dato elaborato dal corpo, partendo dal dato sensibile singolare ed estraendone un prodotto informativo universale, quale è, secondo questa teoria, il concetto, che è appunto detto universale e astratto.

Questa operazione di carattere cognitivo che svincola, in qualche modo, l'informazione dal segnale fisico che la trasporta - come diremmo noi oggi dalla rappresentazione fisiologica che si trova nel corpo e nel cervello -, dal punto di vista logico ha l'effetto di fornire il dato nella forma di un universale (concetto), rimuovendolo dal contesto materiale che lo delimitava, lo rendeva un singolare concreto e gli conferiva un'individualità.

Proprio la caratteristica di universalità qualifica il concetto come un principio di conoscenza, di natura qualitativamente diversa da quella del dato sensibile, presente nei sensi, nei nervi, nel cervello, come una polarizzazione elettrica, come un'alterazione chimica, o altro, o in un circuito elettronico come uno stato di un sistema binario.

Il concetto si presenta con una natura diversa, non riducibile a quella di un dato sensibile materiale: è un contenuto informativo caratterizzato dalla sua universalità e non materialità, non riducibile a uno stato cerebrale, anche se inseparabilmente legato a questo.

In quest'ottica l'universalità non è ottenibile come genericità,



nel senso di indeterminatezza: l'universale non è un singolare approssimato, con un margine di errore nei suoi contorni, come una foto sfocata, ma è qualcosa di qualitativamente diverso, essendo un'informazione non materiale.

Il termine informazione può essere di qualche aiuto: il contenuto dell'informazione non coincide propriamente con il segnale che la trasporta anche se non può prescindere da un veicolo fisico (di natura elettrica, chimica, o altro).

Per essere conosciuta dalla mente umana l'informazione richiede di essere in qualche modo estratta (astratta) dal suo veicolo per essere posseduta come informazione - conoscenza nella mente.

Questa visione apre una grande questione: l'informazione è materiale o immateriale?

Secondo la concezione appena esposta non è materiale, anche se necessita di un veicolo materiale (un segnale) per essere trasportata (uso la parola materia in un senso molto ampio che include, per esempio, anche i segnali elettrici).

Si pone poi anche il problema di come debba essere fatta la mente per compiere questa operazione di estrazione di un'informazione non materiale, universale e astratta dal dato sensibile elaborato fino al suo stato cerebrale. La risposta che viene data nell'ambito di questa teoria è che per compiere un'operazione di estrazione di un principio non materiale, come l'informazione, occorre una mente non materiale, per ragioni di causalità adeguata.

Tutto questo si fonda sulla concezione dell'universale come informazione immateriale, in quanto la materia è per se stessa individualizzante (principio di individuazione).

Se questo modo di accostare il problema è corretto non sembra che un computer da solo, in quanto è materiale - o un cervello da solo, in quanto è materiale - possa elaborare un concetto universale e astratto da se stesso, anche se può gestire delle informazioni ad esso legate, in quanto viene fatto lavorare da un utente che è dotato di una mente immateriale.

Ciò che la macchina, il corpo - cervello possono al più produrre è una rappresentazione elettromagnetica, o elettrochimica o qualcos'altro di fisico, che non contiene certamente la materia dell'oggetto osservato, ma che è comunque ancora legata alla materia - energia di un segnale fisico e, come tale, non è ancora universale.

Nella concezione aristotelico - tomista questa rappresentazione veniva detta, con una parola latina che oggi evoca ben altro e può far sorridere in questo contesto, *phantasma*, e l'astrazione del concetto universale dal *phantasma* particolare non poteva essere compiuta da un organo corporeo, materia-



Fosco Bertani,  
*Le Grigne* (olio su tela)

le, ma doveva essere opera di un intelletto immateriale che, in quanto compiva tale operazione, veniva detto «intelletto agente».

Ancor prima della questione della possibilità o meno dell'auto-coscienza da parte di una macchina, viene a porsi, dunque, il problema della possibilità dell'astrazione di concetti non materiali. Le ricerche sull'intelligenza artificiale sembrano essere molto interessanti anche ai fini di un controllo di questa concezione classica del processo cognitivo.

Di fatto, per contrapporsi a questa concezione degli universali come dati informativi immateriali, i filosofi empiristi, come David Hume, hanno cercato, in passato, di elaborare una concezione di universale come dato singolare sfumato, in qualche modo sbiadito e indeterminato.

Sarà molto interessante vedere, sul banco degli esperimenti, che tipo di «universale» si riesce a elaborare mediante una macchina e quale sia il compito specifico della mente rispetto alla macchina.

## L'astrazione come metodo delle scienze

Vorrei, quasi per inciso, rilevare che, come l'analogia, anche l'astrazione ha sempre accompagnato le scienze dall'esterno, in quanto è alla base del metodo sia delle scienze sperimentali che di quelle formali. E questo pur non essendo stata mai inserita e codificata all'interno delle scienze galileiane e matematiche una teoria dell'astrazione, in quanto essa non rappresenta né un oggetto fisico né un oggetto matematico, ma un metodo implicito di lavoro dello scienziato.

### *L'astrazione e le scienze galileiane*

Nell'ambito del metodo delle scienze galileiane, l'astrazione può essere intesa, per esempio, nel senso di approssimazione e può essere compiuta con diverse modalità e a livelli diversi.

A livello dell'analisi del problema fisico, quando si decide di prescindere concettualmente, idealmente, da un certo dato fisico per rapporto ad altri, in ordine a una migliore comprensione degli elementi fondamentali del problema. Quindi si fa astrazione, cioè si prescinde da questo dato, anche se la sua presenza è influente sul problema fisico reale. Per esempio quando si considera trascurabile la presenza dell'attrito per la comprensione di un problema meccanico.

Ancora, a livello delle equazioni matematiche che governano un fenomeno fisico: quando si decide di considerare delle



equazioni approssimate in luogo di quelle esatte perché si è in grado di determinare soluzioni esatte solamente di queste; quando si ricercano soluzioni approssimate delle equazioni esatte (per esempio nel caso delle soluzioni asintotiche di un sistema differenziale). In questi casi si astrae, cioè si prescinde dalla presenza di certi termini che vengono supposti trascurabili per rapporto ad altri.

### *L'astrazione nelle scienze matematiche*

Nell'ambito delle scienze matematiche, oltre all'astrazione nel senso di approssimazione, si parla di astrazione anche nel senso di grado di astrattezza di una teoria e di grado di formalizzazione di un linguaggio.

Nel primo caso, una nozione o una teoria matematica molto astratta è più universale e si applica a un maggiore numero di problemi. Pensiamo al concetto di funzione che si definisce nell'ambito della teoria degli insiemi che è molto più astratto (universale) di quello definito nell'analisi matematica tradizionale che operava tra variabili numeriche e che viene ora a rappresentare un caso particolare.

Nel secondo caso, un linguaggio matematico altamente formalizzato è molto tecnico e quindi più lontano dal linguaggio comune intuitivo. In questo senso è più astratto, cioè più lontano dall'esperienza e quindi maggiormente svincolato da un significato reale dei simboli.

Ma non intendo dilungarmi su questi argomenti che costituiscono una sorta di divagazione rispetto al problema che più ci interessa che è quello del comparire dell'astrazione all'interno stesso delle teorie.



Fosco Bertani,  
*Magnolia nella nebbia*  
(olio su tela)

### **L'astrazione come oggetto di scienza**

Il problema di una teoria dell'astrazione come oggetto della scienza e quindi all'interno della scienza, come abbiamo visto, diviene inevitabile nelle scienze cognitive.

Le scienze cognitive si occupano di come si forma la conoscenza intelligente nella nostra mente, nel suo rapporto con il cervello e più in generale con il corpo, in vista di una sua, almeno parziale, riproduzione mediante il computer.

Anche in questo caso ci troviamo di fronte a un duplice approccio: distingueremo, come abbiamo fatto in precedenza, una via «riduzionistica» e una «non riduzionistica», facendoci perdonare un uso un po' schematico, ma molto significativo di questa terminologia di lavoro.

Al momento non si vede ancora bene come si possa sviluppare una strategia non riduzionistica, tuttavia si riscontra con chiarezza l'insufficienza dello schema riduzionistico, dal quale si cerca gradualmente di allontanarsi.

Dal punto di vista tecnico saranno i risultati ottenuti a suggerire, in futuro, quale tipo di approccio preferire e come correggerlo per migliorarlo.

### *La riduzione dell'intelligenza a memoria*

L'approccio riduzionistico, che finora abitualmente è stato utilizzato, vorrebbe l'intelligenza ridotta a memoria e a estrazione di dati dalla memoria.

Questa concezione suggerisce la tecnica dell'immissione, da parte dell'operatore, nell'*hardware* della macchina, di quante più informazioni possibili, le quali giocano un ruolo simile a quello di «idee» innate o, come si preferisce chiamarle, in questo caso, di «concetti».

In quest'ottica l'intelligenza è ricondotta a un'operazione che porta in primo piano la memoria fino a una sovrapposizione, almeno approssimata, dell'idea con il dato sensibile dell'esperienza.

Tutto sommato questa è la filosofia dei cosiddetti «sistemi esperti», per i quali il problema tecnico principale è inventare una strategia di gestione della memoria e di reperimento dell'informazione in tempo reale, senza esaminare necessariamente tutte le informazioni immagazzinate, ma privilegiandone alcune e scartandone altre all'inizio della ricerca.

Per fare questo si è pensato a un'organizzazione della memoria strutturata ad albero dei quali solo alcuni rami vengono esaminati in dipendenza del tipo di indagine da compiere, e a simili strategie.

Come si è già visto parlando dell'analogia, questa concezione si è dimostrata valida solo entro certi limiti ed è ormai in buona parte superata.

Alla prova dei fatti, per imitare le più significative operazioni della nostra intelligenza, là dove è evidente che essa segue tutt'altro modo di procedere, questa strategia non basta, anche se ha dato buoni risultati per indagare lo specifico tipo di problemi per i quali era stata progettata.

Tuttavia, appena si esce da quell'ambito strettamente specializzato la macchina comincia a dare risposte più di una volta ridicole dal punto di vista umano e non regge proprio al famoso test di Turing.<sup>1</sup>

Dal punto di vista filosofico, un approccio di questo tipo, che privilegia la funzione della memoria, ricorda, in qualche modo,



<sup>1</sup>Cfr.: V. Sacchi (a cura di), *Che cosa pensa un computer*, in: *Emmeciquadro* n. 5, aprile 1999.

l'impostazione platonica del problema della conoscenza, intesa come ricordo di idee innate che vengono risvegliate dall'impatto con l'esperienza sensibile che le evoca.

Non si può negare che il termine concetto è impiegato più di una volta in maniera piuttosto ambiziosa da quanti si occupano di intelligenza artificiale e spesso sta a indicare semplicemente una qualche immagine immagazzinata nella memoria, una forma di rappresentazione che renda possibile il riconoscimento di oggetti non proprio del tutto identici tra loro, ricordando vagamente la nozione di universale.

## Il concetto nella teoria dell'astrazione

Che cos'è un concetto? E in che modo possiamo far sì che la macchina riconosca oggetti singoli come corrispondenti a un concetto che possiede? Queste sono le domande che oggi i tecnici e gli scienziati che operano nel settore (e non più solo i filosofi!) sono costretti a porsi.

Chi si occupa di scienza non è abituato a un rapporto così stretto con la filosofia, eppure, quando si arriva ad affrontare problemi come quello dell'intelligenza, anche le scelte apparentemente più tecniche vengono a dipendere in maniera non occultabile dal tipo di concezione filosofica che lo scienziato, consapevolmente o meno, ha in testa. E i risultati che egli ottiene vengono a rappresentare una sorta di controllo, sotto forma di falsificazione o di conferma, anche della concezione filosofica della quale si è servito per elaborare la strategia con la quale far lavorare la macchina.

### *Il concetto come collezione di dati*

La semplificazione più drastica che si è cercato di operare, in un primo momento, per rispondere a queste domande, è quella che identifica, in qualche modo, il concetto con un «insieme di dati singoli» che possono essere anche in gran numero e organizzati secondo gerarchie opportune.

È l'idea del «tutto» come «somma» di parti. Quanti più dati immettiamo nella memoria della macchina, tanti più concetti essa possederà e quindi tanti più problemi sarà in grado di risolvere e tanti più oggetti potrà riconoscere. Anche a questo livello l'approccio riduzionistico, che vorrebbe l'intelligenza ridotta a memoria e a estrazione di dati dalla memoria, viene messo in crisi.

Il sistema funziona bene fino a che non ci si allontana dall'insieme dei dati immagazzinati, ma non sa riconoscere somiglianze e non riesce a stabilire analogie. Si ottiene uno scarso livello di universalità dei cosiddetti concetti.



Fosco Bertani,  
*Pini Marittimi*, olio su tela,



### *Il concetto come singolare approssimato*

Non potendo inserire nella macchina un numero esorbitante di informazioni, per ragioni di economia di memoria, di efficienza e di costi, in un'ottica riduzionistica ci si è orientati, in un secondo momento, a ridurre il processo di «astrazione» a quello di «approssimazione».

In questo modo il processo di riconoscimento di un oggetto diventa la ricerca di una corrispondenza tra l'informazione, immagazzinata nella memoria, e quella che la macchina riceve dalle periferiche di ingresso, entro un certo margine di errore prefissato e ritenuto accettabile.

Qui i tecnici incontrano subito anche un problema non di poco conto, in quanto il criterio con cui fissare l'entità dell'errore accettabile per ottenere dalla macchina delle risposte sensate non è assoluto, ma viene a dipendere pesantemente dal tipo di oggetto da esaminare.

La tecnica dell'approssimazione si ricollega, in qualche modo, alla nozione empiristica del concetto che si ritrova nella filosofia di Hume: il concetto come una sorta di dato singolare sfumato.

Anche questo modo di procedere, alla prova dei fatti, si è rivelato troppo riduzionistico e insufficiente.



### *La modellizzazione*

Una terza strada, che prende maggiormente le distanze, dal riduzionismo è quella della modellizzazione.

Essa consiste nell'identificazione di elementi strutturali comuni a tutti gli oggetti da esaminare, indipendentemente da altri parametri (modelli).

La macchina viene così programmata in modo da memorizzare e andare a ricercare e riconoscere questi elementi nell'oggetto esaminato.

La tecnica della modellizzazione è certamente meno rudimentale e meno riduttiva di quella dell'approssimazione: si fonda su un processo di vera e propria astrazione, volto a identificare gli elementi comuni a più dati singolari, che si collocano a un livello superiore rispetto a quello dell'oggetto materiale singolare.

### *L'apprendimento di concetti*

Una seconda modalità di approccio si basa su una metodologia capovolta rispetto alla precedente e più simile alla concezione aristotelica, in quanto si fonda sull'ipotesi che la conoscenza non è innata, ma viene appresa dall'esperienza mediante un processo che va dai sensi esterni al cervello e alla mente.

Si tratta di una metodologia che tenta di mettere a punto delle tecniche di apprendimento di concetti da parte della macchina. Anche in questo caso ci si trova di fronte alle due domande precedenti. E anche in questo secondo approccio c'è la tendenza a far ricorso alle tecniche dell'approssimazione e della modellizzazione cui abbiamo già fatto riferimento.

Ma a questo punto ci dobbiamo fermare anche perché le ricerche devono avere il tempo di proseguire.

## Conclusione

Siamo arrivati a una svolta molto interessante del cammino delle scienze: si è cercato di illustrarlo, almeno in parte, prendendo in considerazione due tematiche precise, quella dell'analogia e quella dell'astrazione, che sembrano emergere ormai abbastanza naturalmente dall'interno del pensiero scientifico. E abbiamo cercato di mettere a confronto queste nuove emergenze con le corrispondenti teorie dell'antica concezione aristotelico - tomista.



Fosco Bertani,  
*La Stalla* (olio su tela)

Il risultato di fronte al quale ci troviamo è che le scienze mostrano di avere bisogno di ampliare i loro stessi metodi e le loro definizioni, uscendo dal riduzionismo tipico dell'approccio lineare e non complesso, se vogliono progredire ulteriormente. Si tratta di un ampliamento del modello di razionalità verso un inserimento nel pensiero sistematico di tematiche che per ora solo la filosofia antica sembrava aver cercato di trattare rigorosamente.

Forse sarà possibile arrivare a una nuova sintesi in cui la base sperimentale e dimostrativa sarà fornita dal pensiero scientifico così ampliato. Sarebbe un vero peccato perdere una simile occasione e ricadere in un riduzionismo univocista da un lato, o in un irrazionalismo evasivo

dall'altro, magari pure mascherato di una falsa religiosità oggi tanto di moda. Attendiamo dal terzo millennio una risposta.

*\*Docente di Meccanica razionale  
Università di Bari*

### INDICAZIONI BIBLIOGRAFICHE

F. Bertelè, A. Olmi, A. Salucci e A. Strumia, *Scienza, analogia, astrazione. Tommaso d'Aquino e le scienze della complessità*, Il Poligrafo, Padova 1999.

G. Basti, *Il rapporto mente - corpo nella filosofia e nella scienza*, Edizioni Studio Domenicano, Bologna 1991.