

DIALOGO FRA UN INFORMATICO E UN FILOSOF

PER UNA UNITÀ DEL SAPERE UMANO

Fil.: Uno degli elementi fondamentali che differenzia la nostra epoca dalle precedenti è l'impossibilità del singolo di abbracciare in sé una parte così significativa delle umane conoscenze tale da dargli il senso di abbracciare l'intero scibile.

Questo limite, che è vissuto senza particolari riflessi interiori dalla maggior parte degli uomini, diviene una spina lacerante per la mente del filosofo, il quale, nella propria riflessione sulla conoscenza, avverte una povertà ignota ai suoi colleghi delle epoche anteriori, da Parmenide ad Aristotele a Leibniz a Poincaré.

Io credo che sia giusto ed umano accettare questo limite, questa terribile «mutilazione» del pensiero del singolo. Ma proprio questa accettazione mi spinge come un mendico a stendere la mano, e a chiedere agli altri uomini l'elemosina della loro specifica conoscenza.

Per questo ti ho invitato, per avere da te, per dono, ciò che con fatica insieme ai tuoi colleghi hai guadagnato all'umano sapere.

Informatica è una parola che ancora dieci anni fa ben pochi conoscevano, ed ora si impone come tema di rilievo della vita sociale. Una prima precisazione è quindi necessaria: che cosa significa informatica?

Inf.: L'etimologia è incerta: si può far risalire al francese *informatique* o all'inglese *informatics*; diciamo comunque che l'informatica è quella scienza che raccoglie il patrimonio di

dottrine, concetti ed esperienze concernenti il trattamento automatico dell'informazione.

Fil.: Scusa se ti interrompo, ma mi pare che occorrerebbe chiarire il significato di questa locuzione «trattamento automatico».

Inf.: Se non dialogassi con un filosofo mi limiterei ad osservare che la differenza fra il trattamento automatico dell'informazione e il trattamento non automatico della stessa è la medesima che intercorre in meccanica tra il cambio normale e il cambio automatico.

Una automobile dotata di cambio automatico ottimizza certe prestazioni e libera l'uomo da una serie ripetitiva di interventi manuali.

Sono tuttavia convinto che la domanda vera è un'altra: che prezzo si paga passando da un sistema non automatizzato ad un sistema automatico?

Fil.: Vedo che hai colto il mio pensiero al di là di ciò che io stesso ero riuscito ad esprimere. Ti prego di continuare.

Inf.: Ebbene, il prezzo che si paga è molto semplice, il sistema automatico gode di un minor numero di gradi di libertà rispetto al sistema non automatico. Continuando l'analogia con l'automobile, un pilota alla guida di un'autovettura normale, di fronte alla necessità di decelerare la vettura, ha diverse possibilità: togliere gas, frenare senza togliere gas, frenare togliendo gas, togliere gas e scalare la marcia senza frenare, togliere gas, scalare e frenare; scalare in successione più di una marcia e così via.

In un'automobile dotata di cambio automatico solo una parte di queste manovre è possibile, e ciò significa che l'intervallo di decelerazione può non coincidere nei due sistemi meccanici.

Fil.: Questo significa che nella macchina da corsa di proposito non è montato il cambio automatico, proprio per

consentire di differire il piú possibile nel tempo le fasi di decelerazione.

Inf.: Penso proprio di sí. In particolare quando trattiamo l'informazione in modo automatico perdiamo la possibilità di trattarla in modo non deterministico¹: a fronte di un

¹ Un trattamento non deterministico della informazione non è teoricamente impossibile con sistemi automatici, ma non è significativo oggi.

Infatti mentre nell'uomo il non-determinismo è ancora un manifestarsi delle sue possibilità sintropiche, in un sistema automatico il non-determinismo equivrebbe ad una esplosione incontrollata del rumore, ad un aumento di entropia e, alla fine, a perdita di informazione e non elaborazione della stessa.

Occorre tuttavia precisare che all'interno del non-determinismo vi sono, da un punto di vista scientifico, due distinte situazioni. La prima è il non-determinismo stocastico, ossia un tipo di non-determinismo in cui se è vero che non è prevedibile una singola risposta ad un singolo stimolo, è però prevedibile, su un campione significativo, quante risposte avremo di un certo tipo, quante di un altro, e cosí via.

Un braccio meccanico che estraesse una pallina da un bussolotto precedentemente agitato, se considerato insieme al bussolotto ed all'agitatore, costituisce un sistema non deterministico.

Sistemi di questo genere si possono pensare e realizzare.

Se all'interno di ogni pallina vi fosse un numero potrei pensare di aver costruito un «calcolatore», ossia una macchina che a fronte di certi stimoli (energia spesa per agitare il bussolotto) produce uno specifico *output* numerico.

Naturalmente con la stessa energia spesa potrei avere differenti valori del numero estratto, cosí come con differenti energie potrei ottenere uguali valori di *output*.

L'unica correlazione fra gli stimoli di *input* e la risposta non potrebbe essere che una legge di probabilità.

Se immaginiamo che all'interno del nostro bussolotto vi sia una sola pallina, ecco che questa probabilità diviene certezza, e ritroviamo il determinismo come caso-limite del non-determinismo di tipo stocastico allorché definito uno specifico *input* la probabilità di ottenere un predefinito *output* o è uno o è zero.

Ritornando alla nostra «macchina del lotto» possiamo dire che è un calcolatore piú che realizzabile, ma di scarso interesse.

Immaginiamo ora di voler giocare a scacchi con un calcolatore. Noi facciamo la prima mossa e lui deve rispondere. Il calcolatore dispone di venti possibili risposte, per ognuna delle quali voi avrete non meno di altrettante contromosse a ciascuna delle quali si potrà rispondere, ecc. ecc.

Poniamoci ora la domanda: qual era la migliore fra le venti possibili risposte di cui il nostro calcolatore disponeva? La risposta è: quella che, comunque avesse poi controbattuto l'avversario, gli avrebbe garantito la vittoria.

Anche se non sembra, questo è un problema di tipo non deterministico,

*input*² specifico ed una volta fissate le condizioni interne di una macchina, essa produrrà sempre e comunque uno specifico e predefinito *output*, indipendentemente dal fatto che si tratti di un termostato o di un calcolatore.

Certo esistono macchine che trattano per eccellenza l'informazione in modo automatico; queste macchine sono i computer, e possiamo perciò dire che l'informatica è quel mondo al cui centro è il calcolatore elettronico.

Fil.: Questa è una frase evocativa, e alla mia memoria si ripresentano le immagini di «2001 odissea nello spazio». Confesso che questa lotta fra l'uomo ed il calcolatore che in virtù di un «guasto», di una mutazione casuale, gli si ribella diventando «intelligenza ostile» mi ha colpito ed impressionato. Che cosa c'è all'origine di questo timore così diffuso, di questa diffidenza, di questa paura di essere detronizzati, che alle volte ci assale quando ci poniamo di fronte al calcolatore ed al suo mondo?

e potrebbe essere risolto da un calcolatore con illimitata memoria o, se volete, da un numero illimitato di calcolatori.

Immaginate che il calcolatore attivi al primo colpo altri venti calcolatori (uno per «scacchiera») che devono esaminare cosa succede al passo due della partita. Ciascuno di essi attiverà altri calcolatori e così via fino a quando il calcolatore attivato dovrà rispondere: «Ho perso» oppure: «Non posso muovere».

Questo processo da un punto di vista matematico si definisce illimitato. Mentre costruire la macchina del lotto non presenta difficoltà, ma non offre sostanziali vantaggi, costruire una macchina di questo tipo potrebbe servire, ma vi sono difficoltà non ancora sormontate. In particolare equivarrebbe a risolvere problemi dipendenti dal contesto.

Ciò, però, non è ancora la risoluzione del problema del linguaggio umano, che non si può definire in positivo, ma come ciò che è in grado di varcare il confine delle grammatiche contestuali: in particolare, mentre un automa illimitato può risolvere il problema del riconoscimento di una frase di un linguaggio *context-dependent*, solo un automa infinito è equipotente ad un linguaggio a struttura di frase.

² *Input*. Termine tecnico la cui etimologia significa «metti dentro». È usato in senso esteso per definire l'insieme dei segnali di ingresso di un sistema: cioè quell'insieme di stimoli che possono essere attivatori delle funzionalità del sistema stesso.

Per contrapposizione si definisce *output* (metti fuori) l'insieme delle possibili risposte che un sistema fornisce a fronte degli *input* che lo sollecitano.

Inf.: Riferendomi al film che citavi, potrei rispondere con un'immagine, e dire che vi è probabilmente un'origine inconscia, in questo timore così lontano dalla mentalità di un tecnico, ed inversamente così diffuso in chi tecnico non è.

Ma ruberei il mestiere ad uno psicologo, senza concludere molto di buono. Preferisco perciò evitare di banalizzare con la mia incompetenza psicologica questo punto così interessante, e mi tengo su un piano più modesto di riflessione.

Distinguerrei tre componenti nel fenomeno: ad un primo livello vi è il timore del nuovo e dello sconosciuto. Per fare un paragone, qualcosa di non troppo dissimile era all'origine delle accuse di stregoneria rivolte a Leonardo.

Una seconda componente meno epidermica è la reazione di una cultura di fronte a un fenomeno che le è esterno. Infine, sempre riferendomi al film, penso che vi possa essere nell'uomo il timore della «nemesi», il timore della Storia che fa le proprie vendette su coloro che non rispettano le leggi dello sviluppo e della vita, il timore del ribelle a cui crolla il sogno del dominio assoluto.

Fil.: Se ho ben capito vorresti dire che un primo timore è quello stesso che ha accolto l'evento della macchina, e che in generale si manifesta al presentarsi di ogni elemento perturbativo della vita sociale, appunto perché è un mutamento di ciò che è tradizionale, consolidato. È così?

Inf.: Sí.

Fil.: Il secondo punto, però, è meno chiaro. Sembra quasi che tu voglia dire che questo mutamento odierno non è un mutamento qualunque, una semplice innovazione tecnica o tecnologica³, ma qualcosa di più radicale, che ha in sé la

³ Nel microlinguaggio tecnico-scientifico si parla con accezione diversa di tecnica e tecnologia.

Di per sé la tecnologia sarebbe la scienza delle tecniche, il discorso intorno alle tecniche.

potenzialità di sconvolgere le basi stesse del pensiero occidentale. È così?

Inf.: Indubbiamente la «rivoluzione informatica» è un diamante dalle molte facce, e non vi è dubbio che gli aspetti tecnologici di questa rivoluzione non sono che una delle tante facce del diamante.

In senso proprio né il pensiero cosiddetto laico, né quello religioso hanno alcunché da temere dall'informatica, perché l'informatica è essenzialmente una scienza applicata.

Ciò non di meno a fronte di questa scienza applicata esiste una scienza pura che ne è matrice, ed essa si è sviluppata all'interno di una «cultura» ben diversa dalle culture umanistiche. Da questa e da quella insieme un pensiero occidentale che si vuole «chiuso» ha da temere.

Fil.: Se non ho capito male ti riferisci alla cibernetica e alle sue implicazioni epistemologiche. È un discorso che merita di essere approfondito.

Inf.: Sí, è un discorso che meriterebbe di essere approfondito e che Piero Pasolini proprio dalle colonne di questa rivista già aveva iniziato ad introdurre. Ma non parleremo più di informatica⁴.

Ma le tecniche hanno senso, in particolare, in riferimento al trattamento dei materiali.

Nella storia umana possiamo osservare un insieme di periodi, ciascuno caratterizzato dal prevalere o dal presentarsi di una specifica tecnologia ignorata o non dominante in altri periodi storici.

Così, se le società primitive sono state caratterizzate dalle tecnologie del bronzo e del ferro, solo molto recentemente si è sviluppata la tecnologia dell'acciaio, e solo negli ultimi anni si è sviluppata la tecnologia del silicio.

Parallelamente, se consideriamo i sistemi, le macchine, abbiamo un primo salto tecnologico, passando da macchine di legno a macchine meccaniche azionate a vapore e, più tardi, da motori di altra natura.

Un ulteriore salto tecnologico si ha con l'introduzione dei sistemi elettromeccanici, ed infine si ha un ultimo salto con la realizzazione dei sistemi elettronici.

⁴ Intendo dire che una «cultura» che si concepisce assoluta tenderà a rigettare come realtà o valori estranei tutto ciò che essa non è in grado di

Fil.: Rimaniamo ancora sui «timori» dell'informatica: hai detto che la terza componente è il timore della nemesi. Che cosa intendi?

Inf.: Ogni timore ha un'origine. Essenzialmente mi riferisco al film che tu citavi e al ritorcersi della macchina nei confronti dell'uomo che l'ha ideata e costruita. Posso tuttavia tranquillizzare sia Kubrik che tutti i suoi spettatori: i calcolatori non si ribelleranno *mai* all'uomo.

Fil.: Perché?

Inf.: Perché l'uomo e il calcolatore sono su due piani diversi, ed esiste una discontinuità oggettiva fra un piano e l'altro.

Fil.: Ti riferisci al fatto che l'uomo ha uno spirito ed il calcolatore no?

Inf.: Da un punto di vista oggettivo questa precisazione, per essere accettabile, presuppone la definizione di spirito.

Tu ora stai intervistando un informatico, non un filosofo. Ad ogni modo cercherò di dare una risposta alla tua sollecitazione.

Da un punto di vista scientifico la libertà umana implica la realizzazione di un sistema non deterministico. Dire che l'uomo è libero equivale ad affermare la sua possibilità di reagire in modo impredicibile a fronte di qualsiasi tipo di stimolazione, e questo si vede particolarmente bene a fronte del supremo fra tutti gli stimoli: la prospettiva della morte.

Di fronte alla morte ci sono uomini che diventano dei vigliacchi o, peggio, dei traditori, ed altri che diventano degli eroi.

«prevedere» e «giustificare» sulla base di se stessa. Da un atteggiamento simile della cultura occidentale di tipo umanistico e di quella di tipo scientista l'uomo non avrebbe che una lacerazione forse insanabile.

Ritengo che in sé questi atteggiamenti non sono affatto inevitabili, e che possa sorgere dall'incontro di queste diverse ricchezze una nuova più umana cultura.

Questo fenomeno è sempre stato spiegato postulando l'umana libertà.

Ora è indubbio che se l'uomo è libero, è infinitamente superiore a qualsiasi calcolatore, in quanto nessun computer è né sarà mai altro che una macchina deterministica, ossia un trasformatore di stimoli secondo regole predefinite. Se io do in *input* ad una macchina calcolatrice, sia essa meccanica o elettronica, poco importa, la stringa⁵ **2 × 2**, essa darà come risposta la stringa **4** oggi, domani e dopodomani senza possibilità di eccezione.

Non solo, ma il verificarsi di una eccezione è interpretato come un guasto, e riterremo una macchina tanto migliore quanto meno soggetta a guasti nel tempo.

Insomma non vi è alcun dubbio che l'uomo è in grado di trasferire alla macchina solo le potenzialità deterministiche del proprio pensiero e non tutte le potenzialità della propria mente.

Fil.: Vediamo se ho capito il tuo pensiero. Tu dici che non vi è differenza sostanziale fra un computer ed una qualsiasi macchina calcolatrice meccanica.

In fondo il calcolatore è pur sempre un trasformatore di stringhe binarie in altre stringhe binarie, ed il fatto che possa eseguire comandi più sofisticati dei quattro comandi **+, ×, :, -**, e che sia dotato di memoria, aumenta unicamente il numero delle funzioni che esso può calcolare, ma non la «qualità» delle funzioni stesse.

Se è così, il timore di Kubrik non è ragionevole, ed il suo calcolatore è assai più una creazione fantastica che una prospettiva scientifica.

Inf.: Direi che ti sei avvicinato abbastanza al merito della questione, anche se non posso sottoscrivere il tuo inciso sulla «qualità» delle funzioni.

⁵ Stringa significa in senso tecnico sequenza ordinata di simboli. Alcuni autori usano la parola filza. In inglese, il termine correntemente usato è «file»: quest'ultimo etimo è tuttavia usato in senso esteso anche o prevalentemente per definire archivi di dati.

Tuttavia devo anche aggiungere che il timore di Kubrik è infondato, ma non incomprensibile. La ragionevolezza risiede nell'affinità del calcolatore con la mente umana. Effettivamente è possibile leggere il progresso e la storia come un immane sforzo con il quale l'uomo è giunto a costruire protesi sempre più perfette per aumentare il suo potere. Ha iniziato costruendosi i sandali, ed ha terminato costruendo il calcolatore.

Non vi poteva essere realizzazione più ambiziosa: costruire una macchina che diminuisce la fatica del pensare.

In effetti il computer è una vera e propria protesi del cervello umano, ed in qualche modo del cervello ha la stessa natura.

Dal punto di vista dei componenti elementari si può dimostrare l'idempotenza del cervello umano e del cervello elettronico: infatti si possono costruire circuiti elettronici in grado di simulare le funzioni di un neurone e, dall'altra parte, non vi è unità logica di un calcolatore che non sia simulabile da una rete di neuroni.

Fil.: Un momento, un momento. Ho l'impressione che ti stai divertendo a confondermi le idee.

Prima mi dici che il calcolatore non è né mai sarà un ente libero, poi mi vieni a dire che dal punto di vista della struttura il cervello ed il calcolatore sono esattamente la stessa cosa. Perché, in fin dei conti, se con quattro transistor posso simulare un neurone non vedo come con quaranta miliardi di transistor non si possano simulare dieci miliardi di neuroni.

Alla fin fine, per quanto posso capire, è solo un problema di tecnologia. Quando la tecnologia umana avrà raggiunto il grado di perfezione delle tecnologie biologiche...

Inf.: L'uomo avrà realizzato il cervello della scimmia.

Fil.: Cosa? Cosa?

Inf.: Non ti pare forse che la tecnologia del cervello di un

qualsiasi primate ed in generale di un qualsiasi mammifero sia paragonabile a quella del cervello umano?

Fil.: Certamente, ma confesso che proprio non ti seguo.

Inf.: Parlando di discontinuità oggettiva fra l'uomo ed il computer mi riferisco al fatto che esistono proprietà della mente intrinsecamente irrealizzabili su macchine finite, anche se rimane vero che la potenza dei calcolatori è funzione degli sviluppi tecnologici, e non vi è dubbio che la «tecnologia del cervello» è immensamente superiore a qualsiasi realizzazione umana.

Fil.: Se ho ben capito mi vuoi dire che la superiorità tecnologica del cervello non basta a giustificare la diversa «potenza» di calcolo della mente e del computer. Forse per simulare il cervello umano occorrerebbe un sistema di calcolo dotato di risorse non limitate.

Inf.: Sí, ma occorrerebbe non illimitata, ma *infinita* memoria.

Fil.: Una asserzione cosí categorica immagino si fondi su solide basi teoretiche. Tuttavia confesso che qualcosa mi sfugge.

Inf.: Le basi teoretiche su cui si fonda sono piú che solide: la classificazione di Chomsky dei linguaggi ed i teoremi di equivalenza fra grammatiche ed automi a stati finiti.

In particolare si dimostra che un linguaggio a struttura di frase (ed il linguaggio umano ha complessità non inferiore ad un simile linguaggio) può essere riconosciuto unicamente da un automa di Turing che, per l'appunto, ha infinita memoria.

Penso tuttavia che queste delucidazioni siano non meno nebulose dell'enunciato.

Fil.: In effetti è vero. Però mi pare di capire che la natura stessa della questione esclusa, per il proprio grado di astrattezza,

di poter essere espressa con rigore in termini che non siano formali.

Inf.: Purtroppo, per render ragione «scientificamente» di quanto ho asserito occorrerebbe esporre i fondamenti e qualcosa in più sia della teoria dei linguaggi sia della teoria della computabilità⁶, e ciò non è evidentemente possibile in questa sede.

Posso ad ogni buon conto provare a spiegarmi con qualche esempio o attraverso qualche analogia. Ti prego di interrompermi quando qualcosa non è chiaro.

Fil.: Va bene, proviamo.

Inf.: Supponiamo di voler tradurre una frase dall'italiano al francese: potremmo farlo con l'aiuto di un computer?

Fil.: Penso di no, ma me ne sfuggono i motivi.

Inf.: Ti farò allora una domanda: si può tradurre in francese la frase

IL C**ANE ABBAIA?

Fil.: Penso proprio di no.

Inf.: Perché?

Fil.: Perché C**ANE è una sequenza di simboli non significativa.

Inf.: Esattamente, C**ANE non è una parola della lingua italiana e, perciò, l'intera frase non appartiene alla lingua italiana.

⁶ La teoria della computabilità ha come oggetto la definizione della correlazione fra calcolabilità di una funzione e le caratteristiche strutturali della macchina che la deve calcolare.

In particolare si occupa della definizione a priori di tutto ciò che un calcolatore digitale non può calcolare.

Possiamo tradurre dall'italiano solo frasi della lingua italiana, e di conseguenza, data una qualsiasi sequenza di simboli, dobbiamo verificare in via preliminare che essa sia effettivamente una frase del linguaggio origine.

Fil.: In altri termini se una sequenza di simboli è spaziale non è tale per cui ogni simbolo è una lettera dell'alfabeto italiano; certamente l'intera frase non può appartenere alla lingua italiana.

Inf.: È così. Tuttavia potresti tradurre la frase zzo BBCHIIII TTTRRT?

Fil.: No, anche se tutte le lettere appartengono all'alfabeto italiano.

Inf.: Infatti. In modo formale si definisce PAROLA di un linguaggio *non* una qualsiasi sequenza di simboli di un alfabeto, ma *ogni* sequenza di simboli appartenente al VOCABOLARIO della lingua in questione. Ricapitolando: una frase può appartenere alla lingua italiana se e solo se ogni sua parola appartiene al VOCABOLARIO italiano, e, d'altra parte, una parola può appartenere al VOCABOLARIO italiano se e solo se è costituita unicamente da lettere dell'alfabeto italiano.

Fil.: Insomma, il primo problema è riconoscere se ogni simbolo è significativo, ma per fare questo ho bisogno di un primo contesto che è, appunto, l'alfabeto.

Questo esame, però, non garantisce da solo la correttezza di una parola. Ciò che garantisce la significatività di una parola è un secondo contesto, estremamente più ampio del primo, ma ancora limitato: il vocabolario. Evidentemente questo non basta ancora per garantire l'appartenenza di una frase ad un linguaggio. CADDERO LE PERE TUTTI INSIEME non è certamente una frase della lingua italiana anche se ogni parola appartiene al vocabolario della stessa.

Inf.: Proprio così. Occorre che le parole non siano disposte

in un ordine qualsiasi, ma rispettando precise regole che sono quelle della grammatica e della sintassi. Tuttavia considera queste due frasi:

IL TERMOSIFONE TRATTENNE A LUNGO L'ACQUA CALDA PROVENIENTE DALLA CALDAIA ACCESA

e:

IL TERMOSIFONE TRATTENNE A LUNGO IL VINO GHIACCIATO PROVENIENTE DAL FORNO ACCESO

Ti pare che entrambe le frasi appartengano alla lingua italiana?

Fil.: Mi pare che entrambe le frasi contengano parole della lingua italiana, e che entrambe ne rispettino la grammatica e la sintassi, ma evidentemente la seconda non è una frase significativa, così come non lo sarebbe: IL RAGLIO IDILLIACO DELL'ALBA SI ACCSESE NEL MERIGGIO GELIDO DELLA CANDELA SPENTA NELLA POZZANGHERA ASCIUTTA.

Non nego che mi sfugge tuttavia dove vuoi andare a parare.

Inf.: Un poco di pazienza. Ora dimmi che cosa è piú facile: generare una frase significativa o riconoscere che una frase non è significativa su un determinato linguaggio?

Fil.: In determinati casi è senz'altro piú facile riconoscere che una frase non è significativa in un particolare linguaggio. Ad esempio non è un grosso problema riconoscere che la frase il C**ANE ABBAIA non appartiene alla lingua italiana. Se però oltre al riconoscimento simbolico, lessicale, grammaticale e sintattico si pretende anche un riconoscimento semantico, allora direi, pur non essendo un linguista, che i due problemi sono equivalenti.

Inf.: Molto bene. Abbiamo raggiunto un primo importante risultato: il problema della generazione di *tutte* le frasi appartenenti ad un particolare linguaggio è esattamente equivalente a quello di riconoscere se una *qualsiasi* frase appartiene o no al linguaggio stesso.

Fil.: Mi vuoi dire che se un calcolatore non è in grado di riconoscere l'appartenenza ad un linguaggio di una generica frase, non è neppure in grado di tradurre da quello stesso linguaggio una medesima generica frase.

Inf.: Sei sulla buona strada, continua.

Fil.: Così a occhio mi pare di poter dire che certamente un calcolatore potrebbe decidere se un determinato simbolo appartiene o no ad un certo alfabeto, e anche non vedo difficoltà di principio nella possibilità di determinare per via automatica se una parola appartiene o no ad un certo lessico. Non saprei dire, invece, se gli altri due problemi, quello sintattico-grammaticale e quello semantico siano risolubili con strumenti digitali.

Inf.: Hai centrato esattamente il nocciolo della questione. Con un calcolatore è sempre possibile risolvere il riconoscimento simbolico e lessicale; qualche volta, a fronte di grammatiche particolarmente semplici, come quelle finite o quelle regolari, è anche possibile risolvere il problema sintattico-grammaticale; viceversa non è mai possibile risolvere il problema semantico prima proposto: infatti, per riconoscere un linguaggio a struttura di frase occorrerebbe infinita memoria. Capisco la tua voglia di maggiori spiegazioni, ma l'unica cosa che posso fare senza scendere sul terreno delle dimostrazioni formali è proporvi una analogia. Conosci certamente la differenza fra serie e successioni.

Fil.: Mi pare che una successione sia, all'ingrosso, un insieme di numeri comunque grande, ma sempre finito, mentre una serie è un insieme infinito di numeri

Inf.: Diciamo che molto all'ingrosso le cose stanno nei termini in cui le hai enunciate. Uno dei problemi dei matematici è stato il calcolo della sommatoria di una serie. Ad esempio la somma di $1 + 1/2 + 1/2^2 + 1/2^3 + \dots + 1/2^n + \dots$ fino all'infinito.

Fil.: Mi pare che la somma di tutte queste robe valga 2.

Inf.: Sí, ed in particolare si dice che la serie è convergente, nel senso che la successione delle somme parziali ammette un limite finito. In questo caso il limite è di facile calcolo. Tuttavia non sempre è cosí. Ad esempio la serie $1 - 1/2 + 1/2^2 - 1/2^3 + 1/2^4 - 1/2^5 + \dots 1/2^{2n} - 1/2^{2n+1} + \dots$ è certamente convergente, e la sua somma è certamente compresa fra uno e due, ma calcolarne con precisione il valore non è possibile.

Fil.: Cosí a occhio direi che si tratta di un numero irrazionale.

Inf.: Per l'appunto. In questi casi si ricorre ad un calcolo approssimato, considerando ad esempio la somma di una successione di *enne* termini, i cui elementi coincidono con i primi *enne* elementi della serie che si vuole approssimare.

Fil.: Forse comincio a capire dove vuoi arrivare.

Inf.: Vediamo!

Fil.: Se ho capito, le cose stanno in questi termini: fare la somma di infiniti numeri è normalmente impossibile, tuttavia vi sono dei casi in cui sommando una parte finita di tale infinità posso commettere un errore finito e tanto più piccolo quanto più grande è il numero degli elementi della successione approssimante. Esistono invece altri casi in cui ciò non è vero.

Inf.: Esattamente. Se consideriamo ad esempio la serie $1 + 1/2 + 1/3 + 1/4 + 1/5 + 1/6 + \dots 1/n + \dots$ o una qualunque altra serie divergente⁷, ci si accorge facilmente che qualsiasi

⁷ Il termine «divergente» sta ad indicare nel microlinguaggio matematico una grandezza che tende o che può tendere all'infinito. Nel caso specifico la successione delle somme parziali di una serie come quella armonica, non avendo estremo superiore limitato si dice divergente e, per estensione, si dice divergente la serie stessa.

successione finita, per quanto grande sia il numero dei suoi elementi, non potrà mai approssimare la somma della serie con un errore limitato.

Fil.: Se ho ben capito le serie sono i linguaggi, mentre le successioni sono i calcolatori.

Inf.: L'analogia vorrebbe essere questa.

Fil.: In altri termini, è vero che l'uomo può costruire calcolatori sempre più grandi, ma ciò gli consentirebbe di implementare⁸ solo linguaggi per così dire «convergenti», è così?

Inf.: Molto alla lontana, però rende l'idea.

Fil.: Mentre il linguaggio umano sarebbe un linguaggio «divergente», è questo che volevi dire?

Inf.: L'immagine in effetti era questa.

Fil.: Adesso però c'è una cosa che non capisco.

Inf.: E cioè?

Fil.: Ecco, il nostro cervello è costituito grosso modo da dieci miliardi di neuroni: è un numero molto grande, ma comunque si rivoltino le cose mi pare che si debba concludere che la memoria fisica dell'uomo è finita.

Inf.: Sottoscrivo.

Fil.: Ma allora come è possibile all'uomo comprendere e

⁸ Neologismo derivato dall'inglese TO IMPLEMENT. Implementare una funzione su un particolare calcolatore significa scrivere l'insieme di programmi che realizzano quella funzione e «caricare» il tutto nella memoria del computer.

parlare un linguaggio che per sua natura può essere elaborato solo disponendo di infinita memoria?

Inf.: In altri termini mi chiedi come sia possibile all'uomo ciò che è impossibile al calcolatore e alla scimmia. Come informatico posso solo dirti quali sono i limiti del calcolatore, non di più. Certo è un fatto che la mente umana, pur essendo implementata su un *hardware*⁹ finito sfugge alle leggi del finito. A mio giudizio questo è un mistero.

Tuttavia, essendo un mistero oggettivo non vedo perché altre discipline diverse dall'informatica non lo possono prendere come assioma.

Fil.: Se non comprendo male mi stai dicendo che l'informatica dimostra la correttezza di un approccio filosofico incentrato sulla trascendenza dello spirito rispetto alla materia.

Inf.: Un postulato non si può dimostrare, tuttavia esso può consentire di sviluppare una teoria, ed un postulato sarà tanto più legittimo quanto più gli eventi osservati sperimentalmente concordano con le conclusioni teoriche.

Fil.: Vuoi dire che la trascendenza non è dimostrabile appoggiandosi a quegli strumenti che la scienza usa per indagare il finito, però è ragionevole. Ho capito. Comunque più ci penso e più mi sconcerta l'idea che il nostro linguaggio per essere compreso abbia bisogno di memoria infinita.

Inf.: Sí, è sconcertante. Ma in fondo, una infinita memoria non equivale alla memoria dell'Infinito?

⁹ *Hardware* è la parte «dura» del computer, ossia la circuiteria. Si contrappone a *software* che è la parte «morbida», ossia variabile, costituita in particolare dai programmi.

In senso proprio, anche i dati fanno parte della componente «soft», ma la parola *software* ha assunto col tempo un valore restrittivo e non esteso.

Fil.: Ma allora la memoria dell'Infinito potrebbe spiegare le facoltà transfinite della mente umana.

Inf.: Da un punto di vista scientifico è un'ipotesi seria, non vi è dubbio...

ROBERTO BERTACCHINI