

La candela

Chiunque scriva per un giornale o per una rivista sa che prima o poi dovrà fare i conti con qualche intervento “redazionale,” più o meno importante. Capita anche qui, e la volta scorsa ne sono capitati due che forse è bene spiegare.

Se avete la cortesia di riprendere in mano il numero scorso di *Naturalmente*, il primo lo trovate a pag. 59, verso il fondo, dove c'è scritto “Ora avrete capito dove volevo andare a parare,” seguito da una specie di luna piena. Il seguito fa riferimento a una “faccina,” che però non è quella luna piena! Io avevo scritto :-) e speriamo che stavolta resti come l'ho scritto. Si tratta di una combinazione di comuni caratteri (quelli tecnicamente chiamati ASCII), inventata per simulare alla bell'e meglio una faccia sorridente. Risale al tempo in cui le interfacce video non erano grafiche, e non c'era modo di disegnare alcunché: si potevano solo fare schizzi approssimati come quello, che per di più per essere capito richiede di ruotare la testa a sinistra. Ma chi frequenta la rete sa che cosa le faccine significano, e non ha bisogno di tradurle. . . Così ad es. per esprimere disappunto o malumore userò questa :- (

Il secondo intervento che voglio puntualizzare è stato invece di tipo ortografico-linguistico: consiste nell'aver stampato (all'inizio di pag. 62) un “chimica-fisica” col trattino, che non è uscito dalla mia tastiera. Voglio correggerlo, perché secondo me oggi giorno si fa un vero e proprio abuso del trattino: sembra che non esistano più attributi e apposizioni che ne possano fare a meno. Nel caso in questione il trattino è molto frequente e secondo me sbagliato: perciò perdonerete la pedante spiegazione che sta per arrivare, o se preferite saltatela a piè pari. . .

A mio parere scrivere “chimica-fisica” col trattino sta ad intendere una cosa a cavallo fra la chimica e la fisica, un ibrido tra le due. Invece la sua origine storico-scientifica (qui il trattino ci sta bene!) è un'altra: vuol dire “problemi chimici trattati con metodi e concetti della fisica.” Perciò “chimica” è il sostantivo, “fisica” l'aggettivo, e il trattino non ci sta a far niente, come in “chimica analitica,” “chimica organica,” ecc. Se qualcuno non fosse convinto, mi appoggio su altre lingue: in inglese si dice “physical chemistry,” in tedesco “physikalische Chemie”; e credo che anche senza sapere inglese o tedesco sia chiara la costruzione. In tedesco tra l'altro i sostantivi si scrivono con la maiuscola, per cui l'equivoco è impossibile.

Anche la data di nascita della chimica fisica è significativa: sebbene ci siano molti precursori fin dal '700 e per tutto l'800, il termine e la disciplina diventano per così dire ufficiali alla fine dell'800. Nel 1887 fu istituita a Lipsia la prima cattedra di chimica fisica, affidata a Ostwald; allo stesso periodo appartengono nomi quali van't Hoff, Arrhenius, Nernst. È anche interessante osservare che

più o meno simultaneamente alla chimica fisica nasce un'altra disciplina-coltrattino: la "fisica matematica," sulla quale non mi soffermo, da un lato perché ci porterebbe troppo fuori strada, dall'altro perché dovrei ripetere, a proposito di sostantivi e aggettivi, le stesse cose che ho detto per la chimica fisica.

* * *

Ma è ora di entrare nell'argomento di oggi, che prende spunto da ciò che ha scritto la volta scorsa Salvatore Lazzara a proposito di mente e macchina, intelligenza artificiale, e altro. Si tratta infatti di un tema che mi ha sempre profondamente interessato, e perciò colgo l'occasione per esternarvi alcune mie riflessioni in proposito; in parte commentando quello che dice Lazzara, ma più che altro procedendo per mio conto.

Comincio segnalandovi un libro: *The Mind's I* di D.R. Hofstadter e D.C. Dennett. Hofstadter è l'autore di *Gödel, Escher, Bach*; Dennett è un filosofo americano, del quale non so che questo. Il libro è stato tradotto in italiano, col titolo *L'io della mente*, mi pare da Adelphi. Lo segnalo perché è un utile punto di partenza per chi si voglia informare sul tema: è una specie di antologia, dove accanto a saggi scientifici o filosofici si trovano anche racconti, da Borges a Lem. Non manca Dawkins, ma soprattutto ci si trovano l'articolo di Turing ("Computing Machinery and Intelligence") che Lazzara cita, e quello di Searle ("Minds, Brains and Programs") dove si parla della stanza cinese.

Per prima cosa voglio quindi dare la parola a Turing, perché mi sembra giusto mettere nell'esatta prospettiva il suo famoso scritto. Turing inizia così: "Mi propongo di esaminare la domanda: 'Le macchine possono pensare?'" Come vedete, è cosa diversa dal definire la mente. Se sia di meno o di più, lascio a voi giudicare. Turing continua: "Bisognerebbe cominciare col definire il significato dei termini 'macchina' e 'pensare'" e subito mostra i problemi che nascono appena si prova a dare simili definizioni. Perciò prosegue: "Invece di tentare una tale definizione, sostituirò la domanda con un'altra, strettamente connessa a quella, ed espressa con parole relativamente prive di ambiguità."

E qui introduce il "gioco dell'imitazione," che Lazzara ha già descritto. Preciso solo che lo scopo del gioco è di decidere chi è l'uomo e chi è la donna; l'uomo deve trarre in inganno l'interrogante, e può anche mentire, mentre la donna deve far di tutto per aiutarlo. È ovvio che in un gioco reale l'interrogante a volte indovinerà e altre no, a seconda dell'abilità dei due giocatori.

Nella versione di Turing, al posto dell'uomo c'è il computer, e Turing dice: "Che cosa accadrà ora? L'interrogante sbaglierà altrettanto spesso di quando il gioco è giocato fra un uomo e una donna?" Queste domande sostituiscono quella iniziale: "Le macchine possono pensare?" È del tutto evidente la risposta implicita di Turing: dirò che la macchina può pensare se riesce a ingannare l'interrogante, ossia se questi non è capace di distinguere con sicurezza fra i due.

Il resto dell'articolo è un'analisi del problema e di molte possibili critiche. Non voglio togliervi il gusto di leggerlo dall'originale. . .

La mia precisazione quasi filologica, come vedrete subito, non era senza importanza; perché se vogliamo valutare l'atteggiamento di Turing dobbiamo prima conoscere con esattezza che cosa veramente dice. Infatti è fin troppo facile fargli dire altro, o dare per scontato che ciò che dice sottintenda qualcosa che invece non è detto e probabilmente Turing non pensava. Ad es. Lazzara scrive che secondo Turing "macchine e menti operano in maniera simile," eseguendo un programma; e poi definisce "un po' riduttiva" questa concezione. A me sembra che le cose stiano in modo diverso, ma non voglio anticipare.

Di più: sempre secondo Lazzara "seguendo l'ipotesi che sta dietro al test di Turing, è possibile definire l'intelligenza in maniera che essa sia una facoltà attribuibile indifferentemente tanto agli esseri umani quanto alle macchine." Avrete notato che Turing si guarda bene dal proporsi di *definire* l'intelligenza: a me sembra che il suo atteggiamento sia diverso, e cerco di spiegarmi con un esempio.

Io non ho dubbi che Lazzara sia un essere intelligente e suppongo che Lazzara pensi lo stesso di me; ma come fa a dirlo? Perché sa che sono un essere umano (premessa minore di un sillogismo)? A stretto rigore no: non mi ha mai visto, legge solo degli articoli firmati Elio Fabri su questa rivista. Potrebbe chiedere notizie a qualcuno della redazione che mi conosce di persona, e questo complicherebbe un po' il discorso, perché introdurrebbe il doppio problema: come fa Lazzara a sapere che l'intermediario dice il vero? come fa l'intermediario a essere sicuro di quello che afferma? Così non la finiremmo più, ma del resto credo non ce ne sia bisogno, perché sono convinto che Lazzara non dubita della mia appartenenza al genere umano. Potrebbe dirmi che non ha mai visto né sentito parlare di computer che scrivono articoli, e si fonda perciò sull'esperienza passata. Argomento sicuramente forte per me, che sono un fisico, ma che a rigore un filosofo non dovrebbe avanzare.

Alla fine, temo che messo alle strette Lazzara finirebbe per dire che tutto quello che scrivo indica un accettabile (spero) livello d'intelligenza. Ma così facendo si metterebbe proprio nelle condizioni del test di Turing: decidere della mia intelligenza da un certo mio comportamento. Secondo me nell'idea di Turing non c'è altro che questo: alla fine d'interminabili discussioni, il solo criterio che abbiamo per decidere sull'intelligenza di qualcuno sta nel vedere come si comporta. Il che non implica affatto (credo sia evidente) nessunissima ipotesi su come questo comportamento viene prodotto: se da un programma, da un'anima spirituale, o da non so che altro.

Mi permetto una divagazione che credo illustri per analogia ciò che intendo. Ci sono psicologi animali che si sono posti il problema di quanto si possa estendere, al difuori degli umani, la capacità di "mettersi nei panni di un altro": ciò che in termini tecnici chiamano "possedere una teoria della mente." Ricordo di

aver letto tempo fa, su *Scientific American*, la descrizione di un esperimento del genere.

Consisteva in questo: per vedere se la capacità esiste nei cercopitechi, veniva creata una situazione in cui una femmina poteva vedere un predatore nascosto, mentre i suoi piccoli non potevano vederlo. Poi i piccoli venivano lasciati liberi di giocare in una radura, e si sorvegliava il comportamento della madre. Bene: l'esperimento mostrò che la madre non richiamava i piccoli, come ci si sarebbe aspettato se fosse stata in grado di capire che i piccoli *non vedevano il pericolo* e perciò dovevano essere avvisati.

Che cosa ha che fare tutto ciò col nostro discorso? È semplice: noi non possiamo chiedere alla scimmia “tu hai capito che cosa fanno i tuoi piccoli?” ma lo possiamo ricavare da come si comporta. Ci sono diverse indicazioni che gli scimpanzè sappiano tener conto di ciò che i compagni di branco fanno, mentre a quanto pare i cercopitechi non ci arrivano.

Le obiezioni di Lazzara al test di Turing, che ricalcano quelle di Searle e di altri, mi sembrano tutte di un determinato tipo: “questo test potrà mostrare che l'oggetto X (macchina, animale, persona che non sa l'inglese) si comporta come se fosse intelligente (come se sapesse il cinese) ma sempre gli mancherà qualcosa. Per esempio, nel caso del cinese, risponderà perfettamente a tutte le domande in cinese, ma *senza capire quello che dice*. Con le parole di Lazzara: “egli esegue il suo compito senza articolazione simbolica.” È del tutto inutile chiedere come si può sapere se questa misteriosa articolazione simbolica ci sia o no: la risposta sarà sempre una sola. L'articolazione simbolica non c'è perché no; perché è una qualità inimitabile degli esseri umani.

In un certo senso, parliamo due lingue diverse. A me, alla mia educazione scientifica, viene naturale chiedere: dimmi per favore con quale metodo, prova, esperimento, posso stabilire se questa articolazione simbolica c'è oppure no. Ma la risposta sarà che con ciò io pretendo di “esternalizzare”: atteggiamento forse inevitabile per lo scienziato, ma destinato a rendere per principio impossibile la comprensione della vera sostanza del problema.

Altre volte invece la posizione è meno radicale, e in fondo più debole. Si dice cioè “questo una macchina non lo potrà mai fare.” Dove “questo” può essere molto vario, e nel libro che ho citato potrete trovarne esempi. Anche Lazzara sembra in qualche punto propendere verso questa visione; per es. quando scrive “arriva comunque un momento in cui [...] l'imitazione, se pur raffinata nel riconoscimento dei segni, non basta a nascondere la macchina.”

Perché dico che si tratta di una posizione più debole? Perché presta il fianco a essere confutata da una macchina più complessa e sofisticata. È pericoloso dire “questo una macchina non riuscirà mai a farlo”: ciò che è impossibile oggi potrà diventare possibile domani, e allora il nostro difensore dell'inimitabilità della mente umana dovrà spostare il suo fronte un po' più indietro. Credo sia questo che Lazzara ha in mente quando parla di una “regressione all'infinito.”

È forse il momento di cambiare un po' discorso, e lo farò con un'ultima citazione di Lazzara:

“Se il materialismo scientifico e la sua presunta razionalità avessero davvero dissolto ogni velo, se la biologia avesse avuto totalmente ragione dei fenomeni psichici, la costruzione di macchine intelligenti, capaci cioè di agire in maniera non soltanto coerente con delle istruzioni di base ma generatrice di senso, sarebbe poco più che un gioco, seppure più evoluto e sofisticato di quello che portò alla costruzione degli automi.”

Qui si nota un classico espediente dialettico: quello di fingersi un avversario diverso da quello reale, per poterlo meglio combattere. Troppo facile... Chi si sogna di dire che abbiamo dissolto ogni velo? che la biologia ha totalmente spiegato i fenomeni psichici? La materia del contendere non è questa: è se una tale spiegazione sia o no per principio possibile. E debbo dire che a me ciò che riesce meno comprensibile di posizioni come quella di Lazzara è: visto che per lui la risposta è sicuramente negativa, e d'altra parte rifiuta anche il dualismo cartesiano, quale altra via ci propone? Forse il connessionismo; ma di questo parlerò più avanti.

Non voglio però passare sotto silenzio un altro aspetto della questione: quello che si nasconde sotto una frasetta magica: “generatrice di senso.” Per ragioni che ignoro, ci sono parole che vengono alla ribalta in certi tempi, poi magari vengono eclissate e sostituite da altre. Oggi la parola “senso” è alla ribalta: in discussioni come la presente, ma non soltanto.

Apparirò certo, a chi non sia d'accordo con me, uno scienziata incallito; ma non mi riesce di capire che cosa intenda chi usa questa parola. Con un gioco di parole potrei dire: quale ne sia il senso. Il gioco di parole non è però fine a se stesso: serve a mostrare che si tratta di una classica parola del linguaggio comune, che avrà certo una dignità filosofica che io ignoro, ma che prende la sua aura semantica dall'uso che ne facciamo tutti i giorni. E voi sapete bene che queste sono proprio le parole di cui gli scienziati diffidano... Non aggiungo altro, perché voglio affrontare, come ho già scritto, un tema diverso.

Ho già detto che non è in discussione che le macchine odierne sono lontanissime dal realizzare l'obiettivo posto dal gioco dell'imitazione. Il successo in casi particolari (Deep Blue che batte Kasparov a scacchi, o il sistema esperto che esegue diagnosi mediche non meno bene del dottore in camice) non dimostra niente, anzi: dimostra che solo in condizioni di estrema specializzazione, per compiti assai particolari, si riesce a ottenere un risultato non proprio mediocre. Quello che si vorrebbe è ben altro...

Ma c'è da meravigliarsi di questo? Permettetemi di scendere per un po' sul terreno dello “hardware,” ossia delle risorse materiali di cui dispone un cervello umano, confrontato col più potente computer. Dico subito che il confronto

non è facile, e spesso secondo me se ne dimentica un aspetto determinante, che illustrerò tra un momento; ma intanto procediamo.

Per valutare un cervello come hardware, ci si basa anzitutto sul numero di neuroni: qualcosa tra 10 e 100 miliardi, credo. Il problema è con che cosa confrontare un neurone. Nel caso del computer abbiamo gli elementi di memoria, ma è ovvio che un neurone è di gran lunga più complesso di un elemento binario di memoria, capace solo di due stati. All'altro estremo, un microprocessore moderno è probabilmente più complesso di un neurone (non ne sarei proprio sicuro ...). Comunque un personal computer attuale, anche molto evoluto, contiene un piccolo numero di processori: diciamo forse 10. Da questo punto di vista dunque il cervello è forse un miliardo di volte superiore a un PC.

S'intende che possiamo anche prendere in considerazione macchine più complesse di un PC, per esempio le macchine parallele: ammesso che abbiano 10 000 processori (non so se ce ne siano così grandi) il cervello è ancora in vantaggio almeno di un fattore 1 000 000.

Un computer non è però soltanto processori: possiede memoria in quantità. Oggi è normale avere un disco fisso di qualche gigabyte, il che vuol dire almeno 10 miliardi di bit: siamo all'ordine del numero di neuroni... Ma qui si vede la vera differenza fra cervello e computer sul piano hardware (quella che spesso viene trascurata): le connessioni.

Un neurone può avere 1000 sinapsi, il che vuol dire che sarà connesso con altri 1000 neuroni. Tutte queste connessioni funzionano in parallelo, dando luogo a una "banda passante" d'informazioni estremamente elevata, anche se il ritmo di funzionamento dei neuroni si misura nei millisecondi, contro ormai i nanosecondi dei computer. Il fatto è che un computer, sebbene assai più veloce, ha un funzionamento costretto in un "bus," un collo di bottiglia dove tutte le informazioni debbono passare. Ciascuna unità (processore, memoria) di un computer può comunicare con ogni altra, ma questa comunicazione è in larga misura "strozzata" dal dover aver luogo attraverso uno stesso bus (non è proprio così, ma debbo un po' semplificare): solo due unità alla volta possono scambiarsi informazioni.

La strozzatura non ha solo l'effetto di diminuire la velocità utile: influenza lo stesso modo di funzionamento (quello che potrei chiamare il "software"). Perciò trovo estremamente difficile dare una stima quantitativa del rapporto di prestazioni hardware di cervello e computer. Ho letto stime intorno a 10 000, ma non mi sento di prenderle sul serio.

Mi sento solo di dire che *a tutt'oggi* il cervello è in vantaggio di alcuni ordini di grandezza. Impostato così il discorso si capisce però che potrebbe essere questione soltanto di tempo. Lo sviluppo dei computer ha una velocità semplicemente impressionante: le prestazioni raddoppiano in poco più di un anno. Può darsi che lo sviluppo non continui a questo ritmo (anche se negli

ultimi anni ha piuttosto accelerato che rallentato) ma sicuramente ha senso assumere che entro non troppi anni il divario sarà colmato.

Che cosa accadrà a quel punto? Non ne ho la minima idea. Ad essere pessimista, e a giudicare dal cattivo uso che si fa oggi (secondo me) della potenza di calcolo dei nostri PC, potrei temere che lo spreco di risorse cresca ancora, spendendole nella generazione di tante immagini più o meno belle da vedere, d'interfacce sempre più "amichevoli" (per chi?), di giochi sempre più "realistici," di multimedialità sempre più spinta (e sempre più sciocca ...).

Volendo invece essere ottimista, o limitandosi alla nicchia delle macchine impiegate negli studi di cui stiamo trattando, potremo forse vedere una macchina che vince allo "imitation game," oltre che agli scacchi? Chi vivrà vedrà. . .

* * *

Ora debbo spendere due parole sulle reti neurali, che sembrano suscitare tante aspettative. Le reti neurali sono sicuramente macchine assai diverse dai comuni computer, per almeno due ragioni: sono essenzialmente analogiche, e non lavorano a programma. Per quanto ne so, le reti costruite finora sono molto semplici: consistono di tre soli strati di "neuroni": quelli d'ingresso, quelli di elaborazione, quelli d'uscita.

Non ho lo spazio per entrare in maggiori dettagli, né mi sembrerebbe opportuno anche se lo avessi. Dico solo che le reti sono progettate in modo da *imparare dall'esperienza*, ossia dal ripetuto confronto con situazioni nelle quali ci si attende che diano una determinata risposta. Vengono perciò addestrate più o meno come si farebbe col classico topolino. Mi risulta che siano state impiegate con successo in diversi compiti tipicamente "umani," come ad es. riconoscere in una coronarografia le situazioni a rischio. Oppure identificare, in un'immagine di tracce in un esperimento di fisica delle alte energie, gli eventi interessanti, da sottoporre a ulteriore analisi.

Però non mi sembra che tutto questo ne faccia qualcosa di concettualmente diverso da un comune computer (senza contare che è perfettamente possibile, anche se poco efficiente, simulare una rete neurale con un computer ...). Si tratta comunque di macchine, anche piuttosto semplici, costruite *ad hoc* per un determinato scopo. Possiamo certo immaginare una rete neurale molto più complessa, forse 10 000 volte quelle attuali, e cercare d'indovinare che cosa saprebbe fare; ma abbiamo già visto che questo gioco di fantasia è possibile anche per i PC del futuro. Quindi non produce una differenza significativa.

Mi pare che invece il discorso connessionista abbia poco a che fare con le reti in sé, e come tale possa benissimo essere applicato anche ai computer digitali. In questo senso mi sento di dividerlo. Si tratta in sostanza di rilevare che una macchina "intelligente" dovrebbe essere *qualitativamente* diversa dalle attuali, ma secondo me non in virtù della natura dei suoi componenti, quanto di una sufficiente complessità e ricchezza di connessioni interne.

Occorre però insistere che questa ricchezza *può essere simulata*, sia pure a scapito dell'efficienza (ottenendo quindi un comportamento più lento). Perciò anche un computer come gli attuali, ma mille o centomila volte più veloce e con memoria mille o centomila volte maggiore, potrebbe essere programmato in modi per noi impensabili. Un computer molto più potente consentirebbe l'uso di linguaggi di programmazione oggi appena immaginabili: del resto già esistono programmi non procedurali, linguaggi "a oggetti," ecc. Con adatti linguaggi si potrebbero realizzare elaborazioni simboliche di cui oggi vediamo solo alcuni embrioni; si potrebbero costruire programmi capaci di adattarsi all'esperienza in modo meno semplicistico degli attuali; si potrebbero soprattutto costruire (intendo anche programmare) macchine capaci di comportarsi in modo imprevedibile da parte di chi le ha costruite (cosa che in qualche misura succede già oggi).

Parlare di questi argomenti sarà forse il tema di un'altra puntata; per ora concludo dicendo che la mia esperienza con i computer, modesta ma non trascurabile e soprattutto non breve, mi ha insegnato . . . "mai dire mai."