SISTEMI &IMPRESA

3

Aprile 1994 - Anno XXXX

Manfred Remmel
LA CRISI E L'AZIENDA EUROPEA

Wilfried Stoll
VERSO LA LEARNING ORGANISATION

Giorgio Merli - Cesare Saccani
UNA CASA IN QUINDICI GIORNI

Franco Filippazzi - Giulio Occhini
LAVORARE INSIEME : IL GROUPWARE

Franco De Peri
UNA SCUOLA CHE NON C'È

Tommaso Poggio
L'INTELLIGENZA È SAPER IMPARARE

Luigi Stringa
EUREKA FIRST, ROBOT PARAMEDICO

Mensile di management e sistemi tecnologici

ESTE

ARCA GNOSEOMATICA

di Luigi Stringa

È la seconda volta che l'arca ospita un articolo di Tommaso Poggio, del Artificial Intelligence Laboratory del Massachussetts Institute of Technology (1).
Per fornirci questa volta il suo punto di vista sulle strategie di sviluppo della ricerca sull'Intelligenza. Non solo quella artificiale.
In un'ottica che accumuna studiosi di scienze del cervello e di intelligenza artificiale. Proprio la stessa che ha spinto Valentino Braitenberg e me a impostare quel programma di ricerca comune, le cui linee guida sono contenute nella lettera pubblicata nell'arca di ottobre dell'anno scorso.
Il pezzo è centrato sull'importanza dell'apprendimento, e muove dalla constatazione che se anche il proliferare dei lavori sulle reti neurali artificiali è soprattutto frutto di una moda, tuttavia queste hanno avuto il merito di riproporre con un nuovo "sex-appeal" tecniche già note alla Pattern Recognition e alla statistica.
Ponendo appunto in evidenza la centralità della capacità di apprendere dall'esperienza in un sistema che deve esibire comportamenti intelligenti.
Richiamando un lavoro che abbiamo scritto insieme in cui proponevano un ampliamento del test di Turing che includesse la verifica delle capacità di imparare dall'esperienza come elemento determinante per l'assegnazione dell'attributo di intelligente a qualunque macchina.
Il fatto che la notizia di alcuni programmi che hanno superato il test Turing non sia finita in prima pagina forse vuole semplicemente dire che la "gente" non li ha ritenuti intelligenti. Cioé proprio ciò che affermavamo noi: così come è stato formulato, il test Turing è insufficiente. Sarebbe invece assai più semplice spiegare perchè il nostro articolo non sia stato neppure citato nelle pagine interne del New York Times!
Il pezzo chiude con un affascinante schizzo delle ultime ipotesi sulla plasticità del cervello, che Poggio coi suoi collaboratori stanno studiando nei laboratori di Boston.
Il mio pezzo ha invece un taglio del tutto diverso. Presenta un progetto comunitario di ricerca applicata iniziato nel 1991, e oggi in avanzata fase di sviluppo.
Il progetto si propone come obbiettivo la realizzazione del prototipo di un sistema di robot da trasporto per impieghi ospedalieri che fa ampio uso delle tecnologie gnoseomatiche. Ma anche di quelle dell'informatica convenzionale. Per realizzare una di quelle macchine "magari modeste, ma utili" di cui c'è tanto bisogno.

(1) T. Poggio — "Nuovi farmaci, provetta o computer?" — *Sistemi & Impresa* — settembre 1993.

L'intelligenza è saper imparare

Tommaso Poggio

Capire cosa sono il pensiero e l'intelligenza e poi costruire macchine o programmi intelligenti. È sicuramente uno dei grandi problemi della scienza, insieme al problema dell'origine della vita, della struttura della materia e dell'origine dell'universo. Non lo risolveremo in questo secolo e forse neanche nel prossimo. Dipende naturalmente da cosa si intende per risolvere il problema e da cosa si intende col termine intelligenza. Mi sembra che sia in corso un rivoluzionamento, un vero e proprio "paradigm shift", per usare il termine inventato da un mio amico e collega al MIT, per quanto riguarda la percezione del problema dell'intelligenza e del cervello. Questa rivoluzione non è ancora ufficialmente riconosciuta; ma mi sembra che stia avvenendo nel campo delle scienze dell'artificiale — informatica e intelligenza artificiale — ed anche nel campo delle scienze naturali — in questo caso la neuroscienza.

Le scienze dell'artificiale e l'importanza dell'apprendimento

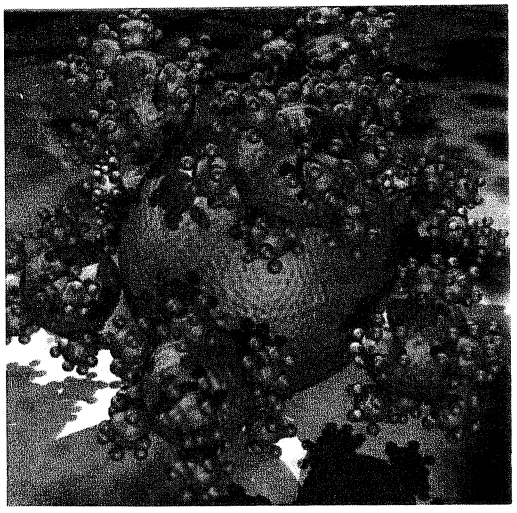
Per ora le reti neuronali hanno poco in comune con il cervello — a parte l'uso sfortunato del termine "neuronale". Il termine è vago, in parte perché è facile ridefinire come neuronali algoritmi di "pattern recognition" che esistevano molto prima della moda delle reti neuronali. Sulle reti neuronali si sono lette esagerazioni di ogni tipo, raramente discussioni equilibrate e fondate su fatti concreti o dimostrazioni rigorose.

Però al di là degli aspetti di moda intellettuale, le reti neuronali stanno trovando applicazioni pratiche nell'ingegneria. Lentamente la moda lascia il posto a ricerche più serie, con legami sempre più stretti con aree dell'ingegneria e della matematica applicata classica.

Vedo per esempio rispettabili statistici prendere parte in numero crescente alle conferenze sulle reti neuronali. Dico da tempo che uno degli effetti più positivi della moda delle reti neuronali è quello di risvegliare interesse in discipline come quella appunto della statistica e della approssimazione di funzioni che sono finora state percepite come noiose e difficili. La metafora dell'apprendimento è molto attraente: invece di dati si parla di esempi, invece di interpolazione tra punti in spazi a N dimensioni si parla di generalizzazione, invece di minimizzare un funzionale si parla di apprendimento. La metafora conferisce "sex-appeal" a problemi un po' alla periferia della matematica. Non solo: permette di pensare a un grande numero di problemi pratici in modo nuovo e di affrontarli con tecniche di pattern recognition, di classificazione e di approssimazione funzionale che possono venire sviluppate a partire da approcci classici e ben fondati.

In sostanza penso che la "moda" delle reti neuronali abbia quanto meno avuto il merito di evidenziare l'importanza dell'appren-

dimento nel campo dell'ingegneria. Le reti neuronali sono computers massivamente paralleli e capaci di imparare da una serie di esempi. La prima caratteristica è importante, ma non è originale; la seconda, in un certo senso, è un concetto che, per varie ragioni, era stato un po' dimenticato. Il messaggio importante di alcune reti neuronali (non tutte!) penso sia proprio questo: l'avere messo in luce il fatto che una chiave importante per capire l'intelligenza è l'apprendimento.



L'apprendimento è da sempre — nella filosofia prima, nella psicologia e nell'intelligenza artificiale poi — un problema centrale per capire l'intelligenza e per sviluppare macchine intelligenti. Il suo ruolo chiave non è però stato compreso appieno nel campo dell'informatica. La definizione implicita di intelligenza su cui l'Intelligenza Artificiale classica ha in effetti fondato il suo programma di ricerca non lascia nessun ruolo all'apprendimento. Per molti anni il "test di Turing" ha rappresentato una definizione operativa di intelligenza, rispetto a cui molti dei ricercatori in IA — per lo più senza saperlo — hanno misurato i loro obiettivi e i loro risultati. Il test di Turing, formulato dal matematico inglese Turing verso la metà di questo secolo, consiste nel criterio seguente: un computer è intelligente se il suo comportamento per esempio in una conversazione, giudicato da un uomo, non permette di distinguerlo da una persona. Il punto è che la definizione è valida anche nel caso in cui l'"intelligenza" del computer è stata programmata, istruzione per istruzione, da un armata di programmatori.

In modo consistente con la definizione implicita del test di Turing, l'intelligenza era percepita trent'anni fa — e da molti ancora adesso — soprattutto come ragionare, risolvere, problemi, dimostrare teoremi, giocare a scacchi. Oggi alcuni di noi sanno bene quanto siano sofisticati anche i più semplici organismi viventi e quanto siano complessi i problemi di elaborazione dell'informazione che vengono continuamente risolti dai nostri sensi. Gli ingegneri del software si sono resi conto da tempo della incredibile difficoltà di generare del software decente e di quanto ce ne vorrebbe per riprodurre in un computer aspetti anche minori dell'intelligenza.

Un paio di anni fa al Computer Museum di Boston alcuni programmi hanno superato i testi di Turing (anche se ristretto ad un dominio di discorso abbastanza limitato): parecchi spettatori che dialogavano con il programma attraverso una tastiera l'hanno confuso con una persona! L'aspetto più interessante è che la notizia è stata relegata in una pagina interna del New York Times. Ha generato un po' di curiosità, ma non certo entusiasmo, proprio perché pochi al giorno d'oggi chiamerebbero quei programmi veramente intelligenti. È necessaria una nuova definizione di intelligenza, una definizione che riesca a catturare la percezione odierna di quelli che sono i suoi problemi più profondi. In un articolo di un paio di anni fa Luigi Stringa ed io abbiamo sostenuto che l'Intelligenza Artificiale ha bisogno di un nuovo test di Turing che sottolinei l'importanza per un sistema intelligente di essere in grado di imparare dall'esperienza. Penso proprio che molti si troverebbero d'accordo nel definire intelligente un sistema che sia capace di imparare *da solo* a percepire, a muoversi, a parlare e capire. In questo nuovo test di Turing bisognerebbe insomma introdurre il problema dell'apprendimento come il cuore di ogni tentativo di capire l'intelligenza.

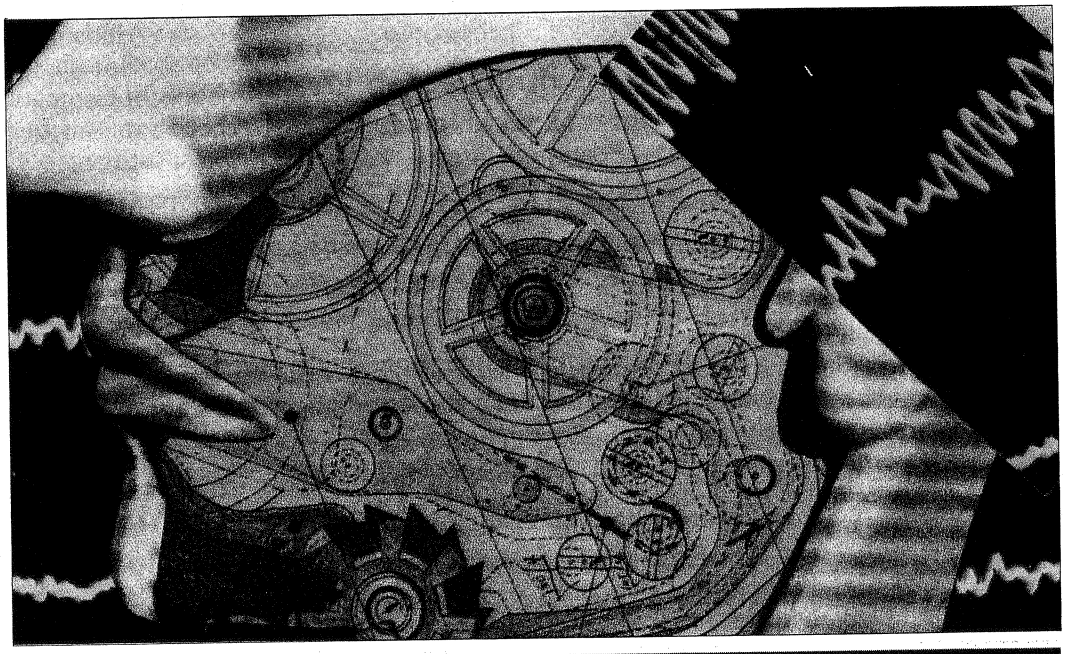
Il nuovo test di Turing potrebbe dunque essere del tipo seguente: riprodurre in una macchina lo sviluppo mentale di un bambino, il suo acquisire la capacità di vedere, di muoversi, di capire il linguaggio e parlarlo. Messo in questi termini, il test implica una definizione di intelligenza più completa di quello originale di Turing. Nonostante sia irraggiungibile nel prossimo futuro e richieda una definizione più precisa (quanta informazione a priori è permesso programmare nel sistema *prima* che l'apprendimento cominci?), esso suggerisce un obiettivo ambizioso, ma concreto per l'Intelligenza Artificiale e le reti neuronali di oggi.

L'importanza dell'apprendimento nelle neuroscienze

La neurobiologia di oggi sta attraversando un periodo di sviluppo esplosivo. Il progresso al momento più rapido e più chiaro è avvenuto e sta avvenendo nel campo della neurobiologia molecolare. Per esempio le molecole responsabili ai vari stadi della trasmissione sinaptica e della trasduzione dei segnali tra cellule vengono identificate a ritmo sempre crescente. La genetica molecolare dovrebbe chiarire nei prossimi due decenni come il sistema nervoso si sviluppa e si modifica in termini di geni e di molecole.

In parallelo ai successi della neurobiologia molecolare sta avvenendo un'altra rivoluzione. In questo caso pochi se ne sono accorti. Molto recentemente alcuni scienziati hanno fornito sorprendenti dimostrazioni di plasticità funzionali della corteccia di animali adulti in funzione di esperienze sensoriali. Così la comprensione di come reti di neuroni nella corteccia determinano la percezione e sono alla base del controllo motorio sta attraversando un vero e proprio "paradigm shift". L'idea convenzionale, a partire dal lavoro di Hubel e Wiesel, premi Nobel del 1981, è che la corteccia è "hard-wired", per lo meno nell'animale adulto. Esperimenti recenti suggeriscono invece una plasticità enorme nelle proprietà dei neuroni e delle loro connessioni su una scala temporale sorprendentemente breve — minuti se non addirittura secondi. Per esempio, l'anatomia funzionale della corteccia somatosensoriale cambia drammaticamente in funzione della stimolazione o della sua assenza e risultati simili — in cui il mio gruppo al MIT è coinvolto — stanno emergendo anche per la corteccia visiva. Sta diventando chiaro che la rappresentazione nella corteccia degli aspetti più semplici degli stimoli sensoriali è continuamente modificata dall'esperienza sensoriale, e non solo durante lo sviluppo del sistema nervoso, ma anche nell'adulto!

Prevedo che questa nuova ed inaspettata plasticità della corteccia sia la chiave per capire la funzione di buona parte del cervello. Così anche nella neuroscienza i problemi della plasticità e dell'apprendimento stanno diventando le questioni centrali per capire la funzione dei sistemi sensoriali e motori.

Conclusione

Se considero insieme la rivoluzione che ho descritto nella neuroscienza e quello che è successo nel campo dell'Intelligenza Artificiale e delle reti neuronali, non posso non concludere che siamo all'inizio di un nuovo approccio all'intelligenza, centrato sul problema dell'apprendimento e della plasticità. La ricerca non sarà breve (dopottutto, non sarebbe umiliante scoprire che il problema del cervello è un problema da poco, risolvibile in pochi decenni?), ma promette una ricca serie di ricadute scientifiche e applicative lungo il suo cammino, e anche di farci, nel corso del prossimo millennio, capire un po' meglio anche noi stessi.