

**Galileo**

MAGAZINE

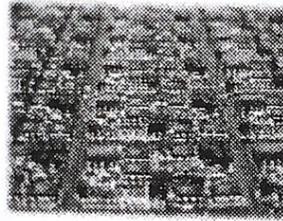
Neuroscienze

## La macchina che apprende

di Marta Cerù

[Iraq, fame e paura](#)[Per un posto al sole](#)[Scienza e media,  
parliamone via  
e-mail](#)

Ventisette neuroni connessi tra loro a formare 351 sinapsi: è Lann27, un circuito elettronico fatto di normali resistenze e condensatori.



Che però ha una particolarità: è in grado di selezionare e memorizzare gli stimoli esterni, o distinguere un oggetto da un

altro, proprio come un cervello. Realizzata da un gruppo di fisici dell'INFN, coordinato dal teorico [Daniel Amit](#), Lann27 è probabilmente il primo passo verso la costruzione di una macchina capace di apprendere.

La ricerca nasce in un nuovo settore dal nome un po' ostico: "hardware neuromorfo". Un settore che interessa non solo i fisici ma anche i biologi, i neurobiologi, gli esperti di elettronica e gli psicologi. L'obiettivo non è quello simulare con un software il comportamento di una rete neuronale, ma piuttosto di costruirne direttamente una artificiale, partendo solo dai componenti hardware, per osservarne poi il comportamento. Naturalmente, per costruire Lann27 i ricercatori hanno dovuto semplificare al massimo le caratteristiche del singolo neurone o delle sinapsi. Ma questi componenti elettronici, pur essendo molto diversi dai corrispettivi biologici, hanno mostrato un comportamento collettivo sorprendente. Quando la si sottopone a stimoli, la rete elettronica manifesta delle proprietà emergenti: in altre parole, i suoi comportamenti nascono dalle connessioni tra i singoli componenti, proprio come avviene per le reti neuronali biologiche.

L'esperimento dei fisici romani è solo

[Ma non è  
IA](#)

l'ulteriore tappa di un lungo lavoro di ricerca che nasce diversi anni fa. Uno dei primi esperimenti di successo in questo campo, infatti, fu realizzato nel 1991 dai fisici Carver Mead e Misha A. Mahonwald del Cns al Caltech in California. Gli americani avevano costruito una piastrina di silicio che generava in tempo reale segnali simili a quelli della retina umana. I loro risultati chiarirono la natura del "calcolo" biologico, molto diverso da quello digitale, e aprirono la strada a una serie di ricerche al confine tra neurobiologia e scienza dell'informazione. Grazie a queste ricerche divenne più chiara anche la potenza dei sistemi analogici collettivi nel risolvere problemi non affrontabili con i metodi digitali tradizionali. Ma la retina al silicio, pur facendo parte di quei sistemi primari visivi molto reattivi, era ancora priva di memoria.

L'obiettivo di Lann27 è invece più ambizioso: "La nostra macchina vuole riprodurre le dinamiche di apprendimento e di memorizzazione della corteccia inferotemporale, ossia lo stadio di connessione tra il sistema visivo e la memoria", spiega il Stefano Fusi, ricercatore nel laboratorio dell'Infn.

Ma in cosa consiste allora il processo di memorizzazione? I neuroni comunicano tra loro attraverso le sinapsi: queste connessioni costituiscono la cosiddetta matrice sinaptica, in continuo cambiamento. La memoria, secondo la definizione del neurofisiologo Donald Hebb, è un processo che crea strutture stabili nella dinamica della matrice sinaptica: se una A viene presentata ripetutamente alla rete neuronale, questa raggiungerà uno stato stabile, cioè la rappresentazione interna della A, al quale tendere ogni volta che riconosce questo stimolo.

Un buon modello teorico per questo processo è quello ideato dal fisico John Hopfield negli anni Ottanta e a cui si è ispirato lo stesso



Amit. La dinamica della matrice sinaptica è analoga alla caduta di un grave in un

paesaggio di valli e alture: ogni punto del territorio corrisponde a un particolare stato di attività e di energia della rete di neuroni. In questo senso, memorizzare qualcosa significa creare uno stato di fondovalle (altrimenti detto "attrattore") in questo paesaggio.

Quando ai neuroni di Lann27 vengono presentati stimoli della stessa classe, la rete raggiunge un attrattore, che diventa così la rappresentazione interna del prototipo di una classe. "Inizialmente la rete avrà sinapsi casuali - spiega Fusi - cioè una successione irregolare di valli e alture, completamente scollegata dagli stimoli. Ma per effetto di questi ultimi il paesaggio si modifica, cioè si scavano valli sempre più profonde in corrispondenza degli stimoli che si ripetono. E infatti, fornendo alla rete solo stimoli da memorizzare, abbiamo riscontrato la formazione degli attrattori, la capacità di dimenticare e quella di generalizzare".

Per rendere più efficiente il processo di memorizzazione, i ricercatori hanno voluto inserire un'altra variabile, quella del "rumore". Nel modello di Hopfield, il rumore serviva a destabilizzare le piccole valli dovute agli stimoli occasionali. In Lann27, il rumore è essenziale per apprendere in modo efficiente, infatti senza il rumore la rete può memorizzare solo pochi stimoli. Tuttavia, per creare il rumore è stato necessario inserire nel circuito una sorgente elettronica, che ne ha aumentato le dimensioni. "Per fortuna, studiando l'attività biologica della nostra macchina, è stato visto che esiste un'attività spontanea dei neuroni, un rumore di fondo in assenza di sorgenti e stimoli esterni".  
Commenta Fusi : "E' proprio questa l'ultima novità : il nuovo prototipo presenta attività spontanea e selettiva. Non solo. La potenza di questa rete dinamica sta anche nella sua capacità di usare il rumore di fondo dell'attività dei neuroni per imparare in modo efficiente dalla propria esperienza".

A conferma della buona intuizione dei fisici romani, ci sono i riscontri neurofisiologici provenienti dal gruppo di Yashushi Myashita in Giappone, e dal gruppo della Hebrew University di Gerusalemme in Israele. Gli

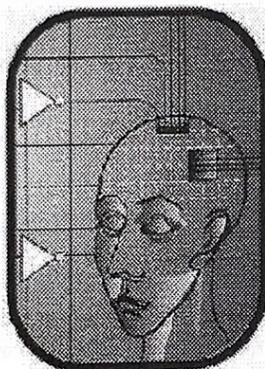
esperimenti condotti su di una scimmia sottoposta a stimoli astratti e casuali, cioè che non sono parte del suo patrimonio conoscitivo, hanno confermato che il processo di apprendimento viene ben riprodotto da un modello analogo alla Lann27.

Naturalmente, anche questa "macchina che apprende" ha dei limiti, dovuti al suo scarso numero di neuroni, alle sue eccessive dimensioni e alla sua bassa capacità di memoria. Ma la ricerca è in continua evoluzione, in un campo appena nato che coinvolge centri in tutto il mondo. Non ultimo il nuovo Istituto di Neuroinformatica di Zurigo, dove ci si occupa soprattutto di modelli per la retina e di robotica. Le applicazioni riguardano soprattutto problemi di elaborazione e di calcolo, non risolvibili con i normali calcolatori digitali. Ma quello che più affascina è senza dubbio la possibilità di comprendere sempre meglio il funzionamento del cervello.

[HOME](#) [ARCHIVIO](#) [MULTIMEDIA](#) [FORUM](#) [NEWS](#) [MAGAZINE](#) [JOURNAL](#) [E-MAIL](#)  
[SEARCH](#) [WEBZONE](#)

## Ma non è IA

Quello dell'hardware neuromorfo è ormai un campo di ricerca a sé, separato e distante da quelle che sono state le sue origini: le teorie dell'Intelligenza artificiale (Ia). A rendere distanti i due settori è soprattutto il fatto che un circuito elettronico che apprende è



completamente analogico, e non si tratta di un computer programmato per eseguire un certo algoritmo di memorizzazione.

Alla base delle teorie dell'Ia, infatti, vi è la simulazione al

computer. Ma sebbene questo approccio rappresenti una tappa fondamentale nello studio del comportamento delle reti neurali, bisogna tenere conto di due limitazioni: la prima è data dall'enorme tempo di calcolo necessario a simulare reti complesse; in secondo luogo, una simulazione non può fornire più informazione di quella contenuta nelle equazioni che definiscono il modello. L'Ia, insomma, non consente di veder emergere i comportamenti collettivi che si osservano invece nelle reti neurali biologiche, e oggi nei modelli elettronici.

L'espressione "Intelligenza artificiale" cominciò a circolare negli anni Cinquanta negli Stati Uniti, ma la sua affermazione ufficiale risale al 1956, nel corso di un celebre convegno a Dartmouth, negli Stati Uniti. Dal punto di vista filosofico, questa nuova disciplina scientifica si proponeva di studiare la mente fondandosi sul concetto di elaborazione dell'informazione tramite opportune procedure. "Testi sacri" della nuova scienza sono l'articolo di Alan Turing, "Computing machinery and intelligence" del 1950, e quello di John Lucas, "Minds,

"Machines and Godel" del 1961. Nel primo si affronta il problema di come riconoscere delle caratteristiche mentali in una macchina. La soluzione è rappresentata dal famoso "test di Turing", in cui un uomo dialoga tramite una telescrivente con due interlocutori, uno umano e l'altro artificiale. Il test viene superato da quest'ultimo soltanto quando riesce a ingannare l'esaminatore, facendosi scambiare per un essere umano. Il secondo articolo dette invece inizio ad una infuocata discussione sulla impossibilità, in linea di principio, che un calcolatore possa avere delle piene capacità mentali umane.

Gli aspetti più pratici dell'Ia riguardano l'evoluzione della cibernetica come indagine delle facoltà mentali attraverso la programmazione del calcolatore.

Considerando un collegamento immediato tra struttura neurale e comportamenti mentali, l'Ia introduce l'algoritmo come fase interpretativa intermedia tra il mentale e il neurofisiologico, e abbandona ogni tentativo di imitare il substrato materiale del pensiero.

A partire dal 1956 tre nomi sono da ricordare nello sviluppo di questo tipo di Ia : Marvin Minsky, Herbert Simon e John McCarthy. Nel suo "Step Toward Artificial Intelligence" del 1961, Minsky si occupò di ordinare l'Ia secondo criteri teorici, individuando cinque aree fondamentali: la ricerca, il riconoscimento delle forme, l'apprendimento, la risoluzione di problemi e la generazione di piani, l'induzione e i modelli. Simon fu invece il primo a studiare la mente ipotizzando che i suoi meccanismi siano duplicabili con processi di elaborazione dell'informazione (Information Processing Psychology, IPP). Questo diede vita a programmi come il Logic Theorist (1956) e il General Problem Solver (Gps 1957-69). Sempre in quegli anni (tra il 1960 e il 1965) McCarthy progettò un nuovo linguaggio di programmazione, il Lisp, che è rimasto il mezzo privilegiato per esprimere le idee dell'Ia.

Una terza fase di questa disciplina, quella contemporanea, nasce negli anni Settanta con i cosiddetti sistemi esperti, e punta la sua attenzione sull'utilità di questa disciplina in

altri campi scientifici e applicativi, per esempio cercando tecniche di programmazione finalizzate a elaborare informazioni. Ma dopo i programmi in grado di simulare apertamente il comportamento linguistico umano, l'ia non sembra aver fatto molti passi avanti. E appare ormai oscurata dal nuovo approccio delle reti neurali allo studio della mente.

**Marta Cerù**

[HOME](#) [ARCHIVIO](#) [MULTIMEDIA](#) [FORUM](#) [NEWS](#) [MAGAZINE](#) [JOURNAL](#) [E-MAIL](#)  
[SEARCH](#) [WEBZONE](#)