

# Piccoli automi evolvono

Grazie ai principi dell'evoluzione biologica si possono fare evolvere comportamenti intelligenti nei robot, come spiega Dario Floreano del Politecnico di Losanna

**L**a preda ha una vista ampia, ma corta. Il predatore vede lontano, ma su un angolo ristretto, ed è più lento. La preda fugge veloce, ma il predatore la tiene d'occhio e la intercetta, sempre meglio, generazione dopo generazione. La preda evolve una nuova strategia: aspetta immobile, e fugge all'indietro solo quando il predatore si avvicina. Ma può essere sorpresa dai lati da cui non vede. Qualche generazione dopo, la strategia si perfeziona: la preda corre rasente i muri, più veloce che può. I predatori allora imparano ad acquattarsi contro un muro e ad attendere fermi la preda, che non li vede in tempo per evitarli. Ma la preda ne inventa un'altra: ferma sul posto, ruota veloce su se stessa in modo da cogliere le minacce a 360 gradi. E la storia continua.

Non si parla di leoni e gazzelle, ma di robot. Dario Floreano li studia da 15 anni per simulare con corpi e cervelli meccanici alcuni aspetti dell'evoluzione biologica. Lo scopo è duplice: studiare i meccanismi evolutivi e ottenere robot più efficaci.

## Come sono fatti questi robot?

Nei casi più semplici hanno tutti la stessa struttura, per esempio dischi con organi di senso come sensori tattili e telecamere, e organi attuatori come le ruote. Gli stimoli che arrivano ai sensori sono elaborati da una rete di «neuroni», cioè software o circuiti che integrano i vari impulsi e determinano il comportamento delle ruote. L'architettura della rete neurale - i collegamenti tra i neuroni, la forza di ogni connessione, il suo effetto eccitatorio o inibitorio e via dicendo - è diversa per ciascun robot ed è determinata dal genoma, che è una stringa di 0 e 1. Quindi ogni robot si comporta diversamente.

## E come opera l'evoluzione?

In partenza ogni robot ha un genoma determinato a caso e tutti si cimentano a turno in uno stesso ambiente e con la stessa regola di successo (fitness). Per esempio percorrere un labirinto urtando il meno possibile le pareti. Alla fine di ogni prova selezioniamo i robot che sono riusciti meglio, introduciamo nei loro genomi mutazioni casuali come sostituzioni, inserzioni o delezioni di caratteri, e ricombiniamo questi genomi fra loro scambiando frammenti delle rispettive sequenze. In questo modo otteniamo i genomi della generazione successiva, che è di nuovo messa alla prova. E così via per decine o centinaia di generazioni. In poche generazioni le prestazioni migliorano molto, e in meno di 100 gran parte dei robot non urta più i muri.

## Fate anche esperimenti più complessi...

Certo. Per esempio con reti neurali più elaborate, in cui il numero di neuroni può evolvere, e ci sono neuroni che non trasmettono l'informazione ma regolano l'attività degli altri. In questo modo



simuliamo anche l'apprendimento, sia per verificare ipotesi biologiche sui suoi meccanismi, sia perché sogno di arrivare a robot capaci di cavarsela in ambienti in parte sconosciuti, grazie a capacità di apprendimento molto potenti che l'evoluzione ha ottimizzato per le loro caratteristiche.

Inoltre studiamo le interazioni fra robot, come nella coevoluzione preda-predatore, in cui non c'è una strategia fissa ma emergono di continuo comportamenti nuovi e sofisticati. O indagiamo quali condizioni favoriscono i comportamenti cooperativi e quali quelli egoistici. Così, abbiamo verificato che cooperazione e altruismo possono evolversi in organismi con capacità cognitive molto semplici. Non pretendiamo di replicare la complessità dei fenomeni biologici, ma possiamo dire almeno quali sono le condizioni minime per realizzarli.

**Ci sono software sofisticati che simulano i processi evolutivi in mondi virtuali. Perché complicarsi la vita con i robot?**

Cortesia USC/EPL, Swamii-holis project (robot in questa pagina e a fianco); cortesia Floreano (Floreano)

## CHI È



**Dario Floreano** dirige il Laboratory of Intelligent Systems e il Swiss National Center of Competence in Robotics alla Ecole Polytechnique Fédérale di Losanna (EPFL). Dopo la laurea in scienze cognitive nel 1988 all'Università di Trieste e un PhD in robotica evolutiva nel 1995

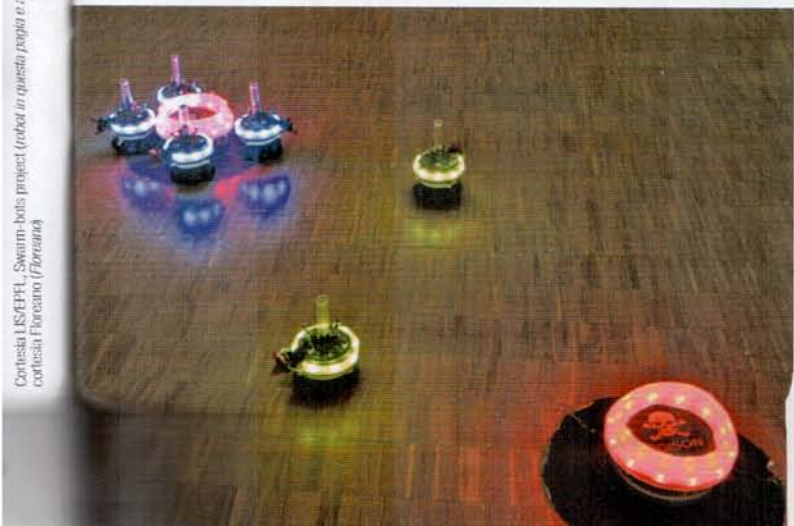
sempre a Trieste, e altri studi all'estero, dal 1996 lavora all'EPFL sulla robotica e l'intelligenza artificiale bioispirata.

**È tra i fondatori** della International Society for Artificial Life, e consulente della Commissione Europea per le tecnologie emergenti.

**Ha pubblicato** quasi 200 articoli scientifici, ed è coautore o curatore di numerosi libri, fra cui *Flying Insects and Robots* (Springer Verlag, 2009). Ha partecipato al comitato editoriale di dieci riviste internazionali ed è stato organizzatore o relatore di oltre 100 conferenze.



**Cooperazione e competizione.** Alcuni robot progettati da Floreano per esperimenti di evoluzione artificiale. In alto cooperano per superare ostacoli, in basso competono per una fonte di energia.



Me lo chiedono anche molti colleghi. Ma il vantaggio è proprio che il robot ha un corpo che pone dei vincoli: ha i sensori in certe posizioni, limiti nei movimenti... E la massa, l'inerzia o la collisione tra robot possono incanalare l'evoluzione su certi percorsi invece di altri, un'eventualità che non vediamo con i puntini in uno spazio virtuale.

Per esempio in uno studio sulla comunicazione i robot si parlavano con luci colorate, ma in certe condizioni si ingannavano, chiamando gli altri verso una fonte di cibo (una zona di ricarica della batteria) o allertandoli su un pericolo (zona che la scarica) che non c'erano. All'inizio non capivamo perché si mantenesse questa situazione, che si ritrova anche in natura. Poi ci siamo accorti che la causa era la percezione limitata dell'ambiente, che portava i robot a crederci in una situazione diversa da quella reale. Con un sistema di visione ideale non sarebbe successo.

**L'evoluzione serve anche a produrre robot migliori di quelli progettati dall'uomo?**

Difficile dirlo. Se riguardo tutti i robot che abbiamo fatto evolvere, posso sempre dire: beh, questo potevo farlo anch'io. Ma è l'uovo di Colombo: esplorando una gamma vastissima di possibilità, l'evoluzione trova sempre soluzioni ovvie con il senno di poi, ma che sarebbe stato difficile ideare a tavolino.

**Per esempio?**

Produciamo, tra l'altro, robot volanti. La protezione civile svizzera ci ha chiesto di usarli per un sistema di comunicazione che in caso di catastrofi sostituisca gli attuali ripetitori su camion, lenti da spostare. Ci hanno chiesto di progettare una rete di ripetitori radio da portare nello zaino e lanciare in volo uno dietro l'altro, capaci di rilevare i soccorritori sul terreno e creare ponti radio dinamici.

Per creare un sistema di controllo con cui i robot decidono come disporsi nell'aria via via che si spostano, li abbiamo fatti evolvere in simulazioni che riproducono i movimenti dei soccorritori. Abbiamo ottenuto un sistema semplice ed efficace a cui non avevamo mai pensato prima, che ora è in via di dimostrazione.

**Questi studi coinvolgono anche i biologi?**

Sì, sempre di più. Lavoro con genetisti, evolutivisti, neuroscienziati ed etologi, oltre che con informatici e ingegneri. E da 3-4 anni i nostri lavori cominciano ad attirare l'interesse della comunità dei biologi, tant'è che pubblico su riviste come «PLoS Biology».

Ci avevo sempre sperato, perché pensavo che avremmo potuto rispondere ad alcune domande dei biologi, i quali però sono sempre stati sospettosi. Vedevano i robot come troppo artificiali, una complicazione inutile. Solo l'ultimissima generazione ha cominciato a incuriosirsi, impraticarsi e accettare i risultati. Anche perché i robot sono sempre più semplici da usare.