

## ROBOT COME PSICOLOGIA

DOMENICO PARISI

*Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, Consiglio Nazionale delle Ricerche*

Che cosa è un robot? Un robot è qualcosa che abbiamo costruito noi e che somiglia fisicamente a un organismo vivente, a un animale o a un essere umano, e si comporta come un organismo vivente. Perché costruiamo robot? Costruiamo robot perché i robot sono divertenti e piacciono alla gente e perché possono avere applicazioni pratiche, e perciò hanno un valore economico.

Ma i robot qui non ci interessano perché colpiscono la nostra immaginazione o per le loro applicazioni pratiche ma per un'altra ragione. I robot ci interessano in quanto sono un nuovo modo di fare psicologia, sono una nuova psicologia. Come tutte le scienze, la psicologia cerca di conoscere e di capire i fenomeni della realtà mediante l'osservazione empirica e la formulazione di teorie. I fenomeni che interessano gli psicologi sono il comportamento degli organismi, le loro capacità e, per quegli organismi che ce l'hanno, come gli esseri umani, la loro vita psichica. Gli psicologi osservano come si comportano gli organismi usando una grande varietà di metodi: l'osservazione diretta del comportamento spontaneo, ad esempio dei bambini o degli animali, gli esperimenti di laboratorio, l'uso di test e di questionari, i colloqui clinici. E propongono teorie e modelli che ipotizzano entità, meccanismi e processi che stanno dietro ai fenomeni e li spiegano. Questo è quello che la psicologia fa da circa centocinquanta anni. I robot sono un nuovo modo di fare psicologia. Se io sono uno psicologo e mi interessa un certo comportamento, una certa capacità, un certo aspetto della vita psichica, quello che debbo fare è costruire un robot che si comporta in quel modo, che ha quella capacità, che dimostra di possedere quell'aspetto della vita psichica. Il mio successo si misura dalla mia capacità di costruire un tale robot. Se riesco a costruire un robot che si comporta come l'organismo che mi interessa studiare e capire, allora posso pensare che i principi che ho seguito nel costruire il robot siano gli stessi che governano il comportamento dell'organismo, e quindi posso dire di aver capito l'organismo.

La novità dei robot riguarda specificamente le teorie e i modelli della psicologia. Ho già detto che la psicologia, come ogni scienza, lavora con due strumenti: l'osservazione empirica dei fenomeni e la formulazione di teorie. Una buona scienza usa tutti e due questi strumenti, e anzi cerca di stabilire un dialogo costante e serrato tra osservazioni empiriche e teorie. Le osservazioni empiriche suggeriscono teorie e spiegazioni; le teorie generano predizioni che debbono trovare un riscontro nelle osservazioni empiriche. La psicologia che lavora costruendo robot ha bisogno delle osservazioni empiriche come la psicologia tradizionale. Una volta costruito il robot, debbo verificare che si comporti

come l'organismo reale, e si ci sono differenze, debbo modificare il robot fino a fare scomparire le differenze. Quindi l'osservazione empirica degli organismi reali rimane una necessità imprescindibile anche per lo psicologo che costruisce robot: altrimenti, con che cosa confronta il robot? La novità riguarda l'altro aspetto della scienza, le teorie e i modelli. Qui non facciamo una distinzione netta tra le teorie e i modelli – anche se le teorie tendono ad essere formulazioni più generali e i modelli applicazioni delle teorie a fenomeni specifici – e parliamo per brevità di teorie intendendo sia teorie che modelli. Tradizionalmente in psicologia le teorie sono espresse a parole o, in qualche caso raro, con i simboli e le formule della matematica. Le parole che compaiono nelle teorie degli psicologi sono sensazione, percezione, attenzione, memoria, rappresentazione, scopo, intenzione, decisione, comunicazione, cooperazione, competizione, ecc. Se si fa psicologia costruendo robot, le teorie sono espresse con il robot, sono incorporate nel robot, sono i principi in base ai quali il robot viene costruito e funziona. Si tratta di una traduzione operativa delle teorie, di una loro espressione, per così dire, meccanica. Un robot è fatto di un corpo e di un 'sistema di controllo' del suo comportamento, analogo a quello che negli organismi reali è il sistema nervoso. La teoria con la quale voglio spiegare un certo comportamento o una certa capacità o un certo aspetto della vita psichica, è espressa nel corpo del robot e nel suo sistema di controllo. Il tradizionale vocabolario teorico della psicologia, le tradizionali teorie formulate verbalmente dalla psicologia, scompaiono. Le teorie sono i robot. Questa è la novità dei robot come psicologia.

Perché questo è un fondamentale passo avanti per la psicologia? In psicologia ci sono teorie e modelli ma ci sono spesso anche dati empirici, osservazioni e risultati di esperimenti, che sono semplicemente dati empirici, senza una teoria o un modello che li spieghi. Molti psicologi fanno esperimenti e basta, senza preoccuparsi di dire quale teoria o quale modello fa delle previsioni empiriche che potrebbero essere confermate o smentite dai risultati dei loro esperimenti. Se uno fa psicologia costruendo robot, questo modo di procedere soltanto empirico non è più possibile. Costruire un robot obbliga a formulare una teoria o un modello dato che i principi in base al quale il robot è costruito sono una teoria o un modello. Questo è un importante passo avanti per la psicologia perché, come abbiamo detto, la buone scienze sono le scienze che hanno sia dati empirici che teorie, e non soltanto dati empirici.

Ma c'è un'altra ragione perché fare psicologia costruendo robot fa fare un passo avanti alla psicologia. In psicologia le teorie, quando ci sono, sono quasi sempre espresse a parole o, al massimo, con schemi grafici e riferimenti un po' metaforici a come funziona un computer, e perciò tendono ad essere vaghe, ambigue, insufficientemente dettagliate, potenzialmente incomplete, e soprattutto non è chiaro quali sono le previsioni empiriche che si possono derivare da esse. Per cui spesso quello di cui si discute, spesso in modo inconcludente e senza mai arrivare a conclusioni certe e definitive, è quale è il significato dei termini usati, se una previsione che qualcuno vuol far derivare da una teoria ne deriva effettivamente, se una teoria è convincente o no in base a delle pure

argomentazioni. Esprimere una teoria costruendo un robot cambia tutto questo. Se una teoria deve essere espressa sotto forma di un robot che intendiamo effettivamente costruire, la teoria non può essere vaga, ambigua, con insufficienti dettagli, mancante di parti, perché, se è così, il robot non può essere costruito o, anche se riusciamo a costruirlo, non funziona come ci aspettiamo che funzioni.

Un altro vantaggio di formulare le teorie incorporandole nei robot è che i comportamenti del robot costituiscono le previsioni empiriche derivanti dalla teoria usata per costruire il robot. Perciò formulare una teoria costruendo un robot fa sì che la teoria generi necessariamente, incontrovertibilmente, un grande numero di previsioni empiriche: tutti i comportamenti del robot. Questo è un altro importante vantaggio per la scienza. Le teorie matematiche, quelle che si presentano sotto forma di equazioni, sono così efficaci nella scienza (vedi la fisica) perché i loro concetti sono necessariamente precisi e non ambigui in quanto sono espressi mediante numeri e altri simboli matematici, e poi perché da un'equazione si possono derivare un grande numero di previsioni empiriche in modo puramente meccanico, e quindi incontrovertibile. Ad esempio, dalla equazione che descrive come si muovono i corpi, si possono derivare un numero praticamente infinito di specifiche previsioni empiriche su come si muoverà un certo specifico corpo in certe specifiche condizioni. Il problema è che in psicologia raramente le teorie possono avere forma matematica. I robot sono una soluzione per questo problema. I robot sono un modo per formulare le teorie psicologiche con lo stesso rigore e la stessa capacità di generare previsioni delle teorie matematiche, ma con il vantaggio che ogni comportamento, ogni abilità, ogni aspetto della vita psichica può essere riprodotto in un robot. I robot sono strumenti per pensare. Qualcuno ha detto: *Cerca le parole e troverai i pensieri*. Oggi si può dire: *Costruisci un robot e troverai i pensieri*. Costruire un robot, o anche soltanto cercare di costruirlo, obbliga a rendere esplicita, precisa, quantificabile, ogni idea e ogni ipotesi o modello di spiegazione. Il robot è un giudice severo. Se l'idea o il modello sono intrinsecamente vaghi o non funzionano, il robot non può essere costruito o, anche se viene costruito, non funziona come dovrebbe. La sfida rivolta allo psicologo è: sai costruire un robot che funzioni sulla base della tua teoria o sulla base del tuo modello?

E poi c'è un terzo vantaggio di formulare teorie costruendo robot. La psicologia è una disciplina molto frammentata, con settori di ricerca molto diversi tra loro e a diversi stadi di avanzamento. La psicologia sperimentale usa un metodo di ricerca, gli esperimenti di laboratorio, notoriamente molto solido, e riesce a stabilire un minimo di interazione sistematica tra modelli e dati empirici, ma gli altri settori della psicologia usano metodi empirici molto più problematici e hanno teorie e modelli solo vagamente collegati con i fatti empirici. E la psicologia è frammentata anche dal punto di vista teorico, con teorie diverse per i diversi aspetti del comportamento e modelli particolari per ogni particolare fenomeno. I robot sono un'unica metodologia per tutta la psicologia. Ogni aspetto del comportamento e della mente può e deve essere affrontato costruendo robot: la capacità cognitive, le motivazioni e le emozioni, le immagini

mentali, i ricordi, i pensieri, i sogni, i comportamenti sociali e comunicativi, i disturbi del comportamento sia del tipo neurologico che psichiatrico e psicologico. Una volta costruito un robot, al robot si può chiedere di farci vedere quali sono le sue capacità, quali sono le sue motivazioni e le sue emozioni, se ha e in che cosa consistono le sue immagini mentali, i suoi ricordi, i suoi pensieri e i suoi sogni, come si comporta con gli altri robot, in quali diverse forme e per quali diverse cause il suo comportamento e la sua vita psichica possono risultare disturbati. Perciò i robot costituiscono un potente fattore di unificazione della psicologia: obbligano a studiare ogni aspetto del comportamento e della vita psichica usando una stessa piattaforma metodologica.

Ma i robot non sono soltanto una innovazione metodologica. I robot spingono la psicologia in una specifica direzione, e cioè verso un maggiore integrazione con la biologia. Tutti gli psicologi sono d'accordo che gli esseri umani sono entità biologiche, sono il risultato di una lunga storia di evoluzione biologica, e che il comportamento è un prodotto del sistema nervoso. Ma poi in pratica le divisioni disciplinari – ma anche le riserve ideologiche e culturali – tengono la psicologia separata dalla biologia, dalla biologia evuzionistica e dalla genetica, dalle neuroscienze, dalla anatomia e dalla fisiologia, dalla biologia cellulare e molecolare. I robot come metodologia per fare psicologia cambiano questo stato di cose. Un robot è qualcosa di fisico, ed è qualcosa di soltanto fisico. Il robot ha un corpo con una data forma, date dimensioni, un dato corredo e una data disposizione degli organi sensoriali e di quelli motori. E la morfologia del corpo del robot condiziona il suo comportamento. Ma la fisicità del robot non riguarda soltanto la sua forma esterna. Il comportamento del robot è controllato da un sistema che, nei robot che qui ci interessano, riproduce la struttura fisica e il modo di funzionare fisico del sistema nervoso: una rete neurale (artificiale). Una rete neurale è un insieme di unità (neuroni) collegate tra loro da connessioni (sinapsi tra neuroni). Le connessioni possono essere eccitatorie o inibitorie (tipi diversi di molecole chiamate neurotrasmettitori prodotte dal neurone pre-sinaptico e che vanno ad influenzare il livello di attivazione del neurone post-sinaptico) e possono avere *pesi* quantitativi diversi (numero di recettori molecolari posti sulla membrana esterna del neurone post-sinaptico) che si modificano con l'esperienza (apprendimento). In ogni determinato momento ogni unità della rete ha un certo livello di attivazione (ritmo di sparo di impulsi nervosi da parte del neurone) che, nel caso delle unità di input (neuroni sensoriali), dipende da eventi esterni al sistema nervoso, e nel caso delle unità di output (neuroni motori) e delle unità interne che collegano le unità di input a quelle di output (neuroni interni), dipende dalla somma delle eccitazioni e inibizioni che giungono a ciascuna unità dalle altre unità con cui è collegata. La rete neurale, basicamente, funziona nel seguente modo: per cause fisiche o chimiche esterne al sistema nervoso si determina un pattern di attivazione nelle unità di input della rete, questo pattern di attivazione viene trasformato dalle connessioni sinaptiche in una serie di altri pattern di attivazione nei diversi strati di unità interne, fino a che si determina un pattern di attivazione nelle unità di output. Il pattern di attivazione delle unità di output causa un determinato

movimento di una qualche parte del corpo del robot.

Quali sono le implicazioni del fatto che il sistema di controllo dei robot è una rete neurale? Le implicazioni sono che le teorie della psicologia, tutte le teorie della psicologia, debbono essere formulate in termini strettamente neurali, cioè in termini che fanno riferimento unicamente a come è fatto e come funziona il sistema nervoso. Il vocabolario teorico della psicologia cessa di essere il tradizionale vocabolario fatto di parole come sensazione, percezione, attenzione, memoria, inconscio, ecc. Possiamo costruire una teoria o un modello di quello che chiamiamo sensazione, percezione, attenzione, memoria, inconscio, ecc., ma la nostra teoria o il nostro modello debbono fare riferimento soltanto a quello che c'è nel sistema nervoso: neuroni, sinapsi tra neuroni, forza delle sinapsi, natura eccitatoria o inibitoria delle sinapsi, ritmo di sparo di impulsi nervosi da parte dei neuroni, cambiamenti nei pesi sinaptici tra neuroni, ecc. Una teoria psicologica non può più fare riferimento a entità o a processi psicologici ma deve fare riferimento soltanto a entità e processi neurali.

Ma il collegamento che i robot stabiliscono tra la psicologia e la biologia non si limita alla morfologia esterna del corpo e al sistema nervoso. Il corpo di un organismo non ha soltanto una morfologia esterna. Il corpo di un organismo contiene al suo interno una serie di organi e di sistemi al di là del sistema nervoso, e in particolare i muscoli che inviano input sensoriali al sistema nervoso e i sistemi endocrino e quello immunitario con il quale il sistema nervoso è in costante interazione. Le interazioni tra il sistema nervoso e questo ambiente interno sono critiche per spiegare soprattutto gli aspetti motivazionali e emotivi del comportamento. La robotica fino ad oggi è stata soprattutto una robotica esterna, cioè una robotica della morfologia esterna del corpo e delle interazioni del sistema di controllo del robot con l'ambiente esterno al robot. La robotica come psicologia invece deve essere anche una robotica interna, che doti il corpo del robot di specifici organi e sistemi interni e che faccia interagire il sistema di controllo del robot con questi organi e sistemi interni. Questo richiede una più ampia integrazione della psicologia con la biologia in quanto, mentre le reti neurali fanno riferimento fondamentalmente alla biologia cellulare, dato che le unità di una rete neurale corrispondono alle cellule nervose, le interazioni del sistema nervoso con il resto del corpo sono interazioni soprattutto di carattere molecolare, e quindi chiedono alla robotica di fare i conti con la biologia molecolare.

I robot non solo hanno un corpo ma il loro corpo interagisce fisicamente con l'ambiente esterno, ricevendo input sensoriali causati da eventi e processi fisici e chimici presenti nell'ambiente esterno e producendo movimenti che causano modifiche nell'ambiente esterno (ad esempio manipolazioni dell'ambiente esterno o produzione di suoni) o modifiche nelle relazioni tra il corpo del robot e l'ambiente esterno (quando il robot si sposta nello spazio o muove la testa o gli occhi). Perciò una psicologia robotica è necessariamente una psicologia ecologica, cioè una psicologia che spiega il comportamento non solo in termini di quello che sta dentro al corpo dell'organismo, e in particolare il suo sistema nervoso, ma anche in funzione del particolare ambiente

in cui l'organismo si trova a vivere e con cui si trova a interagire. L'ambiente in cui vivono e con cui interagiscono i robot deve corrispondere all'ambiente in cui vive una particolare specie di organismi, quella che ci interessa studiare. Ad esempio, nel caso degli esseri umani l'ambiente contiene oggetti fisici, altri animali, altri esseri umani, gli artefatti tecnologici prodotti dagli esseri umani.

Il punto di vista ecologico intrinseco all'uso dei robot come metodo di ricerca in psicologia rappresenta un altro vantaggio per la psicologia. Il metodo di ricerca più potente che la psicologia ha a disposizione sono gli esperimenti di laboratorio, ma gli esperimenti di laboratorio hanno il difetto che isolano il comportamento dalle normali condizioni in cui il comportamento viene manifestato. Questo, quando si fanno esperimenti, è una necessità perché solo in questo modo lo sperimentatore può avere il completo controllo del fenomeno e può decidere come variare le condizioni per poter osservare gli effetti delle variazioni create da lui o da lei. Il carattere non ecologico del metodo sperimentale non ha conseguenze negative nelle scienze della natura, cioè in fisica, in chimica e in buona parte della biologia, perché nelle scienze della natura i fenomeni possono essere isolati dal contesto in cui avvengono senza cambiarne le caratteristiche essenziali. In psicologia le cose non stanno così. In psicologia i fenomeni dipendono dal contesto in cui avvengono, i comportamenti sono una risposta a specifiche condizioni ambientali, e eliminando l'ambiente si rischia di eliminare i fenomeni. Un 'soggetto' sperimentale, quando entra in laboratorio deve smettere di agire in modo autonomo, deciso da lui, come agiscono normalmente gli esseri umani, e deve semplicemente rispondere alle istruzioni dello sperimentatore. Con i robot le cose sono diverse perché un robot può e deve agire in modo autonomo nel suo ambiente.

Un ultimo vantaggio della robotica per la psicologia è che la robotica ha un approccio intrinsecamente 'genetico' alla spiegazione dei fenomeni, dove genetico qui vuol dire ritenere di aver capito un fenomeno quando si è ricostruita la sua genesi, cioè la sua origine e il modo in cui è diventato quello che è. Il comportamento dei robot non può essere programmato. Come abbiamo visto, il comportamento dei robot è controllato da una rete neurale e una rete neurale non può essere programmata. Una rete neurale si comporta in un certo modo, producendo un certo output in risposta a un certo input, come conseguenza dei *pesi* quantitativi delle sue connessioni sinaptiche. Ma è impossibile per il ricercatore sapere quale specifico insieme di *pesi* sinaptici produrrà un certo comportamento in una rete neurale. La sola strada per il ricercatore è fare come fa la natura. In natura nessuno progetta e costruisce gli organismi o il loro sistema nervoso. Gli organismi e il loro sistema nervoso si sviluppano da soli nel tempo, con l'evoluzione biologica una generazione dopo l'altra, e con l'apprendimento nel corso della vita del singolo individuo. Per questo la robotica che serve alla psicologia è una robotica evolutivista, dove popolazioni di robot, uno diverso dall'altro, si riproducono selettivamente e con l'aggiunta costante di nuove varianti individuali, e una robotica basata sullo sviluppo e sull'apprendimento del singolo robot nel corso della sua vita. Nel caso degli esseri umani la robotica evolutivista crea le pre-condizioni, codificate

nel genotipo della specie, che permettono alla robotica dell'apprendimento di sfruttare l'esperienza per sviluppare i comportamenti e le capacità cognitive, comunicative, tecnologiche e sociali, tipiche della specie umana.

La psicologia fatta costruendo robot è ancora, largamente, una prospettiva per il futuro, anche se la ricerca comincia a muovere i primi passi. Ci sono molti ostacoli da superare, e concluderò questo scritto dicendo quali sono questi ostacoli.

I robot oggi vengono costruiti soprattutto per scopi pratici e per fini economici, ed è solo per questo che chi costruisce robot riesce ad avere le risorse economiche necessarie per costruirli. Fino a che non si riconoscerà chiaramente che i robot possono essere un importante strumento di semplice conoscenza del comportamento degli organismi reali, non ci sarà una psicologia robotica.

Anche coloro che costruiscono robot avendo interessi puramente conoscitivi, troppo presi dalla complessa attività di costruzione dei robot, finiscono per non dedicare abbastanza tempo a confrontare i comportamenti e le capacità dei robot con quello che la psicologia sa e continua a scoprire sui comportamenti e le capacità degli organismi reali – mentre, come abbiamo visto, questo confronto è essenziale se i robot debbono essere strumenti di una scienza.

Vi sono poi molti aspetti del comportamento e delle capacità, specialmente degli esseri umani, che non avendo interesse sul piano pratico tendono ad essere ignorati dalla robotica. Un esempio è la robotica interna di cui abbiamo già parlato. La robotica interna consiste nel dotare il corpo del robot di organi e sistemi interni simili a quelli degli organismi reali, e questo è essenziale se si vogliono capire le motivazioni e le emozioni degli organismi. Dai robot aventi scopi pratici ci aspettiamo soprattutto capacità e prestazioni, non motivazioni e emozioni, e anzi le motivazioni e le emozioni ci sembrano degli ostacoli ai nostri obiettivi pratici.

Un altro esempio è la robotica mentale, cioè la costruzione di robot che non si limitano a rispondere agli stimoli esterni con comportamenti rivolti verso l'esterno ma hanno immagini mentali, ricordi, pensieri, sogni, capacità di attenzione e di consapevolezza, e hanno una vita mentale e non solo una vita esterna. Se i nostri scopi sono pratici, perché dovremmo costruire robot dotati di una vita mentale? Invece la robotica mentale è uno degli sviluppi più importanti della robotica come psicologia. La robotica mentale spiega perché gli eventi mentali sono privati mentre l'ambiente esterno e i comportamenti sono pubblici: gli eventi mentali sono effetti di cause interne al corpo che, per ragioni puramente fisiche, possono produrre effetti nel sistema nervoso di un singolo individuo, mentre i comportamenti e gli oggetti esterni producono effetti nei sistemi nervosi di più individui. La robotica mentale mira a costruire robot capaci di auto-generare le loro esperienze e di rispondere a queste esperienze auto-generate, invece di aspettare che l'ambiente esterno crei in loro delle esperienze.

Un altro esempio ancora è la robotica patologica. Esiste tutta una casistica di disturbi del comportamento, delle capacità, della vita psichica, classificati da un lato come neurologici e dall'altro come psichiatrici e psicologici. Mentre la psicologia, in

quanto scienza biologica, sa che la conoscenza degli stati non funzionali dei sistemi biologici è essenziale per capire i loro stati funzionali e normali, la robotica con obiettivi puramente ingegneristici e pratici tende ad ignorare i disturbi del comportamento dato che in essi non vede altro che ostacoli alle prestazioni dei robot e riduzioni della loro efficienza.

E infine c'è la robotica sociale. Oggi comincia ad esserci una robotica collettiva, cioè la costruzione di insiemi di robot che si coordinano e collaborano tra loro per svolgere compiti che nessun singolo robot sarebbe in grado di svolgere da solo. Ma la robotica collettiva ha ancora fondamentalmente scopi pratici e per questo studia e riproduce nei robot la socialità molto semplice degli insetti, non quella più complicata degli esseri umani. Gli esseri umani hanno una socialità in cui non esiste soltanto cooperazione, come accade fondamentalmente nelle formiche e nelle api, ma esistono anche contrasti e competizione, e se lo scopo pratico è la collaborazione tra robot che mi interessa, non gli innumerevoli problemi che notoriamente emergono dai contrasti e dalla competizione tra gli esseri umani.

Un ultimo ostacolo è che gli psicologi, cioè coloro che per mestiere cercano di conoscere e di capire il comportamento degli organismi, non solo si debbono convincere che i robot sono per loro una interessante metodologia di ricerca ma debbono impadronirsi degli strumenti tecnici necessari per costruire robot – tutte e due cose non facili.

Come si vede i problemi non mancano a sviluppare una nuova scienza del comportamento basata sulla metodologia della costruzione di robot. Eppure i vantaggi di adottare una tale metodologia che abbiamo discusso in questo lavoro fanno ritenere che questa sarà la direzione che prenderà la scienza del comportamento del futuro.