

ROBOT, ANDROIDI E CYBORG: AUTOMI CHE OPERANO PER NOI E CI INTERROGANO

Intervista ad Alessandro Vato*

a cura di Mario Gargantini** e Roberto Sanvito***

Stiamo assistendo a una rapida crescita della presenza della robotica, e della tecnologia avanzata in genere, nella nostra vita quotidiana. Dovremo imparare a convivere con le più diverse forme di robot, androidi e cyborg, cercando di conoscerli bene e di comprendere meglio il senso di concetti come «autonomia» o «intelligenza» applicati alle macchine. Cercando anche di non evadere le numerose domande che la loro invadenza fa emergere; senza schematismi e senza preclusioni né ingenuità.

* Bioingegnere e ricercatore. Attualmente è responsabile del laboratorio di "Neural Computer Interaction" presso l'Istituto Italiano di Tecnologia di Rovereto (TN)

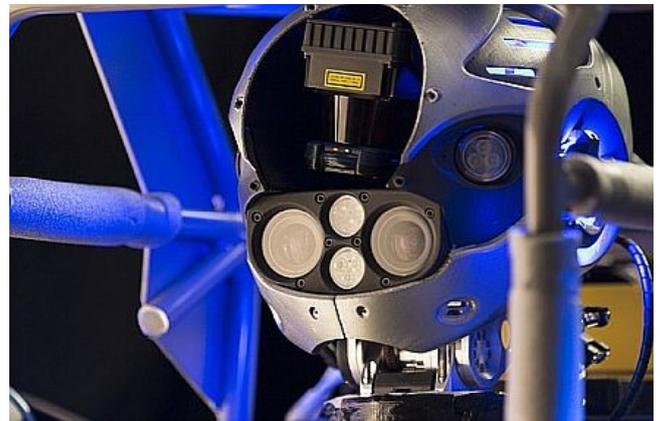
** Mario Gargantini
(Direttore della rivista [Emmeclquadro](#))

*** Roberto Sanvito
(Redazione della rivista [Emmeclquadro](#))

Il nostro mondo si sta sempre più popolando di automi, di macchine che operano autonomamente e intervengono in un numero crescente di attività a volte sostituendosi agli operatori umani, a volte affiancandoli o integrandone le funzioni.

Il fenomeno è denso di conseguenze a molti livelli: da quello economico, a quello socioculturale e certamente a quello educativo. Ma per discutere adeguatamente delle conseguenze è necessario conoscere bene i termini della questione, sapere per esempio riconoscere le diverse tipologie di «automi», le loro potenzialità e i loro limiti.

Per questo abbiamo incontrato Alessandro Vato, bioingegnere e ricercatore, responsabile del laboratorio di *Neural Computer Interaction* presso l'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT) di Rovereto (TN) e autore del libro *Arrivano i cyborg. Dove neuroscienze e bioingegneria si incontrano* (Hoepli).



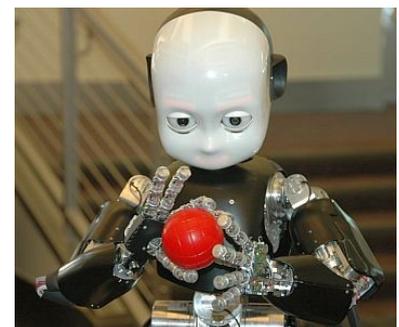
Si sente parlare sempre più frequentemente di robot, androidi e cyborg: come si è arrivati a queste diverse concezioni di automi e cosa le differenzia?

Per rispondere a questa domanda bisogna innanzitutto comprendere di cosa si tratta e quali differenze esistono fra un robot, un androide e un cyborg.

Com'è facile immaginare, un tema così affascinante ha ispirato numerosissimi racconti di fantascienza, spesso trasformati anche in film di successo che affrontano il tema del rapporto tra gli uomini e i robot da differenti punti di vista, sviscerandone le problematiche e le possibilità future. Perciò quando si affronta questo argomento non si può fare a meno di pensare ai vari *Terminator*, *Robocop* oppure, per chi è più avanti con l'età, all'*Uomo da Sei Milioni di Dollari*.

Bisogna quindi stare attenti a non fare confusione tra scienza e fantascienza, delineando con precisione quello che è stato già realizzato rispetto a quello che invece rappresenta un possibile scenario futuro.

Vediamo quindi da subito quali sono le caratteristiche principali di ciascuna tipologia



di automa. Innanzitutto se cercassimo sul dizionario il termine *automa*, troveremo che viene utilizzato comunemente per descrivere una «macchina che riproduce i movimenti (e in genere anche l'aspetto esterno) dell'uomo e degli animali».

Questa definizione quindi si può applicare solo agli androidi e non alle altre due categorie. Il termine robot deriva da *robota*, una parola cecoslovacca che indica *lavoro pesante* e che probabilmente ha origine da un'altra parola slava, *rabota*, che vuole dire *servitù*.

L'origine stessa della parola suggerisce che fin dall'inizio i robot sono stati pensati e progettati con lo scopo di sostituire gli uomini nei lavori pesanti e ripetitivi in modo tale da poterli portare a termine dagli stessi robot in maniera autonoma. Se volessimo fornire una definizione più generale possibile di robot, potremmo descriverlo come un manipolatore in tre o più assi, multifunzione, controllato automaticamente, programmabile, che può essere fisso o mobile.

Questa definizione bene si adatta ai robot utilizzati nell'industria, per intenderci quelli che potremmo trovare facilmente dentro uno stabilimento in cui si costruiscono automobili o si assemblano dispositivi elettronici.



Quando invece si deve parlare di androidi e di cyborg?

Quando i robot assumono forme e funzionalità simili a quelle di un essere umano e quindi possiamo facilmente riconoscere una testa, un corpo, due gambe e due braccia, allora vengono chiamati androidi o robot umanoidi con un evidente richiamo all'essere umano.

L'idea di dare ai robot una forma umanoide nasce dalla necessità di sviluppare robot che possano muoversi e interagire nel nostro stesso ambiente e che quindi possano spostarsi in modo autonomo, manipolare e afferrare degli oggetti, essere dotati di un sistema visivo e tattile simile al nostro e di un tipo di *intelligenza* che gli permetta di interpretare le varie situazioni prendendo delle decisioni autonome.

Questa è l'idea che sta alla base dello sviluppo dei robot umanoidi e di cui troviamo le prime tracce già nel lontano 1495 grazie ai disegni di Leonardo da Vinci, dove troviamo il progetto per la costruzione di un cavaliere meccanico che potesse compiere movimenti complessi.

Quando invece parliamo di cyborg, ci riferiamo a esseri umani che hanno all'interno o all'esterno del proprio corpo degli elementi artificiali. Da questo punto di vista chi ha un pacemaker o una valvola cardiaca può essere considerato a tutti gli effetti un cyborg.

Se però vogliamo rimanere nell'ambito della robotica, possiamo prendere in considerazione un caso particolare come quello di una persona che, a causa di un incidente stradale, ha perso una mano che viene sostituita da una mano robotica perfettamente funzionante e controllata direttamente dal paziente attraverso l'utilizzo del segnale elettrico prelevato direttamente dai nervi ancora presenti nella parte del braccio restante.

Si tratta quindi di soggetti umani forniti di supporti artificiali capaci di interagire direttamente con il sistema nervoso centrale o periferico, a seconda delle diverse applicazioni.

Per ciascuna di queste tre tipologie, quali sono le potenzialità operative e qual è il livello di interazione con l'umano? E quali i principali ambiti di utilizzo?

Se, per semplicità, non enumeriamo le numerosissime applicazioni della robotica in ambito industriale, possiamo affermare che lo sviluppo dei robot riguarda principalmente tre aree di azione.

Per prima cosa possiamo prendere in considerazione i robot che, con diversi gradi di autonomia, sono stati progettati per sostituire gli esseri umani in condizioni estreme o pericolose. Ne sono un esempio i veicoli spaziali mandati a esplorare nuovi pianeti, i robot che vengono utilizzati dagli artificieri per disinnescare gli ordigni esplosivi oppure i droni che vengono utilizzati in missioni militari. In questo caso l'interazione con gli esseri umani avviene a distanza con apparecchiature che possono controllarne il movimento e, allo stesso tempo, possano elaborare in modo rapido le informazioni acquisite dai sensori con cui sono equipaggiati.

Un ambito che si sta sviluppando molto in questi ultimi anni è la robotica riabilitativa il



cui scopo principale è quello di fornire sistemi che possano aiutare il processo riabilitativo motorio, sensoriale e cognitivo di pazienti che hanno perso queste funzionalità a causa di eventi traumatici o per malattie neurodegenerative.

In questo caso la robotica può fornire un supporto importante a fisioterapisti e medici fornendo sistemi capaci di ripetere in modo preciso determinati movimenti, monitorando in modo quantitativo dettagliato i miglioramenti acquisiti dal paziente. In questa categoria possiamo anche comprendere sistemi come gli esoscheletri robotici che, per esempio, supportano i pazienti che hanno difficoltà di locomozione. Tali dispositivi sono in grado di modulare in maniera intelligente la loro azione durante le varie fasi del protocollo riabilitativo, interagendo in modo stretto con il paziente di cui riescono a riconoscere e valutare i miglioramenti raggiunti.

Un nuovo ambito di applicazione della robotica moderna riguarda i robot sviluppati per aiutare le persone nei compiti più semplici della vita quotidiana con particolare attenzione agli anziani e alle loro esigenze.

Oltre ai vari sistemi autonomi già in commercio come tagliaerba o aspirapolveri, i grandi colossi della robotica specialmente giapponesi e americani, hanno progettato dei robot umanoidi in grado di assistere gli anziani nella loro vita quotidiana aiutandoli ad alzarsi dal letto, a mangiare, a pulire la casa oppure fornendogli un supporto semplice ed efficace per fare videoconferenze con i parenti lontani o per interagire con medici e infermieri a distanza.

Anche in questo caso l'interazione uomo-macchina è massima con tutti i problemi che questo comporta in termini di sicurezza e stabilità dei sistemi.

E i cyborg?

Per quanto riguarda i cyborg, le cose sono ancora più complicate poiché in questo caso l'interazione tra l'uomo e la macchina avviene a un livello molto più profondo attraverso elettrodi impiantati o direttamente nella corteccia oppure in modo meno invasivo e più periferico con elettrodi che contattano i nervi o i muscoli degli arti interessati.

Possiamo citare l'esempio di una paziente completamente paralizzata che utilizzando un sistema di interfaccia cervello-macchina basato sui segnali cerebrali registrati direttamente dalla corteccia motoria, dopo un'opportuna elaborazione e manipolazione da parte di un computer, è riuscita a far muovere un braccio robotico con nove gradi di libertà riuscendo ad afferrare un bicchiere, portandoselo alla bocca.

Se i ricercatori riusciranno a risolvere i numerosi problemi tecnici e scientifici che ne limitano attualmente le applicazioni a larga scala, nei prossimi due decenni penso che vedremo una larga diffusione di tali dispositivi con lo scopo di permettere di riacquistare funzionalità perse da pazienti amputati, tetraplegici e paraplegici o persone colpite da ictus o malattie neurodegenerative.

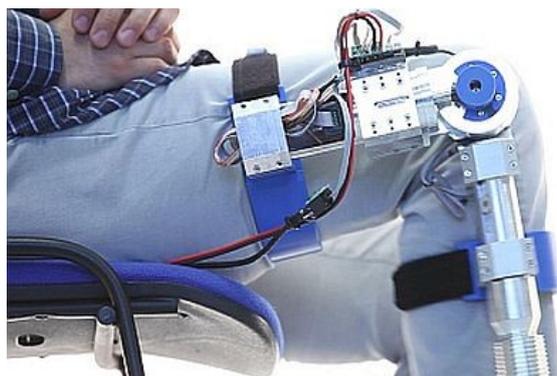
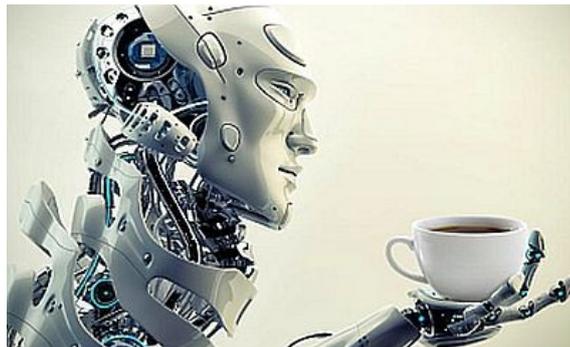
Di cosa hanno bisogno per funzionare?

Come abbiamo già visto, gli androidi o umanoidi sono robot progettati e sviluppati per compiere movimenti simili a quelli di un essere umano.

Le difficoltà nascono dal fatto che, movimenti che a noi sembrano banali quali scendere una scala, aprire una porta o scrivere con un gessetto alla lavagna, per essere portati a termine da un robot richiede uno sforzo computazionale enorme.

Teniamo anche in considerazione che un robot è principalmente formato da una struttura metallica in acciaio o leghe di alluminio, da una serie di attuatori (motori) elettrici, idraulici o pneumatici che permettono a vari elementi di muoversi tra loro attraverso cavi di acciaio, e, infine, da numerosi sensori quali telecamere, accelerometri, microfoni.

Il tutto naturalmente è collegato e controllato da un cervello elettronico che elabora le informazioni in tempo reale e coordina le azioni dei vari elementi del robot in modo sincronizzato. Poiché tutti questi elementi vanno alimentati, una delle più grandi sfide per la robotica (e non solo) è quella di cercare di ridurre il più possibile il consumo di energia che necessita il robot per compiere determinate azioni.



I vari prototipi di robot umanoidi sviluppati nei laboratori di ricerca sono di solito collegati alla linea elettrica attraverso grandi fasci di cavi, ma la prospettiva è di renderli totalmente autonomi attraverso l'uso di batterie ricaricabili, che gli permettano di muoversi in completa autonomia per molto tempo.

Per ottenere questo risultato, i ricercatori stanno lavorando sia sui materiali con cui sono fatti i robot allo scopo di renderli più leggeri e resistenti, sia sullo sviluppo di microprocessori con le stesse caratteristiche computazionali dei grandi calcolatori ma con un consumo di energia minore.

Da questo punto di vista grande sviluppo hanno avuto i microchip *neuromorfi* utilizzati specialmente nell'ambito della visione artificiale. Una possibilità per renderli sempre più autonomi e indipendenti è quella di delocalizzare il cervello dei robot collegando via wireless i vari elementi a un'unità centrale esterna di elaborazione dei dati (processore) e di immagazzinamento delle informazioni necessarie a cui il robot possa facilmente accedere attraverso la tecnologia Cloud.

Questo richiederà sempre di più un potenziamento della velocità e della quantità di dati che si possono scambiare in tempo reale via wireless attraverso l'ottimizzazione dei protocolli di comunicazione esistenti.

Quali sinergie ci possono essere con altre aree tecnologiche?

Nella robotica le sinergie con altre aree tecnologiche sono innumerevoli e questo è confermato dall'altissimo livello di interdisciplinarietà che esiste nei *team* che sviluppano un robot: possiamo trovare ingegneri elettronici, meccanici, dei materiali, informatici, neuroscienziati computazionali, fisici solo per citarne alcuni. Facciamo qualche esempio.

Se vogliamo costruire un androide che prenda decisioni in modo autonomo e che possa in qualche modo imparare dall'esperienza, non possiamo non citare un settore di ricerca formato da una comunità di ricercatori vastissima, presente in moltissime regioni del mondo.

Mi sto riferendo alla disciplina conosciuta come Intelligenza Artificiale (*Artificial Intelligence, A.I.*) che consiste nella possibilità di sviluppare programmi al computer in grado di migliorare le proprie performance, nel portare a termine un determinato compito, grazie a dei processi di apprendimento.

Da questo punto di vista il robot umanoide può diventare un ottimo strumento per verificare il funzionamento e le potenzialità di questi algoritmi che potranno poi essere utilizzate anche in altre applicazioni.

Per chi si occupa invece di cyborg e interfacce cervello-macchina, tra i vari problemi da affrontare, c'è anche quello di riuscire a interpretare in modo corretto il codice che i neuroni utilizzano per comunicare tra di loro.

La tecnologia ci permette, con tecniche diverse, di intercettare questi messaggi, ma non ne conosciamo ancora a fondo il significato. È compito dei neuroscienziati computazionali cercare di decifrare il codice neurale, permettendo di migliorare il controllo del movimento di un braccio robotico o di un esoscheletro collegato direttamente alla corteccia motoria.

Questi sono solo due esempi ma, come è facile aspettarsi, le intersezioni con le scienze dei materiali, la microelettronica, l'informatica, i controlli automatici e numerose altre discipline sono innumerevoli.

Cosa significa che possono apprendere e acquisire capacità logiche/cognitive/decisionali?

Come abbiamo appena visto la disciplina scientifica chiamata intelligenza artificiale si basa sullo sviluppo di programmi o algoritmi che sono in grado di risolvere un elevato numero di problemi con una modalità particolare che potrebbe essere scambiata superficialmente con un tipo di ragionamento tipico degli esseri umani.

In realtà questi programmi non ragionano realmente, ma sono stati sviluppati per portare a termine un compito specifico e, tramite un processo di *apprendimento* o *learning*, sono in grado di modificarsi, migliorando in tal modo le loro performance nel portare a termine tale compito.

Per spiegare questo concetto possiamo utilizzare l'esempio delle reti neurali che, a

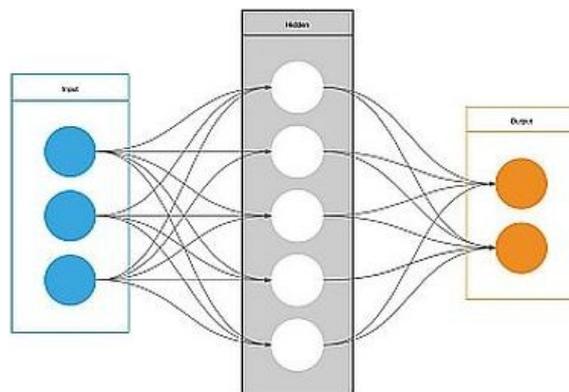


dispetto del nome, non hanno nulla a che fare con le cellule neuronali di cui ne imitano però il funzionamento.

Tali reti sono formate da numerose unità computazionali collegate tra di loro da canali di comunicazione, proprio come accade nel cervello umano. Queste connessioni però non sono fisse, ma possono cambiare durante il processo di apprendimento per cui alcune vengono potenziate e altre indebolite.

Un esempio facilmente comprensibile è quello che riguarda i programmi di riconoscimento della scrittura a mano. Tali algoritmi per riconoscere il modo unico con cui ciascuno di noi scrive la lettera «a» in corsivo, hanno bisogno di essere istruiti presentandogli un certo numero di esempi di lettera «a» in modo tale che possano *imparare* con un certo grado di accuratezza come ciascuno di noi scrive la lettera «a», anche se ogni volta, inevitabilmente, la faremo leggermente diversa.

Questo modo di addestrare una rete neurale attraverso degli esempi è chiamato *apprendimento supervisionato* ed è solo un esempio di come funziona l'intelligenza artificiale.



A quale livello di «capacità decisionali» si tende? L'uomo può interferire per modificarle/disabilitarle e se sì, come e a quale livello?

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale nella robotica, e più in generale nella nostra società altamente tecnologica, intende aiutare le capacità decisionali degli esseri umani in situazioni particolari.

Facciamo un esempio: se stiamo cercando un sospetto criminale all'interno di uno stadio con migliaia di persone, attraverso l'uso di alcune telecamere e di un programma di riconoscimento facciale che utilizza algoritmi di intelligenza artificiale, una sola persona potrebbe risolvere in pochi minuti un compito che, altrimenti, avrebbe avuto bisogno di decine di persone e parecchie ore di lavoro.

Questo non vuole dire che il soggetto è sicuramente colpevole, ma che un computer ci ha aiutato a individuarlo e fermarlo. Ci ha quindi aiutato a decidere se quella persona, di cui abbiamo solo un vecchio identikit sbiadito, corrisponda verosimilmente alla persona inquadrata dalla telecamera con barba e baffi finti. Questo esempio molto semplice e banale, ci fa capire quanto possa essere potente l'intelligenza artificiale e, allo stesso tempo, quanto sia necessario l'intervento umano. È difficile in questo momento poter immaginare una macchina che, senza l'intervento umano, possa prendere decisioni più ad alto livello come per esempio decidere sulla colpevolezza o innocenza di una persona, basandosi sui report della polizia e sulla conoscenza del diritto penale.

Se invece volessimo fare un esempio più complesso e fonte di dibattito molto diffuso in questi mesi, non possiamo dimenticarci di citare le automobili cosiddette «intelligenti», quelle cioè che sono autonome nella guida.

Poiché le macchine non sono fornite di un'etica intrinseca, i ricercatori che devono programmare queste auto si trovano attualmente a dover risolvere il problema di quali istruzioni impartire all'auto nel caso si trovasse nella situazione di dover scegliere tra la vita del conducente o quella di un gruppo di pedoni che improvvisamente attraversano la strada.

È evidente che una tale decisione non possa essere lasciata al programmatore che scrive il codice o alla ditta che vende l'auto. Fino ad ora i sistemi presenti in commercio sono stati pensati in modo tale che l'uomo in ogni momento possa prenderne il controllo dell'auto. Questo però non vuole dire che il problema non si ponga e non debba essere affrontato in modo molto serio e scrupoloso.

Nei prossimi anni saranno sempre più numerosi i casi in cui bisognerà individuare un responsabile per le azioni di una macchina autonoma e questo non è certamente un problema di facile soluzione.

Esistono già diversi casi di incidenti in cui, a causa di un malfunzionamento di un robot autonomo, sono rimaste uccise delle persone. In questi casi di chi è la responsabilità?



Quali possibili impatti e trasformazioni possono esercitare sull'ambiente cui sono destinati e/o sul comportamento umano? Quali sono i principali criticismi e/o rischi?

È facile immaginare che nei prossimi anni vedremo una rapida crescita della presenza della robotica e della tecnologia nella nostra vita quotidiana. Non dobbiamo essere ingenui nel pensare che questa presenza non cambierà radicalmente il nostro modo di vivere e di rapportarci con la realtà e con gli altri esseri umani.

Tale cambiamento è già in atto e vediamo dei segni evidenti. È anche molto difficile dire a priori se questo cambiamento sarà completamente positivo o negativo, e forse porre in tali termini il problema è profondamente sbagliato come ci ha insegnato la storia.

Ritengo anche che siano inverosimili alcuni scenari apocalittici che ci vedono totalmente assorbiti e sopraffatti dalla tecnologia senza possibilità di riscossa per il genere umano. Non è la prima volta che l'uomo affronta grandi rivoluzioni, anche se la rivoluzione digitale, la diffusione della rete e delle nuove tecnologie hanno delle caratteristiche così particolari da rendere le previsioni sul futuro ancora più incerte e difficili da formulare.

Ritengo invece che le grandi domande che caratterizzano il genere umano emergeranno ancora più potentemente in tutta la loro drammaticità, quali il desiderio di felicità, di affezione o la domanda sul senso del nostro agire.

La vera novità è che la modalità con cui affronteremo queste domande dovrà tenere inevitabilmente conto dell'impatto che la tecnologia avrà sulla nostra vita. Le domande saranno sempre le stesse, ma chi intraprenderà la sfida nel trovare una risposta troverà sul suo cammino la presenza ingombrante e inevitabile della tecnologia e dovrà in qualche modo prendere una posizione rispetto ad essa.

Basti pensare alla sfida educativa di un genitore con i figli, degli insegnanti con gli alunni, il rapporto affettivo tra due persone o l'impatto che sta avendo la tecnologia nel modo di lavorare delle persone.

Non ha senso parlare di tecnologia buona o cattiva, ma sono convinto che ogni nuovo strumento tecnologico che troveremo sul nostro cammino porterà inevitabilmente delle domande a cui dovremo rispondere puntualmente, in modo non scontato o ideologico.

A cura di Mario Gargantini (Direttore della rivista [Emmeciquadro](#)) e Roberto Sanvito (Membro della redazione della rivista [Emmeciquadro](#))

