



Robot attorno a noi: dove sono, cosa fanno, cosa faranno?

Andrea Bonarini

Sommario

Stiamo assistendo all'invasione silenziosa dei robot nella vita di tutti i giorni. Dall'originale impiego in fabbrica, i robot vedono ormai una crescita esponenziale al di fuori dell'ambito della produzione industriale. È importante quindi capire come fa un robot autonomo a svolgere il proprio compito, quali sono le possibilità reali di applicazione in questo momento, e quali potranno essere in un prossimo futuro. Presentiamo una rapida rassegna dello stato della robotica ad oggi, e degli sviluppi in un futuro prossimo. Infine, mostriamo alcune implicazioni sociali ed etiche che stanno emergendo di conseguenza.

Abstract

Keywords:



1. Introduzione

Stiamo assistendo all'invasione silenziosa dei robot nella vita di tutti i giorni. Dall'originale impiego in fabbrica, i robot vedono ormai una crescita esponenziale con impieghi in molti settori professionali ed anche come beni di largo consumo come nel caso dei pulitori domestici o dei giocattoli. Se poi consideriamo che anche auto autonome, edifici intelligenti e molti oggetti tecnologici rispondono alla definizione ufficiale di robot, ci rendiamo conto come sia ormai inevitabile considerare la loro presenza nella vita di tutti i giorni. È importante quindi capire quali sono i componenti principali che permettono a un robot autonomo di svolgere il proprio compito, quali sono le possibilità di applicazioni reali in questo momento, spesso molto diverse da quelle presentate dai media, e quali potranno essere in un prossimo futuro. Presentiamo una rapida rassegna dello stato della robotica ad oggi, e delle possibilità in un futuro prossimo, lasciando alla fantascienza il futuro remoto. Infine, mostreremo alcune implicazioni sociali ed etiche che la diffusione dei robot nella vita di tutti i giorni sta facendo emergere.

È importante partire dalla definizione di robot data recentemente da autorevoli enti preposti alla definizione di standard (IEEE e ISO) e ripresa da una recente risoluzione del Parlamento europeo, che sostanzialmente convergono nel definire un robot come una macchina dotata di almeno due motori, con un certo grado di autonomia, che si muove nell'ambiente per svolgere dei compiti definiti. In questo contesto, il termine "autonomia", sul quale si possono aprire dibattiti molto articolati, è da interpretarsi come la capacità di svolgere i compiti definiti basandosi su uno stato interno e su quello che viene percepito, senza alcun intervento umano.

Questa definizione ci permette di escludere dal novero dei robot i programmi di intelligenza artificiale e di apprendimento automatico che non agiscono fisicamente sul mondo reale, anche se sono spesso inclusi dai media nella denominazione, ma di includere oggetti come le auto autonome, gli elettrodomestici intelligenti, gli edifici intelligenti, e molti altri che spesso non tendiamo a considerare robot, ma che con i robot condividono non solo le caratteristiche della definizione, ma anche molte delle tecnologie.

Nell'immaginario collettivo abbiamo sia robot reali come i manipolatori industriali, gli aspirapolveri domestici e i tagliaerba automatici, sia i robot dei film di fantascienza, spesso con capacità più che umane, sia quelli della tradizione giapponese dei cartoni animati, che spesso tendiamo a dimenticare che sono guidati da uomini. Ma qual'è la realtà, e come sono fatti i robot reali?

2. Com'è fatto un robot?

Un robot, seguendo la definizione, è sostanzialmente costituito da componenti che realizzano le tre funzionalità di base caratteristiche anche degli esseri viventi:

- *Sentire*: attraverso opportuni sensori il robot può percepire delle grandezze fisiche che sono tradotte nella stragrande maggioranza dei casi in grandezze elettriche elaborabili per ottenere una rappresentazione degli aspetti rilevanti dell'ambiente in cui opera, che chiamiamo *modello del mondo*.

- *Operare*: attraverso opportuni attuatori, di cui almeno due motori, il robot opera sull'ambiente. Spesso abbiamo la possibilità di muovere parti, muoversi nello spazio in vario modo, attraverso ruote, gambe, eliche, ed emettere altri segnali quali: suoni, più o meno complessi, dagli squittii come i robot dei film della serie Star Wars, a parole di senso compiuto, segnali luminosi, da semplici luci colorate, a scritte e contenuti visivi attraverso schermi.
- *Decidere*: sulla base del modello del mondo che riesce a costruirsi dai dati sensoriali, eventualmente memorizzati in opportune strutture di memoria, il robot decide cosa fare per perseguire (se è in grado di gestire esplicitamente degli obiettivi) o comunque realizzare lo scopo per cui è stato costruito.

Possiamo avere criticità in tutti questi aspetti, che determinano sostanzialmente le capacità del robot e le sue possibilità di applicazione.

Gli apparati sensoriali sono in genere abbastanza limitati rispetto a quelli a cui siamo abituati come esseri umani. Anche i sensori più complessi, come ad esempio le telecamere, consistono di un numero relativamente piccolo di elementi sensibili (milioni di sensori luminosi nel caso delle telecamere) e richiedono elaborazioni complesse per poter ricavare informazioni di carattere simbolico come il riconoscimento di una faccia, di un cartello stradale, o del movimento di un pallone. In questo processo di trasformazione dal segnale al simbolo possiamo avere problemi dovuti a segnali rumorosi, a quantità insufficiente di informazione, a difficoltà di traduzione, che portano necessariamente a considerare l'informazione ottenuta dai sensori come più o meno incerta, ed alla conseguente necessità di associare il dato simbolico ad attributi probabilistici o relativi ad approssimazione. Così, un robot può calcolare solo con una certa probabilità di essere in un certo posto, con una certa approssimazione, o può avere una certa probabilità di riconoscere un volto, o un sorriso su un volto, o la posizione di un oggetto da prendere.

I modelli di decisione devono spesso tenere in dovuto conto gli aspetti probabilistici che affliggono il modello del mondo su cui devono operare per fare delle scelte. Questo è meno critico in ambienti di produzione industriale, dove il robot opera in condizioni note, con un contesto che tende a non variare e ad essere estremamente controllato. Quando invece un robot si trova ad operare nel mondo non strutturato della vita quotidiana, come una strada, un ufficio, un'abitazione, o un terreno libero, si tende ad aumentare il numero di sensori per far fronte alle limitazioni di ognuno, possibilmente integrando le diverse informazioni (fusione multi-sensoriale) per migliorare il modello del mondo e ridurre la dispersione probabilistica.

In fase di attuazione, abbiamo le criticità dovute agli specifici attuatori, che, seppure controllati a dovere da opportuni sistemi di controllo automatico, devono comunque far fronte a possibili imprevisti che possono incontrare nel mondo reale: un terreno più scivoloso di quanto ci si aspetta, un colpo di vento improvviso che prende il drone inaspettatamente, un oggetto che cede sotto la pressione di una mano robotica. Opportuni sensori possono aiutare in qualche

misura a far fronte ad alcuni imprevisti che ci si può aspettare di incontrare, ma è difficile considerare a priori tutto quello che può capitare.

3. Dove sono i robot oggi?

A questo punto possiamo vedere come gli aspetti appena citati permettano di realizzare le applicazioni attuali.

3.1. I robot nella produzione industriale

Una frazione relativamente piccola del mercato dei robot riguarda i robot utilizzati nella *produzione industriale*. Si tratta di manipolatori, che permettono di produrre la maggior parte degli oggetti che usiamo ogni giorno, e di robot per il trasporto di materiale in fabbrica e nei magazzini (logistica). In questi casi, esistono delle normative precise che prevedono di escludere la coesistenza di robot e persone nello stesso ambiente, senza adeguate protezioni che impediscano eventuali contatti pericolosi. L'attività del robot si svolge quindi in ambienti in cui tutto è automatizzato e, salvo malfunzionamenti, si svolge in maniera deterministica. Questi robot sono programmati per svolgere indefinitamente sequenze di movimenti sempre uguali e sono costruiti per ridurre al minimo le variazioni da quanto predefinito.

Nei grandi *magazzini automatizzati* i robot, a volte anche in numero molto elevato, sono in grado di muoversi in un ambiente strutturato, guidati da un sistema centralizzato che stabilisce i percorsi e le attività di ognuno.

Lo sviluppo tecnologico sta però rendendo possibili ulteriori applicazioni anche in ambito industriale, in cui si può realizzare, ad esempio, il co-working, cioè situazioni in cui robot autonomi interagiscono direttamente con operatori umani, magari porgendo utensili o parti da assemblare. Questo richiede che il robot sia in grado di pianificare il movimento in modo da non entrare in contatto con la persona, e, qualora questo accadesse, percepire il contatto e fermare la propria azione. Inoltre, è importante avere una qualità di movimento che permetta di mantenere una relazione piacevole tra l'operatore e l'assistente robotico.

Per quanto riguarda la logistica, robot con sensoristica avanzata possono gestire magazzini con configurazione dinamica, in cui i materiali vengono organizzati a seconda di logiche particolari in configurazioni che possono cambiare nel tempo, e, in particolare, possono gestire l'attività critica di scaricamento e caricamento su treni e autotreni, che tipicamente sono organizzati in accordo alle forme e quantità del materiale da manipolare. In questo caso, è importante avere sensori che permettano il posizionamento preciso del robot e la sua auto-localizzazione.

3.2. Robot professionali fuori dalla fabbrica

Diversi robot sono usati per attività professionali al di fuori dell'ambiente strettamente produttivo. Ad esempio, esistono robot pulitori utilizzati per la pulizia di aerei e automezzi, robot mungitrici in grado di mungere automaticamente una mucca che si presenta al loro interno, robot per la pulizia di vetri di grattacieli o di grandi spazi come le stazioni ferroviarie o della metropolitana, robot per ispezione (ad esempio, delle fogne o degli edifici) e di

sorveglianza. In tutti questi casi, occorre avere una cura particolare nell'interazione con l'oggetto dell'attività, che deve poter esser percepito in maniera precisa ed affidabile, e sul quale non deve esser possibile eseguire operazioni non conformi alle aspettative, pena l'esclusione dal mercato.

Un'area applicativa con caratteristiche particolari è quella della robotica agricola, dove il robot è solitamente un veicolo che deve essere in grado di localizzarsi in modo abbastanza preciso, e relazionarsi in modo corretto con l'ambiente, sia esso un campo da seminare o da tagliare, o una vigna da trattare, o un frutteto dove cogliere frutta.

Altra area che sta rapidamente crescendo è quella della fornitura di informazioni in luoghi pubblici quali la portineria di un hotel, lo sportello bancario o il corridoio di un grande magazzino. In tutte queste situazioni il robot deve essere in grado di interagire in maniera esauriente e piacevole con la persona, possibilmente capendo quello che viene chiesto, e fornendo risposte adeguate, in modo opportuno e coerente con l'interlocutore. Questo è realizzabile, almeno in parte, grazie a un collegamento in rete a servizi che permettano sia il reperimento delle informazioni desiderate, sia la comprensione del linguaggio parlato, che richiede grande potenza di calcolo. Spesso l'interfaccia di ingresso al robot è supportata da uno schermo (touch screen), che permette di evitare le problematiche ancora significative che sono da affrontare per una buona interpretazione di quanto viene detto. Altro aspetto non trascurabile in questo tipo di applicazione è la forma del robot. In alcuni casi si è scelto di aver una forma astratta, magari simile a un cono o a un cilindro, anche nel tentativo di non dare la possibilità di fare un uso improprio del robot quale quello che capita che i bimbi facciano, arrampicandovicisi sopra. In altri casi, si è scelto di realizzare una forma umanoide, più o meno simile ad una persona reale. È ormai assodato che una forma umanoide contribuisce a rendere più attrattiva l'interazione, perché l'interlocutore umano ritrova elementi noti, quali faccia, occhi e, possibilmente, gestualità, ma rendere un robot troppo simile a una persona crea una sensazione di paura che allontana la persona dal robot, probabilmente perché si entra in una zona di incertezza in cui si capisce che quello che si ha davanti vorrebbe essere una persona senza riuscire ad esserlo.

Con la rapida diffusione di vendite via calcolatore, diventa sempre più rilevante il servizio di consegna a domicilio. Diverse soluzioni entreranno presto sul mercato per effettuare le consegne in modo automatico, sia via terra con piccoli veicoli autonomi possibilmente rilasciati da un veicolo magazzino, sia via aria, attraverso droni autonomi, già usati per la consegna in luoghi remoti quali isole e case lontano dai centri abitati.

In tutti i casi in cui occorre che si muova in ambiente non strutturato, il robot deve essere dotato di sensori, ad esempio, laser per misurare la distanza, GPS, se all'aperto, o strumenti analoghi all'interno di edifici, oppure telecamere, che permettano di costruire una mappa, mantenerla registrandone le modifiche, pianificare un percorso verso l'obiettivo, muoversi lungo il percorso previsto, affrontando eventuali imprevisti, quali persone o altri veicoli che si frapponessero sulla traiettoria pianificata. Nel caso di movimenti su terreno irregolare, occorre inoltre gestire l'irregolarità del terreno elaborando in maniera

opportuna i segnali di un insieme di sensori, ad esempio, sensori laser integrati con accelerometri per capire in che direzione punta il sensore.

3.3 Robot per il benessere

I robot trovano spazio in molte applicazioni che riguardano la salute delle persone.

Da diversi anni abbiamo robot per la chirurgia, completamente controllati da remoto dal chirurgo che si avvale del robot per avere una visione interna del campo operatorio, e per avere ottenervi movimenti precisi, senza la necessità di praticare grossi tagli per accedere ad organi interni. In questo caso, il robot ha il compito di reagire prontamente ai movimenti del chirurgo, traducendoli in opportuni movimenti di elementi sul campo operativo, e di fornire feedback visivo ma anche aptico, di forza.

Altri robot sono usati per fornire protesi complesse, che possono sostituire o accompagnare (esoscheletri) gli arti. In questo caso, i segnali prodotti da muscoli con funzionalità residue sono elaborati per controllare il movimento di gambe, braccia, o mani robotiche. Gli esoscheletri sono usati per ora per lo più per riabilitazione, quando possibile, data la complessità nell'indossarli e la relativamente limitata autonomia.

È possibile anche realizzare carrozzine robotizzate, in grado di supportare persone non in grado di camminare e neanche di controllare una carrozzina con il tradizionale joy stick, sia per rendere sicuro e confortevole il movimento anche se il joy stick è usato in modo impreciso o scoordinato, sia per trasportare persone non in grado di muoversi, ma in grado di far sapere alla carrozzina dove vogliono andare. In questo caso, la carrozzina, dotata di sensori quali telecamere o misuratori di distanza laser, può avere la capacità di auto-localizzarsi nell'ambiente e di pianificare come raggiungere l'obiettivo indicato in piena autonomia, evitando eventuali ostacoli.

Grossi investimenti sono stati fatti, e verranno ancora fatti nel prossimo futuro, per realizzare robot che possano supportare persone anziane nella loro vita autonoma. Con l'invecchiamento della popolazione, un'assistenza si rende in molti casi necessaria e potrebbe essere fornita da un robot a domicilio risparmiando una costosa e debilitante ospedalizzazione. Su questo fronte, i robot attuali sono ancora largamente inadeguati in quanto non ancora capaci di coprire un insieme significativo di esigenze, dall'imboccamento, al prendere oggetti in posizioni difficili da raggiungere, quali lo scaffale di un mobile pensile da cucina.

Diversi robot sono usati in terapie per persone con disabilità fisiche o cognitive, come, ad esempio, bambini autistici. L'oggetto tecnologico ha un fascino particolare per tutti e soprattutto per questo tipo di persone e può rendere piacevole l'intervento di riabilitazione. In particolare, in presenza di problemi comportamentali, il robot può diventare un interlocutore le cui reazioni possono essere note a priori (ad esempio, se lo abbraccio mostra di esser contento, se gli dò una botta si spaventa), e che non ha le caratteristiche dell'essere umano, che vengono male accettate. È pertanto possibile usare il robot come strumento terapeutico per abituare a costruire una relazione sociale, anche attraverso la

guida remota che trasforma il robot in una sorta di avatar per il terapeuta, che può così permettersi di attuare comportamenti che altrimenti non potrebbe esprimere perché incoerenti con il suo ruolo di terapeuta.

Possiamo considerare nella categoria dei robot per il benessere anche i robot per prestazioni sessuali, il cui mercato comincia a crescere. Si tratta di robot che estendono il concetto di bambola gonfiabile, aggiungendo suoni e movimento, al momento ancora entrambi di qualità relativamente bassa, e sensibilità al tocco di diversa qualità, oltre alla possibile comprensione del parlato e relativa risposta. Nel complesso, si tratta di sistemi in linea di principio molto complessi, che comunque stanno trovando spazio di mercato anche se ancora lontani dalle aspettative, proprio considerando il basso livello qualitativo degli oggetti che andrebbero a sostituire.

3.4 Spazio e sicurezza

I robot usati nello spazio ed in altri ambienti ostili (ad esempio: vulcani, terreni difficili, ghiacci, mare profondo) devono essere progettati per poter operare in modo autonomo, svolgendo i propri compiti ed eventualmente riportando dati ad una stazione ricevente. Se l'ambiente è ostile, non occorre far fronte solo alle caratteristiche dell'ambiente, ad esempio alla configurazione del teatro delle operazioni, ma anche alla specifica ostilità (temperatura, radiazioni, ...), per cui si richiede quasi sempre una progettazione prudente e attenta, ed opportuni test con le macchine reali in condizioni operative.

I robot per applicazioni militari, solitamente tenuti sotto stretto controllo da operatori umani, devono avere le caratteristiche appena citate, e va considerato, nella loro progettazione, che in quest'applicazione, l'ostilità non è solo quella intrinseca all'ambiente (ad esempio un terreno sconnesso), ma può derivare da altre persone o robot sul campo che agiscono perseguendo obiettivi contrastanti quelli del robot.

3.5 Elettrodomestici e giocattoli

Milioni di robot entrano ogni anno nelle nostre case sotto forma di elettrodomestici e giocattoli. In entrambi i casi si tratta di oggetti relativamente semplici, dotati di sensori abbastanza economici e sufficienti a fornire le informazioni di base per selezionare comportamenti predefiniti. Devono essere oggetti in grado di garantire comunque una prestazione adeguata alle aspettative, dato che il numero di pezzi in gioco rende abbastanza critico ogni errore di progettazione o realizzazione.

Molti elettrodomestici hanno ormai acquisito l'attributo "smart" che ne qualifica una certa autonomia di decisione; ne sono esempi: la lavatrice che riconosce il tessuto che vi è stato inserito e sceglie il ciclo di lavaggio più opportuno, l'aspirapolvere che gira per casa e pulisce evitando ostacoli noti e imprevisti, il tagliaerba che percorre metodico il prato.

Nelle settimane immediatamente precedenti il Natale vengono venduti milioni di giocattoli sensorizzati e animati, che hanno ormai introdotto un nuovo modo di giocare. Dal gioco in cui il giocatore decide autonomamente cosa il giocattolo rappresenta e lo rende parte dell'attività immaginativa completamente sotto

controllo, al gioco di relazione con un giocattolo in grado di rispondere, a modo suo, non controllabile, a stimoli che il giocatore è in grado di fornire. Questo tipo di giocattoli si sta evolvendo da semplici pupazzi che possono esprimere apprezzamento per del “cibo” o una carezza, a sistemi sempre più complessi, in grado di rispondere anche in linguaggio naturale a domande espresse in linguaggio naturale, grazie a una connessione in rete a servizi di comprensione del linguaggio naturale.

3.6 Veicoli autonomi

Da più di 15 anni i costruttori di automobili stanno lavorando alla realizzazione di sistemi che permettano di effettuare una guida automatica, liberando così le persone dalla fatica e dallo stress di guidare. I problemi connessi si possono facilmente immaginare: non è molto facile neanche per noi riconoscere un cartello stradale mentre andiamo a 100 Km/h, o evitare un animale che ci taglia la strada improvvisamente: cosa potrebbe fare un'auto? Si stanno sperimentando sempre nuovi sensori e nuove tecniche di integrazione e di costruzione di modelli che possano permettere di realizzare in modo affidabile un compito in cui il robot ha la responsabilità di vite umane, ma le prestazioni della tecnologia sono ancora insufficienti, e troppo costose da ottenere, per una diffusione di massa, a cui i costruttori tendono ad arrivare entro i prossimi 4-5 anni.

Oltre al problema di una corretta costruzione del modello del mondo in tempi estremamente brevi e garantiti (tempo reale), occorre considerare che un veicolo autonomo deve necessariamente comportarsi secondo le regole del codice della strada e non può non assumere che gli altri veicoli facciano lo stesso. Almeno per i primi anni, i veicoli autonomi divideranno la strada con veicoli guidati da guidatori umani, che notoriamente tendono a non seguire il codice della strada alla lettera, e si potranno verificare incidenti in cui le principali responsabilità saranno delle persone coinvolte, ma che probabilmente potrebbero essere evitati se alla guida dell'altro veicolo ci fosse una persona, ugualmente abituata a far fronte a regole non soddisfatte. Al momento, si stima comunque che un'auto con guida autonoma, in grado di seguire il codice della strada, abbia un tasso di incidenti molto più basso di quello di auto con guidatore a bordo, che potrebbe guidare anche in condizioni fisiche non ottimali, oltre che essere indisciplinato.

Tra le applicazioni più interessanti dei veicoli autonomi, oltre alla sostituzione di veicoli privati, la possibilità di avere flotte di auto disponibili come taxi senza guidatore in ambiente urbano e, soprattutto, camion senza guidatore in grado di trasportare merci in modo sicuro ed efficiente.

4. Questioni aperte

Diverse questioni devono essere considerate in relazione all'entrata dei robot nella società, in larga parte dovute alla qualità delle prestazioni offerte, che deve migliorare prima che i prodotti possano essere realmente interessanti per il mercato, ed in parte dovute all'autonomia che decidessimo di lasciare ai robot stessi.

4.1 Sicurezza

Poche persone potrebbero porre fiducia in un veicolo autonomo lanciato a 130 Km/h (o in una carrozzina per disabili, o in molti dei robot menzionati) senza avere evidenze sufficienti a favore della sicurezza personale. Dato che si tratta di operare nel mondo reale, questa evidenza può esser raccolta solo sperimentalmente, e, come detto, considerando gli aspetti probabilistici della stessa. C'è spesso la tendenza a richiedere a sistemi robotici prestazioni certe, impossibili da ottenere neanche con le alternative basate su operatori umani. Per altro, siamo abituati a oggetti automatici che operano in ambienti relativamente più semplici (si pensi solo ad aeroplani con pilota automatico, o ai treni senza guidatore) e che sono entrati nell'uso comune senza problemi.

In certe applicazioni, la pericolosità è relativamente bassa e si parla di sicurezza intrinseca: un aspirapolvere robotico casalingo può fare meno danni di un pallone. In altre, viene richiesta una certificazione, che può esser solo volta a garantire certe prestazioni in condizioni ben definite, come capita per tutti gli apparecchi. Per i robot, siamo nella fase di definizione delle procedure e delle norme di certificazione e i governi stanno per arrivare a definire quanto necessario per essere abilitati a mettere un robot sul mercato.

4.2 Privacy

Molti robot sono connessi in rete per ottenere servizi da sistemi di calcolo non disponibili a bordo. Da un lato, questo permette ai produttori di raccogliere dati per migliorare il prodotto stesso, ed eventualmente fare adattamenti in maniera automatica, come sta facendo una nota ditta di automobili che raccoglie dati su milioni di chilometri percorsi ogni giorno dalle proprie auto e la sera sintonizza le prestazioni del loro motore elettrico sulla base dei dati raccolti. Dall'altro lato, la connessione in rete permette di ottenere prestazioni interessanti, ad esempio permette a un robot di partecipare a una conversazione compiuta in linguaggio naturale.

La circolazione e la raccolta di dati personali aprono evidenti questioni di privacy. Chi fornisce il servizio e raccoglie i dati può usarli per sintetizzare un modello dell'utente utile per diverse attività, dalla pubblicità personalizzata, all'influenza sui comportamenti. Il problema non si pone solo con i robot, dato che ormai siamo abituati a condividere molte informazioni attraverso telefoni e computer, ma nel caso di robot il trasferimento dati diventa ancora meno visibile, nascosto nella necessità tecnologica di fornire un servizio. È recente il caso di una bambola in grado di parlare con l'utente grazie alla connessione in rete, in cui malintenzionati erano riusciti a introdursi nel traffico di rete e a sentire cosa le bambine dicevano alla bambola e possibilmente far parlare la bambola di conseguenza. Questo ha portato il governo tedesco a bandire la bambola stessa dal mercato e i costruttori di giocattoli a considerare molto attentamente la possibilità di porre giocattoli in rete.

In ambito giuridico, si sta anche pensando che, visto che i dati raccolti sono fonte di reddito per chi li raccoglie, vuoi per vendita diretta delle informazioni o per miglioramento del prodotto, l'utente presso cui vengono raccolti i dati avrebbe diritto a un compenso per la fornitura degli stessi. Al momento questo

non avviene per i dati forniti attraverso i social network, ma la questione è allo studio dei legislatori.

4.3 Apprendimento automatico

Data alla complessità e la varietà delle situazioni che un robot deve affrontare nel mondo reale, non è sempre facile prevedere tutti i casi in fase di programmazione dello stesso. Si stanno quindi inserendo meccanismi di apprendimento ed adattamento automatico che permettano al robot di migliorare le proprie prestazioni nell'ambiente effettivo in cui si trova ad operare.

Esiste un'evidente criticità della fase di apprendimento: tutti sappiamo che "sbagliando si impara", ma si vorrebbe evitare che l'errore portasse a situazioni indesiderate, come nel caso in cui un'auto a guida autonoma ha proceduto a velocità sostenuta contro la parete posteriore di un camion senza riuscire a discriminare dalla linea d'orizzonte. Si stanno sviluppando algoritmi e sistemi di apprendimento automatico che permettano di ridurre la parte di esplorazione delle alternative a quelle che possono soddisfare condizioni di sicurezza e prestazioni accettabili, possibilmente adattando soluzioni già apprese in simulazione su modelli dei sistemi necessariamente imperfetti e incompleti, ma che permettono di evitare di esplorare situazioni potenzialmente pericolose nelle prime fasi di apprendimento.

Un secondo aspetto critico per robot in grado di apprendere è relativo alla varietà di prestazioni che si vengono a generare. I singoli robot potrebbero adattarsi al meglio alle specifiche situazioni con cui vengono in contatto ed in poco tempo il prodotto si troverebbe ad essere diverso da come è uscito dalla fabbrica. Il produttore si troverebbe così a gestire un parco di macchine ognuna diversa dall'altra, con grande dispendio di energie nei servizi di assistenza e manutenzione. Questo tipo di situazione si è già verificato anni fa con l'immissione in mercato di elettrodomestici intelligenti, ed ha provocato un ripensamento sull'opportunità di dotare beni di largo consumo di capacità di apprendimento. È noto, ad esempio, il caso della lavatrice che impiegava ore a sciacquare semplicemente perché in grado di rilevare la quantità di sapone presente nell'acqua ed agire per ridurla sotto una data soglia: l'utente usava una quantità di sapone molto superiore a quella consigliata e la lavatrice faceva il lavoro per cui era stata programmata, adattandosi alla situazione, e provocando il malcontento dell'utente stessa e del servizio manutenzione.

Ulteriore considerazione da farsi rispetto all'apprendimento automatico nelle macchine e nei robot, riguarda il timore indotto dai media rispetto alla possibilità che i robot possano imparare a ribellarsi e intraprendere una guerra contro gli umani. Per il momento, il livello di apprendimento e gli strumenti a disposizione possono permettere ai robot solo di migliorare le proprie prestazioni, relativamente ai compiti per cui sono stati costruiti. Sono pur sempre delle macchine, costruite per rendere possibili, o più facili, certe operazioni, e possiamo sempre correggerne malfunzionamenti o al limite spegnerle. Certamente, come per ogni invenzione fatta dall'uomo, l'uso che ne facciamo è determinato dall'uomo stesso. Ad esempio, attualmente non è impossibile, ma

ancora troppo costoso, costruire eserciti di robot autonomi, e l'uso che se ne può fare dipende da chi ne ha il controllo.

4.4 Abitudini e cambiamenti sociali

Com'è successo con i social network e i videogiochi, è estremamente probabile che una diffusione di robot che possano cambiare il modo di svolgere attività comuni come guidare, giocare, aver compagnia, possano introdurre modifiche sia nelle abilità connesse (chi saprebbe più parcheggiare o affrontare un lungo viaggio, una volta abituati a veicoli a guida automatica?), sia le abitudini sociali e gli sviluppi personali che ne sono coinvolti. Giocare con un pupazzo che ha la capacità di rispondere in modo autonomo potrebbe limitare le capacità di generazione di fantasie autonome, ed in ultima analisi la capacità di sviluppo della creatività che nascono dall'attuale modalità di gioco in cui si inventano liberamente situazioni. Convivere, da anziano, con una macchina che cerca di essere sempre più utile nelle attività di tutti i giorni potrebbe portare a un isolamento rispetto a interlocutori in carne ed ossa, meno disponibili e meno pronti ad accettare le piccole manie di tutti i giorni. Le modifiche profonde del modo di vivere e rapportarsi con gli altri che oggi stiamo vivendo a causa della diffusione di social network e videogiochi, potrebbero veicolarsi in misura ancora maggiore con oggetti, come robot, che ci potrebbero affiancare nel mondo fisico delle attività quotidiane.

4.5 Emozioni

Nella relazione continuativa con un robot si reputa interessante che questi sia in grado di mostrare un certo grado di similitudine con i comportamenti che ci si aspetta da umani. Tra gli aspetti che caratterizzano queste interazioni c'è certamente la capacità di esprimere intenzioni, stati d'animo ed emozioni, tra l'altro in larga parte attraverso segnali non verbali come posture e movimenti. La ricerca, le esperienze mutate da altri settori come la produzione di cartoni animati e la burattineria, e la pratica, ad esempio nel mondo del giocattolo, hanno portato a sviluppare oggetti in grado di mostrare stati d'animo ed emozioni in modo affidabile e abbastanza riconoscibile. Questo porta ad una migliore interazione ed alla possibilità di instaurare un legame ancora più forte con il robot con cui si condividono esperienze piacevoli. Per il momento, mostrare stati d'animo ed emozioni deriva da semplici modelli mutuati dalla psicologia, e viene deciso di usare questa capacità spesso solo per complementare quanto si fa per raggiungere un obiettivo. Si sta pensando di dare allo stato emotivo un ruolo più importante, che guidi non solo il modo di comportarsi, ma anche le scelte e le prestazioni dei robot.

4.6 Diritti e responsabilità

Il nome "robot" nasce dal termine ceco usato nell'opera teatrale "I Robot Universali di Rossum" di Karel Čapek, dove i robot erano stati generati dagli uomini per lavorare al loro posto. Nel momento in cui i robot prendono coscienza della propria condizione di schiavi, si ribellano ed eliminano il genere umano, e con esso l'unica possibilità di sopravvivere essi stessi. La tragedia trova una sua motivazione e il successo nel periodo tra le due guerre mondiali, caratterizzato

da incertezza e pessimismo, ma questa origine del termine robot resta nell'immaginario collettivo alimentandone le paure.

Il termine "robotica" nasce più tardi, nel secondo dopoguerra, dai racconti di fantascienza di Isaac Asimov, che immagina i robot sottoposti per costruzione a leggi che stabiliscono che non devono danneggiare esseri umani, neanche con l'inazione, in subordine devono obbedir loro, ed in ulteriore subordine possono agire per salvaguardare la propria esistenza. Pur soggetti a leggi così definite, i robot dei racconti di Asimov si trovano in situazioni in cui è difficile o paradossale applicare le regole a cui sono soggetti. I robot di oggi sono ancora più arretrati di quelli immaginati allora e non riuscirebbero neanche a capire le regole stesse, anche qualora si potesse imporre ai costruttori di inserirle in tutti i robot.

In queste situazioni, all'origine dell'idea di robot, i robot sono esseri capaci di agire autonomamente, ma creati come esseri inferiori, per supportare la vita semplice e spensierata degli uomini. Oggi si comincia a pensare ai robot come esseri che, nel momento dovessero dimostrare completa autonomia, possano anche vantare dei diritti analoghi a quelli degli esseri umani. Ad esempio, vedere un robot umanoide, ancorché chiaramente meccanico, maltrattato dai propri costruttori, fosse anche solo per valutarne la robustezza, ha scatenato recentemente un'ondata di risentimento significativa nei confronti dei maltrattatori, a testimoniare quanto possiamo provare empatia nei confronti di certi robot e possiamo tendere a riconoscer loro dei diritti, quale quello di non subire maltrattamenti.

Certamente, nel partecipare ad attività sociali, i robot potrebbero trovarsi in situazioni in cui debbano avere anche dei doveri. Ad esempio, se un anziano affidasse a un robot la gestione delle scorte di cibo, questi si troverebbe a stipulare in autonomia dei contratti con i fornitori, ed avrebbe responsabilità degne di personalità giuridica.

In altre situazioni, i robot potrebbero dover rispondere di responsabilità come, ad esempio, nel caso del paradosso che si pone se un'auto autonoma dovesse trovarsi a decidere se evitare un passante che attraversa improvvisamente la strada mettendo a rischio la vita del passeggero. La responsabilità sarebbe del robot (in che senso?), del costruttore dello stesso, che l'ha programmato e progettato, o dell'utente che, magari addestrando il robot con le proprie guide, l'ha portato a fare quella scelta?

Questi problemi sono attualmente all'esame delle istituzioni, in preparazione del momento in cui si renderà necessario definire una regolamentazione, coscienti che spesso la legislazione arriva in ritardo rispetto alle nuove esigenze che si vanno creando. Si sta pensando ad una persona giuridica elettronica per gli aspetti contrattuali, ad assicurazioni e fondi di garanzia per le responsabilità civili, e ad altri strumenti che riconoscono ai robot un'essenza di carattere diverso di quella riconosciuta ad un'apparecchiatura.

5. Conclusioni

Abbiamo visto come i robot stiano entrando nella società moderna, quale ne siano le applicazioni attuali e dove li troveremo nel prossimo futuro. Abbiamo delineato alcune problematiche che potrebbero nascere dall'introduzione massiccia dei robot nella società, problematiche dovranno essere affrontate nel momento in cui i robot autonomi, nelle loro varie forme, dovessero raggiungere il mercato di massa. Tutte le innovazioni sono foriere di cambiamenti più o meno forti nella società ed è importante affrontarle coscienti di cosa può succedere, per poter contribuire a guidare i cambiamenti nella direzione migliore, volta a migliorare la vita, piuttosto che a renderla più difficile. Come in ogni sistema complesso, ci si augura di giungere ad uno stato stabile e, dato che per il momento gli esseri umani hanno il controllo della situazione, che questo stato sia adeguato alle aspettative migliori che sorgono con l'introduzione dei robot nella vita di tutti i giorni.

Figure



Figura 1

Il robot TEO, sviluppato presso il Politecnico di Milano (AIRLab, I3Lab, Phy.co Lab) per supportare interventi su persone con disabilità cognitive. TEO è in grado di rilevare distanze, segnali di forza sul corpo e pressione dei bottoni presenti sul cappello e di reagire di conseguenza, anche mostrando reazioni emotive.



Figura 2

Veicolo autonomo fuoristrada, sviluppato presso il Politecnico di Milano (AIRLab e Merlin). È dotato di GPS, sensori laser di distanza, e telecamere per potersi localizzare in ambiente naturale, pianificare un percorso e operare per raggiungere l'obiettivo desiderato. È in grado di trasportare un drone, per il quale opera come base di supporto e ricarica. È stato sviluppato per azioni di ricognizione in ambienti naturali aperti e pericolosi, come nel caso di terremoti.



Figura 3

Roby wheelchair è una carrozzina ad autonomia condivisa sviluppata al Politecnico di Milano (AIRLab), in grado di autolocalizzarsi in un ambiente interno rispetto ad una mappa che può anche costruirsi autonomamente. La persona trasportata può guidarla con il tradizionale joystick affidandosi al sistema di controllo per farsi aiutare ad entrare in luoghi stretti e ad evitare di colpire persone, muri e mobilia, oppure può indicare dove desidera che la carrozzina la porti, con diversi mezzi: da un touch screen, a lettori di attività miografica, fino a un'interfaccia computer-cervello (BCI) nel caso di impossibilità di un qualsiasi movimento.



Figura 4

E-2? è un robot per ambienti pubblici sviluppato al Politecnico di Milano (AIRLab) . È in grado di rilevare persone, avvicinarsi, proporre a voce dei testi predefiniti che descrivono un argomento, rilevare se la persona è interessata analizzandone le movenze posturali, ed eventualmente condurla in un luogo definito, come lo stand di una ditta in ambiente fieristico, o lo scaffale di un prodotto in un supermercato.

Biosketch



Andrea Bonarini È professore ordinario, Direttore del Dottorato in Ingegneria dell'Informazione presso il Dipartimento di Elettronica e Informazione del Politecnico di Milano e Coordinatore del Laboratorio di Intelligenza Artificiale e Robotica del Politecnico di Milano (AIRLab), presso il quale ha seguito più di 150 tesi di laurea, diverse tesi ERASMUS, tesi dell'Alta Scuola Politecnica e 14 tesi di dottorato che hanno portato, tra l'altro, allo sviluppo di più di 50 robot autonomi per applicazioni di servizio, di intrattenimento, didattiche e spaziali. È stato tra i fondatori dell'Associazione Italiana per l'Intelligenza Artificiale (AI*IA) e dell'Italian Regional Interest Group del Neural Network Council dell'IEEE. Ha

partecipato per anni all'iniziativa internazionale Robocup, anche con compiti di organizzazione strategica (membro dell'executive committee dal 2002 al 2010). È rappresentante nazionale nella rete europea LUDI, su gioco e disabilità. Ha partecipato e coordinato numerosi progetti nazionali e internazionali, finanziati da EU, CNR, MURST, ASI e aziende pubbliche e private. Collabora da anni con docenti di scuole di diversi livelli per utilizzare robot nella formazione dei più giovani. I suoi interessi di ricerca si sono concentrati negli ultimi anni sull'interazione uomo-robot, ma includono anche l'interpretazione dati intelligente, lo sviluppo di robot autonomi (in particolare per servizio, edutainment, terapia, e intrattenimento), affective computing, apprendimento per rinforzo e sistemi fuzzy. Ha pubblicato più di 150 articoli in riviste internazionali, libri e atti di congressi internazionali.

URL: <http://www.deib.polimi.it/people/bonarini>

E-mail: andrea.bonarini@polimi.it