

IL FUTURO DEL LAVORO: LA ROBOTICA

1 Introduzione

Le macchine fanno parte della realtà dell'uomo sin dall'antichità, ma la rivoluzione industriale ha segnato un enorme passo avanti nell'uso di macchinari e apparecchiature. Già a quell'epoca le macchine avevano un'importanza e un peso ampiamente riconosciuti ma suscitavano reazioni molto diverse: alcuni le consideravano una minaccia, altri vi vedevano possibilità promettenti. Oggi, in un'epoca di tecnologia onnipresente e nel pieno di una fase di transizione, viviamo una situazione simile che però riguarda le macchine e i processi intelligenti.

Come discusso più avanti, la "*ubiquitous r/evolution*", ossia l'evoluzione/evoluzione resa possibile dall'ubiquità delle tecnologie, ci farà entrare in un'epoca in cui macchine e apparecchiature potranno essere installate ovunque, persino nel corpo umano, i robot diventeranno assistenti dell'uomo e, a lungo termine, co-lavoratori.

2 Che cos'è un robot?

A seconda dell'applicazione cui è destinato, un robot può essere classificato come robot industriale o robot di servizio.

- L'Associazione internazionale dei robot definisce un **robot industriale** come un "manipolatore multifunzionale riprogrammabile controllato automaticamente con almeno tre assi programmabili, che può essere fisso sul posto o mobile, destinato ad essere utilizzato in applicazioni di automazione industriale" (definizione ripresa dalla norma ISO 8373:1994).
- I **robot di servizio** sono destinati ad assistere, accompagnare e accudire uomini, condividendo l'ambiente umano e dando prova di un comportamento intelligente di base per lo svolgimento di compiti assegnati. Si suddividono in tre classi: i robot di classe 1 sostituiscono l'uomo svolgendo lavori in ambienti sporchi e pericolosi e operazioni monotone; i robot di classe 2 operano a stretto contatto con l'uomo per migliorarne il comfort, ad esempio per l'intrattenimento, l'assistenza agli anziani, il trasporto di pazienti o lo svolgimento di attività lavorative insieme all'uomo; i robot di classe 3 operano sull'uomo, come fanno ad esempio i robot medici impiegati nella diagnostica, nella chirurgia, nella cura e nella riabilitazione.

Costruiti inizialmente per svolgere attività semplici, oggi i robot sono concepiti in misura sempre maggiore per pensare, utilizzando l'**intelligenza artificiale (IA)**.

Esistono due tipi di IA: debole e forte. L'IA debole prevede l'uso di una macchina che dipende da un software, concepito per un problema specifico, il quale ne guida la ricerca o la risposta. Non raggiunge la consapevolezza, ma svolge essenzialmente una funzione di risoluzione di problemi in un campo di applicazione limitato (ad es. riconoscimento di testo e immagini, sistemi esperti e gioco degli scacchi). L'IA forte, invece, prevede un'ipotetica macchina che presenta comportamenti almeno tanto abili e flessibili quanto quelli dell'uomo.

Il vantaggio relativo dei robot e delle macchine intelligenti deriva dalla loro capacità di compiere movimenti di vario tipo e di "pensare" in modo incessante e instancabile. Oggi, nella progettazione dei robot ci si concentra sulla loro capacità di seguire modelli; per questo, i robot sono in genere altamente specializzati. In un futuro non molto lontano, non sarà più così e ci saranno robot in grado di svolgere una vasta gamma di compiti e di imitare e parafrasare gli uomini. Questo sviluppo sarà reso possibile anche da un aumento enorme della capacità di memoria di robot e applicazioni di IA, che permetteranno di accedere a volumi immensi di dati e di utilizzarli per vari compiti operativi.

3 Portata della robotica e previsioni per il futuro

La società si sta evolvendo: stiamo sostanzialmente passando da una società dell'informazione a una società della conoscenza e da una società della conoscenza a una società della "conoscenza ubiqua". In una "società ubiqua", una questione fondamentale per i responsabili delle politiche sarà il ruolo delle macchine intelligenti e autonome. L'attenzione dovrà concentrarsi sulle "ondate tecnologiche" come la digitalizzazione, le tecnologie dell'informazione e della comunicazione e la robotica, che sono tutti elementi cruciali nello sviluppo di questa nuova società ubiqua.

La strategia dell'UE in materia di robotica per il 2020 riassume così gli sviluppi in corso:

"La tecnologia robotica diventerà dominante nel prossimo decennio. Influenzerà ogni aspetto, in ambito lavorativo e in ambito domestico. La robotica ha le potenzialità per trasformare la vita e le pratiche di lavoro, aumentare l'efficienza e i livelli di sicurezza, assicurare livelli di servizio più elevati e creare lavoro. Il suo impatto crescerà nel tempo, così come l'interazione tra robot e persone".

Tra gli anni '60 e gli anni '90, il campo di applicazione della maggior parte dei robot e della robotica in generale era limitato alle applicazioni industriali. Oggi, i robot stanno raggiungendo capacità e un'adattabilità eccezionali e la robotica e l'IA avranno implicazioni enormi per settori di vario genere, dall'industria militare ai servizi di sicurezza, dalla sanità ai trasporti e alla logistica, dall'assistenza ai clienti alla manutenzione della casa. Nel campo della robotica di servizio, gli sviluppi recenti nel settore medico e della salute della persona sono stati considerevoli e un ulteriore aumento dell'autonomia e della complessità dei sistemi si profila ormai all'orizzonte, insieme ad applicazioni più centrate sugli uomini.

Come oggi, nel mondo ubiquo le persone comunicheranno tra di loro (uomo-uomo) e le macchine comunicheranno con le persone (uomo-macchina), ma le macchine (compresi i robot) comunicheranno anche tra di loro (macchina-macchina). Il numero di dispositivi in grado di realizzare comunicazioni macchina-macchina è destinato a crescere in modo esponenziale ed entro il 2020 il numero di "oggetti intelligenti" in grado di parlare tra di loro e di interagire con l'uomo arriverà a 50 miliardi.

Questi sviluppi nella comunicazione porteranno all'avvento, già ampiamente previsto, dell'**Internet delle cose**, espressione utilizzata per descrivere un sistema che si basa su comunicazioni autonome tra oggetti fisici. I collegamenti tra la robotica e l'Internet delle cose saranno molteplici e modificheranno sotto molti aspetti la "vecchia" società connessa in rete. Visto il modo in cui i telefoni cellulari e i computer indossabili, come ad esempio i braccialetti per il fitness, sono entrati a far parte della nostra vita quotidiana, l'uomo presto vivrà in un "mondo ubiquo" in cui tutti i dispositivi (compresi i robot) saranno pienamente collegati in rete. Nella rivoluzione dell'Internet delle cose, la graduale diffusione dei robot in molte attività della vita quotidiana fa delle applicazioni robotiche assistite dall'Internet delle cose una realtà tangibile.

In futuro, i progressi nel campo della robotica porteranno allo sviluppo di partner, assistenti, robot domestici, robot sanitari, robot per le costruzioni, robot-animali da compagnia, robot per la telepresenza e robot giocattolo. Queste applicazioni dei robot imiteranno il comportamento dell'uomo e degli animali; inoltre, l'Internet delle cose e le applicazioni ubique permetteranno ai robot di comunicare tra di loro.

Tutti questi cambiamenti quantitativi apriranno la strada a cambiamenti qualitativi, che per la loro complessità sono pressoché impossibili da prevedere. I sistemi di elaborazione ad alta velocità hanno già aperto nuovi orizzonti rendendo possibili decisioni e azioni più rapide, più affidabili e più precise; d'altra parte, però, possono comportare anche rischi e minacce, come ad esempio i picchi di volatilità delle quotazioni di borsa causati dall'*high frequency trading*. Ma allora, l'evoluzione sta forse correndo troppo? È possibile che i progressi sempre più veloci delle tecnologie ubique e di altre tecnologie causino rischi maggiori per l'economia e la società?

4 La robotica e il futuro del lavoro

Guardando al futuro del lavoro, è importante considerare fino a che punto i robot potranno sostituire o integrare e ottimizzare il lavoro umano. Un futuro in cui i robot continuino ad essere sviluppati per svolgere prevalentemente un ruolo complementare sarebbe il meno problematico per la società, perché le persone non dovrebbero competere con robot e automi e i ruoli tradizionali sarebbero sostanzialmente preservati. Le pressioni economiche e la ricerca di una maggiore produttività, tuttavia, porteranno probabilmente a un approccio di sostituzione, in cui le singole persone e i gruppi saranno sostituiti nel loro lavoro dalla robotica e dall'automazione. Nel complesso, saranno necessarie meno

persone per svolgere lavori di routine o composti da attività chiaramente definibili, perché questi lavori saranno eseguiti da robot industriali e di servizio. Questa evoluzione tecnica porterà a un aumento relativo della domanda di lavoratori molto qualificati e viceversa a una riduzione della domanda di lavoratori meno qualificati, tradizionalmente impiegati in attività manuali e cognitive di routine. Nei prossimi decenni, il trasferimento ai robot delle mansioni dei lavoratori mediamente qualificati potrebbe portare alla scomparsa di circa un terzo dei posti di lavoro attuali.

Il dilemma complementarietà-sostituibilità e il bilanciamento tra conservazione dei posti di lavoro e disoccupazione causata dalla tecnologia rappresentano una sfida per i responsabili delle politiche, le imprese e la società civile in generale. Le implicazioni più ampie riguardanti il modo in cui la robotica modificherà il mercato del lavoro, l'economia e la società sollevano questioni politiche e sociali difficili. La discussione sulle macchine intelligenti e sull'impatto della robotica e della tecnologia ubiqua sulla società, sull'economia e sull'occupazione finora è stata abbastanza passiva e l'apparato teorico riguardante i limiti fino a cui potrà spingersi lo sviluppo di una società robotizzata e automatizzata è ancora poco sviluppato.

La paura della disoccupazione indotta dalla tecnologia non è nuova: già nel diciannovesimo secolo, nel settore tessile inglese i luddisti protestavano contro la perdita del lavoro che sarebbe stata causata dalle nuove tecnologie introdotte con la rivoluzione industriale. Ciò nonostante, il timore che gli sviluppi tecnologici possano sostituire molti lavoratori umani e causare una disoccupazione strutturale permanente si è ripetutamente dimostrato infondato e per molti economisti risulta quasi inconcepibile. Al contrario, i progressi tecnologici si sono generalmente tradotti in un aumento della ricchezza e dei posti di lavoro, almeno nel lungo periodo, e le nuove tecnologie e invenzioni scientifiche in genere sono state viste molto positivamente. Tuttavia, la nuova era della robotica e dell'intelligenza artificiale può rappresentare un cambiamento di dimensioni mai viste prima d'ora e in uno scenario come questo il possibile impatto sull'occupazione, sulla distruzione di posti di lavoro e sull'economia è stato discusso molto poco. Molti economisti *mainstream* ritengono che i meccanismi di mercato riusciranno anche questa volta a bilanciare i problemi a lungo termine. Ma sarà sempre davvero così?

5 Implicazioni della robotica per la salute e la sicurezza sul lavoro

Come si è detto sopra, la diffusione delle innovazioni nel campo della robotica ha implicazioni importanti per il futuro del lavoro. I robot offrono la possibilità di mantenere una produzione industriale elevata nei paesi con un alto costo del lavoro. Inoltre, permettono di svolgere in modo produttivo attività e compiti che non possono essere svolti dall'uomo, ad esempio l'analisi, la verifica e la modifica di enormi volumi di dati o interventi in ambienti troppo difficili o troppo pericolosi. Con l'invecchiamento della popolazione, i robot offrono una soluzione anche per il problema della scarsità e del valore crescente del lavoro manuale.

Dal punto di vista della sicurezza e salute sul lavoro (SSL), la diffusione della robotica presenta varie opportunità, ma anche diverse sfide.

Il principale beneficio che potrà apportare la diffusione della robotica nel campo della SSL sarà probabilmente l'utilizzo dei robot al posto delle persone che oggi sono obbligate a lavorare in ambienti insalubri o pericolosi. Nei settori aerospaziale, nucleare, della difesa, della sicurezza, ma anche nella logistica, nella manutenzione e nelle ispezioni, i robot autonomi risultano particolarmente utili in quanto possono sostituire l'uomo in attività monotone oppure svolte in ambienti sporchi o insicuri, evitando in questo modo l'esposizione dei lavoratori a condizioni ed agenti pericolosi e riducendo i rischi fisici, ergonomici e psicosociali. Ad esempio, i robot vengono già utilizzati per svolgere compiti ripetitivi e monotoni, per manipolare materiali radioattivi o per lavorare in atmosfere esplosive. In futuro, molti altri compiti fortemente ripetitivi, rischiosi o sgradevoli verranno svolti da robot in settori quali l'agricoltura, l'edilizia e le costruzioni, i trasporti, la sanità, la lotta antincendio o i servizi di pulizia.

Malgrado questi progressi, ci sono abilità per le quali gli uomini continueranno ancora ad essere migliori delle macchine; la questione è come ottenere la combinazione ottimale di abilità umane e abilità dei robot. Tra i vantaggi dei robot c'è la capacità di svolgere lavori pesanti in modo preciso e ripetibile, mentre tra i vantaggi degli uomini ci sono la creatività, le capacità decisionali, la flessibilità e l'adattabilità. La necessità di combinare le capacità ottimali degli uni e degli altri ha portato alla creazione di ambienti di lavoro in cui robot collaborativi e uomini lavorano fianco a fianco condividendo lo stesso spazio di lavoro, nonché allo sviluppo di nuovi approcci e standard volti a garantire la sicurezza

della "fusione uomo-robot". Alcuni paesi europei stanno inserendo la robotica nei rispettivi programmi nazionali e stanno cercando di promuovere una cooperazione sicura e flessibile tra robot e operatori allo scopo di migliorare la produttività. Ad esempio, l'Istituto federale tedesco per la sicurezza e la salute sul lavoro (BAuA) organizza workshop annuali sul tema "collaborazione uomo-robot".

In futuro, la collaborazione tra robot e uomini si diversificherà: i robot avranno un'autonomia maggiore e la collaborazione uomo-robot assumerà forme del tutto inedite. Gli approcci attuali e gli standard tecnici finalizzati a proteggere i dipendenti dai rischi derivanti dall'affiancamento a robot collaborativi dovranno essere rivisti in preparazione di questi sviluppi.

Nel campo della SSL occorrerà affrontare anche altre sfide legate allo sviluppo futuro di robot autonomi e di robot di servizio.

- La robotica ha un ruolo importante nelle innovazioni sanitarie e nella cura degli anziani (compresi i lavoratori anziani). La tecnologia robotica è strettamente associata agli sviluppi nella tecnologia delle protesi e degli impianti, e queste due aree a loro volta si basano sulle neuroscienze e sull'informatica. Tra gli sviluppi più recenti si segnalano le interfacce cervello-computer, le protesi accoppiate al sistema nervoso, la visione artificiale, gli impianti di dispositivi TIC e anche i neurochip (ancora agli albori).

Questi e altri progressi nella robotica rendono possibile lo sviluppo di tecnologie di potenziamento dell'uomo che non si limitano ad offrire soluzioni per le disabilità ma migliorano anche le capacità di individui sani. Ad esempio, gli esoscheletri o "robot indossabili" aumentano la capacità dei lavoratori di sollevare pesi, ma vengono usati anche come dispositivi di ausilio o per la riabilitazione per consentire a persone con disabilità di accedere o tornare al lavoro. L'introduzione di tecnologie di potenziamento umano crea nuove esigenze nella gestione della salute e della sicurezza, legate alla necessità di monitorare i rischi emergenti, ma solleva anche nuove questioni giuridiche ed etiche.

- La grande maggioranza delle persone non ha mai interagito con i robot, ma questa situazione è destinata a modificarsi con la crescita dell'interazione macchina-uomo negli ambienti lavorativi. Gli impatti indiretti della comunicazione macchina-macchina non sono noti se non in parte, ma potrebbero essere rilevanti. Le caratteristiche ergonomiche e logistiche dei robot autonomi richiedono nuovi regimi di test e pilotaggio nell'industria e nel settore dei servizi e programmi di formazione specifici sono necessari per i lavoratori che programmeranno o faranno funzionare questi robot, si occuperanno della loro manutenzione o condivideranno con loro lo spazio di lavoro.
- Gli effetti della robotica sulla motivazione e sul benessere dei lavoratori e dei dirigenti sono noti solo in parte. I fattori psicosociali collegati alla robotica richiederanno una maggiore attenzione nel campo della sicurezza e della salute.
- A causa del differente livello di maturità che si riscontra nelle diverse aree applicative, non è possibile fornire orientamenti uniformi sulla gestione della sicurezza e del rischio. In alcune applicazioni, le questioni legate alla sicurezza (intesa anche come prevenzione di atti illeciti) sono state gestite in modo professionale, in altre il livello di sicurezza può non essere altrettanto elevato. Dovranno essere svolte altre analisi per identificare i rischi e le attività non sicure nella robotica autonoma, in particolare nel settore agroalimentare, nei servizi di cura, nei servizi domestici, nell'industria manifatturiera, nei servizi professionali e nei trasporti.
- Poiché la robotica dei servizi professionali è un'area relativamente nuova, le questioni legate alla responsabilità legale in caso di incidenti in aree pubbliche non sono chiare. In vista del lancio della tecnologia sarà necessario effettuare altre analisi legislative sulle questioni legate alla responsabilità.

Vi sono quindi temi da sviluppare per definire un quadro di sicurezza per la robotica di servizio e la robotica industriale autonoma. I temi strategici chiave sono: 1) gestione della tecnologia, 2) regolamentazione e buona governance e 3) interfacce utente ed esperienze degli utenti. È necessaria una base di conoscenze europee più condivisa riguardo ai metodi di sicurezza per i sistemi meno intelligenti (ad es. veicoli e auto) al fine di adattarli alla robotica di servizio e alla robotica autonoma, che in futuro saranno molto più "intelligenti".

6 Osservazioni conclusive

La storia insegna che le nuove tecnologie portano con sé non soltanto nuovi benefici e nuove possibilità, ma anche nuovi costi e nuove minacce. Vi è ampio consenso sul fatto che il cambiamento sta diventando sempre più veloce e il futuro si presenterà in forme che non ci sono familiari; questa evoluzione diventerà ancora più veloce, specialmente nel campo della robotica e dell'IA dove innovazioni e nuove invenzioni vedono la luce quasi ogni settimana. Questi progressi offrono benefici tra cui il miglioramento della salute, della praticità, della produttività, della sicurezza e la maggior disponibilità di dati, informazioni e conoscenze utili per le persone e le organizzazioni; d'altro canto, hanno anche risvolti negativi per la privacy e la protezione dei dati personali, nonché in termini di influenza creata dal grande salto dato ad alcuni sviluppi e di crescente complessità tecnologica.

Una maggiore cooperazione europea è necessaria nei seguenti campi: 1) requisiti di sicurezza della robotica (serie di requisiti, norme sulla sicurezza di funzionamento e migliori pratiche), 2) orientamenti relativi alla progettazione per l'ergonomia della robotica; 3) metodi per migliorare le applicazioni della robotica nella sanità e nel settore della sicurezza, 4) tecniche di validazione e verifica (metodi per verificare se i requisiti e gli orientamenti sono utilizzati correttamente), 5) esperienze guidate dagli utenti e comportamenti relativi alla robotica, 6) modelli di formazione dei lavoratori destinati a lavorare con i robot, 7) migliori pratiche di regolamentazione nel campo della robotica industriale (specialmente robot autonomi) e della robotica di servizio (specialmente robot per la cura e il benessere), 8) possibilità tecnologiche di creare sistemi sicuri eliminando o riducendo i possibili rischi della robotica.

Questo documento di discussione si basa sul riassunto di un articolo più ampio commissionato dall'EU-OSHA a Jari Kaivo-oja e integra contributi presentati dalla rete di punti focali dell'agenzia in occasione di un [seminario](#) svoltosi l'11 giugno 2015 a Bilbao.