

Considerazioni sulla storia e prospettive della Robotica per lo sviluppo della società

(Considerations on the history of robotics and perspectives on society development)

Ceccarelli, Marco

Univ. di Cassino. Laboratorio di Robotica and Meccatronica.
Via Di Biasio, 43. I-03043 Cassino (Fr)
ceccarelli@unicas.it

BIBLID [0212-7016 (2009), 54: 2; 335-349]

Artikulu honetan teknika eta gizartearen garapenean robotikak izan duen garrantzia delineatzen da, zein alderdi teknikoak zein ondorio ekonomiko eta sozialak nabarmenduz. Aplikazioen garapenean, industriatik kanpoko sektorekoetan ere, eragin erabakigarria izan duten roboten egiturak irudiztatzeko dira, baita etorkizunerako perspektibarekin muga historikoa marraztu ere. Gainera, roboten arrakastan erabakigarriak izan diren, eta agian etorkizunean horrelakoak izaten jarraituko duten, ondorio eta arazo ekonomikoak eta sozialak adierazten dira, baina oraindik eztabaigarriak diren gai irekiak bezala.

Giltza-Hitzak: Robotikaren historia. Robotika. Aplikazioak. Ondorio ekonomiko eta sozialak.

En este artículo se delinea la importancia de la robótica para el desarrollo de la técnica y la sociedad, enfatizando no sólo los aspectos técnicos, sino también las implicaciones económico-sociales. Se ilustran estructuras de robots que han tenido un impacto determinante en el desarrollo de aplicaciones incluso en sectores no industriales, y se traza una línea histórica con perspectivas para el futuro. Asimismo, se indican implicaciones y problemas económicos y de impacto social que han sido determinantes para el éxito de los robots y quizá lo serán todavía en el futuro, pero como cuestiones todavía abiertas sobre las que discutir.

Palabras Clave: Historia de la robótica. Robótica. Aplicaciones. Implicaciones económico-sociales.

Cet article met en relief l'importance de la robotique pour le progrès technique et de la société, en mettant l'accent non seulement sur les aspects techniques, mais aussi sur ses implications économique-sociales et notamment de certaines applications robotiques qui ont eu un considérable impact dans certains secteurs, y compris non industriels. L'article offre un rappel historique et les perspectives d'avenir, ainsi que les implications, problèmes économiques et faits marquants qui ont fait le succès des robots et ceux prévisibles face à l'avenir, qui feront certainement encore l'objet de bien de débats.

Mots Clé : Histoire de la robotique. Robotique. Applications. Implications économique-sociales.

Lo sviluppo della società è sempre stato dovuto allo sviluppo della tecnologia, ma l'evoluzione della tecnologia è sempre stata motivata dalle necessità della società. Spesso nella storia dell'uomo questo aspetto non è appropriatamente considerato, anche perché le implicazioni tecniche richiedono conoscenze tecniche che spesso non fanno parte del bagaglio culturale degli storici. Tuttavia, recentemente una maggiore attenzione è stata diretta allo studio dell'influenza della tecnica sul fiorire e sullo sviluppo di miglioramenti nella società, anche in termini di cultura generale, e non solo dal punto di vista del miglioramento della qualità della vita e dei mezzi per maggiori comfort.

In quest'ottica si comprende lo sviluppo di circuiti di storia della scienza e della tecnica con collaborazioni tra storici e tecnici, che permettono migliori conoscenze ed interpretazioni di sviluppi del passato, non solo lontano. L'Archeologia industriale è un brillante esempio di come esperti in tecnologia possano aiutare la comprensione delle situazioni e delle condizioni che nel passato hanno determinato successo ma anche la fine di sviluppi tecnologici e sociali.

In quest'ottica la storia della Robotica può essere di grande interesse, anche per capire recenti mutamenti della società e soprattutto utilizzare lo studio storico per comprendere quali possono essere i futuri sviluppi. Esiste una rilevante letteratura di storia tecnica focalizzata sulla evoluzione dei robot e della Robotica alla quale il lettore può riferirsi per maggiori dettagli tecnici. (un sintetico articolo dell'autore può essere un primo approccio all'argomento: Ceccarelli M., "A Historical Perspective of Robotics Toward the Future", *Fuji International Journal of Robotics and Mechatronics*, 2001, Vol. 13, No. 3, pp. 299-313).

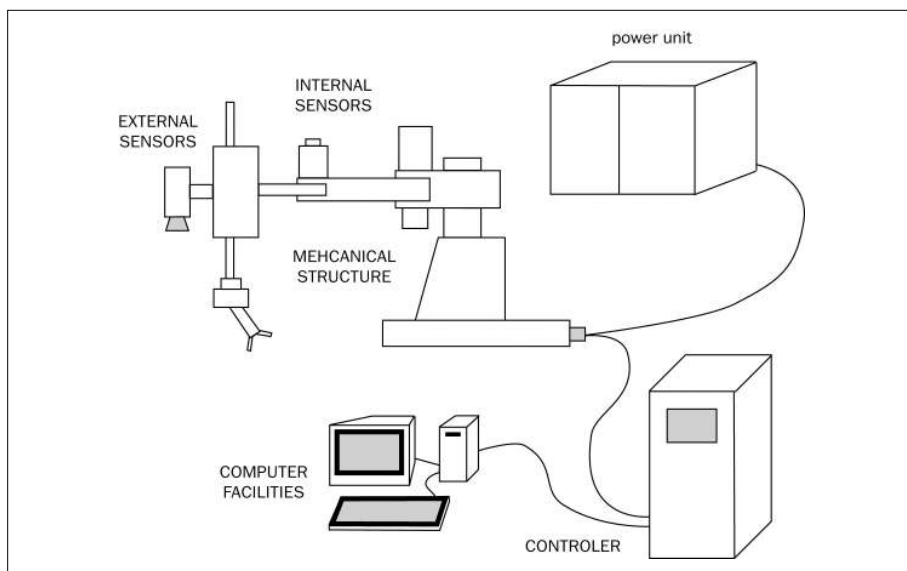


Fig. 1. Componenti di un sistema robotico.

Un robot è un sistema complesso composto da vari sottosistemi con diverse funzioni e funzionalità, come sinteticamente illustrato in Fig. 1. Nella storia non si è mai sviluppata una tale multidisciplinarietà con forte integrazione e con tanta influenza nello sviluppo tecnologico della società.

Tale complessa composizione richiede una multidisciplinarietà di conoscenze e competenze non solo per la progettazione ma anche per la gestione ed utilizzo dei robot.

Un sistema robotico è l'espressione più avanzata dei sistemi meccatronici in cui si coniugano e si integrano aspetti di meccanica, elettricità, elettronica, informatica, materiali, processi di fabbricazione e gestione, come sinteticamente indicato in Fig. 2.

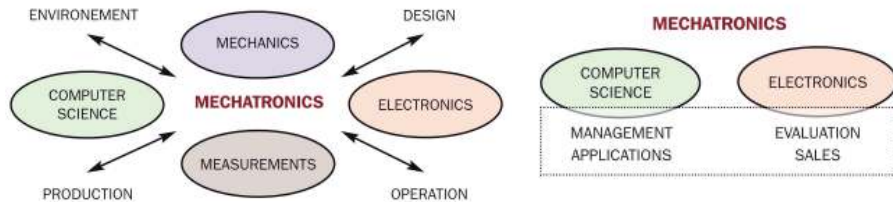


Fig. 2. Schemi generali dell'interdisciplinarietà in meccatronica.

Un robot è, pertanto, un sistema con alta versatilità e flessibilità strutturale e funzionale. Tali aspetti si riconoscono addirittura nella definizione del termine 'robot', che può avere diverse, pur sempre generali, interpretazioni a secondo del contesto in cui viene utilizzato o discusso.

Dal punto di vista tecnico, un robot è chiaramente compreso come un sistema ad alta tecnologia le cui peculiarità risiedono nella grande adattabilità a situazioni e a compiti operativi.

Vi sono vari livelli di capacità che hanno motivato lo sviluppo di una grande varietà di robot sia in funzionalità che in strutture. Una prima grande classificazione può essere indicata secondo robot industriali per compiti ben definiti, anche se variabili nel tempo e circostanze, e robot di servizio per applicazioni di tipo non industriale, che vanno dall'esplorazione spaziale alla pulizia domestica, e molti altri ancora, addirittura di sempre nuova definizione.

Esempi sono riportati in Fig. 3, anche per indicare la diversità e la varietà di strutture e apparenze che possono avere sistemi robotici.

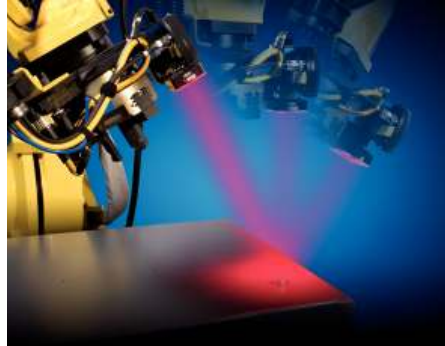
Soprattutto in alcuni campi industriali, quali per esempio la verniciatura e la saldatura, i robot sono oramai diventati soluzioni tecniche tradizionali e finanche obbligate (per ragioni tecniche ma anche di sicurezza e di qualità di

ambiente di lavoro). Tale evoluzione, maturata in soli venti anni, ha determinato anche cambiamenti strutturali nella gestione del personale e soprattutto nel suo livello culturale, non solo tecnico. Infatti, in molti settori, ove i robot sono sempre più utilizzati, si richiede personale con sempre più elevate capacità e competenze tecniche. Quindi alla perdita di posti di lavoro a basso contenuto culturale, in genere si sopperisce in parte (in gran parte) con la necessità di nuove figure tecniche e professionali, che spesso non sono legate alla specifica industria ma hanno un grande libertà e mobilità di impiego.



a)

Fig. 3. a) Esempi di robot industrial a struttura antropomorfa e ad architettura parallela.



b)



c)

b) Applicazioni industriali in saldatura, misura, e packaging; c) applicazioni non industriali per simulatore di terremoto, robot di servizio casalingo, robot per divertimento e compagnia.



b) Applicazioni spaziali.

Questo ha addirittura influenzato la costituzione sociale di alcuni settori industriali in cui la tradizionale struttura a piramide con un solo direttore al vertice si va sostituendo con una piramide rovesciata con pochi operatori di basso livello culturale e una molteplicità di responsabili di attività con elevate competenze tecniche. Infatti, in aziende operanti soprattutto in settori di alta tecnologia il personale risulta composto per la maggioranza da laureati, soprattutto ingegneri.

Tale cambiamento, che sembra essere sempre più incisivo e diffuso in funzione della diffusione dei robot in ambiti sempre più vasti, ha motivato anche un forte incentivo ad una maggiore formazione tecnica anche in ambiti tradizionalmente scevri da influenze tecnologiche. Anche il mondo accademico si è sviluppato con nuovi curriculum formativi e nuovi settori di ricerca. Per esempio, in questi ultimi anni vi sono interessanti sviluppi di robot a servizio di campi medici, quali chirurgia e fisioterapia riabilitativa, che richiedono appunto una certa conoscenza tecnica anche nei settori medici. Esempi di robot per applicazioni medicali sono illustrati in Fig. 4.



a)



b)



c)

Fig. 4. Esempi di robot in applicazioni medicali: a) in chirurgia; b) in protesi umane c) in assistenza chirurgica.

L'evoluzione dei robot ha avuto ed ha ancora tempi che sono legati allo sviluppo di tecnologie anche non direttamente legate alla Robotica. Una caratteristica di tale evoluzione, che mai si è riscontrata nella storia della tecnica, è la rapidità di sviluppo di nuovi robot tale che oggi già si parla di settimana e

finanche di ottava generazione, a partire dai primi robot (di prima generazione) degli anni '70.

La storia tecnica dei robot può essere vista da diverse prospettive tecniche: dal punto di vista concettuale i robot possono ritrovarsi pensati già ai tempi degli egizi, dal punto di vista funzionale (in qualità di automi) si possono documentare soluzioni già ai tempi dell'impero romano, dal punto di vista tecnologico (come automi riprogrammabili) si possono indicare soluzioni già ai tempi del Rinascimento. Esempi in Fig. 5.

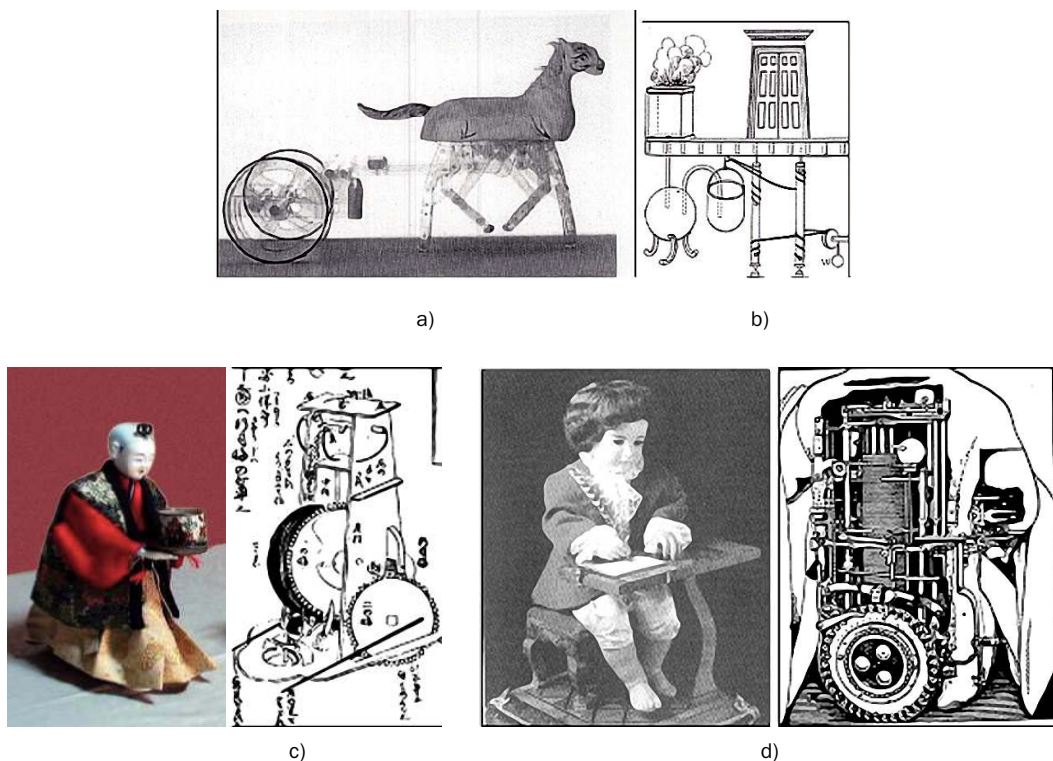


Fig. 5 Esempi di sistemi robotici anti litteram: a) mucca meccanica cinese del 5 sec a.C.; b) sistema di apertura automatica di porte di Erone di Alessandria del 3 sec c.C.; c) automa giapponese del 17 sec; d) automa scrittore di Jaquet-Droz del 1760.

Dal punto di vista moderno, nell'accezione indicata in Fig. 1 e 2, i robot si sono sviluppati a partire dalla seconda guerra mondiale, quando la manipolazione di materiali radioattivi ha richiesto teleoperazioni con operatori umani non direttamente a contatto con i materiali e l'ambiente in cui si doveva manipolare gli oggetti.

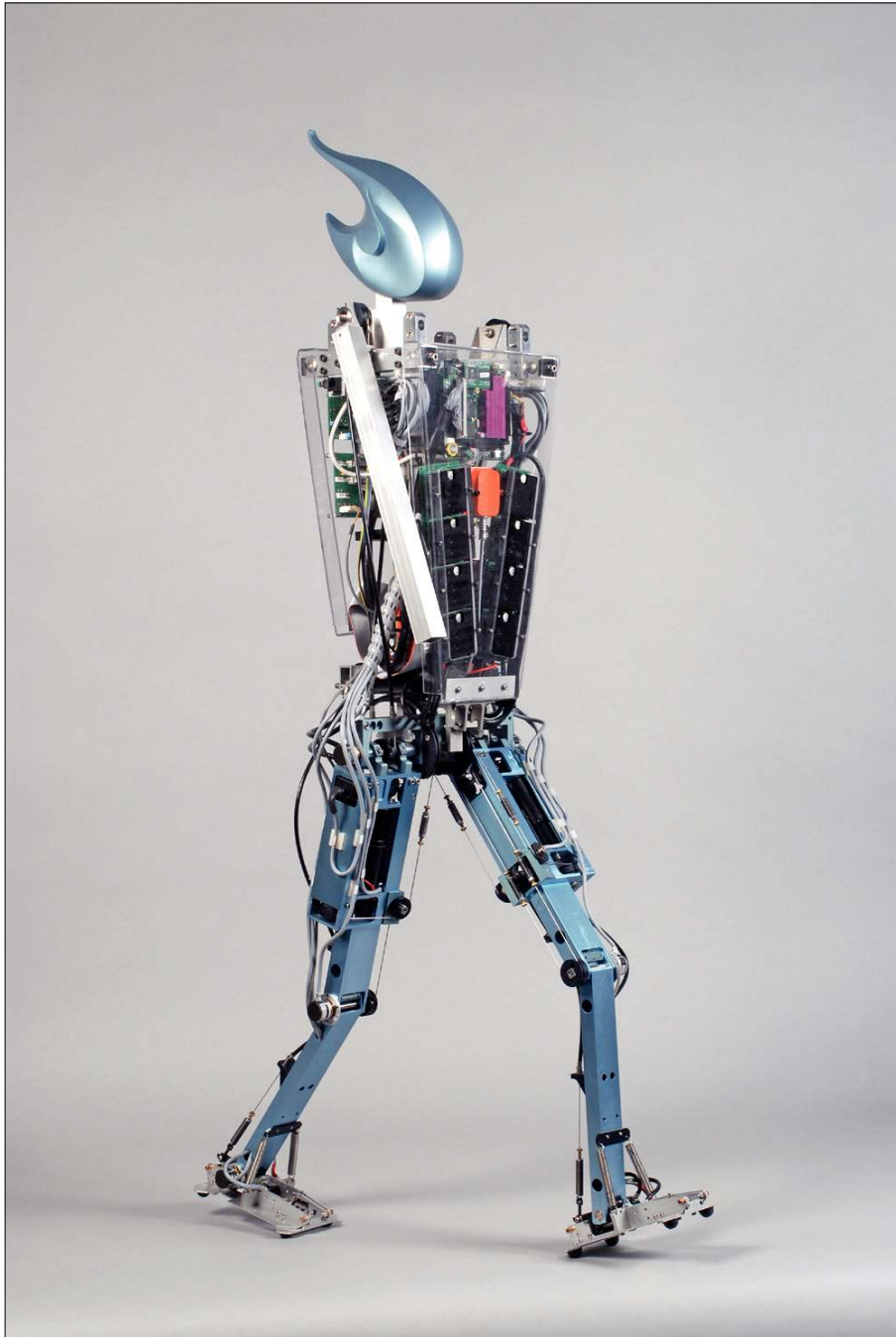
La storia della Robotica moderna è identificata da numerosi eventi che hanno contribuito ad una continua rapida evoluzione. Di seguito si riporta una cronologia essenziale, soprattutto per indicare la rapidità evolutiva:

- 1947: Raymond Goertz costruisce ed usa un braccio servocontrollato per teleoperazione
- 1954: George C. Devol ottiene il primo brevetto per un manipolatore riprogrammabile
- 1956: inizia l'attività l'Unimation prima azienda costruttrice di robot
- 1971: viene fondata la Società giapponese di Robotica Industriale
- 1972: prima edizione del Congresso IFToMM Ro.Man.Sy. sulla Robotica
- 1975: viene fondata la Società USA di Robotica Industriale
- 1975: robot industriali vengono installati su larga scala negli impianti Ford di Detroit
- 1981: robot industriali negli impianti FIAT di Cassino
- 1984: inizia la rivista tecnico scientifica IEEE Journal of Robotics and Automation
- 1996: presentazione del robot umanoide ASIMO
- 1999: commercializzazione del robot AIBO per divertimento

In particolare, si può sintetizzare che i robot moderni, con capacità nuove per la storia della tecnica, consistenti nella riprogrammabilità (possibilità di aggiornare via software il funzionamento) e nella gestione contemporanea di numerosi attuatori (possibilità di movimentazione con alta versatilità) si sono evoluti a partire dagli anni '60 con rapidità da semplici macchine riprogrammabili a sistemi con intelligenze artificiali, fino allo sviluppo di sistemi emulanti sistemi viventi in natura. Esempi in Fig. 6.



a)



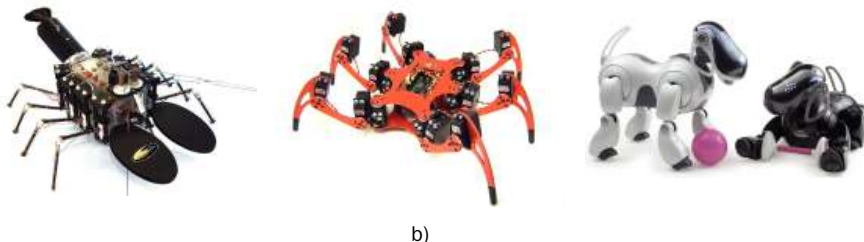


Fig. 6. Esempi di robot ispirati a esseri viventi in natura: a) umanoidi; b) animali (multi-leg robot, spider robot; dog robot).

Perfino l'uomo è stato ed è tuttora un obiettivo per la Robotica. I robot umanoidi si sono sviluppati a partire dagli anni '70 (il primo robot bipede nel 1972 presso la Waseda University di Tokyo ad opera del prof Ichiro Kato) ed oggi ve ne sono sviluppi con varie soluzioni e performance, ed addirittura disponibili sul mercato, soprattutto per applicazioni nelle aree di divertimento (cinema, presentazioni museali, spettacoli).

A livello popolare il termine robot si riconosce per sistemi che hanno la finalità di riprodurre non solo le sembianze umane, ma anche le sue capacità. Quelle meccaniche si possono attualmente ottenere con buone prestazioni, mentre quelle di intelligenza sono ancora di basso livello se comparate con la natura umana.

La struttura di robot androide (o umanoide) è quella che generalmente incarna il prototipo nella conoscenza popolare della robotica, ma in realtà i robot, per la grande maggioranza, non hanno tali finalità e perfino le apparenze possono essere ben lontane da sembianze umane ed antropomorfe.

I robot si sono sviluppati inizialmente, soprattutto negli anni 70 ed 80, per soddisfare esigenze di sostituire od aiutare operatori umani in operazioni e condizioni pericolose o rischiose. Successivamente, la possibilità di conseguire operatività anche migliore delle prestazioni umane, hanno suggerito la loro applicazione anche in altri campi, dapprima ancora a livello industriale, e poi in altri ambiti quali quelli di servizio, anche in ambienti non tecnologici. Quindi, se nell'industria le possibilità di ulteriore sviluppo, seppur ancora ampia, è ben prevedibile, nei settori di servizio i robot hanno grandi potenzialità di applicazioni.

Pertanto, una peculiarità della diffusione dei robot consiste nel fatto che anche quando sembra che il parco di robot installati abbia raggiunto la saturazione del mercato, nuovi campi di applicazioni si aprono per rilanciare il settore di sviluppo e costruzione di robot.

Da un punto di vista economico, la diffusione dei robot nel passato è stata motivata non solo da ragioni tecniche, ma soprattutto da convenienza

economica rispetto a soluzioni con automazioni tradizionali (soprattutto per grandi produzioni) e/o addirittura con operazioni manuali (per produzioni limitate). Tale fatto è indicato sinteticamente in Fig. 7.

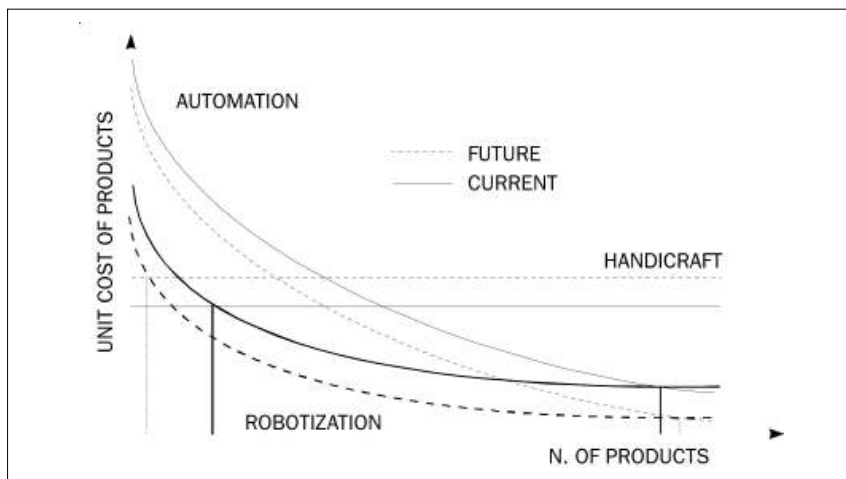


Fig. 7. Campi di impiego dei robot dal punto di vista della convenienza economica.

Si può pensare che anche in futuro la convenienza economica, dovuta alla continua riduzione del costo di robot per tecnologie sempre più convenienti, sarà un fattore determinante, insieme alla operatività alla portata di utenti anche non tecnici, per una sempre più ampia diffusione dei robot. In realtà, nell'ultimo decennio, la ricerca e lo sviluppo di robot si è indirizzata secondo due filoni: sistemi ad alta sofisticazione ed innovazione, e sistemi a basso costo con funzionalità adeguate agli utenti.

Nella prima categoria si trovano i robot umanoidi ed altri sistemi robotici per applicazioni particolari, mentre nella seconda categoria si sviluppano sistemi a funzionalità dedicata.

Il concetto di robot per impiego universale, che è stato pensato come finalità ultima della Robotica (si veda la storica definizione del termine robot ad opera del drammaturgo Karel Capek nel 1921 e le storiche tre regole di Asimov), è venuto meno a beneficio di praticità di utilizzo e di economicità di costo, anche perché in realtà la vita di un robot e la sua pratica applicazione come macchina non riesce a sfruttare quella universalità di funzioni che un robot potrebbe avere.

Infatti, soprattutto in settori industriali i robot sono impiegati in operazioni ben precise, anche se con necessità di variazioni. Per esempio, un robot di saldatura esaurirà la sua vita (di circa 10 anni) in operazioni di saldatura che possono variare in tecnologia di saldatura ed in strategie operative, e

difficilmente (quasi mai) si potrà riadattare per altre operazioni completamente diverse.

Analogamente per i robot di servizio.

Questo aspetto ha determinato anche un ulteriore sviluppo di specializzazione dei robot, tanto nella progettazione come nella applicazione, con relativo sviluppo di competenze e conoscenze con specificità professionali, sempre più diversificate. Da un lato l'aspetto mecatronico dei robot richiede competenze multidisciplinari, dall'altro la specificità di impiego impone una specializzazione soprattutto in gestione e funzionalità. È comunque indubbio che l'alto livello di formazione multidisciplinare richiesto per un esperto di robot sia una caratteristica culturale, che non ha riscontri nella storia della tecnica.

Lo sviluppo tecnico dei robot ha quindi determinato anche una evoluzione nel campo professionale e sociale.

In ambito professionale, le competenze tecniche si sono elevate con perdite di posti di lavoro a basso livello culturale ma con la creazione di nuove figure professionali e nuove aree di impiego. Nell'ambito industriale si è osservato un notevole cambiamento di professionalità soprattutto nei settori in cui i robot sono stati accettati sin dall'inizio della Robotica: nuove figure di ingegneri e tecnici sono state definite e formate anche esclusivamente per progettazione e gestione dei robot. Inoltre, la multidisciplinarietà mecatronica dei robot ha richiesto nuovi ambiti accademici e professionali di formazione, così come nuove strategie di ricerca e sviluppo di prodotti e processi.

Tutto questo si può dire sia avvenuto in maniera prorompente e soprattutto nei due ultimi decenni del secolo scorso. La prospettiva futura sembra indicare un ulteriore conferma della tendenza, con estensione anche in ambiti non tecnici.

In generale, si può considerare che lo sviluppo abbia stimolato una crescita culturale, soprattutto dal punto di vista tecnico, e questa crescita si ritiene possa essere ancora motivo di ulteriore sviluppo della Robotica.

Dal punto di vista sociale, si può considerare che lo sviluppo dei robot ed in generale della Robotica hanno contribuito e ancora contribuiscono non solo al miglioramento della qualità della vita, ma anche allo sviluppo sociale e culturale della società.

I robot, pensati per sostituire e/o aiutare l'uomo in compiti pericolosi o ripetitivi, permettono di migliorare le condizioni di lavoro ed anche gli ambienti industriali possono essere organizzati con condizioni meno insalubri per gli operatori.

Robot di servizio vengono utilizzati per migliorare attività di tipo non industriale ma anche per soddisfare a necessità di basso livello culturale ma indispensabili per l'attività diaria di alcune persone (pulizia della casa, sostegno a

persone disabili). Quindi la qualità dell'ambiente di lavoro e anche di vita quotidiana ha subito notevoli miglioramenti, grazie agli sviluppi tecnologici che in parte si possono ascrivere anche alla prorompente evoluzione della Robotica.

Lo sviluppo culturale è indubbio quando si pensa all'impulso a livelli culturali più elevati non solo negli ambienti tecnici, ma anche da parte degli utenti. D'altronde la moderna società è pervasa dalla tecnologia che richiede capacità tecniche e culturali molto più elevate che nel passato, anche in operazioni quotidiane (si pensi ad esempio all'uso del telefono cellulare).

Tale livello culturale motiva e stimola, in effetti, la diffusione dei robot di servizio, anche in applicazioni impensabili già dieci anni fa, come per esempio nella pulizia della casa o nell'assistenza ospedaliera.

Lo sviluppo sociale si può pensare abbia beneficiato dello sviluppo della Robotica, in quanto, oltre al livello più elevato con maggior consapevolezza delle proprie capacità, ha visto un incremento delle categorie sociali più elevate, sia in termini di benessere che di status sociale. Il potersi liberare di lavori poco gratificanti permette indubbiamente una maggiore disponibilità per attività di maggiore soddisfazione economica, culturale, e sociale. Inoltre, l'uso estensivo di robot ha permesso e permetterà ancor più in futuro una riduzione dell'orario di lavoro a beneficio di maggior tempo libero per attività non solo hobbistiche ma anche di interazione sociale e sviluppo culturale personale.

Tali prospettive, già pensate nel passato, hanno in realtà creato nell'immaginario collettivo grandi aspettative nello sviluppo dei robot. Si pensi solo a film recenti e passati, nei quali i robot hanno un ruolo centrale in una società libera da ogni problema e con capacità che saranno impensabili tecnicamente ancora per lungo tempo.

A fronte del grande ottimismo che motiva gli esperti di Robotica, è doveroso accennare anche ad aspetti discutibili che possono accompagnare lo sviluppo della Robotica. In realtà, oltre ad un grande fermento tecnico, vi è anche una considerevole attività di discussione sia in una vasta letteratura che in forum congressuali per affrontare le implicazioni che l'uso della Robotica ha determinato e può ancora determinare in futuro. Quindi, agli aspetti positivi indicati in questa breve memoria si contrappongono considerazioni critiche, financo negative.

Ma soprattutto si discute ancora sulle lecite domande:

- è effettivamente conveniente usare robot (sia dal punto di vista tecnico-economico che culturale)?
- L'uso dei robot danneggia o migliora il mercato del lavoro?
- Può un robot sostituire completamente l'uomo, soprattutto in operazioni di alto impatto sociale?

- L'uso di robot stimola effettivamente uno sviluppo culturale e sociale?
- Può un robot divenire un elemento fondamentale nelle attività umane?
- L'interazione uomo-robot può avere implicazioni etiche e sociali?

Questi e molti altri quesiti insieme ad aspetti della storia e dell'uso dei robot sono e devono essere motivo di riflessione, non solo nei settori tecnici, ma anche in ambienti culturali più ampi fino ai livelli della politica, per poter non solo comprendere lo sviluppo storico e l'incidenza della Robotica, ma soprattutto per poter guidare la futura potenzialità di influenza della Robotica nello sviluppo della Società.