

QUALE FUTURO PER IL LAVORO: ANALISI DELLA LETTERATURA SUGLI IMPATTI DELLA ROBOTICA

Saverio Lovergine
Alberto Pellerò





L'Istituto Nazionale per l'Analisi delle Politiche Pubbliche (INAPP) è un ente pubblico di ricerca che si occupa di analisi, monitoraggio e valutazione delle politiche del lavoro, delle politiche dell'istruzione e della formazione, delle politiche sociali e, in generale, di tutte le politiche economiche che hanno effetti sul mercato del lavoro.

Nato il 1° dicembre 2016 a seguito della trasformazione dell'Isfol e vigilato dal Ministero del Lavoro e delle politiche sociali, l'Ente ha un ruolo strategico - stabilito dal Decreto Legislativo 14 settembre 2015, n. 150 - nel nuovo sistema di governance delle politiche sociali e del lavoro del Paese.

Inapp fa parte del Sistema statistico nazionale (SISTAN) e collabora con le istituzioni europee. Da gennaio 2018 è Organismo Intermedio del PON Sistemi di Politiche Attive per l'Occupazione (SPA0) per svolgere attività di assistenza metodologica e scientifica per le azioni di sistema del Fondo sociale europeo ed è Agenzia nazionale del programma comunitario Erasmus+ per l'ambito istruzione e formazione professionale. È l'ente nazionale all'interno del consorzio europeo ERIC-ESS che conduce l'indagine European Social Survey.

Presidente: *Stefano Sacchi*

Direttore generale: *Paola Nicastro*

Riferimenti

Corso d'Italia, 33
00198 Roma
Tel. +39.06.85447.1
web: www.inapp.org

Contatti: editoria@inapp.org

La collana Inapp Paper è a cura di Claudio Bensi.

Il presente lavoro, attraverso l'analisi della letteratura, intende evidenziare gli effetti futuri che l'accelerazione del progresso delle nuove tecnologie digitali, dell'intelligenza artificiale e della robotica avranno sull'occupazione e sulle skill dei lavoratori.

Il presente contributo redatto da Inapp in qualità di Organismo intermedio del PON SPA0 con il contributo del FSE 2014-2020 Azione 10.4.11. Ambito di Attività 1.

Questo testo è stato sottoposto con esito favorevole al processo di peer review interna curato dal Comitato tecnico scientifico dell'Istituto.

Autori

Lovergine Saverio, INAPP
(s.lovergine@inapp.org)

Alberto Pelleri, Strategy and Marketing Manager
at KUKA Roboter Italia SpA
(Alberto.pelleri@kuka.it)

Testo chiuso: febbraio 2019

Pubblicato: aprile 2019

Coordinamento editoriale

Costanza Romano

Editing grafico ed impaginazione

Daniela Verdino

Le opinioni espresse in questo lavoro impegnano la responsabilità degli autori e non necessariamente riflettono la posizione dell'ente.

Alcuni diritti riservati [2019] [INAPP]

Quest'opera è rilasciata sotto i termini della licenza Creative Commons Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0. Italia License.

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)



ISSN 2533-2996

ISBN 978-88-543-0055-2



ABSTRACT

QUALE FUTURO PER IL LAVORO: ANALISI DELLA LETTERATURA SUGLI EFFETTI DELLE NUOVE TECNOLOGIE

Anche se non siamo ancora ad una svolta epocale di disruptive innovation, che alcuni autori definiscono quarta rivoluzione industriale, i progressi nei campi delle ICT, della robotica, dell'intelligenza artificiale e delle nuove tecnologie digitali stanno erodendo il dogma in economia che il progresso tecnologico aumenti la ricchezza di un Paese e il benessere dei suoi cittadini. Una recente letteratura sulle possibili conseguenze per l'occupazione dovuta all'uso diffuso di tali tecnologie, che alcuni autori definiscono di stampo neo-luddista, sostiene che, rispetto alle precedenti rivoluzioni industriali, questa volta potrebbe essere diverso (Ford, 2015). Il presente lavoro, attraverso l'analisi della letteratura, intende evidenziare gli effetti futuri che l'accelerazione del progresso delle nuove tecnologie digitali, dell'intelligenza artificiale e della robotica avranno sull'occupazione e sulle skills dei lavoratori.

PAROLE CHIAVE: Robotica, nuove tecnologie, lavori futuri

WHAT FUTURE FOR WORK: LITERATURE ANALYSIS OF THE CONSEQUENCES OF ROBOTICS

There is a fourth Industrial Revolution happening, but it still does not represent a fundamental breakthrough (disruptive innovation) now. The acceleration of progress in the fields of ICT, robotics, artificial intelligence and new digital technologies are changing the economics dogma that technological development enhances wealth and life standard of a country. A recent literature on the possible consequences for employment deriving from the widespread use of such technologies, claims that compared to previous industrial revolutions, this time might be different (Ford, 2015). This paper shows the literature analysis on future impacts that the progress of new digital technologies, of artificial intelligence and of robotics in particular will have on the occupations and skills of workers.

KEYWORDS: Robotics, new technologies, new jobs

PER CITARE IL PAPER: Lovergine S., Pelleri A. (2018), *Quale futuro per il lavoro: analisi della letteratura sugli impatti della robotica*, Inapp Paper n. 18, Roma, INAPP



INDICE

INDICE	4
Introduzione	5
1 Le nuove tecnologie digitali e la robotica.....	6
1.1 Le nuove tecnologie digitali	6
1.2 La Robotica.....	8
1.3 I numeri della robotica	9
1.4 La robotica collaborativa e di servizio.....	13
2 Progresso tecnologico, livelli e composizione della forza lavoro e skill.....	15
2.1 L'importanza del capitale umano nell'attuale contesto tecnologico	20
2.2 Gli effetti delle tecnologie sull'occupazione	21
2.3 Gli effetti della robotica e delle nuove tecnologie sull'occupazione in Italia.....	27
2.4 Professioni a rischio disoccupazione.....	30
2.5 La creazione di nuovi lavori e il reshoring	33
Conclusioni	35
Bibliografia	37
Allegato 1.....	41



INTRODUZIONE

Il timore che l'innovazione e le nuove tecnologie possano distruggere il lavoro è vecchio quanto quello verso il capitalismo, ma come la storia economica ci insegna tale preoccupazione è stata sempre smentita dai fatti. Infatti, a fronte di posti di lavoro persi durante i passaggi dettati dalle rivoluzioni industriali, le nuove tecnologie ne hanno creati sempre di nuovi, spesso più dignitosi e con un salario migliore¹.

Negli ultimi anni, numerosi studiosi – Frey e Osborne (2013), Brynjolfsson e McAfee (2013, 2015), Ford (2009, 2015), Acemoglu e Restrepo (2017) in particolare – si sono occupati delle conseguenze per l'occupazione, dovute alla sostituzione parziale o totale di alcuni lavori da parte delle macchine, nonché di task ad alto impiego di routine e di impegno cognitivo. Rispetto ai cambi di paradigma tecnologici del passato, questi studiosi affermano che questa volta potrebbe essere diverso (Ford 2015). I progressi nel campo della robotica, dell'intelligenza artificiale (IA) e delle nuove tecnologie digitali stanno spostando i termini del vantaggio comparativo tra uomo e macchina, guidandoci a grande velocità verso una nuova organizzazione dell'economia e della società, nella quale per vincere la competizione economica globale è importante che i lavoratori gareggino, non contro, ma con le macchine, affermando un nuovo paradigma nel quale uomini e macchine collaborano insieme per aumentare la produzione e catturare i mercati, battendo altri team di uomini e macchine.

Premesso ciò, il presente lavoro presenta un'analisi della recente letteratura che si sta affermando con pubblicazioni e report nazionali e internazionali sugli effetti che l'IA, le nuove tecnologie digitali e la robotica avranno sull'occupazione e sulle competenze dei lavoratori.

Dopo questa breve introduzione, utile a inquadrare il presente lavoro, nel capitolo 1 si evidenziano i progressi realizzati nell'ambito delle nuove tecnologie digitali, dell'IA, e della robotica; i dati riguardanti la domanda di robot industriali nel mondo; e lo sviluppo della robotica collaborativa e di servizio. Nel secondo capitolo, nell'ambito di recenti pubblicazioni e report, si riportano i dati riguardanti gli effetti del progresso tecnologico sui livelli occupazionali in alcuni Paesi e in Italia. Oltre ai dati sull'occupazione, sono analizzati altri temi quali: l'importanza del capitale umano nell'ambito del contesto tecnologico; gli effetti sulle skills dei lavoratori, sui tasks dei lavori, e sui lavori a rischio di disoccupazione; le professioni create dalle nuove tecnologie; e il fenomeno del reshoring, quale forma di ripristino dell'occupazione da parte di imprese dei Paesi occidentali. Il paper si chiude con delle sintetiche note finali, che lasciano il passo ad alcune riflessioni su possibili indicazioni di policy.

¹ Gli andamenti dei salari, del PIL, della popolazione mondiale sotto la soglia di povertà, e dell'aspettativa di vita delle prime tre rivoluzioni industriali sono stati sempre positivi.



1 LE NUOVE TECNOLOGIE DIGITALI E LA ROBOTICA

1.1 Le nuove tecnologie digitali

In questo paragrafo si riportano brevemente i progressi realizzati nell'ambito delle nuove tecnologie digitali, dell'IA e della robotica.

Molti studiosi sono convinti che siamo all'inizio di una trasformazione che modificherà radicalmente il modo in cui viviamo, comunichiamo e lavoriamo, definita quarta rivoluzione industriale, che aumenterà la competitività delle industrie del settore manifatturiero, attraverso la crescente integrazione di Sistemi Cyber-Fisici (Cyber-Physical Systems o CPS) nei processi industriali. I cambiamenti e le trasformazioni di questa nuova rivoluzione industriale produrranno grandi opportunità, ma anche enormi rischi, quali: l'incapacità di adattamento delle organizzazioni, le difficoltà da parte delle istituzioni di adottare e regolamentare le nuove tecnologie, le criticità in termini di sicurezza generate da nuovi poteri, l'aumento delle diseguaglianze, etc.

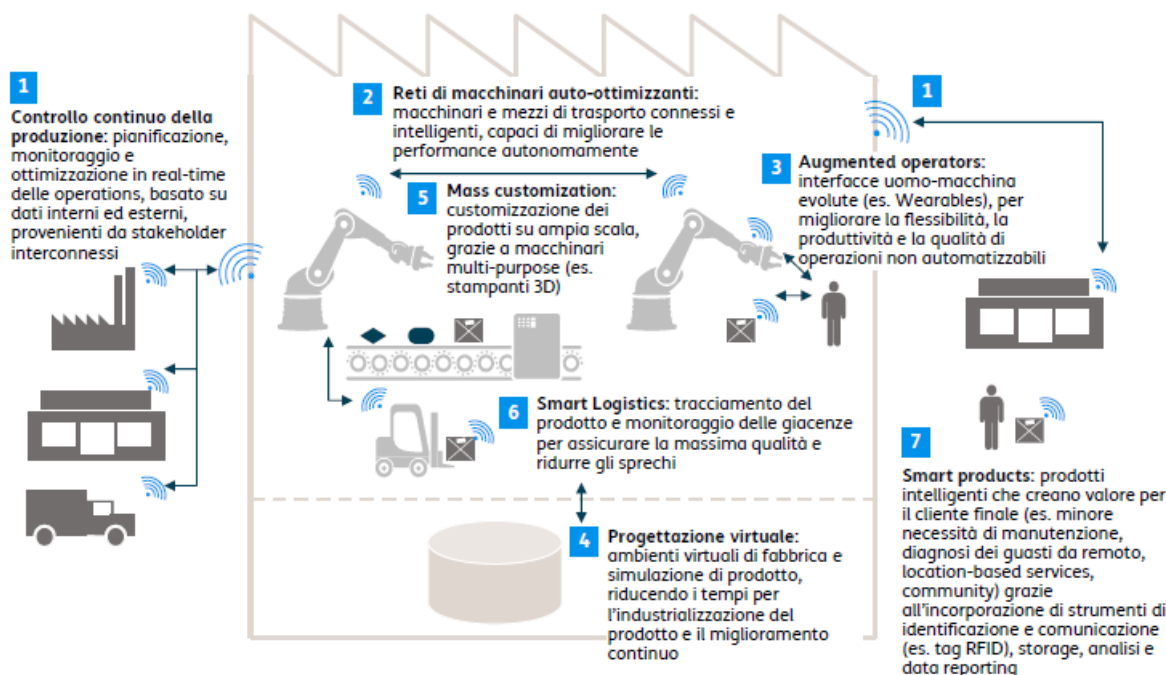
Secondo McKinsey (2017) le nuove tecnologie digitali avranno un impatto profondo nell'ambito di quattro direttrici di sviluppo:

- a. La prima riguarda l'utilizzo dei dati, la potenza di calcolo e la connettività, e si declina in *big data*, *open data*, *Internet of Things*, *machine-to-machine* e *cloud computing* per la centralizzazione delle informazioni e della loro conservazione.
- b. La seconda è quella degli *analytics*: una volta raccolti i dati, bisogna ricavarne valore. Oggi solo l'1% dei dati raccolti è utilizzato dalle imprese, che potrebbero invece ottenere vantaggi a partire dal *machine learning*.
- c. La terza direttrice di sviluppo è l'interazione tra uomo e macchina, che coinvolge le interfacce touch, sempre più diffuse, e la realtà aumentata.
- d. Infine, c'è tutto il settore che si occupa del passaggio dal digitale al reale, che comprende la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le comunicazioni, le interazioni machine-to-machine e le nuove tecnologie per immagazzinare e utilizzare l'energia in modo mirato, razionalizzando i costi e ottimizzando le prestazioni.

La possibilità di comunicare tra le macchine nelle fabbriche apporterà alle linee di produzione la capacità autodiagnostica di rilevare gli errori e correggerli. La flessibilità degli impianti renderà possibile personalizzare i prodotti in funzione del singolo cliente, e i robot lavorando a contatto con l'uomo, apprenderanno da esso in modo naturale. La fabbrica diventerà smart, in quanto saprà approvvigionarsi di energia senza sprechi e al minor costo possibile (figura 1).



Figura 1 - La filiera produttiva industria 4.0



Uno degli elementi fondamentali di Industry 4.0 è l'intelligenza artificiale, che può essere definita come la "scienza che si propone di sviluppare macchine intelligenti" (Russell e Norvig 2003). Tale definizione rischia di essere fuorviante, in quanto il computer AlphaGo di Google che ha battuto il campione Lee Sedol al gioco cinese Go, e Deep Blue di IBM che ha battuto il campione di scacchi Gary Kasparov, non avevano la benché minima idea di cosa stessero facendo. Attualmente si è molto distanti dalla creazione di una IA in grado di pensare, ragionare, comportarsi come un essere umano.

Per Signorelli (2017) si tratta ancora di "software che sono semplicemente capaci di processare una quantità tale di dati da riuscire a metterli in relazione tra loro, identificando eventuali collegamenti o calcolando statisticamente quale mossa di un determinato gioco abbia la maggior probabilità di avere successo" (p. 94).

Due sono stati gli approcci utilizzati per sviluppare questo modo di pensare dell'AI:

- il primo, parte dall'alto, cioè dalle regole, e funziona solo in domini in cui le regole e le definizioni sono molto chiare (matematica, scacchi, etc.);
- il secondo, parte dal basso, cioè dai dati, apprendendo dall'esperienza, attraverso tentativi ed errori che rafforzano o indeboliscono le connessioni tra neuroni di una rete neurale.

Per ottenere tali risultati si fa principalmente riferimento a due metodi: il *machine learning* (apprendimento automatico) e il *deep learning* (apprendimento approfondito).

Il machine learning utilizza algoritmi che analizzano un paniere di dati, imparano da esso e poi traggono o fanno delle previsioni su qualcosa che esiste nel mondo.

Il *face recognition* di Facebook, e gli altri strumenti simili, utilizzano il deep learning, che sfrutta numerosi strati di network neurali per cercare dei *pattern* tra i dati. Quando uno strato riconosce uno schema, invia l'informazione al livello successivo, che cercherà delle correlazioni all'interno di questi dati



e così via. I vari livelli lavorano a cascata: le caratteristiche di livello più alto derivano da quelle di livello più basso allo scopo di creare una rappresentazione gerarchica che procede per crescenti livelli di astrazione, consentendo a questa tecnica di migliorare drasticamente il modo in cui i software processano i compiti più difficili che sono chiamati a svolgere.

Quindi, a differenza dei classici software che eseguono un codice che spiega loro cosa devono fare, i programmi basati su *machine learning* e *deep learning* imparano da soli e non c'è modo di sapere con esattezza in che modo il software è arrivato alla soluzione corretta o come ha preso le sue decisioni².

1.2 La Robotica

La presentazione dei progressi tecnologici, continua nei prossimi tre paragrafi con l'analisi del settore della robotica, svolta anche attraverso i dati riguardanti la domanda di robot industriali nel mondo e lo sviluppo della robotica collaborativa e di servizio.

La famosa domanda che Alan Turing si pose nel 1950: le macchine possono pensare? Anche oggi ottiene la stessa risposta: NO, non possono! Le si possono riempire di una quantità tale di dati da costringerle a metterli in relazione tra loro identificando eventuali collegamenti, ma non pensano.

Nessun settore della scienza ha avuto un così ampio spettro di competenze e un approccio multidisciplinare come la robotica³, tale da comprendere discipline quali: architetture informatiche, IA, bioingegneria, neuroscienze, scienze cognitive, telecomunicazioni, elettronica e elettrotecnica, ottica, acustica, elaborazione delle immagini, meccanica, etc., senza esaurirne le esigenze scientifiche. Pertanto, è impossibile, coltivare allo stesso livello di profondità le competenze necessarie o anche utilizzare solo alcune di tutte quelle su elencate. Per questo la robotica potrebbe non essere una scienza a sé, ma l'unione di scienze, discipline e tecnologie diverse ancora in attesa di una comune teoria, di un linguaggio che unifichi meccanica e software, algoritmi e materiali. Nella sua evoluzione storica, l'autonomia è l'elemento differenziale tra i robot e le altre macchine. In termini di traiettoria tecnologica, i robot si stanno evolvendo dall'automazione programmata, da sistemi semi-autonomi a sistemi complessi più autonomi. Nel riquadro 1 si riportano le quattro fasi delle rivoluzioni della robotica, postulate da Kuka, secondo cui la robotica sta cambiando il mondo, e nei prossimi cinquanta anni avrà un'influenza dirompente simile a quella esercitata da internet e dalle tecnologie dell'informazione negli ultimi decenni (Keisner et al. 2015, p. 4).

² Il lavoro di Jaakkola et al. (2016) punta a spiegare come gli algoritmi giungono a una determinata decisione.

³ Tra le numerose definizioni di robot si propongono:

- “an automatically controlled, reprogrammable, multipurpose manipulator, programmable in three or more axes, which can be either fixed in place or mobile for use in industrial automation applications.” (International Federation of Robotics (IFR));
- “any machine capable of sensing its environment and reaching to that environment based on an independent decision-making capability” (Springer 2013,1);
- “actuated mechanism programmable in two or more axes (4.3) with a degree of autonomy (2.2), moving within its environment, to perform intended tasks – Note 1 to entry: A robot includes the control system (2.7) and interface of the control system; Note 2 to entry: The classification of robot into industrial robot (2.9) or service robot (2.10) is done according to its intended application” (ISO 8373:2012).



Riquadro 1 – Evoluzione della robotica⁴

Yesterday – The 1st robotic revolution
Robot-Based Automation Solution. L'era della robotica è iniziata negli anni '60 e '70 del secolo scorso. I robot industriali hanno portato maggiore efficienza e produttività a compiti manuali semplici come sollevamento, saldatura a punti e imballaggio. Hanno iniziato il loro trionfante ingresso nel settore automobilistico, diffondendosi successivamente in altri settori. In questo ambiente di produzione, il robot ha operato in sicurezza, in recinti o zone a cui l'uomo non aveva accesso. I suoi compiti erano chiaramente definiti: alleviare gli esseri umani dal lavoro monotono, e assemblare auto o altri beni in grande volumi nel modo più rapido e preciso possibile.

Today – The 2nd robotic revolution
Sensitive and Safe Robot-Based Automation Solution. Ciò che era fantascientifico solo pochi anni fa, ora è realtà: robot e umani lavorano insieme. I robot collaborativi (ad es. il LBR iiwa, sviluppato da KUKA) consentono una relazione completamente nuova tra uomo e robot: collaborazione diretta e sicura, senza alcun recinto di sicurezza. Laddove non esiste una barriera che limiti la libertà, è aperta la strada a nuove applicazioni altamente efficienti e molto più flessibili. Il robot è ora una macchina che può essere toccata e con cui è possibile l'interazione. In futuro impatterà la vita quotidiana in vari modi, che si tratti di un assistente di lavoro nell'industria, un robot di servizio nella sfera pubblica, un robot infermieristico in ambito clinico, un aiutante in casa o in molte altre aree che oggi sembrano ancora futuristiche.

On the starting grid – The 3rd robotic revolution
Mobile, Sensitive and Safe Robot-Based Automation Solution. Come unità mobili autonome, i robot collaborativi sono in grado non solo di reagire in modo intelligente all'ambiente circostante, ma anche di cambiare il loro luogo di utilizzo. La possibilità di interagire con persone, o apparecchiature in luoghi diversi conferisce virtualmente ai robot mobili un potenziale illimitato di applicazioni. I robot mobili possono già eseguire attività logistiche in modo indipendente, collaborare direttamente con gli esseri umani o svolgere rapidamente nuove attività su diverse *workstation*. Essenzialmente, ci sono tante potenziali applicazioni quante sono le idee per tali applicazioni.

In the future – The 4th robotic revolution
Cognitive, Sensitive and Safe Robot-Based Automation Solution. Se i robot del futuro sono caratterizzati dall'IA, rifletteranno e comprenderanno cognitivamente ciò che fanno. Avranno la capacità di interpretare il linguaggio e i gesti umani. A questo livello, i robot diventeranno finalmente compagni attivi per gli umani. La cameriera pensante, Rosie, del cartone animato di fantascienza *The Jetsons*, o il tenente comandante Data di *Star Trek* rimarrà per davvero una finzione, ma in termini di capacità i robot arriveranno sempre più vicini a questi personaggi immaginari.

Fonte: Kuka Hello Industrie 4.0_Glossary (p. 26)

Anche nel settore della robotica esiste la problematica del digital divide, e le motivazioni seguono quelle che valgono per le ICT, aggravate dalle competenze di nicchia dell'industria della robotica.

I vantaggi e gli svantaggi dell'automazione robotizzata sono riportati nella tabella 1.

Tabella 1 - Vantaggi e svantaggi dell'automazione robotizzata

Vantaggi	Svantaggi
<ul style="list-style-type: none"> • Riduzione del tempo di ciclo • Riduzione degli sprechi • Diminuzione dei costi di produzione • Riduzione dei costi e dei tempi di consegna (attrazione di maggiore clientela) • L'automazione aiuta a offrire il massimo rendimento a costi minori • Maggiore sicurezza sul posto di lavoro • Migliore qualità e affidabilità (le applicazioni sono eseguite con precisione e alta ripetibilità) • Sfruttamento ottimale degli spazi di lavoro (realizzato attraverso l'ottimizzazione dello spazio di lavoro, con il conseguente utilizzo di ulteriori spazi per altre operazioni). 	<ul style="list-style-type: none"> • Costo iniziale dell'investimento • Costi di manutenzione • Identificazione precisa dei propri bisogni e necessità (l'incorporazione dei robot industriali garantisce risultati certi solo se esiste un piano di produzione specifico, ben studiato e strutturato) • Costi della formazione (in termini di tempo e investimento finanziario).

1.3 I numeri della robotica

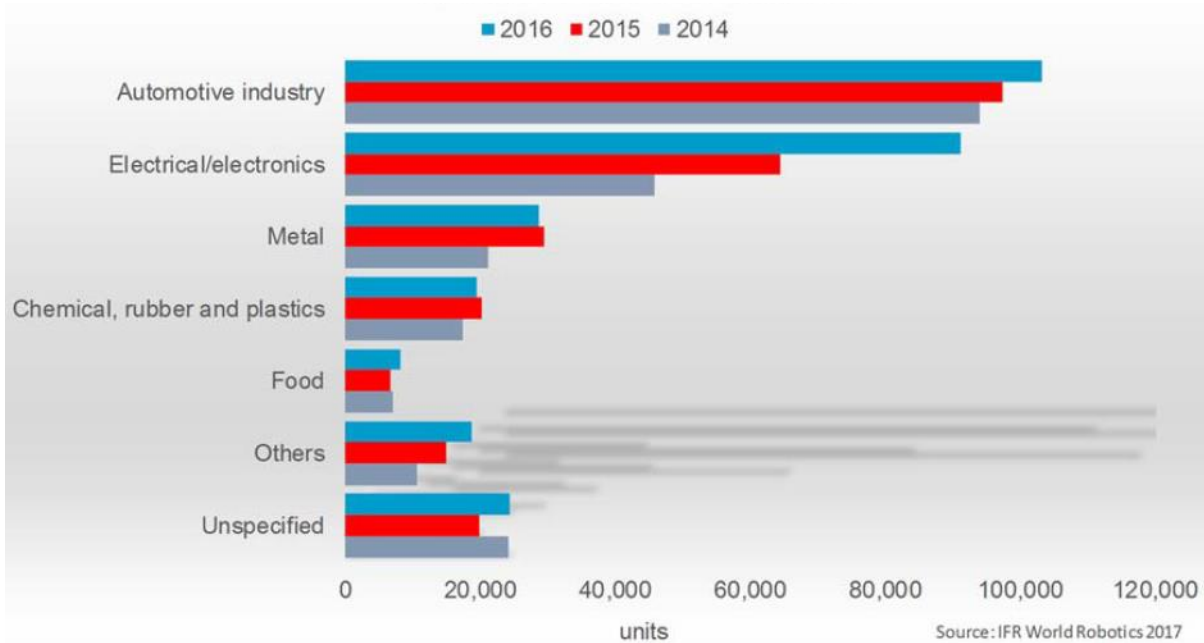
I dati sulle vendite ci aiutano a comprendere quanto la robotica industriale rappresenta uno dei settori con un alto tasso di crescita. I dati del World Robotics 2017 evidenziano che dal 2010 la domanda di robot industriali ha subito un'accelerazione. Tra il 2011 e il 2016 l'aumento medio delle vendite di robot è stato del 12% all'anno (CAGR: Compound Annual Growth Rate). Nel 2016 tali vendite sono aumentate del 16% (+294.312 unità) per il quarto anno consecutivo (figura 2). A trainare tale crescita è stata l'industria elettrica/elettronica (+41%). L'industria automobilistica resta il principale utilizzatore dei robot industriali (+6% nel 2016), con un nuovo picco di 103.300 unità (35% della fornitura totale). Le vendite dell'industria dei metalli e dei macchinari nel 2016 sono leggermente diminuite del 3% (28.700 unità). L'industria della gomma e della plastica ha aumentato il numero di installazioni di robot

⁴ I testi sono ripresi da *Kuka Hello Industrie 4.0_Glossary* (pp. 25-26). La traduzione dall'inglese è stata curata dal sottoscritto.



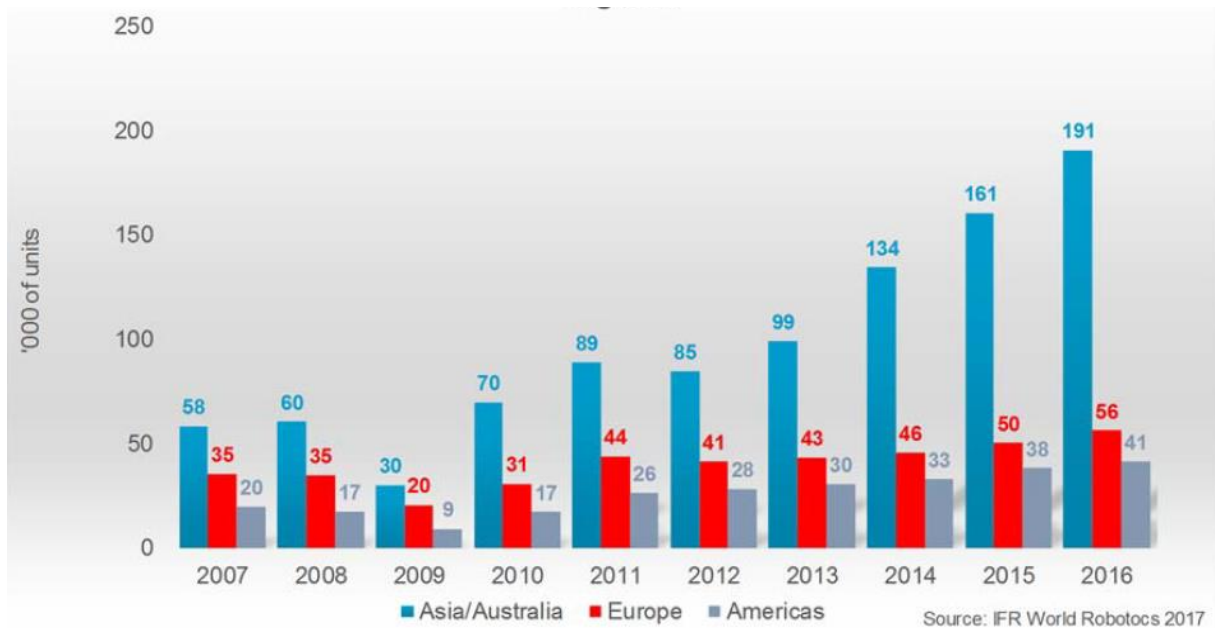
fino a raggiungere nel 2016 circa 16.000 unità. L'industria alimentare e delle bevande, invece, ha aumentato gli ordini di robot nel 2016 del 20% a quasi 8.200 unità (3% della fornitura totale).

Figura 2 – Numero di robot presenti nei settori industriali



Nel periodo tra il 2011 e il 2016 il numero medio annuo di robot venduti è stato di circa 212.000 unità (figura 3), con un aumento di circa l'84% rispetto al periodo tra il 2005 e il 2008 (115.000 unità).

Figura 3 – Robot industriali per regioni nel mondo

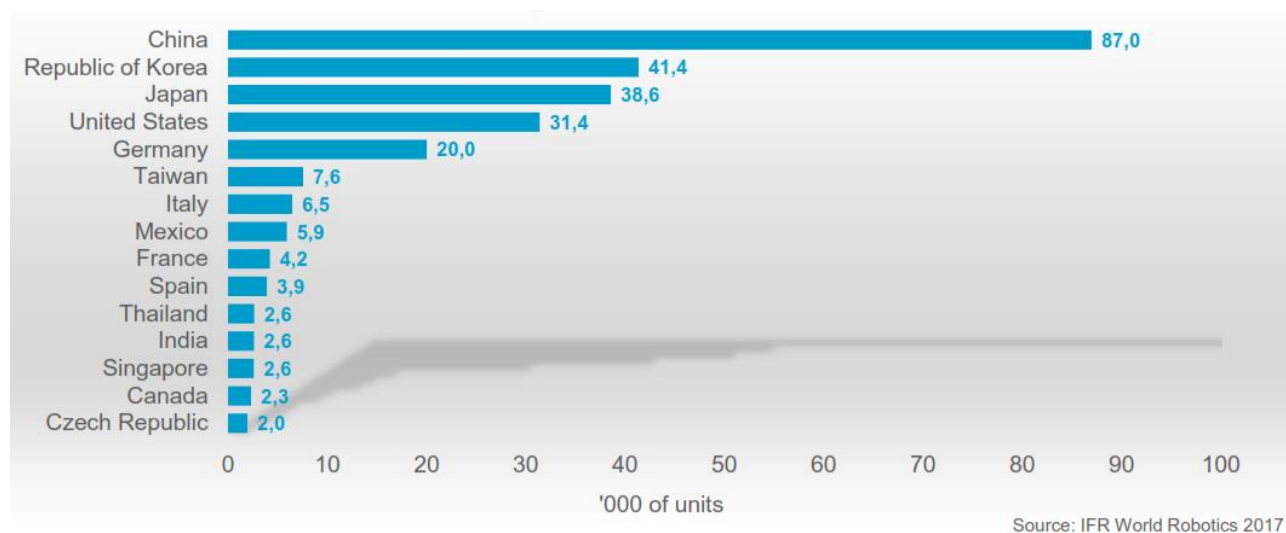




Nel 2016 l'Asia (comprensiva di Australia e Nuova Zelanda) è stato il mercato con il più alto tasso di crescita al mondo con 190.492 unità (pari al 19%), registrando il più alto livello di vendite per il quarto anno consecutivo. Segue l'Europa con 56.000 unità (pari al 12%). Al terzo posto ci sono le Americhe con 41.300 unità (+8% rispetto al 2015, nuovo picco per il quinto anno consecutivo).

Nel 2016, come si può notare nella figura 4, cinque mercati hanno ricoperto il 74% del volume totale delle vendite: Cina, Repubblica di Corea, Giappone, Stati Uniti e Germania.

Figura 4 – Stima della fornitura mondiale annuale di robot industriali – i 15 mercati più grandi (2016)



Dal 2013 la Cina è il più grande mercato di robot del mondo. Nel 2016 ha raggiunto circa le 87.000 unità (pari al 30% del mercato mondiale). Nella Repubblica di Corea, secondo mercato mondiale, sono state vedute circa 41.400 unità (+8% rispetto al 2015). In Giappone le vendite di robot sono aumentate di circa 38.600 unità (+10%); mentre negli Stati Uniti le vendite hanno raggiunto circa le 31.400 unità (pari al 14%). La Germania è il quinto mercato mondiale con vendite per 20.039 unità.

In Asia, Taiwan è dal 2013 al sesto posto nel mondo; le vendite di robot nel 2016 sono aumentate del 5% (circa 7.600 unità). La Thailandia è un mercato in crescita, tuttavia le vendite sono diminuite dal 2014, raggiungendo 2.646 unità nel 2016. Le vendite di robot in India sono aumentate del 27% con un nuovo picco di 2.627 unità. Le forniture di robot ad altri paesi del Sud-Est asiatico come Vietnam, Singapore e Malesia sono aumentate in modo sostanziale nel 2016.

Per quanto riguarda l'Europa, l'Italia è al settimo posto nel mondo dal 2014, nel 2016 gli investimenti in robot sono stati leggermente inferiori al 2015, anno in cui hanno raggiunto le 6.700 unità. Nel 2016 il mercato dei robot in Francia è cresciuto del 39%, mentre in Spagna le vendite sono aumentate moderatamente raggiungendo il picco delle 3.900 unità. Le installazioni di robot in tutti gli altri paesi dell'Europa occidentale e in tutti i paesi nordici sono aumentate significativamente nel 2015 e nel 2016. Anche le vendite nella maggior parte dei mercati dell'Europa centrale e orientale sono aumentate, tranne che in Repubblica Ceca e in Polonia.



Nel mercato Americano il Messico è diventato un importante mercato emergente raggiungendo il picco delle 5.900 unità nel 2016, mentre in Canada le vendite di robot sono diminuite dal picco di circa 3.500 unità nel 2015 alle 2.300 unità nel 2016. Le vendite in Brasile nel 2016, invece, sono diminuite. IFR stima che dal 2018 al 2020 (figure 5 e 6) le installazioni di robot globali aumenteranno almeno del 15% in media all'anno (CAGR), raggiungendo nel 2020 circa le 520.900 unità. Tra il 2017 e il 2020 si stima che saranno installati oltre 1,7 milioni di nuovi robot industriali nelle fabbriche in tutto il mondo.

Figura 5 - Spedizioni annuali stimate di robot industriali polivalenti in paesi selezionati (N.ro di unità)

Country	2015	2016	2017*	2018*	2019*	2020*	2017/ 2016	CAGR 2018 - 2020
America	38,134	41,295	48,000	50,900	58,200	73,300	16%	15%
North America	36,444	39,671	46,000	48,500	55,000	69,000	16%	14%
- United States	27,504	31,404	36,000	38,000	45,000	55,000	15%	15%
- Canada	3,474	2,334	3,500	4,500	3,000	5,000	50%	13%
- Mexico	5,466	5,933	6,500	6,000	7,000	9,000	10%	11%
Brazil	1,407	1,207	1,500	1,800	2,500	3,500	24%	33%
Rest of South America	283	417	500	600	700	800	20%	17%
Asia/Australia	160,558	190,542	230,300	256,550	296,000	354,400	21%	15%
China	68,556	87,000	115,000	140,000	170,000	210,000	32%	22%
India	2,065	2,627	3,000	3,500	5,000	6,000	14%	26%
Japan	35,023	38,586	42,000	44,000	45,000	48,000	9%	5%
Republic of Korea	38,285	41,373	43,500	42,000	44,000	50,000	5%	5%
Taiwan	7,200	7,569	9,000	9,500	12,000	14,000	19%	16%
Thailand	2,556	2,646	3,000	3,500	4,000	5,000	13%	19%
other Asia/Australia	6,873	10,741	14,800	14,050	16,000	21,400	38%	13%
Europe	50,073	56,043	61,200	63,950	70,750	82,600	9%	11%
Central/Eastern Europe	6,136	7,758	9,900	11,750	13,900	17,500	28%	21%
France	3,045	4,232	4,700	4,500	5,000	6,000	11%	8%
Germany	19,945	20,039	21,000	21,500	23,500	25,000	5%	6%
Italy	6,657	6,465	7,100	7,000	7,500	8,500	10%	6%
Spain	3,766	3,919	4,300	4,600	5,100	6,500	10%	15%
United Kingdom	1,645	1,787	1,900	2,000	2,300	2,500	6%	10%
other Europe	8,879	11,843	12,300	12,600	13,450	16,600	4%	11%
Africa	348	879	800	850	950	1,200	-9%	14%
not specified by countries**	4,635	5,553	6,500	7,000	8,000	9,400	17%	13%
TOTAL	253,748	294,312	346,800	379,250	433,900	520,900	18%	15%

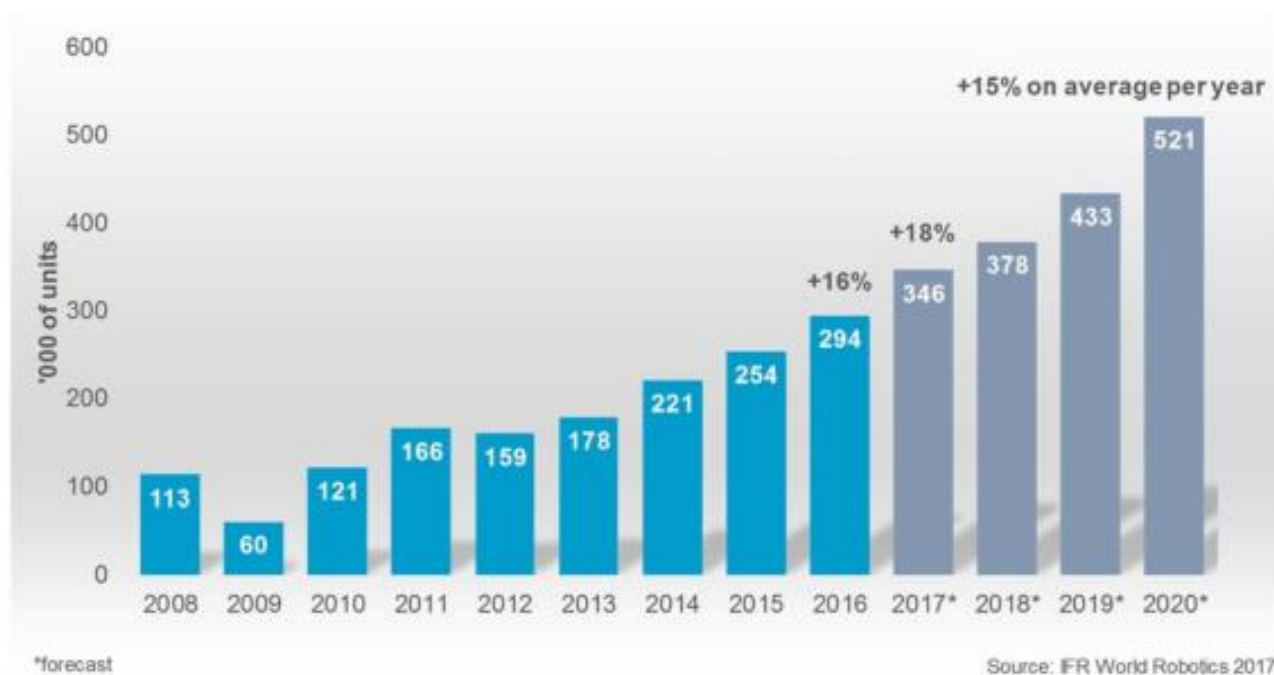
Sources: IFR, national associations

*forecast

** reported and estimated sales which could not be specified by countries



Figura 6 – Fornitura annuale mondiale stimata di robot industriali



1.4 La robotica collaborativa e di servizio

Accanto alla robotica industriale si stanno affermando anche la robotica collaborativa e la robotica di servizio. Alla base della Fabbrica Intelligente ci sono i principi della collaborazione sicura (uomo/uomo, uomo/robot e robot/robot) e di interconnettività, favorendo l'ingresso sempre maggiore di robot collaborativi (collaborative robot o cobot)⁵ che grazie a tecnologie di apprendimento mediante l'accesso ai big data, disponibili in cloud, riescono a memorizzare dati e replicare manovre di lavoratori umani con cui sono messi a stretto contatto, e a riconfigurarsi in automatico, per una migliore definizione dei processi. Il cobot, infatti, è un robot destinato a interagire fisicamente con gli esseri umani in uno spazio di lavoro condiviso, in sicurezza, senza barriere o gabbie protettive, in quanto sono dotati di sofisticati meccanismi basati sul controllo della forza e sul costante monitoraggio di quanto avviene intorno a loro, grazie a telecamere e speciali sistemi di anticollisione⁶.

In accordo con lo standard internazionale EN ISO 10218 parte 1 e parte 2⁷, sono definite quattro classi di requisiti di sicurezza che un robot collaborativo deve avere: arresto di sicurezza controllato, guida manuale, controllo di velocità e limitazione di forza e potenza.

Le differenze tra robot industriali e collaborativi sono evidenziate nella tabella 2 (Gasparetto 2017, p. 17).

⁵ Una domanda di brevetto statunitense del 1997 descrive i cobots come "un apparato e un metodo per l'interazione fisica diretta tra una persona e un manipolatore di uso generale controllato da un computer" (Cobots US Patent 5.952.796).

⁶ I cobot per assicurare tale *sicurezza* sono predisposti con: sensori di forza e di coppia, limitazioni di forza, sensori specifici, sistemi di visione, sistemi laser, sistemi di riconoscimento di comandi vocali.

⁷ EN ISO 10218 *Robots and robotic devices — Safety requirements for industrial robots* is an international standard for robot safety, developed by ISO/TC 184/SC 2 "Robots and robotic devices in parallel with the European Committee for Standardization. It consists of two parts: Part 1 (Robots); Part 2 (Robot systems and integration). As a European standard it has the designation EN ISO 10218-1 and -2 (not to be mixed with EN 10218). To address the new field of safety requirements of Cobots ISO/TS 15066 has been published in addition to ISO 10218.



Tabella 2 – Differenze tra Robot Industriali e Robot Collaborativi

Robot industriali	Robot collaborativi
<ul style="list-style-type: none"> • Ciechi e non consapevoli dell'ambiente circostante • Pericolosi • Competenti in precisione e ripetibilità • Programmati per un compito specifico • Richiedono componenti e integrazione • Richiedono esperti programmatori • Costosi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vedono, percepiscono l'ambiente e le persone • Sicuri • Focalizzati sulla flessibilità e sulla facilità di utilizzo • Compiti eseguiti proprio come un operatore umano • Perfettamente integrati • Possono essere addestrati da qualsiasi operatore • Incredibilmente a basso costo.

Nell'articolo *A Robot in Every Home* pubblicato su Scientific American nel 2007, Bill Gates immaginava un mondo in cui entro il 2035 macchine intelligenti si sarebbero occupate della vita domestica al fianco dell'uomo. La Robotica di servizio è attualmente in una fase importante di espansione e rappresenta uno dei più promettenti trend tecnologici emergenti. Secondo IFR, un robot di servizio è "un robot che opera in maniera autonoma o semi-autonoma per compiere servizi utili al benessere degli esseri umani, escludendo l'ambito manifatturiero".

IFR prevede che la robotica di servizio professionale continuerà a crescere a ritmi sostenuti, e le maggiori applicazioni civili saranno in agricoltura, logistica e medicina. I dati dell'IFR indicano che le vendite di robot di servizio professionali sono aumentate del 24% nel 2016, con un ulteriore incremento del 17% nel 2017, e un incremento previsto del 20-25% nel 2018. Entro la fine del decennio nelle abitazioni entreranno oltre 42 milioni di robot con compiti di intrattenimento e lavori domestici.

La robotica di servizio nel settore della logistica rappresenta un mercato in ascesa per effetto di un importante aumento dell'e-commerce, e delle complessità sempre crescenti del proprio *supply chain management*⁸. Investimenti nella ricerca⁹, alimentati da start-up specializzate, sono sostenuti da colossi come Google o Amazon¹⁰. Nel nuovo magazzino di Amazon c'è Robo-Stow, uno dei bracci robot più grandi al mondo che permette di dimezzare i tempi per lo scarico delle merci da un rimorchio.

La robotica di servizio è oggi un settore emergente. I progressi sono stati possibili grazie agli sviluppi di nuove tecnologie abilitanti come i sistemi *embedded* (computer miniaturizzati integrati in un dispositivo fisico in modo da controllarne le funzioni tramite un apposito programma software), e agli sviluppi della parte sensoristica, che contribuiscono a realizzare una nuova generazione di robot intelligenti capaci di sostenere gli esseri umani nelle attività lavorative e nella vita quotidiana. Alcuni esperti di mercato sostengono che, dopo la telefonia mobile, la robotica di servizio sarà *the next big thing*, in quanto destinata a rivoluzionare le nostre vite.

⁸ Nella *supply chain*, i cobot sono utilizzati nel: carico e scarico di veicoli e container, prelievo di singoli oggetti, portare nel punto giusto tutti i pacchi che compongono una spedizione, *co-packing* e personalizzazione dell'attività. Per esempio Baxter di Rethink Robotics, un automa collaborativo che apprende un'attività semplicemente se il suo braccio è guidato a farla. Amazon ha calcolato che per ogni spedizione un addetto percorre da 7 a 15 miglia, e per questo ha acquisito Kiva Systems, robot semoventi usati nei magazzini capaci di spostare scaffali di circa 1,80 per 1,20 metri.

⁹ A livello di ricerca si rammenta il progetto Refills dell'UE, un robot magazziniere sviluppato sotto il coordinamento del Consorzio di Ricerca per l'Energia e l'Automazione e le Tecnologie per l'Automatismo (CREATE) capace di gestire gli ordini e aiutare i commessi dei negozi. Il progetto ha l'obiettivo di trovare soluzioni innovative di robotica modulare, utilizzabile per un'ampia gamma di processi di logistica grazie a sistemi robotici mobili in stretta e intelligente collaborazione con gli esseri umani.

¹⁰ Amazon già dal 2015 ha organizzato la prima edizione dell'Amazon Picking Challenge, una competizione su scala mondiale indetta per la scelta di un robot in grado di gestire l'automatizzazione dei magazzini.



I progressi tecnici realizzati nei campi delle nuove tecnologie e della robotica riportati in questo capitolo rappresentano la premessa all'introduzione del prossimo, che affronta il tema principale del presente lavoro.

2 PROGRESSO TECNOLOGICO, LIVELLI E COMPOSIZIONE DELLA FORZA LAVORO E SKILL

In questo capitolo si riportano i dati di pubblicazioni e report che evidenziano gli effetti del progresso tecnologico sui livelli occupazionali, sulle skills dei lavoratori e sui tasks dei lavori, sull'esposizione all'automazione delle professioni, e sui lavori a rischio di disoccupazione in alcuni Paesi e in Italia.

Tale esposizione è preceduta da un contributo utile a delineare un quadro complessivo dell'attività di ricerca in ambito economico sull'argomento.

L'impatto potenzialmente negativo del progresso tecnico sui livelli occupazionali non è estraneo al pensiero economico moderno. La letteratura si è orientata storicamente su due posizioni:

- la tecnologia è in grado di portare a una riduzione strutturale dell'occupazione attraverso una prevalenza dell'effetto di sostituzione (*substitution theory*)¹¹
- i meccanismi di mercato riescono a compensare l'effetto sostituzione neutralizzando l'impatto negativo della tecnologia sui livelli occupazionali (*compensation theory*)¹².

Anche sulle dinamiche allocative riconducibili alla diffusione delle nuove tecnologie, vi è un ampio consenso tra gli economisti dovuto alla convergenza osservata, tra gli Stati Uniti e alcuni Paesi europei, nel pattern seguito dalla variazione della composizione dell'occupazione (Intraligi e Naticchioni 2015, pp. 10-17). Tale filone di ricerca trae origine da quello sui differenziali salariali e sulle disuguaglianze retributive, che accordano maggior forza esplicativa al ruolo delle innovazioni tecnologiche rispetto ad altre spiegazioni alternative, quali l'espansione del commercio internazionale, il funzionamento delle istituzioni del mercato del lavoro, etc.

Su tali evidenze è stato formulato il concetto di *skill-biased technical change (SBTC)*, per cui gli investimenti in innovazione tecnologica aumentano la produttività del lavoro qualificato, normalmente identificato attraverso un alto livello di istruzione, rispetto al lavoro non qualificato, incrementandone il salario relativo e provocando un aumento della disuguaglianza nella distribuzione salariale.

Autor et al. (2003) hanno aggiornato tale ipotesi, individuando la relazione esistente tra l'introduzione di nuove tecnologie e il tipo di mansioni svolte dai lavoratori, invece del grado di istruzione.

¹¹ Tale ipotesi si fonda sull'idea che la diffusa innovazione dei processi produttivi dovuta agli investimenti in ICT aumenti la produttività del lavoro, riducendo la domanda di lavoro rispetto a quella di capitale, generando una diminuzione dei livelli occupazionali. Quest'ipotesi è divenuta piuttosto popolare a metà degli anni novanta grazie al contributo di Rifkin (1995), ripreso più tardi da Levy e Murnane (2004), che hanno evidenziato sia quanto le macchine siano in grado di svolgere, con relativa facilità, mansioni espletabili in base a regole fisse (automazione in senso stretto), sia quanto esse non siano idonee ad assolvere funzioni che richiedano interazioni o processi cognitivi di tipo complesso (un dato oggettivo che rende poco plausibile l'ipotesi di prevalenza di lungo periodo dell'effetto sostituzione). Brinjolfsson e McAfee (2013, 2015) hanno evidenziato come le macchine stanno sviluppando capacità che esulano dalla mera automazione, rendendo il suddetto punto di vista in parte meno attendibile.

¹² La seconda impostazione teorica affonda le radici in quei meccanismi di mercato in grado di neutralizzare o rovesciare l'effetto sostituzione provocato dal *labor saving bias* associato agli investimenti in nuove tecnologie. I principali canali attraverso i quali opera l'effetto di compensazione sono tre: innovazione del prodotto, diminuzione dei prezzi e incrementi del reddito.



La tecnologia non è neutrale alle skills ma tende a favorire alcune abilità particolari, mentre ne svaluta altre e le rende ridondanti: aspetto etichettato in letteratura come un cambiamento tecnologico orientato all'abilità (Card e DiNardo 2002; Haskel e Slaughter 2002; Acemoglu e Autor 2011).

I livelli di abilità, tuttavia, sono ancora una categoria troppo ampia per cogliere gli attuali sviluppi nei mercati del lavoro degli Stati Uniti e dell'UE. Autor et al. (2013) suggeriscono di guardare ai compiti individuali piuttosto che alle skills. Le attività, unità di processo lavorativo che produce output, possono essere eseguite per lavoro (persone) o per capitale (macchine o, in altre parole, automazione). La divisione dei compiti tra persone e macchine è fluida. Autor (2013, p. 186) evidenzia che i nuovi compiti – quelli richiesti da nuovi prodotti, tecniche o servizi – sono spesso assegnati prima ai lavoratori, in quanto flessibili e adattabili. Questi compiti sono routinizzati e codificati. Le nuove tecnologie di processo possono rendere ridondanti alcune attività fornite dai lavoratori, mentre aumentano il valore e l'utilità di altre per aumentarne la produttività. Questi compiti includono tutto ciò che riguarda le capacità di risoluzione dei problemi, l'intuizione, la creatività, la persuasione, l'adattabilità situazionale, il riconoscimento visivo e linguistico, e le interazioni persona-a-persona. Quindi, le nuove tecnologie possono sostituire o integrare compiti svolti dai lavoratori (Brynjolfsson e McAfee 2015; Autor 2015). Acemoglu e Autor (2011) suggeriscono che una distinzione tra lavori manuali e processi cognitivi e di routine, rispetto a quelli non di routine, può essere più adatta rispetto a quella qualificata e non qualificata. Pertanto, si distinguono quattro tipi di compiti:

- Analytical and interactive non-routine tasks
- Analytical and interactive routine tasks
- Manual routine tasks
- Manual non-routine tasks.

Tale ipotesi si fonda sull'idea che mentre le nuove tecnologie possono sostituire con relativa facilità i lavoratori impegnati in mansioni di tipo routinario (manuali e cognitivi), esse non sono in grado di sostituire il lavoro ad alta intensità di mansioni non routinarie (problem-solving, interazioni complesse, etc.), ove il ruolo della tecnologia è prevalentemente di tipo complementare.

La domanda di lavori e di compiti di routine è diminuita considerevolmente, indipendentemente dal motivo che questi lavori o mansioni avessero un carattere cognitivo o manuale. Di conseguenza, la domanda di persone con competenze medie è diminuita, mentre è aumentata la domanda di occupazioni altamente qualificate e poco qualificate.

L'ipotesi che il progresso tecnologico provochi uno spostamento della domanda di lavoro in favore del lavoro non routinario è indicata come *Routine-biased technical change (RBTC)*. Tale cambiamento ben si adatta alle intuizioni di base del framework teorico proposto da Autor et al. (2003), potendosi osservare una prevalenza di posti di lavoro ad alta intensità di mansioni non routinarie in corrispondenza di entrambe le code della distribuzione dell'occupazione (ordinata in base al salario medio del tipo di occupazione).

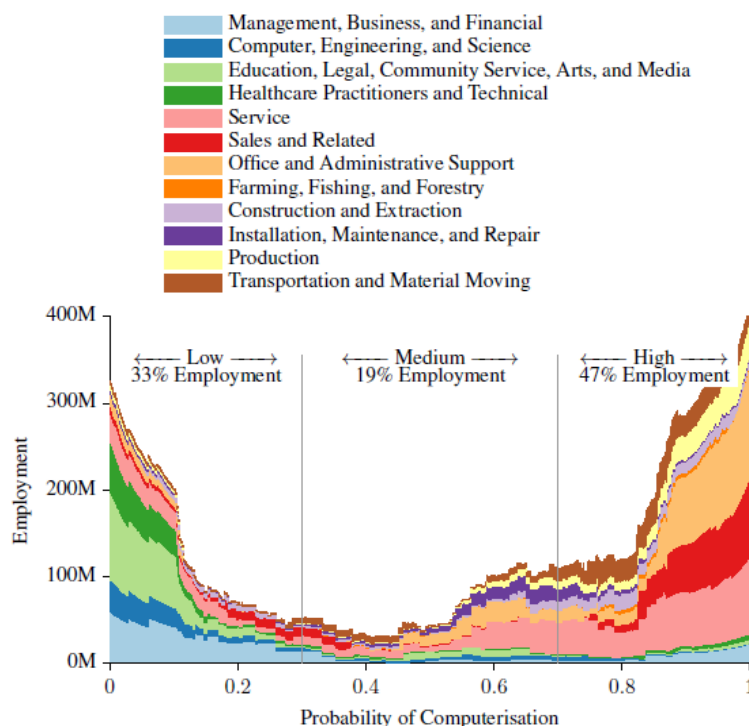


In sintesi:

in una prima fase, il cambiamento delle tecniche di produzione hanno richiesto il contributo di lavoratori qualificati e hanno rimpiazzato quelli meno qualificati (skill-biased technical change). Questa divaricazione si associa, come osservano Katz e Autor a una più elevata dispersione dei salari. Ma gli sviluppi tecnologici più recenti, connessi con la crescente automazione della produzione e lo spacchettamento delle fasi produttive hanno superato la semplice distinzione tra lavoratori qualificati e non qualificati: lo spiazzamento dei lavoratori non avviene lungo la dimensione delle loro capacità e competenze (skills), bensì rispetto al grado di ripetitività delle mansioni (tasks) che si associano a una posizione lavorativa (task-biased technical change). Seguendo regole esplicite, le operazioni di routine – si pensi a quelle di un impiegato del back office di una banca o i compiti svolti da un operaio alla catena di montaggio – possono essere svolte dalle macchine, mentre quelle non di routine sono state troppo complesse, finora, per essere codificate. In linea con queste tendenze, è stata evidenziata negli Stati Uniti e in alcuni paesi europei una polarizzazione della struttura occupazionale, classificando le attività in base al livello retributivo o alle caratteristiche intrinseche (Visco 2015,4).

Pertanto, la polarizzazione dei lavoratori verso gli estremi della distribuzione delle qualifiche va a discapito dei lavoratori intermedi, più codificati e quindi maggiormente interessati dai processi di automazione in corso. Il risultato è una curva a U, ben definita nella distribuzione delle skills, coerente con la teoria della polarizzazione del lavoro, riproposta all’attenzione internazionale da Frey e Osborne (2013), che identificano le occupazioni con il più alto contenuto di compiti di routine, e stimano che nei prossimi 20 anni circa il 47% dell’occupazione totale negli USA è a rischio di sostituzione (figura 7).

Figura 7 - Distribuzione dell’occupazione negli Stati Uniti e probabilità di informatizzazione

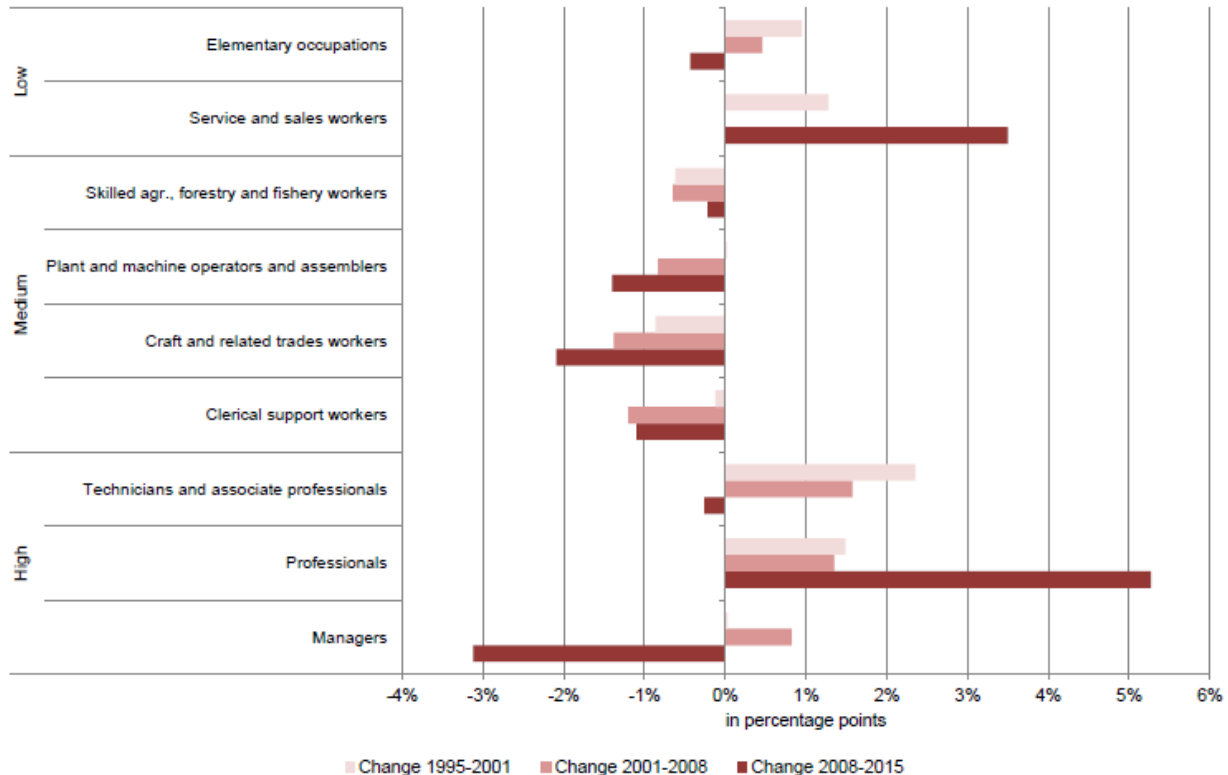


Fonte: Frey e Osborne (2013, 37)



Peters (2016) a sua volta descrive i cambiamenti nelle quote di otto diversi gruppi di professioni sull'occupazione totale per i periodi 1995-2001, 2001-2008 e 2008-2015 (Ue-15), ripartiti in classi di popolazione ad alta, media e bassa retribuzione, in base al salario medio a livello europeo (figura 8). I risultati di tale lavoro si basano sulle previsioni occupazionali del Cedefop, e indicano che questa tendenza continuerà probabilmente in futuro. Naturalmente, l'analisi della polarizzazione e di altri effetti sul mercato del lavoro dipende dalla corretta identificazione delle attività di routine e non di routine.

Figura 8 - Changes in employment shares of different occupation groups, 1995-2015, EU-15 (% points)

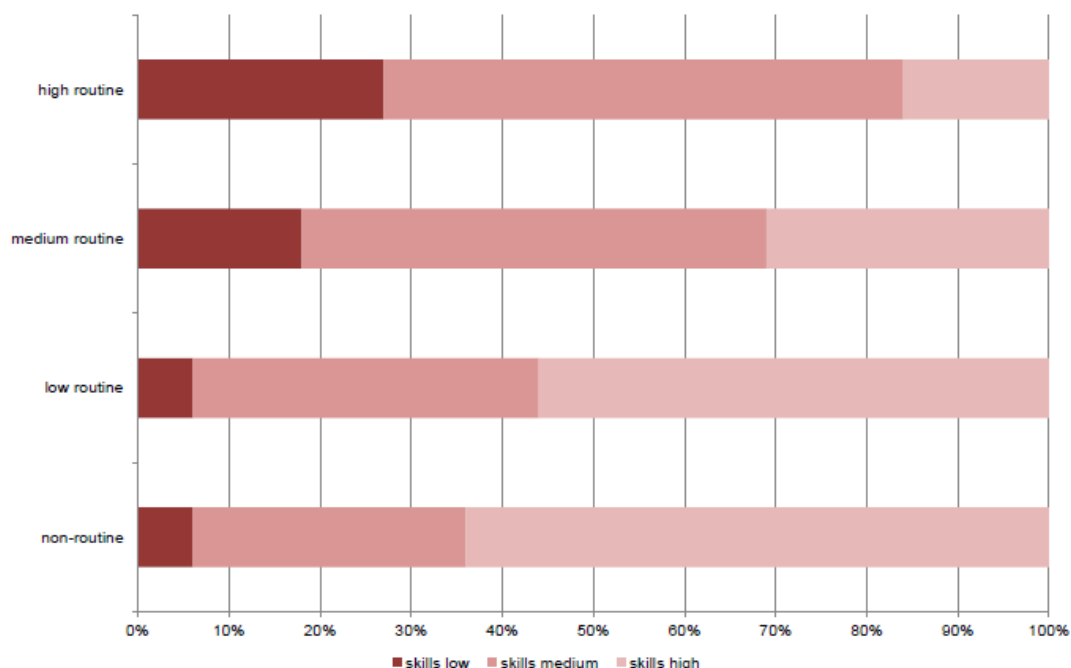


Fonte: EUROSTAT, Labour Force Survey

L'OCSE (Marcolin et al. 2016) ha proposto una nuova classificazione dei contenuti di routine in base alle risposte individuali a un'indagine sulle competenze degli adulti (PIAAC). Questi risultati indicano che l'intensità di routine diminuisce con i livelli di abilità: i lavori con i requisiti di competenze più bassi sono anche quelli più intensivi di routine. Inoltre, le occupazioni a intensità media e alta di routine si trovano principalmente in lavori di media specializzazione, per la presenza di molti lavori di media capacità (figura 9). Il 73% di tutti gli alti livelli di lavoro intensivo di routine e il 68% di tutti gli interventi di routine di media intensità sono classificati come di livello professionale medio. Quindi, il gruppo di persone di media specializzazione è quello con la più alta influenza sulla polarizzazione del lavoro. In media, il 46% degli occupati lavora in occupazioni non di routine o a bassa intensità di routine.



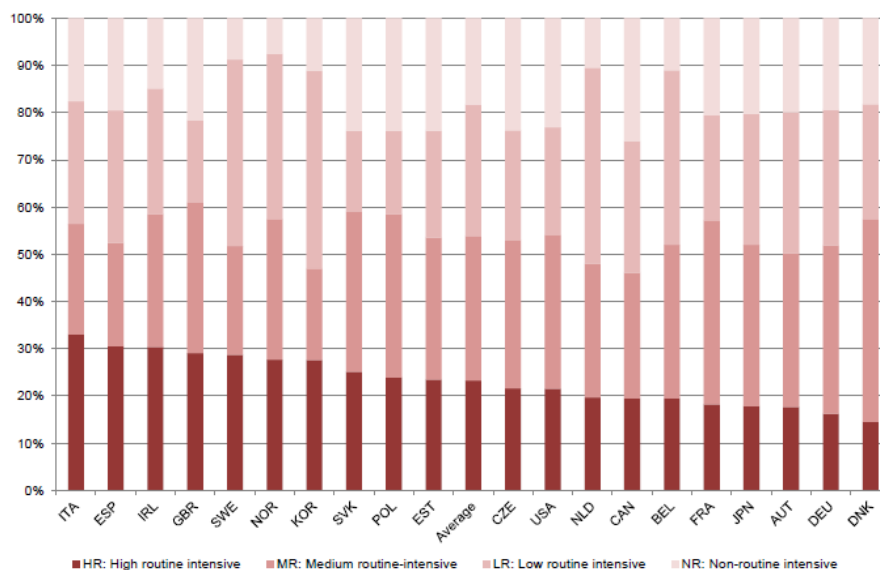
Figura 9 - Employment by skill and routine intensity (2011-2012)



Fonte: Marcolin et al. (2016, 23)

Il suddetto lavoro fornisce anche dati sulla quota di diversa intensità di routine a livello nazionale, fornendo una prospettiva interessante sulle divergenze nell'Ue (figura 10). Paesi dell'Europa meridionale come l'Italia e la Spagna evidenziano una percentuale maggiore di occupati con un'alta intensità di routine; mentre Danimarca, Germania e Austria hanno le percentuali più basse. Se si accorpano le quote occupazionali di intensità media e alta di routine, il Regno Unito ha il più alto grado di intensità di routine nell'Ue, seguita da Slovacchia, Irlanda e Polonia.

Figura 10 - Employment by routine intensity in various OECD countries (2011-2012)



Fonte: Marcolin et al. (2016, 21)



Brunetti, Cirillo e Ricci (2018), partendo dall'assunto di Autor e Dorn (2009), secondo cui nelle aree con una specializzazione a monte in qualifiche di tipo routinario vi è una maggiore propensione all'adozione di tecnologie *labour-saving*, analizzano in che modo la specializzazione routinaria di un mercato provinciale del lavoro influisce sulla variazione dell'occupazione della stessa provincia. I principali risultati di tale analisi mostrano che i mercati provinciali del lavoro con una maggiore specializzazione in mansioni routinarie presentano una variazione negativa dell'occupazione totale¹³.

Considerando infatti l'interazione fra la routinizzazione delle province e la quota di addetti all'interno della manifattura emerge che la contrazione dell'occupazione riguarda soprattutto le province in cui vi è una maggiore quota di occupati nel settore dei servizi. Il settore dei servizi, rispetto a quello della manifattura, è infatti caratterizzato da una quota comparativamente più bassa sia di lavoratori a tempo indeterminato che del livello di sindacalizzazione. A livello generale, in linea con la letteratura, questo lavoro mostra una correlazione negativa fra routinizzazione di un mercato provinciale del lavoro e variazione dell'occupazione nella stessa area. La riduzione dell'occupazione in relazione alla routinizzazione di un'area è registrata sia nelle fasi di crisi che in quelle di ripresa dell'economia. Tuttavia, la perdita di occupati dei mercati provinciali del lavoro è significativa nella fase di crisi del 2007-2010 a prescindere dalla routinarietà del mercato stesso (ibidem, 16).

2.1 L'importanza del capitale umano nell'attuale contesto tecnologico

Il capitale umano è il fattore che consente alle imprese l'utilizzo più efficiente del progresso tecnologico, elemento *disruptive* nella società attuale e nella nuova organizzazione del lavoro, tramutandolo in produttività, e a livello macro-economico in elevati tassi di crescita in grado di autosostenersi nel tempo. In un contesto in cui appare cruciale per l'Italia l'investimento nel capitale umano d'eccellenza, preoccupa il forte disinvestimento sull'università degli ultimi 10 anni e il primo calo degli immatricolati universitari dall'Unità d'Italia (Viesti 2018).

Un rilevante problema per il nostro Paese deriva dall'utilizzo, spesso inefficiente, del capitale umano disponibile (Trapasso e Scicchitano 2017). Si riscontra, infatti, un *mismatch* tra domanda e offerta di lavoro, e nel sistema produttivo che non riesce a trasformare le *skill* dei lavoratori in livelli sostenuti di produttività, con rendimenti del capitale umano ancora insoddisfacenti, specie nel confronto europeo. Lo *skill mismatch* nel nostro Paese è evidente: sulla base dei dati OCSE-PIAAC, il 12% della forza lavoro possiede delle competenze superiori alle mansioni svolte, e l'8% è *under-skilled*. Tali valori superano la media dei Paesi OCSE che è pari, rispettivamente, al 10% e al 4%: 1 lavoratore su 5 non può utilizzare appieno le proprie potenzialità (OCSE 2017).

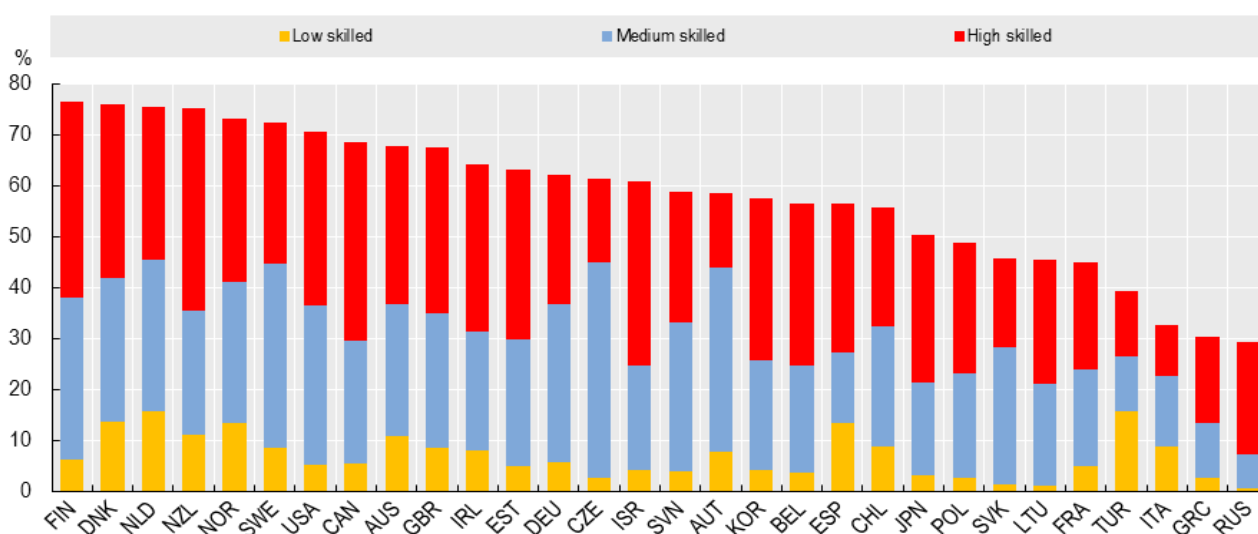
Un altro sintomo di inefficiente allocazione delle competenze dei lavoratori dal lato della domanda è riscontrato dall'abbinamento dei laureati alle mansioni da svolgere (Marcolin et al. 2016): l'Italia è l'unico paese del G7 in cui la maggior parte dei laureati è occupata in mansioni di routine.

¹³ Tale effetto riguarda maggiormente quei mercati del lavoro in cui la presenza di occupati nei servizi è maggiore rispetto a quella nella manifattura.



Il sistema italiano ha bisogno di ulteriori miglioramenti per essere in grado di rispondere alle sfide proposte dai cambiamenti demografici e tecnologici in corso (Sacchi 2018). In questo scenario è essenziale migliorare le capacità dei lavoratori e adattare alle nuove tecnologie in atto. La partecipazione al life-long learning (LLL) di tutti i lavoratori, indipendentemente dalla qualifica, è importante: l'evidenza empirica suggerisce che in Italia, e nella maggior parte dei paesi avanzati, i lavoratori impegnati in occupazioni altamente qualificate hanno maggiori probabilità di intraprendere attività formali di LLL rispetto al gruppo base di lavoratori occupati in lavori scarsamente qualificati (Biagetti e Scicchitano 2013). I lavoratori meno qualificati ricevono meno formazione e l'Italia è ancora in ritardo rispetto agli altri paesi (figura 11).

Figura 11 - Workers receiving firm-based training, by skill level, 2012 or 2015 (% of total employed)



Source: Elaboration from OECD data

Il nostro Paese appare intrappolato in una *low-skills, low-quality trap* (Scicchitano 2010), dalla quale è difficile uscire se non con interventi ben coordinati e capaci di incidere su domanda e offerta di capitale umano. Per invertire il senso di marcia e creare un processo virtuoso di sviluppo endogeno e duraturo nel tempo è necessario che si adotti un approccio sistemico, che da un lato, con adeguate politiche per l'istruzione scolastica e universitaria, agisca sulla quantità e sulla qualità del capitale umano esistente, e dall'altro, operi sul sistema produttivo e ne eviti la sottoutilizzazione.

2.2 Gli effetti delle tecnologie sull'occupazione

Dopo questi brevi contributi utili a delineare un quadro dell'attività di ricerca in ambito economico sull'argomento, il presente paragrafo riporta schematicamente le pubblicazioni e i report nazionali e internazionali che contengono i dati sugli effetti del progresso tecnologico sui livelli occupazionali.

La letteratura ha sempre considerato nel lungo periodo l'innovazione e la tecnologia come i principali *driver* della crescita economica e dell'occupazione. Schumpeter nel 1942 ha proposto il concetto di distruzione creatrice, in virtù del quale la tecnologia può distruggere posti di lavoro, imprese e interi



settori, ma al tempo stesso può creare occupazione, imprese e settori completamente nuovi e inimmaginabili. Il rischio, in questo frangente, è che la distruzione colpirà settori ad alta intensità di lavoro, e la creazione riguarderà aziende e/o settori che non assumono molte persone. Da ciò il timore che "l'economia stia percorrendo una strada che la porterà a un punto di svolta, a parte del quale la creazione di posti di lavoro comincerà regolarmente a restare inferiore a quanto richiesto per la raggiungere la piena occupazione" (Ford 2015, p. 186).

In passato alcuni economisti e studiosi di management avevano manifestato posizioni quasi neo-luddiste, evocando addirittura la disoccupazione tecnologica o la fine della manodopera (Ricardo, Keynes, il teorico del management Druker, il premio Nobel Leontief, etc.).

In epoca recente, il dibattito su tecnologia e occupazione si è arricchito di nuove prospettive. Rifkin (1995) ha evidenziato l'importanza e le conseguenze della massiccia introduzione dei robot nel mondo lavoro, che hanno permesso al sistema economico di aumentare la produttività senza però aumentare proporzionalmente l'occupazione (p. 49). La logica secondo la quale le acquisizioni e i conseguenti vantaggi della tecnologia fanno scomparire vecchie occupazioni ma ne creano a loro volta di nuove, potrebbe non reggere con l'avvento della rivoluzione digitale.

Brynjolfsson e McAfee (2015) hanno sottolineato che la manodopera come la conosciamo è destinata a scomparire nei prossimi anni (pp. 113-152).

Il punto di vista su proposto suggerisce di guardare all'evoluzione delle ICT in una prospettiva storica, approfondendo il loro contributo di lungo periodo alla produttività e ad altre variabili economiche¹⁴.

Ford (2009) afferma che a un certo punto del futuro, tra molti anni o decenni, le macchine riusciranno a svolgere le mansioni di buona parte della popolazione media e, di conseguenza, per queste persone non esisteranno più nuovi posti di lavoro. Nel libro successivo, l'autore (2015), rafforzando tale concetto, evidenzia che l'accelerazione del progresso tecnico sta provocando un cambiamento molto più veloce rispetto ad altri periodi della storia. In passato sono stati sempre i lavoratori che svolgevano lavori di routine e/o lavoratori con basso livello di educazione e formazione ad essere colpiti, oggi lo sono anche coloro che svolgono lavori di tipo cognitivo, come i professionisti con competenze ben definite, i cui lavori potrebbero avere delle mansioni che potranno essere assorbite da processi di automazione e dalla maggiore potenza degli algoritmi (p. 176). Infatti, continua Ford, se un lavoro – o parte di esso – ha delle mansioni routinarie o possiede il carattere della predizione, ciò vuol dire che una persona o un algoritmo potrebbe essere in grado di svolgere tale mansione semplicemente studiando un report dettagliato dell'attività svolta in passato, o ripetendo compiti già eseguiti. Il lavoro si sposta oramai sul digitale, comprensibile e misurabile per le macchine, che possono impararlo, e addirittura eseguirlo. Il rischio è enorme, in quanto tantissime persone potrebbero iniziare un percorso di studi, che una volta concluso, potrebbe sfociare in occupazioni estinte o con compiti in parte eseguibili dalle macchine, aumentando le proprie probabilità di disoccupazione. Tale ipotesi è avvalorata anche dallo studio del World Economic Forum (2016) che evidenzia come il 65% dei bambini

¹⁴ È noto che durante la prima diffusione delle ICT negli anni ottanta, come constatò Robert Solow (1987), l'era dei computer si poteva vedere ovunque tranne che nelle statistiche sulla produttività. La celebre osservazione del premio Nobel, passata alla storia come il paradosso di Solow, diede origine a un lungo dibattito che giunge fino ai giorni nostri.



che frequentano la scuola elementare oggi, probabilmente da grandi faranno un lavoro che ancora non esiste.

Pertanto, si intravedono segnali di un disallineamento tra aumento della produttività e aumento dei posti di lavoro. La produttività cresce grazie alle nuove tecnologie, ma non è seguita dall'aumento dei posti di lavoro, in quanto è sostenuta da macchine e strumenti tecnologici sempre più pervasivi. La valutazione della remunerazione per dipendente potrebbe essere un indicatore del suddetto disallineamento dovuto alle nuove tecnologie. Alcuni esempi sono (Ford 2005, p. 185):

- YouTube quando fu acquistata da Google per 1,65 miliardi di dollari aveva 65 dipendenti, per la maggior parte ingegneri altamente qualificati, quindi con una valutazione di oltre 25 milioni di dollari per dipendente;
- Instagram quando fu acquistata da Facebook per circa un miliardo di dollari aveva solo 13 dipendenti, con una valutazione per dipendente di circa 77 milioni di dollari;
- WhatsApp quando fu acquistata da Facebook per 19 miliardi di dollari aveva 55 persone, con una valutazione sbalorditiva di 345 milioni di dollari per dipendente.

Tale valutazione è dovuta alle nuove tecnologie che offrono sempre più opportunità per quelle che l'economista capo di Google, Hal Varian, chiama micromultinazionali, che a differenza dell'archetipo delle multinazionali del XX secolo sono aziende con pochissimi dipendenti rispetto ai fatturati, con bassi costi fissi, che vendono in tutto il mondo e hanno partner, fornitori e network su larga scala globale.

La letteratura empirica sul tema dell'impatto del progresso tecnologico sui livelli occupazionali non ha numeri paragonabili alla vasta letteratura sugli effetti sulle quote d'occupazione o sulla distribuzione dei salari. I risultati di tali lavori si presentano frammentati e non univoci, tanto da non raggiungere un consenso generale sul tema. Pertanto, la letteratura presentata di seguito non ha la pretesa di essere esaustiva, ma offre una panoramica di come essa si sta evolvendo. Tali studi sono stati suddivisi a livello di impresa e di settore, e a livello paese (i primi hanno il vantaggio di fornire un effetto medio, invece dell'effetto aggregato, che può essere distorto da attori molto grandi o molto piccoli).

**Studi empirici a livello di impresa e di settore¹⁵****Tabella 3 - Studi empirici a livello aziendale e settoriale sull'impatto delle ICT sull'occupazione**

Fonte	Dimensione geografica e periodo	Risultati
Bogliacino e Pianta 2010	Otto paesi UE, 1994-2004	Potenziabile effetto positivo sull'occupazione quando l'innovazione è orientata allo sviluppo di nuovi prodotti (e quindi di nuovi mercati), mentre si rileva un effetto negativo nel caso di innovazione dei processi produttivi, a prescindere dal tipo di settore.
Coad e Rao-Nicholson 2011	USA, settore hi-tech, 1963-2002	L'analisi mostra un impatto positivo della tecnologia sui livelli futuri di occupazione.
Harrison et al. 2014	Francia, Germania, Spagna e Gran Bretagna, 1998-2000	L'innovazione dei processi produttivi non riduce il livello di occupazione: nel periodo osservato, la crescita della domanda ha decisamente compensato l'impatto negativo sui livelli occupazionali. L'innovazione del prodotto risulta invece aumentare i livelli occupazionali: la creazione di posti di lavoro risulta più accentuata nel settore manifatturiero, e la riduzione di lavoro è associata alla perdita di quote di mercato nelle imprese che non innovano il prodotto.
Pantea et al. 2014	7 Paesi europei, 2007-2010	Il lavoro non ha riscontrato alcuna prova di una relazione negativa tra l'intensità dell'uso delle ICT e la crescita dell'occupazione.
Michaels e Graetz, 2015	17 Paesi 1993-2007	Esiste un effetto positivo di un maggiore uso di robot nell'industria sulla produttività, sui salari e successivamente sulla crescita del PIL; mentre non c'è evidenza di un effetto negativo sull'uso dei robot sull'occupazione aggregata, ma solo un effetto negativo sui lavoratori poco qualificati e un effetto più debole per l'occupazione con una qualifica di livello medio.
Jäger et al. 2015	Germania, 2012	Non si evidenzia un effetto diretto o positivo sull'occupazione. Un risultato interessante è che le aziende che usano i robot hanno una probabilità molto minore di produzione <i>offshore</i> verso le località all'estero

¹⁵ Per una rassegna degli studi precedenti si rimanda a Vivarelli (2014).



Studi empirici a livello di economia e Paese

Tabella 4 - Studi empirici a livello di economia e Paese

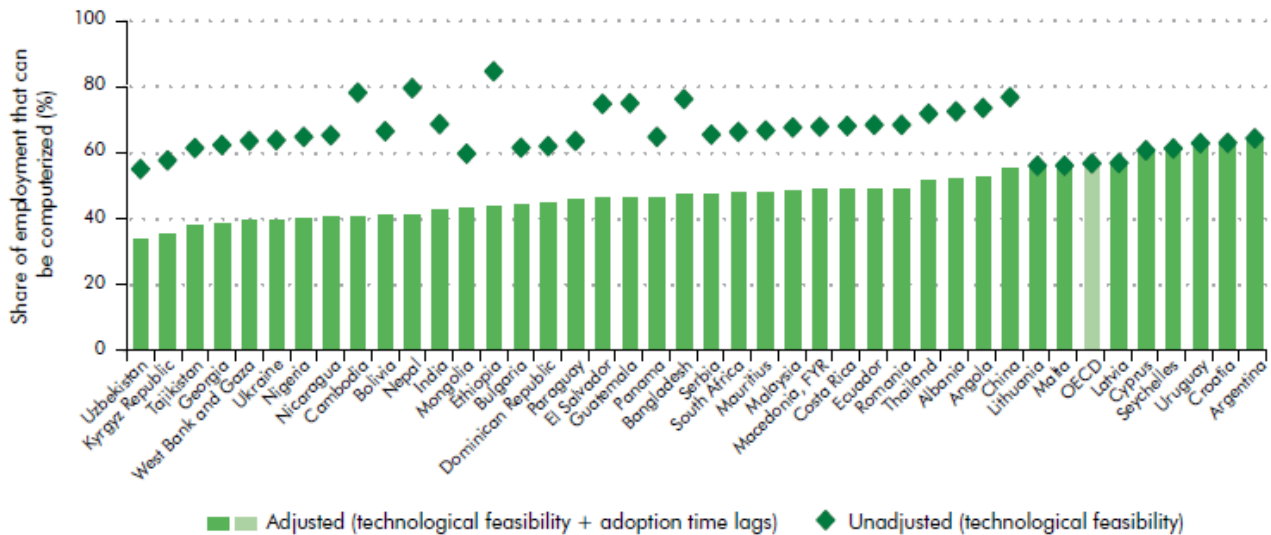
Fonte	Dimensione geografica e periodo	Risultati
Frey e Osborn, 2013	USA, tutti i settori 10-20anni	Nel presente lavoro, circa il 47% dell'occupazione totale negli Stati Uniti è a rischio di sostituzione dalle ICT nei prossimi 20 anni.
Bruegel blog & Bowles, 2014	UE-28, 10-20 anni	Questo studio replica per i Paesi UE quello di Frey e Osborne, concludendo che nei prossimi decenni si perderanno a causa delle ICT tra il 47% (Svezia) e oltre il 60% (Romania) della forza lavoro.
Bonin et al. 2015	Germania, tutti i settori	Lo studio prevede una riduzione del 12% di posti di lavoro per la Germania; inoltre evidenzia l'improbabilità che le ICT rendano obsolete un'intera occupazione.
BCG, 2015	Germania, tutti i settori, fino al 2025	Lo studio analizza l'impatto di Industrie 4.0 su produttività, reddito, occupazione e investimenti nel settore manifatturiero tedesco, che risulta positivo nell'ordine del 6%, per un totale di 390.000 posti di lavoro, fino al 2025.
Wolter et al. 2015	Germania Produzione, fino al 2030	La riduzione di posti di lavoro fino al 2030 è nell'ordine di circa -60.000 lavoratori, frutto della differenza nel settore manifatturiero tra coloro che perderanno il lavoro (420.000 unità) e coloro che lo acquisiranno (360.000 unità).
OECD (Arntz et al. 2016)	21 Paesi OECD	In media, il 9% dei lavori nei 21 Paesi OECD analizzati sono automatizzabili. La quota di lavoratori che ha la più alta probabilità di essere rimpiazzata dall'automazione è maggiore in Germania e Austria (12%) e più bassa in Estonia, Finlandia, Belgio e Corea (6-7%).
Citibank (Frey, Osborne e Holmes 2016)	Oltre 50 Paesi e Regioni	Nei Paesi OECD la media dei posti suscettibile di automazione sale al 57%, con punte del 69% in India e del 77% in Cina.
World Economic Forum 2016	15 fra le maggiori ed emergenti economie	Lo studio evidenzia un saldo netto negativo dell'occupazione nell'ordine di 5 milioni. Il saldo per l'Italia è in pari (200.000 posti creati e altrettanti persi), comunque migliore di Francia e Germania. Le perdite a livello professionale si concentreranno nelle aree amministrative (-4,8 milioni) e nella produzione (-1,6 milioni); compensate parzialmente dai lavori creati nell'area finanziaria, nel management, nell'informatica e nell'ingegneria.
ILO (Chang & Huynh 2016)	ASEAN-5, 20 anni	Nel presente lavoro, il 56% dei lavoratori è ad alto rischio di automazione (il 32% è a medio rischio e il 12% a basso rischio).
World Bank 2016	Paesi in via di sviluppo, nei prossimi decenni	2/3 di tutti i posti di lavoro potrebbero essere suscettibili di automazione nei paesi sviluppati.
PWC, 2017	Maggiori economie sviluppate, 2030	Lo studio stima che UK (30%) ha la percentuale inferiore di posti di lavoro esistenti a rischio potenziale di automazione rispetto alla Germania (35%) e agli USA (38%), ma più del Giappone (21%).
McKinsey Global Institute, 2017	46 Paesi, rappresentanti di circa l'80% della forza lavoro globale	Meno del 5% delle occupazioni può essere automatizzato interamente; circa il 60% di esse possono avere il 30% delle attività automatizzate. Tali percentuali toccano circa 1.2 miliardi di lavoratori e \$ 14,6 trilioni di salari. Cina, India, Giappone, e Stati Uniti costituiscono più della metà dei lavoratori e dei salari suddetti. La spinta dell'automazione della produttività globale potrebbe interessare 0.8-1,4% ogni anno nei prossimi decenni.

Come si può notare, le stime variano tra la creazione e la distruzione dei posti di lavoro di circa la metà della forza lavoro, a seconda del metodo e delle ipotesi utilizzate. Le differenze nel metodo impiegato sono più evidenti tra Frey e Osborne (2013, 2016) e Bowles (2014) da un lato, e Bonin et al. (2015) e Arntz et al. (2016) dall'altro. Questi studi cercano di suddividere le occupazioni in vari compiti e analizzano la sostituzione a livello di compito.



Da un'analisi specifica degli studi empirici della tabella 4, si riscontra che lo studio di McKinsey Global Institute (2017) evidenzia che in 46 Paesi (rappresentanti circa l'80% della forza lavoro globale) meno del 5% delle occupazioni potranno essere completamente automatizzate, e circa il 60% di esse potranno avere il 30% delle attività automatizzate. Per quanto riguarda i paesi sviluppati, in media il 9% del lavoro nei 21 paesi OCSE analizzati sono automatizzabili. La quota di lavoratori con la più elevata probabilità di essere sostituita dall'automazione è più alta in Germania e Austria (12% della forza lavoro) e più bassa (6-7%) in Estonia, Finlandia, Belgio e Corea (Arntz et al. 2016). Negli Stati Uniti circa il 47% del totale l'impiego di tutti i settori è a rischio di sostituzione (Frey & Osborn 2013); per PWC (2017) tale rischio scende al 38%. Per Bowles (2014) i paesi dell'UE perderanno tra il 47% (Svezia) e oltre il 60% (Romania) della forza lavoro a causa dei progressi tecnologici; mentre PWC (2017) stima che il Regno Unito abbia il 30% dei posti di lavoro esistenti a potenziale alto rischio di automazione. In Asia, lo stesso studio di PWC (2017) stima che il 21% dei posti di lavoro esistenti in Giappone è potenzialmente a rischio di automazione. Per Citibank (2016) tale rischio è al 69% in India e al 77% in Cina. Come evidenziato nella figura 12, nei Paesi in via di sviluppo, i due terzi di tutti i posti di lavoro nel mondo potrebbero essere suscettibili di automazione nei prossimi decenni, anche se ciò non dovrebbe preoccupare tali Paesi nel breve periodo a causa degli ostacoli all'adozione della tecnologia, dei salari più bassi e di una maggiore prevalenza di posti di lavoro basati sulla destrezza manuale (World Bank, 2016).

Figura 12 - Stima della quota di lavoro suscettibile all'automazione nei Paesi in via di sviluppo



Fonte: World Bank (2016, 23)

In conclusione, dal confronto di tali studi si evince che le nuove tecnologie possono distruggere la domanda per determinati compiti, ma ciò non vuol dire che si estinguono intere occupazioni o che l'intera occupazione diventi ridondante. Invece, una debolezza comune di tutti questi studi è che si limitano a stimare le perdite derivanti dalle nuove tecnologie basate sulle attuali strutture occupazionali, non su quelle che le nuove tecnologie stanno creando o potrebbero creare. Tutti gli studi confermano

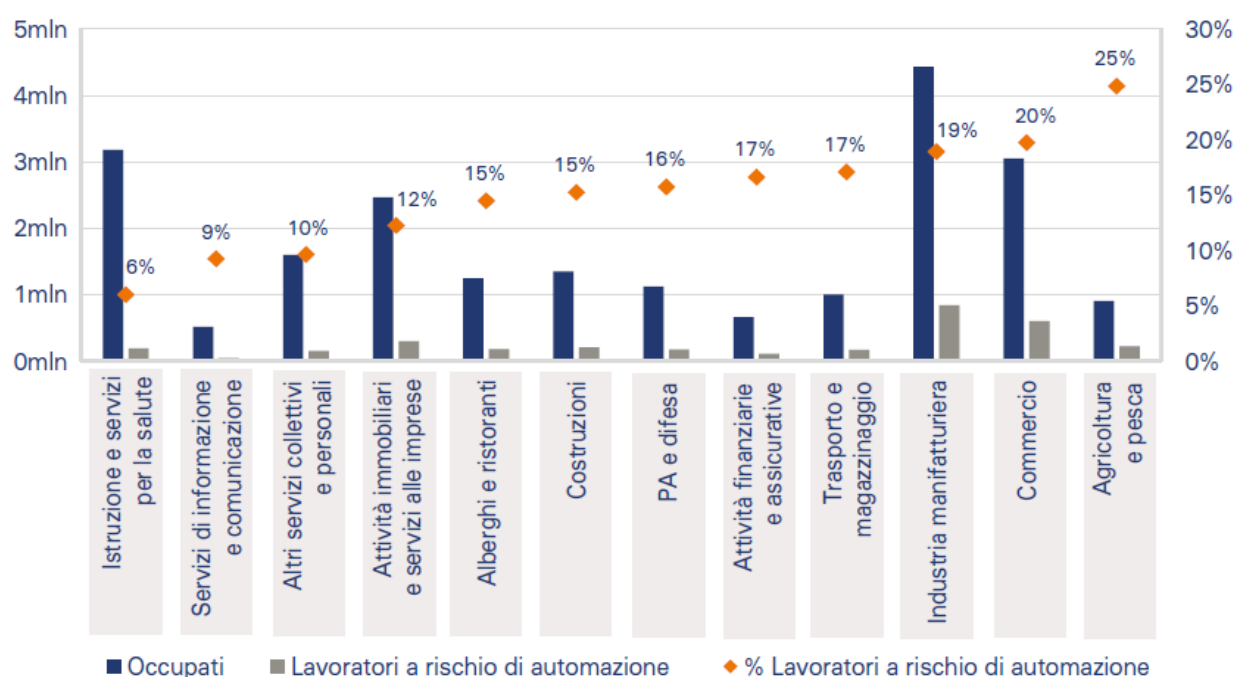


l'effetto positivo delle innovazioni di prodotto sui livelli occupazionali, mentre per quanto riguarda l'innovazione dei processi produttivi emergono evidenze ambigue e contraddittorie: a seconda dei casi, quando le stime sono significative, esse spaziano dal positivo al negativo. Pertanto, la letteratura non sembra supportare in maniera robusta la tesi in favore dell'ipotesi di prevalenza dell'effetto sostituzione.

2.3 Gli effetti della robotica e delle nuove tecnologie sull'occupazione in Italia

Per quanto riguarda gli effetti del progresso tecnologico sull'occupazione in Italia, le stime elaborate da The European House – Ambrosetti (2017) evidenziano che il 14,9% del totale degli occupati, pari a 3,2 milioni, potrebbe perdere il posto di lavoro su un orizzonte temporale di 15 anni (figura 13)¹⁶.

Figura 13 - Lavoratori a rischio di automazione e occupati suddivisi per settore



Fonte: The European House-Ambrosetti (2017, 36)

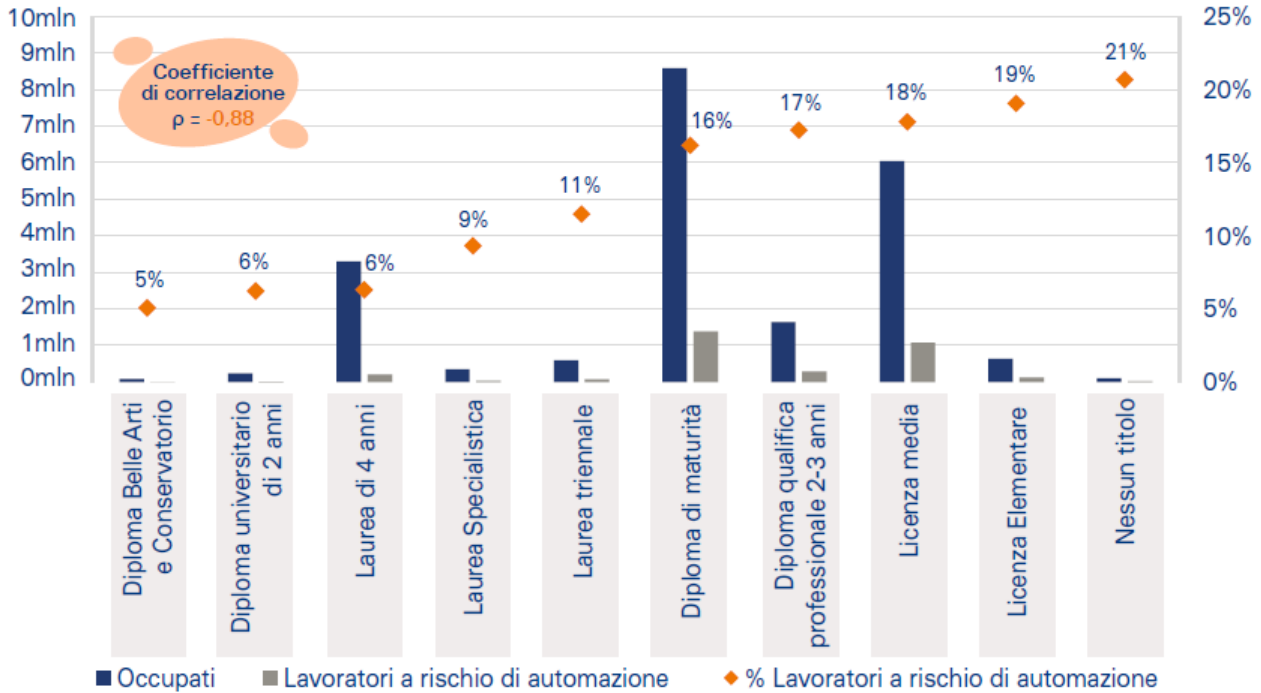
Le differenze tra settori riguardano la diversa composizione della forza lavoro: gli occupati del settore istruzione e salute (medici, infermieri, etc.) svolgono mansioni complesse, poco sostituibili e con un'elevata componente di interazione personale rispetto agli occupati dell'industria manifatturiera (operai, tecnici, etc.). Il titolo di studio è un'altra variabile determinante per la riduzione del rischio di automazione. I lavoratori che posseggono un diploma in belle arti o un diploma di conservatorio (circa 242.600 unità, pari al 5%) presentano il rischio più basso di sostituzione. Ciò indica la rilevanza assunta dalle capacità creative nel determinare una minore sostituibilità rispetto a soggetti senza titolo di studio (circa 106.900, pari al 21%) esposti ad un rischio maggiore di sostituibilità. Percentuali di rischio elevate sono registrate tra i soggetti con licenza media (8,5 milioni, pari al 18%) e con diploma di

¹⁶ Le stime sono state ricavate dal combinato disposto dei dati della ricerca di Frey e Osborne (2016) e dei dati forniti da Istat.



maturità (6 milioni, pari al 16%). Analizzando la correlazione lineare tra titolo di studio e rischio di automazione si ottiene un valore negativo (pari a $\rho = -0,88$); pertanto le due variabili si muovono in senso inverso: al crescere dell'una si riduce l'altra (figura 14).

Figura 14 - Lavoratori a rischio di automazione e occupati suddivisi per titolo di studio



Fonte: The European House-Ambrosetti (2017, 37)

L'approfondimento sugli occupati con formazione post-universitaria conferma il trend della figura 14: i lavoratori con diploma di specializzazione universitaria presentano il rischio di automazione più basso (1%); all'estremo opposto ci sono invece i lavoratori meno qualificati e non laureati (17 milioni, con un rischio pari al 17%)¹⁷.

In conclusione, le variabili delle *proxy* che consentono di tracciare un profilo abbastanza preciso delle caratteristiche che determinano un rischio di sostituzione più basso per un'occupazione sono:

- non ripetitività del lavoro svolto,
- capacità creative e innovative richieste per lo svolgimento delle mansioni,
- complessità intellettuale e operativa delle attività svolte,
- capacità relazionali e sociali quali empatia, persuasione e abilità negoziali.

Partendo da tali stime sono stati calcolati il numero di posti di lavoro che potrebbero essere persi annualmente per ciascun settore. I settori sono associati a percentuali di rischio diverse per la diversa tipologia di mansioni predominanti in un settore rispetto ad un altro (figura 15).

¹⁷ Per tale studio, le variabili non significative per la determinazione del livello di rischio di automazione sono: il sesso, l'area geografica di residenza e le fasce d'età.



Figura 15 - Posti di lavoro a rischio di sostituzione per settore nello scenario Base

Settore ATECO 12	Lavoratori a rischio
Agricoltura e pesca	225.113
Industria manifatturiera	840.081
Costruzioni	205.993
Commercio	602.927
Alberghi e ristoranti	180.795
Trasporto e magazzinaggio	172.290
Servizi di informazione e comunicazione	47.878
Attività finanziarie e assicurative	110.923
Attività immobiliari	302.472
PA e difesa	177.521
Istruzione e servizi per la salute	191.746
Altri servizi collettivi e personali	154.530
TOTALE	3.212.270

Fonte: The European House – Ambrosetti (2017, 44)

Anche se i posti di lavoro sono calcolati nell’arco di 15 anni, l’impatto dell’automazione non sarà uniforme per tale periodo, ma ci sarà una progressiva accelerazione nel dispiegarsi degli effetti: nei primi 5 anni si perderà circa il 20%, nei secondi 5 il 35%, negli ultimi 5 il restante 45% (figura 16).

Figura 16 - Numero di posti di lavoro a rischio nei tre scenari ipotizzati in 15 anni (2018-2033)

	Scenario Conservativo	Scenario Base	Scenario Accelerato
Totale posti a rischio su 15 anni	1.599.589	3.212.270	4.338.161
Rischio sostituzione	7,4%	14,9%	20,1%

Fonte: The European House – Ambrosetti (2017, 45)

In virtù di uno scenario in rapida evoluzione, è necessario attrezzarsi per cogliere i benefici dello *smart manufacturing* (l’innovazione digitale nei processi dell’industria).



Alessandro Perego¹⁸ afferma che nel breve termine si possono prevedere saldi occupazionali negativi, nel medio-lungo termine non è assolutamente certa una contrazione degli occupati in numero assoluto¹⁹, considerato anche l'impatto nell'indotto, in particolar modo nel terziario avanzato. L'Italia deve però cogliere appieno i benefici della quarta rivoluzione industriale, attuando iniziative sistemiche per lo sviluppo dello smart manufacturing e fornendo ai lavoratori le competenze digitali per le mansioni del futuro.

2.4 Professioni a rischio disoccupazione

Come già riportato nell'introduzione, oltre all'occupazione, è stata svolta anche una valutazione sull'esposizione all'automazione delle professioni.

La velocità con la quale i posti di lavoro saranno persi dipenderà dalla velocità dell'innovazione, e quindi dallo sviluppo dell'intelligenza computazionale. Le previsioni di Frey e Osborne sulle occupazioni più e meno suscettibili alla computerizzazione sono riportate nella figura 17.

Figura 17 - Occupazioni più e meno suscettibili alla computerizzazione

Lavoratori più suscettibili all'automazione (ordine decrescente)	Lavoratori meno suscettibili all'automazione (ordine crescente)
1. Televenditore	1. Psicoterapista sistemico-relazionale
2. Raccogliatore di informazioni on e offline	2. Supervisor di prima linea in processi meccanici, installazioni e riparazioni
3. Operatore di intervento per problemi standard nelle fognature	3. Direttore di Emergency Management
4. Tecnico matematico	4. Assistente sociale in salute mentale e abuso di sostanze stupefacenti e alcol
5. Agente assicuratore	5. Audiologo
6. Riparatore di orologi	6. Terapista occupazionale
7. Agente di carico e trasporto merci	7. Ortottista e protesista
8. Consulente per la preparazione della dichiarazione dei redditi	8. Assistente sociale in generale
9. Operatori di sviluppo foto	9. Chirurgo maxillofacciale e orale
10. Ragioniere	10. Supervisore alla prevenzione dei rischi di incendio

Fonte: The European House - Ambrosetti (2017, 61)

¹⁸ Direttore Scientifico degli *Osservatori Digital Innovation* del Politecnico di Milano.

¹⁹ Inoltre, la storia economica evidenzia che in altri momenti simili di cambiamento del paradigma tecnologico si tende a stimare maggiormente il potenziale di distruzione di posti di lavoro, e a sottostimare il potenziale di creazione di posti di lavoro, in quanto mancano conoscenza e immaginazione sufficienti relativi ai tipi di lavoro che saranno creati dal nuovo paradigma tecnologico.



Anche in questo caso i dati evidenziano che l'automazione non è più un fenomeno che riguarda esclusivamente la classe operaia e artigiana, ma coinvolge anche le occupazioni a più alta specializzazione che possono richiedere un livello di istruzione elevato. Come già riportato nel presente lavoro, le stime di Frey e Osborne sono state la base di partenza per la ricerca OCSE (2016), nella quale è stata elaborata una stima dei posti di lavoro a rischio negli Stati Uniti pari al 9% (vs. il 47% stimato da Frey e Osborne). In Italia invece, gli occupati ad alto rischio di automazione sarebbero pari al 10%, diversamente dal 14,9% della ricerca *The European House – Ambrosetti* (figura 18).

Figura 18 - Quota di lavoratori ad alto rischio di automazione sul totale degli occupati (2016)

Paese	Lavoratori ad alto rischio di automazione
Austria	12%
Germania	12%
Spagna	12%
Slovacchia	11%
Repubblica Ceca	10%
Italia	10%
Paesi Bassi	10%
Norvegia	10%
Regno Unito	10%
Canada	9%
Danimarca	9%
Francia	9%
Stati Uniti	9%
Irlanda	8%
Polonia	7%
Belgio	7%
Finlandia	7%
Giappone	7%
Svezia	7%
Estonia	6%
Corea	6%

Fonte: The European House – Ambrosetti su dati OCSE 2016 (2017, 62)



Le differenze fra tali valori sono dovute ai seguenti elementi che influenzano il rischio di automazione:

- le mansioni non sostituibili dall'automazione forniscono un certo grado di protezione al lavoratore nei confronti della sostituzione;
- la perdita del posto di lavoro non può essere considerata inevitabile poiché dipende dalle scelte delle imprese e dei lavoratori;
- gli individui hanno la capacità di riqualificarsi e di imparare a interfacciarsi con le nuove tecnologie.

Lo studio OCSE (2016) ha cercato di capire anche se il livello di istruzione potesse essere considerato una forma di protezione per i lavoratori. I dati dimostrano che all'aumentare del livello di istruzione raggiunto da un individuo si verifica una riduzione del rischio di sostituzione.

La figura 19 evidenzia che il rischio di automazione è più alto per i primi due livelli di istruzione ISCED²⁰. Già dal terzo livello gli occupati a rischio si riducono in maniera sostanziale (rischio massimo pari al 19%, e rischio minimo pari al 7%), sino ad azzerarsi una volta raggiunto il livello di educazione massimo (fatta eccezione per Polonia e Regno Unito).

Figura 19 - Rischio di automazione degli occupati per livello di istruzione conseguito (2016)

Paese	Persone ad alto rischio di automazione per livello di istruzione						
	ISCED 1	ISCED 2	ISCED 3	ISCED 4	ISCED 5B	ISCED 5A	ISCED 6
Austria	100%	54%	14%	8%	2%	0%	0%
Belgio	59%	43%	11%	13%	1%	0%	0%
Canada	68%	55%	16%	10%	6%	0%	0%
Corea	67%	33%	12%		6%	0%	0%
Danimarca	33%	41%	10%	0%	2%	1%	0%
Estonia		41%	11%	10%	3%	1%	0%
Finlandia	52%	40%	12%	7%	2%	0%	0%
Francia	41%	29%	13%		5%	1%	0%
Germania	82%	50%	17%	12%	4%	3%	0%
Giappone		28%	15%	3%	7%	1%	0%
Irlanda	0%	42%	19%	13%	5%	0%	0%
Italia	40%	32%	11%	0%		0%	0%
Norvegia		44%	11%	8%	1%	1%	0%
Paesi Bassi	51%	37%	7%		0%	1%	0%
Polonia	25%	48%	13%	9%		3%	1%
Regno Unito	49%	40%	14%		4%		1%
Repubblica Ceca		55%	12%	9%	8%	2%	0%
Slovacchia		56%	17%			2%	0%
Spagna	56%	43%	15%	7%	5%	0%	0%
Stati Uniti	100%	44%	19%	8%	6%	1%	0%
Svezia	30%	38%	9%	7%	2%	1%	0%

Fonte: The European House – Ambrosetti su dati OCSE 2016 (2017, 63)

²⁰ ISCED 1: scuola elementare; ISCED 2: scuola media; ISCED 3: scuola superiore; ISCED 4: formazione post-secondaria non terziaria; ISCED 5: formazione terziaria di primo livello (laurea e laurea magistrale). A significa programmi basati sulla teoria e preparatori alla ricerca o finalizzati all'accesso a professioni. B significa programmi specifici pratico-tecnico-occupazionali; ISCED 6: formazione terziaria di secondo livello (dottorato di ricerca).



2.5 La creazione di nuovi lavori e il reshoring

Le nuove tecnologie stanno creando anche delle nuove professioni. Infatti, la domanda di nuovi lavori per le imprese, le PPAA e il terzo settore, segue gli aspetti legati all’innovazione dei processi, dei prodotti, e delle strategie in ottica digitale, che cambieranno profondamente il modo di lavorare. Fenomeni come lo smart working e altri modelli flessibili e dinamici di organizzazione del lavoro, nel futuro troveranno ancora più spazio e diffusione, grazie ai profondi mutamenti nei modelli di business delle imprese (Industria 4.0, gig economy, etc.).

Un’indagine sulle *job vacancy online* condotta da Tabulaex²¹ ha identificato 13 figure professionali emergenti, evidenziando che alcune professioni tenderanno a scomparire, o saranno affidate a robot. Per il sole 24 ore, invece, sono 11 le figure professionali più rappresentative emerse negli ultimi cinque anni legate ai pilastri del nuovo modello produttivo e utili per governare strategicamente i cambiamenti imposti da: *Big Data, Cloud, Mobile, Social, IoT e Security* (Tabella 5)²².

Tabella 5 – Confronto delle figure professionali delle indagini Tabulaex e Il sole 24 ore

Tabulaex	Il sole 24 ore
<p>Area Amministrazione, marketing e vendite</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulatory affairs manager • Business analyst • Facility manager • Brand manager • Web marketing and communication specialist • Export manager <p>Area dei sistemi informativi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Connectivity and cyber security expert • Data scientist • Social media specialist • Business intelligence analyst • Data analyst <p>Area progettazione, produzione automatica e logistica e in quella del project management</p> <ul style="list-style-type: none"> • Designer engineer • Hse specialist 	<p>Smart factory</p> <ul style="list-style-type: none"> • Data scientist • Service architect • Esperti di comunicazione digitale <p>Industria 4.0</p> <ul style="list-style-type: none"> • Regulatory affairs • Business analyst • Hse specialist • Designer engineer • Connectivity e cyber security specialist • Business intelligent analyst • Data scientist • Data specialist

A tali nuovi profili, si possono aggiungere anche quelli ricreati nelle economie occidentali dalle nuove tecnologie digitali, grazie al fenomeno conosciuto come *reshoring*²³. Il recente interesse per questo fenomeno (si veda tra gli altri Gray et al. 2013; Pisano & Shih 2012 in Albertoni et al. 2015) è dovuto alla speranza di poter recuperare almeno una parte dei posti di lavoro persi nelle economie sviluppate a causa della delocalizzazione delle attività produttive, che attratte principalmente dal basso costo della manodopera si sono trasferite all’estero (*offshoring*)²⁴.

Alcuni studi hanno analizzato casi di imprese che, ripensando i propri modelli produttivi e riconsiderando le loro scelte di localizzazione, hanno riportato nei paesi di origine le attività produttive

²¹ Tabulaex, spin-off dell’Università di Milano-Bicocca, ha lanciato la piattaforma di business intelligence *Wollybi* che offre un *Osservatorio Mercato del Lavoro* costruito sull’analisi degli annunci di lavoro online.

²² Altre future professioni molto innovative, e non ancora ricercate nelle *job vacancy*, sono riportate nell’allegato 1.

²³ Ad oggi non c’è ancora una corposa letteratura sul tema, anche a causa della mancanza di una definizione comune del termine *back-reshoring* (Jungnickel, 1990 in Fratocchi et al., 2016, 127).

²⁴ Nell’Unione Europea si contano circa sei milioni di posti di lavoro perduti (Needham, 2014; Savi, 2015).



precedentemente delocalizzate in paesi emergenti (es. la Cina). I primi casi sono stati registrati a partire dagli anni ottanta (Mouhoud, 2007 in Fratocchi et al. 2014). La rilevanza del *reshoring* è stata riconosciuta anche dalle Nazioni Unite che ne ha evidenziato le implicazioni in termini di politiche economiche tese a favorirlo (UNCTAD, 2013; Fratocchi et al. 2016, p. 126), incoraggiando in questo modo i vari paesi a favorirne l'evoluzione²⁵.

La speranza generale è che il *reshoring* possa aiutare i paesi Oecd a riguadagnare competitività, almeno del settore manifatturiero. L'aspettativa di una vera e propria rinascita della produzione locale negli Stati Uniti sembra essere sostenuta dai dati raccolti da uno studio svolto da The Boston Consulting Group, secondo cui più della metà di un campione di duecento aziende americane, con vendite superiori a un miliardo di dollari nel 2011, aveva già riportato le proprie attività entro i confini nazionali o stava programmando di farlo nei due anni successivi (BCG 2011, De Backer et al. 2016). Inoltre, si stima che le attuazioni dei piani di *back-reshoring*, congiuntamente all'aumento delle esportazioni, creeranno negli Stati Uniti tra i 2,5 e i 5 milioni di posti di lavoro entro il 2020. Altri studi evidenziano come negli Stati Uniti, grazie al rimpatrio di 357 imprese, si contano circa 39.530 nuovi posti di lavoro creati tra il 1997 e il 2014 (www.reshoring.org).

In Italia si parla di 121 casi registrati di aziende che hanno riportato la produzione in patria dall'inizio della crisi globale – quasi esclusivamente nei settori moda (41%), elettronica (25%) e meccanica (16%) – rispetto ai 376 casi in Europa, e ai 357 in Nord America. Secondo il rapporto Economia e finanza dei distretti industriali del centro studi e ricerche di Intesa San Paolo le aziende Louis Vuitton, Prada, Ferragamo, Ermenegildo Zegna, Bottega Veneta, Geox, Benetton, Piquadro, Nannini hanno riportato in patria le proprie produzioni. Altri marchi come Safilo, secondo il loro piano industriale al 2020, hanno intenzione di far tornare il 70% della produzione di occhiali e dei propri componenti. Interessati al rimpatrio sono anche Stefanel e Diadora. Le motivazioni alla base di tali scelte aziendali sono, oltre al fattore tecnologico, la scarsa qualità della produzione *offshore*, le problematiche nei tempi di consegna, e la prossimità al cliente.

²⁵ Primi fra tutti gli Stati Uniti, il cui Presidente Obama nel gennaio del 2012 ha ospitato un forum sull'argomento alla Casa Bianca, allo scopo di mettere in luce la grande opportunità di riportare le produzioni alla casa madre (Tate et al., 2014). Il suo successore, Trump, ne ha fatto addirittura uno dei temi centrali della politica della sua amministrazione.



CONCLUSIONI

Il progresso tecnico, che sta pervadendo tutti i settori economici – medicina, diritto, finanza dettaglio, produzione industriale e addirittura il campo delle scoperte scientifiche – non si può fermare. Pertanto in futuro per vincere la competizione economica globale è necessario che i lavoratori gareggino, non contro, ma insieme alle macchine.

Per decenni, la letteratura ha sempre analizzato gli effetti del progresso tecnologico sull'economia, sulla società e in particolare sul mercato del lavoro, ma negli ultimi cinque anni molte pubblicazioni e report, analizzati nel presente lavoro, hanno evidenziato che, rispetto alle passate rivoluzioni industriali, questa volta potrebbe essere diverso. Tale letteratura ha avuto notevole impatto non solo su l'opinione pubblica, ma anche sugli attori economici, i policy maker, e il sistema delle relazioni industriali che sono chiamati ad affrontare la difficile sfida di dover bilanciare la crescita dell'efficienza economica e la tutela dei posti di lavoro.

Allo stesso tempo, come già scritto, si sottolinea che il successo di tali studi potrebbe essere dovuto ad una visione momentanea di tali effetti, in quanto la storia economica ha evidenziato che in altri momenti simili di cambiamento del paradigma tecnologico si è teso a stimare maggiormente il potenziale di distruzione di posti di lavoro, e a sottostimare il potenziale di creazione di posti di lavoro. Non a caso, diversamente a quanto riportato nel proprio report del 2016, l'ultimo rapporto del World Economic Forum, "Il futuro del lavoro 2018", inverte le previsioni catastrofiche sottolineando che nei prossimi cinque anni, l'intelligenza artificiale e la robotica avanzata creeranno 133 milioni di posti di lavoro, rispetto ai 75 milioni distrutti.

Pertanto, non è improbabile che in futuro si possa sviluppare una letteratura sugli effetti delle nuove tecnologie sull'occupazione che, grazie a nuove ipotesi e strumenti predittivi, sia di segno contrario come il report del World Economic Forum del 2018.

Detto ciò, alla luce dei rapidi e inarrestabili progressi tecnologici, che le persone, le organizzazioni, i lavoratori, le loro abilità e la stessa politica hanno difficoltà a tenerne il passo, si propongono di seguito una serie di interventi a livello di policy al fine di un miglioramento del ritmo e della qualità dell'innovazione delle strutture, dei processi organizzativi, dei modelli di business, e del capitale umano:

a. Gli investimenti in capitale umano, istruzione e formazione, e in competenze sono driver necessari per affrontare tali progressi tecnici e ottenere il massimo dalle tecnologie. Le nuove tecnologie e la robotica renderanno obsoleti molti compiti e tecniche applicate che intaccheranno la professionalità dei lavoratori, rendendo indispensabili servizi efficaci di formazione e riqualificazione permanente. Nuovi fabbisogni di competenze saranno necessari, in particolare quelli di tipo specialistico e trasversale (soft skills: leadership, formazione del team, creatività, etc.). Ciò imporrà un ripensamento, se non uno stravolgimento, dell'intero sistema educativo e formativo, nonché di una ri-alfabetizzazione degli adulti, pressati dal divario che si creerà tra velocità di cambiamento e velocità di apprendimento, per renderli sempre più compatibili con tale progresso tecnologico. Ancora più importante sarà il rapporto tra sistema educativo e mondo aziendale, e il ruolo degli uffici



di *placement* negli istituti scolastici e nelle università, nonché di tutti gli altri strumenti di dialogo con i territori e le loro economie.

- b. Altri interventi dovranno riguardare le politiche di sicurezza sociale, e su orari, tempi e metodi di lavoro. L'idea del mercato del lavoro, e il concetto stesso di lavoro, non saranno più quelli che intendiamo oggi. Tali modelli, che si muovevano in un mercato dinamico, saranno investiti dalle nuove tecnologie e dalla robotica che aumenteranno a livelli esponenziali tale dinamicità. I tipi di contratti cambieranno e le forme flessibili di lavoro saranno sostituite da altre a tempo determinato o più flessibili, creando situazioni nelle quali le capacità di negoziazione delle persone saranno testate dai continui cambiamenti nei rapporti di lavoro e di datori di lavoro, con il rischio relativo di non essere in grado di muoversi al ritmo che il mercato imporrà loro, rimanendo schiacciati dal punto di vista del reddito e psico-sociale.
- c. I cambiamenti significativi che le nuove tecnologie opereranno a livello di organizzazione aziendale richiederanno un nuovo modello di mercato del lavoro basato sul buon funzionamento della rete di servizi sul lavoro, con una governance forte a livello locale e nazionale, se non transnazionale (a livello di UE).
- d. Anche in presenza di crescita a livello generale, un numero significativo di persone vedrà il proprio tenore di vita diminuito o addirittura minacciato. In una situazione nella quale i costi del passaggio da vecchi a nuovi posti di lavoro saranno pagati dai lavoratori più fragili, l'ipotesi di una redistribuzione del reddito, indipendentemente dalla forma utilizzata (es. reddito di base), può da un lato favorire la riqualificazione o forme di neo-imprenditorialità, dall'altro aumentare il rischio che i disoccupati non rientreranno nel mercato del lavoro.

In conclusione, la politica e l'economia devono trovare nuove soluzioni e modi di governare questi nuovi processi, attutendone le conseguenze sociali negative e garantendo che vi sia un'equa partecipazione ai frutti del progresso tecnologico.

Nessuno può prevedere il futuro. Alla fine della partita sarà importante come porsi di fronte a questi eventi: tra coloro che speranzosi crederanno che il futuro del lavoro non sarà così cupo, e coloro che crederanno che automazione e digitalizzazione stimoleranno la crescita di nuovi settori e posti di lavoro.



BIBLIOGRAFIA

- ACEMOGLU D. e AUTOR D.H. (2011), *Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings*, Handbook of Labor Economics, Vol. 4, 1043-1171
- ACEMOGLU D. e RESTREPO P. (2018), *The Race Between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment*, American Economic Review, Vol.108, n.6
- ACEMOGLU D. e RESTREPO P. (2017), *Robots and jobs: Evidence from US Labour markets*, NBER Working Paper, n.W23285
- ALBERTONI F., ELIA S., FRATOCCHI L., PISCITELLO L. (2015), *Returning from Offshore: What Do We Know?*, AIB Insights, Vol. 15, n.4
- ARNTZ M., TERRY, GREGORY AND U. ZIERAHN (2016), *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working Papers, n.189, OECD Publishing, Paris
- AUTOR D.H. et al. (2003), *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration*, The Quarterly Journal of Economics, pp.1279-1333
- AUTOR D. E DORN D. (2009), *This job is "getting old": Measuring changes in job opportunities using occupational age structure*, American Economic Review, 99, n.2, pp.45-51
- AUTOR D.H. et al. (2013), *The growth of low skill service jobs and the polarization of the US labor market*, Am. Econ. Rev. 103 (5), 1553–1597
- AUTOR D.H. et al. (2013), *Putting Tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks, and Wages*, Journal of Labor Economics, 31(2), pp.S59-S96
- AUTOR D.H. (2013), *The 'task approach' to labor markets: an overview*, Journal for Labour Market Research, 46(3), pp.185-199
- AUTOR D.H. (2015), *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, Journal of Economic Perspectives, 29(3), pp.3-30
- BCG (2015), *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*
- BIAGETTI M. E SCICCHITANO S. (2013), *The determinants of lifelong learning incidence across European countries*, Acta Oeconomica, Vol. 63(1), 77-97
- BOGLIACINO F. E PIANTA M. (2010), *Innovation and Employment: a Reinvestigation using Revised Pavitt classes*, RESEARCH POLICY, Vol. 39, iss 6, 799-809
- BONIN, H., GREGORY T. AND ZIERAHN U. (2015), *Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Kurzexpertise im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales*, [Transmission of the study by Frey / Osborne (2013) on Germany. Short expertise on behalf of the Federal Ministry of Labour and Social]
- BOWLES J., (2014) *The computerisation of European jobs*, Brussels: Breughel
- BRUNETTI I., CIRILLO V., RICCI A. (2018), *Tecnologia e variazione dell'occupazione nei mercati locali del lavoro*, Inapp Paper n.13, Roma, INAPP
- BRYNJOLFSSON E. et al. (2013), *In gara con le macchine. La tecnologia aiuta il lavoro?*, GOWARE



- BRYNJOLFSSON E. et al. (2015), *La nuova rivoluzione delle macchine. Lavoro e prosperità nell'era della tecnologia trionfante*, FELTRINELLI
- CARD D. E DI NARDO J. (2002), *Skill-Biased Technological Change and Rising Wage Inequality: Some Problems and Puzzles*, *Journal of labour of economics*, Vol. 20, n.4
- CITIBANK (2016), *Technology at Work v2.0: The future is not what it used to be*, Citibank
- COAD A. AND RAO-NICHOLSON R. (2011), *The firm-level employment effects of innovations in high-tech US manufacturing industries*, *Journal of Evolutionary Economics*, 21(2), pp.255-283
- EUROPEAN COMMISSION (2017), *High-Tech Leadership Skills for Europe. Towards an Agenda for 2020 and beyond*
- EUROPEAN POLITICAL STRATEGY CENTRE (2010), *The Future of Work. Skills and Resilience for a World of Change*, EPSC Strategic Notes, Issue 13/2010 10 JUNE, European Commission
- EUROSTAT (2002), *Symmetric input-output tables*, Workshop on Compilation and transmission of tables in the framework of Input-output system in ESA95, Lussemburgo
- FORD M. (2009), *The Lights in the Tunnel: Automation, Accelerating Technology and the Economy of the Future*, Acculant publishing
- FORD M., (2015), *Il futuro senza lavoro. Accelerazione tecnologica e macchine tecnologiche*, Saggiatore
- FRATTOCCHI, L. (2014), *Il Back-reshoring come opportunità per il Sistema Italia. Il contributo delle aziende*, ANIE Assemblée annuale
- FREY C.B. AND OSBORNE A.O. (2013), *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, OXFORD
- FREY C.B., OSBORNE A.O., HOLMES C. (2016), *Technology at work v2.0. The Future Is Not What It Used to Be*, Citibank
- GRAY J.V., SKOWRONSKY K., ESENDURAN G., RUNG TUDANATHAM M.J. (2013), *Reshoring phenomenon: what supply chain academics ought to know and should do*. *J. Supply Chain Management*, 49 (2), 27–33
- HARRISON R. et al. (2014), *Does Innovation Stimulate Employment? A firm-level Analysis Using Comparable Micro-data from Four European Countries*, *International Journal of Industrial Organization*, Vol. 35 (29-43)
- HASKEL J. E SLAUGHTER M.J. (2002), *Does the sector bias of skill-biased technical change explain changing skill premia?*, *European Economic Review*, Vol. 46, issue 10, pp. 1757-1783
- INTRALIGI V., NATICCHIONI P. (2015), *Cambiamento tecnologico e mercato del lavoro: una survey*, in *Legge di stabilità e finanza pubblica in Italia*, edited by C. Magazzino and G.C. Romagnoli, pp.173-200
- IFR (2017), *World Robotics 2017 Industrial Robots*
- ISO (2011), ISO 10218-1:2011, *Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 1: Robots*
- ISO (2011), ISO 10218-2:2011, *Robots and robotic devices - Safety requirements for industrial robots - Part 2: Robot systems and integration*
- ISO (2012), ISO 8373:2012, *Robots and robotic devices – Vocabulary*



- JAAKKOLA et al. (2016), *Rationalizing Neural Predictions*, *Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory*, MIT
- JÄGER A., et al. (2015), *Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union*, Final report, A study prepared for the European Commission, DG Communications Networks, Content & Technology, Fraunhofer ISI
- KATZ L. F. et al. (2013), *Technical change and the relative demand for skilled labor: the United States in historical perspective*, *Technical Report*, NBER Working Paper n.18752, National Bureau of Economic Research
- KEISNER C.A., RAFFO J., WUNSCH-VINCENT S. (2015), *Breakthrough technologies – Robotics, innovation and intellectual property*, Economic Research Working Paper n. 30
- KURZWEIL R. (1990), *The Age Of Intelligent Machines*, MIT PRESS
- KURZWEIL R. (2005), *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*, Penguin Group
- LEVY F., MURNANE R.J. (2004), *The new division of labor. How computers are creating the next job market*, Princeton University Press
- LEONTIEF W. (1986), *Input-output economics*, Oxford University Press, New York
- MARCOLIN L. et al. (2016), *The Routine Content of Occupations: New Cross-country Measures Based on PIAAC*, Paris: OECD STI Working Papers
- MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017), *A future that works: automation, employment and productivity*
- MICHAELS G. AND GRAETZ G. (2015), *Robots at work*, CEP Discussion Paper n.1335
- MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO (2016), *Piano nazionale Industria 4.0. Investimenti, produttività e innovazione*
- MORAVEC H. (1988), *Mind Children: the Future of Robot and Human Intelligence*, Harvard University Press
- OECD (2016), *Automation and Independent Work in a Digital Economy*, Policy Brief on the Future of Work, Paris
- OECD (2017), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, OECD Publishing, Paris, 2017
- OECD, *Skills Strategy Diagnostic Report: Italy*, Paris
- PANTEA S., BIAGI F. and SABADASH A. (2014), *Are ICT Displacing Workers? Evidence from Seven European Countries*, European Commission, Joint Research Centre Institute for Prospective Technological Studies
- PISANO G. P. & SHIH W. (2012), *Producing prosperity: Why America needs a manufacturing renaissance*, BOSTON: Harvard Business Review Press
- RIFKIN J. (1995), *The End of Work: Technology, Jobs, and Your Future*, Putnam, New York
- RIFKIN J. (2012), *The Third Industrial Revolution: How the Internet, Green Electricity, and 3-D Printing are Ushering in a Sustainable Era of Distributed Capitalism*
- RUSSELL S. J. E NORVIG P. (2003), *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall
- SACCHI S. (2018), *The Italian Welfare State in the Crisis: Learning to Adjust?*, South European Society and Politics, 23:1, 29-46



- SCHWAB K. (2016), *La quarta rivoluzione industriale*, Milano, Franco Angeli
- SCHUMPETER J.A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Brothers
- SCICCHITANO S. (2007), *On the complementarity between on-the-job training and R&D: a brief overview*, Economics Bulletin, Vol. 15(2), pages 1-11
- SCICCHITANO S. (2010), *Complementarity between heterogeneous human capital and R&D: can job-training avoid low development traps?*, Empirica, Springer, Vol. 37(4), pp.361-380
- SCICCHITANO S. E TRAPASSO R. (2017), *Le competenze dei lavoratori: soprattutto un problema di complementarità tra le politiche*, in *Etica ed Economia*, n.74.
- SHIH W. (2013), *The resurgence of manufacturing in America*, *Inside Supply Management: 30-33*
- SIGNORELLI A.D. (2017), *Rivoluzione artificiale. L'uomo nell'epoca delle macchine intelligenti*, INFORMANT
- SOLOW R. (1987), *We'd better watch out*, New York Times Book Review
- SPRINGER, P.J. (2013), *Military robots and drones: a reference handbook*, ABC-CLIO
- THE EUROPEAN HOUSE – AMBROSETTI (2017), *Tecnologia e lavoro: governare il cambiamento*, Ricerca Ambrosetti Club
- UNCTAD (2013), *World Investment Report*
- VIESTI G. (2018), *La laurea negata. Le politiche contro l'istruzione universitaria*, Laterza
- VISCO I. (2015), *Tecnologia, imprese e lavoro: sfide per l'Italia nell'economia globale*, Prometeia 40 anni
- VIVARELLI M. (2014), *Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of Economic Literature*, Journal of Economic Issues 48, n. 1, pp.123-154
- WEF (2016), *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*
- WEF (2017), *Sustainable development impact summit*, 18-19 SEPTEMBER, NEW YORK, USA
- WOLTER M.I., ET AL. (2015), *Industrie 4.0 und die Folgen für Arbeitsmarkt und Wirtschaft*, Nürnberg: IAB-Forschungsbericht, n.8
- WORLD BANK (2016), *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington DC: World Bank



ALLEGATO 1

Lista di 21 profili professionali molto innovativi e futuribili che potranno emergere nei prossimi anni²⁶

1. Data detective

Questo tipo di posizione potrebbe essere adatto per persone con esperienza in applicazione della legge e competenze di base dei dati, o anche un laureato in lettura dei dati alla ricerca di lavoretti come entry-level in un settore del futuro.

2. Bring-your-own IT facilitator

Si tratta del professionista dell'help desk IT del futuro, che cura gli strumenti che i dipendenti possono selezionare e utilizzare, contribuendo a garantire che coloro che stanno supportando ottengano il massimo dalla tecnologia, e che tutti gli strumenti funzionino perfettamente nella rete aziendale.

3. Ethical sourcing officer

Si tratta di un "ufficiale di approvvigionamento etico", uno sceriffo che "assicura", in una grande azienda, che le priorità e gli impegni etici siano effettivamente praticati.

4. Artificial intelligence business development manager

E' colui che si occupa della vendita di AI (sia nella sua forma di calcolo sia "grezza" che confezionata in un servizio aziendale).

5. Master of edge computing

Con l'informatica che si muove a velocità vertiginosa, le grandi aziende avranno bisogno di qualcuno che le aiuti a tenere il passo. Si tratta di una figura che re-immagina completamente la propria infrastruttura dati, abbandonando i data center in favore di "edge computing".

6. Walker/talker

In quest'era sempre più impregnata da ossessionati della tecnologia ci sarà bisogno di persone con la capacità di camminare, parlare ed entrare in empatia. Saranno gli aiutanti della salute mentale del futuro, e si occuperanno anche di categorie svantaggiate: disoccupati/sottoccupati (supporto per il loro stato), anziani (per avere compagnia), etc.

7. Fitness commitment counselor

In futuro molti di noi saranno ancora grassi e lotteranno per perdere peso, solo che in futuro non saremo soli con le nostre lotte. Tracciamo tutto ciò che è rilevante con la tecnologia indossabile e poi assumiamo "consulenti di impegno per il fitness" per analizzare i dati e incoraggiarci.

8. AI assisted health care technician

Ci sarà bisogno di capacità di assistenza sanitaria, ma anche di conoscenza tecnica per poterla distribuire a distanza, utilizzando strumenti di telemedicina e apparecchiature di collaudo interne. Grazie ad apparecchi con AI, gli infermieri saranno anche in grado di diagnosticare e curare più disturbi, lasciando ai medici la gestione di casi più complicati.

9. Cyber city analyst

Le città intelligenti sono già state costruite a Toronto e in Arizona. Quando saranno operative, gli analisti della cyber city manterranno in buone condizioni la tecnologia alla base del funzionamento della città. Gli analisti di cyber city assicurano il costante flusso di dati "sani" nelle nostre città, compresi i dati biologici, i dati dei cittadini e le risorse, garantendo che tutte le funzioni tecniche e di trasmissione non saranno compromesse.

10. Genomic portfolio director

Crispr e altre tecnologie di modifica genetica sono decollate nella versione del futuro, e le startup stanno impiegando queste tecnologie per produrre nuove promettenti medicine. Un direttore del portafoglio genomico è l'esecutivo che guiderà una società, decidendo quali prodotti dovranno essere realizzati.

11. Man-machine teaming manager

Quando robot e persone lavorano insieme, qualcuno dovrà arbitrare questa partnership: il manager del team uomo-macchina. "La collaborazione uomo-macchina è la nuova forza lavoro", ciò significa che le aziende saranno alla ricerca di "individui che possono aiutare a combinare i punti di forza dei robot/software e di AI (accuratezza, resistenza, calcolo, velocità, etc.), con i punti di forza degli umani (cognizione, giudizio, empatia, versatilità, etc.) in un ambiente comune per obiettivi aziendali comuni. Si tratta di sviluppare un sistema di interazione attraverso il quale uomini e macchine comunicano reciprocamente le loro capacità, gli obiettivi e le intenzioni, progettando un sistema di pianificazione delle attività per la collaborazione uomo-macchina".

12. Financial wellness coach

In un mondo in cui i contanti saranno obsoleti, le regole dei bitcoin, i prestiti automatici e i micro-pagamenti sono all'ordine del giorno, pertanto bisogna tener traccia delle proprie finanze, e sarà un problema maggiore di quello attuale. "Di fronte a transazioni finanziarie sempre più digitali, molti clienti bancari sono troppo cronometrati per comprendere appieno le strutture tariffarie e gli approcci ottimali alla gestione finanziaria". Gli allenatori di benessere finanziario saranno la soluzione.

13. Digital tailor

I mestieri tradizionali non scompariranno mai, ma molti riceveranno un aggiornamento digitale. Questi sarti/sarte e designer utilizzeranno cubicoli di rilevamento all'avanguardia per prendere le misure dei clienti e consegnargli i vestiti ultimati.

14. Chief trust officer

Le aziende avranno bisogno di individui con "l'acume combinato, finanziario e normativo, necessario per affrontare le tradizionali valute e le criptovalute, con l'esperienza in pubbliche relazioni per mantenere un'immagine pubblica positiva che sostenga l'integrità finanziaria e pubblica dell'organizzazione".

15. Quantum machine-learning analyst

Il più tech-centrico di tutti i lavori, per candidati altamente qualificati. "Gli individui in questo ruolo ricercano e sviluppano soluzioni di nuova generazione, integrando le discipline dell'elaborazione dell'informazione quantistica con l'apprendimento automatico".

16. Virtual store sherpa

Ecco un'opzione a bassa tecnologia. Essenzialmente il commesso del futuro, uno sherpa di un negozio virtuale che parla con i clienti delle loro esigenze nella realtà virtuale, li consiglia sui prodotti e poi gli invia un robot per consegnare qualsiasi cosa i clienti decidano di aver bisogno.

17. Personal data broker

In un mondo in cui le persone possiedono i propri dati e possono venderli a società interessate per ottenere un profitto, "il broker di dati personali, garantirà ai consumatori ricavi" da questi tipi di vendite.

18. Personal memory curator

Le aziende avranno bisogno di personal memory curator per fornire una soluzione "dal vivo" per i nostri clienti anziani, creando e offrendo ambienti virtuali perfetti per loro. Il ruolo richiede la consulenza attraverso una serie di luoghi interessati del cliente, media e fonti storiche per rifare e architettare esperienze passate, per ridurre lo stress o l'ansia che crea una semplice perdita di memoria.

19. Augmented-reality journey builder

Richiedendo una combinazione di bagliori artistici e know-how tecnico, i creatori di viaggi aiuteranno a "progettare, scrivere, creare, calibrare, costruire e - cosa più importante - personalizzare la prossima generazione di storie strabilianti".

20. Highway controller

Entro un decennio le città cercheranno controllori autostradali "per aiutare a regolare la strada e lo spazio aereo nel centro della città" e "monitorare, regolare, pianificare e manipolare lo spazio aereo e stradale, monitorare e programmare le piattaforme automatizzate di AI utilizzate per la gestione dello spazio di auto e droni autonomi".

21. Genetic diversity officer

In futuro, i responsabili delle assunzioni non seguiranno semplicemente il genere, la razza e l'orientamento sessuale delle persone di un'organizzazione, ma esamineranno anche la diversità genetica per "integrare una forza lavoro che includa lavoratori che sono stati geneticamente migliorati (sia durante la gestazione o più tardi nella vita) con coloro che non lo sono".

²⁶ Cognizant è una società multinazionale statunitense specializzata in servizi digitali, tecnologici, consulenza e gestione.

