

---

RELATORE

---

CANDIDATO

## Sommario

<i>Introduzione</i> .....	2
<b>1</b> <i>Prospettiva Storica dell’impatto delle rivoluzioni tecnologiche sull’impiego</i> .....	8
1.1 La Tecnologia del XIX secolo: la meccanizzazione.....	8
1.2 La tecnologia del XX secolo: l’elettrificazione e la rivoluzione dei trasporti .....	10
1.3 La tecnologia del XXI secolo: l’avvento del computer.....	12
1.4 L’economia digitale e l’impiego dell’Intelligenza Artificiale (IA): la quarta rivoluzione industriale.....	22
<b>2</b> <i>Il mercato del lavoro in Europa</i> .....	29
2.1 Premessa .....	29
2.2 Analisi e dinamiche del mercato.....	31
2.2.1 Analisi delle dinamiche di mercato: cambiamento del mix occupazionale .....	31
2.2.2 La Polarizzazione .....	32
2.2.3 Disparità geografiche.....	36
2.2.4 Effetto sostituzione.....	39
2.3 Le sfide della politica e dei capi azienda .....	41
<b>3</b> <i>L’intelligenza artificiale ed il suo impatto sul mercato del lavoro</i> .....	49
3.1 Recenti sviluppi e principali sfide .....	49
3.2 Impatto dell’automazione e della digitalizzazione sulle diverse industrie .....	57
3.3 Prospettiva etica e sociale .....	65
<b>4</b> <i>Intelligenza Artificiale ed Occupazione in Italia</i> .....	68
4.1 Panoramica del mercato del lavoro italiano .....	68
4.2 Digitalizzazione e Fabbisogni occupazionali in Italia .....	70
4.3 Lo Skill Mismatch in Italia.....	72
4.4 Potenziali sviluppi dell’AI: la Meccatronica.....	75
<i>Conclusioni</i> .....	78
<i>Bibliografia</i> .....	81

## Introduzione

Il progresso tecnologico ed il suo impatto sul mondo del lavoro alimenta un dibattito fin dai tempi di Aristotele, quando si discuteva sulle implicazioni dello spostamento del lavoro dall'uomo alle macchine.

Si potrebbe affermare che il progresso tecnologico abbia avuto due effetti contrastanti sull'occupazione<sup>1</sup>: il primo si verifica quando la tecnologia sostituisce il lavoro, è un effetto “distruttivo” che comporta una modifica ed una riallocazione dell'offerta di lavoro; il secondo è un effetto di “moltiplicazione”, ovvero quante più aziende entrano in settori in cui la produttività è maggiore, tanto più queste creano nuova occupazione grazie alla loro tendenza ad espandersi. La prevalenza dell'uno o dell'altro effetto si è alternata nel corso delle diverse epoche ed ha avuto impatti asimmetrici. Quanto all'effetto “distruttivo”, questo si connota anche di importanti risvolti socio-economici, dal momento che l'occupazione è anche una fondamentale leva di politica economica e sociale.

John Maynard Keynes aveva coniato il termine di “disoccupazione tecnologica” per definire quella riduzione dell'occupazione causata dalla continua scoperta di nuove tecnologie volte ad aumentare la produttività, “... *ad un ritmo maggiore di quello con cui la nostra società riesce a trovare nuove opportunità di lavoro*”<sup>2</sup>. Keynes pronosticava “... *che tra un secolo saremmo stati in grado di far eseguire tutte le operazioni di agricoltura, estrazione mineraria e fabbricare con un quarto dello sforzo umano a cui siamo stati abituati*”.

L'impatto della tecnologia sul mercato del lavoro è stato più volte affrontato in dottrina, documentando come alcune attività siano più suscettibili di altre a fenomeni di disoccupazione tecnologica. Tra tutti, David Autor argomenta come il declino dell'occupazione di tutte le mansioni c.d. “*routinarie*”, costituite da compiti semplici e ripetitivi, fossero più a rischio perché più facilmente sostituibili da algoritmi. Nella sua analisi, egli raggruppa le attività lavorative in due grandi categorie: quelle cognitive e quelle manuali. Per ciascuna di queste categorie esistono poi delle attività di *routine* e *non di routine*. Mentre il computer può facilmente sostituire la routine manuale ed in parte anche quella cognitiva, le attività non di routine, che spaziano dalla gestione di attività commerciali alla professione legale, alle diagnosi mediche, all'attività manageriale sono molto più difficili da sostituire con un algoritmo.

---

<sup>1</sup> P.Aghion e P. Howitt, “A model of growth through creative destruction”, *Econometrica*, Vol. 60 No2, 1992

<sup>2</sup> J.M. Keynes, *Possibilità Economiche per i nostri nipoti*, 1930

Questa dicotomia avrebbe prodotto da una parte un crescente impiego, con salari superiori alla media nei lavori “cognitivi” o “digitali non ripetitivi”, dall’altra, la richiesta di occupazioni manuali a basso reddito, con conseguente svuotamento dei lavori di routine a reddito medio<sup>3</sup>. Questo fenomeno, reso evidente soprattutto nel continuo calo dell’occupazione nel settore manifatturiero, è denominato **polarizzazione**<sup>4</sup> e sottenderebbe, tra l’altro, un progressivo declino del livello medio del reddito, probabilmente perché i compiti manuali delle occupazioni di servizio, che sono quelli meno retribuiti, sono anche quelli meno suscettibili all’informatizzazione perché richiedono un grado più elevato di flessibilità e adattabilità fisica<sup>5</sup>. La maggior parte della letteratura prevede infatti un impatto sfavorevole della tecnologia sulla distribuzione dei redditi. Osserviamo la polarizzazione del mercato del lavoro perché i compiti che sono più difficilmente sostituibili dall’Intelligenza Artificiale tendono a trovarsi agli estremi opposti dello spettro delle abilità, mentre l’IA tende a sostituire gli esseri umani in compiti che corrispondono alla categoria “media abilità” (Autor et al., 2003), Acemoglu e Autor (2011) e Autor e Salomons (2017) mostrano come negli Stati Uniti la polarizzazione del lavoro si traduca in una polarizzazione salariale.

Ci sono prove di come anche in Europa la polarizzazione del mercato del lavoro porti ad un allargamento dei divari salariali. Goos et al, 2014<sup>6</sup> rileva che il miglioramento della tecnologia ha portato a un aumento della domanda sia di posti di lavoro altamente qualificati ben retribuiti che di posti di lavoro scarsamente qualificati, supportando così l’ipotesi che il progresso tecnologico possa portare a disparità di reddito. Nonostante le tendenze positive simili nella domanda di lavoro sia per i lavori ad alta retribuzione che per quelli a bassa retribuzione, osserviamo tendenze divergenti nella rispettiva qualità del lavoro. Da un lato, il progresso tecnologico porta ad aumentare i salari nei lavori ben pagati che integrano l’IA<sup>7</sup>, al contrario, il progresso tecnologico provoca ulteriori riduzioni dei salari all’estremità inferiore della distribuzione salariale fino a un livello che non supporta un ragionevole tenore di vita<sup>8</sup>. La conseguente digitalizzazione dell’economia determina un aumento di forme precarie di lavoro autonomo caratterizzate da una durata limitata, come quelle stagionali o di lavoro a chiamata, nonché l’assenza di copertura previdenziale (OCSE, 2018), anche questo contribuisce ad aumentare ulteriormente le disuguaglianze esistenti.

---

<sup>3</sup> *Mc Kinsey Global Institute: Skills Shift Automation and the future of the workforce, 2018*

<sup>4</sup> *Brynjolfsson e McAfee, 2011*

<sup>5</sup> *Autor e Dorn (2013); Charles, 2013 e Jaimovich e Siu, 2012*

<sup>6</sup> *Goos, Maarten, Alan Manning, and Anna Salomons. 2014. “Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring.” American Economic Review 104(8): 2509-26*

<sup>7</sup> *Deming, 2017*

<sup>8</sup> *Autor e Salomons, 2017*

A seguito dei recenti progressi tecnologici l'informatizzazione si sta diffondendo anche ai domini c.d. “*non di routine*”, che sono sempre più a rischio di informatizzazione. La produzione di set di dati sempre più grandi e complessi, noti come *big data* sta consentendo di espandere i confini dell'informatizzazione anche ad attività cognitive non di routine. Questo rischio è stato colto da alcuni autori,<sup>9</sup> i quali sostengono che le nuove tecnologie stiano minacciando un gruppo completamente nuovo di abilità che spaziano dallo smistamento e dalla archiviazione documentale alle attività di controllo, calcolo, confronto ed approvazione, che sono riserva speciale dell'impiegato, mentre le macchine “...continuano a invadere la società, ...rendendo il lavoro umano - almeno come ora lo intendiamo - gradualmente superfluo”.

Tuttavia, fin dalla Rivoluzione Industriale e nonostante le successive ondate di innovazione e meccanizzazione, l'occupazione ed i redditi pro-capite complessivi sono aumentati, non diminuiti, allo stesso tempo però a seguito di ogni nuova grande invenzione, queste paure riaffiorano sistematicamente. La teoria economica tradizionale ruota attorno all'entità dell'effetto di sostituzione tra lavoratori e macchine. Suggestisce che le macchine (compresi gli algoritmi di intelligenza artificiale nei computer) e l'uomo non sono perfetti sostituti. Le macchine sono in grado di sostituire i lavoratori ma non possono neanche farne a meno; sono, in una certa misura, complementari. Quando la domanda di macchine aumenta perché sono più produttive ed economiche dei lavoratori, comporta anche l'aumento della domanda per quei lavoratori necessari per il funzionamento delle macchine. Le macchine, inoltre, aumentano la produttività dei lavoratori e i salari delle restanti attività umane, in quest'ottica, il miglioramento tecnologico stimola la domanda di lavoro. Ricerche più recenti<sup>10</sup> dimostrano che mentre l'occupazione cresce nelle economie industriali avanzate, un rapido aumento della quota di capitale causa una diminuzione della quota di valore aggiunto rappresentata dal lavoro.

Un altro aspetto da considerare nella dialettica tra uomo e macchina è il rapporto che intercorre tra informatizzazione e delocalizzazione. Parte della letteratura esamina la delocalizzazione di alcune mansioni classificando le occupazioni in base alla loro suscettibilità all'offshoring. Alcuni studi<sup>11</sup> dimostrano che circa il 30% dei posti di lavoro negli Stati Uniti sono a rischio di delocalizzazione nel prossimo futuro. Queste percentuali presuppongono che vi sia una nutrita schiera di professioni che non possono essere delocalizzate, o perché devono essere svolte in

---

<sup>9</sup> Heilbroner, 1965

<sup>10</sup> Karabarbounis e Neiman, 2013

<sup>11</sup> Jensen e Kletzer, 2005; Blinder, 2009; Jensen e Kletzer, 2010; Oldenski, 2012; Blinder e Krueger, 2013

un determinato luogo fisico, come un cassiere di banca, oppure perché richiedono un'interazione fisica, come ad esempio la professione medica.

Nel corso della storia il processo di “distruzione creatrice”<sup>12</sup> legato alle invenzioni tecnologiche, ha creato e distrutto enormi ricchezze. L'opposizione delle corporazioni e di larghi strati della società alla tecnologia e alle forze di mercato è stata argomentata in modo convincente da diversi studiosi<sup>13</sup>, i quali ritengono che i lavoratori resistano alle nuove tecnologie nella misura in cui queste rendono obsolete le loro competenze e riducono in modo irreversibile il loro reddito atteso. L'equilibrio tra conservazione del lavoro e progresso tecnologico dunque, in larga misura, riflette l'equilibrio di potere nella società e la misura in cui il progresso tecnologico viene distribuito e da questa accettato.

L'accettazione del progresso tecnologico da parte della società è un elemento fondamentale per determinare la portata e l'intensità del processo di informatizzazione e per interpretare le differenze con cui l'Intelligenza Artificiale impatta nei vari Paesi ed epoche storiche. Sebbene la resistenza al progresso tecnologico sia diventata apparentemente meno comune dai tempi della prima rivoluzione industriale, ci sono esempi recenti di resistenza politica al cambiamento tecnologico. Si tratta di quello che Autor definisce “il paradosso dell'abbondanza”<sup>14</sup>. Questo paradosso descrive il cambiamento tecnologico come una minaccia al benessere sociale, esso in altre parole rappresenta la minaccia dell'eccesso rispetto alla scarsità. Se da una parte, infatti, il progresso tecnologico sostituisce con capitale abbondante e a buon mercato il lavoro scarso e costoso rendendo tutta la società più ricca, dall'altra questo effetto crea un significativo problema di distribuzione del reddito: “*chi possiede manodopera ma non possiede il capitale potrebbe non avere i mezzi per guadagnarsi da vivere adeguatamente*”. Questo fenomeno in parte contribuisce a spiegare gli elevati livelli di disuguaglianza sociale<sup>15</sup> attuali. Per questo alcuni studiosi<sup>16</sup> del Massachusetts Institute of Technology ritengono che gli esseri umani siano in pericolo di perdere la “corsa contro la macchina”, che secondo altri poteva minacciare il genere umano con “la miseria di lungo termine”<sup>17</sup>.

---

<sup>12</sup> *Capitalism, socialism and democracy*, by Schumpeter, Harper & Row New York 1962

<sup>13</sup> Kellenbenz (1974, p. 243), Mokyr (1998, p. 11)

<sup>14</sup> *Paradox of Abundance: automation anxiety returns*, D.A. Autor, University Press, 2015

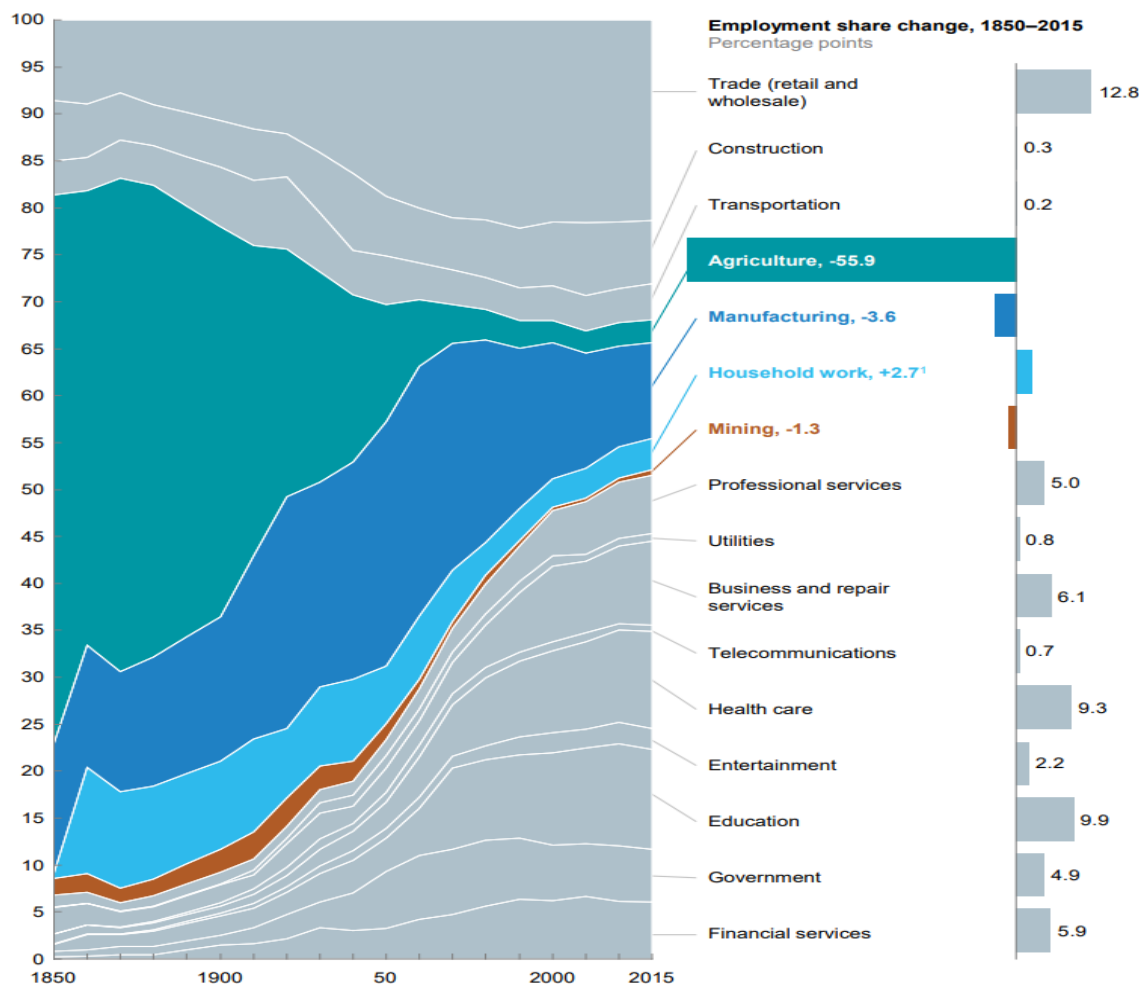
<sup>15</sup> Karabarounis e Neiman dimostrano che negli Stati Uniti, Giappone, Cina e Germania la quota del lavoro è diminuita dal 2% al 4% sul reddito nazionale nel periodo 1975-2010, attribuendone il declino all'aumento del tasso di sostituzione tra capitale e lavoro associata al cambiamento tecnologico. Ugualmente alla tecnologia si attribuisce la riduzione dei livelli salariali reali dei lavoratori (Green e Sand, 2013) e Card, 2013 documenta la sostanziale riduzione dei salari dei lavoratori maschi della Germania occidentale tra il 1997 e il 2009.

<sup>16</sup> E. Brynjolfsson e A. McAfee, 2011

<sup>17</sup> Jeffrey D. Sachs e Laurence J. Kotlikoff, 2012

La storia non si ripete necessariamente, ma fornisce spunti preziosi e possibili lezioni per il futuro della domanda di lavoro in un'epoca indirizzata verso l'automazione. Fra le lezioni più importanti figura che l'innovazione tecnologica in passato abbia portato alla creazione di molti più posti di lavoro di quanti ne abbia distrutti; aumentando la produttività, stimolando incrementi sostenuti degli standard di vita e determinando un cambiamento nell'equilibrio tra lavoro e tempo libero, come riportato in Figura 1<sup>18</sup>.

Figura 1: Occupazione totale per settore in USA (1850 - 2015)



<sup>1</sup> Increase from 1850 to 1860 in employment share of household work primarily due to changes in how unpaid labor (slavery) was tracked.

Fonte: IPUMS USA, 2017

Tuttavia, la transizione tecnologica non è sempre stata agevole: i salari reali sono rimasti quasi invariati per ben 50 anni nell'Inghilterra del XIX secolo durante la rivoluzione industriale. La storia dimostra anche che la robusta domanda aggregata e la crescita economica sono essenziali per la creazione di nuovi posti di lavoro. Le nuove tecnologie hanno aumentato la crescita della produttività, consentendo alle imprese di abbassare i prezzi per i consumatori, pagare salari più

<sup>18</sup> Mc Kinsey Global Institute: *Jobs lot, jobs gained....* Infra, 2017

alti o distribuire profitti agli azionisti. Questo stimola la domanda in tutta l'economia, contribuendo alla creazione di nuovi posti di lavoro.

Andiamo a ripercorrere i tratti salienti dell'evoluzione del rapporto tra tecnologia e occupazione.



# 1 Prospettiva Storica dell'impatto delle rivoluzioni tecnologiche sull'impiego

## 1.1 La Tecnologia del XIX secolo: la meccanizzazione

In Europa, durante la Rivoluzione Industriale all'inizio del XIX secolo, le innovazioni ed invenzioni in campo manifatturiero prima e l'avvento del vapore poi, hanno aumentato la produttività del lavoro consentendo a coloro che non erano in possesso di particolari abilità manuali di accedere al mercato del lavoro e di intraprendere un'attività lavorativa in fabbrica che progressivamente avrebbe sostituito l'attività artigianale.

Il Paese che più di ogni altro è stato teatro di profonde rivoluzioni socio-economiche nel corso del XIX secolo è la Gran Bretagna, dove ha luogo la prima Rivoluzione Industriale con l'industria tessile che per prima affronta l'impatto del cambiamento tecnologico sul mercato del lavoro e sulla società.

Sebbene la corporazione artigiana in Gran Bretagna abbia perso gran parte del suo peso politico al momento della Gloriosa Rivoluzione del 1688, questa esercitava ancora una forte resistenza alla meccanizzazione, che sfocia nei c.d. moti "luddisti" tra il 1811 e il 1816 - chiara manifestazione della paura del cambiamento tecnologico tra i lavoratori- che culmina con l'abrogazione dell'uso dei mulini nella produzione di lana.

Tuttavia, da quando è stato sancito il primato del Parlamento sulla Corona sotto la spinta delle classi mercantili, divenute politicamente dominanti nel corso del XVIII secolo, che vedono nella manifattura e nel commercio internazionale importanti fonti di guadagno, l'indirizzo politico comincia a mutare in favore dell'innovazione tecnologica nella manifattura tessile e vengono progressivamente adottati provvedimenti nel senso di liberalizzare ed incentivare l'investimento in capitale fisso e in nuovi macchinari.

La caratteristica fondamentale delle tecnologie di produzione del diciannovesimo secolo è che esse sostituiscono le abilità manuali attraverso la **meccanizzazione**, che semplifica i compiti operativi<sup>19</sup> e prende sempre maggior spinta con l'avvento della forza del vapore. Il lavoro artigianale viene scomposto in sequenze più piccole e altamente specializzate che richiedono meno competenze ma più lavoratori per le stesse prestazioni. Questo significa che, sebbene le tecnologie di produzione abbiano reso obsolete le abilità degli artigiani, il progresso tecnologico

---

<sup>19</sup> *Braverman, 1974; Hounshell, 1985; James e Skinner, 1985; Goldin e Katz, 1998*

consente ad un'ampia fascia della popolazione di accedere per la prima volta ad un impiego e di percepire un reddito, con evidenti ripercussioni sul reddito pro-capite e aggregato.

Quindi, un primo impatto della Rivoluzione Industriale è stato quello di allargare significativamente la platea della forza lavoro, consentendo a investitori, consumatori e soprattutto ad operai non qualificati di beneficiare della meccanizzazione<sup>20</sup>. Alcuni autori affermano che i lavoratori non qualificati siano stati i maggiori beneficiari della Prima rivoluzione industriale, determinando per alcuni periodi anche un aumento dei loro salari reali e un miglioramento degli standard di vita della classe operaia<sup>21</sup>. Quindi, l'idea che il progresso tecnologico tenda a favorire i lavoratori più qualificati, è un fenomeno proprio del ventesimo secolo ovvero l'era dei computer<sup>22</sup>.

Quando la fabbrica inizia a soppiantare la bottega artigiana e man mano che la produzione diventa sempre più meccanizzata, ai lavoratori sono affidati compiti diversi come l'assemblaggio delle componenti di prodotti complessi, utilizzando macchine altamente specializzate e metodi di produzione in lotti, riducendo così da una parte la domanda di lavoratori manuali non qualificati e aumentando dall'altra la domanda di lavoratori esperti.

La catena di montaggio ha migliorato notevolmente la produttività del processo di fabbricazione delle automobili. Come riportato in Figura 2, in un periodo di sei anni, il numero di Ford Model T prodotte annualmente per lavoratore è quasi triplicato, da 8 a 21. L'impennata della produttività, unita alle crescenti economie di scala, permise a Ford di ridurre il prezzo della Model T da \$ 950 nel 1909 a \$ 440 nel 1915. Di conseguenza, il numero delle auto vendute è aumentato di 30 volte e l'occupazione è passata da 1.655 a 18.892 unità<sup>23</sup>.

---

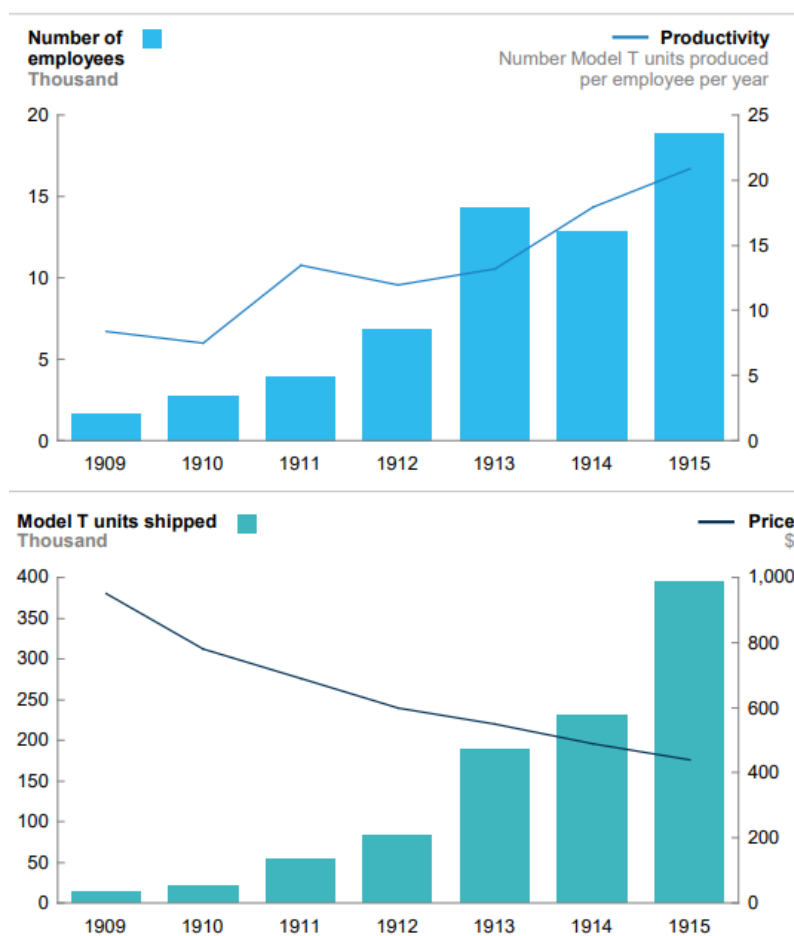
<sup>20</sup> Mokyr, 1990, p. 256 e 258.

<sup>21</sup> Clark, 2008 rileva che i salari reali nel periodo dal 1760 al 1860 sono cresciuti più velocemente del PIL pro capite; Williamson, 1983; Feinstein (1998),

<sup>22</sup> Acemoglu 2002, p. 7

<sup>23</sup> Mc Kinsey Global Institute: *Job Lost, Job Gained: workforce transition in a time of automation*, Page 39 December 2017

Figura 2: Ford Model T - catena di montaggio



Fonte: IPUMS USA, 2017

Si può affermare che le innovazioni tecnologiche del XIX secolo abbiano contribuito a creare una nuova classe di lavoratori, allargando l'offerta di lavoro grazie alla creazione di molte nuove opportunità di impiego. Sebbene gran parte di tale occupazione sia rappresentata dal lavoro operaio, occorre considerare che molti operai abbandonarono un non meno faticoso e spesso peggio retribuito lavoro nei campi, trasferendosi in città o nei distretti industriali. Questo fenomeno ha il merito di aver creato una prima fondamentale segmentazione dell'offerta di lavoro mediante una crescente specializzazione e di aver gettato le premesse per una crescente urbanizzazione.

## 1.2 La tecnologia del XX secolo: l'elettrificazione e la rivoluzione dei trasporti

La vera discontinuità tra Ottocento e Novecento consiste nell'avvio della produzione manifatturiera con più linee di assemblaggio meccanizzate a flusso continuo, la c.d. **catena di montaggio**, introdotta per la prima volta nel sistema produttivo industriale da Ford nel 1913 e progettata per macchinari azionati da lavoratori non qualificati. Quello che in precedenza era

un lavoro individuale si trasforma in un'operazione eseguita da più lavoratori, in modo sincronizzato e riducendo il tempo di lavoro complessivo del 34% <sup>24</sup>.

L'evoluzione della catena di montaggio viaggia di pari passo con il fenomeno dell'**elettrificazione**, che consente una maggiore automatizzazione di molte fasi del processo produttivo e che a sua volta aumenta la domanda di addetti qualificati alla produzione in grado di gestire dei macchinari sempre più complessi. Inoltre, il forte impulso alla produttività dato dall'elettrificazione ha contribuito, oltre a stimolare una crescente domanda di operai qualificati, anche all'aumento della richiesta di impiegati nelle funzioni di amministrazione, controllo e gestione <sup>25</sup>.

La rivoluzione dei trasporti, con l'avvento delle ferrovie e del motore a scoppio e quindi del trasporto su strada, ha abbassato significativamente il costo di spedizione delle merci man mano che le infrastrutture si diffondevano e miglioravano. Mentre il mercato dei prodotti artigianali era confinato nelle immediate vicinanze della manifattura a causa degli elevati costi di trasporto rispetto al valore dei beni prodotti, con la rivoluzione dei trasporti le dimensioni del mercato si sono allargate in misura considerevole, determinando un aumento della concorrenza oltre i confini regionali o nazionali e quindi la ricerca di maggiore produttività attraverso la meccanizzazione. Man mano che gli stabilimenti diventavano più grandi e servivano mercati geograficamente estesi i compiti manageriali aumentavano di numero e complessità, richiedendo più dipendenti direttivi e impiegati <sup>26</sup>. Dal 1960, con l'inizio della seconda ondata di trasformazioni strutturali, l'automazione e il commercio globale fecero esplodere la domanda di servizi, spostando la domanda di lavoro dal settore manifatturiero al terziario. Negli USA, la manifattura è scesa dal 27% al 9% in 55 anni; in Messico, la quota dell'agricoltura dell'occupazione è diminuita dal 52% del 1960 al 13% del 2015; in Giappone l'occupazione agricola è calata da una quota del 31% dell'occupazione totale nel 1960 al 3,5 % nel 2015<sup>27</sup>.

Nonostante questi grandi spostamenti di lavoratori tra diverse occupazioni e settori, complessivamente la quota di occupazione della popolazione ha generalmente continuato a crescere. Nuove industrie e occupazioni sono emerse per assorbire i lavoratori sfollati dalla tecnologia, sebbene come noi discuteremo di seguito, la transizione non è stata sempre agevole.

---

<sup>24</sup> *Bright, 1958*

<sup>25</sup> *Goldin e Katz, 1998*

<sup>26</sup> *Chandler, 1977*

<sup>27</sup> *B. Herrendorf, R. Rogerson and Á. Valentinyi, "Growth and structural transformation," in Handbook of Economic Growth, Philippe Aghion and Steven N. Durlauf, eds., volume 2, Elsevier, 2014*

Si può quindi argomentare che la tecnologia nel corso del XX secolo, imperniata sulla manifattura, sull'industria e sul commercio abbia contribuito ad accrescere il reddito pro-capite dei Paesi occidentali allargando ulteriormente la forza lavoro, accrescendo le competenze professionali di ampi strati della popolazione e creando i presupposti per lo sviluppo di nuove intere filiere di attività.

Si può sostenere che, in questo periodo, la tecnologia abbia contribuito in modo significativo ad aumentare la produttività del lavoro e a sviluppare nuove categorie di lavoro.

### 1.3 La tecnologia del XXI secolo: l'avvento del computer

Nel 1967 la macchina da scrivere portatile Olivetti Studio 45, con valigia di plastica per il trasporto, era uno strumento da lavoro d'eccezione, mentre i computer portatili si vedevano solo nei libri di fantascienza. I microprocessori furono introdotti per la prima volta su larga scala solo negli anni '70, sebbene la tecnologia informatica risalga agli anni '40. I *mainframe* iniziarono ad essere ampiamente utilizzati verso la fine degli anni '50 e '60 grazie all'IBM, la vera esplosione del personal computer ha luogo con il lancio dell'Apple II (Figura 3) nel 1977 e del PC IBM nel 1981.

*Figura 3: Apple II*



*Fonte: web*

Si stima che l'avvento del computer abbia generato nei soli Stati Uniti circa 15,8 milioni di posti di lavoro dal 1970<sup>28</sup> ad oggi. In totale possiamo contare 3,5 milioni di posti di lavoro distrutti nelle industrie della produzione di macchine da scrivere e nei lavori di segreteria,

---

<sup>28</sup> MGI, 2017

contabilità, dattilografia e nell'editing. Tuttavia almeno 19,3 milioni posti di lavoro sono stati invece creati da un'ampia gamma di nuove occupazioni e industrie quali la produzione di hardware, le industrie fornitrici come i semiconduttori, amministratori di sistemi informatici, programmatori, call center del servizio clienti.

Non è stato solo il computer a rivoluzionare il mondo del lavoro e le vite private delle persone, ma anche una serie di innovazioni correlate. Non a caso, gli anni '80 sono stati un decennio decisivo nel mondo della tecnologia. Nel 1987, l'allora 32enne Bill Gates annuncia il lancio del software Excel per Windows, che avrebbe semplificato la creazione di fogli di calcolo e il lavoro contabile, di valutazione e di programmazione. Sono anche gli anni in cui si inizia a parlare di telefonia mobile e GSM. Dieci anni dopo, nel 1997, l'industria dell'hi-tech dà il benvenuto ai CD riscrivibili, che permette agli utenti di scambiarsi grandi quantità di dati, grazie ai 700mb di capienza. In più, il 15 settembre dello stesso anno, viene registrato il dominio web del motore di ricerca google.com.

L'avvento del computer, nel ventesimo secolo, ha determinato notevoli ripercussioni sulla struttura del mercato del lavoro e sull'occupazione, tra cui: l'incremento della produttività e dell'occupazione; l'effetto "sostituzione" macchina-lavoro; la "polarizzazione" che determina lo svuotamento dei lavori a reddito medio. Analizziamo più in dettaglio i singoli effetti:

#### **a. L'Aumento della produttività**

Negli anni '50, per la prima volta, nella storia italiana, la popolazione attiva che lavorava nell'industria e nei servizi superò i lavoratori del settore agricolo, trasformando l'Italia in un paese industrializzato. Nel periodo fra il 1951 e il 1958 il prodotto interno lordo dell'Italia aumentò a un tasso medio annuo di oltre il 5%, nel 1959 sfiorò il 7% e superò l'8% nel 1961. Nel 1964, il reddito nazionale netto era aumentato del 50 per cento. Fra il 1953 e il 1961, la crescita media della produttività fu del 184%, accompagnata da un incremento dei salari del 49 per cento<sup>29</sup>.

La teoria economica classica associa strettamente la crescita economica al cambiamento tecnologico - innovazione<sup>30</sup> in virtù del ruolo fondamentale svolto dall'incremento della produttività.

L'effetto dell'informatizzazione sulle attività manageriali, professionali e tecniche, che attingono tutte da vasti corpi di competenze in continua evoluzione, è quello di ridurre

---

<sup>29</sup> Gentile E., "Fu un miracolo, ma umano", Il Sole 24Ore, 23 ottobre 2011, disponibile a: [https://st.ilsole24ore.com/art/cultura/2011-10-23/miracolo-umano-081547.shtml?uuid=AaAVPGFE&refresh\\_ce=1](https://st.ilsole24ore.com/art/cultura/2011-10-23/miracolo-umano-081547.shtml?uuid=AaAVPGFE&refresh_ce=1)

<sup>30</sup> Solow 1957; Romer 1990; Aghion e Howitt 1992

drasticamente i costi e allo stesso tempo la portata delle informazioni e dell'analisi a loro disposizione. L'informatizzazione consente ai lavoratori che svolgono compiti astratti di specializzarsi ulteriormente nella loro area di vantaggio competitivo, con meno tempo dedicato ad acquisire e a metabolizzare informazioni (ad es. dati medici, di vendita, precedenti legali, dati finanziari, di programmazione, lingue e statistiche economiche) lasciando più tempo alla loro analisi e interpretazione, determinando un forte aumento della produttività <sup>31</sup>.

Informatica e informatizzazione quindi, integrano fortemente l'attività di lavoro astratto e cognitivo che beneficia di una combinazione virtuosa di forte complementarità tra compiti di routine e compiti astratti e allo stesso tempo è agevolata da un'offerta di manodopera anelastica almeno nel breve e medio termine per via dei costi e dei tempi della formazione. Insieme, queste forze implicano che la tecnologia dell'informazione aumenta la produttività e il valore aggiunto delle occupazioni che fanno un uso intensivo di compiti astratti e dei lavoratori che li forniscono intensivamente.

Nel lungo periodo, gli incrementi di produttività non hanno comportato un calo di domanda per questi beni e servizi ma al contrario l'hanno sostenuta facendo sì che crescesse di pari passo con i redditi. Ciò è dimostrato dal fatto che la quota della popolazione con un lavoro ben retribuito è aumentata nel corso del secolo scorso portando anche a notevoli miglioramenti del tenore di vita materiale e di istruzione. Un lavoratore medio statunitense, nel 2015, per raggiungere il livello di reddito di un lavoratore medio del 1915 avrebbe impiegato circa 17 settimane lavorative all'anno. La ragione principale di questo fenomeno, come spiegato da Autor<sup>32</sup>, sta nel fatto che la maggior parte dei processi di lavoro si basa su un insieme sfaccettato di input: lavoro e capitale; cervello e muscoli; creatività e ripetizione meccanica; padronanza tecnica e giudizio intuitivo; sudore e ispirazione; rispetto delle regole e oculata applicazione delle stesse. In genere, questi input giocano ciascuno un ruolo essenziale, con la conseguenza che i miglioramenti nella qualità o nell'output di alcuni di questi non risolve la necessità di continuare ad impiegare gli altri.

Quindi, il miglioramento della produttività in un set di compiti, inevitabilmente accresce anche il valore economico dei restanti compiti. Questo è il motivo per cui l'automazione non ha cancellato intere categorie di lavoratori ma, anzi, ha contribuito a crearne di nuove oppure ha

---

<sup>31</sup> *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, Journal of Economic Perspectives, 2015, p. 6-8*

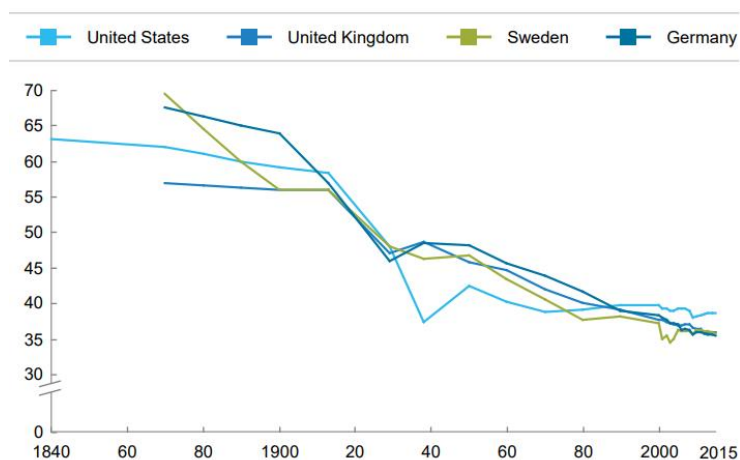
<sup>32</sup> *D. Autor., Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, Journal of Economic Perspectives, 2015*

consentito ad alcune categorie di lavoratori di migliorare e accrescere la propria posizione sulla scala sociale<sup>33</sup>.

Alcuni studiosi hanno tuttavia osservato un recente rallentamento della produttività anche all'interno delle industrie che investono intensamente nell'innovazione tecnologica<sup>34</sup> ed altri come Gordon (2016, 2018) sostengono che il rallentamento della produttività sia permanente e che le innovazioni attuali, comprese le rivoluzioni del digitale e persino l'IA, siano sostenute da aspettative troppo ottimistiche o comunque meno dirompenti di quelle che hanno generato la spettacolare crescita della produttività osservata negli USA tra gli anni '20 e '70, come il computer.

Un effetto collaterale dell'aumento della produttività del lavoro è rappresentato da un progressivo calo delle ore medie lavorate per settimana<sup>35</sup> queste sono infatti diminuite drasticamente dalla metà del 1800 ad oggi, in Germania dal 1960 sono diminuite del 26%, in Italia dell'8% e del 7% in Francia, come riportato in Figura 4 e Figura 5<sup>36</sup>. Le differenze tra paesi riflettono differenti politiche del lavoro e istituzioni sociali.

Figura 4: Ore medie di lavoro settimanali (1840 – 2015)



Fonte: McKinsey Global Institute, 2017

<sup>33</sup> *The impact of artificial intelligence on labor productivity*, G.Damioli, V.Van Roy,D.Vertesy Eurasian Business Review 2021

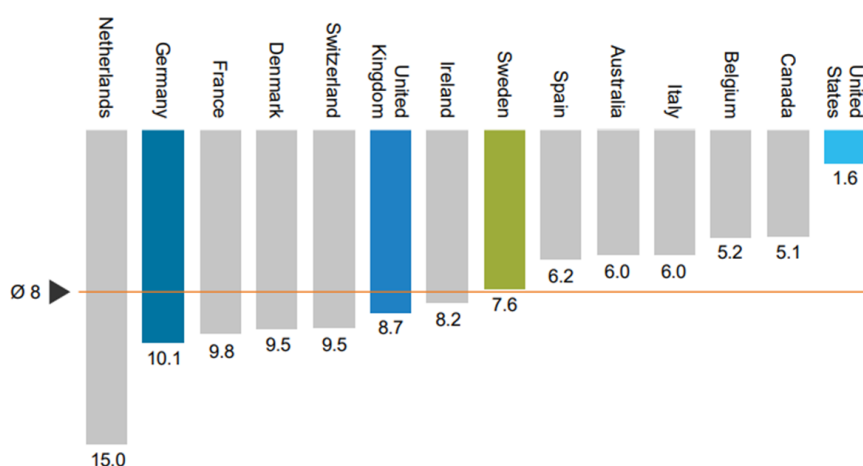
<sup>34</sup> "Il paradosso della produttività", Brynjolfsson 1993

<sup>35</sup> M. Huberman e C.Minns, "I tempi non stanno cambiando: giorni e ore di lavoro nel Vecchio e nel nuovo Mondo, 1870-2000", *Esplorazioni in Storia economica*, 2007; ILO; US Bureau of Labor Statistics; *Indagine sulle forze di lavoro dell'ONS*

<sup>36</sup> Mc Kinsey Global Institute, "JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION", 2017



Figura 5: Diminuzione ore medie di lavoro settimanali (1960 – 2015)



Fonte: McKinsey Global Institute, 2017

### b. L'Effetto di Sostituzione

Quelle combinazioni virtuose e quelle sinergie che tanto hanno contribuito ad aumentare la produttività dei lavoratori altamente qualificati non hanno avuto luogo nelle attività che richiedono compiti prevalentemente manuali come quelle di bidello, addetto alle pulizie, autisti, guardie di sicurezza, assistenti di volo, addetti alla ristorazione e assistenti sanitari a domicilio. La maggior parte di queste occupazioni manuali dipendono solo in minima parte dalle informazioni o dall'elaborazione dei dati e implicano solo limitate opportunità di complementarità diretta o di sostituzione. Ciò ha comportato che, a causa della forte discesa del costo del capitale e quindi anche del costo dell'Information Technology (IT), i computer e i robot sempre più sostituiscono i lavoratori nello svolgimento di compiti espliciti e codificabili come "compiti di routine", che sono maggiormente soggetti al rischio di automatizzazione.

I compiti di routine sono caratteristici di molte attività cognitive e manuali di medio livello. Ad esempio: i calcoli matematici coinvolti nella semplice contabilità; il recupero, lo smistamento e archiviazione di informazioni strutturate tipiche del lavoro d'ufficio; la precisa esecuzione di un'operazione fisica ripetitiva. Poiché i compiti principali di queste occupazioni seguono note procedure, questi possono essere sempre più facilmente codificati dai software informatici e essere eseguiti dalle macchine, determinando un sostanziale calo dell'occupazione nel settore impiegatizio, amministrativo, di produzione ed operativo.

È necessario sottolineare che questo effetto di sostituzione che ha investito gran parte delle attività routinarie e manuali, come argomentato da Autor<sup>37</sup>, è mitigato da alcuni fattori quali la

<sup>37</sup> Autor, Levy, and Murnane (2003)

complementarità, l'elasticità della domanda e dell'offerta di lavoro. Anche tra le attività manuali esistono dei compiti “non routinari” che le persone comprendono tacitamente e svolgono senza sforzo ma per i quali i programmatori non possono enunciare le esplicite “regole” o procedure poiché richiedono flessibilità, giudizio e senso comune. Parimenti, la relativa elasticità della domanda e dell'offerta di lavoro per alcune categorie di lavoratori e in alcuni specifici contesti locali, possono rappresentare un freno a quel fenomeno apparentemente inarrestabile di sostituzione uomo-macchina.

### c. La Polarizzazione

Teorie recenti, come quella del cambiamento tecnologico orientato all'abilità<sup>38</sup>, postulano che l'innovazione tecnologica abbia determinato una secolare biforcazione della struttura occupazionale tra occupazioni ad “alta istruzione” ed “alta retribuzione” (arti & professioni manageriali e tecniche) da un lato e quelle tipicamente ad “alta intensità di mano d'opera, senza credenziali e bassa retribuzione” dall'altro<sup>39</sup>.

Infatti, come osservato da Autor<sup>40</sup> le quattro professioni di medio livello: vendite; amministrazione e back office; produzione e di linea (*operations*) che rappresentavano nel 1979 circa il 60 % dell'occupazione USA, nel 2007 scendono al 49% e al 46% nel 2012. Autor raggruppa le categorie occupazionali in tre ampi gruppi: 1) attività manuali e occupazioni di servizio (competenza “bassa”); 2) produzione, ufficio e occupazioni di vendita (competenza “media”); 3) professionale, tecnico e manageriale (abilità “alta”), dimostrando che a partire dal 1970 l'occupazione, che negli Stati Uniti era approssimativamente equamente suddivisa tra queste tre categorie (31,4 % delle ore totali lavorate si collocano nella fascia bassa; il 38,4 % nella fascia media e il 30,2 % per cento in quella ad alta qualifica), nei successivi quattro decenni e mezzo si ha subito un forte ridimensionamento nella fascia media passando dal 38,4% al 23,3% del totale delle ore lavorate. Questa tendenza è stata compensata da un aumento dell'occupazione nelle professioni maggiormente qualificate, cresciute dal 30,2% al 46,2% delle ore lavorate (Figura 6).

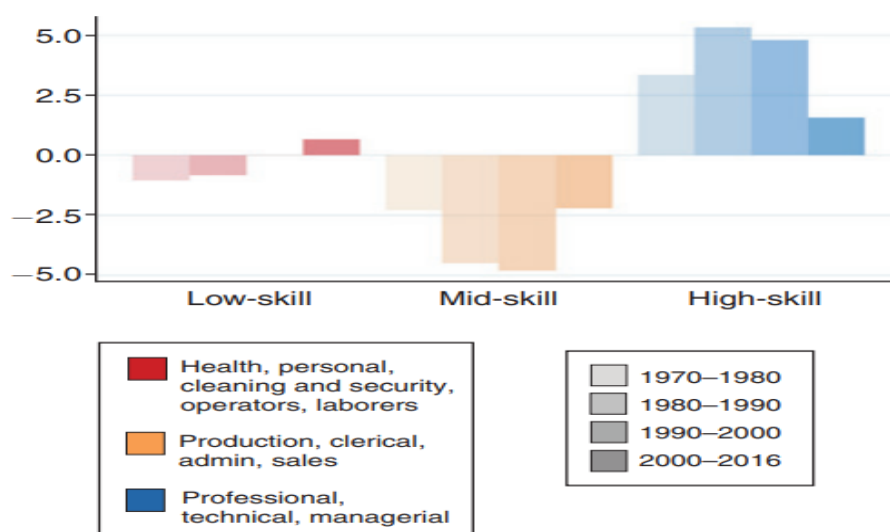
---

<sup>38</sup> Autor e Dorn, 2013

<sup>39</sup> Autor, Katz e Kearney 2006; Goos e Manning 2007; Goos, Manning, e Salomon 2014; Autor 2015; Acemoglu e Restrepo 2017; Aladulkareem et al. 2018

<sup>40</sup> D. Autor: *Work of the Past, Work of the Future*, AEA Papers and Proceedings, 2019

Figura 6: Variazione delle quote di occupazione tra gli adulti in età lavorativa (1970 – 2016)



Fonte: Autor, 2019

Altri autori osservano un simile effetto “a clessidra” anche nella distribuzione del reddito. Ad esempio negli USA la quota di adulti con reddito medio è diminuita dal 61% del 1971 al 50% del 2015. Mentre circa un terzo di questi è passato a un reddito inferiore, due terzi di questo spostamento è avvenuto verso le famiglie a reddito medio-alto e alto<sup>41</sup>.

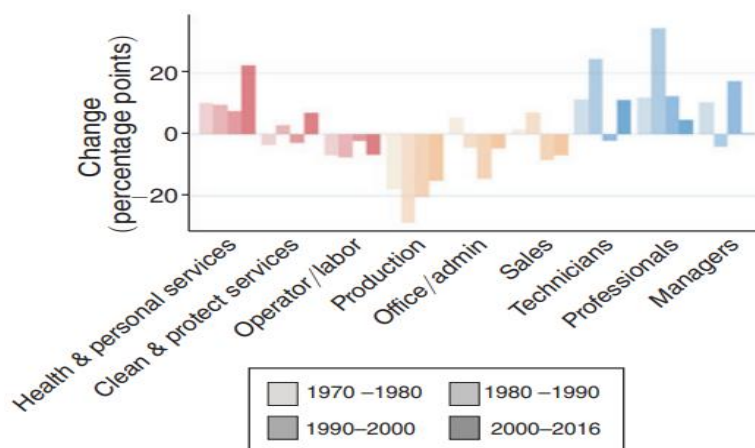
Questo fenomeno è dovuto a diversi fattori: la perdita di molti posti di lavoro nel settore industriale è dovuto principalmente da innovazione tecnologica e processi di de-industrializzazione; inoltre, il processo di terziarizzazione del mercato del lavoro, che la crisi ha per certi versi accelerato, ha comportato uno spostamento della domanda dal settore industriale a quello dei servizi, con evidenti ripercussioni sulla composizione della domanda di lavoro.

In altre parole, le ragioni di questo “svuotamento” delle professioni c.d. di medio livello possono essere spiegate, in primo luogo, dall’evoluzione progressiva dell’economia statunitense che da manifatturiera va verso un’economia di servizi ad alto valore aggiunto in cui la tecnologia rappresenta un peso sempre più determinante, basti pensare alle biotecnologie, al software, al settore aerospaziale, solo per citarne alcuni. Non è un caso, quindi, che gran parte delle occupazioni di medio livello fossero concentrate nei settori c.d. della “old economy” e

<sup>41</sup> Goos, et al., 2009

prevalentemente nella manifattura, registrando un calo occupazionale a doppia cifra percentuale in ciascuna decade dal 1970, come in Figura 7.<sup>42</sup>

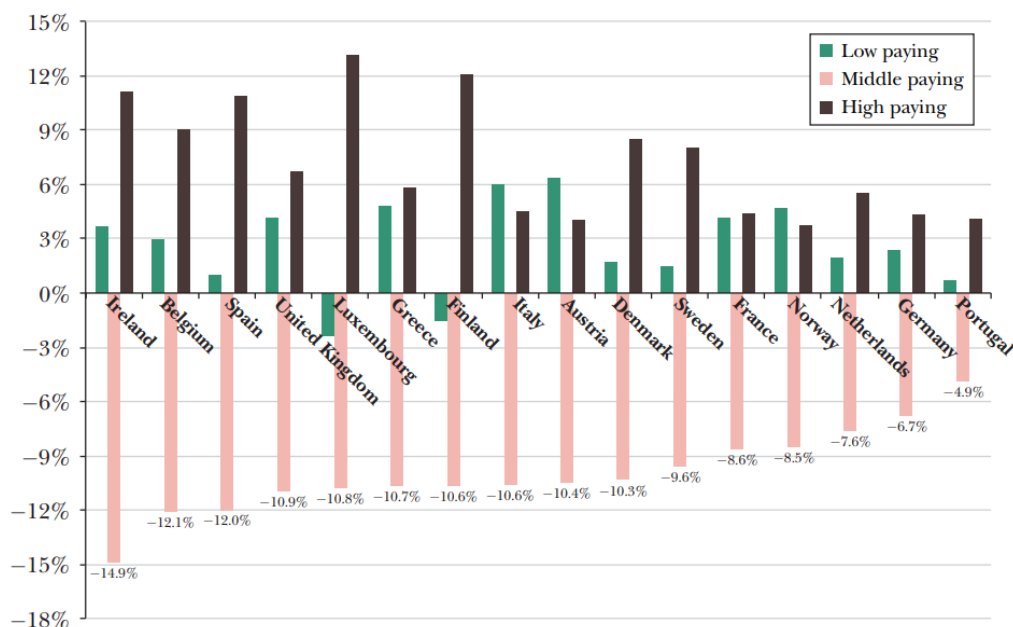
Figura 7: Variazioni % nelle quote occupazionali tra gli adulti in età lavorativa



Fonte: Autor, 2019

Le stesse dinamiche sono state riscontrate da autorevoli studiosi<sup>43</sup> in altri Paesi industrializzati come la Germania, UK e la Francia, dove lo stesso fenomeno di polarizzazione tra occupazioni ad alto e basso reddito si è manifestato in modo evidente, come mostrato in Figura 8.

Figura 8: Variazione delle quote occupazionali per fasce di salario – 16 EU – 1993-2010



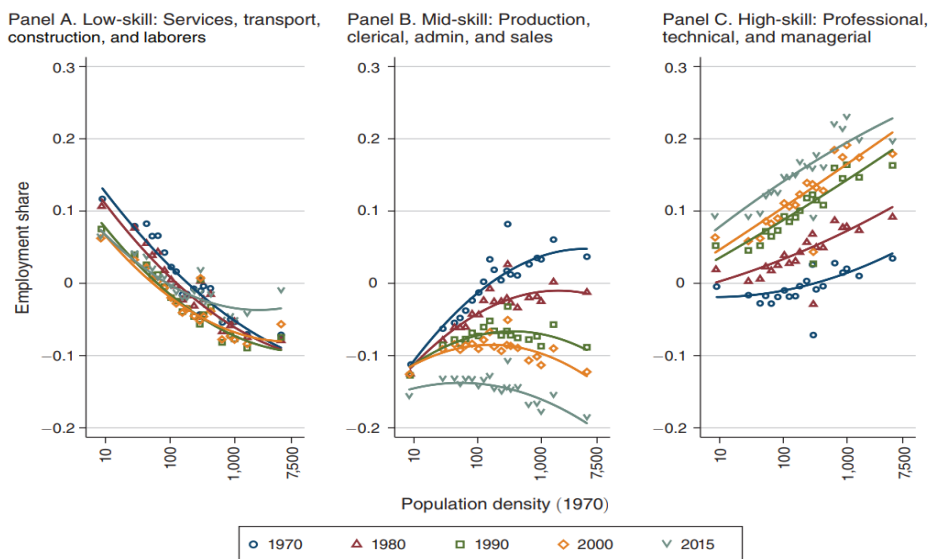
Fonte: Goos, Manning, Salomons, 2014

<sup>42</sup> Come era già avvenuto con il passaggio dall'economia agricola a quella industriale a cavallo del XX secolo, significativi flussi di manodopera non qualificata proveniente dal mondo dell'agricoltura continuavano a sostenere occupazioni a basso livello di istruzione ed alta manualità nel settore manifatturiero.

<sup>43</sup> Dustmann, Ludsteck e Schönberg 2009; Acemoglu e Autor 2011; Blundell et al. 2018

Sempre Autor dimostra come nel periodo tra il 1979 e il 1993 in USA vi sia stata una netta correlazione tra l'impiego di lavoratori con istruzione superiore (universitaria o parauniversitaria) ed i settori che hanno sperimentato il massimo aumento dell'uso del computer come ad esempio i servizi sanitari, le telecomunicazioni, i servizi finanziari e l'istruzione superiore<sup>44</sup>. Questa associazione tra l'aumento della percentuale di lavoratori nei settori ad alta intensità tecnologica ed il livello di istruzione implica che l'utilizzo dei PC richieda un sempre maggiore livello di competenze e quindi sia la causa primaria dell'aumento dell'occupazione in determinate categorie professionali<sup>45</sup>. Tra gli altri fattori che contribuiscono alla polarizzazione del mercato del lavoro figura anche quello che Autor denomina “**geografia della polarizzazione**”<sup>46</sup>, ossia lo sviluppo tumultuoso dell'urbanizzazione che determina la concentrazione delle occupazioni a più alto reddito e a maggiore professionalità nelle aree urbane a detrimento delle aree extra-urbane. Questo fenomeno è sostenuto da due forze secolari: i) il declino della manifattura (ii) la proliferazione dell'informatica per ufficio. Come Autor dimostra<sup>47</sup>, la quota di impiego delle professioni a più alta qualifica crescono al crescere della densità di popolazione, ovvero sono concentrate nelle aree urbane. Il fenomeno contrario è riscontrato per le occupazioni a più bassa qualifica, mentre per il personale amministrativo e impiegatizio la traiettoria varia a seconda dell'intervallo temporale (Figura 9).

Figura 9: Occupazione professionale in base alla densità della popolazione (1970 – 2015)



Fonte: Autor, 2019

<sup>44</sup> *Computing inequality: have computers changed the labor market?* D. Autor, L.F. Katz, A.B. Krueger, *Quarterly Journal of Economics*, 1998

<sup>45</sup> *MGI: Skill shift, automation and the future of workforce*, Mc Kinsey 2018

<sup>46</sup> *Work of the Past, Work of the Future* by D. Autor, R.T. Ely Lecture 2019

<sup>47</sup> D. Autor, 2019 vedi sopra

La crescente urbanizzazione determina anche un altro fenomeno, il c.d. “premio di salario urbano” ovvero il maggior reddito che i lavoratori dei grandi centri urbani percepiscono rispetto a quelli che lavorano in zone sub urbane o rurali <sup>48</sup>.

Altro elemento da considerare è la struttura demografica; la crescita dell'uso del computer ad esempio in USA, non è stata uniforme: le donne, i lavoratori altamente qualificati, i bianchi, i lavoratori a tempo pieno utilizzano maggiormente il computer rispetto ad altre categorie professionali ed è anche evidente che abbiano registrato i maggiori aumenti dei salari rispetto ad altre categorie<sup>49</sup>.

Occorre sottolineare che il fenomeno di polarizzazione dell'occupazione, misurata in quantità di occupati o in quantità di ore lavorate non è stato accompagnato anche da una polarizzazione dei salari. Infatti, mentre il livello delle retribuzioni per le attività ad “alte competenze”<sup>50</sup> e ad alto contenuto cognitivo-intellettuale è cresciuto, quelle ad alta intensità manuale ovvero a minore valore aggiunto e di supporto, quali bidelli e addetti alle pulizie, conducenti di veicoli, guardie di sicurezza, assistenti di volo, addetti alla ristorazione e assistenti sanitari a domicilio, non hanno sperimentato aumenti retributivi reali <sup>51</sup> poiché la domanda è relativamente anelastica e la maggiore produttività ha contribuito prevalentemente a mitigarne l'aumento salariale.

Questo fatto della disparità salariale e della continua caduta dei salari reali dei lavoratori meno istruiti rappresenta uno dei paradossi che ha accompagnato l'aumento della disuguaglianza salariale negli ultimi quattro decenni nelle economie industrializzate e che affronteremo anche nei capitoli successivi.

L'evidenza sull'aumento della disuguaglianza di reddito ha innescato la ricerca di nuovi modelli economici che potessero spiegare queste osservazioni. Un recente modello di occupazione basato sui compiti<sup>52</sup> fornisce una migliore spiegazione del fatto che l'effetto principale dell'automazione è di sostituire i lavoratori con le macchine quando queste ultime sono più produttive in un compito specifico. Questo effetto di spostamento riduce inevitabilmente la quota salariale del valore aggiunto per tale compito e aumenta la quota del capitale o dei profitti. Tuttavia, l'innovazione tecnologica, può anche portare alla creazione di nuovi compiti per i lavoratori che non esistevano in precedenza e non possono essere svolti dalle macchine. Questo

---

<sup>48</sup> D. Autor, *vedi sopra*

<sup>49</sup> *Computing inequality, v. sopra*

<sup>50</sup> *Autor, v. sopra*

<sup>51</sup> *Bresnahan 1997*

<sup>52</sup> *Acemoglu e Restrepo, 2016, 2017, 2018a, 2018b*

effetto di “reintegrazione” contribuisce all’aumento dell’occupazione. La combinazione dell’effetto di spostamento e reintegrazione rialloca i compiti tra lavoratori e macchine, cui si sovrappongono gli effetti tradizionali del modello di sostituzione. La differenza cruciale con l’effetto di sostituzione tradizionale è che quest’ultimo cambia la domanda di lavoro ma senza una riallocazione di questi fattori di produzione a compiti specifici. Recenti evidenze empiriche<sup>53</sup> basate su dati USA dimostrano che la quota dei salari nel PIL è in forte calo nel settore manifatturiero ma non nei servizi e questo fenomeno è spiegabile non solo dall’effetto della produttività dei fattori ma anche da un cambiamento nelle mansioni e nell’offerta di lavoro tra i settori.

La previsione di autorevoli studiosi<sup>54</sup> è che la polarizzazione dell’occupazione non continuerà indefinitamente. Mentre alcune delle attività in lavori di media competenza sono suscettibili di sostituzione a causa dell’automazione, molti lavori di media competenza continueranno a richiedere una combinazione di compiti variegati. Ad esempio, le professioni di supporto medico - tecnici di radiologia e tecnici infermieristici - sono una categoria di lavoro relativamente ben retribuito e di media qualificazione. La maggior parte di queste occupazioni richiede la padronanza della matematica, delle scienze biologiche e in genere richiede almeno due anni di formazione professionale postsecondaria e, in alcuni casi, un diploma universitario di quattro anni o più. Questa ampia descrizione si adatta anche a numerose professioni tecniche e commerciali tra cui idraulici, elettricisti, installatori di impianti di riscaldamento e climatizzazione, tutti lavori che non scompariranno.

#### 1.4 L’economia digitale e l’impiego dell’Intelligenza Artificiale (IA): la quarta rivoluzione industriale

L’economia digitale è un’economia basata sulla massiccia adozione della tecnologia digitale per elaborare, condividere e trasferire informazioni. Essa si basa sull’evoluzione di molteplici tecnologie quali: reti di telecomunicazioni, tecnologie informatiche, ingegneria del software e le ricadute derivanti dal loro impiego. I risultati di alcune ricerche hanno mostrato una relazione positiva tra l’indice di trasformazione digitale, sviluppo economico, produttività del lavoro ed occupazione non solo nei paesi sviluppati ma anche in quelli in via di sviluppo<sup>55</sup>.

---

<sup>53</sup> Acemoglu e Restrepo, 2018

<sup>54</sup> Autor, v. sopra

<sup>55</sup> *Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing?*, H. Aly, 2020

La relazione tra automazione o trasformazione digitale e crescita economica è di notevole importanza perché la convergenza digitale incide positivamente sulla crescita e lo sviluppo. Un maggiore accesso alle informazioni e opportunità di cooperazione tecnologica contribuisce a creare posti di lavoro, opportunità, trasferimento di competenze, maggiore efficienza e trasparenza in politica e affari <sup>56</sup>.

Il settore ICT è visto da molti studiosi come uno dei principali contributori alla crescita della produzione tanto che alcuni studiosi affermano che un aumento del 10% nella digitalizzazione di un paese promuove una crescita dello 0,75% del PIL pro capite <sup>57</sup>.

Anche se i compiti che i computer sono in grado di svolgere dipendono in ultima analisi dalla capacità di un programmatore di scrivere un insieme di procedure o regole che consentono alla tecnologia di essere gestita adeguatamente, la tendenza è certa: i computer sfidano sempre più il lavoro umano in un'ampia gamma di compiti cognitivi<sup>58</sup> che sono sempre più affidati a forme di Intelligenza Artificiale (IA), intesa come “quell'insieme di molteplici tecnologie che consentono alle macchine di rilevare, comprendere, agire e imparare da soli o per aumentare le attività umane”<sup>59</sup>.

Lo sviluppo tumultuoso dell'IA ed in particolare del Machine Learning (ML), è il risultato di tre sviluppi paralleli. In primo luogo, lo sviluppo di giochi per computer sempre più realistici che richiedono processori grafici molto potenti. In secondo luogo, enormi quantità di dati sono diventate disponibili quando i computer e i loro utenti sono stati collegati in rete. La digitalizzazione di immagini e video fa prosperare il ML. Terzo, ci sono stati nuovi progressi negli algoritmi di ML, facilitata da librerie software “*open source*” che hanno reso disponibili la creazione, la condivisione e il test di algoritmi di ML. Tra le branche di AI che si stanno sviluppando più velocemente figurano: il Deep Learning (DL) ovvero il riconoscimento degli oggetti da parte delle macchine, che sta aprendo notevoli sviluppi in altre aree come ad esempio l'elaborazione di audio e video, il parlato e il linguaggio naturale. Al DL si aggiunge il Reinforcement Learning (RL) ovvero un altro insieme di algoritmi che si concentrano sul processo decisionale sequenziale guidato dall'esperienza, fanno in modo che gli agenti software agiscano per massimizzare una nozione di ricompensa cumulativa. Il RL combinato con il DL

---

<sup>56</sup> Finger, 2007

<sup>57</sup> Sabbagh, K., F., R.O.M.A.N., El-Darwiche, B.A.H.J.A.T., Singh, M.I.L.I.N.D. and Koster, A.L.E.X. (2013), “Digitization for economic growth and job creation: regional and industry perspective”, *The global information technology report, 2013*

<sup>58</sup> Brynjolfsson e McAfee, 2011

<sup>59</sup> Accenture Research Institute, 2008



è la base di molti recenti successi in alcuni giochi di ruolo ed ha determinato numerose applicazioni in settori come la guida autonoma di veicoli aerei senza pilota e la difesa.

La combinazione di molteplici componenti dell'IA, tra cui l'elaborazione del linguaggio naturale, la sintesi vocale e la traduzione vocale, hanno rivoluzionato l'interazione che abbiamo con i computer, come succede con gli assistenti ora disponibili sulla maggior parte delle piattaforme di telefonia mobile, come Siri di Apple. Negli ultimi anni i progressi della robotica hanno consentito all'IA di essere incorporata in robot con sembianze umane (umanoidi), aumentando il potenziale per gli agenti robotici socialmente intelligenti di trasformarsi in colleghi, compagni o veicoli a guida autonoma. Le ragioni di questa *escalation* dell'IA nella sfera dei c.d. compiti cognitivi fa perno su due vantaggi comparativi del PC rispetto all'attività umana: a) la scalabilità; b) l'assenza di pregiudizi<sup>60</sup>.

La scalabilità significa che i computer sono in grado di gestire calcoli di grandi dimensioni che presuppongono la memorizzazione e l'accesso a grandi database ("*big data*"). Per questa ragione algoritmi di *Machine Learning*<sup>61</sup> stanno rapidamente entrando in domini nuovi, legati all'impiego di modelli di big data.

L'assenza di pregiudizi significa che un algoritmo è progettato per soddisfare la gamma di compiti che gli vengono assegnati, senza "vincoli aggiuntivi" che invece spesso condizionano l'agire umano e che prendono il nome di pregiudizi. Il rilevamento delle frodi è un compito che ad esempio richiede sia un processo decisionale imparziale che la capacità di rilevare le tendenze nei big data. In quanto tale, questo compito ora è quasi completamente automatizzato.

Il progresso tecnologico sta contribuendo alla forte diminuzione dei costi della robotica. Negli ultimi decenni i prezzi dei robot sono diminuiti di circa il 10% l'anno e dovrebbero diminuire a un ritmo ancora più rapido nel prossimo futuro<sup>62</sup>. Nei robot industriali il calo dei prezzi consentirà di metterli a disposizione di un maggior numero di potenziali utenti. Anche se resta da vedere l'entità di questi sviluppi, alcune stime suggeriscono che algoritmi sofisticati potrebbero sostituire circa 140 milioni di lavoratori in tutto il mondo.

---

<sup>60</sup> *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?* C.B. Frey, M.A. Osborne, 2013

<sup>61</sup> *L'apprendimento automatico (Machine Learning), descritto anche come un "metodo di invenzione", si basa sulla cosiddetta "verità di base" ovvero un vasto insieme di oggetti etichettati che un algoritmo di apprendimento automatico impiega per automatizzare i compiti cognitivi. Ciò richiede grandi database, potenza di elaborazione e software sofisticato. Il Machine Learning (ML) include le attività di Data Mining, Machine Vision, Statistica Computazionale e altri sottocampi dell'Intelligenza Artificiale (AI) come Mobile Robotics (MR).*

<sup>62</sup> MGI, 2013

L'effetto distruttivo dell'intelligenza artificiale sull'occupazione tende ad assumere molte forme che possono essere viste come diverse fasi di un'evoluzione: i cambiamenti nel modo di lavorare, ovvero cambiamenti negli strumenti utilizzati durante il processo di lavoro; l'impatto negativo sulla domanda di lavoro dovuto alla sostituzione dell'IA alle decisioni umane; i cambiamenti nel personale di gestione e nel processo decisionale per migliorare l'efficienza gestionale; le nuove tecnologie che creano nuovi posti di lavoro e aumentano il reddito dei residenti e il tenore di vita a seguito della riduzione del costo di produzione; la produttività del lavoro e la promozione dello sviluppo economico e progresso sociale<sup>63</sup>.

Alcuni studiosi<sup>64</sup> hanno elaborato modelli statistici per prevedere l'impatto dell'IA sulla domanda aggregata di lavoro. Sulla scia del pensiero di Autor, essi prevedono che il forte impatto di sostituzione avverrà nelle attività di routine, aumentando al contempo la domanda di manodopera che svolge mansioni non suscettibili all'informatizzazione. Riguardo l'impatto atteso sull'occupazione, essi distinguono tra occupazioni ad alto, medio e basso rischio, a seconda delle probabilità di informatizzazione. Il 47% dell'occupazione totale negli Stati Uniti è potenzialmente automatizzabile entro il prossimo decennio. Va notato che l'asse delle probabilità può essere visto come una linea temporale approssimativa, ciò significa che le occupazioni ad alta probabilità verranno sostituite da capitale informatico in tempi relativamente brevi. Si può ipotizzare una prima ondata di disoccupazione tecnologica che coinvolgerebbe i lavoratori dei settori dei trasporti e della logistica insieme alla maggior parte degli impiegati di supporto amministrativo e nelle occupazioni di produzione. Poiché le auto computerizzate sono già in fase di sviluppo, l'automazione delle occupazioni di trasporto e logistica è già in atto. Inoltre, gli algoritmi per i big data stanno già entrando rapidamente negli ambiti della memorizzazione e dell'accesso alle informazioni, rendendo altrettanto intuitivo che le occupazioni di supporto amministrativo saranno soggette a informatizzazione<sup>65</sup>, come rappresentato in Figura 10.

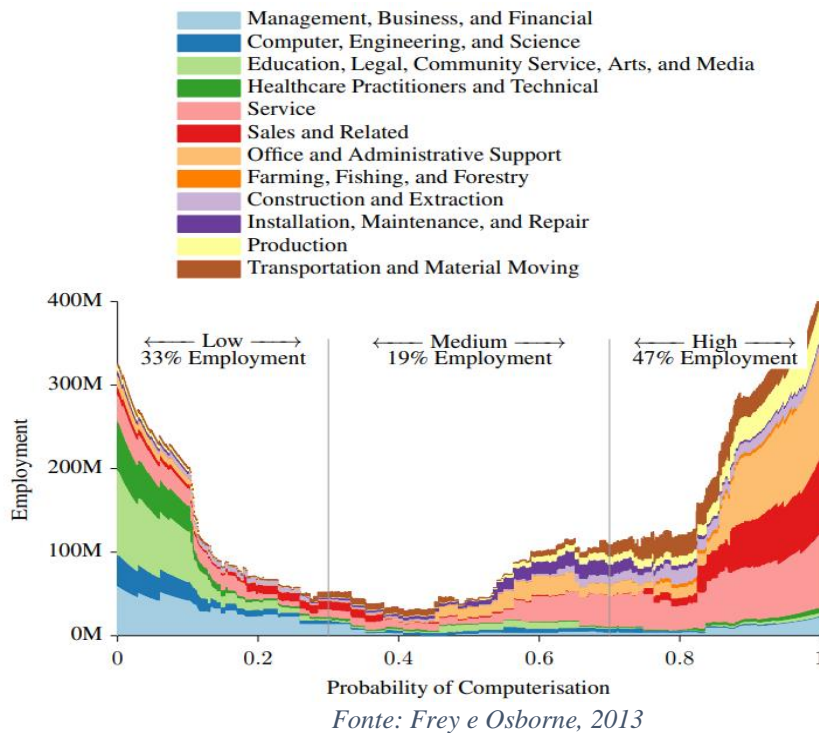
---

<sup>63</sup> *Ping e Ying, 2018*

<sup>64</sup> *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? C. B. Frey, M.A. Osborne, 2013*

<sup>65</sup> *C. B. Frey, M.A. Osborne, 2013, v. sopra*

Figura 10: Lavori amministrativi e informatizzazione



Alcune professioni di vendita come ad esempio: cassieri, addetti allo sportello e addetti all'affitto e venditori di telemarketing saranno soggette a un'ondata di informatizzazione; sebbene queste occupazioni implicino attività interattive, esse non richiedono necessariamente un alto grado di intelligenza sociale. Secondo queste stime, tuttavia, la prima ondata di automazione sarà seguita da un successivo rallentamento a causa delle persistenti strozzature ingegneristiche che ostacolano l'informatizzazione.

La seconda ondata di informatizzazione sarà legata alla capacità da parte dell'IA di superare quei colli di bottiglia ingegneristici legati all'intelligenza creativa e sociale. Le occupazioni generaliste che richiedono la conoscenza dell'euristica e le occupazioni specialistiche implicano lo sviluppo di idee e manufatti nuovi, sono quelle meno suscettibili all'informatizzazione. Come esempio di lavoro generalista che richiede un alto grado di intelligenza sociale figurano gli amministratori delegati, che implicano "conferenti con membri del consiglio, funzionari dell'organizzazione o membri del personale per discutere problemi, coordinare attività o risolvere problemi" e "negoziare o approvare contratti o accordi"<sup>66</sup>.

Lo stesso vale per la maggior parte delle occupazioni nel campo dell'istruzione, assistenza sanitaria, nonché lavori artistici e mediatici, come quelli degli attori che, per esempio, implicano

<sup>66</sup> C.B. Frey, M. Osborne, 2013

“l'esecuzione di interpretazioni umoristiche e serie di emozioni, azioni e situazioni, usando i movimenti del corpo, le espressioni facciali e gesti per interpretazioni di ruolo”. La scarsa suscettibilità delle professioni all'informatizzazione, d'altro canto, è in gran parte dovuta all'alto grado di intelligenza creativa di cui hanno bisogno. E' fortemente probabile che alcune occupazioni non possano essere totalmente rimpiazzate da robot o macchine prive delle capacità umane di flessibilità, giudizio e buon senso.

Rispetto all'effetto di polarizzazione elaborato da Autor è quindi plausibile ipotizzare che l'IA anziché ridurre la domanda di occupazione a reddito medio, che è stato il modello negli ultimi decenni, possa sostituire prevalentemente le mansioni ripetitive a basso salario nel prossimo futuro. Al contrario, le occupazioni con competenze elevate e salari elevati sono le meno suscettibili all'effetto di sostituzione del capitale informatico.

Anche se la trasformazione digitale potrebbe rendere obsoleti alcuni lavori, essa ha il potenziale per crearne di nuovi e consentire l'evoluzione e lo sviluppo di intere categorie professionali. Nonostante la crescente preoccupazione circa la crescente minaccia dell'automazione per i nuovi posti di lavoro, la storia suggerirebbe che tali timori siano infondati. Infatti, nel tempo il mercato del lavoro si adegua ai cambiamenti della domanda di lavoro dovuta alle discontinuità tecnologiche, anche se a volte con una riduzione dei salari reali. Studi recenti assumono che un 8-9% della domanda di lavoro nel 2030 sarà rappresentata da nuove occupazioni che non esistevano prima.

Con l'aumento del tempo libero, ad esempio, le persone spendono denaro in hobby, intrattenimento e altri servizi alla persona, dando vita a intere nuove industrie che a loro volta creano posti di lavoro. Sci, golf, turismo, artigianato e progetti per la casa fai-da-te sono solo alcuni dei settori nati dalla nuova economia del tempo libero. Il numero di posti di lavoro coinvolti è significativo: a livello globale, ben 292 milioni di persone sono occupate direttamente o indirettamente dal turismo, uno su dieci posti di lavoro nel mondo<sup>67</sup>.

L'automazione rappresenta sia una speranza che una sfida. L'economia globale e in particolare quella delle economie più sviluppate ha bisogno di una spinta in termini di produttività e crescita tale da compensare l'invecchiamento della popolazione. Le macchine possono svolgere lavori di routine o pericolosi che possono consentire a tutti noi di utilizzare più pienamente il nostro talento. Ma, per catturare questi vantaggi, le società dovranno prepararsi per la complessa transizione della forza lavoro. Per i governi e i leader aziendali il compito è quello di prepararsi

---

<sup>67</sup> McKinsey Global Institute, “JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION”, 2017

ad un futuro più automatizzato enfatizzando le nuove competenze, aumentando la formazione, e garantendo una solida crescita economica.

## 2 Il mercato del lavoro in Europa

### 2.1 Premessa

Attualmente, la competizione globale sull'IA è in gran parte tra gli Stati Uniti e la Cina. Per l'UE, non è tanto una questione di vincere o perdere ma di preservare la competitività di alcuni settori industriali strategici come automotive, robotica, semiconduttori, difesa, aerospazio. Certamente i paesi dell'UE saranno più forti in questa competizione se perseguiranno politiche coese e comuni anziché agire individualmente. I grandi set di dati sono un input necessario negli algoritmi di Machine Learning (ML). L'accesso ai dati è quindi fondamentale per poter sviluppare l'IA. Gli interventi normativi dell'UE nei mercati dei dati sono tra due fuochi: a) offrire più diritti esclusivi come incentivo per i produttori e i detentori delle informazioni a investire di più nella raccolta e nell'analisi dei dati; b) rendere i dati più ampiamente disponibili e accessibili per facilitare l'estrazione di nuove informazioni, anche con IA/ML. Quando i dati e le tecnologie di analisi dei dati diventano più economici e più ampiamente disponibili, la necessità di protezione come incentivo per gli investitori può diminuire a favore di un maggiore accesso ai dati per stimolare l'innovazione. Trovare un nuovo equilibrio tra questi due poli opposti richiede un serio dibattito sociale e politico.

Sono allo studio numerosi programmi nazionali e attività di coordinamento tra gli Stati membri e la Commissione europea in materia di IA. L'obiettivo è garantire l'accesso alle attività online per privati e aziende in condizioni di libera concorrenza, la protezione dei consumatori e dei dati, eliminando i problemi di geo-blocking e copyright. Nell'aprile 2018 gli Stati membri dell'UE hanno firmato un accordo in cui hanno deciso di collaborare sulle questioni più importanti sollevate dall'IA, come ad esempio garantire la competitività dell'Europa nella ricerca e nella diffusione dell'IA, affrontando anche le ripercussioni sociali, economiche, etiche e legali.

La Commissione Europea ha emesso una Comunicazione sull'IA per l'Europa (CE, 2018a) con tre principali obiettivi:

- Promuovere la capacità tecnologica e industriale dell'UE e l'adozione dell'IA nell'economia, sia da parte del settore pubblico che privato. Ciò include investimenti in ricerca e innovazione e un migliore accesso ai dati.

- Prepararsi ai cambiamenti socioeconomici indotti dall'IA incoraggiando la modernizzazione del sistema di istruzione e formazione che ne deriva, coltivando il talento, anticipando i cambiamenti nel mercato del lavoro, sostenendo le transizioni del mercato del lavoro e l'adattamento dei sistemi di protezione sociale.
- Garantire un quadro etico e giuridico adeguato, basato sui valori dell'Unione e in linea con la Carta dei principi fondamentali dell'UE. Ciò include l'imminente analisi delle sfide emergenti e la cooperazione con le parti interessate per un'alleanza europea che possa sviluppare linee guida etiche per l'IA.

La Commissione ha stanziato 1,5 miliardi di EUR per sostenere la ricerca sull'IA per il periodo 2018-2020, avendo già investito circa 2,6 miliardi di EUR nella ricerca relativa all'IA nel programma quadro Orizzonte 2020. Gli investimenti europei, nazionali e del settore privato raggiungono circa 20 miliardi di EUR all'anno. L'azione europea non si limita allo sviluppo di una legislazione e di standard appropriati, ma comprende anche una serie di iniziative pertinenti per accelerare lo sviluppo tecnologico e la sua diffusione. Alcuni esempi rilevanti per l'IA includono, ad esempio, 5G, Galileo per la connettività ubiquitaria, la European Processor Initiative, Joint Undertaking for High Performance Computing ed il Partenariato pubblico-privato per i Big Data.

C'è una forte concorrenza globale sull'IA tra Stati Uniti, Cina ed Europa. Gli Stati Uniti sono in testa per ora, ma la Cina sta recuperando rapidamente il ritardo e mira a guidare entro il 2030. Per l'UE l'obiettivo è trovare un modo per sfruttare le opportunità offerte dall'IA in modo da rispecchiare valori fondanti della UE.

Gli Stati membri e la Commissione europea stanno sviluppando strategie nazionali ed europee coordinate, riconoscendo che si può avere successo solo insieme, basandoci sui punti di forza, inclusa la ricerca, la leadership in alcuni settori industriali come l'automotive e la robotica, il solido quadro giuridico e normativo e una diversità culturale molto ricca anche a livello regionale e subregionale.

È generalmente riconosciuto che l'IA può fiorire solo se supportata da una solida infrastruttura di calcolo e dati di buona qualità. Algoritmi etici e sicuri fin dalla progettazione sono fondamentali per creare fiducia in questa tecnologia dirompente, ma abbiamo anche bisogno di un più ampio coinvolgimento della società civile nei valori da incorporare nell'IA e nelle direzioni per lo sviluppo futuro. Questo impegno sociale dovrebbe consistere in uno sforzo per rafforzare la nostra resilienza a tutti i livelli da locale, nazionale ed europeo, attraverso le istituzioni, l'industria e la società civile. Lo sviluppo di ecosistemi locali di competenze,

informatica, dati e applicazioni può favorire il coinvolgimento delle comunità locali, rispondere alle loro esigenze, sfruttando la creatività e le conoscenze locali e costruire un'IA incentrata sull'uomo.

Sappiamo ancora molto poco su come l'IA influenzerà il modo in cui pensiamo, prendiamo decisioni, ci relazioniamo gli uni con gli altri e come influenzerà il nostro lavoro. Questa incertezza può essere fonte di preoccupazione, ma è anche un segno di opportunità. Il futuro non è ancora scritto. Possiamo modellarlo in base alla nostra visione collettiva di quale futuro vorremmo<sup>68</sup>.

## 2.2 Analisi e dinamiche del mercato

Recenti studi<sup>69</sup> contribuiscono a delineare gli impatti che l'automazione e l'IA sono destinati a produrre sul mondo del lavoro in Europa. Essi dimostrano come la tecnologia sia uno dei principali agenti di un profondo ed inesorabile processo di cambiamento. Infatti, l'automazione, che della tecnologia rappresenta una delle manifestazioni più evidenti, sta contribuendo a ridurre l'offerta di manodopera in misura considerevole. Ad esempio, nella UE dal 2011 ad oggi, pur essendo la popolazione in età lavorativa diminuita dell'1,4 % all'anno (in alcune regioni questo fenomeno è accentuato sia dall'invecchiamento che dall'emigrazione), l'occupazione totale è aumentata di quasi il 10 %, in larga parte grazie alla crescente partecipazione di donne e lavoratori oltre i 55 anni. Circa 14,6 milioni dei 21,2 milioni di persone che dal 2002 sono entrate nel mondo del lavoro erano donne, spesso con lavori part-time. Il tasso di occupazione delle persone da 55 a 64 anni è aumentato in quasi tutti i paesi dell'UE di oltre il 50 % tra il 2002 ed il 2018. Come negli USA è possibile riscontrare delle similitudini anche in Europa relativamente ad alcuni dei trend legati all'impiego della tecnologia sul posto di lavoro.

### 2.2.1 Analisi delle dinamiche di mercato: cambiamento del mix occupazionale

In primo luogo, il mix occupazionale sta cambiando. In tutte le regioni, infatti, le persone più qualificate hanno goduto di una crescita occupazionale più forte mentre i lavoratori con competenze medie hanno avuto minori opportunità. Ciò ha generato anche in Europa quel

---

<sup>68</sup> Joint Research Center (JRC), *Artificial Intelligence: a European perspective*, EU Commission 2018

<sup>69</sup> Mc Kinsey Global Institute: *the future of work in Europe*, Discussion Paper, 2020



fenomeno denominato “polarizzazione” secondo il quale l'occupazione cresce solo in alcuni settori ad alta intensità di conoscenza come le telecomunicazioni, i servizi finanziari, la sanità e l'istruzione, mentre è in calo nel settore manifatturiero ed agricolo. Il lavoro e le attività analitiche che coinvolgono interazioni personali sostituiscono progressivamente i compiti cognitivi e manuali di routine. Le occupazioni con attività relativamente suscettibili all'automazione, come il supporto in ufficio, il lavoro di produzione e i servizi di trasporto, registrano una crescita al rallentatore. In altre parole, l'occupazione cresce nel suo complesso ma l'automazione riduce il lavoro in fabbrica e in agricoltura, favorendo invece le categorie professionali a più alta intensità di conoscenza e quei lavoratori che presentano livelli di competenza più elevati.

Il mix di settori dell'Europa si sta riequilibrando poiché l'industria manifatturiera e l'agricoltura continuano a recedere mentre i servizi acquistano un peso relativo maggiore. Questa è una tendenza a lungo termine che si manifesta dagli anni '70. Ora l'automazione sta amplificando il passaggio a settori ad alta intensità di conoscenza, come l'istruzione, le tecnologie dell'informazione e delle comunicazioni, la salute umana e il lavoro sociale. Sulla base dei modelli di MGI è probabile che tre settori rappresentino oltre il 70 % della crescita potenziale dell'occupazione in Europa fino al 2030: Salute, servizi professionali, scientifici / tecnici ed istruzione. Inoltre, il settore delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e il settore delle arti, dell'intrattenimento e del tempo libero potrebbero registrare tassi di crescita elevati ma poiché partono da una base più piccola.

Insieme alla richiesta di competenze di livello superiore, una precedente ricerca MGI ha rilevato che almeno il 30% delle attività lavorative potrebbe essere automatizzato adattando le tecnologie attualmente disponibili. Ciò che ci attende pertanto è un periodo di cambiamento continuo nel mix di lavoro.

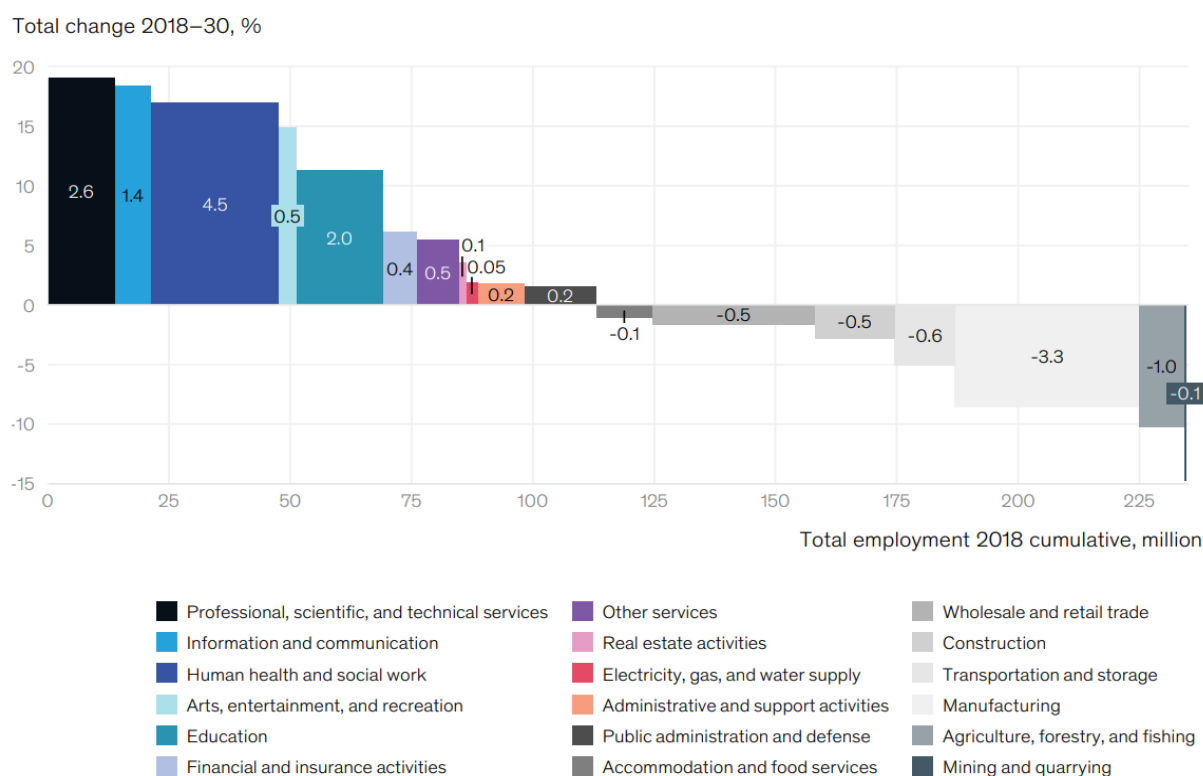
Alcuni ruoli di supporto in ufficio e lavori di linea di produzione, che impiegano rispettivamente circa 30 milioni e 25 milioni di lavoratori in Europa, sono fortemente suscettibili di sostituzione. È probabile che anche i ruoli di servizio clienti e vendite a basso salario, come cassieri e impiegati, diminuiscano poiché molte attività verranno automatizzate.

### 2.2.2 La Polarizzazione

Molte delle occupazioni in crescita richiedono un livello di competenze più elevato. Infatti, le occupazioni legate alle facoltà STEM e i ruoli professionali aziendali e legali potrebbero

crescere di oltre il 20% nel prossimo decennio. Ciò aggiungerebbe circa 4 milioni di posti di lavoro a categorie lavorative che impiegavano rispettivamente 16 milioni e 18 milioni di lavoratori prima della pandemia; i ruoli di gestione creativa e artistica potrebbero aumentare di oltre il 30%. Sebbene l'elenco dei posti di lavoro in crescita sia dominato da quelli che richiedono un livello più elevato di istruzione e formazione, vi sono alcune eccezioni che non richiedono l'istruzione terziaria. Questi includono ruoli nel settore sanitario (come tecnici di fisioterapia e assistenti sanitari), nonché installatori e riparatori di apparecchiature.

Figura 11: Settori occupazionali europei



Fonte: Eurostat, 2019

Le rivoluzioni tecnologiche nel corso della storia hanno creato nuovi tipi di lavoro, rendendo obsolete altre occupazioni. Il Web, ad esempio, ha eliminato intere industrie e sostituito molti posti di lavoro. Ma ha anche dato vita a nuovi ruoli come sviluppatori web, sviluppatori di app, marketer di social media, consulenti per l'ottimizzazione dei motori di ricerca e designer dell'esperienza utente, e persino i driver Uber, host di Airbnb, influencer di Instagram e star di YouTube. Negli Stati Uniti, l'analisi MGI ha rilevato che l'aumento dei personal computer ha spostato direttamente e indirettamente 3,5 milioni di posti di lavoro tra il 1970 e il 2015, compresi i lavori per dattilografi, produttori di macchine da scrivere, segretari e contabili. Ma i personal computer hanno anche creato e consentito 19,3 milioni di nuovi posti di lavoro,

comprese posizioni nell'industria dei computer e del software, nonché posti di lavoro in settori che sono stati abilitati dalla nuova tecnologia, come i rappresentanti dei call center e gli analisti. Il prossimo decennio non dovrebbe essere diverso, l'introduzione dell'IA potrebbe richiedere alcuni ruoli completamente nuovi, infatti, ai sistemi di intelligenza artificiale deve essere insegnato a riconoscere le sfumature nella comunicazione umana e a modellare le prestazioni su quelle umane.

Anche all'interno di una determinata occupazione, le attività lavorative quotidiane cambieranno poiché le macchine svolgeranno una parte delle attività attuali.

Alcuni studi hanno prodotto stime della percentuale di occupazioni umane a rischio di essere automatizzate nel prossimo futuro, variando da quasi il 50%<sup>70</sup> fino al 13% o 9%<sup>71</sup>. Uno dei principali problemi di questi studi è che si concentrano solo sull'effetto di spostamento e ignorano tutti gli effetti occupazionali positivi che l'IA potrebbe indurre, come spiegato nel modello basato sui compiti di Acemoglu e Restrepo (2018c). Un altro problema è che il livello di granularità della definizione di compito crea un'elevata variabilità nei risultati. Il grado di routine nelle attività è un criterio importante per valutare se possono essere sostituite dall'intelligenza artificiale<sup>72</sup> sebbene le attività creative e sociali interattive non siano necessariamente al di fuori dell'ambito degli algoritmi ML odierni, a condizione che grandi quantità di dati siano disponibili per addestrare l'algoritmo. L'idea che la disoccupazione tecnologica sia solo un fenomeno di transizione<sup>73</sup> ottiene un forte sostegno dalla visione recentemente emersa tra gli studiosi della globalizzazione secondo cui la riallocazione dei lavoratori tra i settori non è priva di attriti e può richiedere molti anni. La velocità di adozione dell'IA è quindi importante non solo per i guadagni di produttività previsti, ma anche per il processo di riallocazione implicito; quello che è certo è che i lavoratori avranno bisogno di competenze diverse.

La precedente ricerca MGI ha raggruppato 25 abilità della forza lavoro in 5 categorie: abilità fisiche e manuali; abilità cognitive di base, come alfabetizzazione e matematica; abilità cognitive avanzate, come problem solving e project management; abilità socio-emotive, come insegnare e formare gli altri; e competenze tecnologiche, come la programmazione. Le attività che richiedono competenze tecnologiche cresceranno in tutti i settori, creando ancora più domanda di lavoratori con competenze STEM, che già scarseggiano. Allo stesso tempo, MGI

---

<sup>70</sup> Frey e Osborne, 2017

<sup>71</sup> Arntz et al., 2016; Nedelkoska e Quintini, 2018

<sup>72</sup> Brynjolfsson et al., 2018

<sup>73</sup> Lorinek e Stglitz, 2017

prevede una crescita del 30 % della domanda di competenze socio-emotive. I lavoratori si concentreranno sempre più in ruoli che richiedono interazione, assistenza, insegnamento e formazione e gestione degli altri, attività per le quali le macchine non sono buoni sostituti. È più probabile che i lavoratori, i giovani e gli uomini meno istruiti vengano sostituiti dalle macchine (*displacement*). In uno scenario intermedio di adozione dell'automazione, le persone con solo un'istruzione secondaria hanno una probabilità 3 volte maggiore rispetto alle persone con più istruzione di ricoprire ruoli con un alto potenziale di automazione. La potenziale crescita netta dell'occupazione è fortemente positiva per i lavoratori con istruzione superiore e negativa per le persone con istruzione secondaria e inferiore. È quindi probabile che le economie locali con popolazioni più istruite possano registrare una crescita maggiore rispetto a quelle con livelli di istruzione più bassi in media.

Questa crescita di posti di lavoro altamente qualificati e ad alto salario stimola anche la crescita di posti di lavoro meno qualificati poiché redditi elevati aumentano i consumi e fanno sorgere la domanda di una serie di servizi nuovi. Questo fenomeno, analogamente a quanto è avvenuto in USA<sup>74</sup>, determina la crescita dell'occupazione nella fascia bassa delle competenze, come quelle degli operatori sanitari, dei trasportatori, dei lavoratori manuali, dei camerieri e dei commessi. Ciò è particolarmente vero nei c.c. "hub dinamici di crescita", dove popolazioni con un potere d'acquisto in aumento significativo guidano la domanda di una gamma di nuovi servizi. Un ampio corpus di ricerche accademiche<sup>75</sup> ha identificato questo modello di "svuotamento" secondo il quale al progresso e alla crescita economica si accompagna una inesorabile riduzione dell'occupazione di medio livello e con salario medio. Mentre nuovi posti di lavoro vengono creati, la crescita dei salari reali rimane stagnante per molti europei. Tra il 2000 e il 2018, i salari reali medi sono infatti cresciuti solo dello 0,9% all'anno in Europa. I salari reali medi sono cresciuti dell'1,6 % all'anno tra il 1995 e il 2000, ma solo dell'1,1 % all'anno tra il 2013 e il 2018. La bassa crescita dei salari ha peggiorato i tassi di povertà relativa. Tra il 2000 e il 2016, la quota della popolazione in età lavorativa che guadagna meno della metà del reddito medio familiare è aumentata in quasi tutti i paesi tanto che la media UE è aumentata dall'8 al 10%. Anche la natura del lavoro è cambiata. Il lavoro a tempo parziale è aumentato notevolmente in 22 dei 29 Paesi europei. Fino alla crisi del COVID, il lavoro indipendente, inclusi liberi professionisti, lavoratori per agenzie di lavoro interinale e lavoratori della gig economy, contribuisce tra il 20 ed il 30% di tutti i posti di lavoro.

---

<sup>74</sup> Vedi *Infra* Capitolo 3

<sup>75</sup> D. Autor: *Work of the Past, Work of the Future, AEA Papers and Proceedings, 2019*; Autor, Katz e Kearney 2006; Goos e Manning 2007; Goos, Manning, e Salomon 2014; Autore 2015; Acemoglu e Restrepo 2017; Aladulkareem et al. 2018

Uno degli aspetti interessanti che distingue l'Italia da altri paesi europei riguarda il fenomeno della “polarizzazione” dei posti di lavoro. In Italia questo fenomeno appare meno marcato, data una minor adozione diffusa di tecnologie avanzate e dalle caratteristiche del tessuto imprenditoriale italiano, fatto soprattutto di piccole e medie imprese e di proprietà familiare.

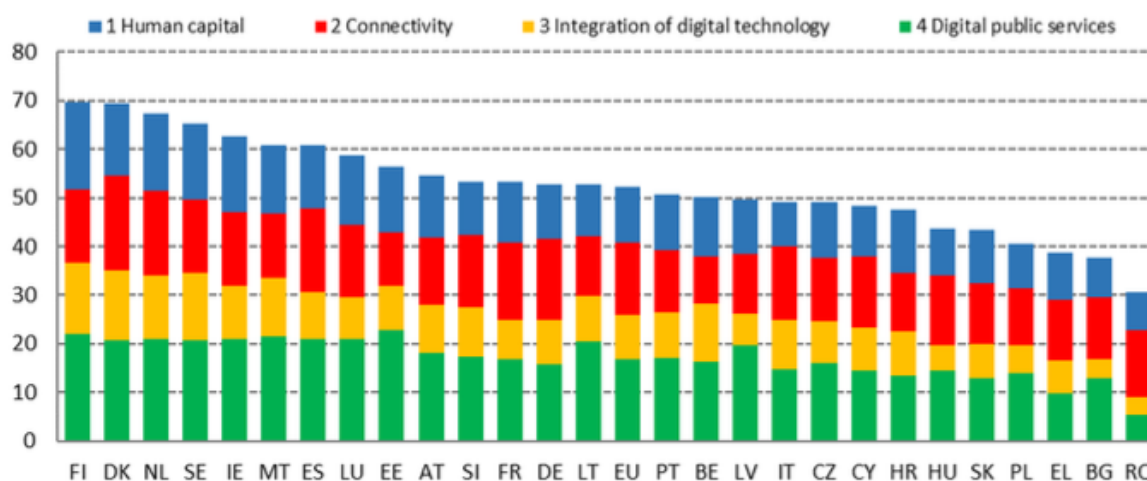
Le tecnologie, soprattutto nell'era dell'Industria 4.0, da sole non bastano: per dispiegare il loro potenziale hanno bisogno di essere accompagnate da un'evoluzione dei modelli di business e della capacità manageriale, oltre ad un determinante intervento delle Istituzioni<sup>76</sup>.

### 2.2.3 Disparità geografiche

Oltre al fenomeno della polarizzazione, un altro effetto dell'impiego massiccio della tecnologia sul posto di lavoro è stato quello di una crescita asimmetrica dell'occupazione nelle diverse aree geografiche.

La figura seguente mostra i progressi degli Stati membri per quanto riguarda il livello generale di digitalizzazione della loro economia e società negli ultimi cinque anni. Per ciascun paese, la figura mostra l'indice dell'economia e della società digitale (DESI) che riassume gli indicatori sulle prestazioni digitali dei paesi e tiene traccia dei progressi dei paesi dell'UE<sup>77</sup>.

Figura 12: Digital Economy and Society Index (DESI) 2022



Fonte: European Commission, 2022

<sup>76</sup> Canna F., Tecnologia e occupazione, in Italia tra 4 e 7 milioni di lavoratori rischiano il posto (ma non è detto che lo perderanno), InnovationPost, 9 Dicembre 2021 – disponibile a: [https://www.innovationpost.it/2021/12/09/tecnologia-e-occupazione-in-italia-tra-4-e-7-milioni-di-lavoratori-rischiano-il-posto-ma-non-e-detto-che-lo-perderanno/#In\\_Italia\\_ce\\_meno\\_job\\_polarization](https://www.innovationpost.it/2021/12/09/tecnologia-e-occupazione-in-italia-tra-4-e-7-milioni-di-lavoratori-rischiano-il-posto-ma-non-e-detto-che-lo-perderanno/#In_Italia_ce_meno_job_polarization)

<sup>77</sup> European Commission, Digital Economy and Society Index (DESI) – European Analysis 2022 – disponibile a: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>

Questa adozione diffusa della tecnologia si è concentrata solo in poche regioni “dinamiche”; solo 48 centri, tra cui Amsterdam, Copenaghen, Londra, Madrid, Monaco e Parigi, che ospitano circa il 20 % della popolazione del continente, hanno generato più di un terzo dell'occupazione e della crescita demografica della UE dal 2007. Queste città sono diventate i principali centri europei di innovazione e fucine di talenti, ed hanno generato ben il 43% del PIL dell'UE, il 35% della crescita netta dell'occupazione e il 40% della crescita della popolazione, principalmente attraendo lavoratori da altri cluster regionali<sup>78</sup>. Nel resto dell'Europa la quota di crescita dell'occupazione è stata proporzionale alla quota di popolazione (53%) o in calo, come nel caso delle regioni “in contrazione”, che nel 2018 ospitano il 30% della popolazione europea e il 27% dell'occupazione e creano solo il 12% dei nuovi posti di lavoro. Dietro queste differenze ci sono profondi divari nelle capacità di innovazione, nel dinamismo aziendale e nella qualità dell'offerta della forza lavoro. Insieme, questi centri di crescita dinamica producono una quota sproporzionata di brevetti high-tech (55% del totale dell'UE contro il 39% per le economie stabili e solo il 6% per le regioni in calo). Anche le loro spese di ricerca e sviluppo sono al di sopra della media. Gli hub dinamici di crescita rappresentano il 73% delle startup, rispetto al 25% delle economie stabili e al 2% nelle regioni in calo. 29 di queste città ospitano quasi l'80% delle aziende europee nella classifica Fortune Global 500. Londra e Parigi da sole ne hanno 46 delle 126 totali. I 48 centri di crescita ospitano circa l'83% dei laureati STEM e il 40% della popolazione residente ha un'istruzione terziaria. Queste differenze diventeranno sempre più accentuate poichè i lavoratori istruiti si stanno trasferendo in queste città contribuendo ad ampliare le loro popolazioni in età lavorativa, abbandonando le regioni in calo demografico ed accentuando così gli effetti dell'invecchiamento e dei bassi tassi di natalità. Nonostante gli elevati costi della vita, questi centri sono diventati come dei “magneti” capaci di attirare persone provenienti da altre regioni con crescita occupazionale bassa o nulla. Anche qui la tecnologia ha contribuito ad accelerare il fenomeno di concentrazione di alcune categorie professionali in hub dotati di adeguate infrastrutture e ricchi di offerta di lavoro qualificata, di risorse e di infrastrutture tecnologiche e fisiche in grado di aumentarne la produttività<sup>79</sup>. Professionisti e tecnici tendono a concentrarsi nelle megalopoli e nelle economie

---

<sup>78</sup> MGI, vedi sopra

<sup>79</sup> Lo studio di MGI, attraverso una metodologia quantitativa, suddivide i mercati del lavoro europei in 13 “cluster” definiti dalle somiglianze nell'offerta e domanda di lavoro e che rientrano in tre categorie: hub dinamici di crescita, economie stabili e regioni in contrazione. Le posizioni all'interno di ciascun cluster condividono elementi in comune nella domanda e nell'offerta di lavoro, nonché altre caratteristiche economiche. I cluster a loro volta sono suddivisi in 1.095 mercati locali. La prima categoria, ovvero quella degli “hub dinamici di crescita”, sono raggruppabili, a seconda delle dimensioni e disponibilità di manodopera, nelle seguenti sottocategorie:

- Megacittà con più di dieci milioni di persone ciascuna. Londra e Parigi sono in Europa le metropoli più grandi, con una forza lavoro giovane ed un elevato livello di istruzione. I lavoratori sono attratti dalla concentrazione di industrie ad alta

basate sui servizi. Le occupazioni in declino, come quelle degli artigiani e dei lavoratori agricoli, sono più concentrate nelle regioni industriali, in quelle agricole ed in quelle guidate dal settore pubblico.

---

*crescita (come l'informazione e tecnologia delle comunicazioni; servizi finanziari e le assicurazioni; quelli professionali come i servizi scientifici e tecnici). Entrambe le città sono note per le forti capacità di innovazione e dinamismo imprenditoriale.*

- *Hub Superstar: queste 46 città, che includono Amsterdam, Copenaghen, Madrid e Monaco di Baviera, sono tra le regioni in più rapida crescita in Europa. Registrano un saldo positivo di migrazione di 7 persone su 1000 ed un PIL reale in crescita di circa il 3% all'anno. Hanno anche una grande presenza di industrie ad alta crescita, come la finanza e la tecnologia.*

*La seconda categoria, quella delle "economie stabili", ospitano il 50 % degli europei e comprendono sia regioni urbane che non urbane. Prima della pandemia, avevano un PIL pro capite superiore alla media e attiravano nuovi residenti. Tra le "economie stabili" MGI identifica 5 cluster.*

- *Economie basate sui servizi. Queste 102 economie locali (tra cui Budapest, Lione, Manchester e Riga) hanno un'elevata quota di occupazione in servizi non tecnici come commercio all'ingrosso e al dettaglio. La loro forza lavoro ha livelli di istruzione terziaria relativamente alti. La crescita del PIL reale è stata più forte di quella della maggior parte degli altri cluster. A loro volta sono classificabili in 5 sotto-cluster:*
  1. *Centri di produzione ad alta tecnologia. Oltre il 70 % di queste 78 regioni si trova in Germania, comprese Stoccarda e Wolfsburg. La produzione è l'industria dominante e queste regioni producono un gran numero di domande di brevetto high-tech. Hanno registrato la seconda crescita del PIL reale più alta.*
  2. *Metropolitane diversificate. Queste 64 città hanno un mix di occupazione nell'industria e nei servizi e stanno attirando nuovi residenti. Includono Bologna in Italia, Friburgo in Germania, Plymouth nel Regno Unito e Katowice in Polonia. La loro forza lavoro tende a essere ben istruita, sebbene la crescita del PIL sia modesta.*
  3. *Non metropolitane diversificate. Queste 267 aree non metropolitane e piccole città includono East Kent nel Regno Unito, Corinzia in Grecia e Mittelburgenland in Austria. Non hanno un focus particolare sul settore, ma attirano un afflusso positivo di lavoratori.*
  4. *Paradisi del turismo. Questi 98 luoghi, tra cui la regione portoghese dell'Algarve, la Cornovaglia, l'isola di Maiorca in Spagna, il Tirolo Oberland in Austria e molti luoghi nel Mediterraneo e nelle Alpi, offrono un'alta quota di occupazione in cibo e alloggio, trasporti e servizi. Barcellona si distingue da questo cluster con crescita particolarmente rapida dell'occupazione e del PIL reale, insieme alle competenze della forza lavoro e alle capacità di innovazione.*
  5. *L'ultima categoria, quella delle regioni in contrazione, comprende 107 località che ospitano circa il 30% della popolazione europea e può essere suddivisa in 3 cluster. In primo luogo, i cluster concentrati principalmente nell'Europa orientale sono ancora in fase di ristrutturazione delle ex economie pianificate che continuano ad essere dominate da settori a bassa crescita. In genere hanno un mix di industria e agricoltura ma soffrono di un'emigrazione continua. Queste regioni presentano una popolazione in declino ed un'occupazione in strutturale diminuzione. Esse hanno una forza lavoro istruita ma anche alti tassi di dipendenza degli anziani, poiché l'invecchiamento riduce la loro offerta di manodopera. Includono Dordogne in Francia, West Cumbria nel Regno Unito e Zwickau in Germania. I 72 centri di produzione, di cui tre quarti si trovano nell'Est Europa, hanno goduto di un'elevata crescita del PIL reale ma a differenza dei centri di produzione ad alta tecnologia, producono poca domanda di brevetti high-tech e hanno popolazioni in diminuzione con meno livelli di istruzione. Le 58 regioni agricole, invece, offrono una forza lavoro con istruzione limitata ed il secondo tasso di migrazione netta negativa più alto. I distretti concentrati principalmente nell'Europa meridionale (regioni guidate dal settore pubblico) non si sono ancora completamente ripresi dalla recessione e hanno un basso dinamismo imprenditoriale. Le 81 economie locali in questo cluster hanno una quota elevata di occupazione nel settore pubblico, sanitario e dell'istruzione. Includono Nîmes in Francia e Reggio Calabria in Italia. Ogni paese europeo ha almeno una regione dinamica o stabile. 18 dei 29 paesi hanno un hub superstar, 19 hanno almeno un'economia basata sui servizi e 18 hanno almeno una regione metropolitana o non metropolitana diversificata. Le regioni in contrazione sono particolarmente concentrate nell'Europa orientale e meridionale. L'Europa orientale rappresenta l'85% delle aree agricole. La Germania ospita il 72% dei centri di produzione high-tech, mentre più della metà dei paradisi turistici si trova nell'Europa meridionale. Questo tipo di specializzazione regionale consente alle imprese di realizzare economie di scala e di beneficiare degli effetti di cluster ma espone anche le economie locali a tipi specifici di shock della domanda, che possono contribuire ad acuire le disparità regionali.*

Contrariamente agli USA, in Europa la mobilità del lavoro non è riuscita ad attutire questi effetti dal momento che è molto più ridotta a causa delle barriere linguistiche, culturali, fiscali ed amministrative tra i diversi paesi dell'Unione. Pertanto, la mobilità ha avuto luogo prevalentemente all'interno dei confini dello stesso paese e solo negli ultimi anni si è assistito ad un aumento della mobilità transfrontaliera. I tedeschi hanno una probabilità cinque volte maggiore di spostarsi da una parte all'altra della Germania rispetto a un altro paese. Tuttavia, il numero di europei in età lavorativa che vivono e lavorano in un altro paese europeo è raddoppiato dal 2003 al 2018, da meno di 8 milioni a 16 milioni (4,8 della popolazione), pur rappresentando una quota relativamente esigua del totale.

#### 2.2.4 Effetto sostituzione

Quanto al c.d. “effetto sostituzione” della tecnologia, occorre sottolineare che nel prossimo decennio l'automazione influirà in modo non uniforme sulle diverse categorie professionali ed i gruppi demografici. Mentre l'adozione dell'automazione farà crescere l'occupazione in termini assoluti, una forza lavoro in contrazione nel continente significa che, entro il 2030, trovare lavoratori sufficienti con le competenze richieste per ricoprire i posti di lavoro esistenti potrebbe risultare molto impegnativo. Il calo della forza lavoro in Europa rappresenta una potenziale sfida soprattutto per la politica.

Infatti, si prevede che la popolazione in età lavorativa in Europa diminuirà di circa 13,5 milioni di unità o del 4%, entro la fine del decennio. Il calo sarà particolarmente accentuato in Germania (quasi l'8%, ovvero circa 4,0 milioni di persone), Italia (quasi il 7%, circa 2,5 milioni di persone) e Polonia (9%, circa 2,3 milioni di persone). La tendenza alla contrazione delle ore lavorate potrebbe aggiungere ulteriore pressione a questo fenomeno. Dal 2000, la media delle ore lavorate pro capite alla settimana è diminuita di quasi il 3% a 37,1 ore.

Una ricerca precedente di MGI ha stimato che circa il 50% di tutte le attività lavorative a livello globale ha il potenziale tecnico di essere automatizzata adattando le attuali tecnologie. Se si effettua un'analisi di scenario sul ritmo dell'automazione in Europa si può ipotizzare che circa il 22% della forza lavoro in tutta l'UE, equivalente a 53 milioni di posti di lavoro, potrebbero essere automatizzati entro il 2030. Tuttavia, questo non accadrà dall'oggi al domani anche dove la tecnologia già esiste. Il ritmo e la portata dell'automazione saranno influenzati localmente dai livelli salariali, dall'accettazione normativa e da parte dei consumatori, dalle capacità tecniche e da altri fattori. Inoltre, è dimostrabile che i lavori sono raramente automatizzabili



nella loro interezza. Mentre le macchine si occupano di attività di routine e ripetitive, i lavoratori possono redistribuire il loro tempo verso compiti a maggiore produttività che le macchine non possono svolgere. Ciò significa che molti ruoli saranno riconfigurati anziché eliminati e che la maggior parte delle occupazioni cambierà. Prima della pandemia la medesima analisi di MGI suggeriva che la crescita dell'occupazione in Europa entro il 2030 avrebbe contribuito a creare circa 6 milioni di nuovi posti di lavoro. Se il continente fosse in grado di recuperare i livelli pre-pandemici entro il 2030, i tassi di occupazione dovrebbero aumentare del 3% per poter colmare i posti di lavoro necessari.

Il tasso di occupazione complessivo in Europa, ovvero la popolazione occupata divisa per la popolazione in età lavorativa, è salito al 70% prima della pandemia, dal 64% nel 2002. I tassi di occupazione variano notevolmente da paese a paese, dal 55% della Grecia al 77% della Svezia. A lungo termine, l'Europa

La crescita dell'occupazione potrebbe diventare ancora più geograficamente concentrata nel prossimo decennio. L'automazione, i cambiamenti occupazionali e di abilità che ad essa si accompagnano accelererebbero la concentrazione della crescita potenziale dell'occupazione netta, in assenza di altri cambiamenti sulle stesse 48 megalopoli e hub che hanno contribuito al 35% della crescita dell'occupazione nell'UE negli ultimi dieci anni e che potrebbero catturare più del 50% della crescita futura fino al 2030. La ricerca accademica ha scoperto che questa crescente disparità regionale è un fenomeno strutturale che riflette la specializzazione economica e le economie di scala.

La distribuzione della popolazione in età lavorativa in Europa sta cambiando parallelamente alla concentrazione geografica delle opportunità di lavoro. L'analisi di MGI suggerisce che i tassi di occupazione dovrebbero aumentare in modo ampio in tutta Europa, comprese quelle regioni con un numero assoluto di posti di lavoro più basso ma una forza lavoro che invecchia ed emigra.

L'Europa dovrà affrontare i disallineamenti occupazionali e geografici poiché l'adozione dell'automazione continua nel prossimo decennio. Gli scenari elaborati da MGI suggeriscono che quasi tutti i 235 milioni di lavoratori europei di oggi dovranno affrontare almeno un certo grado di cambiamento. È probabile che i disallineamenti occupazionali e geografici emergano come le principali sfide del prossimo decennio. Più di 90 milioni di lavoratori potrebbero aver bisogno di sviluppare nuove competenze significative all'interno dei loro ruoli attuali, mentre fino a 21 milioni potrebbero dover lasciare le occupazioni in declino. MGI stima che 94 milioni di lavoratori (circa il 40% della forza lavoro del 2018) potrebbero non aver bisogno di cambiare

occupazioni ma dovrà comunque acquisire nuove competenze perché più del 20% di ciò che fanno oggi potrà essere gestito dalla tecnologia. È probabile che questo fenomeno si verifichi in tutti i cluster geografici. In alcuni ruoli, le macchine libereranno tempo che potrà essere indirizzato a più compiti produttivi o interpersonali. Alcuni dei lavoratori rimpiazzati dall'automazione potrebbero ricollocarsi nella stessa industria. Per esempio, un cuoco che perde il lavoro in un ristorante potrebbe essere in grado di trovare un lavoro simile in un altro. Ma l'analisi di MGI rileva che 21 milioni di persone (il 9% della forza lavoro) potrebbero aver bisogno di cambiare occupazione poiché i loro ruoli attuali stanno declinando nella regione in cui vivono. La maggior parte di questi lavoratori ricopre ruoli a basso salario. Più del 60% dei lavoratori in questi ruoli non ha un'istruzione terziaria. La sfida della redistribuzione dei lavoratori sarà particolarmente difficile nelle regioni a base agricola, nelle aree istruite ed emigrate e nelle basi industriali, dove oltre il 12% della forza lavoro potrebbe dover passare da occupazioni in declino a occupazioni in crescita. Nelle megalopoli e negli hub superstar, solo il 5% della forza lavoro potrebbe aver bisogno di un cambio simile. Anche i datori di lavoro potrebbero avere difficoltà a trovare nuove risorse con le competenze necessarie. Molte delle occupazioni in più rapida crescita, come sviluppatori di software e applicazioni e professionisti infermieristici, richiedono competenze specialistiche. Oggi solo il 40% circa della forza lavoro europea ha un'istruzione terziaria, ma quasi il 60% delle occupazioni in crescita lo richiede. Due eccezioni sono gli addetti alle pulizie e gli assistenti, nonché gli operatori sanitari professionali, in genere ruoli a basso salario. Ricoprire questi posti di lavoro può essere particolarmente difficile nelle megalopoli e negli hub superstar, dove la crescita potenziale dell'occupazione sarà più alta ma gli alloggi e le infrastrutture scarseggiano.

### 2.3 Le sfide della politica e dei capi azienda

I percorsi di carriera storici indicano una disconnessione tra occupazioni in crescita e in diminuzione. Gli individui che entrano in occupazioni in crescita tendono a trasferirsi lì da altre occupazioni in crescita con affinità di competenze molto elevate, mentre quelli in occupazioni in declino a causa dell'automazione tendono a passare ad altri ruoli in declino. Abbiamo esaminato i dati di vari profili di lavoro online pubblici, la maggior parte dei quali appartiene a professionisti altamente qualificati. I dati mostrano che oltre il 70% dei lavoratori su piattaforme social come LinkedIn ha cambiato occupazione tra il 2014 e il 2018, e la maggior parte ha cambiato occupazione e datore di lavoro. Le persone che passano da un ruolo in declino a un altro o da un ruolo in crescita all'altro spesso hanno competenze ampiamente sovrapposte (come

nel caso dei consulenti IT che diventano ingegneri software). Ciò sottolinea l'entità della sfida che attende la politica nell'aiutare le persone a riqualificarsi, passando da ruoli in declino a ruoli in crescita. Ad esempio, i commessi in negozio con una formazione aggiuntiva potrebbero attingere alla loro esperienza per soddisfare la crescente domanda di infermieri o assistenti personali che dovrebbero crescere di circa il 25%. Un lavoratore amministrativo potrebbe riqualificarsi nell'ambito delle risorse umane. Tuttavia, la riqualificazione di un gran numero di lavoratori sarà difficile. I lavoratori nelle occupazioni in declino non possono fare affidamento esclusivamente sulle loro attuali competenze nel mercato del lavoro. Sebbene non abbiamo analizzato le transizioni occupazionali in base al livello di istruzione o di abilità, la ricerca esistente mostra che le persone con un livello di istruzione più elevato sono più in grado di passare da occupazioni in declino a occupazioni in crescita. Diversi fattori potrebbero alleviare potenziali disallineamenti. Il più importante è il passaggio generazionale nel mercato del lavoro. Più di 54 milioni di europei entreranno nel mondo del lavoro da oggi al 2030 e, per la maggior parte, avranno un'istruzione migliore dei quasi 68 milioni che raggiungeranno l'età pensionabile nello stesso periodo. I datori di lavoro dovranno collaborare con le istituzioni per garantire che i neolaureati abbiano le competenze richieste per le occupazioni che richiedono lavoratori. La mobilità potrebbe risolvere parte della sfida europea del lavoro. La concentrazione della crescita del lavoro accresce l'importanza della mobilità del lavoro, all'interno dei paesi e tra i paesi dell'UE e quelli non UE. Entro il 2030, circa il 40% della popolazione europea potrebbe vivere in distretti in cui i posti di lavoro stanno diminuendo e alcuni di questi lavoratori potrebbero dover trasferirsi in altre regioni con migliori opportunità. Un'alternativa consiste nel fatto che le aziende si espandano in regioni a basso costo o offrano opportunità più remote e freelance. Nelle megalopoli e negli hub delle superstar meno del 60% della crescita lavorativa prevista può essere soddisfatta dai residenti. Riempire i restanti 2,5 milioni di aperture in questi centri di crescita dinamica richiederà milioni di migranti in più (equivalenti al 4,4% della popolazione attuale). Il lavoro a distanza, ampiamente adottato durante la pandemia, potrebbe rappresentare almeno alcune di queste posizioni, insieme al pendolarismo e agli spostamenti fisici.

Questo numero di nuovi arrivati ogni anno potrebbe anche richiedere maggiori investimenti in alloggi e infrastrutture a prezzi accessibili, le professioni di media qualificazione saranno particolarmente difficili nelle città dove il costo della vita è più alto. A Parigi, ad esempio, i collaboratori infermieristici (uno dei più in rapida crescita occupazioni) hanno un salario medio inferiore ai due terzi del costo medio della vita di una famiglia di tre persone. I salari medi per gli assistenti degli insegnanti (un'altra delle occupazioni in più rapida crescita) sono persino

inferiori, a meno della metà del costo medio della vita delle famiglie in Parigi. Divari simili tra reddito e costo della vita, sebbene di dimensioni diverse, si trovano anche in città come Amsterdam, Madrid, Milano e Monaco. I datori di lavoro dovranno gestire molteplici problemi complessi. In reazione alla pandemia, alcune aziende hanno iniziato a riassegnare i lavoratori inattivi ad altre attività con una domanda più elevata, comprese le riassegnazioni temporanee tra reparti. Inoltre, hanno adattato i processi per accelerare l'assunzione di persone in occupazioni e settori critici e incoraggiare l'apprendimento a distanza. In futuro, le aziende dovranno mostrare un'adattabilità simile a quella delle tecnologie di automazione che trasformano il lavoro. Le organizzazioni devono affrontare tre serie di questioni: strategia, competenze e responsabilità sociale. In primo luogo, i leader devono stabilire una visione strategica e determinare se possono utilizzare le nuove tecnologie per ottenere un vantaggio competitivo o difendere il proprio posizionamento sul mercato. Inoltre, la divergenza delle economie locali in tutta Europa influenzerà i modelli del potere d'acquisto dei consumatori e del costo del lavoro. Le aziende possono adeguare le loro offerte e l'impronta geografica in risposta, influenzando sugli investimenti di capitale e sui portafogli immobiliari. In secondo luogo, le organizzazioni devono valutare le attuali competenze della forza lavoro, determinare le esigenze future e creare una road map per colmare le lacune. In terzo luogo, le aziende potrebbero valutare l'impatto delle loro decisioni sulle comunità in cui operano. Quando si tratta di costruire la forza lavoro del futuro, ogni organizzazione dovrà forgiare il proprio percorso, anche se ci sono alcune priorità comuni, a cominciare dalla necessità di sviluppare nuove competenze. La riqualificazione dei dipendenti che hanno comprovato track record e potenziale può essere molto più conveniente rispetto all'assunzione di nuovi talenti. Promuovere una cultura di apprendimento continuo e crescita può avere l'ulteriore vantaggio di aumentare il coinvolgimento dei dipendenti. Molte aziende in tutti i settori competono per professionisti ben istruiti e digitalmente fluenti. Sebbene l'Europa abbia una serie di noti focolai di innovazione tecnologica, i costi associati più elevati e la concorrenza per le assunzioni potrebbero indurre alcune aziende a optare per lavorare o espandersi in altre regioni. Per acquisire talenti, le aziende devono investire nel reclutamento e sviluppare modalità creative per identificare candidati non convenzionali. In alcuni casi, le aziende possono semplicemente scegliere di effettuare un'acquisizione per acquisire capacità dall'oggi al domani. Altri possono assumere liberi professionisti sulla base di un progetto. Una sfida chiave per i datori di lavoro sarà decidere in che modo i lavoratori attuali potrebbero inserirsi in altri ruoli e quali individui hanno il potenziale per fare queste mosse. È improbabile che i cassieri diventino programmatori dall'oggi al domani, ma possono diventare associati alle vendite. La valutazione delle

competenze esistenti è un primo passo importante per decidere quale percorso potrebbe intraprendere ciascun dipendente. Non tutti i dipendenti interessati dal cambiamento tecnologico troveranno nuove opportunità all'interno della loro attuale azienda. Nonostante i loro migliori sforzi, alcuni potrebbero non riuscire ad acquisire le competenze necessarie per passare a nuove aree di lavoro. Altri potrebbero preferire cercare un nuovo lavoro invece di seguire una formazione e cambiare quello che fanno. Le aziende che decidono di rilasciare i lavoratori possono offrire assistenza al ricollocamento come una questione di buona cittadinanza aziendale. Le aziende possono prendere accordi e formare partenariati con altri datori di lavoro locali per supportare i lavoratori nell'acquisizione di competenze che potrebbero essere utili altrove e incoraggiare le persone a esplorare nuovi ruoli. Le scelte che i governi europei fanno oggi determineranno come si svolgerà il futuro del lavoro. Ciascuno degli oltre 1.000 mercati del lavoro locali analizzati da MGI ha i suoi punti di forza, le sue sfide e un punto di partenza unico, e ognuno dovrà stabilire le proprie priorità per affrontare i problemi di oggi e le eventualità di domani. In molti di questi luoghi, la lotta alla disoccupazione giovanile ostinatamente alta con la consulenza professionale e la formazione professionale è una priorità. Tutte le regioni con una forza lavoro in diminuzione dovranno concentrarsi sull'attrazione e il mantenimento di lavoratori altamente qualificati, nonché sull'aumento della partecipazione delle donne e dei lavoratori anziani. Il lavoro di produzione manifatturiera è altamente automatizzabile e molti dei lavori che rimangono nelle fabbriche intelligenti richiederanno un livello più elevato di competenze tecniche e digitali. Aiutare alcuni dei lavoratori delle fabbriche di oggi ad acquisire competenze tecnologiche in modo che possano qualificarsi per queste nuove attività rappresenterà una sfida fondamentale per le basi industriali e le aree manifatturiere ad alta tecnologia. Altri lavoratori avranno bisogno di formazione e supporto per cambiare del tutto le professioni.

Nelle città più prospere d'Europa, molti lavoratori stanno lottando per tenere il passo con l'aumento del costo della vita. Le megalopoli e gli hub delle superstar devono aggiungere alloggi più convenienti dentro e vicino ai centri per l'impiego e migliorare i collegamenti di transito con le regioni circostanti. Queste località dovranno accogliere un'ondata continua di nuovi arrivi per riempire i posti di lavoro che dovrebbero aggiungere sia ai livelli più bassi che a quelli alti della scala salariale. L'Europa deve creare più percorsi di formazione e di carriera. Programmi di formazione efficaci, una migliore corrispondenza tra i posti di lavoro e un sostegno alla transizione saranno tutti elementi fondamentali per aiutare le persone a tracciare nuovi percorsi di carriera. A lungo termine, ogni paese in Europa deve garantire che il proprio sistema educativo prepari gli studenti al successo, con particolare enfasi sulle capacità richieste

per i lavori richiesti, come le competenze STEM. Creare partenariati tra educatori e datori di lavoro potrebbero aiutare nella progettazione di programmi di studio rilevanti per la carriera. Alcuni modelli di successo come quello tedesco di formazione professionale e apprendistato possono essere replicati su scala più ampia. Poiché il bisogno di abilità particolari continua a evolversi rapidamente, il vecchio modello di istruzione anticipata nella prima infanzia non è più sufficiente per servire le persone per tutta la loro carriera. I lavoratori hanno bisogno di un facile accesso a programmi attraverso i quali possono acquisire nuove abilità rilevanti. I datori di lavoro saranno i naturali fornitori di opportunità di formazione per molti e i responsabili politici possono prendere in considerazione la possibilità di fornire incentivi alle aziende che investono nello sviluppo della forza lavoro. Le persone che devono trovare nuove posizioni avranno bisogno, tuttavia, di accedere alla formazione al di fuori del loro attuale luogo di lavoro. Soddisfare questa esigenza richiederà la mobilitazione del sistema educativo esistente in Europa che è per lo più governato a livello nazionale attraverso le reti di agenzie del lavoro, le infrastrutture di formazione e nuove tecnologie. I programmi più promettenti devono essere ampiamente replicati e forse ampliati con moduli di formazione online. Le piattaforme digitali possono aiutare a fornire trasparenza su quali lavori sono richiesti, valutare le capacità e le attitudini naturali degli individui e suggerire scelte di carriera appropriate basate sulle competenze piuttosto che sulle qualifiche formali. La creazione di una tassonomia coerente delle competenze della forza lavoro e di un insieme standardizzato di credenziali potrebbe sostenere mercati digitali più efficienti. La politica dovrà cercare di modernizzare e rafforzare la rete di sicurezza sociale per sostenere le persone che passano da un lavoro all'altro. Occorre ampliare l'accesso a posti di lavoro in centri di crescita dinamica, la tecnologia moderna spesso favorisce i mercati del lavoro delle città più grandi. Residenti in molti I centri di crescita dinamica dell'Europa stanno già affrontando la congestione e gli elevati costi degli alloggi. Per realizzare il resto del loro potenziale di crescita queste città dovranno continuare ad attrarre un afflusso di nuovi lavoratori indicativamente allo stesso ritmo del passato; investire in infrastrutture di transito intorno alle principali aree metropolitane per espandere ciò che costituisce un pendolarismo è un modo per aumentare la mobilità, affrontare la carenza di alloggi a prezzi accessibili in queste aree urbane in rapida crescita consentirebbe alle persone che vogliono trasferirsi di avere migliori opportunità di farlo. La mobilità geografica da sola potrebbe non risolvere questo problema.

La prospettiva di una crescita demografica, del PIL e di posti di lavoro ancora più polarizzati comporta il rischio di esacerbare le tensioni sociali e la disuguaglianza. Molte questioni relative alla politica industriale, allo sviluppo delle competenze, allo sviluppo urbano e alla mobilità

dovranno essere discusse e alcune implicano difficili compromessi. I politici dovranno decidere se e come investire denaro pubblico o attrarre fondi privati in aree in relativo declino per rivitalizzare le loro economie. I programmi dell'UE come Orizzonte 2020 e la Politica di coesione possono essere fonti di finanziamento e collaborazione; quest'ultimo ha l'obiettivo esplicito di investire per ridurre le disparità regionali. Una strategia comune perseguita dai governi locali è fornire incentivi economici per invogliare le imprese a trasferirsi.

Le regioni che stanno perdendo lavoratori o hanno bisogno di aiutare la propria forza lavoro a sviluppare le competenze del futuro potrebbero dover aumentare gli investimenti nelle istituzioni educative locali o fornire incentivi finanziari per attirare estranei qualificati. I residenti che vivono in luoghi disagiati hanno ancora bisogno di infrastrutture e servizi pubblici sufficienti come l'istruzione e l'assistenza sanitaria. La loro base imponibile potrebbe non coprire questi servizi e, in tal caso, potrebbero essere necessari programmi regionali, federali e dell'UE. I servizi sanitari, in particolare, saranno una preoccupazione fondamentale con l'invecchiamento della popolazione. Gli investimenti in medici mobili o in telemedicina possono aiutare a colmare queste lacune. L'Europa deve continuare ad aumentare la partecipazione al mercato del lavoro

A lungo termine la sfida potrebbe essere molto diversa: potrebbe essere necessario aumentare la partecipazione al lavoro per far fronte alla diminuzione della popolazione in età lavorativa. Per aumentare l'occupazione ed i governi nazionali potrebbero dover considerare delle riforme pensionistiche. Un punto logico da cui partire è allontanare i lavoratori più volenterosi dai margini, concentrandosi sui gruppi demografici dove c'è spazio per la crescita. L'occupazione è in forte aumento tra i lavoratori di età superiore ai 55 anni, ma si può fare di più per mantenere queste fasce demografiche attivamente impegnate. Un'opzione è riformare il sistema pensionistico, ad esempio modificando l'età pensionabile legale per riflettere l'aumento della speranza di vita. Un altro è la creazione di ruoli part-time più flessibili in modo che le persone vadano in pensione in più fasi. Le donne hanno rappresentato la maggior parte del recente aumento dell'occupazione in tutta Europa, ma la loro partecipazione alla forza lavoro rimane significativamente inferiore a quella degli uomini, in parte perché le donne nell'Europa occidentale svolgono ancora i due terzi di tutto il lavoro di cura non retribuito, compresi i lavori domestici, l'assistenza all'infanzia e l'assistenza agli anziani. I datori di lavoro possono attrarre e trattenere le donne offrendo orari più flessibili, in parte -lavoro a tempo e opzioni di lavoro a distanza che possono aiutare con questo atto di equilibrio. I governi possono anche fornire incentivi fiscali per il secondo reddito in una famiglia e garantire che l'assistenza pubblica

all'infanzia e i programmi di assistenza agli anziani siano abordabili e ampiamente disponibili. Per sostenere l'occupazione giovanile, i governi e le imprese devono garantire che i sistemi educativi forniscano ai laureati competenze pertinenti e che siano disponibili formazione professionale, apprendistato e consulenza professionale di alta qualità. I responsabili politici potrebbero voler prendere in considerazione incentivi fiscali e sussidi per le aziende che assumono e formano giovani, nonché riforme che affrontino la dinamica insider-outsider. Con l'adozione accelerata dell'automazione, i dati demografici potrebbero funzionare a favore dell'Europa; sulla base del previsto calo dell'offerta di lavoro, l'Europa potrebbe persino trovare difficile occupare i posti di lavoro disponibili. Aiutare le persone a entrare in contatto con nuove opportunità e prepararsi per i lavori di domani metterà alla prova ogni comunità in tutta l'UE. Anche se l'Europa si concentra sull'immediato periodo successivo alla pandemia, ora è il momento di pensare più avanti e immaginare nuovamente il futuro del lavoro.

Vi sono preoccupazioni sul potenziale impatto dell'IA sul mercato del lavoro e sulle disparità di reddito. L'evidenza storica mostra che le precedenti ondate di innovazione hanno sostituito i lavoratori con le macchine. Il fenomeno del displacement non distrugge necessariamente posti di lavoro, piuttosto sposta l'attenzione su altri segmenti. In primo luogo, l'Italia ha una presenza non trascurabile nella robotica industriale con punte di eccellenza. Quanto invece agli ambiti più di frontiera, come intelligenza artificiale, big data e internet of things, si tratta di tecnologie che “necessitano di essere adattate alle esigenze specifiche dei settori e delle imprese”, un passaggio che “richiede una stretta collaborazione tra produttore della tecnologia e utilizzatore”: una “intermediazione tecnologica” che in Italia è ancora poco sviluppata. La seconda dimensione per la creazione di occupazione è che con le nuove tecnologie i prezzi dei beni diminuiscono, favorendo nuova domanda che richiede quindi nuovo lavoro per soddisfarla. Terza dinamica riguarda le tecnologie complementari che consentono di aumentare la produttività dei lavoratori, a cui dovrebbe far seguito “un aumento dei salari o dell'occupazione o di entrambi” e quindi anche della domanda da parte di questi soggetti che sono, a loro volta, anche dei consumatori. Un processo che però “non è scontato” perché “le tecnologie di cui stiamo parlando sembrano generare effetti positivi solo per gruppi ristretti di lavoratori dotati di adeguate competenze”. In particolare, il risultato non è scontato se si verifica una migrazione dal mondo manifatturiero a quello dei servizi dove la produttività è più bassa, i salari minori e i posti di lavoro più precari<sup>80</sup>.

---

<sup>80</sup>Trento S., le tecnologie possono favorire la creazione di nuovi prodotti, settori e professioni, <https://www.unibs.it/it/ugov/person/3469>



È probabile che l'IA migliori la produttività e la crescita economica in un'ampia gamma di settori dell'economia. Questo potrebbe dare un impulso all'attuale rallentamento della produttività. Allo stesso tempo, le caratteristiche generiche dell'IA potrebbero accelerare il cambiamento in più settori e portare a impatti maggiori rispetto alle ondate passate di innovazione, creando più attrito nei mercati del lavoro.

## 3 L'intelligenza artificiale ed il suo impatto sul mercato del lavoro

### 3.1 Recenti sviluppi e principali sfide

Siamo solo all'inizio di un rapido periodo di trasformazione della nostra economia e società a causa della convergenza di molte tecnologie digitali. L'intelligenza artificiale (IA) è centrale in questo cambiamento e offre importanti opportunità per migliorare le nostre vite. I recenti sviluppi nell'IA sono il risultato di una maggiore potenza di elaborazione, miglioramenti negli algoritmi e la crescita esponenziale del volume e della varietà di dati digitali. Molte applicazioni dell'IA hanno iniziato ad apparire nella nostra vita quotidiana, dalle traduzioni automatiche al riconoscimento delle immagini e alla generazione di musica e sono sempre più utilizzate nell'industria, nel commercio e nella Pubblica Amministrazione, nella diagnostica medica e in molteplici altri aspetti della vita quotidiana. Nel complesso viviamo oggi in un mondo influenzato in modo irreversibile dall'economia digitale. Questa trasformazione può essere definita come: “integrazione della tecnologia digitale nel business che si traduce in cambiamenti nella gestione aziendale e nella creazione di valore per i clienti”<sup>81</sup>. In questo contesto l'IA può essere considerata come un nuovo “fattore di produzione”, con il potenziale per guidare la crescita in tre modi:

- a. creando nuova forza lavoro a costi ridotti;
- b. come complemento del capitale umano e fisico esistente ad aumentarne la produttività;
- c. come catalizzatore di nuovi progressi innovativi e innovazioni tecnologiche<sup>82</sup>.

Questo impulso tecnologico tende a creare nuovi modelli di architettura IT flessibili, scalabili e personalizzabili attraverso l'utilizzo di nuove funzionalità come Cloud, Big Data, Analytics, Internet of Things (IoT), Mobility. Per un approfondimento sulle diverse ramificazioni tecnologiche dell'economia digitale si rimanda allo schema di Bukht e Hicks<sup>83</sup> riportato in Figura 13:

---

<sup>81</sup> L. Micic “Digital transformation and its influence on GDP”, *ECONOMICS*, Vol. 5 No. 2, pp. 135-147, 2017

<sup>82</sup> H. Aly, Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing?, 2020

<sup>83</sup> R. Bukht, R. Heeks: “Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy” Centre for Development Informatics, University of Manchester, UK 2017

Figura 13: Framework Industria 4.0 & tecnologie digitali



Fonte: Geissbauer et al., 2016

Questi nuovi modelli di architettura IT hanno delle immediate ripercussioni sulle aziende in termini di cambiamento organizzativo perché consentono di ridurre la spesa IT totale rendendo l'organizzazione più snella e consentendo di dirottare risorse economiche altrove. Allo stesso tempo l'organizzazione deve adattarsi e diventare più agile, veloce e innovativa. Gli studiosi del McKinsey Global Institute (MGI)<sup>84</sup> ritengono che l'automazione e l'intelligenza artificiale siano il fulcro di un cambiamento epocale dell'occupazione e soprattutto delle competenze professionali che saranno richieste dal mercato del lavoro nei prossimi anni. Questo fenomeno richiederà profondi mutamenti sia sulla struttura dell'offerta di lavoro, sia sui programmi di istruzione e formazione universitaria e post-universitaria che si renderanno necessari per coprire queste esigenze formative.

Tuttavia, prima di affrontare gli scenari delle professioni del futuro, vale la pena soffermarsi sugli effetti "perversi" che l'automazione e l'intelligenza artificiale hanno determinato sul mercato del lavoro fino ad oggi. Tra questi figura il fenomeno che Autor descrive come il "paradosso dell'abbondanza"<sup>85</sup>, che descrive la continua caduta dei salari reali dei lavoratori meno istruiti dei Paesi più industrializzati nel corso degli ultimi 50 anni.

L'evoluzione di questa disuguaglianza può essere suddivisa in tre fasi: (1) l'intervallo di dieci anni tra il 1963 e il 1973, quando i salari reali sono aumentati notevolmente e uniformemente tra tutti i gruppi di istruzione; (2) il periodo tra il 1973 e 1979 quando, dopo il primo shock petrolifero la crescita degli utili reale è rimasta stagnante; (3) l'era dell'aumento secolare della

<sup>84</sup> Mc Kinsey Global Institute: Skills Shift Automation and the future of the workforce, 2018

<sup>85</sup> Paradox of Abundance: automation anxiety returns, D.A. Autor, University Press, 2015

disuguaglianza salariale dal 1980 in poi, dove i salari sono aumentati tra i più istruiti e caduti in termini reali tra i meno istruiti.

Per citare un esempio, se si considerano i lavoratori statunitensi a tempo pieno di sesso maschile che hanno abbandonato le scuole superiori ed i diplomati, questi nel 2018 percepivano un salario dal 10 al 20 % al di sotto dei livelli reali del 1980.

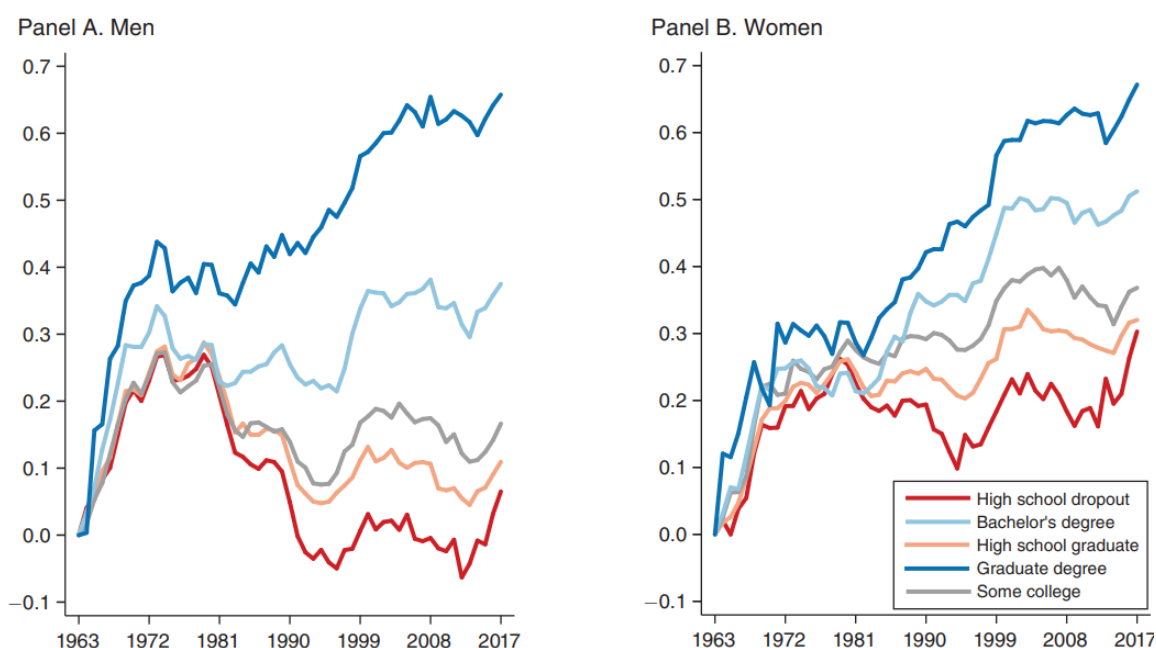
Il paradosso sta nel fatto che nello stesso periodo il livello di istruzione della forza lavoro è aumentato grazie alla diffusione delle nuove tecnologie che ne hanno accresciuto anche la produttività<sup>86</sup>. Sempre negli USA, per entrambi i sessi, la quota di ore di lavoro prestate da lavoratori con istruzione di scuola superiore o non universitaria sono diminuite da oltre il 75% nel 1963 a meno del 40% nel 2017. Al contrario, la quota di ore lavoro prestata da lavoratori con una laurea o il diploma post-universitario è passato da meno del 15 % a più del 35 % (Figura 14).

Se, come argomentato da Autor, l'offerta di lavoro qualificato e quella di lavoro non qualificato possono essere considerate come beni complementari (vale a dire, con una elasticità di sostituzione maggiore di uno), è difficile spiegare come all'aumento dell'offerta di ore-lavoro e dei relativi salari da parte dei lavoratori con istruzione universitaria non si accompagni anche una maggiore offerta ed aumento delle retribuzioni del lavoro non qualificato. La più plausibile spiegazione sta nel fenomeno della polarizzazione, che vede un'occupazione sempre più concentrata nell'istruzione superiore, nelle occupazioni ad alto salario e in quelle meno qualificate a basso salario, alle spese dei posti di lavoro tradizionalmente di media qualificazione.

---

<sup>86</sup> Katz e Murphy 1992; Acemoglu 2002; Goldin e Katz 2008

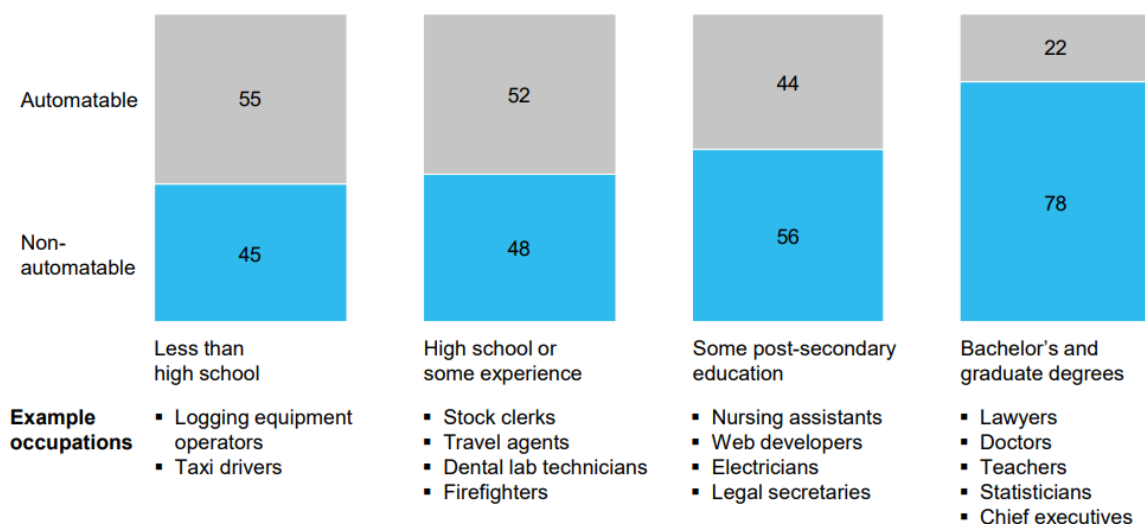
Figura 14: Variazione cumulativa redditi settimanali in età lavorativa (18 - 64 anni) - (1963-2017)



Fonte: McKinsey Global Institute, 2018

Una chiave per interpretare queste dinamiche sta proprio nel fatto che le occupazioni più qualificate da una parte traggono beneficio dalla tecnologia in termini di produttività e dall'altra sono anche quelle più difficilmente sostituibili dall'IA a causa della loro "non fungibilità", non ripetitività e delle necessarie qualifiche di creatività, empatia, adattabilità che gli algoritmi difficilmente potranno replicare o sostituire<sup>87</sup>, come indicato in Figura 15.

Figura 15: Correlazione tra livello di istruzione/esperienza e potenziale di automazione



Fonte: McKinsey Global Institute, 2017

<sup>87</sup> McKinsey Global Institute: Job Lost job gained, workforce transitions in a time of automation, 2017

Queste differenze, sia a livello di abilità sia di reperibilità di risorse adeguate per far fronte alle mutate esigenze aziendali sono da attribuire proprio a quel cambiamento strutturale del mercato del lavoro che determina il declino delle occupazioni in fabbrica e dei lavori impiegatizi a bassa qualifica e alla crescita di nuove figure professionali nel settore terziario come ad esempio quelle di specialisti del settore sanitario, tecnici delle telecomunicazioni, programmatori software ed altri servizi che richiedono un'istruzione post-secondaria o specialistica. Autorevoli ricerche<sup>88</sup> stimano che fino al 30 % delle ore lavorate a livello globale potrebbe essere automatizzato entro il 2030, a seconda della velocità di adozione, che a sua volta dipenderà da fattori diversi tra cui: fattibilità tecnica, ritmo dello sviluppo tecnologico, costi e accettazione sociale e normativa. Questi risultati differiscono in modo significativo da paese a paese, riflettendo il mix di attività attualmente svolte dai lavoratori e dai livelli medi dei salari.

Riguardo i mutamenti dei profili professionali che il mercato richiederà in funzione del progresso tecnologico, lo studio di MGI offre interessanti spunti di analisi. Basandosi su dati del Dipartimento del lavoro degli Stati Uniti, MGI individua un insieme di 25 abilità professionali, suddivise in 5 grandi categorie: a) fisiche e manuali; b) abilità cognitive di base; c) abilità cognitive superiori; d) abilità sociali ed emotive; e) abilità tecnologiche. All'interno di ciascuna categoria ci sono abilità più specifiche. Ad esempio, all'interno delle abilità sociali ed emotive sono ricomprese la comunicazione e negoziazione avanzata, le capacità interpersonali e l'empatia, la leadership e la gestione degli altri, l'imprenditorialità e l'iniziativa, l'adattabilità e l'apprendimento continuo.

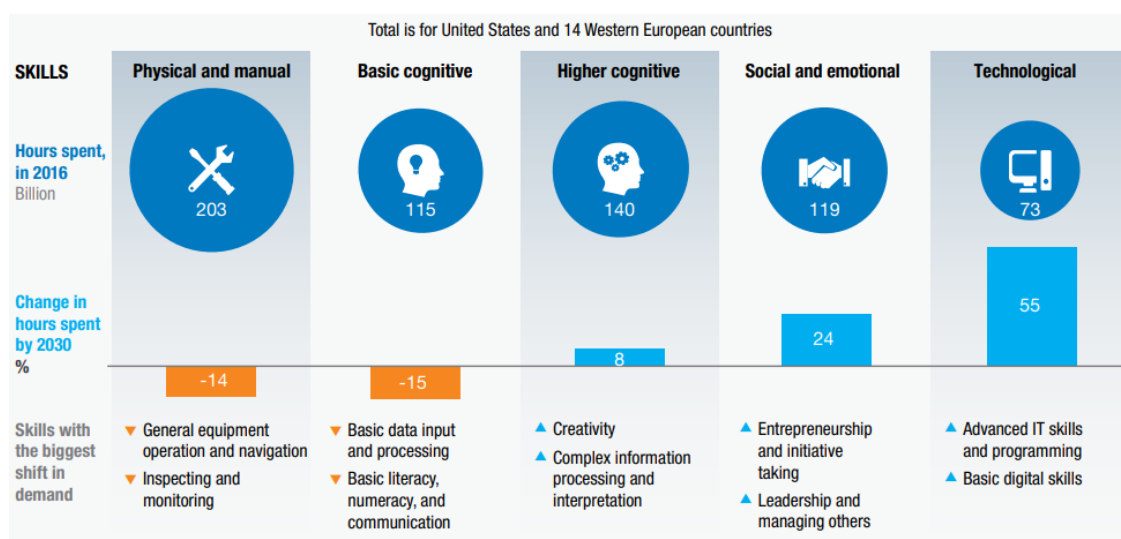
Come riportato in Figura 16, l'impatto dell'AI sul mercato del lavoro determinerà un significativo aumento della domanda di competenze tecnologiche come la programmazione, che aumenterà del 55 % entro il 2030, mentre la domanda di abilità sociali ed emotive come la leadership e la gestione degli altri aumenterà del 24%. La richiesta di abilità cognitive superiori ed in particolare della creatività aumenterà notevolmente.

È certo, comunque, che il cambiamento più grande avverrà nelle competenze tecnologiche, sia in quelle avanzate come la programmazione, l'analisi dei dati e la progettazione tecnologica ma anche nelle competenze digitali più basilari, richieste dalla crescente pervasività della tecnologia digitale in tutti gli ambienti di lavoro.

---

<sup>88</sup> Mc Kinsey Global Institute, "JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION", 2017

Figura 16: AI & Automazione - nuove competenze nel lavoro

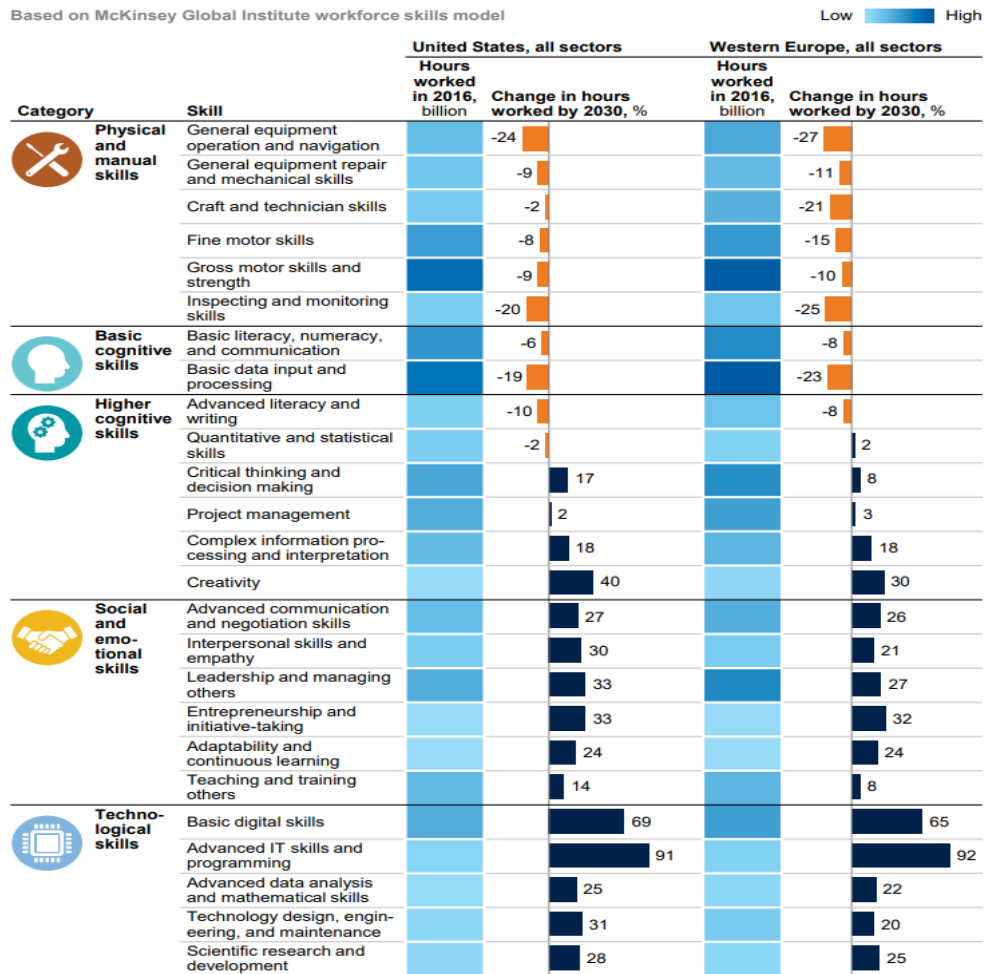


Fonte: MGI, 2018

Al contrario, la domanda di competenze ed abilità meramente fisiche e manuali, che includono la gestione e manutenzione delle attrezzature e dei macchinari, diminuirà del 14%, pur rimanendo la categoria più numerosa della forza lavoro nel 2030 in molti paesi rappresentando il 25% delle ore totali lavorate. Le attività per le quali sono necessarie abilità cognitive di base come l'immissione di dati, le attività artigianali, i meccanici, quelle di ispezione e trasmissione dati, le attività logistiche e di trasporto, diminuiranno del 15%.

Questo fenomeno è corroborato da sondaggi presso le aziende che si aspettano un calo della richiesta di abilità fisiche e manuali e in particolare per quelle come la movimentazione del magazzino merci, gli addetti all'ingresso, i dattilografi ed una serie di funzioni di back-office. Nel complesso MGI ritiene che il tempo dedicato alle competenze tecnologiche avanzate aumenterà del 50% negli Stati Uniti e del 41% in Europa. Aumenterà la competizione per i talenti in occupazioni che richiedono competenze tecnologiche avanzate. La riduzione di organico si concentrerà principalmente sui lavoratori poco qualificati, proseguendo una tendenza che ha esacerbato la disparità di reddito e la riduzione dei posti di lavoro a salario medio, come indicato in Figura 17.

Figura 17: Abilità cognitive e Abilità tecnologiche



Fonte: MGI, 2018

Le aziende dovranno intraprendere significativi cambiamenti organizzativi per affrontare queste sfide e rimanere competitive. Un sondaggio su oltre 3.000 aziende leader in sette Paesi evidenzia una sempre maggiore enfasi sulle metodologie di apprendimento continuo la transizione verso un lavoro più interfunzionale, basato sulla condivisione ed il lavoro di gruppo. Man mano che le esigenze cambiano i lavoratori avranno bisogno di essere riqualificati e le aziende dovranno diventare più agili. Il lavoro indipendente o autonomo e lo smart working sono destinati a crescere, i lavoratori in tutte le funzioni aziendali dovranno migliorare la propria alfabetizzazione digitale. Anche la leadership e le risorse umane dovranno adattarsi: quasi il 20% delle aziende afferma che il proprio team esecutivo non dispone di conoscenze sufficienti per guidare l'adozione di automazione e IA; quasi un'impresa su tre è preoccupata per la mancanza di competenze necessarie per l'adozione dell'automazione.

Negli ultimi anni, l'OCSE rileva delle significative discrepanze tra le competenze degli individui ed i profili professionali richiesti, la percentuale di forza lavoro che segnala una mancata corrispondenza delle competenze non scende al di sotto del 30% in nessuno dei 34



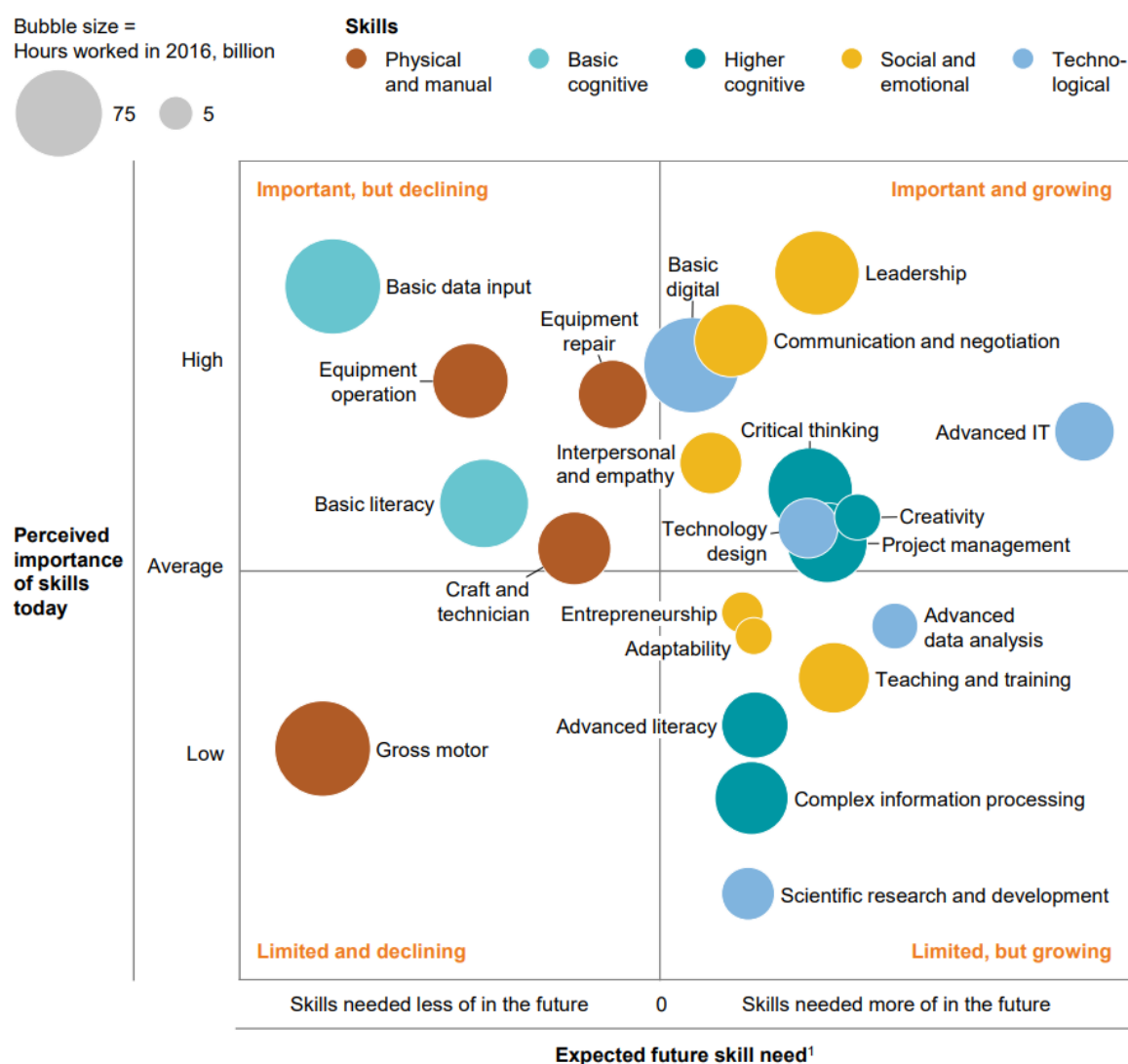
paesi analizzati. Diversi di questi segnalano carenze di operatori informatici specializzati e data scientist; la Francia, ad esempio, prevede una carenza di 80.000 lavoratori nei settori IT ed elettronica nel prossimo futuro. Un rapporto parlamentare britannico del 2016 ha rilevato che il 23% della popolazione del Regno Unito, o 12,6 milioni di persone non avevano competenze digitali di base, in un momento in cui circa il 90% dei nuovi posti di lavoro le richiedevano. Di conseguenza molti datori di lavoro riscontrano significativi problemi di reperimento di profili adeguati con una inevitabile dilatazione dei tempi di assunzione, nonostante in alcuni paesi si registrino bassi tassi di disoccupazione.

Insieme a queste osservazioni generali, ampiamente valide in tutti i settori e paesi, l'indagine di MGI indica che le aziende più grandi, misurate in base alle dimensioni della loro attuale manodopera, si aspettano un cambiamento di competenze più pronunciato rispetto a quelle più piccole, individuando una serie di competenze necessarie oggi e quelle richieste in futuro, quali ad esempio quelle sociali ed emotive, cognitive e tecnologiche.

Come raffigurato in Figura 18, si possono distinguere 4 gruppi specifici di abilità. Quelle nel quadrante in alto a destra sono molto importanti oggi e lo saranno ancora di più in futuro. Esse includono la leadership, comunicazione avanzata, informatica e programmazione avanzate e capacità di pensiero critico.

Nel quadrante in basso a destra ci sono abilità che oggi sono classificate come meno importanti ma in forte crescita in futuro: analisi dei dati avanzata, elaborazione di informazioni complesse, adattabilità come insegnamento e formazione. Sul lato sinistro del grafico ci sono le competenze di cui i datori di lavoro si aspettano di aver bisogno di meno in futuro, mentre nel quadrante in alto a sinistra, le abilità fisiche e manuali e le abilità cognitive di base che sono oggi fondamentali e che subiranno un netto calo nei prossimi anni. Queste abilità includono l'immissione di dati di base e in lavorazione; alfabetizzazione di base, matematica e comunicazione; e il funzionamento generale delle apparecchiature e navigazione.

Figura 18: Skills di oggi vs Skills di domani



<sup>1</sup> Difference between % of survey respondents that expect to need a skill more and % of survey respondents that expect to need it less.  
NOTE: Based on results of March 2018 survey of 3,031 business leaders in Canada, France, Germany, Italy, Spain, the United Kingdom, and the United States. Chart based on % of survey respondents. Skills descriptions were shortened. Chart does not include fine motor skills, inspecting and monitoring, and quantitative and statistical skills. Bubble sizes are based on number of hours worked.

Fonte: MGI, 2018

### 3.2 Impatto dell'automazione e della digitalizzazione sulle diverse industrie

Uno studio condotto da Oxford Economics<sup>89</sup>, definendo la digitalizzazione “una nuova fase di trasformazione industriale”, stima che le industrie più impattate dalla digitalizzazione nei prossimi cinque anni saranno: IT (72%); telecomunicazioni (66%); intrattenimento, media e editoria (65%); vendita al dettaglio (48%); banche (47%) e scienze della vita (38%). Andiamo ad analizzare più nel dettaglio quali sono gli impatti dell'AI sui singoli settori di attività e sul

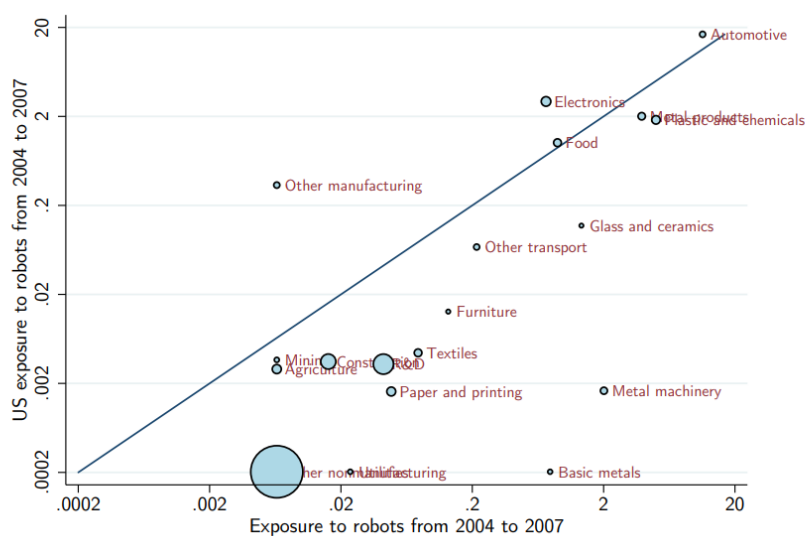
<sup>89</sup> Oxford Economics, 2011

corrispondente mercato del lavoro<sup>90</sup>. Andiamo ad analizzare gli impatti dell'IA nei principali settori di attività.

### a. *Industria manifatturiera*

Autorevoli studiosi<sup>91</sup> hanno misurato l'intensità dell'impiego dell'intelligenza artificiale per singolo settore industriale, stabilendo importanti similitudini tra tutti i paesi più industrializzati. In Figura 19 sono riportati i settori manifatturieri in relazione alla loro esposizione all'impiego della robotica industriale<sup>92</sup> negli USA. L'Automotive è senza dubbio il più esposto, seguito da plastica e metalli, elettronica e produzione alimentare.

Figura 19: Applicazione della Robotica industriale nei vari settori



Fonte: Acemoglu, Rastrepo 2017

Già da diversi anni in campo industriale l'informatizzazione delle funzioni di produzione prevede l'impiego sistematico di robot industriali che sostituiscono una serie di compiti precedentemente svolti da manodopera specializzata. Alcuni studiosi hanno analizzato l'industria della robotica evidenziando come l'automazione e l'IA abbiano avuto un impatto significativo in alcuni sottosectori. Partendo dall'analisi dello stock di robot industriali per settore, paese e anno su 50 paesi dal 1993 al 2014, corrispondente a circa il 90% del mercato

<sup>90</sup> T. Telegescu, *IT in the workspace – The need for digital transformation*, De Gruyter Open, 2018

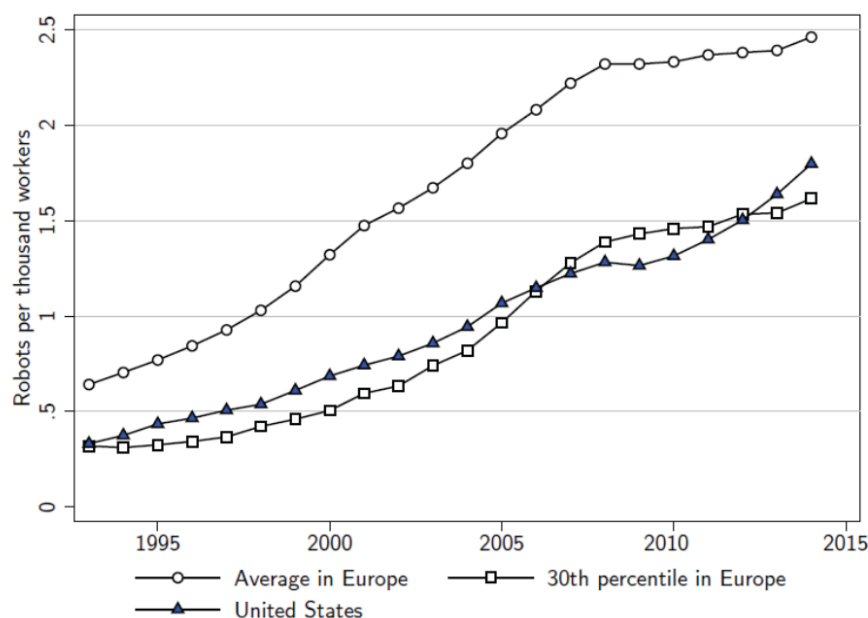
<sup>91</sup> D. Acemoglu, P. Rastrepo, "Robots and Jobs, Evidence from US labor markets", NBER Working Papers, National Bureau of economic Research, 2017

<sup>92</sup> La Federazione internazionale di robotica (IFR) definisce un robot industriale come "una macchina controllata automaticamente, riprogrammabile e multiuso"

dei robot industriali, l'analisi di Acemoglu e Rastrepo<sup>93</sup> mostra che tra il 1993 e il 2007 la quantità di robot industriali negli Stati Uniti e in Europa Occidentale è quadruplicata. Come indicato in Figura 1, negli Stati Uniti l'aumento è stato di un nuovo robot industriale ogni mille lavoratori e in Europa occidentale di 1,6 nuovi robot industriali ogni mille lavoratori.

L'IFR stima che attualmente ci siano tra 1,5 e 1,75 milioni di robot industriali in funzione, un numero destinato ad aumentare fino a 6 milioni entro il 2025. L'industria automobilistica impiega il 39 % di robot industriali esistenti, seguiti dall'industria elettronica (19%), prodotti in metallo (9%) e l'industria della plastica e dei prodotti chimici (9%). Questo fenomeno di significativo aumento dell'impiego dei robot industriali ha ricevuto un forte impulso dalla riduzione del costo di tale tecnologia.

Figura 20: Robot industriali in USA e Europa



Fonte: International Federation of Robotics, 2017

Questa analisi dimostra che l'aumento dello stock di robot (circa un nuovo robot ogni mille lavoratori dal 1993 al 2007) riduce il rapporto tra occupazione e popolazione dello 0,37 %. Ciò significa che ciascun robot riduce l'occupazione di 5,6 lavoratori ed i salari di circa lo 0,5%. A conclusioni diverse giungono altri autori<sup>94</sup>, osservando statistiche dell'industria europea, secondo i quali l'adozione di robot industriali ha aumentato la produttività del lavoro ed i tassi di crescita medi dei paesi UE oltre che i salari dei lavoratori e non ha avuto effetti misurabili sull'orario di lavoro complessivo ma ha spostato l'occupazione in favore dei lavoratori altamente qualificati riducendo invece la quota dei lavoratori poco e mediamente qualificati.

<sup>93</sup> D. Acemoglu, P. Rastrepo, vedi sopra

<sup>94</sup> G. Graetz, G. Michaels, "Robots at Work", IZA Discussion Papers 2015

Occorre considerare che i robot costituiscono una forma di IA incorporata meccanicamente che è più facilmente osservabile e misurabile degli algoritmi. Tuttavia, sono una misura imperfetta dell'intelligenza artificiale perché i robot sono prodotti utilizzabili per svolgere solo un'attività alla volta mentre gli algoritmi di intelligenza artificiale possono essere utilizzati per molte attività contemporaneamente. Inoltre, i robot sono impiegati principalmente nella produzione, in particolare nella produzione in linea (automobili), molto meno nei servizi. Sebbene la letteratura non sia conclusiva sugli effetti netti sull'occupazione della robotizzazione, vi sono molte prove che indicano una importante riallocazione delle risorse e ampi cambiamenti strutturali dovuti all'impiego dei robot nei processi manifatturieri.

La prossima ondata di automazione e intelligenza artificiale nella produzione investirà le funzioni di manutenzione predittiva, lo sviluppo del prodotto, marketing e vendite. Cresceranno le professioni come rappresentanti di vendita e ingegneri, così come i tecnici di produzione. Ciò determinerà un aumento della necessità di abilità socio-emotive e cognitive superiori, aumenterà anche la necessità di competenze tecnologiche, sia per quelle informatiche avanzate, sia quelle digitali di base. Al di là delle analisi quantitative sull'impatto dell'AI nell'industria, un fenomeno strutturale è evidente: i robot stanno diventando sempre più sofisticati, con sensi e destrezza potenziati e saranno sempre più in grado di svolgere un'ampia gamma di attività manuali non di routine. Come evidenziato in precedenza, tra i diversi settori manifatturieri quello dell'Automotive è senza dubbio uno dei più esposti all'impatto dell'AI sulla propria catena del valore. Lo sviluppo della robotica sta radicalmente mutando i fondamentali di questa industria; i veicoli di serie contengono computer di bordo e apparecchiature di telecomunicazione avanzate che consentono la guida autonoma, gli algoritmi sono quindi driver potenzialmente più sicuri ed efficaci rispetto agli umani. I big data forniti da questi sensori stanno offrendo soluzioni a molti dei problemi di ingegneria che avevano ostacolato lo sviluppo robotico in passato. In particolare, la realizzazione di dettagliate mappe tridimensionali stradali consentono oggi la navigazione autonoma dei veicoli.

### ***b. Commercio***

Le tecnologie digitali guideranno significativi cambiamenti di competenze nel settore del commercio all'ingrosso e al dettaglio. L'e-commerce e i canali online sono ora standard per tutti i principali rivenditori e l'intelligenza artificiale e l'automazione intelligente trasformeranno l'esperienza di vendita al dettaglio, poiché le casse automatiche stanno sostituendo i cassieri, i robot riforniranno gli scaffali e l'apprendimento automatico sta migliorando la profilazione dei

clienti e le previsioni di vendita. I lavori che richiedono abilità fisiche e manuali diminuiranno, come conducenti, imballatori e magazzinieri. Anche le posizioni che richiedono principalmente abilità cognitive di base, come i cassieri, diminuiranno. I lavori rimanenti saranno concentrati nel servizio clienti, nella gestione e nell'implementazione e manutenzione della tecnologia. Il settore vedrà una forte crescita di lavoratori con capacità interpersonali, creatività e adattabilità e le capacità di programmazione.

### *c. Sanità*

La domanda di assistenza sanitaria dovrebbe crescere in modo significativo con l'invecchiamento della popolazione, nonostante le pressioni sui costi e il potenziale, la carenza di operatori sanitari può limitare la crescita. L'automazione e l'IA consentiranno grandi guadagni in termini di efficienza e qualità, consentendo la co-gestione del paziente in tempo reale oltre che analisi e cure più avanzate. Gli operatori sanitari come gli infermieri continueranno a vedere domanda in crescita, mentre il personale di supporto dell'ufficio vedrà diminuzioni dovute all'automazione delle attività di tenuta dei registri e amministrazione. Tuttavia, la richiesta di competenze come l'ispezione e il monitoraggio dei parametri vitali del paziente e delle apparecchiature mediche è destinata a ristagnare. La sanità è uno dei pochi settori che vedrà crescente bisogno di una combinazione di abilità fisiche e manuali, quali capacità motorie e forza necessarie per l'assistenza agli anziani e terapia fisica e capacità motorie richieste per gli infermieri.

### *d. Banche e Assicurazioni*

I servizi finanziari sono stati in prima linea nell'adozione digitale e per questo il settore bancario e assicurativo è probabile che sia impattato in modo pervasivo, con implicazioni significative per i cambiamenti di competenze. Nel settore finanziario gli algoritmi di intelligenza artificiale sono in grado di processare un numero maggiore di informazioni rispetto a qualsiasi trader umano e quindi agire più velocemente sul mercato con programmi di esecuzione degli ordini molto sofisticati (Program trading). Sistemi di AI sono estensivamente impiegati per analisi di scenario e gestione del rischio di portafoglio, oltre che per offrire servizi di consulenza finanziaria personalizzata su scala più ampia e a costi inferiori, inclusa l'asset allocation.

L'apprendimento automatico e le nuove capacità nel deep learning, che includono le reti neurali artificiali consentiranno previsioni più intelligenti per quanto riguarda la valutazione e la gestione rischio di sottoscrizione di prestiti e rilevamento di frodi

I lavori come quelli dei cassieri, contabili, analisti finanziari e gli impiegati di intermediazione diminuiranno sostanzialmente di pari passo con la maggiore automazione. Di conseguenza, la necessità di una forza lavoro che utilizza solo abilità cognitive di base come l'immissione e l'elaborazione dei dati e l'alfabetizzazione e la matematica di base, probabilmente diminuirà drasticamente in questo settore. Cresceranno invece le occupazioni di interazione con i clienti, inclusi i manager. Ciò guiderà una forte crescita della domanda di abilità sociali ed emotive.

Funzioni comprese quelle svolte da assicuratori e agenti di vendita, potrebbero essere sempre più automatizzate. La prossima ondata di automazione intelligente avrà un impatto considerevole sul settore: il 38% dell'occupazione, attualmente impiegata nel back-office, è più suscettibile di sostituzione con l'AI e vedrà una diminuzione delle ore totali lavorate entro il 2030 fino al 20%.

#### *e. Istruzione*

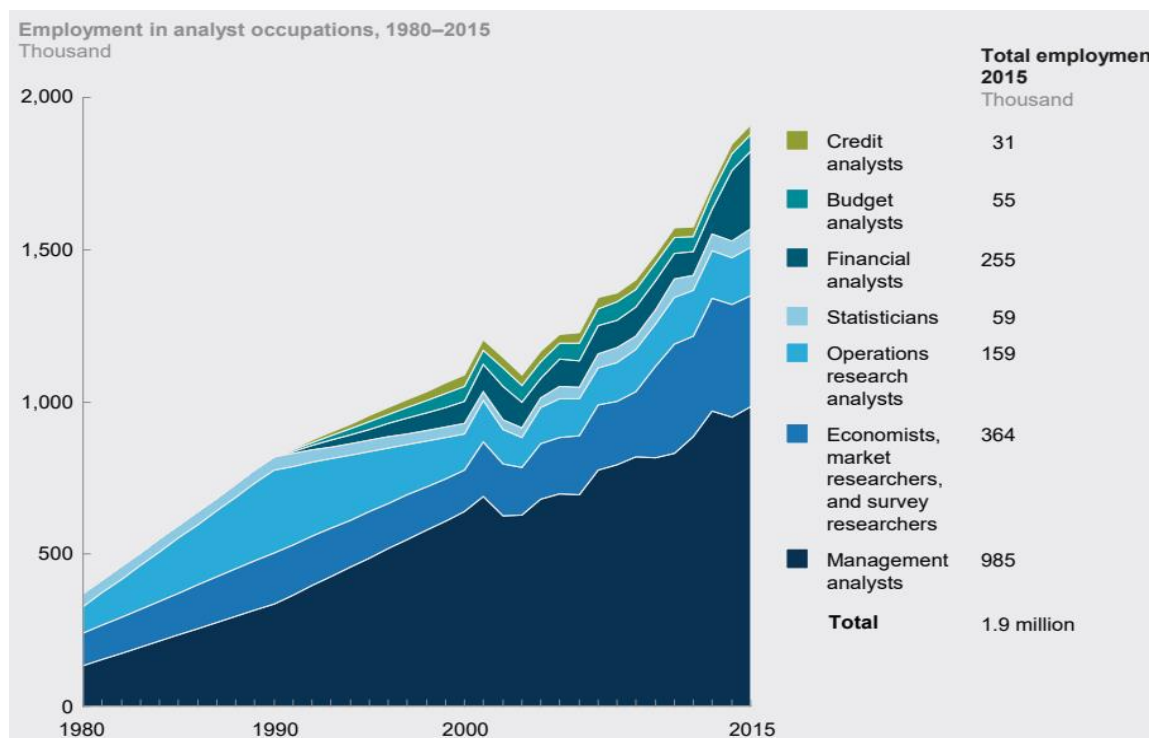
Nel comparto dell'istruzione, uno dei settori a più alta intensità di manodopera, si sta assistendo alla crescita esponenziale dei MOOC (Massive Open Online Courses) capaci di generare grandi set di dati che descrivono in dettaglio come interagiscono gli studenti sui forum, la loro diligenza nel completare gli incarichi e i loro voti finali. Tali informazioni consentono ad algoritmi di modificare le strategie di insegnamento e a calibrarle per il soddisfacimento delle esigenze dei singoli studenti. L'analisi dei big data consente anche previsioni più efficaci sul rendimento degli studenti e la loro idoneità alle professioni post-laurea<sup>95</sup>. Tuttavia, l'impatto dell'AI sul settore dei servizi non è un univoco; si potrebbe infatti presumere che molti analisti dell'informazione dovrebbero essere sostituiti dall'ascesa della tecnologia che rende la raccolta di dati e informazioni molto più efficiente e da computer che consentono calcoli sempre più rapidi e complessi. Dopotutto gran parte del loro lavoro negli anni '80, prima che queste tecnologie fossero diffuse, da allora è stato automatizzata. In realtà, è successo il contrario, come indicato in Figura 21. Computer e Internet hanno fornito notevole impulso alla diffusione e sviluppo di attività automatizzate come la matematica di base e la raccolta di informazioni ma il numero di analisti dell'informazione è salito comunque. Man mano che i computer

---

<sup>95</sup> Woolf, 2010

diventavano più efficienti, il costo per ottenere un'alta qualità dell'informazione è diminuita. Piuttosto che diminuire la domanda di analisti, ciò ha stimolato il desiderio di analisi più approfondite e a basso costo e il numero di analisti è quintuplicato da circa 400.000 nel 1980 a circa due milioni di oggi. Con informazioni e dati più facilmente accessibili, gli analisti possono concentrarsi sull'interpretazione e la condivisione delle informazioni piuttosto che limitarsi a raccoglierle<sup>96</sup>.

Figura 21: Occupazione nelle professioni di analista (1980 - 2015)



Fonte: MGI, 2018

#### f. Altri Servizi

Nel campo delle infrastrutture e dell'ingegneria, l'impiego di sensori intelligenti accoppiati con nuovi algoritmi di rilevamento dei guasti e delle anomalie sono sempre di più utilizzati in molte attività come la gestione delle reti, la lettura automatica dei contatori, la gestione di processi produttivi in continuo, il monitoraggio dello stato dei pazienti in terapia intensiva. Gli algoritmi possono inoltre rilevare automaticamente i bug nel software con un'attendibilità molto elevata. Ci sono robot che vengono impiegati per l'arrampicata e la manutenzione delle turbine eoliche e anche interventi chirurgici.

<sup>96</sup> Mc Kinsey Global Institute, "Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions In A Time Of Automation", 2017



### *g. Arti e Professioni*

Tra le arti e professioni come ad esempio in quella legale, algoritmi sofisticati stanno gradualmente assumendo una serie di compiti svolti da avvocati, come l'impiego di computer per scansionare migliaia di documenti e precedenti giurisdizionali. Queste innovazioni tecnologiche stanno da una parte incrementando la produttività del singolo professionista e dall'altro stanno progressivamente sostituendo una serie di profili di back office come archivisti, ricercatori, collaboratori e segretarie.

Le uniche professioni che sembrano ancora resistere ad una progressiva informatizzazione sono quelle che comportano una certa dose di intelligenza sociale. L'intelligenza sociale è importante in un'ampia gamma di professioni, come quelle che coinvolgono la negoziazione, la persuasione e la cura. I robot non sono ancora in grado di eguagliare la profondità e l'ampiezza della percezione umana.

La creatività è definita come "la capacità di elaborare idee o manufatti nuovi e di valore". Idee, in senso più ampio, includono concetti, poesie, composizioni musicali, ricette di cucina e barzellette, mentre i manufatti sono oggetti come dipinti, sculture, macchinari e ceramiche. Un processo di creazione di idee comporta la creazione di combinazioni sconosciute che richiedono un ricco bagaglio di conoscenze. Quindi, è plausibile ritenere che in assenza di soluzioni ingegneristiche che consentano all'Intelligenza Artificiale di elaborare idee e manufatti "nuovi" è assai improbabile che le occupazioni che richiedono un alto grado di intelligenza creativa siano automatizzate nei prossimi decenni.

La crescente preoccupazione soprattutto della politica circa il rischio che l'automazione pregiudichi la possibilità di creare nuovi posti di lavoro, potrebbe dimostrarsi infondata dal momento che nel corso del tempo il mercato del lavoro tende a adeguarsi ai cambiamenti della domanda di lavoro dovuta alle discontinuità tecnologiche, creando nuove occupazioni. A fronte di una sufficiente crescita economica, innovazione e investimento, la creazione di nuovi posti di lavoro può essere sufficiente a compensare l'impatto dell'automazione.

È indubbio che un effetto collaterale delle nuove tecnologie sull'occupazione negli ultimi 150 anni sia stato il calo del numero medio di ore lavorate a settimana e il conseguente aumento della quantità di tempo libero. Infatti, il numero medio di ore lavorate ogni settimana da i lavoratori occupati è diminuito in modo significativo, dando ai lavoratori più tempo libero. Nel 1870, in Germania, Svezia e Stati Uniti le ore lavorative settimanali erano in media tra le 62 e le 70; nel Regno Unito, che stava già passando dall'agricoltura all'industria, il lavoratore medio impiegava 57 ore settimanali. Nel 2015, queste cifre sono diminuite di circa la metà, a circa 35

ore in Germania, Svezia e Regno Unito e 38,6 ore negli Stati Uniti. Le ore lavorate sono continuate a diminuire con il passaggio della forza lavoro dalla produzione ai servizi negli ultimi 50 anni<sup>97</sup>. Il calo delle ore lavorate riflette anche il costante aumento del lavoro a tempo parziale nei vari paesi. La percentuale più alta di lavoro part-time si trova nei Paesi Bassi (39% degli occupati), Regno Unito (24%) e Germania e Giappone (22%).

### 3.3 Prospettiva etica e sociale

Abbracciare le nuove tecnologie significa beneficiare dei vantaggi come il maggiore dinamismo dell'economia e la conseguente creazione di nuovi posti di lavoro ma allo stesso tempo comporta la gestione di difficili transizioni della forza lavoro e le sfide che queste comportano.

Di fronte a tali cambiamenti nelle abitudini di vita, nei livelli retributivi e nelle prospettive di carriera di ampie fasce della popolazione, una reazione naturale potrebbe essere quella di rallentare il ritmo e la portata dell'adozione della tecnologia nel tentativo di preservare lo status quo. Mentre questo potrebbe limitare le transizioni della forza lavoro, influirebbe sul contributo che la tecnologia potrebbe avere sulla crescita economica ed in ultima analisi sull'occupazione e la prosperità degli stessi lavoratori.

Raggiungere i vantaggi dell'implementazione dell'automazione, come la crescita della produttività, mentre si affrontano le sue sfide, non è impossibile. Durante il passaggio dall'agricoltura all'industria, per ad esempio, gli Stati Uniti hanno fatto un investimento importante nell'espansione dell'istruzione secondaria, e per la prima volta hanno richiesto a tutti gli studenti di partecipare. Chiamato Movimento delle Scuole Superiori, questo ha aumentato il tasso di iscrizione alle scuole superiori tra i 14 ei 17 anni dal 18% al 73 % nel 1940, rendendo la forza lavoro statunitense tra le più istruite e più produttive del mondo e consentendo la crescita di un vivace settore manifatturiero. Nonostante la forte spinta verso politiche del lavoro più proattive ed efficaci per gestire la transizione tecnologica, negli ultimi decenni gli investimenti e le politiche di sostegno della forza lavoro si sono erosi. La spesa pubblica per la formazione e il sostegno della forza lavoro è diminuita nella maggior parte dei paesi dell'OCSE e la spesa aziendale per la formazione è diminuita. I modelli educativi non sono cambiati

---

<sup>97</sup> J. Reynolds, "You can't always get the hours you want: Mismatches between actual and preferred work hours in the U.S.," *Social Forces*, volume 81, number 4, June 2003; Michael White, *working hours: Assessing the potential for reduction*, International Labour Organization, December 1987; Robert E. Hall, *Wages, income and hours of work in the U.S. labor force*, Massachusetts Institute of Technology, working paper number 62, August 1970

radicalmente in cento anni. È fondamentale invertire questa tendenza ed affrontare quattro aspetti chiave per facilitare la transizione della forza lavoro:

- I. Mantenere una solida crescita economica per sostenere la creazione di posti di lavoro. Sostenere una crescita della domanda aggregata è fondamentale per sostenere la creazione di nuovi posti di lavoro, così come il sostegno ad una nuova formazione aziendale. Politiche fiscali e monetarie che garantiscano una sufficiente domanda, così come il sostegno agli investimenti e all'innovazione delle imprese, saranno essenziali. Anche iniziative mirate in determinati settori potrebbero aiutare, anche aumentando gli investimenti nelle infrastrutture e nelle transizioni energetiche, nonché nelle politiche per consentire un passaggio di lavoro domestico non retribuito come l'assistenza all'infanzia al mercato
- II. Ridimensionare e riqualificare le competenze della forza lavoro. Fornire riqualificazione e consentire alle persone di apprendere nuove capacità saranno sfide fondamentali. La riqualificazione a metà carriera diventerà sempre più importante. I governi possono svolgere un ruolo importante, come il governo degli Stati Uniti ha fatto in epoche precedenti con il GI Bill, che ha consentito a poco meno di otto milioni di veterani di andare all'università o essere riqualificato. Programmi che possono più rapidamente riorganizzare la forza lavoro concentrandosi sulla riqualificazione e sulle credenziali a livello di competenze potrebbe essere più importante dei titoli di studio.
- III. Migliorare il dinamismo delle imprese e del mercato del lavoro, inclusa la mobilità. Maggiore fluidità è necessaria nel mercato del lavoro per gestire questa difficile transizione. Questo include il ripristino della mobilità geografica ormai in declino nelle economie avanzate. Le piattaforme di talenti digitali e l'ascesa della "gig economy" possono favorirla facendo incontrare lavoratori e aziende che cercano le loro competenze fornendo molte nuove opportunità di lavoro per coloro che sono disposti a coglierle. I decisori politici nei paesi con mercati del lavoro relativamente rigidi possono imparare da altri che lo hanno deregolamentato, come la Germania, che ha trasformato la sua agenzia federale per la disoccupazione in una potente entità di corrispondenza del lavoro. I governi possono anche aggiornare le normative del mercato del lavoro per garantire che i lavoratori della gig economy non siano soggetti a discriminazione.
- IV. Fornire sostegno al reddito e alla transizione dei lavoratori. Sostegno al reddito e altre forme di assistenza alla transizione per aiutare i lavoratori disoccupati a trovare un'occupazione retribuita può risultare essenziale. Oltre alla riqualificazione, una serie di politiche può essere attivata, come ad esempio l'assicurazione sulla disoccupazione

o l'assistenza pubblica nella ricerca di lavoro. Possibili soluzioni per integrare i redditi, come politiche più complete sul salario minimo, reddito di base universale o guadagni salariali legati alla produttività, sono tutti oggetto di esplorazione.

Ai leader aziendali sarà chiesto di riorganizzare i processi e rivalutare le loro strategie di talento e le esigenze della forza lavoro, considerando attentamente quali sono le persone che possono essere riassegnate ad altri lavori e dove possono essere impiegati i nuovi talenti. Molte aziende stanno scoprendo che acquisire nuove competenze, formare e preparare i lavoratori per un nuovo mondo del lavoro è nel loro migliore interesse.

## 4 Intelligenza Artificiale ed Occupazione in Italia

### 4.1 Panoramica del mercato del lavoro italiano

Come in Europa, anche la struttura occupazionale italiana si sta trasformando influenzata da profonde innovazioni. Sono tre le grandi transizioni in atto sul mercato del lavoro nel medio periodo: la transazione digitale, la transazione ambientale e quella demografica. Tutte creano preoccupazione per il livello di disoccupazione nazionale.

Alcuni studiosi<sup>98</sup> hanno stimato che circa il 33% dei lavori è a rischio di sostituzione da parte dell'intelligenza artificiale se si considerano le quasi 800 occupazioni italiane contemplate nei database INAPP e Istat. A seconda dell'approccio utilizzato, che sia quello basato sull'occupazione (occupation-based)<sup>99</sup> oppure quello basato sui compiti (task-based)<sup>100</sup>, ci sono tra i 4 ed i 7 milioni di lavoratori a rischio di perdita del proprio posto di lavoro a causa dell'automazione.

La digitalizzazione del mercato del lavoro impatta su due aspetti: il primo, più evidente, riguarda il venir meno di alcuni lavori e, contemporaneamente, la creazione di nuovi lavori; in secondo luogo, si crea la necessità di apprendere nuove competenze. Infatti, le professioni del futuro richiederanno competenze più complesse e variegate. A tutto ciò si sta assistendo ad una "transizione verde" in campo energetico e ambientale, che porta allo sviluppo di opportunità occupazionali legate alle tecnologie rinnovabili.

La terza transizione è legata all'andamento demografico del paese: l'invecchiamento della popolazione rende la forza lavoro multigenerazionale e ha l'effetto di cambiare i modelli di consumo e di spesa.

A tutto ciò si aggiunge lo shock pandemico avvenuto nel corso del 2020, quando il PIL ha segnato -8,9%, il cui effetto sul livello occupazionale è stato parzialmente contenuto da politiche fiscali nazionali ed europee.

Nel 2020 si registra una diminuzione degli occupati del 2,0%, più intensa per la componente femminile con un calo di 249mila unità, pari al -2,5%, rispetto al -1,5% degli uomini. Nel corso del 2021 il piano vaccinale e le misure di contenimento hanno consentito una graduale ripresa

---

<sup>98</sup> M. Bannò, E. Filippi, S. Trento, *Rischi di automazione delle occupazioni: una stima per l'Italia*, Stato e Mercato, n. 3-2021

<sup>99</sup> C.B. Frey e M.A. Osborne, *Il futuro dell'occupazione: quanto sono le occupazioni suscettibili alla computerizzazione?*, *Technological Forecasting and Social Change*, 2017

<sup>100</sup> L. Nedeloska, G. Quintini, "Automation, Skills use and training" *OECD Social, Employment and Migration Working Paper*, 2018

dell'attività economica, che è andata via via consolidandosi e rafforzandosi arrivando a una crescita del PIL del 6,2%, nettamente superiore alle previsioni di inizio anno<sup>101</sup>.

L'economia italiana ha risentito anche dello scoppio della guerra Russia-Ucraina, che ha portato ad un clima di incertezze, crisi energetica e difficoltà nel reperimento di materie prime. Nonostante ciò, il periodo estivo ha contribuito ad una crescita del settore turistico, decelerano invece il settore manifatturiero e delle costruzioni, rispettivamente -18,8% e - 27,5% di lavoratori richiesti rispetto al 2021.

Queste percentuali negative sono state parzialmente contenute da iniezioni di fiducia da parte delle istituzioni, il principale sostegno viene dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), 191,5 miliardi di fondi straordinari dell'Unione Europea, di cui 68,9 miliardi a fondo perduto. L'Italia è tra i principali beneficiari del piano d'aiuti denominato Next Generation EU: il Dispositivo per la Ripresa e Resilienza (RRF) e il Pacchetto di assistenza alla Ripresa per la Coesione e i Territori di Europa (REACT-EU). L'erogazione di questi fondi è vincolata al rispetto degli obiettivi strategici del piano europeo: digitalizzazione e innovazione, transizione ecologica e inclusione sociale.

Nella Missione 1 del Piano presentato dal Governo italiano e approvato dalla Commissione Europea è affrontato il tema della "Digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura. Ha una dotazione complessiva di 40,29 miliardi di euro e ha come obiettivo la modernizzazione digitale delle infrastrutture di comunicazione del Paese, nella Pubblica Amministrazione e nel suo sistema produttivo. È articolata in 3 componenti: la prima è dedicata alla digitalizzazione della PA (dote 9,72 mld), la seconda alla digitalizzazione del sistema produttivo (23,89 mld) e la terza ai settori che più caratterizzano l'immagine dell'Italia nel mondo: il turismo e la cultura (6,68 mld)"<sup>102</sup>.

Con riferimento specifico al mercato del lavoro, anche nella "Missione 5 – inclusione e coesione" sono previsti 4 principali interventi: potenziare le politiche attive, rafforzare i centri per l'impiego, incentivare l'occupazione femminile e promuove l'acquisizione di nuove competenze per far incontrare domanda e offerta per ridurre il mismatch.

Alla luce di una rivoluzione digitale di tutti i settori, compresa la pubblica amministrazione, l'incremento delle competenze e delle prospettive occupazionali dei giovani rappresenta una

---

<sup>101</sup> ANPAL e Unioncamere, *PREVISIONI DEI FABBISOGNI OCCUPAZIONALI E PROFESSIONALI IN ITALIA A MEDIO TERMINE (2022-2026)*

<sup>102</sup> <https://www.governo.it/it/approfondimento/le-missioni-e-le-componenti-del-pnrr/16700>

delle tre priorità del PNRR, ragion per cui la parità generazionale è un obiettivo trasversale e previsto in ciascuna missione del Piano<sup>103</sup>.

## 4.2 Digitalizzazione e Fabbisogni occupazionali in Italia

Unioncamere in una delle ultime sue pubblicazioni sul mondo del lavoro, annuncia che, nei prossimi 5 anni assisteremo ad un'espansione economica che richiederà un aumento occupazionale da 1,3 milioni a 1,7 milioni.

Nel mese di maggio, le previsioni del Sistema informativo Excelsior Unioncamere/ANPAL registrano, per il periodo da maggio a luglio 2022, un fabbisogno di 1.531.450 lavoratori la maggior parte dei quali (1.209.060) richiesti dal settore dei servizi (in particolare i servizi alle imprese, turistici e di ristorazione), a seguire l'industria con 322.400 lavoratori previsti in entrata soprattutto nel settore manifatturiero e Public utilities. Le province che registrano più entrate sono Roma, Milano e Napoli mentre quelle che offrono maggiori opportunità per i giovani sono Trieste, Reggio Emilia e Cuneo<sup>104</sup>.

Le economie di tutto il Mondo presentano ancora un clima di incertezza legata all'evoluzione della guerra Russia-Ucraina e al Covid19, ma è proprio grazie a questi due eventi catastrofici che abbiamo assistito all'incremento produttivo dei settori e delle professioni che utilizzano le tecnologie digitali con maggiore intensità. Tanto che, il 20% dei fondi del regolamento NGEU sono destinati alla transizione digitale. Questa transizione tecnologica e la digitalizzazione rendono necessaria della formazione e il possesso delle competenze digitali oltre ad aumentare le domande di determinate figure professionali.

Le occupazioni italiane con la più alta probabilità di automazione sono quelle che richiedono attività di routine come, ad esempio, lo scambio di informazioni, la vendita e tutte le attività manuali che sono per lo più concentrate nel settore dei trasporti, della logistica, del supporto d'ufficio e amministrazione, della produzione e della vendita.

Le attività con una minore probabilità di automazione richiedono abilità come la percezione, la manipolazione, l'intelligenza creativa e l'intelligenza sociale. Tra queste professioni figurano il management, le professioni legali, l'istruzione, l'assistenza sanitaria e l'arte. Sono professioni che richiedono un livello di istruzione elevato e sono caratterizzate da aspetti prettamente umani

---

<sup>103</sup> Decreto-legge n. 36/2022 (PNRR-2)

<sup>104</sup> Commissione Europea, Informazioni sul mercato del lavoro: Italia - [https://ec.europa.eu/eures/public/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-italy\\_it](https://ec.europa.eu/eures/public/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-italy_it)

come la creatività, l'adattamento, la gestione delle relazioni interpersonali, la formazione, la collaborazione con altre persone.

Figurano comunque delle eccezioni, legate a professioni con una bassa probabilità di automazione dove sono impiegati lavoratori a bassa qualifica: fotografi, sarti, idraulici, parrucchieri e camerieri, i quali, dato il contatto continuo con il cliente, risultano difficili da sostituire tramite un algoritmo artificiale.

Così come dall'altra parte esistono professioni che presentano una buona probabilità di automazione che impiegano lavoratori altamente qualificati e con salari medio-alti come le professioni contabili, i fiscalisti, gli addetti alle buste paga; questo prevalentemente a causa del basso grado di interazione con il pubblico e dalla relativa sistematicità e ripetitività dei compiti.

Se da un lato l'Italia è al secondo posto in Europa per stock di robot, dall'altra l'adozione di nuove tecnologie da parte delle imprese è disomogenea e segna il passo in molti settori, a causa di una diversa struttura dell'offerta, molto più sbilanciata sulle piccole e medie imprese.

Nel nostro paese, infatti, il rischio di automazione effettiva sembra essere inferiore rispetto ad altre realtà soprattutto a causa di un tessuto economico caratterizzato dalla presenza di numerose imprese di piccole dimensioni o a controllo familiare. Ciò determina una ridotta propensione all'investimento in nuove tecnologie. Queste imprese si contraddistinguono anche per una particolare attenzione al lavoratore, preferendo una "ridefinizione" della sua figura professionale piuttosto che la mera sostituzione con un robot.

L'altra caratteristica che contraddistingue l'Italia è la struttura delle aziende prevalentemente di tipo familiare, che rende difficile immaginare una massiccia adozione dell'automazione poiché questa comporterebbe significativi cambiamenti nel modello di business e in quello organizzativo. Infatti, la sfida principale sta proprio nel cambiamento della struttura organizzativa e della governance, quali ad esempio la ridefinizione dei ruoli, dei processi e del sistema di deleghe decisionali e responsabilità, che non tutte le imprese, in particolare quelle piccole o a struttura familiare, sono pronte ad affrontare.

Occorre sottolineare che la robotica non ha determinato solo fenomeni di "disoccupazione tecnologica" ma ha anche contribuito, seppure in modo contenuto, a ridurre il tasso di disoccupazione in alcuni settori e regioni, con importanti differenze tra le diverse categorie professionali.



Alcuni autori<sup>105</sup> dimostrano come il punto chiave sia la distinzione tra attività complementari ai robot e quelle sostituibili dai robot stessi. I posti di lavoro destinati agli addetti ai robot sono aumentati del 50% in meno di dieci anni, con un aumento maggiore nelle aree dove sono stati utilizzati di più. Questa constatazione è coerente con l'idea che laddove le aziende investono di più nella robotica, aumenta anche il numero di lavoratori che si prendono cura di loro e che svolgono attività complementari ad essi, fenomeno che viene definito come “effetto reintegrativo”<sup>106</sup>.

Al contrario, non si rilevano cambiamenti significativi né nelle dinamiche occupazionali delle occupazioni esposte ai robot né negli esiti aggregati del mercato del lavoro.

Pertanto, si può concludere che anche in Italia l'introduzione della robotica ha portato ad una contrazione dell'offerta per alcune occupazioni di tipo routinario, compensata però dal maggior impiego in quelle di tipo cognitivo. La stima è che un aumento dell'1% nell'impegno di robot porti a un incremento dello 0.29% degli operatori che svolgono attività complementari.

### 4.3 Lo Skill Mismatch in Italia

Nella transizione digitale è centrale l'evoluzione del mondo del lavoro, richiede competenze multidisciplinari: tecniche, scientifiche ed umanistiche. Infatti, nel PNRR, nella “Strategia annuale per la crescita sostenibile 2021”<sup>107</sup> e nella “Strategia Nazionale per le Competenze Digitali” sono previsti interventi e investimenti in termini di reskill e upskill. Istruzione e formazione superiore, forza lavoro attiva, competenze specialistiche nel campo dell'ICT e cittadini sono i 4 pilastri di intervento della nuova Strategia Nazionale. Inoltre, per sostenere le imprese che promuovono l'innovazione e la digitalizzazione sono previsti agevolazioni di varia natura come crediti di imposta, R&S e attività di formazione, incentivata la produzione nel campo della microelettronica e la diffusione delle reti ultraveloci.

Questo processo innovativo sta portando ad una digitalizzazione di sistemi di lavoro e attività produttive, come smart working ed e-commerce, ma anche ad una maggiore diffusione delle competenze digitali sia dei lavoratori che della popolazione.

---

<sup>105</sup> M.Caselli, A.Fracasso, S.Scicchitano, S.Traverso, E.Tundis: “Stop Worrying and love the robot: an activity-based approach to assess the impact of robotization on employment dynamics”, INAPP 2021

<sup>106</sup> Acemoglu e Restrepo: “Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor”, Journal of Economic Perspectives Vol 33 N. 2, 2019

<sup>107</sup> COM 2020, 575 final. Bruxelles, 17/09/2020

Così nel prossimo quinquennio cambiano anche le competenze professionali richieste. Oggi si parla di e-skill mix, intendendo con questo le competenze digitali di base, la capacità di utilizzare linguaggi e metodi matematici e informatici e capacità di gestire soluzioni innovative<sup>108</sup>. Non a caso le professioni che in futuro verranno maggiormente cercate sono quelle degli ingegneri elettronici e in telecomunicazioni, programmatori, gestori di rete e sistemi telematici. A queste professioni si aggiungono quelle dei big data specialist, esperti di IA, robotica e IoT.

Figura 22: Fabbisogni Occupazionali con e-skill (2022-2026)<sup>109</sup>



Fonte: Unioncamere, 2021

È rilevante, inoltre, l'incremento degli investimenti nelle tecnologie, tra cui cloud, mobile, big data analytics, cyber security, IoT e software per l'acquisizione e la gestione di dati a supporto delle decisioni, della progettazione e ingegnerizzazione dei prodotti/servizi.

Anche alcuni studi internazionali<sup>110</sup> confermano che la crescente domanda in tutto il mondo di automazione, intelligenza artificiale e digitalizzazione stimolerà la richiesta di una vasta gamma di lavoratori come tecnici di riparazione robot e ingegneri di stampa 3D, e lo sviluppo di "professioni del futuro" come, ad esempio, lo *smart home designer*, che integra le competenze legate all'Internet of Things al design e arredo, e figure dedicate al controllo degli algoritmi.

<sup>108</sup> Sistema Informativo Excelsior, Le Competenze digitali, Unioncamere-ANPAL, 2021

<sup>109</sup> Scenario A: Tasso di crescita del PIL del 4,2% e gli anni successivi, previsione fatta dal Fondo Monetario Internazionale nel World Economic Outlook 2021. Lo scenario B prevede una crescita del 4,7% nel 2022, +2,8% nel 2023 e 1,9% nel 2024.

<sup>110</sup> McKinsey Global Institute (2021), The future of work after COVID-19

Mentre per alcune professioni emerge un eccesso non trascurabile di offerta di posti di lavoro, altre professioni vengono ridimensionate e tendono via via a scomparire. È indubbio che la rapidità con quale le nuove tecnologie sembrano distruggere posti di lavoro comporti la necessità di una riflessione sul sistema di sostegno generalizzato al reddito di chi perde lavoro. Tra le misure suggerite per rallentare o comunque contrastare la disoccupazione tecnologica, alcuni autori,<sup>111</sup> suggeriscono interventi per la creazione di nuovi posti di lavoro in attività “non automatizzabili” in modo da poter trovare occupazione a chi è stato rimpiazzato dalla tecnologia e proteggerlo dal rischio di ulteriore sostituzione e parallelamente un investimento significativo nell’istruzione e la formazione pre-ingresso nel mondo del lavoro o durante l’intera vita lavorativa.

Quella della formazione delle risorse rappresenta una delle principali barriere ad un più rapido e pervasivo sviluppo dell’AI in Italia. L’AI nel nostro paese vale circa 330 milioni di euro di giro d’affari<sup>112</sup> ma nonostante i tassi di crescita a doppia cifra (ci si aspetta un +22% in media tra il 2022 ed il 2024 ed una crescita del 25% nell’impiego dei robot industriali<sup>113</sup>) essa rappresenta appena il 4,5% del mercato europeo. Una causa di questo ritardo va individuata nella scarsa adozione dell’IA nelle Piccole e Medie Imprese. Solo il 6% delle PMI ha avviato progetti di AI nell’ultimo anno. Inoltre, chi offre soluzioni di AI deve confrontarsi con un mercato del lavoro non ancora pronto ad offrire competenze adeguate, con una data economy ancora inefficiente ed una domanda non ancora matura. La sfida per i fornitori di applicazioni basate sull’AI ed i *System Integrator* è proprio quella di sviluppare le competenze necessarie presso i clienti nell’ottica di una formazione “*on the job*” implementata attraverso l’uso consapevole della tecnologia.

Quella del c.d. *skill mismatch* è sicuramente una delle principali sfide sul mercato italiano come evidenziato da autorevoli studi<sup>114</sup>, i quali indicano l’Italia come il Paese europeo con il più alto tasso di differenza fra le competenze possedute e quelle richieste dal mercato, seguito da Spagna, Repubblica Ceca, Irlanda e Austria. Lo studio dell’OCSE recita: “il rischio maggiore di automazione in Italia e negli altri Paesi del Sud Europa è associato ad una serie di fattori: un livello di istruzione mediamente inferiore, un’economia più rurale e un settore commerciale più ampio. Le economie rurali, per esempio, hanno una minore percentuale di posti di lavoro nel settore dei servizi, che hanno probabilità più basse di essere automatizzate”.

---

<sup>111</sup> M. Bannò, E.Filippi, S.Trento, *Rischi di automazione delle occupazioni: una stima per l’Italia, Stato e Mercato, n. 3-2021*

<sup>112</sup> Fonte: Anitec-Assinform, NetConsulting cub

<sup>113</sup> Il Sole 24 Ore: Rapporti, *Industria Meccanica, 17/05/2022*

<sup>114</sup> OCSE, “*Job Creation and Local economic Development. Preparing for the future of Work*” 2018 OECD

L'Italia è anche l'unico paese del G7 in cui la quota di lavoratori laureati in posti con mansioni di routine è più alta di rispetto a quelle non di routine. In altre parole, i laureati pur di trovare lavoro accettano impieghi con mansioni non all'altezza delle loro competenze. La questione si lega anche alla tipologia di contratti di lavoro, oltre che alla struttura industriale. Partendo dall'osservazione che "i contratti di lavoro atipici si stanno sviluppando in modo sempre più disomogeneo e precario", il rapporto spiega che le regioni che già versano in peggiori condizioni economiche tendono ad avere una maggiore quota di posti di lavoro con forme atipiche di contratto. Le strade da seguire però sono varie a seconda del tipo di area a cui si fa riferimento. Le regioni più avanzate sono in grado di generare occupazione più al riparo dall'automazione e per questo le politiche devono preoccuparsi di chi ha perso il lavoro a causa della bassa qualifica.

Il tema delle competenze è complesso e multidimensionale: non si può pensare di agire solo sulla formazione scolastica, universitaria e tecnica o, in alternativa, su chi è già occupato, con percorsi di formazione continua volti all'upskilling e reskilling dei dipendenti. È invece necessario fornire le abilità fondamentali per comprendere appieno il significato delle soluzioni di AI che verranno di volta in volta sviluppate in azienda e che saranno destinate ad avere impatti sull'intero modello di business. L'obiettivo è permettere che l'interazione uomo-macchina intelligente produca effetti positivi sulla qualità del lavoro. Questo risultato si può ottenere solo se il personale è formato per l'utilizzo di queste nuove tecnologie.

È necessario, quindi, rivedere le politiche del lavoro partendo da un aggiornamento dell'offerta educativa e formativa attraverso un concreto sostegno infrastrutturale allo sviluppo di corsi divulgativi e professionalizzanti sull'IA. Si tratterebbe di un'azione di grande valore strategico per rafforzare l'intero ecosistema dell'intelligenza artificiale: il sostegno alla formazione, previsto nel PNRR, dovrebbe anche incentivare questo tipo di iniziative<sup>115</sup>.

#### 4.4 Potenziali sviluppi dell'AI: la Meccatronica

Meccatronica e robotica sono spesso legati: la meccatronica è la scienza che combina meccanica ed elettronica, per progettare, sviluppare e controllare sistemi e processi a elevato grado di automazione e integrazione. La meccatronica, con più di 50mila aziende attive e più di 900 mila dipendenti, 250 miliardi di euro di fatturato ed una forte componente di

---

<sup>115</sup> "L'IA a tre dimensioni. Approfondimenti su policy, tecnologie ed esperienze aziendali", Anitec-Assinform

esportazione<sup>116</sup>, è la punta di diamante della manifattura meccanica italiana, dove il nostro Paese vanta un'importanza storica e dove, anche nell'R&D, le aziende che vi lavorano esprimono un elevato tasso d'innovazione e di digitalizzazione.

Proprio per questa sua propensione all'innovazione e alla digitalizzazione, la meccatronica conta su un sempre maggiore apporto dell'AI per ottimizzare la produzione, ma anche per garantire una migliore interazione tra uomo e macchina. In Italia si contano diversi centri di ricerca che lavorano al presente e al futuro della meccatronica, dal green manufacturing alla robotica collaborativa, puntando anche a una maggiore autonomia e "intelligenza" delle macchine.

L'attività di ricerca, pura o applicata, opera prevalentemente per ottimizzare i processi produttivi, renderli più efficienti e migliorare l'interazione uomo-macchina. Il ruolo della ricerca e dell'AI nella meccatronica è importante, specie quella applicata, come dimostrato da diverse iniziative, tra università e impresa<sup>117</sup>. I filoni su cui si lavora sono diversi, dalla manutenzione predittiva allo sviluppo di strumenti e soluzioni sensoriali innovative per la caratterizzazione del processo di taglio e dell'output della lavorazione, a strumenti per la modellazione virtuale e di funzionalità interpretative/decisionali basate su tecniche di intelligenza artificiale.

Notevoli prospettive saranno offerte dall'e-commerce, dalla logistica e dal packaging dove robot a guida automatizzata (AGV) e robot mobili autonomi (AMR) sono particolarmente richiesti soprattutto dopo la pandemia, in un mondo di produzione "a distanza" improvvisamente privato di manodopera in cui i robot industriali sono diventati una vera e propria necessità.

Il futuro guarda alle linee del Piano Nazionale della Ricerca 2021-2027 e, in particolare, all'ambito specifico della robotica e ai trend delineati anche nel comparto Industry 4.0. In esso si fa specifico riferimento all'evoluzione dell'AI *«verso l'intelligenza collaborativa*

---

<sup>116</sup> Fonte: Unindustria Reggio Emilia, 2020

<sup>117</sup> Fra tutte: i) il recente accordo siglato tra STMicroelectronics e il Politecnico di Milano, per l'avvio di un centro di ricerca sulla tecnologia MEMS (materiali per i sensori); ii) l'I-Labs Industry, sorto nelle Marche, nato per consolidare nuove tecnologie per la produzione flessibile, che collaborerà con il Competence Center Artes 4.0, specializzato in robotica e intelligenza artificiale; iii) progetto DIGIMAN, sulle macchine automatiche, guidato dal consorzio MUSP (Macchine Utensili e Sistemi di Produzione) di Piacenza, focalizzato sulla sensorizzazione e diagnostica delle macchine automatiche; iv) Il MeRLIn (Mechatronics and Robotics Lab del Politecnico di Milano) dove la ricerca è impegnata a creare le migliori condizioni per favorire l'interazione uomo-robot.

*relativamente all'interfaccia tra persona e sistema cyber fisico, interazione con robot, con macchinari e più in generale con sistemi complessi».*

Queste branche dell'AI sono senza dubbio foriere di interessanti opportunità di sviluppo in settori dove l'Italia vanta un primato ed una tradizione internazionale consolidata negli anni. La sfida rimane quella di creare le condizioni perché queste nuove tecnologie possano essere assimilate dal tessuto imprenditoriale e gestite da una forza lavoro che necessita di un notevole impulso di formazione e riqualificazione professionale.

## Conclusioni

Resilienza ed ottimizzazione sono state due parole ricorrenti negli ultimi due anni caratterizzati, in tutto il mondo, da una forte crisi economica e sanitaria. Infatti, dal 2020, con la pandemia da Covid-19, abbiamo dovuto modificare le nostre abitudini quotidiane, le attività lavorative e molte aziende hanno dovuto adottare misure straordinarie per poter continuare ad operare.

Tuttavia, come spesso accade durante le crisi economiche e non, vengono trovate soluzioni e idee innovative, mai pensate prima, e capaci di riportare le varie economie a livelli pre-crisi.

McKinsey<sup>118</sup>, nel suo report annuale, mostra che le aziende che avevano adottato soluzioni legati al processo di digitalizzazione già prima della pandemia, ovvero soluzioni Industria 4.0, anche chiamate imprese Early Adopters, si trovano in una posizione win-win, perché la loro dimestichezza con le tecnologie gli ha permesso di confrontarsi e adattarsi in modo maggiormente efficaci ed efficiente alle restrizioni dettate dalla pandemia.

L'Europa si avviava verso la digitalizzazione già prima della crisi sanitaria, infatti, a febbraio 2020, la Commissione UE aveva lanciato linee strategiche con l'idea di comunicare il progetto "Plasmare il futuro digitale dell'Europa". L'obiettivo di questo documento è quello di mettere al centro il cittadino, perseguendo 3 finalità chiave: una tecnologia al servizio delle persone, un'economia equa e competitiva e una società aperta, democratica e sostenibile.

Il valore dell'industria 4.0, nel 2020, è di circa 86 miliardi di dollari, con un CARG 2022-2026 pari a circa il 20%. L'area geografica che è cresciuta con più rapidità nel 2020 è quella Asiatica, ma l'Europa resta il mercato Industria 4.0 più grande<sup>119</sup>.

L'industria 4.0 spazia tra aree di competenza molto variegata, va dai big data al cloud, dalla cyber-security all'Internet of Things. In più, l'implementazione di innovazioni e tecnologie 4.0 non vuole solo rivoluzionare il modo di lavorare ma anche contribuire alla tutela dell'ambiente, aiutando le imprese ad essere meno energivore.

Come si evince dalla lettura di questo elaborato, è chiaro che le nuove tecnologie portano diversi vantaggi e permettono alle industrie di essere maggiormente competitive, ma destano preoccupazione per quanto riguarda i livelli occupazionali, soprattutto di quelle figure con mansioni ripetitive e a basso valore aggiunto, facilmente sostituibili da macchinari intelligenti.

---

<sup>118</sup> <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/covid-19-an-inflection-point-for-industry-40>

<sup>119</sup> <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/industry-4-0-market>

Una delle applicazioni dell'IA maggiormente discussa in relazione al mondo del lavoro è la mecatronica. Si tratta di una disciplina che presenta un'integrazione sinergica tra ingegneria meccanica, elettronica e sistemi di controllo intelligenti. I principali campi di applicazione della mecatronica sono la robotica, l'automazione industriale, la biomecatronica, l'avionica, i sistemi meccanici automatici degli autoveicoli e gli azionamenti elettrici.

In Italia, l'industria mecatronica è il motore dell'economia e degli investimenti in ricerca e sviluppo, con circa 1,6 milioni di addetti, esporta per 200 miliardi, produce ricchezza per 100 miliardi e realizza l'82% della produzione ad alta e medio-alta tecnologia.

Tuttavia, l'immagine di questo segmento produttivo è spesso negativa, legata a vecchi stereotipi che non rappresentano l'evoluzione percorsa dalle imprese del settore. È un comparto mosso da 4 motori: il primo motore è "l'uomo mecatronico", perché dietro questa grande trasformazione ci sono sempre le persone; il secondo è dato "dall'impresa mecatronica", in quanto non si tratta di una trasformazione solo a livello produttivo, ma coinvolge l'intera catena del valore e i modelli di business; l'unione di questi due motori porta "all'ingegno mecatronico", ovvero quanto viene realizzato dagli uomini nelle imprese; l'ultimo motore è denominato "l'universo mecatronico", è l'essenza dell'impresa, si tratta di quell'ecosistema di valori e relazioni che legano le imprese al territorio<sup>120</sup>.

Il mercato richiede sempre più prodotti che combinino meccanica ed elettronica, e dotati di un sistema di controllo, come avviene con la domotica, la robotica e nella componentistica di autoveicoli. In questo panorama si rende necessario lo sviluppo di professionalità che possiedano competenze eterogenee.

La figura professionale del mecatronico viene introdotta con la Legge 224/2012, modifica necessaria dall'evoluzione dei veicoli a motore, sempre più regolati dall'elettronica. C'è, quindi, un bisogno di personale qualificato crescente, non sempre facile da reperire sul mercato.

I nuovi tecnici dell'industria devono possedere inoltre un elevato livello di "comprensione digitale" che consenta di interagire con i nuovi sistemi manifatturieri. È necessario essere in grado di comprendere, completare e sviluppare nuovi sistemi digitali, tecnologie di ultima generazione, applicazioni e strumenti. In ambito cybersecurity è necessario comprendere come il digitale accresca l'intera catena del valore della manifattura, come impiegare nuove soluzioni di intelligenza artificiale e di data analytics.

---

<sup>120</sup> Assolombarda, Il Progetto #ITALIAMECCATRONICA, 2019



In sostanza, le nuove tecnologie, l'IA, l'innovazione e l'automazione, non intendono aumentare il livello di disoccupazione, bensì rendere il sistema produttivo più efficiente e maggiormente efficace in termini di tempo, capacità produttiva e minimizzazione dei costi. Quello che l'industria 4.0 richiede è una riorganizzazione del modello di lavoro e si richiedono addetti specializzati con una base nelle competenze tecnologiche. In sostanza, non c'è più posto per figure non qualificate e senza skill.

Le competenze richieste dalle imprese 4.0, nel nostro paese, sono ancora scarse. Durante l'ultima edizione del World Manufacturing Forum<sup>121</sup>, l'impatto potenziale dello skill shortage in Italia da qui al 2028, se non verrà colmato il gap di competenze, è stimato in una perdita di circa 173 miliardi di PIL, cioè lo 0,6% del PIL potenziale ogni anno.

In altri termini, le competenze digitali sono la chiave per l'adozione delle tecnologie sia da parte di imprese che di cittadini, ma anche perché sono il riflesso di una capacità di sviluppare, progettare, produrre e commercializzare nuove tecnologie e soluzioni digitali che generano valore e occupazione per il territorio e possono favorire e accelerare il processo di transizione.

---

<sup>121</sup> World Manufacturing Forum, "Skills for the future of manufacturing", 2019

## Bibliografia

Acemoglu e Restrepo: "Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor", Journal of Economic Perspectives Vol 33 N. 2, 2019

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2016). The Race between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment. NBER Working Paper.

Acemoglu, Daron. 2002. "Technical Change, Inequality, and the Labor Market." Journal of Economic Literature, 40 (1): 7-72.

ANPAL e Unioncamere, PREVISIONI DEI FABBISOGNI OCCUPAZIONALI E PROFESSIONALI IN ITALIA A MEDIO TERMINE (2022-2026)

Arntz, M., et al. (2016) The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, OECD Publishing, Paris

Autor, Levy, and Murnane (2003), The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration, NBER

B. Herrendorf, R. Rogerson and Á.Valentinyi, "Growth and structural transformation," in Handbook of Economic Growth, Philippe Aghion and Steven N. Durlauf, eds., volume 2, Elsevier, 2014

"Brynjolfsson, E. (1993) The Productivity Paradox of Information Technology: Review and Assessment. Communications of ACM, 36, 66-77. <http://dx.doi.org/10.1145/163298.163309>"

Brynjolfsson, E., & McAfee, A.P. (2011). Race against the machine: how the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy.

Brynjolfsson, Erik, Tom Mitchell, and Daniel Rock. 2018. "What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy?" AEA Papers and Proceedings

C.B. Frey e M.A. Osborne, Il futuro dell'occupazione: quanto sono le occupazioni suscettibili alla computerizzazione?, Technological Forecasting and Social Change, 2017

Canna F., Tecnologia e occupazione, in Italia tra 4 e 7 milioni di lavoratori rischiano il posto (ma non è detto che lo perderanno), InnovationPost, 9 Dicembre 2021 – disponibile a: [https://www.innovationpost.it/2021/12/09/tecnologia-e-occupazione-in-italia-tra-4-e-7-milioni-di-lavoratori-rischiano-il-posto-ma-non-e-detto-che-lo-perderanno/#In\\_Italia\\_ce\\_meno\\_job\\_polarization](https://www.innovationpost.it/2021/12/09/tecnologia-e-occupazione-in-italia-tra-4-e-7-milioni-di-lavoratori-rischiano-il-posto-ma-non-e-detto-che-lo-perderanno/#In_Italia_ce_meno_job_polarization)

Chandler, A. (1977). The visible hand: The managerial revolution in american business. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Clark, 2008 rileva che i salari reali nel periodo dal 1760 al 1860 sono cresciuti più velocemente del PIL pro capite; Williamson, 1983; Feinstein (1998),

COM 2020, 575 final. Bruxelles, 17/09/2020

Commissione Europea, Informazioni sul mercato del lavoro: Italia - [https://ec.europa.eu/eures/public/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-italy\\_it](https://ec.europa.eu/eures/public/living-and-working/labour-market-information/labour-market-information-italy_it)

Computing inequality: have computers changed the labor market? D. Autor, L.F. Katz, A.B. Krueger, Quarterly Journal of Economics, 1998

D. Acemoglu, P. Rastrepo, "Robots and Jobs, Evidence from US labor markets", NBER Working Papers, National Bureau of economic Research, 2017

D. Autor: Work of the Past, Work of the Future, AEA Papers and Proceedings, 2019

D. Autor: Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, Journal of economic Perspectives, 2015

"David H. Autor and David Dorn, The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market, American Economic Review 2013, 103(5): 1553–1597 <http://dx.doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>"

"DAVID J. DEMING, THE GROWING IMPORTANCE OF SOCIAL SKILLS IN THE LABOR MARKET, Harvard University, 2017"

Decreto-legge n. 36/2022 (PNRR-2)

European Commission, Digital Economy and Society Index (DESI) – European Analysis 2022 – disponibile a: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/desi>

G. Graetz, G. Michaels, "Robots at Work", IZA Discussion Papers 2015

Gentile E., "Fu un miracolo, ma umano", Il Sole 24Ore, 23 ottobre 2011, disponibile a: [https://st.ilsole24ore.com/art/cultura/2011-10-23/miracolo-umano-081547.shtml?uuid=AaAVPGFE&refresh\\_ce=1](https://st.ilsole24ore.com/art/cultura/2011-10-23/miracolo-umano-081547.shtml?uuid=AaAVPGFE&refresh_ce=1)

"Goldin, C., and L. F. Katz. 1998. "The Origins of Technology-Skill Complementarity." The Quarterly Journal of Economics 113 (3) (August 1): 693–732. doi:10.1162/003355398555720"

Goos et al. (2009). Job Polarization in Europe. American Economic Review, 99, 58-63.

Goos, Maarten, Alan Manning, and Anna Salomons. 2014. "Explaining Job Polarization: Routine-Biased

H. Aly, Digital transformation, development and productivity in developing countries: is artificial intelligence a curse or a blessing?, 2020

Il Sole 24 Ore: Rapporti, Industria Meccanica, 17/05/2022

J. Reynolds, "You can't always get the hours you want: Mismatches between actual and preferred work hours in the U.S.," Social Forces, volume 81, number 4, June 2003; Michael White, working hours: Assessing the potential for reduction, International Labour Organization, December 1987; Robert E. Hall, Wages, income and hours of work in the U.S. labor force, Massachusetts Institute of Technology, working paper number 62, August 1970

J.M. Keynes, Possibilità Economiche per i nostri nipoti, 1930

- Joint Research Center (JRC), Artificial Intelligence: a European perspective, EU Commission 2018
- Katz, L.F. and Murphy, K.M. (1992) Changes in Relative Wages, 1963-1987: Supply and Demand Factors. *The Quarterly Journal of Economics*, 107
- "Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2017). Artificial Intelligence and Its Implications for Income Distribution and Unemployment. NBER Working Paper No. 24174.
- L. Micic "Digital transformation and its influence on GDP", *ECONOMICS*, Vol. 5 No. 2, pp. 135-147, 2017
- L. Nedeloska, G. Quintini, "Automation, Skills use and training" OECD Social, Employment and Migration Working Paper, 2018
- M. Bannò, E.Filippi, S.Trento, Rischi di automazione delle occupazioni: una stima per l'Italia, *Stato e Mercato*, n. 3-2021
- M. Huberman e C.Minns, "I tempi non stanno cambiando: giorni e ore di lavoro nel Vecchio e nel nuovo Mondo, 1870-2000", *Esplorazioni in Storia economica*, 2007; ILO; US Bureau of Labor Statistics; Indagine sulle forze di lavoro dell'ONS
- M.Caselli, A.Fracasso, S.Scicchitano,S.Traverso, E.Tundis: "Stop Worrying and love the robot: an activity-based approach to assess the impact of robotization on employment dynamics", INAPP 2021
- Mc Kinsey Global Institute, "Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions In A Time Of Automation", 2017
- Mc Kinsey Global Institute, "Jobs lost, Jobs gained: workforce transitions in a time of automation", 2017
- Mc Kinsey Global Institute: Skills Shift Automation and the future of the workforce, 2018
- Mc Kinsey Global Institute: the future of work in Europe, Discussion Paper, 2020
- McKinsey Global Institute (2021), The future of work after COVID-19
- Mokyr, 1990, *The Level of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*, Oxford University Press, 1990
- OCSE, "Job Creation and Local economic Development. Preparing for the future of Work" 2018 OECD
- P.Aghion e P. Howitt, "A model of growth through creative destruction", *Econometrica*, Vol. 60 No2, 1992
- Paradox of Abundance: automation anxiety returns, D.A. Autor, University Press, 2015
- R. Bukht, R. Heeks: "Defining, Conceptualising and Measuring the Digital Economy" Centre for Development Informatics, University of Manchester, UK 2017
- Sabbagh, K., F., R.O.M.A.N., El-Darwiche, B.A.H.J.A.T., Singh, M.I.L.I.N.D. and Koster, A.L.E.X. (2013), "Digitization for economic growth and job creation: regional and industry perspective", *The global information technology report*, 2013

Sachs, Jeffrey D. and Kotlikoff, Laurence J., Smart Machines and Long-Term Misery (December 2012). NBER Working Paper No. w18629, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2192802>

Schumpeter, Capitalism, socialism and democracy, Harper & Row New York, 1962

Sistema Informativo Excelsior, Le Competenze digitali, Unioncamere-ANPAL, 2021

Solow, Technical Change and the Aggregate Production Function, The Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3 (Aug., 1957)

T. Telegescu, IT in the workspace – The need for digital transformation, De Gruyter Open, 2018

The future of employment: how susceptible are jobs to computerization? C. B. Frey, M.A. Osborne, 2013

The impact of artificial intelligence on labor productivity, G.Damioli, V.Van Roy,D.Vertesy Eurasian Business Review 2021

Timothy F. Bresnahan,Shane Greenstein, Technological Competition and the Structure of the Computer Industry, The Journal of Industrial Economics, March 2013, <https://doi.org/10.1111/1467-6451.00088>

Trento S., le tecnologie possono favorire la creazione di nuovi prodotti, settori e professioni, <https://www.unibs.it/it/ugov/person/3469>

Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation, Journal of economic Perspectives, 2015

Work of the Past, Work of the Future by D. Autor, R.T. Ely Lecture 2019

World Manufacturing Forum, “Skills for the future of manufacturing”, 2019