



**Dipartimento di Impresa e Management
Cattedra di Storia dell'Economia e dell'Impresa**

**Lavoro e industria 4.0: come il lavoro è cambiato nel
corso del tempo e come esso si presenta al giorno
d'oggi**

RELATORE:

Prof. Amedeo Lepore

CANDIDATO:

Nicola Filosa

Matricola: 222911

Anno Accademico 2019/2020

Indice

Introduzione.....	3
1. Cenni storici sull'evoluzione del sistema industriale.....	4
1.1 La prima rivoluzione industriale	4
1.2 La seconda rivoluzione industriale	11
1.3 La terza rivoluzione industriale.....	16
2. La quarta rivoluzione industriale.....	21
2.1 Il contesto di riferimento.....	21
2.2 La rivoluzione globotica.....	24
2.3 Digitalizzazione	26
2.4 Le tecnologie abilitanti.....	28
2.4.1 Big data & Analytics.....	29
2.4.2 Industrial Internet of Things.....	31
2.4.3 Cloud manufacturing	32
2.4.4 Cyber-security	33
2.4.5 Additive manufacturing	34
2.4.6 Sistemi di simulazione avanzata.....	35
2.4.7 Realtà aumentata.....	35
2.4.8 Advanced Manufacturing Solutions	37
2.4.9 Integrazione verticale e orizzontale	38
2.5 La smart factory.....	38
3. Lavoro e Industria 4.0.....	41
3.1 Le competenze dell'Industria 4.0.....	41
3.1.2 <i>Digital skills</i>	42
3.1.3 <i>Soft skills</i>	44
3.2 Lavori creati e lavori distrutti dalla tecnologia digitale	49
3.3 <i>Smart working</i> e telelavoro	53
Conclusioni.....	57
Bibliografia	59

Introduzione

L'obiettivo di questo elaborato è analizzare come il lavoro, soprattutto quello in fabbrica e in azienda, sia cambiato nel corso del tempo. Ai giorni d'oggi un operaio o un impiegato si trova ad operare in un contesto completamente diverso rispetto a quello di cinquanta anni fa, così come anche di cento anni fa. Questo perché il mondo è in continua trasformazione e di conseguenza sul posto di lavoro compaiono nuove tecnologie e strumenti che modificano il modo di lavorare, richiedendo ai lavoratori, inoltre, nuove conoscenze e competenze. In realtà, più si va avanti nel tempo e più questa trasformazione diviene repentina, tanto da richiedere alle persone un approccio più flessibile che permetta loro di accogliere e gestire meglio i cambiamenti non solo sul posto di lavoro ma in generale nella vita di tutti i giorni. Nel primo capitolo l'intenzione è quella di fornire una panoramica storica sulle tre rivoluzioni industriali, soffermandosi in particolare sulle caratteristiche del lavoro in ciascun periodo storico e sui cambiamenti da esso subiti nel passaggio da un periodo all'altro. Il secondo capitolo assume un taglio molto più tecnico dal momento in cui vengono analizzate nel dettaglio le cosiddette tecnologie abilitanti della quarta rivoluzione industriale e come queste convivano nella *smart factory*, dopo aver definito i tratti essenziali della quarta rivoluzione industriale. Infine, il terzo capitolo ha come argomento principale il lavoro così come si presenta nel contesto attuale dell'industria 4.0. In particolare, vengono approfondite le tematiche dello *smart working*, argomento di estrema attualità dopo la chiusura forzata a causa della pandemia di Covid-19, mettendo in risalto la differenza con il concetto di telelavoro, delle nuove competenze digitali richieste ai lavoratori e della creazione di nuovi posti di lavoro e della distruzione di quelli vecchi.

1. Cenni storici sull'evoluzione del sistema industriale

1.1 La prima rivoluzione industriale

La prima rivoluzione industriale ebbe inizio a partire dalla seconda metà del Settecento e terminò grosso modo verso la metà dell'Ottocento vedendo nell'Inghilterra il paese, dove per primo si verificarono i grandi cambiamenti di detta rivoluzione seguito poi da Francia e Stati Uniti; essa è caratterizzata da alcune “premesse” che sono rappresentate da radicali trasformazioni in campi come quelli demografico, agricolo, commerciale e dei trasporti. La prima premessa è da individuarsi nella rivoluzione demografica che ha determinato il passaggio da un regime demografico “primitivo” ad uno di tipo “moderno”. L'Europa preindustriale era stata caratterizzata da momenti di intensa crescita seguiti da momenti di altrettanto intensa decrescita demografica, infatti la crescita della popolazione seguiva un andamento ad onde, che mostra come fosse difficile per la popolazione europea crescere stabilmente¹. Nell'Europa preindustriale vigeva il regime demografico primitivo, caratterizzato da alti tassi di natalità e alti tassi di mortalità; in particolare, si registra un elevato tasso di mortalità infantile che aveva come conseguenza una vita media molto breve, oscillante tra i 20 e i 25 anni. Il regime primitivo vedeva in tutto ciò la conseguenza del suo elemento distintivo principale, ossia la completa dipendenza della popolazione dalla disponibilità di mezzi più elementari di sussistenza, costituiti quasi esclusivamente da prodotti della terra. Infatti, col crescere della popolazione le risorse alimentari diventavano inadeguate, le persone vivevano lunghi periodi di denutrizione, rendendo i loro organismi più esposti a carestie ed epidemie le quali, causate anche dalle cattive condizioni igieniche dell'epoca, contribuivano a ripristinare l'equilibrio tra popolazione e mezzi di sussistenza. Fra metà Settecento e metà Ottocento ebbe inizio la transizione dal regime demografico antico a quello moderno. La prima delle due fasi di cui si compone tale transizione vide un progressivo abbassamento del tasso di mortalità, dovuto a miglioramenti delle condizioni igieniche, a progressi nel campo medico, ad una migliore alimentazione e ad una riduzione della mortalità infantile, che contribuì a un progressivo aumento della popolazione. Ciò lascia pensare che il legame tra crescita della popolazione e disponibilità alimentari, che per secoli aveva reso impossibile una stabile crescita demografica, si stava spezzando. Tuttavia, l'incremento demografico generava diverse preoccupazioni; infatti, nel “Saggio sulla popolazione” (1798), Thomas Malthus sosteneva che la crescita della popolazione seguisse una progressione geometrica mentre la crescita dei mezzi di sussistenza una progressione

¹ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.25

di tipo aritmetico. Di conseguenza, egli riteneva che una popolazione sempre più numerosa avrebbe condotto a una sempre minore disponibilità di mezzi di sussistenza determinando un progressivo impoverimento della popolazione, nonché il verificarsi di carestie. Tuttavia, Malthus aveva sottovalutato la dinamica della crescita della produzione di derrate alimentari che fu possibile grazie allo sviluppo e alle innovazioni verificatesi nel campo dell'agricoltura. Ciò permette di introdurre la seconda premessa della prima rivoluzione industriale: la rivoluzione agraria. Essa si verificò come conseguenza delle profonde trasformazioni che videro protagonista l'Inghilterra. Infatti, in Inghilterra, così come nel resto dell'Europa settecentesca, a differenza del continente americano, non era possibile fare affidamento su vaste estensioni di terra da destinare all'agricoltura o al pascolo e per tale ragione, al fine di soddisfare una sempre maggiore domanda di prodotti di prima necessità, dovuta al progressivo incremento della popolazione, risultava necessario un uso più produttivo delle terre disponibili. Il problema principale dell'attività agricola risiedeva nella esigenza di dover ristabilire la fertilità del suolo dopo le coltivazioni². A tal proposito, veniva praticata la tecnica del maggese (periodo di riposo) seguendo diverse metodologie come la rotazione biennale e quella triennale; la criticità dell'applicazione di tali metodologie era lo spreco di terra che ne derivava. Per evitare tale spreco, in Olanda venne trovata una soluzione, consistente nell'eliminazione del maggese e nell'inserimento nelle rotazioni di leguminose e di piante di foraggio che rendevano migliore la fertilità dei terreni e la loro produttività. Inoltre, l'inserimento di piante foraggere nelle rotazioni permise di alimentare gli animali nelle stalle e di recuperare altre terre da coltivare. Al fine di adottare queste nuove tecniche e allevare il bestiame era necessaria la piena ed esclusiva disponibilità delle terre da parte di chi doveva lavorarle. Però, in Gran Bretagna, così come in tanti altri paesi europei, molte terre venivano coltivate in modo comunitario e la loro coltivazione si basava sul cosiddetto sistema dei tre campi. Le terre non recintate del villaggio, cioè, erano divise in tre parti, di cui due coltivate e una tenuta a maggese. Ogni parte era a sua volta frazionata in numerose strisce, che venivano assegnate periodicamente alle famiglie con il compito di coltivarle (le famiglie ottenevano strisce in ognuno dei tre campi)³. Quindi bisognava trovare un accordo comune tra tutte le parti interessate riguardo la metodologia di coltivazione da adottare, i tempi della semina e del raccolto e via scorrendo. In Inghilterra, i terreni su cui gravavano diritti degli abitanti del luogo erano molteplici e si distinguevano in: *open fields*, cioè terre aperte (non recintate), coltivate con il sistema dei tre campi, le cui strisce erano assegnate agli abitanti del villaggio e *common lands*, ossia terre comuni, come boschi paludi pascoli ecc., appartenenti alla

² De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.36

³ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.38

collettività e generalmente non coltivate ma destinate all'uso collettivo. Così come era necessario trovare un accordo comune tra tutte le parti aventi diritti su queste terre per il tipo di coltivazione da adottare, per il tempo di semina e di raccolta e altre questioni del genere, un accordo comune tra le suddette parti era necessario anche per adottare qualsiasi innovazione. A tal proposito, venne incentivato il fenomeno già esistente delle *enclosures* (recinzioni) che doveva avere come conseguenza la piena privatizzazione delle terre; esso consisteva in una definitiva spartizione dei terreni tra gli aventi diritti sugli stessi al fine di permettere ad ognuno di loro di coltivare la terra a proprio piacimento. Dal momento che il processo di recinzione era assai costoso, molti titolari di piccole strisce e poveri contadini che vantavano solo diritti di sfruttamento, non potendosi permettere, preferivano cedere i loro diritti in cambio di denaro. Inoltre, coloro che ottennero piccoli appezzamenti li cedettero ai proprietari più grandi e si trasformarono in fittavoli o braccianti agricoli. Così facendo venne favorito il consolidamento della grande proprietà e per di più, fu anche grazie a questi fittavoli e braccianti molto capaci, di cui i grandi proprietari terrieri si servivano per coltivare i loro terreni, che l'agricoltura inglese si sviluppò in maniera assai considerevole durante la prima rivoluzione industriale. Tuttavia, la divisione delle terre non fu causa di un immediato spopolamento delle campagne sia perché la piccola e media proprietà sopravvissero sia perché era necessaria un'ingente quantità di manodopera per il processo di recinzione, in particolare all'inizio. Inoltre, i contadini poveri che avevano perso i diritti sui campi aperti poterono trovare lavoro nella nascente industria. Infatti, è importante sottolineare come la rivoluzione agricola e quella industriale abbiano contribuito l'una al verificarsi dell'altra. Tanto è vero che la rivoluzione agraria contribuì alla rivoluzione industriale inglese in almeno quattro modi. Per prima cosa essa sostenne una popolazione in aumento, infatti l'aumento della produzione agricola ma soprattutto della sua produttività consentì di sfamare un numero sempre crescente di persone che poteva così dedicarsi ad attività diverse dall'agricoltura. Come seconda cosa, la rivoluzione agricola contribuì a creare il potere d'acquisto da destinare ai prodotti dell'industria britannica; tant'è che i redditi agricoli consentivano l'acquisto dei manufatti dell'industria destinati sia strettamente al consumo sia all'impiego nei campi (per lavorare i terreni). Per terza cosa, come già accennato in precedenza, consentì lo spostamento di numerose persone nelle zone industriali. Ed infine, e ciò rappresenta un aspetto molto importante, essa partecipò alla formazione del capitale necessario al finanziamento dell'industrializzazione. Infatti, i contadini investivano i propri guadagni nel finanziamento dell'industria, divenendo, nella maggior parte dei casi, essi stessi industriali. Le ultime due premesse della prima rivoluzione industriale riguardano i trasporti e il commercio. Per quanto concerne i trasporti va detto che, sebbene più importanti e determinanti miglioramenti siano osservabili nel periodo della seconda rivoluzione industriale, essi sono stati comunque oggetto di

importanti cambiamenti che hanno contribuito alla industrializzazione della Gran Bretagna. Le vie più solcate erano quelle terrene ma al contempo erano quelle più costose anche in termini di tempo; infatti le strade inglesi erano le peggiori, nonostante nel resto d'Europa la situazione non fosse di gran lunga migliore dal momento che nella maggior parte dei casi la manutenzione delle strade era affidata agli abitanti delle località che esse attraversavano, i quali dovevano contribuirvi con giornate di lavoro non remunerate. La qualità delle strade iniziò a migliorare man mano che l'esigenza di materie prime e di generi alimentari della città di Londra diveniva sempre maggiore e perciò furono istituite dal governo le strade a pedaggio. Tuttavia, un significativo miglioramento si ebbe solo agli inizi dell'Ottocento quando gli ingegneri addetti alla progettazione e costruzione delle strade ripresero le tecniche degli antichi romani e cominciarono a realizzare strade più solide e compatte⁴. Una grande innovazione nei trasporti su terra fu rappresentata dalle strade ferrate, nate dall'abbinamento delle rotaie con la locomotiva a vapore, che rivelò i suoi incredibili vantaggi più a partire dalla seconda metà dell'Ottocento. Nel 1825 però George Stephenson, un tecnico minerario, costruì una locomotiva impiegata sulla strada ferrata che collegava le miniere di Stockton e di Darlington. Cinque anni più tardi, nel 1830, fu inaugurata la linea Liverpool-Manchester, che utilizzava la locomotiva di Stephenson e che è considerata la prima vera linea ferroviaria di trasporto al mondo. In questo modo, lo spostamento di persone, merci e notizie iniziava ad essere più veloce ed economico. Tuttavia, lo spostamento di merci pesanti su lunghe distanze non era praticabile su strada a prezzi contenuti, pertanto per tali tipi di spostamenti erano più vantaggiose le vie d'acqua interne. In Inghilterra, nella seconda metà del Settecento vennero costruiti migliaia di chilometri di canali da società appositamente costituite; di fatti, essendo l'Inghilterra ricca di fiumi che, anche se non tutti navigabili, potevano divenirlo con semplici opere di sistemazione; la costruzione di questi numerosi canali contribuì ad incrementare le dimensioni della rete di comunicazione costituita dalle acque interne. D'altro canto, il trasporto via mare era decisamente la forma di trasporto più economica ma ad esso era connessa una serie di rischi quali le tempeste e la minaccia dei pirati fra tutti, che potevano determinare la perdita del carico e a volte anche dell'intera nave. I cambiamenti registrati nell'ambito dei trasporti consentono di introdurre l'ultima premessa della prima rivoluzione industriale, vale a dire lo sviluppo del commercio nazionale e internazionale. Infatti, è opportuno dire che grazie ai miglioramenti verificatisi nell'ambito dei trasporti fu possibile un progressivo ampliamento dapprima degli scambi interni e poi di quelli internazionali. Precedentemente in Inghilterra il commercio, in generale, non era assai sviluppato per una serie di ragioni che fanno riferimento: alle difficoltà di trasporto delle merci, alla presenza

⁴ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.42

di numerosi dazi che dovevano essere pagati non solo sui prodotti importati ma anche, alle volte, su quelli inviati da un luogo all'altro dello stesso stato, alla scarso potere di acquisto degli individui e, infine, all'insufficienza della moneta in circolazione nonché alle difficoltà di accesso al credito, che non permettevano di ottenere i finanziamenti necessari per commerciare le merci. Se la crescita del mercato interno fu sostenuta dall'incremento dei consumi, dovuto ad un aumento del reddito pro-capite, lo sviluppo del commercio internazionale dipese essenzialmente da due fattori: i progressi nel campo dei trasporti e il mercantilismo. I progressi nel campo dei trasporti permisero di commerciare merci in modo più celere e sicuro. Per quanto concerne il *mercantilismo*, appare opportuno analizzare alcune delle sue caratteristiche. Innanzitutto, il mercantilismo è da considerarsi sia una dottrina economica che una politica economica. Come dottrina, il mercantilismo sosteneva che la ricchezza di una nazione dipendesse dalla quantità di metalli preziosi (oro e argento) da essa posseduti. Per incrementare la propria ricchezza, quindi, gli stati dovevano adottare una politica economica basata sulle esportazioni dei propri prodotti, dal momento che queste sarebbero state pagate con monete d'oro e d'argento, aumentando, dunque, la disponibilità di metalli preziosi. Questo tipo di politica economica procurava vantaggi reciproci sia per i commercianti, i quali potevano disporre di maggiori opportunità di profitto a seguito dell'incremento degli scambi, sia per i governanti che avevano la possibilità di arricchire le entrate statali, tramite i dazi e le imposte da imporre sui traffici e sulla produzione. Pertanto, l'adozione di tale politica economica costituì un forte incentivo all'intensificarsi degli scambi. Inoltre, per i paesi europei come l'Inghilterra, che non erano dotati di grandi giacimenti di metalli preziosi, il possesso di colonie divenne un fattore fondamentale non solo per l'approvvigionamento di metalli preziosi ma anche per quello di materie prime e di prodotti che non era possibile trovare internamente. In Inghilterra, ma anche in altri paesi, al fine di favorire il commercio internazionale e in particolare gli scambi commerciali con le proprie colonie, vennero fondate numerose compagnie commerciali come la Compagnia inglese delle Indie orientali. La prima rivoluzione industriale fu senza dubbio accelerata dallo sviluppo e dall'ampliamento del mercato, sia interno che internazionale. La Gran Bretagna, attraverso il commercio estero, fu in grado di esportare i manufatti sia in cambio di materie prime sia di quelle merci che erano impossibili da trovare in patria. Infine, la crescita dell'industria e del settore agricolo fu sostenuta anche e soprattutto dall'impiego nelle stesse dei guadagni provenienti dal commercio internazionale. La rivoluzione industriale inglese vide nei progressi tecnologici un elemento fondamentale per il suo stesso verificarsi; infatti, in Gran Bretagna le invenzioni e le innovazioni che si registrarono tra la seconda metà del Settecento e dell'Ottocento ed in particolare nell'industria del cotone e del ferro, favorirono e resero più celere il processo di industrializzazione. Le industrie del ferro e del cotone, considerate le industrie traenti,

cioè in grado di dare un forte impulso e di coinvolgere anche altri settori produttivi, furono quelle in cui si ebbero le maggiori invenzioni e innovazioni. Per quanto riguarda l'industria del cotone importantissime furono le seguenti innovazioni: la giannetta (*Spinning Jenny*) inventata da James Hargreaves nel 1765 che accelerava la filatura da 6 a 24 volte; il filatoio idraulico inventato da Richard Arkwright nel 1767, che rendeva il processo di filatura più veloce di una centinaia di volte ed il telaio meccanico a vapore, brevettato da Edmund Cartwright nel 1785, che iniziò ad essere utilizzato diffusamente solo qualche anno più tardi, anche per l'opposizione dei tessitori che vedevano i loro posti di lavoro in pericolo. Tutte queste nuove tecnologie permettevano di accorciare i tempi di produzione, nonché di produrre di più e a costi più bassi. L'industria del ferro, invece, conobbe una significativa espansione grazie alla tecnica di estrazione del *coke* dal carbon fossile, minerale molto abbondante in Inghilterra, messa a punto da Abraham Darby agli inizi del Settecento che iniziò a offrire vantaggi sempre più sorprendenti in seguito all'innovazione di Peter Onions e Henry Cort che brevettarono il *puddellaggio*, ossia un processo di decarburazione che permetteva di ottenere ferro e acciaio. Però l'invenzione che si rivelò cruciale per la rivoluzione industriale fu la macchina a vapore di James Watt. In realtà Watt ebbe il merito di migliorare una già esistente macchina a vapore, costruita da Thomas Newcomen nel 1712, apportando una serie di modifiche brevettate nel 1769. Le modifiche apportate da Watt, prima fra tutte il passaggio dal movimento lineare del pistone a quello rotatorio, permisero di impiegare la macchina nell'industria tessile, nei battelli a vapore e, infine, nelle locomotive e ciò rese determinante tale invenzione per la prima rivoluzione industriale. Tra la seconda metà del Settecento e la prima metà dell'Ottocento l'attività industriale iniziava quindi ad assumere un ruolo sempre più importante, ma appare opportuno comprendere quali fossero le sue caratteristiche principali prima di questo periodo. Fino al Settecento l'attività industriale era orientata principalmente alla produzione di beni di consumo ed era svolta in diverse forme, che possono essere fondamentalmente ricondotte a tre: l'artigianato, l'industria a domicilio e l'industria capitalistica. L'artigianato vedeva, sin dal Medioevo, nella figura del maestro artigiano il proprietario di una bottega che grazie all'aiuto di operai qualificati e apprendisti, garantiva una vasta gamma di prodotti. Egli faceva parte di una corporazione, ovvero un'associazione di persone che esercitavano lo stesso mestiere o la stessa professione, il cui fine principale era quello di organizzare l'attività produttiva e regolare la concorrenza, per assicurare agli associati la continuità e la stabilità del lavoro. Tuttavia, era comunque possibile trovare liberi artigiani che svolgevano in piena autonomia la loro attività. Se l'artigianato era imperniato sulla figura del maestro artigiano, l'industria a domicilio (*domestic system*) lo era sulla figura di un mercante imprenditore provvisto di capitali, che forniva ai lavoratori le materie prime da lavorare e in molti casi anche gli strumenti di lavoro. I lavoratori erano generalmente contadini che si

dedicavano a detto tipo di attività durante i tempi morti dell'attività agricola e consegnavano periodicamente al mercante i prodotti finiti o i semilavorati che quest'ultimo avrebbe poi affidato ad altri. Il sistema dell'industria a domicilio consentì la diffusione dell'industrie fuori dalle città, che generarono una forma di organizzazione della produzione che venne nominata *protoindustria*. Infine, l'industria capitalistica (*factory system*) era la forma più moderna di produzione, con la presenza di un imprenditore che organizzava i fattori produttivi ed effettuava gli investimenti necessari, caratterizzata dalla concentrazione dell'intero processo produttivo in un'unica sede, la fabbrica. Il *factory system* si sviluppò principalmente grazie agli imprenditori privati, che diedero vita alle prime imprese capitalistiche, in quanto concentravano gli operai in grandi stabilimenti con numerosi macchinari provvedendo all'impiego di un capitale, spesso finanziato da più soci, e avevano come obiettivo la vendita dei prodotti sul mercato per realizzare il massimo profitto⁵. È importante sottolineare come le diverse forme continuarono ad esistere l'una accanto all'altra ma ciò che mutò nel corso del tempo fu la loro importanza relativa. Infatti, come già accennato in precedenza, durante la prima rivoluzione industriale il *factory system* iniziò a prevalere comportando dei radicali cambiamenti nel mondo del lavoro. L'avvio della prima rivoluzione industriale contribuì a diffondere l'idea di una società basata sulla libera iniziativa e sulla ricerca del profitto, con una scarsa o nessuna protezione per i lavoratori. Dunque, l'affermarsi dell'industria capitalistica stava spazzando via l'idea, tipica dell'epoca preindustriale, di una società protetta in cui il lavoro e l'attività produttiva erano regolati dagli statuti delle corporazioni. Le fabbriche implicavano un modo di lavorare profondamente diverso rispetto a quello agricolo e artigianale, il cui ritmo era decisamente più lento e in cui non vi erano orari da rispettare. I lavoratori a domicilio opposero una certa resistenza a trasformarsi in operai dal momento che erano restii a rinunciare alla relativa indipendenza di cui godevano e ad adattarsi alla rigida disciplina delle fabbriche. Anche gli artigiani evitavano di diventare operai e piuttosto tentavano di divenire piccoli imprenditori. Furono i contadini a costituire il grosso della classe operaia poiché il lavoro dei campi era diventato più efficiente, grazie alle nuove tecniche e ai nuovi strumenti di lavoro, ed esso, quindi, non era più in grado di assorbire l'incremento demografico. Quindi, molti contadini iniziarono a trasferirsi dalle campagne alle città, le quali iniziavano a popolarsi via via in modo crescente, andando incontro nella maggior parte dei casi ad uno peggioramento delle condizioni di vita materiale. Iniziava così la "Grande trasformazione", in cui la tecnologia agiva da "fattore di espulsione" per l'agricoltura, spingendo i lavoratori fuori dal settore e da "fattore di attrazione" per l'industria, attirando

⁵ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, pp.49-50

lavoratori al suo interno⁶. In questo modo, iniziavano ad essere poste le basi per la seconda rivoluzione industriale.

1.2 La seconda rivoluzione industriale

La seconda rivoluzione industriale si concentrò nel secolo che va dal 1850 al 1950. Sebbene la prima rivoluzione industriale avesse avviato un processo di industrializzazione in cui il settore secondario iniziava a crescere di importanza, bisogna dire che intorno alla metà dell'Ottocento il settore primario costituiva ancora il perno centrale dell'economia. Questo scenario cambiò radicalmente durante il periodo della seconda rivoluzione industriale, nel quale l'industria divenne il settore più importante e la borghesia assunse un ruolo centrale, impadronendosi del potere politico o esercitandolo insieme all'aristocrazia⁷. Tra la metà dell'Ottocento e il 1914 si registrò una crescita economica non uniforme caratterizzata da due fasi di espansione ed una soltanto di contrazione, pertanto è comunque possibile considerare l'intero periodo caratterizzato da un complessivo sviluppo dell'economia. La prima fase di espansione, che va dal 1843 al 1873, fu caratterizzata da un generale aumento dei prezzi, dei salari e dei profitti. In questo periodo una crescita moderata dei prezzi diede alle imprese la possibilità di realizzare più alti profitti e quindi di distribuire salari maggiori ai lavoratori. Con la crescita del reddito aumentò la spesa in nuovi beni e la domanda addizionale creò nuovi posti di lavoro nell'industria, grazie ai maggiori investimenti che le imprese potevano effettuare attraverso i maggiori profitti che erano in grado di realizzare. L'espansione di tale periodo vede le sue cause essenzialmente nell'affermazione del libero scambio, nello sviluppo dei mezzi di trasporto e nella maggiore disponibilità di oro. L'affermazione del libero scambio comportò un significativo incremento dei traffici commerciali, soprattutto di quelli internazionali, il quale fu possibile grazie allo sviluppo dei trasporti che assistettero a un significativo ampliamento della rete ferroviaria mondiale, che in soli trent'anni (dal 1850 al 1880) aumentò di ben dieci volte (da 35 a 350 mila chilometri), nonché a un netto sviluppo della navigazione marittima che divenne più rapida ed economica; inoltre, lo sviluppo del commercio internazionale e la conseguente crescita degli scambi fu possibile grazie a una maggiore

⁶ R. Baldwin, Rivoluzione globale. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.27

⁷ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.88

disponibilità di oro che stava a significare una maggiore disponibilità di mezzi di pagamento, necessari appunto per regolare detti scambi commerciali. A partire dal 1873 sino al 1896 si registrò una lunga fase di depressione economica che venne definita “Grande depressione”. I prezzi, i salari così come i profitti diminuirono e le cause furono essenzialmente l’aumento dell’offerta dei beni sia agricoli sia industriali, la riduzione dei costi di trasporto e la conseguente crisi agraria europea, generata dalla crescente competizione causata dai prodotti agricoli che arrivavano da paesi anche molto lontani a costi ridotti grazie appunto allo sviluppo dei trasporti, e da una diminuzione della produzione di oro, che determinò inevitabilmente una serie di gravi problemi in un contesto caratterizzato da un ampio volume di scambi commerciali. Le imprese risposero alla crisi riducendo i costi di produzione e aumentando le loro dimensioni al fine di sfruttare le economie di scala. La maggior parte dei paesi, eccetto l’Inghilterra, tornò al protezionismo al fine di proteggere le imprese nazionali dai prezzi sempre più bassi anche se ciò non ostacolò gli scambi internazionali; inoltre, vi fu una nuova ondata di colonialismo da parte dei paesi europei. Dal 1896 fin dopo la Prima guerra mondiale si assistette a una nuova fase di espansione economica in cui prezzi, salari, profitti e investimenti ripresero a crescere. I settori della chimica e dei metalli, più di tutti gli altri, furono caratterizzati da un forte sviluppo della produzione, si affermò una nuova fonte di energia come il petrolio, l’elettricità venne impiegata su larga scala, si svilupparono i moderni mezzi di trasporto e vi fu un ulteriore sviluppo del commercio internazionale. In particolare, l’ulteriore sviluppo del commercio internazionale fu dovuto anche al fatto che un numero sempre maggiore di paesi adottò il sistema aureo. Il sistema aureo era un sistema monetario in cui la base monetaria veniva data da una quantità fissa di oro, il quale permise di realizzare un sistema di cambi fissi fra le monete, tutte legate all’oro; ciò eliminava il rischio di cambio favorendo il commercio estero e, inoltre, rese gli investimenti internazionali più sicuri. Iniziò ad esservi libertà di movimento di uomini, merci e capitali, grazie al costituirsi di una prima forma di economia mondiale. Questo periodo venne definito *Bella époque* e fu contraddistinto da un forte ottimismo riguardo il futuro ed il progresso, nonché da una forte fiducia nelle conquiste della scienza e della tecnica. Fino allo scoppio della Prima guerra mondiale la popolazione europea continuò a crescere, ma il problema delle carestie appariva essere un lontano ricordo. Ciò fu possibile grazie alla maggiore produttività dell’agricoltura europea e alla coltivazione di immensi terreni in altri continenti, che esportavano i propri prodotti in Europa. La maggiore produttività dell’agricoltura fu determinata dall’impiego delle macchine e dal crescente uso dei fertilizzanti. Mentre le prime macchine agricole all’inizio dell’Ottocento erano trainate da animali o mosse dalla forza del vapore, a partire dal 1850 si diffuse un nuovo sistema consistente in due locomobili opposte, le quali, ai bordi del campo, tiravano

alternativamente l'aratro⁸. Verso la fine dell'Ottocento con l'applicazione del motore a scoppio ai trattori iniziava l'epoca della motorizzazione agricola. La tecnologia continuava a svolgere il ruolo di "fattore di espulsione" per il settore dell'agricoltura, ruolo che aveva iniziato a ricoprire già durante la prima rivoluzione industriale, e lo faceva in maniera ancora più significativa dal momento che la maggiore produttività dell'attività agricola, garantita in grande parte dalla meccanizzazione, comportò un numero sempre maggiore di operai agricoli che si trovarono senza occupazione. Pertanto, in diversi paesi europei si verificarono violente proteste in cui i contadini distruggevano i nuovi macchinari. L'altro fattore che contribuì in maniera importante all'incremento della produttività agricola fu l'uso dei concimi; infatti, grazie all'industria chimica sviluppatasi durante la seconda rivoluzione industriale, divenne possibile l'impiego di concimi chimici che fecero aumentare i rendimenti e la produzione dell'agricoltura. Tuttavia, se verso la metà dell'Ottocento l'attività agricola rappresentava per molti paesi l'attività economica principale, negli anni immediatamente precedenti al primo conflitto mondiale l'attività economica della maggior parte dei paesi si orientò verso l'industria e il settore terziario, anche se lo sviluppo di quest'ultimo fu per lo più una conseguenza dell'intenso sviluppo industriale. Tale sviluppo venne sostenuto principalmente dai progressi dei sistemi di produzione e dalla creazione di grandi imprese. Nella seconda metà dell'Ottocento si instaurò un legame sempre più forte tra scienza, tecnica e industria che diede luogo ad una vera e propria rivoluzione tecnologica. L'aspetto più importante di tale rivoluzione fu l'applicazione delle scoperte scientifiche ai vari rami dell'industria, che poteva avvenire in tempi assai più ridotti rispetto al passato. Nonostante nessun settore venne escluso da questa ondata di rinnovamento tecnologico, gli sviluppi più interessanti si concentrarono in industrie relativamente nuove come quella chimica o come il particolare ramo della metallurgia dedito alla produzione dell'acciaio. Furono questi settori che, insieme ad uno completamente nuovo come l'elettrico, svolsero nella seconda rivoluzione industriale quel ruolo trainante che un secolo prima, in Inghilterra, era stato svolto dall'industria del cotone e del ferro. Inoltre, la ricerca scientifica si organizzò, oltre che nelle università, anche presso le aziende; la grande impresa, essendo l'unica in grado di poter sostenere gli elevati costi necessari per il finanziamento degli studi, assumeva quindi una nuova funzione, quella della ricerca. La grande impresa iniziò a diffondersi come modello di attività produttiva solo negli ultimi decenni del secolo XIX, quando i suoi vantaggi divennero più numerosi ed evidenti; precedentemente solo alcuni settori erano costituiti da grandi imprese, capaci di sfruttare le economie di scala in termini di produzione, commercializzazione e ricerca tecnica. Inoltre, lo sviluppo del commercio

⁸ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.109

internazionale e dei trasporti furono due fattori fondamentali per l'affermazione del modello della grande impresa. La grande impresa era caratterizzata non soltanto dal possedere ingenti quantità di capitale e dal concentrare nelle fabbriche un gran numero di operai, ma anche dal fatto di essere un centro di accumulazione di conoscenze scientifiche e tecniche, un luogo di concentrazione del potere economico e un sistema di organizzazione ⁹. Essa assumeva la forma giuridica della società anonima o per azioni, a maggior ragione che tutti i paesi avevano via via eliminato le norme che imponevano limitazioni alla costituzione di tali società. Le fusioni di più imprese e le incorporazioni delle imprese di più piccole dimensioni da parte di quelle più grandi diedero vita ad un processo di concentrazione, sia orizzontale che verticale, in seguito al quale si formò la grande impresa. Inoltre, l'affermazione di un'economia mondiale, iniziata a partire dalla *Belle époque*, incentivò alcune imprese a stabilire all'estero proprie sedi o a fondarvi società di cui esse mantenevano il controllo; nascevano così le imprese multinazionali. Nella grande impresa, in particolar modo negli Stati Uniti, il lavoro venne organizzato in maniera scientifica. L'organizzazione scientifica del lavoro è proprio il titolo di una monografia di Frederick Winslow Taylor, pubblicata nel 1911, in cui viene esposta una teoria riguardante il management. Il taylorismo, così come venne definita tale teoria, espone un modello di organizzazione del lavoro che mira a massimizzare l'efficienza dei lavoratori. Taylor si rese conto che il lavoro all'interno delle fabbriche era organizzato in modo del tutto casuale e ciò determinava numerose perdite di tempo, non permettendo di massimizzare l'efficienza produttiva di ciascun lavoratore. Pertanto, egli propose una razionalizzazione del lavoro, realizzabile attraverso la divisione del processo di lavorazione in operazioni semplici di cui misurava i tempi di esecuzione al fine di fissare quelli standard di ogni mansione. Questo processo consisteva di tre fasi: analizzare le caratteristiche del lavoro da compiere; creare il prototipo del lavoratore adatto a quel tipo di compito e selezionare il lavoratore ideale al fine di formarlo e introdurlo nell'azienda. Un elemento di novità e innovazione dell'approccio taylorista è rappresentato dall'attività di selezione e valutazione intesa come attività professionale e scientifica basata su criteri di corrispondenza tra le esigenze organizzative e le caratteristiche delle persone. L'organizzazione scientifica del lavoro passa anche per una selezione scientifica dei lavoratori, nei quali vanno ricercate specifiche qualità umane. L'obiettivo era quindi avere lavoratori di primo ordine in grado di produrre tanto e in poco tempo; perciò, al fine di motivare gli operai, Taylor introdusse il cottimo differenziale. Il cottimo differenziale è un sistema di retribuzione che prevedeva una maggiore ricompensa per i lavoratori quando questi erano in grado di compiere le proprie mansioni in tempi inferiori a quelli ritenuti standard ed invece una

⁹ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.121

riduzione della paga del prezzo unitario dei pezzi non prodotti nel caso in cui gli operai eseguivano il lavoro in tempi maggiori rispetto a quelli standard. La teoria di Taylor venne applicata nell'industria automobilistica da Henry Ford, il quale introdusse una peculiare forma di produzione basata sull'utilizzo della catena di montaggio al fine di incrementare la produttività. L'adozione su larga scala della catena di montaggio da parte di Ford dava la possibilità di standardizzare i compiti che gli operai avrebbero dovuto compiere, permettendo una drastica riduzione dei tempi necessari alla produzione dei prodotti. Il fordismo, così come venne chiamata l'impostazione data da Ford al processo produttivo, dava molta importanza allo studio di ogni minimo movimento che i lavoratori erano chiamati a svolgere e all'automazione del ciclo di produzione per garantire l'efficienza in termini di costi. Questo approccio diede vita ad una nuova tipologia di produzione, la produzione di massa di prodotti omogenei, la quale aveva però bisogno di essere sostenuta da consumi anch'essi di massa; pertanto, Ford introdusse una novità per l'epoca, vale a dire una politica di alti salari che, sebbene fosse esclusiva per quei lavoratori che rientravano in determinati "standard", aveva la finalità di garantire agli operai il reddito necessario per acquistare le automobili da essi stessi prodotte. Tutte queste trasformazioni relative all'affermazione della grande impresa e alle modalità in cui al suo interno veniva svolta l'attività produttiva ebbero delle conseguenze importanti sul mondo del lavoro. In particolare, il taylorismo e il fordismo ebbero conseguenze molto pesanti per gli operai delle fabbriche. Infatti, la divisione del lavoro in mansioni sempre più semplici determinò un ridimensionamento della figura degli operai specializzati, i quali persero prestigio e diminuirono il loro potere contrattuale, dal momento in cui tali mansioni potevano essere svolte anche da operai meno qualificati. L'applicazione della catena di montaggio comportava la ripetitività delle operazioni svolte dai lavoratori che, abbinata alla loro estrema semplicità, determinò la spersonalizzazione dell'attività lavorativa. L'organizzazione scientifica del lavoro, inoltre, causò una forte accelerazione dei ritmi di lavoro poiché non venivano più contemplate perdite di tempo. In questo scenario, la politica di alti salari promossa da Ford aveva anche la finalità di tenere a bada i malcontenti degli operai, che vedevano le proprie condizioni di lavoro peggiorare in modo significativo. Infatti, come già detto in precedenza, non tutti i lavoratori avevano diritto a tali alti salari ma soltanto coloro che dimostravano di avere buone condizioni di salute, di essere industriosi e di non spendere quei soldi in uno stile di vita insano. L'azienda entrava, quindi, nella vita degli operai per assicurarsi che essi non potessero in modo diretto o indiretto mettere in pericolo la performance dell'azienda e per farlo introduceva l'incentivo dell'incremento salariale. D'altronde, tenere a bada i sindacati ed i lavoratori era necessario poiché la catena di montaggio richiedeva che il processo produttivo venisse portato avanti senza interruzione, dato che il lavoro di un operaio era strettamente collegato a quello di un altro; perciò, anche lo sciopero di pochi lavoratori avrebbe

comportato dei gravi danni per l'intera azienda. Inoltre, con l'affermazione della grande impresa caratterizzata dalla separazione tra proprietà e management, mutò anche il rapporto tra il padrone e gli operai che si trovarono ad interloquire per le loro rivendicazioni con entità anonime spersonalizzate portatrici di responsabilità collettive, non più individuali e facilmente identificabili come prima. Per di più, un altro rapporto che mutava e iniziava ad essere sempre più profondo era quello tra gli uomini e le macchine; all'interno delle fabbriche iniziava ad essere frequente che fosse l'uomo a servizio delle macchine e non il contrario. La seconda rivoluzione industriale, definita da Robert Gordon "il secolo speciale"¹⁰, rese definitivo il passaggio del valore dalla terra al capitale, processo già iniziato durante la prima rivoluzione, decretando il compimento della Grande trasformazione. Grazie alla spirale virtuosa di innovazione e industrializzazione che caratterizzò "il secolo speciale", comparvero svariati posti di lavoro in settori del tutto nuovi; tra questi il settore dei servizi, che ricoprirà un ruolo fondamentale nella terza rivoluzione industriale.

1.3 La terza rivoluzione industriale

La terza rivoluzione industriale ebbe inizio dopo la Seconda guerra mondiale e si protrasse fino all'avvento e l'affermazione di internet in tutto il mondo. Tale periodo fu intensamente caratterizzato dal processo di terziarizzazione dell'economia, che determinò un'importanza sempre maggiore del settore terziario. Dopo il secondo conflitto mondiale la maggior parte dei paesi fu costretta ad affrontare una fase di ricostruzione, alla quale seguì un'intensa crescita economica che per i paesi industrializzati durò circa un quarto di secolo, nel quale vennero effettuate grandi conquiste nel campo della tecnologia, che permisero di sostenere una popolazione in continuo e significativo aumento. Durante quegli anni parecchi paesi, specialmente quelli asiatici, tra tutti la Cina e l'India, registrarono una rapida crescita e un netto miglioramento delle condizioni di vita delle loro popolazioni. Un'altra caratteristica dell'epoca, almeno fino a tutti gli anni Ottanta, fu la contrapposizione fra due modelli economici: l'economia di mercato da un lato e l'economia pianificata dall'altro¹¹; mentre l'economia di mercato fu adottata dagli Stati Uniti, dall'Europa occidentale, dal Giappone, nonché da altri paesi ad essi collegati, l'economia pianificata, già realizzata nell'Unione Sovietica, si affermò nell'Europa Orientale, in Cina e in qualche altro paese asiatico e dell'America latina. Dopo la Seconda guerra mondiale la popolazione iniziò a crescere ad un ritmo molto importante e le cause di tale crescita demografica vanno ricercate, non solo nelle già

¹⁰ R. Baldwin, Rivoluzione globale. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020)

¹¹ De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.211

note migliori condizioni igieniche e alimentari, ma anche e soprattutto nei progressi della medicina e chirurgia che si registrarono durante la terza rivoluzione industriale. Una delle conseguenze dell'aumento della popolazione fu un'ulteriore espansione dell'urbanesimo; nei vari paesi iniziavano a formarsi immensi agglomerati urbani come l'area metropolitana di Parigi, San Paolo del Brasile, New York che oggi contano oltre 20 milioni di persone. La terza rivoluzione industriale si caratterizzò per un forte sviluppo di tutti i settori produttivi, grazie al continuo progresso nel campo della tecnologia. Grazie all'utilizzo di nuove macchine, all'uso sempre maggiore di fertilizzanti e insetticidi, all'introduzione di nuovi metodi di allevamento, all'introduzione dell'irrigazione e alla possibilità di modificare il patrimonio genetico di piante e animali grazie alle biotecnologie, la produzione agricola aumentò in maniera significativa. Tuttavia, la seconda metà del Novecento si caratterizzò per una forte riduzione del numero di persone addette al settore primario, le quali si spostavano verso l'industria o verso il nuovo mondo dei servizi. Come nella seconda rivoluzione industriale, anche in questi anni vi fu un forte sviluppo dell'industria determinato dal progresso di scienza e tecnica, ormai indissolubilmente legate. La tecnica ebbe un forte impatto sia sull'espansione delle industrie tradizionali sia sulla nascita di nuove. La metallurgia si rinnovò profondamente e si affermò la produzione di leghe leggere, ovvero leghe di alluminio con zinco, magnesio, silicio, rame o manganese, impiegate in svariati campi come quello aeronautico, spaziale, nucleare ed elettronico. Le industrie chimiche progredirono ulteriormente, diventando capaci di produrre centinaia di fibre sintetiche e artificiali, che permisero la produzione di grandi quantità di tessuti, sostituendo quelli prodotti con fibre naturali, non più sufficienti a soddisfare i bisogni di una popolazione in continua crescita; un enorme sviluppo si ebbe anche nel ramo delle plastiche permettendo la produzione di numerose componenti senza l'utilizzo dei vari metalli. L'industria elettrica iniziò a diventare indispensabile per tutte le attività produttive e per la quotidianità delle persone e continua ad esserlo tutt'oggi. L'industria automobilistica visse un periodo straordinario con un forte incremento della produzione guidato da una significativa espansione della domanda e fu proprio in tale periodo che un numero sempre maggiore di persone iniziava ad avere accesso all'automobile e, anche se molto di rado, alcuni nuclei familiari iniziavano a possedere anche più di un veicolo; la diffusione dell'automobile per lo spostamento delle persone e degli autocarri e degli autotreni per lo spostamento delle merci diede un nuovo impulso allo sviluppo delle reti stradali con la costruzione di grandi autostrade. L'industria aeronautica produsse numerosi aeroplani e iniziò a rendere possibile il trasporto di centinaia di persone a bordo dello stesso velivolo e pertanto iniziarono ad essere costruiti grandi e numerosi aeroporti in tutto il mondo. Tra le nuove industrie che si svilupparono e affermarono in questo periodo degne di nota sono quelle dell'elettronica e dell'informatica. Le innovazioni più sorprendenti riguardarono il

campo dell'elettronica; alcune scoperte importanti per l'elettronica si ebbero già all'inizio del ventesimo secolo, alle quali poi seguirono quelle del transistor (1948) e del circuito integrato (microchip, 1958)¹². Nel 1971 venne messo a punto dalla Intel il microprocessore e nel 1973, Gary Boone e Micheal Cochran, dipendenti di Texas Instruments, brevettarono il primo computer *on-a-chip*¹³. I due dipendenti di Texas Instruments furono in grado di costruire un intero computer su un solo chip e ciò rese obsoleti i precedenti approcci. Il computer *on-a-chip*, dal momento che combinava in un unico dispositivo l'unità centrale di elaborazione, detta CPU (*Central Processing Unit*), la memoria digitale e l'insieme dei circuiti che gestiscono input e output, permise di ridurre i costi e di accrescere l'affidabilità; per tali ragioni i chip iniziarono a diffondersi in tutti i settori dell'industria con evidenti risvolti positivi per la produzione. Lo sviluppo dell'elettronica fu associato a quello dell'informatica. Il primo calcolatore comparve negli anni Quaranta e fino agli anni Settanta l'informatica coincise con il grande elaboratore. Essa venne poi trasformata radicalmente negli anni Settanta dai minielaboratori e poi nel decennio successivo da i microelaboratori, meglio noti come *personal computer*, sia per la nascita di un nuovo mercato di questi prodotti sia per le applicazioni che se ne fecero e che si potranno ancora fare. Durante la terza rivoluzione industriale, quindi, iniziavano già ad essere poste le basi per quella che sarà la quarta rivoluzione industriale, che fa di questa rivoluzione informatica, risultato della rivoluzione elettronica, il suo punto di partenza. Grazie a questa serie di innovazioni cominciava a delinearsi un nuovo tipo di società, la società delle ICT (*Information and Communications Technology*), cioè caratterizzata dalle nuove tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Tali nuove tecnologie contribuirono a ridurre in maniera significativa i costi di comunicazione e ciò, dal punto di vista della globalizzazione, ebbe un impatto sull'economia mondiale paragonabile a quello esercitato a suo tempo dall'energia del vapore. Nello specifico, la riduzione di tali costi rivoluzionò la produzione industriale. Prima dell'ICT generalmente era necessario collocare le diverse fasi del processo produttivo le une in prossimità delle altre, per favorire il coordinamento di processi complessi. Così come l'energia del vapore rendeva conveniente la distanza geografica tra produzione e consumo, allo stesso modo la tecnologia della comunicazione diede la possibilità alle imprese di delocalizzare alcune fasi della produzione. Si avviò, così, un processo di deindustrializzazione o di terziarizzazione, dal momento che dislocando fasi della produzione in altri paesi, essenzialmente si andava a ridurre l'apporto del settore secondario al PIL a favore, invece, di quello apportato dal settore terziario. Infatti, il settore terziario si sviluppò notevolmente e iniziarono ad essere offerti molti servizi sia pubblici che privati alla collettività, dalla sanità

¹² De Simone E., Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.220

¹³ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.70

all'istruzione, dalla distribuzione commerciale ai trasporti, dall'informatica alle telecomunicazioni, dal turismo alla ricerca scientifica, dai traffici internazionali ai servizi bancari e assicurativi¹⁴. In quegli anni iniziava anche a trasformarsi il commercio, attraverso la comparsa delle grandi catene di distribuzione dei supermercati, dei grandi magazzini e dei discount. Nel corso di tale periodo anche le esigenze del mercato iniziarono gradualmente a cambiare; infatti, molti beni di consumo durevoli come le automobili, gli elettrodomestici, le navi e gli aerei furono caratterizzati da fasi di forte espansione della domanda poiché vi era un vasto mercato pronto ad assorbirli, ma col passare del tempo la domanda degli stessi andava saturandosi dal momento che quasi tutti i consumatori erano venuti in possesso di tali beni. Pertanto, il modello fordista basato sulla catena di montaggio e finalizzato ad una produzione di massa non si sposava più a pieno con le nuove e mutate esigenze del mercato e in alcuni casi, a causa della difficoltà di realizzazione delle economie di scala, risultava poco sostenibile da un punto di vista economico-finanziario. Dunque, si affermò durante la terza rivoluzione industriale un nuovo modello produttivo, sperimentato dalla fabbrica automobilistica giapponese Toyota, basato sulla cosiddetta *lean production*, ovvero produzione snella. Questo modello rinnegava la concezione, tipicamente fordista, del mercato come potenzialmente infinito, dove l'unico limite di espansione sta nella capacità produttiva stessa della fabbrica¹⁵ e si fondava su una maggiore flessibilità operativa. L'idea principale era quella di dover cercare di eliminare ogni tipo di spreco amministrativo; perciò, importantissimo risultò il modello di approvvigionamento delle materie prime, le quali, per ridurre i costi di magazzino, venivano fatte giungere *just in time*, poco prima della loro utilizzazione grazie ai nuovi mezzi di comunicazione e di trasporto. Il modello postfordista, così come viene alternativamente definito, inevitabilmente prevedeva una riduzione della forza lavoro ma per i lavoratori delle aziende le modalità lavorative vennero modificate, attraverso una graduale riduzione del ripetitivo lavoro alla catena di montaggio sostituito con nuove forme basate sul lavoro di gruppo e su una pluralità di mansioni affidate al dipendente. Pertanto, col toyotismo si affermò un nuovo organicismo industriale, per cui nella fabbrica organica, che si contrappone a quella meccanica, l'operaio interiorizza i "fini generali dell'impresa" e la sua soggettività è parte integrante del nuovo modello di fabbrica¹⁶; questa nuova concezione della partecipazione dei dipendenti alla creazione del valore da parte dell'impresa risultava diametralmente opposta rispetto al lavoro alienante tipico del modello fordista. È opportuno sottolineare però che diminuì la sicurezza del posto di lavoro e i lavoratori si trovarono

¹⁴ De Simone E., *Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica*, Milano, FrancoAngeli (2015), quinta edizione, p.224

¹⁵ M. Revelli, *economia e modello sociale nel passaggio tra fordismo e toyotismo*, <https://docplayer.it/21304372-Economia-e-modello-sociale-nel-passaggio-tra-fordismo-e-toyotismo-marco-revelli-doc-indice.html>

¹⁶ M. Revelli, *economia e modello sociale nel passaggio tra fordismo e toyotismo*, <https://docplayer.it/21304372-Economia-e-modello-sociale-nel-passaggio-tra-fordismo-e-toyotismo-marco-revelli-doc-indice.html>

costretti a cambiare spesso occupazione, così da risultare difficile per un individuo lavorare per tutta la vita nella stessa azienda o svolgere gli stessi compiti. Dall'adozione di questo modello l'impresa traeva il vantaggio di essere più agile, snella e capace di adattarsi alle variabili esigenze della produzione e della domanda. Il modello della *lean production* si diffuse in tutti i paesi più industrializzati ma non fu in grado di eliminare completamente il fordismo, che venne esportato nei paesi in via di sviluppo, come la Cina, l'India e altri paesi asiatici, dove vi erano alcune condizioni, tra cui soprattutto il basso costo della manodopera, che rendevano possibile la sua applicazione. La terziarizzazione dell'economia spostò il fulcro della creazione del valore dal capitale alla conoscenza e ciò fu una conseguenza dell'utilizzo delle ICT che, automatizzando sempre di più i lavori industriali, riducevano il numero di operazioni ripetitive che ciascun operaio era chiamato a svolgere e rendevano le fabbriche luoghi in cui i lavoratori aiutavano le macchine a produrre e non viceversa. Quindi, se nella prima e seconda rivoluzione industriale la tecnologia risultò un fattore di espulsione per l'agricoltura e di attrazione per l'industria, nella terza rivoluzione industriale la nuova tecnologia rappresentò un fattore di espulsione per l'industria e di attrazione per il settore dei servizi, in quanto si constatò che le attività di concetto erano rese più produttive rispetto a quelle manuali dalle ICT. Le ICT e lo sviluppo di Internet con le loro numerosissime applicazioni rappresenteranno il punto di partenza per la quarta rivoluzione industriale.

2. La quarta rivoluzione industriale

2.1 Il contesto di riferimento

Appare opportuno evidenziare come sia difficile definire una precisa periodizzazione della quarta rivoluzione industriale, dal momento che alcuni studiosi addirittura ritengono che essa non esista e che sia soltanto un prolungamento della terza rivoluzione industriale. Tuttavia, è possibile affermare che una cesura tra i due periodi vi sia e che vada fatta coincidere con l'affermazione di internet a livello mondiale e la digitalizzazione dei processi produttivi. La terza rivoluzione industriale è stata segnata dal processo di terziarizzazione dell'economia che ha visto avvenire parallelamente un processo di delocalizzazione dei processi produttivi dai paesi ad alto costo della manodopera a quelli dove le condizioni salariali dei lavoratori risultavano più vantaggiose per le grosse imprese multinazionali. Tuttavia, tale processo di delocalizzazione, se da un lato veniva favorito dai bassi costi di trasporto, dall'altro era ostacolato dagli alti costi di coordinamento. In un primo momento le ICT avevano contribuito fortemente all'automazione del lavoro in fabbrica con evidenti vantaggi per le imprese e meno evidenti per i lavoratori, specialmente per quelli meno specializzati; in una seconda fase, grazie alla sempre maggiore integrazione tra Internet, informatica e telecomunicazioni, le ICT resero il coordinamento internazionale efficiente ed economicamente conveniente. Da qui iniziò una nuova fase della globalizzazione caratterizzata dal trasferimento del *know-how* delle imprese dei paesi industrializzati ai paesi in via di sviluppo i quali in cambio non offrivano nulla se non la possibilità di pagare salari più bassi. Il prezzo da pagare fu la fine del monopolio della tecnologia da parte dei lavoratori delle tecnologie avanzate¹⁷. In questo contesto, il continuo sviluppo della tecnologia, in particolare delle ICT, la diffusione di internet a livello globale che iniziò a permettere alle persone di essere in contatto anche se fisicamente distanti, il graduale passaggio dall'analogico al digitale e la estrema facilità e velocità con cui le idee, oltre che alle cose e alle persone, circolavano ebbe inizio la quarta rivoluzione industriale. Il ruolo della tecnologia, delle macchine e del digitale risulta fondamentale per tale rivoluzione, la quale può essere fatta coincidere con una seconda età delle macchine, che a sua volta è possibile dividere in due fasi. La prima di queste due fasi, risalente alla metà degli anni Novanta, descrive un'epoca dove le tecnologie digitali hanno avuto un forte impatto sull'economia addossandosi una significativa fetta del lavoro di routine – compiti quali compilare i libri paga, saldare gli elementi di un'automobile e mandare fatture ai clienti¹⁸. La seconda fase, invece, che è in corso adesso, appare

¹⁷ R. Baldwin, Rivoluzione globale. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.79.

¹⁸ A. McAfee e E. Brynjolfson, La macchina e la folla. Come dominare il nostro futuro digitale, Feltrinelli (2020), p. 22.

significativamente differente dalla prima, in quanto le macchine stanno iniziando a dimostrare che non sono soltanto in grado di svolgere lavori di “routine” o pre-programmati ma che esse sono anche in grado di risolvere problemi autonomamente. La quarta rivoluzione industriale è caratterizzata da tre tendenze generali che stanno radicalmente mutando la fisionomia del sistema economico. La prima è che le macchine hanno la possibilità di crescere ed espandersi rapidamente. La seconda è relativa alla comparsa e affermazione di giovani imprese che per molti aspetti sono completamente diverse dalle aziende tradizionali e dominanti nei loro settori ma che, nella maggior parte dei casi, sono in grado di registrare performance nettamente migliori; esse sono le piattaforme come Google, Facebook e Amazon e sono molto competitive. La terza consiste nell’emergere della moltitudine della folla¹⁹, ovvero nell’emergere di una grande quantità di conoscenza umana, competenza ed entusiasmo presente in tutto il mondo e che può facilmente essere raggiunta online. Inoltre, con questa nuova rivoluzione si afferma un nuovo modo di concepire la fabbrica che prende il nome di industria 4.0, in cui i tempi di comunicazione tra il personale sono stati ridotti sensibilmente, in cui le macchine utilizzate non solo svolgono attività manuali prima svolte dall’uomo ma sono anche in grado di fornire dati ai sistemi informatici, di segnalare problemi e di essere controllate a distanza. Va detto che, spesse volte, i termini quarta rivoluzione industriale e Industria 4.0 vengono utilizzati come sinonimi. Tuttavia, la parola industria 4.0 venne utilizzata per la prima volta soltanto nel 2011 in un documento²⁰ per il futuro dell’industria manifatturiera tedesca presentato alla fiera di Hannover da tre consulenti del governo tedesco operanti nel mondo economico, tecnologico e industriale, quali Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster. Parlando di industria 4.0 essi fanno riferimento a una completa trasformazione del paradigma industriale che vede il prodotto assumere un ruolo attivo: non più soggetto a un controllo centralizzato, ma piuttosto un semilavorato in grado di comunicare, capace di suggerire le manipolazioni cui dovrebbe essere sottoposto nelle diverse fasi di lavorazione²¹. In tale documento i tre consulenti parlano di sistemi cyber fisici²² (*Cyber-Physical System*, CPS) e di *machine to machine*, lasciando intendere che tutto questo accada in un contesto industriale, quale la fabbrica, in cui le macchine utensili ma digitali come torni, frese, stampanti 3D, ma anche robot e sistemi di automazione e logistica digitalizzati non solo sono in continuo dialogo tra di loro e con i dispositivi

¹⁹ A. McAfee e E. Brynjolfson, *La macchina e la folla. Come dominare il nostro futuro digitale*, Feltrinelli (2020), p. 20.

²⁰ Il documento in questione si intitola: “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution” cioè: “*Industria 4.0: L’Internet delle cose sulla strada della quarta rivoluzione industriale*”.

²¹ “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”

²² Per CPS si intendono dei sistemi composti da diverse rappresentazioni virtuali (oggetti computazionali) in dialogo continuo con i processi reali, i quali collaborano fra loro utilizzando e producendo servizi di accesso e di elaborazione dei dati.

puramente digitali, quali pc, tablet e smartphone, in possesso degli operatori ma anche con le merci prodotte dalle stesse macchine utensili. In quest'ottica si parla di prodotto attivo (*smart object*), prodotto che sarà attivo in fabbrica così come sugli scaffali del sistema di retail e tra le mani dell'utente finale²³. È facile intuire che a mutare non è solo il prodotto ma l'intera fabbrica viene modificata tramite la connessione tra tutte le componenti che ricoprono un ruolo nel processo produttivo. Da questo punto di vista, l'industria 4.0 rappresenta un nuovo linguaggio progettuale, un nuovo approccio alla catena del valore nel suo complesso: dalla creatività al retail, dalla manifattura alla distribuzione²⁴. In questo nuovo approccio alla produzione un ruolo fondamentale è svolto dalla possibilità di connettere tutte le componenti data da impianti dotati di sensori e di tecnologia informatica e soprattutto dall' *Internet of things* (Internet delle cose, IoT), di cui si tratterà nello specifico nell'ambito delle tecnologie abilitanti della quarta rivoluzione industriale. Infatti, dotando un macchinario della tecnologia IoT esso diviene in grado, ad esempio, di avere contezza del numero di cicli svolti, del ritmo di produzione e delle giacenze di magazzino; inoltre, è programmato in modo da segnalare di aver subito un guasto, ma anche da informare circa la necessità di un intervento di manutenzione ordinaria o straordinaria entro un numero prestabilito di cicli. In aggiunta, in questo nuovo scenario industriale le informazioni ed i dati assumono un'importanza assai rilevante dal momento in cui le tecnologie dell'industria 4.0 permettono di raccoglierne quantità incredibilmente grandi e ciò comporta, conseguentemente, la necessità di saper trattare queste informazioni, attività per cui sono richieste competenze specifiche possedute da figure professionali, come i *data scientist*²⁵. La possibilità di raccogliere tutte queste informazioni relative a ciascun impianto e di conservarle all'interno di piattaforme condivise permette alle grandi imprese multinazionali di consentire a ciascun utente autorizzato, attraverso i CPS, di accedere in tempo reale, da un punto qualsiasi della terra, a informazioni specifiche riguardo lo stato di ciascun macchinario presente in qualsiasi impianto del gruppo, indipendentemente dalla sua posizione²⁶. Tuttavia, non bisogna pensare che tale rivoluzione abbia come effetto solo quello di cambiare il modo in cui si produce e quindi che i suoi effetti si esplichino soltanto in un cambiamento della vita nelle fabbriche ma, come le altre rivoluzioni che l'hanno preceduta, anche le nostre abitudini sociali stanno cambiando e continueranno a farlo.

²³ M. Temporelli, *Industria 4.0* (<http://www.scienzae filosofia.com/wp-content/uploads/2019/12/02-TEMPORELLI.pdf>), 2019

²⁴ M. Temporelli, *Industria 4.0* (<http://www.scienzae filosofia.com/wp-content/uploads/2019/12/02-TEMPORELLI.pdf>), 2019

²⁵ Figura professionale esperta nell'analisi dei dati

²⁶ R. Danna, *Industria 4.0: cos'è la quarta rivoluzione industriale?* (<https://www.pandorarivista.it/articoli/industria-4-0-iot-quarta-rivoluzione-industriale/2/>)

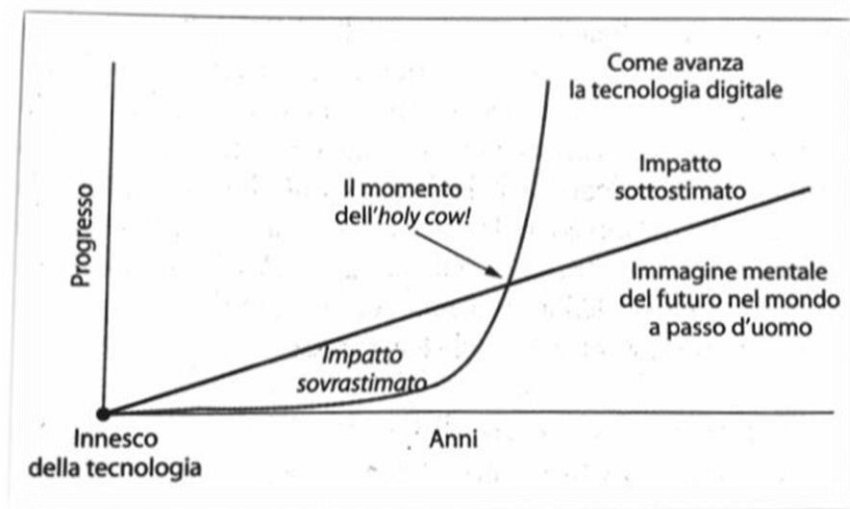
2.2 La rivoluzione globotica

Il cervello umano è abituato a procedere per gradi e a pensare in modo lineare all'evoluzione. Quindi, noi esseri umani riteniamo in maniera decisa che nel prossimo futuro le cose cambieranno più o meno allo stesso ritmo di sempre, cioè ad un ritmo graduale. Pertanto, il nostro cervello non è capace di misurarsi con la rivoluzione globotica²⁷. Secondo Richard Baldwin, la “globotica” è un'inedita combinazione tra la nuova forma di globalizzazione e la nuova forma della robotica. Infatti, una nuova forma di intelligenza artificiale, denominata *machine learning* (apprendimento automatico) ha reso i computer in grado di svolgere attività per loro impensabili solo fino a poco tempo fa come: scrivere, parlare e riconoscere sottili schemi logici. Ciò conduce ad uno scenario del tutto nuovo, uno scenario in cui l'automazione si trasforma in una “minaccia” anche per le persone che lavorano con l'intelletto, con la “testa” e non mette più a rischio solo coloro che lavorano con le mani. Questi robot pensanti, che vengono definiti “robot-colletti bianchi”, stanno spianando la strada a una nuova fase dell'automazione, in cui i suoi vantaggi e svantaggi vengono così portati a una nuova categoria di lavoratori: quelli impiegati negli uffici anziché nei campi e nelle fabbriche. Dunque, sono previsti radicali cambiamenti all'orizzonte, dal momento in cui oggi la maggior parte delle persone è impiegata nel settore dei servizi; per tale ragione, Richard Baldwin parla di “Rivoluzione Globotica” e sottolinea come tali cambiamenti vedano la loro causa nella tecnologia digitale. In una prima fase della tecnologia digitale i progressi risultavano quasi impercettibili ma col passare del tempo vi sono stati degli incrementi enormi. Se del futuro si ha una concezione lineare, l'andamento dello sviluppo del digitale non appare come qualcosa di normale; però, la crescita del digitale è di tipo esponenziale, ovvero si caratterizza per il suo essere prima impercettibile per decenni per poi esplodere, rendendo assai complicato pensare intuitivamente ad una crescita di tale tipo per la tecnologia digitale. Basta fare riferimento alla velocità dell'elaborazione dei dati, la quale sta raddoppiando grosso modo ogni 18 mesi. Infatti, nel 2015 l'iPhone 6s elaborava informazioni circa 120 milioni di volte più velocemente del computer che condusse l'apollo 11 sulla luna nel 1969 e che nel 2017 l'iPhone X era due volte e mezzo più veloce dell'iPhone 6s, implicando che tra il 2015 e 2017 la velocità di elaborazione dei dati è cresciuta di 240 milioni di volte rispetto a quella del computer dell'Apollo²⁸. È possibile illustrare graficamente la divergenza esistente tra la tendenza degli esseri umani a immaginare il futuro in modo lineare e la

²⁷ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.103.

²⁸ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.104.

forma attuale della crescita esponenziale del digitale, con un grafico che viene definito da Baldwin “diagramma dell’*holy cow!*”.



La innata propensione degli uomini a rappresentare il futuro come una linea è mostrata dalla retta che sale costantemente da sinistra verso destra nella figura di cui sopra. Al contrario, la tecnologia digitale non si muove in modo lineare, ma segue la cosiddetta “curva esponenziale”. Nella fase del progresso impercettibile la tecnologia resta sul fondo, ma nel momento del progresso esplosivo impenna. Nel momento in cui la curva del progresso digitale incrocia la retta delle aspettative umane si giunge a un momento definito dell’*holy cow!*, dello sconvolgimento, ovvero quel momento in cui la tecnologia digitale diventa dirompente²⁹. Quindi, in un’ottica di crescita lineare il ritmo al quale il digitale progredisce non appare ragionevole ma nel mondo della crescita esponenziale, al contrario, esso è inevitabile. Infine, risulta estremamente difficile stabilire quando questo nuovo impulso tecnologico sia iniziato, ma possiamo con ragionevole certezza affermare che da qui ai prossimi anni le macchine e i computer saranno in grado di svolgere sempre di più attività che, solo fino a poco tempo fa, potevano essere svolte soltanto dall’uomo, influenzando non solo le imprese ma trasformando anche il mondo del lavoro e conseguentemente la società in cui viviamo.

²⁹ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p. 105.

2.3 Digitalizzazione

Come si è detto in precedenza, la tecnologia digitale è considerata una delle principali cause, se non la principale, delle trasformazioni che oggi stiamo vivendo, non solo per quanto concerne i sistemi di produzione e il mondo del lavoro ma anche per ciò che riguarda la vita di tutti i giorni. A questo punto è opportuno comprendere anche cosa si intende per processo di digitalizzazione. In parole semplici, in generale, tale processo viene sintetizzato come il passaggio dall'analogico al digitale nell'audio, nel suono e nel video. Più precisamente, nel campo dell'informatica digitalizzare un suono, un'immagine o un testo vuol dire trasformarli in una sequenza di numeri espressi in formato binario, ossia in un segnale che può essere archiviato o modificato con un computer, conservato più a lungo, o trasmesso a distanza in maniera più efficiente³⁰. Per spiegare l'inedita natura della tecnologia digitale e l'andamento del suo progresso è possibile fare riferimento a quattro leggi: la legge di Moore, la legge di Gilder, la legge di Metcalfe e la legge di Varian. La legge di Moore afferma che la velocità di elaborazione dei dati cresce in maniera esponenziale, aumentando del doppio circa ogni 18 mesi³¹. Quando era a capo della sezione ricerca e sviluppo alla Fairchild Semiconductor Corporation, nel 1965 Moore pubblicò la sua prima legge che nel 1975 si rivelò corretta e così è stato fino ai giorni nostri. Questa legge è considerata l'obiettivo di tutte quelle aziende che operano nel settore dei semiconduttori poiché investire al fine di aumentare la velocità di elaborazione dei dati risulta ancora essere piuttosto remunerativo. Nel mondo dell'*information technology* (IT) risultano fondamentali le attività di organizzazione e coordinamento, dal momento che le aziende che producono i chip sono diverse da quelle che si occupano di progettare i software e i computer che ne utilizzano la potenza di elaborazione. Infatti, le aziende dell'IT effettuano importanti investimenti della portata di milioni di dollari allo scopo di sviluppare software e servizi di telecomunicazione innovativi che potranno essere utilizzati solo su computer e grazie a chip che ancora non sono stati prodotti. Allo stesso modo, coloro che producono chip effettuano investimenti della stessa portata al fine di progettarne sempre di migliori consapevoli della forte domanda spinta da innovativi software e servizi di telecomunicazione la cui progettazione avviene di continuo. A questo punto la legge di Moore può essere considerata come una profezia che si autorealizza, se non, addirittura, uno schema di Ponzi³². La legge di Gilder, elaborata nel 1989, afferma che la velocità di trasmissione dei dati cresce tre volte più rapidamente della velocità dei processori. Tuttavia, solo per alcuni anni la velocità di elaborazione dei dati venne largamente superata dalla velocità di trasmissione dei dati, la quale iniziò a rallentare muovendosi allo stesso ritmo della legge di Moore. Grazie alla velocità con la quale i dati vengono trasmessi, oggi è possibile assistere in

³⁰ Treccani, digitalizzazione. http://www.treccani.it/enciclopedia/digitalizzazione_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/

³¹ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.106.

³² R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.108.

maniera quotidiana alla trasmissione di una quantità incredibile di dati e tale quantità è destinata ad aumentare dal momento che Cisco sostiene che entro il 2021 il numero di abitanti della terra avente un cellulare (5,5 miliardi) sarà maggiore delle persone che saranno in possesso di un conto in banca (5,4 miliardi)³³. Pertanto, una quantità sempre maggiore di persone, considerando anche il fatto che non tutto il pianeta è raggiunto dalla rete internet e che si stanno compiendo dei passi importanti al fine di aumentare la copertura della rete in quei paesi dove non è ancora ampiamente diffusa³⁴, sarà in grado di scambiare informazioni e di pubblicare contenuti sulle varie piattaforme social e non solo, così da far aumentare ancora di più la quantità di dati scambiati. In merito a ciò, Richard Baldwin, nel suo libro Rivoluzione globotica, sostiene che la combinazione di veloce elaborazione e rapida trasmissione dei dati abbia prodotto reti digitali estremamente vaste, come Facebook, che oggi vanta quasi 2,5 miliardi di utenti. La legge di Metcalfe può risultare utile per spiegare le motivazioni di questo fenomeno. Essa asserisce che l'utilità e il valore di una rete sono proporzionali al quadrato del numero degli utenti. Dunque, più persone utilizzano una certa rete più aumenta il valore della rete stessa e, in particolare, tale valore aumenta due volte più rapidamente del numero di utenti. Il punto messo in luce da tale legge è che il valore di una rete cresce molto più velocemente della sua dimensione e ciò presenta due fondamentali implicazioni per l'era della globotica. Innanzitutto, permette di comprendere come mai la capitalizzazione di aziende come Facebook, Whatsapp e Google può registrare degli incrementi assai significativi e repentini e quindi di spiegare perché l'economia del cyberspazio agisce diversamente dall'economia dello spazio reale. In secondo luogo, la legge di Metcalfe spiega perché nell'economia digitale la competizione sia caratterizzata dal modello dell'*winner-take-all market*, ossia un modello in cui il vincitore prende tutto e quindi la competizione è irrilevante³⁵. Tuttavia, l'incredibile sviluppo della tecnologia digitale non è determinato esclusivamente dalla sempre crescente velocità con cui è possibile elaborare e trasmettere i dati. Ciò che differenzia l'innovazione digitale da quella industriale è la natura degli elementi sottostanti: mentre l'innovazione industriale ha avuto ad oggetto cose fisiche e quindi ci è voluto del tempo prima che le invenzioni, della prima e seconda rivoluzione industriale specialmente, venissero messe a punto, l'innovazione digitale segue un ritmo molto più veloce dal momento che non ha ad oggetto cose fisiche e ciò può essere meglio spiegato dall'ultima delle quattro "leggi digitali", la legge di Varian³⁶. La legge di Varian afferma che i componenti digitali sono gratuiti, mentre i prodotti che derivano dal loro assemblaggio hanno grande valore³⁷. Questa

³³ https://associati.anitec-assinform.it/aziendeassociate/c/cisco/comunicati_stampa/cisco-nel-2021-ci-saranno-piu-telefonini-che-conti-in-banca.kl

³⁴ Si tratta di paesi del continente africano e di quello asiatico.

³⁵ Questo è il caso, ad esempio, di Google che rappresenta il motore di ricerca più utilizzato in assoluto.

³⁶ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.113.

³⁷ R. Baldwin, Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro, il Mulino (2020), p.114.

caratteristica del digitale ci permette di capire perché essa si sviluppi ad un ritmo molto più elevato rispetto all'innovazione industriale; infatti, i prodotti e le componenti digitali possono essere riprodotti gratuitamente, velocemente e istantaneamente mentre ciò non è vero per invenzioni come fu quella della macchina a vapore. Se fosse stato possibile riprodurre perfettamente, a basso costo e in poco tempo la macchina a vapore la prima rivoluzione industriale si sarebbe diffusa molto più velocemente. Molte invenzioni digitali non fanno altro che combinare tecnologie già esistenti³⁸, permettendo quindi di sostenere costi relativamente bassi e di ottenere in prospettiva importanti guadagni ed è questa caratteristica che sta spingendo l'evoluzione della tecnologia digitale.

2.4 Le tecnologie abilitanti

In precedenza, è stato detto che l'industria 4.0 rappresenta un nuovo linguaggio progettuale destinato a modificare i processi produttivi e conseguentemente le abitudini della società odierna. L'industria 4.0, come tutte le precedenti rivoluzioni industriali, rappresenta un cambiamento, una trasformazione che in primis riguarda il luogo in cui l'attività produttiva viene svolta; è con l'quarta rivoluzione industriale che si comincia a parlare di *smart factory*. La *smart factory*, o fabbrica intelligente, è il risultato del nuovo linguaggio progettuale dell'industria 4.0 che vede la sua realizzazione grazie ad una serie di tecnologie, definite tecnologie abilitanti³⁹, che rendono possibile il passaggio dalla semplice fabbrica a quella intelligente. Secondo Boston Consulting Group, l'adozione di queste tecnologie permetterà alle imprese di raccogliere e analizzare grandi quantità di dati relativi ai macchinari impiegati nel processo produttivo, di rendere possibili processi più veloci, più flessibili e più efficienti per la produzione di prodotti di maggiore qualità e a costi ridotti, nonché di aumentare la produttività e di spronare la crescita industriale, modificando il profilo della forza lavoro⁴⁰. Inoltre, il portale ricerca italiana a cura del Miur ritiene le tecnologie abilitanti fondamentali per la crescita e l'occupazione dal momento in cui sviluppano soluzioni o miglioramenti tecnologici attraverso esperienze di ricerca in grado di dare nuova linfa al processo produttivo⁴¹. A questo punto, non resta che chiarire cosa e quali siano queste tecnologie. La Commissione europea definisce le tecnologie abilitanti come “tecnologie ad alta intensità di

³⁸ Questo è ciò che è successo con Uber, Airbnb e Upwork.com, che possono essere considerate come miscele ben dosate di componenti digitali esistenti.

³⁹ In inglese esse si definiscono key enabling technologies (KET).

⁴⁰ Boston Consulting Group, *Embracing industry 4.0 and Rediscovering growth*. <https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>

⁴¹ Research Italy, *Tecnologie abilitanti*. <https://www.researchitaly.it/tecnologie-abilitanti/>

conoscenza e associate a elevata intensità di R&S, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati”⁴².

Per determinare quali effettivamente siano le tecnologie abilitanti è possibile fare riferimento al Piano nazionale industria 4.0⁴³, che elenca ben 9 tecnologie di cui si tratterà nello specifico nel corso di questo capitolo.

2.4.1 Big data & Analytics

Come già accennato in precedenza, le grandi quantità di dati e di informazioni che i macchinari impiegati nei processi produttivi possono scambiarsi tra loro e fornire ai vari impiegati rappresentano un elemento caratterizzante l'industria 4.0. Una delle tecnologie abilitanti della quarta rivoluzione industriale non a caso è rappresentata proprio dai Big Data & Analytics. È opportuno parlare di Big Data quando ci si riferisce ad un dataset talmente grande di informazioni eterogenee, quindi non solo dati strutturati ma anche dati semi-strutturati e non strutturati come e-mail, dati GPS e informazioni presi dai social network, che richiedono strumenti e metodologie non convenzionali per estrarre, processare e gestire informazioni in una quantità di tempo ragionevole. La tradizionale attività di processione dei dati si riferisce a contenuti come immagini, testi, video che vengono elaborati e successivamente integrati con altre tipologie di dati, ad esempio, relativi ad uno specifico contesto; un esempio può essere quello dei dati relativi alle vendite che vengono integrati con i dati geografici e quelli inerenti alla distribuzione. I risultati ottenuti da questo processo di integrazione offrono indicazioni che conducono a una prima comprensione (in inglese *learning*), che consente alla analista di giungere ad una comprensione più approfondita (in inglese *insight*). Invece, i Big Data possono essere considerati come dei dati in movimento, costantemente generati dai dispositivi mobili e dagli altri dispositivi dotati della tecnologia dell'*Internet of Things* (IoT). Posta questa differenza, appare ovvio che diversi siano anche i processi di analisi di questa particolare categoria di dati rispetto a quelli tradizionalmente utilizzati, dal momento in cui essi richiedono strumenti di analisi specifici per dati “dinamici”, quali sono i Big Data. Quando si parla di Big Data spesso si fa riferimento alle tre “v”, le quali sono dei fattori che li identificano; essi sono volume, velocità e varietà. Il volume dei Big Data fa riferimento a grandezze nell'ordine di

⁴² Commissione europea, *Le tecnologie abilitanti fondamentali: un ponte per la crescita e per l'occupazione*.
<https://www.researchitaly.it/tecnologie-abilitanti/>

⁴³ Piano nazionale industria 4.0, https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf

terabyte⁴⁴. La seconda “v” fa riferimento alla varietà dei Big Data che concerne la diversità dei formati e, di frequente, l’assenza di una struttura che possa essere rappresentata attraverso una tabella in un database relazionale. Infatti, i Big Data si distinguono in: dati strutturati, i quali devono rispettare uno schema ben preciso; dati semi-strutturati, che non sono dotati di schemi definiti ma seguono comunque delle grammatiche e dati non strutturati che sono invece “aperti”. La terza “v” fa riferimento alla velocità con cui i dati devono essere raccolti, elaborati, archiviati e analizzati; al fine di essere identificati come Big Data la raccolta, l’elaborazione, l’archiviazione e l’analisi dei dati è necessario che avvenga in tempi assai rapidi. Un altro concetto molto importante legato ai Big Data è quello di Analytics. Per Analytics si intende il processo scientifico con cui i dati grezzi vengono trasformati in insights utili per prendere decisioni migliori e che si basa su un insieme di scienze, tecniche e tecnologie come la matematica, la statistica, le tecnologie di *business intelligence* di base e altre forme progredite di analisi. L’Analytics permette di concentrarsi sul motivo per cui qualcosa sia successo e di comprendere cosa accadrà in seguito. Esistono diversi quattro modelli di Analytics: il *descriptive Analytics* rappresenta l’insieme di strumenti volti a descrivere la situazione attuale e passata dei processi aziendali; il *predictive Analytics* indica il complesso di *tool* di analisi che tendono a cercare di spiegare cosa accadrà in futuro; il *prescriptive Analytics* fa riferimento all’insieme di strumenti avanzati che, di concerto con l’analisi dei dati, offre a coloro che devono prendere le decisioni soluzioni di tipo operativo e strategico, avendo come punto di partenza le analisi svolte; infine, *l’automated Analytics*, cioè il complesso di strumenti in grado di implementare in maniera autonoma l’azione suggerita secondo il risultato delle analisi svolte. Si parla di Big Data Analytics quando le tecniche avanzate di analisi vengono applicate ai Big Data.⁴⁵ Dal momento in cui essi forniscono enormi campioni statistici, permettono di migliorare i risultati ottenuti attraverso l’utilizzo degli strumenti d’analisi. Infatti, è proprio la regola generale secondo cui maggiore è il campione dei dati, maggiore è l’accuratezza delle statistiche e degli altri risultati frutto dell’analisi svolta che rende il Big Data Analytics così interessante per le imprese; in particolare ai giorni d’oggi, dal momento che i costi per la conservazione (*storage*, in inglese) dei dati sono ridotti, è possibile sfruttare i vantaggi derivanti dall’analisi dei Big Data anche da parte delle piccole e medie imprese. Non a caso, nonostante quello dei Big Data sia un fenomeno relativamente giovane già numerose imprese⁴⁶ applicano o effettuano investimenti per applicare gli strumenti di analisi avanzata a tale tipologia di dati, con

⁴⁴ Un terabyte corrisponde a circa mille gigabyte, un gigabyte corrisponde a circa mille megabyte.

⁴⁵ Russom, “Big Data Analytics”, 2011, p.6. <https://vivomente.com/wp-content/uploads/2016/04/big-data-analytics-white-paper.pdf>

⁴⁶ Il 93% delle grandi imprese sta investendo in Analytics, contro il 62% delle PMI.

https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/comunicati-stampa/mercato-big-data-analytics-italia-valore-trend-comunicato

l'obiettivo di ottenere vantaggi in termini di relazioni con i clienti, di *business intelligence*⁴⁷ e di molte altre applicazioni analitiche.

2.4.2 Industrial Internet of Things

La trasmissione di queste grandi quantità di dati è resa possibile dal fatto che oggi la quasi totalità dei dispositivi impiegati sia nei processi produttivi che quelli utilizzati nella vita di tutti i giorni sono dotati della tecnologia IoT (*Internet of Things*), che rappresenta un'altra tecnologia abilitante della quarta rivoluzione industriale, come espresso nel Piano nazionale industria 4.0. Più precisamente, nel piano in questione si parla di *Industrial Internet of Things*; viene posta, cioè, l'attenzione sull'aggettivo industriale e ciò fa apparire ragionevole cercare di capire cosa si intenda per *Industrial Internet*, *Internet of Things* e, quindi, per *Industrial Internet of Things*. Secondo General Electric la differenza fondamentale tra l'internet "industriale" e l'internet della quotidianità (*social/consumer internet*) risiede nel modo in cui il valore viene generato e nella quantità prodotta di tale valore, specificando che per i fruitori del *social internet* la maggior parte del valore generato proviene dagli annunci pubblicitari⁴⁸. Inoltre, l'*Industrial Internet* viene definito come una fonte sia di efficienza operativa sia di innovazione che rappresenta il risultato di un'incredibile ricetta di sviluppi della tecnologia. Questa tipologia di internet si rivela molto utile per le imprese, in quanto esse possono utilizzare software, sensori e altre tecnologie per ottenere e analizzare dati dagli *smart objects* oppure da altre fonti di dati, al fine di servirsi di queste analisi per prendere decisioni migliori e offrire prodotti e servizi di maggior valore. Ciò permette, dunque, di osservare come vi sia una relazione tra l'*Industrial Internet* e il Big Data Analytics, in quanto una delle componenti chiave di detto tipo di internet è appunto la possibilità che esso offre di analizzare i dati. Per quanto concerne la tecnologia dell'*Internet of Things* è possibile affermare che esistono svariate definizioni; una possibile definizione è la seguente: "un gruppo di infrastrutture e di oggetti interconnessi che permettono la loro gestione, l'estrazione dei dati e l'accesso ai dati da essi generati"⁴⁹, dove per oggetti connessi si intendono sensori e attuatori che esplicano una determinata funzione e che sono in grado di comunicare con gli altri dispositivi. A questo punto, si potrebbe

⁴⁷ La business intelligence può trarre vantaggio dal Big Data Analytics in termini di più numerosi e accurati business insight, di comprensione del cambiamento del business, di migliore previsione e pianificazione e di identificazione delle cause profonde dei costi.

⁴⁸ J. Leber, *General Electric's San Ramon Software Center Takes Shape MIT Technology Review*, 2012.

⁴⁹ B. Dorsemayne, et al. *Internet of things: a definition and taxonomy*, 2015, pp. 72-77.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7373221>

definire banalmente l'*Industrial Internet of Things* come l'applicazione della tecnologia IoT all'interno delle fabbriche; questo non è sbagliato, in quanto l'idea di fondo è proprio questa, tuttavia una definizione più dettagliata può essere fornita. L'*Industrial Internet of Things* è “un sistema di oggetti intelligenti (smart objects) collegati in rete, risorse cyber-fisiche, tecnologie informatiche generiche associate e piattaforme opzionali di cloud o *edge computing* che consentono in tempo reale, in modo intelligente ed autonomo l'accesso, la raccolta, l'analisi, la comunicazione e lo scambio di processi, informazioni su prodotti e/o servizi, nell'ambito dell'ambiente industriale, al fine di ottimizzare il valore complessivo della produzione”⁵⁰. Ottimizzare il valore complessivo della produzione può significare: migliorare il modo in cui il prodotto o servizio viene offerto al consumatore finale, aumentare la produttività, ridurre il consumo di energia e ridurre altri costi operativi e di gestione. È quindi grazie all'*Industrial Internet of Things* e al loro collegamento alla rete che tutti gli elementi che partecipano al processo produttivo, dai cassoni di materie prime passando per i macchinari e le attrezzature sino ad arrivare al prodotto finito, divengono “intelligenti” e scambiano in modo autonomo informazioni tra di loro, modificando il proprio comportamento in funzione degli input ricevuti dagli altri oggetti.

2.4.3 Cloud manufacturing

Il concetto di *Internet of Things* risulta utile per introdurre la terza tecnologia abilitante dell'industria 4.0, vale a dire il *cloud manufacturing*; esso prevede che imprese diverse condividano infrastrutture, macchinari, beni e attrezzature industriali che risultano connesse alla rete al fine di realizzare i loro prodotti. Tale tecnologia è il risultato della convergenza tra le possibilità offerte dal *cloud computing* e le esigenze della produzione globale. Il *cloud computing* è una tecnologia informatica che permette ad un fornitore di erogare su richiesta servizi a un cliente finale sfruttando la connessione ad Internet, partendo da un insieme di risorse preesistenti, configurabili e disponibili in remoto. È importante definirlo in quanto il *cloud manufacturing* può essere considerato come un modello di produzione intelligente connesso in rete che abbraccia il *cloud computing* appunto, al fine di soddisfare le crescenti richieste di un più alto grado di personalizzazione dei prodotti, maggiore cooperazione globale, innovazione ad alta intensità di conoscenza e maggiore agilità nel

⁵⁰ H.Boyes, B. Hallaq, J. Cunningham e T.Watson, *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517307285?via%3Dihub>

fornire delle risposte ai mutamenti del mercato⁵¹. Essenzialmente, questa nuova concezione della produzione come un servizio apre a scenari in cui viene resa possibile la condivisione in tutto il mondo da parte di utenti diversi delle più svariate risorse produttive sia per i compiti semplici sia per quelli più complessi. Tali risorse riguardano l'analisi delle esigenze del mercato e del cliente, la pianificazione delle risorse, la progettazione del prodotto, il controllo della *supply-chain*, la produzione, gestione e manutenzione, fino ad arrivare alle attività di fine ciclo dei prodotti. È con il *cloud computing* che diviene possibile la transizione da un'industria manifatturiera orientata alla produzione ad una orientata ai servizi in modo da contribuire alla formazione di una società cibernetica per una futura produzione cibernetica⁵².

2.4.4 Cyber-security

La conservazione di dati e risorse in sistemi di *cloud computing* e quindi in rete, piuttosto che in archivi fisici permette di eliminare tutta una serie di problematiche tecniche rendendo possibile, ad esempio, un accesso molto più rapido ai dati e alle informazioni presenti negli archivi digitali; tuttavia, ciò presenta anche dei lati negativi. Infatti, tutte queste informazioni essendo conservate su dei server online sono esposte ad attacchi informatici e perciò richiedono l'adozione di misure di sicurezza informatica. In questo modo si introduce un'ulteriore tecnologia abilitante, vale a dire la *cyber-security*. La *cyber-security*, nota anche come sicurezza informatica o sicurezza delle informazioni elettroniche, consiste nella difesa di computer, server, dispositivi mobili, sistemi elettronici, reti e dati dagli attacchi dannosi. Tali minacce possono essere suddivise in tre categorie: *cybercrime*, cyberattacchi e cyberterrorismo. Per *cybercrime* si intendono quegli attacchi ai sistemi effettuati da singoli attori o gruppi con l'intenzione di ottenere una remunerazione economica o semplicemente di interrompere le attività aziendali. I cyberattacchi vengono, invece, generalmente scagliati per la raccolta di informazioni con finalità politiche. Infine, il cyberterrorismo mira a suscitare panico e paura compromettendo la sicurezza dei sistemi economici. Per le imprese moderne, che si stanno sempre di più trasformando in imprese 4.0, diviene fondamentale avere dei sistemi di difesa informatica che permettano loro di proteggersi da tali minacce. Infatti, come visto in precedenza, grazie alle tecnologie dell'*Internet of Things* e dell'*Industrial Internet of Things*, i

⁵¹ L. Rei, L. Zhang, L. Wang, F. Tao, X. Chai, *Cloud manufacturing: key characteristics and applications*. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=6e2a45a5-d397-420b-8422-ddae25b48c34%40sessionmgr4006&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=bsu&AN=122049571>

⁵² L. Rei, L. Zhang, L. Wang, F. Tao, X. Chai, *Cloud manufacturing: key characteristics and applications*. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=6e2a45a5-d397-420b-8422-ddae25b48c34%40sessionmgr4006&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtbGl2ZQ%3d%3d#db=bsu&AN=122049571>

sistemi industriali sono connessi in rete, scambiano e condividono dati in modo costante comportando che la cosiddetta “superficie di attacco” cui sono esposti i sistemi IoT e IIoT, cioè la parte di un sistema che può essere esposta ad accesso o a modifiche di utenti non autorizzati, aumenti all’aumentare delle periferiche CPS presenti in un’impresa. Dal momento in cui tali pericoli sono sempre più frequenti e possono provocare gravi danni economici e reputazionali, in particolare per la questione relativa alla sicurezza dei dati sensibili, è necessario che le aziende adottino delle misure adeguate. Il modo migliore per proteggersi consiste nell’adottare un modello di “security by design”, ossia dotarsi di un’infrastruttura che tenga presenti le questioni rilevanti della sicurezza soffermandosi sull’analisi e valutazione dei rischi e che sia sempre pronta a rivisitare le scelte fatte per l’individuazione di eventuali contromisure da adottare⁵³.

2.4.5 Additive manufacturing

Un ulteriore pilastro tecnologico della quarta rivoluzione industriale con riferimento all’aspetto più partico della progettazione e dello sviluppo dei componenti è l’*Additive Manufacturing*, ossia la manifattura additiva. Per manifattura additiva si intende un insieme di tecnologie e di tecniche di produzione, che non intendono la creazione di un prodotto in modo tradizionale, ossia servendosi di uno stampo nel quale colare la plastica bollente (o qualsiasi altro materiale utilizzato) per poi pressarla o comprimerla in altri modi fino ad ottenere la forma finale dell’oggetto, ma che utilizzano una tecnica additiva. Tale tecnica di produzione prevede la costruzione di parti tridimensionali attraverso la progressiva aggiunta di sottili strati di materiali sulla base di un modello digitale; questa tecnologia è quella di cui si servono le moderne stampanti 3D che permettono di costruire oggetti “*layer by layer*”, cioè procedendo per strati di costruzione. Proprio consolidando il materiale strato per strato l’*Additive Manufacturing* offre la possibilità di superare le numerose limitazioni che i processi tradizionali pongono alla complessità geometrica dei prodotti. La manifattura additiva si presenta quindi come un nuovo paradigma di produzione che prevede la realizzazione di un prodotto attraverso l’aggiunta di materia e non la sua sottrazione, riducendo quindi di gran lunga gli sprechi⁵⁴. Inoltre, questo nuovo modo di concepire la produzione dei prodotti apre alla possibilità di realizzare beni sempre più rispondenti alle richieste dei clienti, garantendo un più alto livello di personalizzazione; non solo ciò, poiché questa tecnica di manifattura permette anche di ridurre le

⁵³ A. Modena, *Cyber Security in Industry 4.0: ecco tutti i rischi che corriamo e come affrontarli*
<https://www.isipc.it/cuber-sicurezza-e-industria-4-0-i-rischi-e-come-affrontarli/>

⁵⁴ Permette quindi di risparmiare in maniera considerevole da un punto di visto economico.

scorte in magazzino dei pezzi di ricambio e di accorciare i tempi di consegna degli stessi che presentano criticità o che risultano obsoleti⁵⁵.

2.4.6 Sistemi di simulazione avanzata

Per quanto concerne più nello specifico la fase di progettazione, l'industria 4.0 vede nei sistemi di simulazione avanzata una delle tecnologie abilitanti. La simulazione assistita dal calcolatore viene definita come “uno strumento software di analisi numerica molto potente, che viene utilizzato in molti contesti tecnologici e scientifici, grazie al quale è possibile riprodurre in scala digitale quanto si otterrebbe dal vivo attraverso esperimenti, a volte distruttivi, su prototipi reali”⁵⁶. Essa quindi permette di effettuare dei test al 100% virtuali che si rivelano estremamente utili per le aziende in quanto le mettono in condizione di prevedere il comportamento di un prodotto, di analizzarne i difetti e i malfunzionamenti per poi porvi tempestivamente rimedio, in diversi scenari, senza però sostenere i costi connessi allo svolgimento “fisico” del test. Infatti, oggi simulare un prodotto significa: individuare e risolvere in modo più celere eventuali difetti di progettazione; prendere in considerazione un maggior ventaglio di alternative in modo efficace e veloce; effettuare una riduzione dei costi di sviluppo ed esplorare nuove opportunità per i progetti senza dover affrontare i rischi connessi a una prototipazione⁵⁷.

2.4.7 Realtà aumentata

Un'altra forma di tecnologia che costituisce un pilastro dell'industria 4.0 è la realtà aumentata (*Augmented Reality*, in inglese). La realtà aumentata (AR) si differenzia da un'altra tecnologia che negli ultimi anni è stata protagonista di grandi progressi, ossia la realtà virtuale (*Virtual Reality* in inglese); è importante mettere in evidenza come queste due tecnologie siano diverse per comprendere perché la realtà aumentata sia, almeno al momento, quella con più prospettive e

⁵⁵ T. DebRoy, H.L. Wei, J.S. Zuback, T. Mukherjee, J.W. Elmer, J.O Milewski, A.M Beese, A. Wilson-Heid, A.De, W. Zhang, *Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642517301172?via%3Dihub>

⁵⁶ G. Gruosso, *Le potenzialità della simulazione avanzata nell'industria 4.0*, 2018
<https://ricominciada4.fondirigenti.it/le-potenzialita-della-simulazione-avanzata-nellindustria-4-0/>

⁵⁷ G. Gruosso, *Le potenzialità della simulazione avanzata nell'industria 4.0*, 2018
<https://ricominciada4.fondirigenti.it/le-potenzialita-della-simulazione-avanzata-nellindustria-4-0/>

possibilità di impiego nel campo dell'industria. Mentre la realtà virtuale prevede che vengano utilizzate tecnologie di tipo informatico al fine di creare un ambiente simulato in cui l'utente è dotato della possibilità di immergersi e interagire con mondi virtuali in 3D, la realtà aumentata si serve innanzitutto di un dispositivo dotato di telecamera, quale può essere uno smartphone o un tablet, dotato di un software di AR e, grazie ad un computer, crea oggetti in 3D orientandoli nello stesso modo in cui apparirebbero dal punto di vista della telecamera, provocando una sovrapposizione tra le immagini frutto della tecnologia e quelle del mondo reale. Sostanzialmente, quindi, “la realtà aumentata trasforma grosse masse di dati e analitiche in immagini o animazioni che vengono sovrapposte al mondo reale”⁵⁸. Quindi, la differenza principale tra realtà virtuale e realtà aumentata risiede nel fatto che la prima è la rappresentazione di un mondo interamente virtuale, mentre la seconda costituisce un modo tramite il quale arricchire la realtà con oggetti virtuali. Insieme alle altre tecnologie abilitanti, l'*Augmented Reality* e le sue applicazioni stanno aprendo la strada a nuovi modi di concepire la progettazione, la fabbricazione, la produzione, la gestione e il supporto dei prodotti. Infatti, come sostiene Richard Baldwin nel suo libro “Rivoluzione Globotica”, l'AR sta rivoluzionando il concetto di lavorare “fianco a fianco” attraverso una nuova forma di comunicazione bidimensionale che consente alle aziende, ad esempio, di fornire consulenze di esperti ad operatori che devono improvvisamente riparare un oggetto di cui non hanno assolutamente conoscenza, permettendo ai lavoratori di sentirsi vicini anche se sono molto distanti tra loro⁵⁹. Tra i diversi vantaggi della realtà aumentata, è importante sottolineare come essa renda migliore la capacità degli uomini di capire e applicare le informazioni nel mondo reale. Per spiegare meglio questo concetto è opportuno chiarire cosa si intende per “carico cognitivo” e “distanza cognitiva”. Il “carico cognitivo” rappresenta “il carico di lavoro necessario per eseguire un compito in termini di utilizzo di memoria di lavoro”⁶⁰, mentre la “distanza cognitiva” si riferisce al divario tra la forma in cui le informazioni vengono presentate e il contesto in cui vengono applicate. Poiché guardando il mondo fisico l'essere umano recepisce un'enorme quantità e una grande varietà di informazioni, un'immagine o una figura che sovrappone informazioni ad esso, contestualizzandolo per l'osservatore, accorcia la distanza cognitiva e alleggerisce il carico cognitivo rendendo più semplice la comprensione delle informazioni e della

⁵⁸ Torchiani, *Realtà virtuale e realtà aumentata: tutto quello che c'è da sapere*, 2018

<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/realta-aumentata/realta-virtuale-realta-aumentata/>

⁵⁹ R.Baldwin, *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020), p.149

⁶⁰ E. Bazzan, *Carico Cognitivo, User Experience e metodologie di rilevamento*, 2016.

[https://www.tsw.it/journal/ricerca/carico-cognitivo-user-experience-metodologie-rilevamento/#:~:text=Carico%20cognitivo%20\(cognitive%20load\)%20%C3%A8,di%20lavoro%20\(working%20memory\).](https://www.tsw.it/journal/ricerca/carico-cognitivo-user-experience-metodologie-rilevamento/#:~:text=Carico%20cognitivo%20(cognitive%20load)%20%C3%A8,di%20lavoro%20(working%20memory).)

realtà circostante⁶¹. Inoltre, un'altra applicazione della realtà aumentata nel campo industriale è quella relativa agli *head-mounted display*, ovvero schermi montati sulla testa che permettono di verificare la corrispondenza del prodotto in fase di assemblaggio con il progetto originale, mostrando segnali di avviso sullo schermo in caso di problematiche dovute a distrazione o mancanza di un componente. L'*Augemented Reality* permette, quindi, di intervenire in alcune di quelle situazioni in cui l'errore umano può condurre, nell'ambito dell'attività di produzione, a inefficienze e costi di diverso genere.

2.4.8 Advanced Manufacturing Solutions

Con l'espressione Advanced Manufacturing Solutions si fa riferimento al contesto della robotica collaborativa in cui assumono un ruolo fondamentale i "cobot", vale a dire robot collaborativi che non prendono il posto dell'uomo ma vi instaurano un rapporto di collaborazione al fine di apportare vantaggi sia da un punto di vista ergonomico sia da un punto di vista di semplificazione dei *layout* produttivi; anch'essi rientrano nel novero delle tecnologie abilitanti della quarta rivoluzione industriale. Per fornire una definizione più tecnica dei robot collaborativi è possibile affermare che essi sono "robot antropomorfi con movimenti su sei assi progettati per rispettare criteri di sicurezza, flessibilità e compattezza e studiati per lavorare a stretto contatto con l'operatore anche senza barriere protettive all'intorno"⁶². Da qui si evincono le due caratteristiche fondamentali dei "cobot": la prima è che essi vengono costruiti per lavorare al fianco degli impiegati grazie alle loro svariate funzioni di sicurezza e *safety native* che li rendono sicuri per coloro che vi sono a contatto e la seconda è che, essendo sicuri al punto da non richiedere l'installazione di barriere perimetrali, offrono all'impresa che ne fa uso l'opportunità di sfruttare un vantaggio strategico. Tale beneficio si esplica nella mancata necessità di sostenere spese ulteriori per le barriere che permette un'integrazione di tali robot decisamente più rapida ed economica per l'impresa e nella possibilità di semplificare il layout produttivo evitando installazioni fisse e ingombranti⁶³. In merito alla questione sicurezza è opportuno però sottolineare che, premesso che i robot collaborativi risultano sicuri e affidabili, un'analisi dei rischi eventuali risulta sempre necessaria non tanto per detti robot

⁶¹ Torchiani, *Realtà virtuale e realtà aumentata: tutto quello che c'è da sapere*, 2018

<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/realtà-aumentata/realtà-virtuale-realtà-aumentata/>

⁶² A. Cocchi, *Cosa sono i robot collaborativi?*, 2019 <https://blog.universal-robots.com/it/cosa-sono-i-robot-collaborativi>

⁶³ A. Cocchi, *Sicuri e collaborativi, scopriamo le safety native dei cobot UR*, 2019 <https://blog.universal-robots.com/it/sicuri-e-collaborativi-scopriamo-le-safety-native-dei-cobot-ur>

ma quanto per gli altri elementi che costituiscono l'applicazione come parti taglienti e appuntite che potrebbero mettere in pericolo coloro che se ne servono.

2.4.9 Integrazione verticale e orizzontale

L'ultima tecnologia abilitante dell'industria 4.0 è rappresentata dall'integrazione verticale e orizzontale. È importante chiarire cosa si intende per integrazione verticale e cosa per integrazione orizzontale nel contesto della quarta rivoluzione industriale. Infatti, con il termine integrazione orizzontale si fa riferimento all'integrazione dei processi produttivi, mentre con l'espressione integrazione verticale ci si rifà all'integrazione della produzione con le altre aree aziendali, a livello più alto, come ricerca e sviluppo, marketing, vendite, ecc. L'integrazione orizzontale può essere svolta su tre differenti livelli: all'interno della stessa linea e/o impianto di produzione, consentendo alle macchine e alle unità produttive connesse in rete grazie alle tecnologie IoT e IIoT di divenire ognuna un oggetto con specifiche caratteristiche nella rete produttiva; tra più linee e/o impianti di produzione e attraverso l'intera catena di approvvigionamento. Reti di manifattura collaborativa che si estendono grazie all'integrazione di informazioni e processi di diverse aziende in diversi contesti trasformano la catena del valore tramite l'integrazione orizzontale. L'integrazione verticale, invece, permette di collegare tutte le aree di un'azienda e rende possibile la comunicazione tra macchine (*machine-to-machine*) e l'integrazione con i servizi digitali di stabilimento (MES, *Manufacturing Execution System*). Infine, l'integrazione verticale consente all'imprese di essere più agili e pronte nel rispondere ai cambiamenti del mercato e alle nuove opportunità, in quanto le aree aziendali sono in continua comunicazione e collaborano tra di loro.

2.5 La smart factory

Appare chiaro ed evidente che tutte queste tecnologie e la loro applicazione all'interno delle fabbriche abbia come conseguenza una radicale trasformazione del concetto stesso di fabbrica. La nuova fabbrica caratterizzata da tutte le tecnologie abilitanti dell'industria 4.0 diviene *smart*, intelligente ed è per questo che nell'ambito della quarta rivoluzione industriale si parla di *smart factory*. Nella *smart factory* un ruolo cruciale lo svolgono i CPS, ovvero i sistemi cyber-fisici dotati

di un grande numero di sensori installati sui macchinari che ne permettono la connessione, rendendo possibile l'autoregolazione dei sistemi produttivi. Inoltre, i CPS permettono ai macchinari non solo di comunicare tra loro, ma anche di comunicare con il mondo reale che li circonda, rendendoli in grado di prendere decisioni in maniera autonoma. La fabbrica intelligente si afferma in un contesto in cui le abitudini dei consumatori sono radicalmente cambiate e infatti è possibile affermare che la fabbrica diventa smart non solo per effetto delle tecnologie abilitanti ma anche per necessità. Infatti, i consumatori oggi sono in grado di visionare un prodotto e decidere se acquistarlo o meno in poco tempo, davanti lo schermo del proprio pc o smartphone tramite pochi click grazie al periodo di intenso sviluppo che l'e-commerce ha vissuto negli ultimi anni, e pertanto pretendono che il prodotto sia essere a loro disposizione nel giro di poco tempo. Non solo ciò, ai giorni d'oggi le persone sono alla continua ricerca di qualcosa di nuovo e di originale che possa farle sentire uniche o che semplicemente risponda alle esigenze del momento. È dunque necessario che le aziende siano rapide, cioè in grado di, innanzitutto, consegnare i prodotti in tempi brevi e quindi accorciare il *customer lead time* nonché il tempo necessario per passare dall'ideazione di un prodotto alla sua effettiva commercializzazione (*time to market*); inoltre, bisogna che siano agili, cioè in grado di adattarsi velocemente alle mutevoli esigenze del mercato. A queste condizioni la fabbrica deve mutare se l'obiettivo è avere successo e curare al meglio la propria relazione con il cliente, così come diviene necessario aumentare la flessibilità, l'efficienza, la semplicità, la sicurezza e la rapidità. Nella fabbrica intelligente si afferma quindi una nuova concezione della produzione che viene definita *lean smart production*. I principi della *lean smart production* offrono la possibilità di minimizzare i lotti e di gestire secondo la pratica del *just-in-time* i materiali, le commesse e gli approvvigionamenti, minimizzando le giacenze e garantendo una maggiore flessibilità di fronte alle esigenze del mercato⁶⁴. Le mutate abitudini dei consumatori comportano che a mutare siano anche le necessità manifatturiere, alle quali è possibile rispondere con due tecniche *lean*: la prima è la produzione per logica pool, per la quale l'acquisto delle materie prime viene effettuato solo dopo aver ricevuto gli ordini al fine di evitare eccessivi livelli di stock in magazzino; la seconda è la tecnica del *one-piece flow* grazie alla quale si può produrre una singola unità alla volta in modo flessibile e comunque economico. Inoltre, la presenza di numerosi dispositivi e macchinari connessi in rete e tra loro, che sono in grado di trasmettere dati e informazioni, permette una migliore gestione dell'impianto stesso, in quanto tutti i dati raccolti vengono prima inviati tramite il network ai sistemi di Big Data Analytics aziendali e poi analizzati ed elaborati dai motori e dagli algoritmi analitici al fine di individuare problematiche come, per

⁶⁴ *Smart factory: cos'è, come funziona e ambiti applicativi della fabbrica intelligente.* <https://blog.sew-eurodrive.it/smart-factory-cos-e-come-funziona-la-fabbrica-intelligente>

esempio, la difettosità di un prodotto o il rischio di guasto di un macchinario, la cui individuazione risulta utile al processo decisionale sia umano che artificiale. Quindi, le macchine sono in grado di comunicare le loro stesse problematiche e le difettosità dei prodotti, nonché in alcuni casi di risolvere tali problematiche autonomamente, senza l'intervento dell'uomo, tramite degli input di configurazione e regolazione inviati da remoto dal sistema che li gestisce. In questo modo il rischio di ritardi di produzione dovuti a guasti dei macchinari e di insoddisfazione dei clienti a causa di prodotti non conformi agli standard è sensibilmente ridotto, permettendo all'impresa di aumentare la propria agilità, velocità ed efficienza. La *smart lean production* offre alle imprese una nuova soluzione che si pone a metà tra la produzione di massa tipica della produzione industriale e la produzione di piccoli volumi con un elevato livello di personalizzazione tipica della produzione artigianale, per poter offrire prodotti che siano allo stesso tempo sempre più rispondenti alle richieste e preferenze dei clienti, nonché non eccessivamente costosi da produrre.

3. Lavoro e Industria 4.0

3.1 Le competenze dell'Industria 4.0

Da ciò che si è detto in precedenza è semplice comprendere come la quarta rivoluzione industriale stia apportando e continuerà ad apportare cambiamenti radicali al modo di concepire la produzione sia in termini di processi sia in termini di spazi. Tuttavia, sarebbe un errore limitarsi a pensare che tali mutamenti riguardino esclusivamente la fabbrica e i prodotti. Infatti, il concetto di industria 4.0, che comporta un nuovo linguaggio progettuale in ambito industriale e non solo, necessita di individui che siano in grado di comprendere tale linguaggio e che siano capaci di gestire tutto ciò che accade in una *smart factory* e negli uffici, ovvero luoghi in cui si svolge attività di impresa sempre più rivoluzionati dall'affermazione e sviluppo della tecnologia digitale. Da un certo punto di vista, potrebbe sembrare paradossale che in un contesto in cui le macchine, grazie ai progressi del digitale e dell'intelligenza artificiale, sembra possano fare qualsiasi cosa, o quanto meno molte cose che prima erano considerate appannaggio esclusivo dell'uomo, la formazione dei dipendenti assuma un ruolo fondamentale per la sopravvivenza e il successo di un'azienda sul mercato. Si tende a pensare che l'automazione delle fabbriche e la computerizzazione degli uffici possa eliminare la necessità di disporre di lavoratori ben formati e competenti, ma non è assolutamente così. Infatti, in un contesto del genere, in cui molte aziende iniziano o hanno da poco iniziato ad adottare le tecnologie abilitanti, avere lavoratori con le giuste competenze e conoscenze può rappresentare un aspetto significativo al fine di ottenere un vantaggio competitivo che possa permettere all'impresa di collocarsi in una posizione favorevole in una fase di transizione e cambiamento.

La quarta rivoluzione industriale comporta quindi anche un cambiamento delle competenze che, per ciò che è stato appena detto, costituisce un fattore su cui le imprese devono concentrare la propria attenzione. Difatti, la sfida per l'industria 4.0 non consiste esclusivamente nello sviluppo delle tecnologie, ma anche nell'individuazione delle risorse e competenze necessarie a integrare tra di loro tali tecnologie e a orientare, in un'ottica sempre più digitale, il modello di business nel suo complesso⁶⁵. Pertanto, la formazione diviene fondamentale e una particolare importanza è assunta dalla formazione *on the job* impartita in maniera diretta sul luogo di lavoro al fine di dotare il lavoratore delle competenze e abilità che l'impresa ritiene essenziali. Tuttavia, per le aziende investire nella formazione del personale non risulta sempre semplice, poiché presenta alcune criticità. Infatti, per tale tipologia di investimento le imprese non dispongono di strumenti che siano

⁶⁵ G. Bandini, F. Caprio, Le imprese italiane e le competenze mancanti. Un'analisi del piano industria 4.0, 2018
<https://www.rivisteweb.it/doi/10.12830/92052>

in grado di misurare la efficacia dell'investimento e quindi di capire se esso sia stato fruttuoso o meno. Inoltre, spesso si pensa che investire nel capitale umano possa rappresentare un'arma a doppio taglio nel caso in cui i dipendenti cambino azienda, andando magari a rafforzare una rivale. Per sintetizzare, quindi, il problema principale per l'investimento in formazione per le aziende è il suo carattere di incertezza e aleatorietà che rende i manager poco propensi a destinare fondi in tale tipo di attività. Ciò nonostante, disporre di dipendenti con un ampio bagaglio di conoscenze e competenze e che siano continuamente aggiornati in funzione delle esigenze aziendali risulta una risorsa fondamentale per aumentare la propria competitività sia a livello nazionale che internazionale nel nuovo mondo della quarta rivoluzione.

3.1.2 *Digital skills*

La tecnologia digitale ha iniziato ad avere e continuerà a farlo in futuro un effetto “*disruptive*” cioè sconvolgente sul mercato del lavoro; si ritiene che gran parte dei lavori odierni potranno essere svolti dalle macchine, in particolare quei lavori che non richiedono molte competenze e per i quali sono adatte anche figure poco qualificate. Quindi, i lavori che richiedono maggiori competenze hanno maggiore probabilità di sopravvivere alla trasformazione indetta dalla tecnologia digitale, la quale però sarà in grado di dar vita a nuove forme di occupazione che oggi ancora neanche si immaginano o che semplicemente sono poco conosciute. Per tale motivazione il lavoro sulla formazione, coltivazione e aggiornamento delle competenze digitali (*digital skills*) assume un ruolo fondamentale nel panorama dell'industria 4.0. Le *digital skills* sono “un vasto insieme di abilità tecnologiche che consentono di individuare, valutare, utilizzare, condividere e creare contenuti utilizzando le tecnologie informatiche e internet”⁶⁶ e sono in continua evoluzione dal momento in cui il mondo della tecnologia è in costante mutamento anch'esso. Una definizione ancor più dettagliata di competenze digitali recita “la competenza digitale consiste nel saper utilizzare con dimestichezza e spirito critico le tecnologie della società dell'informazione (TSI) per il lavoro, il tempo libero e la comunicazione. Essa è supportata da abilità di base nelle TIC: l'uso del computer per reperire, valutare, conservare, produrre, presentare e scambiare informazioni nonché per comunicare e partecipare a reti collaborative tramite Internet”⁶⁷. Tale definizione, che risale al 2006,

⁶⁶ L. Maci, *Competenze digitali: che cosa sono e perché servono alle aziende e a chi lavora*, 2019, <https://www.economyup.it/innovazione/competenze-digitali-che-cosa-sono-e-perche-servono-alle-aziende-e-a-chi-lavora/>

⁶⁷ Raccomandazione del parlamento europeo e del consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente, 2006/962/CE

per essere resa più aderente alla realtà necessita di una specificazione, ovvero che ormai le TIC (Tecnologie dell'Informazione e Comunicazione) sono diffuse in tutti i settori, non riguardando più soltanto aziende ad alto livello tecnologico e che, come già ribadito in precedenza, le competenze digitali sono intrinsecamente legate all'evoluzione della tecnologia. Le *digital skills* possono essere suddivise in tre categorie: competenze digitali di base, competenze specialistiche e competenze di e-leadership⁶⁸. Le competenze digitali di base rappresentano le capacità di utilizzare con dimestichezza e spirito critico le tecnologie dell'informazione per il lavoro, il tempo libero e la comunicazione. Sono competenze utili a tutti i cittadini ai fini della partecipazione alla società dell'informazione e della conoscenza e dell'esercizio i diritti di cittadinanza digitale. Le competenze digitali specialistiche sono quelle richieste sia dal settore pubblico che privato a professionisti e futuri professionisti ICT. La competenza ICT è definita come “una dimostrata abilità di applicare conoscenza, abilità e attitudini per raggiungere risultati osservabili”⁶⁹ il cui sviluppo risulta indubbiamente cruciale per la crescita digitale nel mondo dei servizi e non solo. Le competenze di e-leadership, o e-business, sono le capacità di utilizzare al meglio le tecnologie digitali all'interno di qualsiasi tipologia di organizzazione e di introdurre innovazione digitale nello specifico settore di mercato in l'azienda opera. Inoltre, l'e-leader, le cui competenze digitali sono fermamente integrate con le competenze trasversali tipiche del leader e con le competenze specifiche del settore, sfrutta le tecnologie digitali al fine di definire e concretizzare progetti di innovazione digitale. Tuttavia, nonostante sia noto ai più l'importanza delle competenze digitali, esse non sono ancora ampiamente diffuse seppur la loro richiesta, inevitabilmente, sia in crescente aumento; i motivi per cui è ancora difficile individuare facilmente figure professionali con le dette competenze sono essenzialmente quattro: l'onerosità della formazione digitale; l'incapacità della scuola, specialmente quella italiana, di fornire gli strumenti necessari all'acquisizione di dette *skills*; la difficoltà delle giovani generazioni, sicuramente più inclini alla tecnologia digitale, ad accedere al mondo del lavoro e, infine, la mancanza, specialmente in Italia, di una vera e propria cultura digitale all'interno delle aziende che non incoraggia le figure con le giuste competenze ad entrare e restare in azienda.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006H0962#:~:text=Definizione%3A,tempo%20libero%20e%20la%20comunicazione>.

⁶⁸ AGID, *Competenze digitali*. <https://www.agid.gov.it/it/agenzia/competenze-digitali>

⁶⁹ L. Maci, *Competenze digitali: che cosa sono e perché servono alle aziende e a chi lavora*, 2019, <https://www.economyup.it/innovazione/competenze-digitali-che-cosa-sono-e-perche-servono-alle-aziende-e-a-chi-lavora/>

3.1.3 Soft skills

Non bisogna pensare che le trasformazioni che la quarta rivoluzione industriale sta apportando, e continuerà ad apportare, al mondo del lavoro implicino che le uniche competenze necessarie nell'industria 4.0 siano quelle digitali. È evidente che i luoghi di lavoro si stiano sempre di più digitalizzando e che quindi le *digital skills* siano fondamentali ma va detto che, già da diversi anni, una particolare categoria di competenze, vale a dire quella delle *soft skills*, sta assumendo un'importanza sempre maggiore nelle dinamiche lavorative.

Per comprendere come mai nel contesto della nuova industria 4.0 queste *skills* rappresentino oggetto di estremo interesse per le aziende, nonché risorse fondamentali per lavoratori, è opportuno analizzare la differenza esistente tra i concetti di *hard skills* e *soft skills*. Con il termine *hard skills* si fa riferimento a tutto un insieme di competenze che un individuo può acquisire tramite l'istruzione ricevuta a scuola e all'università così come tramite corsi specifici, intendendo anche quelli svolti sul posto di lavoro. Esse sono definite *hard* perché costituiscono lo “zoccolo duro” delle conoscenze necessarie per avere successo in una specifica attività e per questa ragione hanno sempre rappresentato un elemento fondamentale per il profilo lavorativo di ogni persona e senza dubbio continueranno ad esserlo anche in futuro. Quindi, le *hard skills* sono quelle competenze e conoscenze che vengono poi riportate sul curriculum vitae come il livello di istruzione, le esperienze lavorative ed il livello di competenza. Come detto, esse continueranno ad avere la loro importanza ma il baglio di competenze e conoscenze di un lavoratore nel mondo della quarta rivoluzione industriale non può limitarsi alle sole competenze “dure”; ciò per via del loro carattere impersonale e del fatto che esse possono essere acquisite tramite il seguire schemi semplici e comuni a più individui, caratteristiche che le rendono facilmente acquisibili da parte dei computer e delle macchine. Pertanto, al fine di acquisire un vantaggio competitivo, non solo sugli altri individui ma, a questo punto, anche sulle macchine sono necessarie competenze di altro genere, ossia le *soft skills*.

Le *soft skills* vengono definite come qualità desiderabili per determinate forme di impiego che non dipendono dall'acquisita conoscenza e che si caratterizzano per essere intangibili, non tecniche ed in grado di determinare la forza di una persona come leader, facilitatore, mediatore e negoziatore⁷⁰. Inoltre, è importante sottolineare che le *soft skills* sono applicabili in contesti molto diversi tra loro e non si limitano a specifiche professioni, in quanto esse si rivelano utili nella vita di tutti i giorni e applicabili quindi anche sul posto di lavoro, permettendo di rendere migliore la performance lavorativa di una persona. Quindi, a differenza delle *hard skills*, le *soft skills* non riguardano l'abilità

⁷⁰ M. Robles, “Executive perceptions of the Top 10 Soft Skills needed in today’s workplace”, 2012
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1080569912460400#:~:text=This%20study%20identified%20the%20top,%2C%20teamwork%2C%20and%20work%20ethic.>

di svolgere un determinato compito o attività bensì esse sono interpersonali e ampiamente applicabili. Le *soft skills* risultano fondamentali anche per il successo nella vita lavorativa, anche molto più delle *hard skills*; infatti, uno studio di M. Watts e R. Watts del 2008 riporta che una percentuale che oscilla tra il 70% e l'85% del successo di un individuo è determinata dalle *soft skills* di cui egli dispone mentre le *hard skills* e le conoscenze tecniche incidono solo per il 15%/30%⁷¹.

A questo punto, non resta che comprendere quali siano tali competenze e per farlo è possibile rifarsi al “Future of jobs”, report del World Economic Forum (WEF), che individua le dieci *soft skills* che risulteranno fondamentali per il futuro del lavoro. Al primo posto della classifica del World Economic Forum si colloca il *problem solving*. In un contesto economico come quello odierno in cui le dimensioni dello spazio e del tempo sono assai ridotte per merito della diffusione di Internet e del digitale e in cui si assiste a rapidi cambiamenti delle condizioni di mercato, la capacità di essere flessibili, di interpretare e gestire nuovi contesti con l'obiettivo di individuare gli elementi di criticità, elaborare strategie efficaci e identificare celermente una soluzione a problematiche complesse risulta cruciale per il bene di un'azienda. Inoltre, per delle aziende disporre di dipendenti flessibili e in grado di adattarsi di fronte ad un problema rappresenta una risorsa di estrema importanza al giorno d'oggi, anche e soprattutto perché nell'era digitale le problematiche che vi si presentano sono sempre nuove e diverse così come le competenze e conoscenze necessarie per porvi un efficace rimedio. Difatti, il *problem solving* è una di quelle *skills* che le aziende non solo cercano di fornire e di migliorare ai propri lavoratori tramite dei corsi specifici di formazione ma è anche un'abilità a cui i *recruiter* prestano estrema attenzione e cercano di individuare nei candidati, strutturando i colloqui di lavoro attraverso delle prove che hanno come finalità quella di testare proprio l'abilità dei candidati di risolvere problemi complessi e avere un approccio trasversale a tali problematiche. Tra i diversi approcci di *problem solving* quello più moderno è il *creative problem solving* che rappresenta l'approccio di *design thinking* più diffuso a livello aziendale; come suggerisce lo stesso termine, il *creative problem solving* è una tecnica di risoluzione dei problemi mediante il ricorso alla creatività. La comprensione dei bisogni dell'utente e l'immaginazione della più vasta gamma di soluzioni possibili per rispondere alle sue esigenze restringendo poi il cerchio fino a individuare la migliore soluzione sono alla base di questa metodologia con la quale le imprese si avvicinano all'innovazione. Infatti, tale metodologia si fonda su due principi fondamentali: la centralità dell'utente e l'alternanza di fasi divergenti e convergenti sia in fase di

⁷¹ T.T.T Hang, L. S. Ronald, *Essential Soft Skills for Successful Business Graduates in Vietnam*, 2015
<https://pdfs.semanticscholar.org/046f/39d8f9136ed598a9686aac18121fe45efa75.pdf>

comprensione del problema da risolvere che in fase di elaborazione della soluzione⁷². Una volta posto il problema, nelle fasi divergenti quello che si fa è cercare di delineare il più ampio ventaglio di soluzioni ottimali e creative, mentre nelle fasi convergenti ciò che si intende fare è effettuare una cernita delle soluzioni elaborate nelle fasi divergenti per poi individuare la migliore o le migliori, a seconda dei casi. Nel *creative problem solving* un altro elemento fondamentale consiste nel saper individuare il giusto equilibrio tra l'operazione di elaborazione tipica della fase divergente e quella di selezione della soluzione della fase convergente, senza quindi perdersi nella ricerca di un numero eccessivo di soluzioni e senza essere frettolosi nel voler risolvere immediatamente il problema; bisogna quindi analizzare a fondo le varie possibili soluzioni nella fase divergente e poi scegliere con giudizio l'opzione ottimale nella fase convergente. Il concetto di *problem solving* creativo sottintende un'ulteriore *soft skill* citata dal WEF, ovvero la creatività intesa quindi come la capacità di escogitare soluzioni e idee innovative per affrontare le sfide che quotidianamente vi si presentano sul posto di lavoro. Creatività che diviene una fonte di vantaggio competitivo per le imprese, poiché nell'industria 4.0 con tutte le possibilità offerte dalla tecnologia digitale diviene molto più semplice trasformare in realtà quelle che solo fino a poco tempo fa sarebbero potute sembrare idee innovative ma irrealizzabili.

Un'altra *soft skill* che è strettamente connessa a quella del *problem solving*, e che si colloca al secondo posto della classifica del WEF, è il pensiero critico (*critical thinking*). Il pensiero critico può essere definito come la capacità di elaborare un giudizio in maniera oggettiva servendosi delle informazioni che possono essere ottenute tramite l'osservazione, l'esperienza, il ragionamento e la comunicazione e prevedendo l'esclusione della parzialità del soggetto nel processo di elaborazione del giudizio. Per sviluppare questa abilità è necessario essere in grado di non lasciarsi condizionare dalle impressioni soggettive e dai pregiudizi, che determinano una visione distorta della realtà. Infatti, ciò diviene essenziale per esprimere giudizi fondati che possano rappresentare il punto di partenza per poi prendere decisioni ottimali. Ovviamente, poiché l'attività di impresa prevede che vengano prese decisioni quotidianamente, molte delle quali spesso si rivelano cruciali per la performance aziendale, avere la possibilità di disporre di persone con uno sviluppato senso critico che siano in grado di elaborare giudizi solidi che rappresentino il punto di partenza per prendere le decisioni migliori per l'azienda diviene fondamentale per avere successo. Inoltre, dal momento in cui il concetto del lavoro in team è sempre più radicato nella cultura aziendale moderna il pensiero critico è una qualità molto ricercata e apprezzata perché permette di comprendere meglio le opinioni

⁷² C. Dell'Era, *Cos'è il Creative Problem Solving e perché è importante*, 2018 https://blog.osservatori.net/it_it/creative-problem-solving#:~:text=In%20parole%20semplici%2C%20si%20tratta,problema%20avviene%20in%20maniera%20creativa.

altrui, contrastare i propri *bias*, pregiudizi, stereotipi o tendenze egocentriche facilitando di gran lunga la collaborazione all'interno dei team e favorendo ciascun lavoratore nell'esprimersi al meglio in un contesto lavorativo in cui non vi sono fattori personali che possono incidere negativamente sull'operato del gruppo⁷³. Come detto, il pensiero critico è una qualità che risulta poi essere fondamentale per prendere buone decisioni e, non a caso, tale abilità ha molto a che fare con un'ulteriore *soft skill* menzionata dal WEF, vale a dire il *decision making*, la quale consiste infatti nella capacità di prendere decisioni. Prendere una decisione non è affatto un'attività semplice, specialmente se si tratta di decisioni dalle quali dipende il futuro di un'azienda; pertanto, il *decision making* è una *skill* fortemente richiesta ai manager, ovvero coloro che si trovano nella parte alta dell'organigramma societario e che hanno il compito di prendere le decisioni. La capacità decisionale di un individuo può essere ostacolata dalla difficoltà di individuare il problema da risolvere o anche dalla impossibilità di evitare che pregiudizi e convinzioni personali incidano eccessivamente sulla valutazione del problema. Perciò, le *skills* del *problem solving* e del *critical thinking* divengono quasi propedeutiche al conseguimento del *decision making*, in quanto la prima permette di individuare il problema e la seconda di elaborare un giudizio non viziato da fattori soggettivi. Manager con ottime capacità decisionali sono in grado di prendere decisioni in tempi ragionevoli, dando il giusto peso ai diversi fattori in ballo e dopo aver valutato attentamente le diverse alternative e individuato la migliore possibile. In un contesto dinamico come quello della quarta rivoluzione industriale, disporre di un management in grado di prendere buone decisioni in poco tempo permette all'azienda di essere sempre pronta ad adattarsi alle mutevoli esigenze del mercato nonché di sfruttare le nuove opportunità che vi si presentano. Come si è ripetuto più volte, l'affermarsi della tecnologia digitale nell'ambito dell'industria 4.0 può far sembrare che ad essere importanti per le aziende siano solo le macchine e i vari dispositivi intelligenti di cui esse si servono per le loro attività e che l'uomo sia diventato solo un elemento di contorno; questa visione è sbagliata e lo dimostra anche il fatto che una qualità molto richiesta è la capacità di saper gestire le persone, o meglio, i rapporti interpersonali sul posto di lavoro. La gestione delle persone (*people management*) è estremamente importante anche nelle odierne dinamiche lavorative perché il capitale umano ancora rappresenta la più grande risorsa per un'azienda; pertanto, un personale motivato, pieno di voglia di fare, che rema unito verso un comune obiettivo e che non presta spazio a dissidi e rivalità interne rappresenta quell'elemento che può fare la differenza per il successo e la competitività di un'azienda. In merito al *people management*, ai manager odierni si richiede di rivestire il ruolo di leader emotivamente intelligenti, cioè non solo in grado di prendere decisioni

⁷³ M. Rossini, *Pensiero critico e Decision-Making, le soft skills del futuro* <https://www.risorseumane-hr.it/bacheca-hr/pensiero-critico-decision-making-soft-skills/>

efficaci ma anche di motivare e valorizzare le persone che li circondano, responsabilizzandole e fornendo loro delle critiche costruttive per permettergli di migliorare. Se si pensa all'azienda come un gruppo di persone che ha come obiettivo comune quello di generare profitti e creare valore per i clienti nel tempo, allora si capisce quanto sia importante che al suo interno vi sia un forte spirito di collaborazione nonché di comprensione reciproca. Quindi l'aspetto umano assume un'importanza rilevante nelle dinamiche lavorative ed aziendali e non a caso un'altra *soft skill* citata dal WEF è l'intelligenza emotiva. Per intelligenza emotiva si intende l'abilità di un individuo di identificare, comprendere, sperimentare ed esprimere le emozioni proprie e altrui in modo positivo e costruttivo⁷⁴. Essere in grado di comprendere le emozioni proprie e altrui e di interpretarle e utilizzarle rappresenta una qualità fondamentale anche quindi per il lavoro di gruppo. La capacità di saper lavorare in team è anch'essa una delle dieci soft skills citate dal WEF ed è strettamente legata all'intelligenza emotiva. Come detto in precedenza, le aziende possono essere viste come dei grandi gruppi di persone che lavorano per uno stesso obiettivo, per cui il saper lavorare in gruppo dei propri dipendenti è sicuramente fondamentale per il bene di un'impresa. In più, negli ultimi anni la suddivisione dei dipendenti in team, cioè in piccoli gruppi di persone che procedono per obiettivi è diventata sempre più comune e quindi l'attenzione delle aziende si è focalizzata sulla capacità di lavorare in gruppo, sul *team building* e sulla creazione di una sinergia che consenta di raggiungere l'obiettivo comune coordinando tutti i componenti del gruppo e permettendo a ciascuno di loro di apportare il proprio contributo.

In un contesto aziendale del genere quindi, in cui la collaborazione assume un ruolo cruciale, un'altra *soft skill*, ossia quella dell'orientamento al servizio risulta estremamente coerente. Infatti, essere orientati al servizio significa avere la capacità di essere premurosi e rispettosi rispetto alle esigenze degli altri e quindi essere in grado di fornire loro un sostegno. Nell'industria 4.0, in cui la tecnologia digitale garantisce alle imprese la possibilità di offrire ai clienti prodotti con un elevato livello di personalizzazione e dove l'attenzione prestata al cliente e alle sue esigenze e problematiche è sempre maggiore, l'orientamento al servizio diviene una *skill* indispensabile per avere successo e migliorare la propria reputazione evitando che il *word of mouth* possa avere un effetto negativo a causa dell'insoddisfazione della clientela. Le ultime due posizioni della classifica delle dieci soft skills più importanti stilata dal WEF sono ricoperte dalla negoziazione e dalla flessibilità cognitiva. È possibile affermare che saper negoziare è una qualità molto importante non solo nella vita lavorativa ma anche nella vita di tutti i giorni, poiché essa ha a che vedere con le

⁷⁴ National soft skills association, *Soft skills and Emotional Intelligence*, 2015 <https://www.nationalskills.org/soft-skills-and-emotional-intelligence/#:~:text=Soft%20skills%20refer%20to%20a,thinking%2C%20interpersonal%20skills%20and%20more.>

relazioni e i rapporti umani che ogni individuo instaura con le altre persone. Di conseguenza, per un'impresa disporre di persone con buone capacità di negoziazione conduce ad un duplice vantaggio: il primo è di tipo economico, in quanto abili negoziatori permettono di instaurare buoni rapporti con i vari *stakeholders* dell'azienda dai fornitori, passando per i consulenti fino ad arrivare ad i clienti che si possono esplicitare in maggiori guadagni o in minori costi, ad esempio; il secondo è di natura relazionale, infatti saper negoziare non significa solo chiudere una trattativa al prezzo più basso se si è acquirenti oppure al prezzo più alto se si è venditori ma anche saper relazionarsi con il proprio collega, comprendere i suoi bisogni, metterli in relazione ai propri e cercare di trovare una soluzione che possa soddisfare entrambi evitando di generare malumori e malcontenti all'interno dell'azienda. L'ultima *soft skill* citata dal World Economic Forum è la flessibilità cognitiva che rappresenta una capacità innata dell'essere umano e che difficilmente potrà essere appresa dalle macchine. Essere flessibili da un punto di vista cognitivo significa essere in grado di spostare i propri pensieri attraverso prospettive e concetti differenti e questa qualità risulta fondamentale per possedere tutte le precedenti *soft skills*. Essa infatti consente di gestire al meglio il cambiamento e di rispondere a situazioni nuove ed inaspettate in quanto il soggetto che la possiede è in grado di adattarsi al mutato ambiente che lo circonda e di divenire conforme alla situazione che si trova ad affrontare.

3.2 Lavori creati e lavori distrutti dalla tecnologia digitale

Sin dai tempi della prima rivoluzione industriale la tecnologia ha sempre permesso agli essere umani di essere più veloci e produttivi, incrementando la produttività dei fattori della produzione e migliorando le forme di utilizzo delle energie. Il settore dell'industria e dell'agricoltura hanno visto l'automazione affermarsi sempre di più ma ciò non ha rappresentato un problema senza soluzione, poiché un altro settore in espansione, quello dei servizi, ha accolto una buona parte delle persone che non avevano più un lavoro nelle fabbriche e nei campi. Tuttavia, oggi che l'automazione e la tecnologia digitale si affacciano prepotentemente al settore terziario diviene interessante capire quale sia il loro impatto sui lavori al suo interno.

Secondo Baldwin, la tecnologia digitale eliminerà molti posti di lavoro ma poche professioni, nel senso che saranno necessarie sempre meno persone per svolgere determinate operazioni poiché i lavoratori grazie alla tecnologia saranno molto più produttivi ma non tutte le professioni che

conosciamo oggi scompariranno⁷⁵. Partendo da uno studio effettuato dagli esperti commerciali ed economici del McKinsey Global Institute che divide tutte le capacità relative ai diversi posti di lavoro in soli diciotto tipi, egli effettua un'ulteriore riclassificazione arrivando a definire quattro categorie generali: “capacità comunicative”, “capacità cognitive”, “capacità sociali” e “capacità fisiche”. L'obiettivo è quello di definire se l'IA per ciascuna di queste capacità sia al di sotto del livello medio dell'uomo, al pari o al di sopra. Senza scendere nei dettagli dell'indagine è possibile comprendere in media quale sia il livello dei robot colletti bianchi per ciascuna categoria.

Per quanto concerne le capacità comunicative, l'intelligenza artificiale in generale ha raggiunto un livello pari al livello medio dell'uomo, infatti quanto a generazione del linguaggio naturale, creazione di prodotti non verbali e percezione sensoriale il livello è uguale a quello di una persona con medie capacità, soltanto relativamente alla comprensione del linguaggio naturale l'IA opera ad un livello inferiore a quello medio dell'uomo. Riguardo le capacità cognitive i robot colletti bianchi sono in grado di operare allo stesso livello di un individuo con medie capacità poiché quanto a creatività, identificazione di nuovi schemi e ragionamento logico/*problem solving* l'intelligenza artificiale esegue delle performance al di sotto del livello medio dell'uomo, mentre nell'ottimizzazione e pianificazione, nella ricerca e recupero di informazioni, nonché nel riconoscere schemi noti essa è al di sopra della media umana.

Con riferimento alle capacità sociali, l'intelligenza artificiale ha ancora passi importanti da effettuare poiché in tutte le capacità che hanno a che vedere con la sfera della socialità, quali il ragionamento sociale ed emozionale, il coordinamento con molte persone, l'azione secondo modi emozionalmente appropriati e la sensibilità sociale ed emozionale essa opera a un livello inferiore a quello di un individuo di medie capacità. Infine, per quanto concerne le capacità fisiche è possibile affermare che l'IA si trova grosso modo ad un livello superiore rispetto all'uomo dal momento in cui nella navigazione e capacità motoria complessiva essa è al di sopra della media, mentre nelle capacità motorie fini/destrezza e la mobilità su terreni sconosciuti è rispettivamente allo stesso livello e al di sotto del livello medio dell'essere umano. Questa indagine permette di capire che l'uomo non è del tutto sostituibile con i robot colletti bianchi, almeno per ora, poiché vi sono ancora capacità che l'intelligenza artificiale non è riuscita ad acquisire e impiegare in modo soddisfacente e soprattutto in un modo per il quale si possa arrivare a pensare che l'uomo risulti un peso più che una risorsa. Posto ciò, il problema ora si sposta sul discorso relativo alla creazione e distruzione di posti di lavoro che seguono alla diffusione del digitale, poiché, come è stato detto, inevitabilmente il progresso portato dalla tecnologia digitale renderà i lavoratori più rapidi e produttivi e pertanto

⁷⁵ R. Baldwin, *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020), p.172.

molti posti di lavoro scompariranno e saranno occupati dai robot colletti bianchi. Numerosi sono gli studi effettuati per cercare di stimare quale sarà la perdita di posti di lavoro in futuro a seguito della nuova ondata di automazione targata digitale. Un esempio è lo studio condotto da Carl Frey e Micheal Osborne, due ricercatori dell'università di Oxford, che hanno stimato che il 47% dei posti di lavoro degli Stati Uniti fosse a rischio, cioè circa la metà dei posti di lavoro⁷⁶.

Uno studio più recente stima che nei prossimi dieci anni il 16% di tutti i posti di lavoro degli Stati Uniti sarà rimpiazzato dall'automazione e che vi sarà una compensazione tramite la creazione di nuovi posti di lavoro solo del 9%, così da decretare una perdita secca del 7% dei posti di lavoro⁷⁷. Questi nuovi posti di lavoro secondo il report Human Capital Index 2016 del World Economic Forum sorgeranno nei settori più promettenti quali la robotica, i trasporti automatici, l'intelligenza artificiale, le biotecnologie, la genomica e i materiali hi-tech.

Le nuove professioni saranno sempre più qualificate e connesse alla tecnologia, come quelle dei *data scientists* (annalisti dei dati), degli *automation specialists* (specialisti dell'automazione) e i curatori dei contenuti. Ad esempio, per le aziende dell'offerta ICT le nuove professioni comprendono: *Business Analyst*, *Project Manager*, *Security Advisor* e *Data Scientist* mentre per le aziende della domanda ICT e gli enti pubblici le figure del futuro sono: responsabili dei sistemi informativi, responsabili della sicurezza e responsabili della sicurezza delle informazioni⁷⁸. Questi sono solo alcuni esempi delle figure professionali che già sono richieste e che lo saranno ancor di più in futuro ma fornire un elenco preciso rappresenta un'impresa difficile, dal momento in cui molti dei lavori del futuro oggi ancora non esistono e l'uomo non è neanche in grado di immaginarli. La tecnologia digitale ha poi portato a un'ulteriore automazione dei lavori d'ufficio come quelli inerenti alla segreteria, contabilità e altre varie attività che oggi sono svolte da robot colletti bianchi.

Per ciò che riguarda l'automazione dei lavori già esistenti, il commercio al dettaglio è anche esso interessato al problema dal momento in cui, per esempio, nei supermercati è sempre più frequente trovare casse automatiche che non prevedono la presenza di un impiegato, seppur la presenza di lavoratori sul posto è ancora necessaria per fornire assistenza nel caso in cui vi siano difficoltà, fermo restando che le casse tradizionali sono ancora estremamente diffuse. Ancora, in alcuni negozi è possibile ottenere informazioni sui prodotti semplicemente scannerizzando un codice a barre o

⁷⁶ C. Frey, M. Osborne, *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, 2013.

⁷⁷ R. Baldwin, *Rivoluzione globale. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020), p.181

⁷⁸ L. Maci, *Competenze digitali: che cosa sono e perché servono alle aziende e a chi lavora*, 2019, <https://www.economyup.it/innovazione/competenze-digitali-che-cosa-sono-e-perche-servono-alle-aziende-e-a-chi-lavora/>

inserendo uno specifico codice sul proprio smartphone, permettendo così di ridurre il numero di commessi. L'automazione si sta facendo strada anche nel settore della ristorazione, specialmente nelle grandi catene di fast food, le quali hanno iniziato ad utilizzare da qualche anno i tablet touchpad per prendere le ordinazioni direttamente dai clienti. Questi dispositivi installati direttamente sul tavolo o all'ingresso del locale permettono di evitare la formazione di lunghe file per le ordinazioni ma al contempo riducono il numero di dipendenti di cui un ristorante necessita, poiché il cliente non deve più attendere il cameriere. Tuttavia, l'automazione delle cucine dei ristoranti è ancora in una fase embrionale: la catena CaliBurger sta collaborando allo sviluppo di un braccio robotico con sensori fissati su un carrello che è in grado di collegarsi a qualsiasi friggitrice o griglia standard e cucinare hamburger⁷⁹. Un altro settore che in ottica futura sarà costretto a dover gestire l'avanzata dirompente dell'automazione è quello dei trasporti. Infatti, in tutto il settore dei servizi i posti di lavoro nel settore dei trasporti sono quelli più a rischio dal momento che la maggior parte di essi non richiede né un elevato livello di competenze né un elevato grado di istruzione e non a caso si stima che negli Stati Uniti i veicoli automatizzati potrebbero sostituire dai due ai tre milioni di posti di lavoro⁸⁰. Nel campo medico l'intelligenza artificiale non ha ancora sostituito posti di lavoro in quanto essa agisce come strumento di supporto per i medici e ha lo scopo di ridurre il tempo che questi dedicano alle mansioni di routine. Le migliori applicazioni si sono avute fino ad ora nel campo della psicologia grazie a dei robot colletti bianchi che interagiscono con i pazienti e riescono ad ottenere maggiori informazioni dagli stessi poiché, come dimostrano diversi studi, l'essere umano è più disposto ad aprirsi con un robot che con un altro essere umano dal momento in cui una macchina non è progettata per giudicare l'interlocutore. Ancora, esistono applicazioni che permettono al paziente di avere un'assistenza "pre-preliminare" e di prendere una decisione relativamente al consultare o meno un medico, al fine di evitare al medico generico perdite di tempo con visite per disturbi leggeri, consigli o cose che potrebbero essere risolte con l'assunzione di semplici farmaci sempre disponibili in farmacia⁸¹. Infine, l'automazione è arrivata a toccare anche il giornalismo con l'utilizzo di robot-cronisti, gli studi legali con robot per l'automatizzare del processo di lettura dei contratti per estrapolare le informazioni più rilevanti e anche la finanza permettendo l'offerta di prodotti e servizi finanziari tramite le più avanzate tecnologie dell'informazione e della comunicazione.

⁷⁹ R. Baldwin, *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020), p.192.

⁸⁰ Executive Office of the President, *Artificial Intelligence, Automation and the Economy*, 2016
<https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>

⁸¹ R. Baldwin, *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020), pp. 196-197.

3.3 *Smart working* e telelavoro

La tecnologia digitale non ha solo trasformato le fabbriche, le competenze necessarie per i lavoratori e alcune delle professioni più antiche del mondo ma ha anche cambiato il modo di svolgere il proprio lavoro. Infatti, grazie allo sviluppo di Internet e ai progressi del digitale un nuovo modo di lavorare, vale a dire lo *smart working* (lavoro agile), ha cominciato ad essere sempre più diffuso nelle aziende di tutto il mondo. Prima di parlare dello *smart working* nello specifico, è opportuno definire cosa si intende per telelavoro, il quale rappresenta il punto di partenza per la nascita del lavoro agile. Con il termine telelavoro si fa riferimento ad un lavoro che si svolge a distanza rispetto alla sede centrale, pratica iniziata a diffondere negli Stati Uniti intorno agli anni Settanta grazie allo sviluppo delle tecnologie informatiche e dei mezzi di telecomunicazione. Quindi, come è facile intuire, il lavoro a distanza non nasce con la tecnologia digitale ma inizia a diffondersi diversi anni prima, permettendo alle persone di lavorare da casa mantenendo le stesse responsabilità che esse avrebbero sul posto di lavoro. Il telelavoro nel corso degli anni ha ovviamente beneficiato dei progressi tecnologici frutto della tecnologia digitale, permettendo alle imprese di affidare determinate mansioni a lavoratori stranieri, i quali per lavorare non hanno bisogno di null'altro che del proprio computer. Tali lavoratori non hanno bisogno di trasferirsi nei paesi in cui sono ubicati gli uffici dei propri datori di lavoro ma possono eseguire le mansioni richieste comodamente dalle proprie case nel proprio paese di origine. I vantaggi sono evidenti sia per il lavoratore che per il datore di lavoro. Il lavoratore non dovrà cambiare città, stile di vita, cultura, non sarà costretto magari a lasciare i propri affetti e avrà la possibilità di guadagnare uno stipendio più che dignitoso, se messo a confronto con i canoni del proprio paese. Infatti, va detto che generalmente tali lavoratori provengono da paesi in cui i salari sono molto più bassi rispetto agli standard delle economie avanzate. Detto ciò, è possibile affermare che il vantaggio principale dei datori di lavoro, i quali sono per la maggior parte rappresentati da aziende delle economie avanzate, risiede proprio nella possibilità di risparmiare sui salari di questi dipendenti ma non solo, poiché essi possono sfruttare anche le condizioni contrattuali vigenti in tema di lavoro in questi paesi che garantiscono molti meno diritti ai lavoratori rispetto a quanto invece accade nei ricchi paesi occidentali. Il telelavoro, inteso in questi termini, sta iniziando ad affermarsi sempre di più grazie allo sviluppo della tecnologia digitale. Infatti, ciò che per diversi anni ha limitato la diffusione di tale fenomeno è stata la scarsa conoscenza della lingua inglese da parte di questi "telelavoratori", che oggi però non rappresenta più un grosso ostacolo grazie ai grandi progressi che hanno riguardato la traduzione automatica negli ultimi anni. Pertanto, oggi anche con limitata conoscenza linguistiche questi lavoratori possono ambire a posizioni di lavoro che prima erano appannaggio

esclusivo dei lavoratori delle economie avanzate. Questo fenomeno viene chiamato da Ricahrd Baldwin “telemigrazione”, in quanto persone di talento provenienti da paesi più poveri migrano in maniera telematica verso le grandi multinazionali occidentali, entrando in diretta competizione con i lavoratori dei paesi delle economie avanzate e godendo, inoltre, di un’ottima considerazione da parte dei datori di lavoro poiché garantiscono la possibilità di sostenere minori costi e perché richiedono molti meno privilegi dei loro colleghi occidentali⁸². Come già accennato in precedenza, lo *smart working* nasce dal telelavoro ma si differenzia da quest’ultimo; infatti, “lo *smart working* rappresenta l’evoluzione del telelavoro, resa possibile dall’innovazione degli strumenti digitali e dalla diffusione della connettività”⁸³.

Smart working e telelavoro rappresentano due modalità di lavoro concettualmente diverse tra loro ma che, al giorno d’oggi, sono in una continua fase di evoluzione e vengono adottate da un numero sempre maggiore di aziende dal momento che offrono vantaggi in termini di risparmio sui costi fissi e incremento della produttività. Lo *smart working* permette al lavoratore di svolgere la propria attività fuori dall’azienda e di decidere autonomamente i tempi e il luogo di lavoro, quindi questi potrà lavorare da casa, in un bar, in una camera d’albergo o anche nella stessa azienda, in degli spazi appositamente dedicati al cosiddetto “*co-working*”. È importante sottolineare che il lavoro agile non rappresenta una nuova forma di contratto lavorativo ma piuttosto un nuovo modo flessibile attraverso cui il rapporto di lavoro subordinato viene eseguito in cui i rapporti tra datore di lavoro e dipendenti sono regolati da normali contratti di lavoro dipendente che li allineano sia in termini normativi che retributivi agli *insiders*, ovvero quei lavoratori che eseguono le proprie mansioni all’interno dell’azienda⁸⁴. Lo *smart working* non permette soltanto alle imprese che lo adottano di ridurre i costi così come di aumentare la produttività ma esso apre anche a possibili nuovi scenari che appaiono, dal punto di vista di chi scrive, molto interessanti. Infatti, il lavoro agile rappresenta uno stimolante punto di partenza per poter pensare a delle metropoli non più sovraffollate, in quanto permetterebbe di ridurre sensibilmente il traffico negli orari di punta e conseguentemente l’inquinamento, che nelle grandi metropoli raggiunge ormai da diversi anni livelli assai preoccupanti per l’integrità del nostro ecosistema. Lo *smart working* potrebbe garantire una migliore condizione non solo del nostro ecosistema ma anche dell’uomo. Infatti, alla luce di quanto accaduto nei mesi dell’emergenza sanitaria legata al Covid-19, è possibile affermare che sia necessario riscoprire il valore della salute sia dell’ambiente che dell’uomo. L’Organizzazione Mondiale della Sanità definisce la salute come “uno stato di completo benessere fisico, sociale e

⁸² R. Baldwin , *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino (2020)

⁸³ S. Chiti, *Che differenza c’è tra smart working e telelavoro?* <https://www.quindo.it/telelavoro-e-smart-working/>

⁸⁴ S. Chiti, *Che differenza c’è tra smart working e telelavoro?* <https://www.quindo.it/telelavoro-e-smart-working/>

mentale, e non soltanto l'assenza di malattia o di infermità"⁸⁵, definizione questa che rappresenta il punto di partenza per provare a spiegare perché il lavoro agile potrebbe favorire la salute umana. Infatti, posto quindi che la salute non è da intendersi solo come assenza di infermità o malattia, lo *smart working* favorisce la salute del lavoratore in quanto permette di gestire meglio il proprio tempo e di conciliare in modo efficace ed efficiente la vita privata con quella lavorativa riducendo il livello di stress cui questi è sottoposto quotidianamente. Inoltre, lo *smart working* permette alle donne lavoratrici di non rinunciare alla propria carriera per via dei duri mesi di maternità in cui recarsi in ufficio potrebbe essere una grossa limitazione e causa di difficoltà e preoccupazioni che inevitabilmente si esplicherebbero in un peggioramento delle performance lavorative, se non addirittura, nell'impossibilità di svolgere il proprio lavoro. Ciò permetterebbe alle famiglie di essere più serene potendo contare su due fonti di reddito e di poter condurre una vita più felice e tranquilla e quindi pure più "sana" con conseguenze chiaramente positive anche per la vita lavorativa. Ancora, il lavoro agile può essere inserito in un discorso più ampio che concerne non solo il benessere dei lavoratori ma anche una più equa redistribuzione del capitale umano e delle risorse economiche in generale su tutto il territorio di una nazione. Si pensi all'Italia che da anni è nettamente divisa in due, con le industrie e l'attività economica concentrata prevalentemente nel centro-nord e con il turismo e l'agricoltura concentrate principalmente al sud; questa netta divisione ha delle conseguenze sulla geografia del lavoro. Infatti, la maggior parte delle persone che ambiscono a lavorare nel mondo dell'industria e dei servizi, ovvero i settori in cui è impiegata la maggior parte della forza lavoro, si trova costretta a spostarsi dal sud al nord, vedendo legami familiari spezzarsi, dovendo rinunciare alla vicinanza dei propri cari per ambire a stipendi neanche poi così gratificanti e remunerativi che nella maggior parte dei casi vengono per buona parte impiegati per sostenere le spese necessarie al proprio mantenimento nelle nuove città. Tutto ciò inevitabilmente ha delle conseguenze negative sia per i lavoratori sia per il paese: i lavoratori si trovano costretti a cambiare vita spostandosi magari a centinaia di chilometri dalla propria famiglia per andare incontro a delle condizioni di vita non sempre migliori, se non fosse per la certezza di un impiego e di un salario, dovendo rinunciare all'aiuto della famiglia, ad esempio nella gestione di una maternità o in altre situazioni dove il poter contare sull'aiuto fisico dei propri cari può risultare molto importante per la propria serenità e il proprio benessere; il paese invece vede alcune zone arricchirsi sia da un punto di vista economico (si pensi ad esempio a tutto l'indotto generato dalla presenza di aziende e posti di lavoro in generale), sia da un punto di vista umano (si assiste a una sorta di fuga di cervelli tutta

⁸⁵ Glossario O.M.S della Promozione della Salute, 2012, p.1

https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/64546/WHO_HPR_HEP_98.1_ita.pdf;jsessionid=BFA2A455FFB54DD2E8E63CE77528CC9C?sequence=19#:~:text=La%20Costituzione%20dell'OMS%20del,di%20malattia%20o%20di%20infermit%C3%A0.

made in Italy, nel migliore dei casi) e altre al contempo impoverirsi sempre di più facendo sì che la differenza socioeconomica tra il nord e il sud del paese divenga sempre più netta. Il lavoro agile, permettendo di lavorare a distanza, potrebbe rappresentare quindi il punto di partenza per un nuovo assetto socioeconomico del paese in cui i lavoratori non siano costretti a trasferirsi in pianta stabile in altre città per svolgere un lavoro che potrebbero eseguire benissimo nella propria città d'origine evitando quindi di gravare economicamente, come accade nella maggior parte dei casi, sulle spalle della propria famiglia.

Conclusioni

L'intento di questa ricerca è stato di fornire una spiegazione al perché gli individui si trovino ad operare in un contesto lavorativo come quello odierno. Inoltre, sono anche state definite le caratteristiche del lavoro dei giorni d'oggi, gettando le basi per comprendere in che direzione esso stia andando dopo aver compreso come esso sia mutato nel corso del tempo. Da questa ricerca si può facilmente comprendere come la tecnologia, in particolare quella digitale, abbia causato la nascita di nuove esigenze e di nuove opportunità nel contesto lavorativo. Oggi, un'azienda potenzialmente può soddisfare in modo efficace e soprattutto efficiente i propri clienti, può produrre di più consumando di meno, può ottenere milioni di informazioni dai propri macchinari per migliorare la propria performance e ancora molte altre cose, ma per realizzare tutto ciò sono necessarie competenze specifiche. Ai lavoratori, quindi, è richiesto di aggiornarsi e di adattarsi al nuovo ambiente che li circonda e questo non senza uno sforzo importante. Al fine di essere competitive in questo nuovo e mutevole mercato alle aziende viene richiesta la capacità di dotarsi delle nuove tecnologie digitali e non solo, ma anche di acquisire e trasmettere a tutti i soggetti coinvolti nell'attività aziendale una cultura digitale che dia la possibilità di affrontare in modo innovativo ed efficace le sfide lanciate dall'industria 4.0. Pertanto, investire nella formazione dei propri dipendenti e preoccuparsi che le loro conoscenze e competenze siano sempre al passo coi tempi e funzionali agli obiettivi aziendali risulterà fondamentale per qualsiasi azienda. Alle istituzioni, sia private sia pubbliche, che si occupano di formazione spetta un compito assai importante, ovvero quello di fornire le nuove competenze digitali che oggi risultano fondamentali nel mercato del lavoro sia per le ambizioni lavorative dei singoli studenti sia per il bene delle aziende. Perciò, diviene necessario pensare a dei percorsi di studio in cui le competenze digitali e le *soft skills* di cui si è parlato ampiamente rivestano un ruolo primario e non marginale, come purtroppo ancora oggi accade nella maggior parte delle università italiane. Dunque, è stato detto come sia importante la capacità di essere flessibili in un contesto in continua trasformazione in cui nuove problematiche sorgono quotidianamente e in cui nuove tecnologie richiedono sempre nuove capacità. Attualmente ci troviamo in una fase di transizione in cui la maggior parte dell'aziende si sta muovendo con forza verso delle soluzioni sempre più digitali per migliorare i risultati dei propri business ma vi sono ancora paesi, tra cui l'Italia stessa, in cui questo passaggio appare quantomeno avvenire a ritmi decisamente più lenti. Quindi, come in tutti i momenti di transizione la maggior parte delle persone tende di più a preferire il vecchio al nuovo per il semplice motivo che ciò che è vecchio è noto, ciò che è nuovo no. Tuttavia, nonostante il nuovo in quanto ignoto possa suscitare un sentimento di incertezza e paura, l'invito da fare agli studenti e a tutti coloro che sono intenzionati a entrare nel mondo del lavoro è quello di essere ottimisti verso il futuro e di dedicare

tempo alla propria formazione al fine di acquisire le conoscenze e competenze che oggi risultano di fondamentale importanza; inoltre, di essere lucidi al punto da comprendere che il cambiamento di cui si è parlato in questo elaborato è già in atto e, soprattutto, irreversibile.

Bibliografia

- AGID, *Competenze digitali*. <https://www.agid.gov.it/it/agenzia/competenze-digitali>
- Baldwin R., *Rivoluzione globotica. Globalizzazione, robotica e futuro del lavoro*, il Mulino, 2020
- Bandini G., Caprio F., *Le imprese italiane e le competenze mancanti. Un'analisi del piano industria 4.0*, 2018 <https://www.rivisteweb.it/doi/10.12830/92052>
- Bazzan E., *Carico Cognitivo, User Experience e metodologie di rilevamento*, 2016. [https://www.tsw.it/journal/ricerca/carico-cognitivo-user-experience-metodologie-rilevamento/#:~:text=Carico%20cognitivo%20\(cognitive%20load\)%20%C3%A8,di%20lavoro%20\(working%20memory\).](https://www.tsw.it/journal/ricerca/carico-cognitivo-user-experience-metodologie-rilevamento/#:~:text=Carico%20cognitivo%20(cognitive%20load)%20%C3%A8,di%20lavoro%20(working%20memory).)
- Boston Consulting Group, *Embracing industry 4.0 and Rediscovering growth*. <https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth.aspx>
- Boyes H., Hallaq B., Cunningham J. e Watson T., *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361517307285?via%3Dihub>
- Chiti S., *Che differenza c'è tra smart working e telelavoro?* <https://www.quindo.it/telelavoro-e-smart-working/>
- Cocchi A., *Cosa sono i robot collaborativi?*, 2019 <https://blog.universal-robots.com/it/cosa-sono-i-robot-collaborativi>
- Cocchi A., *Sicuri e collaborativi, scopriamo le safety native dei cobot UR*, 2019 <https://blog.universal-robots.com/it/sicuri-e-collaborativi-scopriamo-le-safety-native-dei-cobot-ur>
- Danna R., *Industria 4.0: cos'è la quarta rivoluzione industriale?* <https://www.pandorarivista.it/articoli/industria-4-0-iot-quarta-rivoluzione-industriale/2/>
- DebRoy T., Wei H.L., Zuback J.S., Mukherjee T., Elmer J.W., Milewski J.O., Beese A.M., Wilson-Heid A., A.De, Zhang W., *Additive manufacturing of metallic components – Process, structure and properties*, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079642517301172?via%3Dihub>
- Dell'Era C., *Cos'è il Creative Problem Solving e perché è importante*, 2018 https://blog.osservatori.net/it_it/creative-problem-

[solving#:~:text=In%20parole%20semplici%2C%20si%20tratta,problema%20avviene%20in%20maniera%20creativa.](#)

- De Simone E., *Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica*, Milano, FrancoAngeli, 2015, quinta edizione
- Dorsemayne B., *et al. Internet of things: a definition and taxonomy*, 2015. (<https://ieeexplore.ieee.org/document/7373221>)
- Executive Office of the President, *Artificial Intelligence, Automation and the Economy*, 2016 <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/whitehouse.gov/files/documents/Artificial-Intelligence-Automation-Economy.PDF>
- Frey C., Osborne M., *The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, 2013.
- Glossario O.M.S della Promozione della Salute, 2012, p.1 https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/64546/WHO_HPR_HEP_98.1_ita.pdf;jsessionid=BFA2A455FFB54DD2E8E63CE77528CC9C?sequence=19#:~:text=La%20Costituzi one%20dell'OMS%20del,di%20malattia%20o%20di%20infermit%C3%A0.
- Gruosso G., *Le potenzialità della simulazione avanzata nell'industria 4.0*, 2018 <https://ricominciada4.fondirigenti.it/le-potenzialita-della-simulazione-avanzata-nellindustria-4-0/>
- Hang T.T.T., Ronald L. S., *Essential Soft Skills for Successful Business Graduates in Vietnam*, 2015 <https://pdfs.semanticscholar.org/046f/39d8f9136ed598a9686aac18121fe45efa75.pdf>
- “Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution”
- Leber J., *General Electric’s San Ramon Software Center Takes Shape MIT Technology Review*, 2012.
- Maci L., *Competenze digitali: che cosa sono e perché servono alle aziende e a chi lavora*, 2019, <https://www.economyup.it/innovazione/competenze-digitali-che-cosa-sono-e-perche-servono-alle-aziende-e-a-chi-lavora/>
- McAfee A. e Brynjolfson E., *La macchina e la folla. Come dominare il nostro futuro digitale*, Feltrinelli (2020)
- Modena A., *Cyber Security in Industry 4.0: ecco tutti i rischi che corriamo e come affrontarli* <https://www.isipc.it/cuber-sicurezza-e-industria-4-0-i-rischi-e-come-affrontarli/>
- National soft skills association, *Soft skills and Emotional Intelligence*, 2015 <https://www.nationalsoftskills.org/soft-skills-and-emotional->

[intelligence/#:~:text=Soft%20skills%20refer%20to%20a,thinking%2C%20interpersonal%20skills%20and%20more.](#)

- Piano nazionale industria 4.0, https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf
Raccomandazione del parlamento europeo e del consiglio del 18 dicembre 2006 relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente, 2006/962/CE <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32006H0962#:~:text=Definizione%3A,tempo%20libero%20e%20la%20comunicazione.>
- Rei L., Zhang L., Wang L., Tao F., Chai X., *Cloud manufacturing: key characteristics and applications.* <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=6e2a45a5-d397-420b-8422-ddae25b48c34%40sessionmgr4006&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtG12ZQ%3d%3d#db=bsu&AN=122049571>
- Research Italy, *Tecnologie abilitanti.* <https://www.researchitaly.it/tecnologie-abilitanti/>
- Robles M., “Executive perceptions of the Top 10 Soft Skills needed in today’s workplace”, 2012
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1080569912460400#:~:text=This%20study%20identified%20the%20top,%2C%20teamwork%2C%20and%20work%20ethic.>
- Rossini M., *Pensiero critico e Decision-Making, le soft skills del futuro* <https://www.risorseumane-hr.it/bacheca-hr/pensiero-critico-decision-making-soft-skills/>
- Russom, “Big Data Analytics”, 2011, p.6. <https://vivomente.com/wp-content/uploads/2016/04/big-data-analytics-white-paper.pdf>
- *Smart factory: cos'è, come funziona e ambiti applicativi della fabbrica intelligente.* <https://blog.sew-eurodrive.it/smart-factory-cos-e-come-funziona-la-fabbrica-intelligente>
- Temporelli M., *Industria 4.0* <http://www.scienzaefilosofia.com/wp-content/uploads/2019/12/02-TEMPORELLI.pdf>
- Torchiani, *Realtà virtuale e realtà aumentata: tutto quello che c'è da sapere*, 2018
<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/realta-aumentata/realta-virtuale-realta-aumentata/>
- Treccani, digitalizzazione. http://www.treccani.it/enciclopedia/digitalizzazione_%28Enciclopedia-dei-ragazzi%29/
- https://associati.anitec-assinform.it/aziendeassociate/c/cisco/comunicati_stampa/cisco-nel-2021-ci-saranno-piu-telefonini-che-conti-in-banca.kl

- https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/comunicati-stampa/mercato-big-data-analytics-italia-valore-trend-comunicato