



CORSO DI LAUREA TRIENNALE
in
ECONOMIA E MANAGEMENT

LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE
L'impatto dell'Industria 4.0 sui processi produttivi e
sull'occupazione

Laureando: Antonio Donatello De Nicola
Matricola: 172701

Relatore: Prof. Giuseppe Di Taranto

Anno Accademico 2016-2017

INDICE

INTRODUZIONE	3
1. VERSO LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE: BREVE EXCURSUS NELLA STORIA DELL'ECONOMIA	
1.1. La prima rivoluzione industriale.....	4
1.2. La seconda rivoluzione industriale	10
1.3. La terza rivoluzione industriale	22
2. COS'E' LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE?	
2.1. Dai sistemi integrati ai sistemi cyber-fisici	28
2.2. Le tecnologie abilitanti.....	31
2.2.1. La stampa in 3D e in 4D.....	31
2.2.2. Internet Of Things (IoT).....	35
2.2.3. Big Data e Cloud Computing.....	38
2.2.4. Robot e Cobot (Robotica collaborativa).....	46
2.3. I Fabrication Laboratories	49
3. CONSEGUENZE ECONOMICHE DELLA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE	
3.1 L'impatto sul sistema produttivo e sull'occupazione	53
3.1.1. Il back-reshoring	58
3.2. La manifattura 4.0 – una panoramica in Europa	60
3.3. La strategia italiana: il Piano Nazionale Impresa 4.0.	64
3.3.1. Una curiosità: da Torino 4.0 in 5G a Las Vegas.....	73
3.4. Un breve sguardo agli aspetti della ecosostenibilità 4.0	74
CONCLUSIONI	75
BIBLIOGRAFIA	79
SITOGRAFIA	81

INTRODUZIONE

Le evoluzioni tecnologiche stanno influenzando a ritmi sempre più incalzanti ed in modo invasivo la nostra quotidianità. Nello specifico, per quanto riguarda il mondo delle Imprese, ci troviamo nell'epoca caratterizzata dalla "Manifattura 4.0", ovvero nel pieno della quarta rivoluzione industriale o "Fabbrica 4.0", tutti sinonimi di uno stesso fenomeno che sta assumendo ed assumerà sfaccettature differenti in funzione delle caratteristiche economiche e sociali proprie di ogni singolo paese. In questo lavoro si tenterà una panoramica del fenomeno, illustrando i cambiamenti in atto, quali sono le tecnologie in gioco, quale lo stato dell'arte in Europa e specie in Italia e quali vantaggi e svantaggi ne potranno derivare.

Il primo capitolo è dedicato a un excursus non solo storico, ma ragionato teso a introdurre attraverso le precedenti rivoluzioni Industriali l'attuale fenomeno denominato appunto "Fabbrica 4.0" nelle sue specifiche peculiarità.

Il secondo capitolo contiene la parte più importante del lavoro in quanto si concentra sulla dettagliata presentazione delle tecnologie cosiddette "abilitanti", come stampa 3 e 4D, l'IoT, big data e evoluzione da robot a cobot, ovvero di tutte quelle innovazioni che stanno alla base dei cambiamenti in corso e che andremo a vivere nel prossimo decennio.

Nel terzo capitolo si analizzano gli impatti sui sistemi produttivi provocati dalle stesse tecnologie abilitanti, nello specifico alcuni macro-fenomeni, come il rientro in patria di produzioni in precedenza delocalizzate, e, infine, il modo in cui il loro ingresso nei moderni sistemi produttivi ha condizionato in maniera significativa costi, filosofia organizzativa, esigenze gestionali, formazione ed occupazione. In questo capitolo viene presentata, inoltre, una situazione aggiornata circa lo stato dell'arte in Europa e soprattutto in Italia, chiudendo con una breve riflessione su alcuni aspetti legati alla eco-sostenibilità 4.0.

1. VERSO LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE: BREVE EXCURSUS NELLA STORIA DELL'ECONOMIA

1.1. La prima rivoluzione industriale

Fino alla metà del XVIII secolo l'economia di gran parte delle nazioni si fondava esclusivamente su forme di produzione molto semplici come l'agricoltura e l'artigianato. Entrambi i settori nel corso del tempo erano stati interessati da alcune innovazioni tecniche che avevano consentito di migliorare e rendere più efficiente la produzione, ma non abbastanza per garantire una crescita economica stabile che potesse avere degli effetti significativi sul benessere della popolazione e, di riflesso, portare ad una crescita demografica costante.

L'agricoltura preindustriale di cui stiamo parlando era essenzialmente l'agricoltura dell'*ancien régime*, caratterizzata da tecniche di coltura primitive e, soprattutto, da scarsa produttività; gli attrezzi ed i mezzi di produzione prevalentemente impiegati, come l'aratro a ruote e gli animali da tiro, non consentivano uno sfruttamento ed una gestione ottimale delle risorse disponibili e spesso necessitavano di una cura ed una manutenzione molto impegnative sia in termini economici che di tempo.

A livello di tecniche produttive, era praticamente utilizzata ovunque la policoltura, ossia la coltivazione di tutto quanto era necessario al sostentamento delle famiglie. Questa modalità, sebbene consentisse di soddisfare tutte le necessità della popolazione, garantiva una produttività spesso molto bassa poiché non tutti i terreni erano adatti ad ospitare una varietà così ampia di coltivazioni, così come la specificità climatica di ogni regione contribuiva ad alzare la resa di determinate colture e ad abbassarne quella di altre. La specializzazione delle colture sulla base delle caratteristiche di ogni terreno ed area geografica non era praticabile in un'agricoltura di questo tipo perché avrebbe comportato la necessità di trasportare i prodotti agricoli su lunghe distanze, cosa complicata sia a causa dei costi proibitivi per la maggior parte della popolazione e sia per la mancanza di adeguate infrastrutture e sistemi di trasporto che, di fatto, rendevano le campagne isolate.

La scarsa produttività dell'agricoltura precludeva alla stragrande maggioranza dei contadini la possibilità di commercializzazione degli stessi prodotti, che era limitata a chi, come i grandi proprietari terrieri, riusciva a produrre un raccolto ben superiore alle proprie necessità e, quindi, poteva scambiare sul mercato l'eccesso di produzione.

L'economia preindustriale, essenzialmente agricola e di sussistenza, era strettamente legata ad un'altra variabile, quella demografica, il cui studio è fondamentale per comprendere come si sia potuto giungere alla prima rivoluzione industriale. La dinamica della popolazione nel mondo preindustriale era caratterizzata da, come viene definita da De Simone, un "andamento ad onde"¹: in base alle stime ottenute dagli studiosi, la popolazione europea non era mai riuscita a vedere una crescita stabile nel tempo, ma attraversava periodi di aumento e di diminuzione anche abbastanza marcati.

Questa tendenza si spiegava grazie ad una sorta di equilibrio che si era stabilito tra la capacità produttiva di un territorio e la popolazione stessa. In altri termini, le fasi di crescita demografica non erano praticamente mai sostenute da una produzione di derrate alimentari sufficiente a sfamare i nuovi nati; di conseguenza, la popolazione che non riusciva ad assicurarsi cibo a sufficienza per sopravvivere andava in contro a malnutrizione che molto spesso facilitava la nascita e la diffusione di epidemie. L'impatto di queste epidemie era tale da decimare la popolazione che, quindi, tornava a livelli numericamente compatibili con la produzione alimentare che una determinata area geografica era in grado di garantire.

Per dare una visione più concreta del fenomeno attraverso alcuni dati, si è stimato che nel periodo preindustriale i tassi di natalità e di mortalità fossero entrambi molto alti (attestandosi rispettivamente intorno al 40 per mille ed al 30 per mille²) e che, conseguentemente, la vita media fosse molto bassa, andando raramente a raggiungere i trenta anni di età.

Nel corso dei secoli, tuttavia, le dinamiche produttive ed i meccanismi che avevano condizionato la crescita demografica andarono gradualmente a modificarsi, preparando così il terreno fertile per la prima rivoluzione industriale. Così come l'equilibrio tra popolazione e produzione agricola, di cui si è parlato, aveva per secoli limitato l'aumento demografico ed impedito di raggiungere livelli di benessere soddisfacenti, attorno al Settecento fu questo stesso equilibrio ad innescare un circolo virtuoso che portò a mutamenti radicali nella struttura sociale ed economica degli Stati europei e non solo. Tutto questo, però, non si sarebbe potuto verificare se non fossero intervenuti dei cambiamenti, a livello tanto produttivo quanto di dinamica demografica, che avvennero soprattutto in Inghilterra.

¹ E. De Simone, *Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica*, Milano, FrancoAngeli, 2014, p. 21.

² E. De Simone, *op. cit.*, p. 22.

Per quanto riguarda l'agricoltura, una delle innovazioni principali nelle tecniche di coltivazione dei campi fu l'introduzione del cosiddetto "sistema di Norfolk"; la questione fondamentale, infatti, che per secoli aveva impattato sulla resa dei terreni era il ripristino della loro fertilità. La pratica più diffusa in questo senso era la rotazione delle colture, di solito biennale o triennale, in base alla quale i campi venivano coltivati rispettivamente per uno e due anni e venivano lasciati a riposo per il restante anno. Il periodo di riposo, chiamato maggese, richiedeva comunque lavoro da parte dei contadini, in quanto si rendevano necessarie operazioni ulteriori, prima fra tutte la concimazione, che contribuivano a ridare fertilità ai campi. Il letame, la forma più efficace di concimazione, richiedeva la presenza di stalle che erano poco diffuse poiché gli animali venivano solitamente tenuti allo stato brado e questa modalità di allevamento andava a sottrarre altri terreni alla coltivazione. Queste pratiche di coltivazione ed allevamento del bestiame rendevano una gran parte della terra disponibile non produttiva e non erano più efficaci per sostenere il nuovo aumento demografico che si verificò nel corso del XVIII secolo.

Il sistema di Norfolk³, che prese il nome dalla contea inglese di Norfolk dove veniva da tempo utilizzato, si basava sul semplice concetto di eliminazione del periodo di maggese reso possibile dalla scoperta del fatto che altre tipologie di coltivazioni, in particolar modo di legumi e foraggere, andavano a migliorare la fertilità del terreno. L'utilizzo di questa tecnica, conosciuta come rotazione continua, aveva una serie di implicazioni molto importanti che poco a poco rivoluzionarono il sistema agricolo: non solo il terreno diventava più fertile per la coltivazione di grano dell'anno successivo, ma si ottenevano altri prodotti (come i già citati legumi) ed in più la produzione di foraggio consentiva di eliminare l'allevamento brado degli animali, portando alla costruzione di nuove stalle e liberando altri terreni per la coltivazione.

Tutto ciò ebbe un impatto notevole sulla produzione agricola inglese, ma non sarebbe stato possibile se non si fossero verificati dei cambiamenti nel quadro normativo che andassero a disciplinare la proprietà dei singoli appezzamenti di terreno.

La gestione delle terre in Inghilterra, infatti, era di tipo comunitario ed i contadini dovevano di volta in volta accordarsi su quale frazione di terra coltivare e con quale coltivazione, un sistema non più compatibile ormai con le nuove tecniche agricole. Si rendeva, pertanto, necessario un regime differente di grande proprietà e di recinzione delle

³ Per approfondimenti cfr.: G. Corona, *La rotazione di Norfolk e la questione meridionale*, Guida Editori, 2010; P. Malanima, *Uomini, risorse, tecniche nell'economia europea dal X al XIX secolo*, Pearson, 2003, pp. 119 e ss..

terre che potesse garantirne un'esclusiva disponibilità ai proprietari. Fondamentali, in questo senso, furono il General Enclosures Act emanato nel 1801 ed altri provvedimenti che facilitarono la pratica delle recinzioni, solitamente abbassandone i costi.

Anche dal punto di vista demografico ci furono degli importanti sviluppi a partire dal Settecento, con la popolazione che in quasi tutte le aree del pianeta crebbe a ritmi vertiginosi.

In Europa si stima che fra metà Settecento e metà Ottocento il numero di abitanti crebbe da 140 a 275 milioni⁴. Le cause di una crescita così accentuata sono da ricercarsi in una serie di fattori che nel loro insieme contribuirono a migliorare il benessere delle famiglie, consentendo loro di vivere meglio e più a lungo.

Si è già discusso dei miglioramenti che caratterizzarono l'agricoltura in questo periodo e non c'è dubbio che la maggior resa dei terreni e, quindi, la maggior disponibilità di generi alimentari consentirono un nutrimento nettamente migliore della popolazione, che divenne di riflesso anche meno vulnerabile a malattie ed epidemie.

Questo periodo storico fu caratterizzato anche dai primi progressi della medicina, con scoperte quali vaccini e tecniche ostetriche che contribuirono a ridurre l'impatto di patologie spesso letali ed a ridurre la mortalità infantile. Inoltre, soprattutto nei centri urbani, le condizioni igieniche della popolazione andarono sempre migliorando, grazie alla costruzione di infrastrutture (come le fognature) secondo criteri più moderni e ad un maggior utilizzo di prodotti per la cura e l'igiene della persona, come il sapone. Tutto ciò contribuì generalmente alla riduzione del tasso di mortalità (in particolar modo quella infantile) ed all'aumento della vita media della popolazione.

Sebbene i profondi miglioramenti nelle tecniche agricole e la crescita demografica costituirono condizioni fondamentali per la nascita della prima rivoluzione industriale, un ruolo chiave ebbero anche la rivoluzione dei trasporti e lo sviluppo del commercio, sia interno che internazionale.

I trasporti terrestri videro pochi, ma significativi cambiamenti. Le strade inglesi vennero costruite o ammodernate secondo dei criteri di progettazione che garantivano una maggiore solidità e durezza della superficie, consentendo un trasporto più rapido ed economico delle merci e facendo, di conseguenza, aumentare in modo sempre più rapido il traffico sulla nuova rete stradale.

⁴ E. De Simone, *op. cit.*, p. 25.

La vera e propria rivoluzione nell'ambito dei trasporti su terra fu costituita, però, dall'introduzione delle prime strade ferrate e dal successivo rapido sviluppo della rete ferroviaria a livello mondiale. Questa nuova modalità di trasporto si basava sull'utilizzo di binari sui quali viaggiavano delle locomotive a vapore che videro nel corso dell'Ottocento un rapido sviluppo tecnologico.

Il trasporto marittimo, già ampiamente diffuso nei secoli precedenti al Settecento, fu in questo periodo sempre più incentivato dalla nascita di compagnie di assicurazione (la più conosciuta delle quali erano forse i Lloyd's londinesi) che garantivano i marinai da importanti rischi come la pirateria, che in passato aveva comportato dei pericoli e spesso delle gravi perdite sia economiche che di vite umane per le flotte inglesi. Le vie d'acqua interne, le più utilizzate per il trasporto di merci pesanti, furono migliorate con una massiccia opera di costruzione di canali che rese più agevole la comunicazione tra varie zone interne dell'Inghilterra.

Tutti questi interventi sulle vie di comunicazione provocarono un importante aumento del commercio, sia a livello interno che internazionale. La crescita demografica aumentò la domanda interna che la maggiore produttività agricola fu finalmente in grado di sostenere, facendo aumentare il reddito pro capite delle famiglie inglesi.

A livello internazionale l'Inghilterra rafforzò in modo deciso la sua posizione di potenza commerciale, attraverso l'esportazione di manufatti ed al cosiddetto commercio di riesportazione, cioè la rivendita nei paesi europei di merci acquistate solitamente dai paesi tropicali.

La crescita del commercio e la dimensione sempre più imponente che questo assumeva col tempo fu indubbiamente uno dei fattori che contribuì al nascere della prima rivoluzione industriale; con l'aumento degli scambi l'Inghilterra importava materie prime di cui non era particolarmente ricca e, attraverso le esportazioni, realizzava profitti che potevano essere reinvestiti nell'agricoltura o nella nascente industria.

Tutte queste condizioni costituirono la naturale premessa affinché si potesse sviluppare la prima rivoluzione industriale. Prima di parlare più diffusamente dei cambiamenti che quest'ultima apportò all'economia, è opportuno specificare che alcune forme di attività industriale esistevano già prima del Settecento; la produzione, tuttavia, era ancora organizzata secondo forme che possiamo definire primitive ed era comunque molto spesso controllata dalle cosiddette corporazioni, il cui obiettivo era quello di proteggere la propria categoria dalla concorrenza.

La prima rivoluzione industriale che si sviluppò in Inghilterra ruotò essenzialmente attorno alle innovazioni che riguardarono le industrie del ferro e del cotone; in particolare, i progressi tecnici e tecnologici, che si svilupparono nell'arco di pochi decenni, giocarono un ruolo chiave nel migliorare l'organizzazione della produzione, consentendo una migliore gestione delle risorse ed una resa produttiva maggiore.

L'invenzione che più di altre viene associata a questa fase di profonde rivoluzioni fu senza dubbio la macchina a vapore; brevettata inizialmente come strumento impiegato nelle estrazioni minerarie, fu oggetto di numerosi miglioramenti, i più importanti dei quali vennero apportati da James Watt e ne consentirono l'utilizzo nelle più svariate applicazioni, dalle locomotive alle macchine per la tessitura. Il successo commerciale della nuova macchina, facilitato anche dal funzionamento efficace del sistema inglese dei brevetti, consentì di rivoluzionare le tecniche produttive nei settori citati.

L'industria del ferro vide una notevole espansione causata principalmente da innovazioni, come la tecnica del puddellaggio, che impattarono in maniera importante sulla produzione di ghisa, di cui l'Inghilterra divenne il principale paese esportatore con una produzione che, nell'arco di un secolo, si attestò nell'ordine delle decine di milioni di tonnellate.

Anche l'industria tessile, ed in particolare quella del cotone, vide uno sviluppo consistente dovuto, ancora una volta, ad innovazioni tecnologiche che consentirono di trasformare le tecniche di lavorazione da primitive e poco produttive a moderne, più efficienti ed in grado di fornire filati di qualità ben più elevata.

Le invenzioni più rilevanti in questo senso si concentrarono tutte nella seconda metà del Settecento: la giannetta (1764), un sistema basato sull'utilizzo di una ruota che muoveva un insieme di fusi, la water frame (1769), un filatoio idraulico, la mule jenny (1779), una macchina più complessa che permetteva di ottenere filati di ottima qualità, spesso superiore a quella di tessuti provenienti da altri paesi, ed il telaio meccanico a vapore. La crescita del settore tessile, come fa notare De Simone⁵, fu facilitata e sostenuta da una serie di condizioni favorevoli: i nuovi macchinari erano adatti ad una forma di organizzazione del lavoro molto diffusa in Inghilterra, ossia il lavoro a domicilio; la nuova industria era labour intensive e poteva, perciò, sfruttare l'ingente quantità di manodopera disponibile richiedendo, al tempo stesso, investimenti di capitale molto limitati; infine, esisteva già una domanda importante (sia interna che estera) per i nuovi filati, cosicché la

⁵ E. De Simone, *op. cit.*, p. 52.

produzione poté soddisfare sia il mercato interno che alimentare una corrente di esportazione molto remunerativa.

L'industrializzazione inglese, che pure comportò alcuni problemi di carattere essenzialmente finanziario-creditizio ed occupazionale, fu il primo esempio che spinse altri paesi europei e non a seguire la medesima strada, sebbene con un percorso talvolta più difficoltoso.

La Francia, nonostante ostacoli come la presenza di lunghi conflitti ed una disponibilità di risorse naturali non alla pari con quella della Gran Bretagna, vide un primo sviluppo dell'industria grazie ad innovazioni nel sistema dei trasporti e ad interventi legislativi che diedero un impulso all'attività industriale.

Il processo di industrializzazione degli Stati Uniti dovette affrontare inizialmente problematiche legate allo sfruttamento delle vaste risorse di cui il paese disponeva, alla costruzione di una moderna rete di trasporti ed alla formazione del mercato interno, ma successivamente fu in grado di industrializzarsi capitalizzando sulle innovazioni inglesi ed apportando a queste ultime delle migliorie consistenti. Caratteristico di questa fase fu l'invenzione del cosiddetto sistema americano di produzione basato su fasi produttive intermedie ben definite e spesso ripetitive in grado di fornire prodotti standardizzati ed abbassare il costo della manodopera.

È opportuno sottolineare, tuttavia, che nessuna nazione conobbe in questo periodo uno sviluppo pari a quello dell'Inghilterra, che, godendo di molti vantaggi dovuti al fatto di essere stato il first comer, attorno alla metà dell'Ottocento divenne uno tra i paesi più industrializzati a livello mondiale⁶.

1.2. La seconda rivoluzione industriale

Il secolo compreso tra la metà dell'Ottocento e la metà del Novecento fu caratterizzato da una nuova fase di sviluppo economico ed industriale ben più marcato rispetto al precedente che andò ad interessare non più ristrette aree geografiche, ma, con

⁶ Per approfondimenti sulla prima Rivoluzione industriale cfr.: S. Battilossi, *Le rivoluzioni industriali*, Carocci, Roma, 2002; R. Cameron, L. Neal, *Storia economica del mondo*, il Mulino, Bologna, 2002, pp. 263 e ss.; A. Giardina et al., *L'età moderna*, Laterza, Bari, 2001, pp. 436 e ss.; C. Singer et al., *Storia della tecnologia*, Bollati-Boringhieri, 1992, vol. 4; F. Assante et al, *Storia dell'economia mondiale*, Monduzzi, Bologna, 2000, pp. 79 e ss.; G. Sabbatucci, V. Vidotto, *Storia contemporanea. L'Ottocento*, Laterza, Bari, 2006, pp. 62 e ss..

ritmi differenti a seconda dei vari paesi, assunse una dimensione decisamente più globale: a questo periodo ci si riferisce solitamente con l'espressione di seconda rivoluzione industriale⁷. Prima di entrare nel merito delle dinamiche e dei settori coinvolti è opportuno ancora una volta parlare delle premesse che portarono ad una trasformazione così importante dell'economia mondiale.

La crescita demografica ebbe ancora una volta un ruolo determinante: l'aumento della popolazione che era avvenuta nel corso del XVIII secolo continuò e si intensificò durante tutto l'Ottocento e fino ai primi anni del Novecento. Le condizioni che la sostennero furono sostanzialmente i progressi sempre maggiori della medicina e l'ulteriore miglioramento delle condizioni igienico-sanitarie che consentirono un abbassamento sia del tasso di mortalità che di natalità e l'aumento generalizzato della vita media.

La dinamica demografica fu, tuttavia, interessata da fenomeni del tutto nuovi; il maggior numero di abitanti costituiva una risorsa per i paesi più industrializzati, che potevano impiegarli nella nascente industria, ma un problema per quelli che erano rimasti indietro nello sviluppo industriale. Nei primi ci fu una tendenza allo spostamento della popolazione dalle campagne (che non richiedevano più tutta la manodopera disponibile) alle città, il che favorì lo sviluppo di grandi metropoli e centri urbani come Londra e Parigi; nei secondi gli abitanti in eccesso si videro costretti all'emigrazione volontaria o talvolta forzata dallo Stato, dato che non riuscivano a trovare un'occupazione e che la maggior disponibilità di manodopera comportava l'abbassamento dei salari, cosa che contribuiva a peggiorare il benessere economico della nazione.

I paesi di destinazione, situati principalmente nelle Americhe, spesso traevano giovamento dai flussi migratori in entrata poiché il crescente sviluppo industriale riuscì ad assorbire la manodopera (spesso costituita da persone adulte e quindi pronte al lavoro) in surplus.

I trasporti furono oggetto di profonde trasformazioni e si svilupparono in questo secolo le prime tecnologie di comunicazione a distanza.

Il trasporto via terra vide un miglioramento ed un ampliamento della rete stradale, ma fu caratterizzato da una delle invenzioni più rivoluzionarie della storia contemporanea, ossia l'automobile. Il modello di automobile che più si avvicina alla concezione moderna fu quello basato non più sull'energia del vapore, ma sul motore a combustione interna, che sfruttava il movimento regolare di pistoni mossi dagli scoppi di una miscela di aria e gas

⁷ Cfr.: R. Andreatta, *La seconda rivoluzione industriale*, IPRASE, 2013; M.R. Caroselli, I fattori della seconda rivoluzione industriale, in «Economia e storia», Verona, Bellomi, 1978, pp. 390-418.

combustibile. La sua produzione su larga scala fu resa possibile dal già citato sistema americano, di cui forse il maggior interprete in questo periodo fu Henry Ford. Sfruttando i benefici in termini di costi offerti dalla catena di montaggio, riuscì a produrre un modello di automobile (la Ford T) che, grazie al suo prezzo relativamente contenuto, vide una diffusione abbastanza rapida tra la popolazione.

La rete ferroviaria fu caratterizzata da un'espansione imponente che le permise di superare il milione di chilometri agli inizi del XX secolo e diventare la modalità di trasporto, insieme a quello navale, più utilizzata soprattutto a fini commerciali.

La navigazione vide in questo periodo l'ammodernamento delle flotte con la definitiva adozione del vapore come forza motrice e la costruzione di navi di ferro in grado di trasportare un maggior carico di merci.

È importante citare anche il fatto che l'inizio del Novecento vide i primi sviluppi anche nel settore dell'aviazione grazie agli esperimenti dei fratelli Wright, sebbene si dovette attendere fino agli anni Venti per i primi impieghi degli aeroplani a scopi commerciali.

La tecnologia dell'informazione compì i primi importanti passi nel secolo della seconda rivoluzione industriale con l'invenzione di apparecchi come il telegrafo (1840) e, successivamente, il telefono (1871) e la radio (1896) che consentirono la trasmissione di notizie in maniera estremamente rapida tra zone anche molto distanti del pianeta. È facile comprendere come questa serie di innovazioni nel campo dei trasporti e della comunicazione ebbe un impatto notevole sulla società ed in particolar modo sulle attività economiche. Il commercio venne enormemente avvantaggiato grazie alla riduzione dei costi e dei tempi necessari per muovere le merci e benefici importanti riguardarono anche l'industria.

I profondi mutamenti nella struttura produttiva e la necessità di costruire infrastrutture di trasporto più moderne favorirono una rivoluzione nel sistema bancario e finanziario che pose fine, o comunque ridusse di molto, le problematiche di accesso al credito che avevano caratterizzato la prima rivoluzione industriale. La creazione di nuove istituzioni finanziarie come le banche cooperative, le banche di deposito e le casse di risparmio, ognuna delle quali aveva modalità di raccolta e di impiego dei fondi differenti e specializzate, consentì la diffusione dei servizi bancari tra i più vari attori economici, dal grande impresario al piccolo agricoltore. I modelli bancari videro una differenziazione anche su base regionale a seconda delle necessità e dello sviluppo industriale dei vari paesi. In Inghilterra si affermarono due tipologie di banche che concedevano,

rispettivamente, prestiti a breve ed a lungo termine, questi ultimi attraverso l'emissione di titoli obbligazionari. Il modello tedesco, invece, era caratterizzato dalla banca mista, che non distingueva i prestiti sulla base dell'orizzonte temporale, di fatto concedendo fondi a breve e lungo termine.

Tutte queste condizioni costituirono il presupposto fondamentale, come già si è detto, della seconda rivoluzione industriale. A differenza della prima, che aveva comportato trasformazioni profonde in settori produttivi limitati, essa non solo vide ulteriori innovazioni in queste ultime attività, ma anche la nascita e la crescita di industrie completamente nuove, così come delle vere e proprie rivoluzioni nelle forme di organizzazione della produzione e delle imprese.

L'agricoltura fu caratterizzata da alcuni cambiamenti che riuscirono ad aumentare la disponibilità di risorse alimentari da destinare alla popolazione sempre più in crescita. In particolare si sottolineano la diffusione su larga scala di nuovi concimi di origine chimica e, per lo meno in determinate aree geografiche come gli Stati Uniti, delle macchine agricole; i primi consentivano una fertilizzazione ancora maggiore dei terreni, mentre l'utilizzo delle nuove macchine, prima fra tutte il trattore, aumentò in maniera notevole il rendimento della produzione con un impiego di manodopera molto ridotto. Queste innovazioni accrebbero la resa dei terreni già coltivati, ma un ulteriore impulso all'agricoltura venne dall'estensione delle terre potenzialmente produttive tramite massicce opere di bonificazione che interessarono maggiormente il vecchio continente.

L'aumento demografico europeo fu sostenuto in maniera decisiva anche dall'importazione di prodotti agricoli soprattutto dalle Americhe, in cui venivano praticati metodi di coltivazione molto diversi da quelli europei.

In America settentrionale si praticava la cosiddetta agricoltura estensiva, basata cioè sullo sfruttamento di terreni vastissimi che, nonostante la bassa resa per ettaro, riuscivano comunque a garantire una produzione altissima.

Nelle zone dell'America meridionale, invece, la produzione avveniva tramite la coltivazione di piantagioni nelle quali poteva essere impiegata molta manodopera a basso costo; i prodotti di queste aree (come caffè e cacao) venivano in gran parte esportati in Europa, sia perché la popolazione europea li richiedeva in misura sempre maggiore e sia perché le condizioni climatiche tropicali erano le uniche che ne consentivano la coltivazione.

Le due industrie traenti della prima rivoluzione industriale, quella tessile e quella metallurgica, andarono incontro a destini differenti l'una dall'altra in termini di crescita.

La prima vide una prima fase di aumento della produttività dovuto alla sempre maggiore diffusione e perfezionamento dei telai, ma successivamente fu caratterizzata da un graduale declino dovuto essenzialmente alla concorrenza di paesi esteri che non solo erano riusciti a sviluppare una propria produzione tessile, ma questa risultava anche più efficiente in termini di costi, il che andava ad indebolire sempre più le esportazioni dei paesi europei.

L'industria dei metalli, invece, consolidò il proprio ruolo di industria traente e vide uno sviluppo notevole. Si verificarono delle innovazioni nel processo produttivo dell'acciaio che ne consentirono un impiego sempre maggiore dovuto all'abbassamento dei costi di produzione. Anche l'alluminio, la cui diffusione era inizialmente ostacolata dal prezzo molto alto, divenne sempre più accessibile grazie ad alcuni sviluppi, come la scoperta del processo elettrolitico (1886) da parte di Paul Héroult e Charles Hall, che ne fecero crollare il prezzo in modo vertiginoso. Le sue caratteristiche fisiche lo rendevano adatto agli usi più diversi e divenne perciò, insieme ad altri metalli come il rame, largamente utilizzato in molti settori industriali.

Altre industrie caratteristiche della seconda rivoluzione industriale furono quella chimica e quella elettrica, anche queste apportatrici di trasformazioni profonde.

Lo sfruttamento dei processi chimici permise la sintesi di sostanze non ottenibili direttamente dalla natura e riguardò i settori più vari, dalla produzione di concimi a quella di tessuti e dei primi materiali plastici. Prodotti come la soda, la nitrocellulosa ed i primi farmaci videro la luce nella seconda metà dell'Ottocento ed una larga diffusione nei decenni che seguirono nei più vari settori produttivi e nella vita della popolazione. Importante è parlare anche della scoperta di una nuova fonte di energia, il petrolio, la cui necessità di estrazione e raffinazione diede forte impulso alla nascita di nuove imprese e delle rivoluzioni nei processi di lavorazione della gomma (che pure portarono alla nascita di una vera e propria industria).

Un'altra pietra miliare nella seconda rivoluzione industriale fu la progressiva diffusione dell'energia elettrica nei vari settori dell'industria, nell'ambito urbano e persino domestico.

Il metodo iniziale di produzione di questa nuova forma di energia sfruttava le macchine a vapore alimentate dal carbone, un processo molto primitivo che non produceva un output quantitativamente sufficiente a soddisfarne la richiesta. La scoperta della possibilità di sfruttare il movimento dell'acqua per generare corrente elettrica costituì una vera e propria rivoluzione e consentì di aumentarne enormemente la produzione. La

conseguente ingente disponibilità che si era venuta a creare, insieme ad invenzioni come la lampada ad incandescenza, fece crescere a ritmi vertiginosi il consumo di energia elettrica, che ora veniva impiegata nell'illuminazione domestica e dei centri urbani così come nell'industria; quest'ultima, in particolare, godette di molti benefici poiché la corrente elettrica rendeva possibili nuove tecniche produttive e al tempo stesso più efficienti i processi già esistenti. L'elettricità, inoltre, era alla base del funzionamento dei nuovi sistemi di comunicazione, come il telegrafo ed il telefono, che in questo periodo videro una diffusione in tutte le aree più industrializzate del pianeta con vantaggi importanti soprattutto per i mercati finanziari. Per citare alcune statistiche, nell'arco di un ventennio il consumo di corrente elettrica a livello mondiale crebbe del 920%, passando da 50 miliardi di chilowattora nel 1918 a 460 miliardi nel 1938⁸.

Le innovazioni nel sistema di trasporti e la nascita di settori industriali e di modelli produttivi completamente nuovi cambiarono radicalmente, come è facile aspettarsi, le dinamiche commerciali, tanto a livello di commercio interno quanto internazionale.

Il dato fondamentale da sottolineare in questo senso è che nel secolo di cui stiamo trattando il benessere e le disponibilità economiche della popolazione erano generalmente aumentati, grazie alle mutate condizioni occupazionali comportate dall'industrializzazione ed alla riduzione dei costi di produzione di manufatti e prodotti finali dovuta alle innovazioni nei processi produttivi. In altre parole, la domanda interna crebbe poiché sempre meno famiglie versavano nell'indigenza ed ora potevano permettersi l'acquisto dei nuovi beni e servizi forniti dalle nuove industrie. Il risultato fu l'instaurazione di un circolo virtuoso tra consumi e produzione che accrebbe la ricchezza dei paesi.

Il commercio internazionale subì un impulso notevole in questa fase, con il continente europeo che rimase ancora l'attore fondamentale, mantenendo in attivo la differenza tra esportazioni ed importazioni (il cosiddetto saldo della bilancia commerciale).

Tuttavia, la progressiva industrializzazione dei paesi extraeuropei (le cui imprese godevano spesso di vantaggi di costo rispetto a quelle europee creando nei loro confronti una concorrenza non più sostenibile) insieme alla loro disponibilità di risorse naturali e di condizioni climatiche non presenti in Europa cambiarono i meccanismi commerciali a livello internazionale. I paesi europei importavano ora materie prime e molti prodotti alimentari dalle Americhe e dai paesi orientali, mentre esportavano verso questi ingenti

⁸ E. De Simone, *op. cit.*, p. 113.

quantità di prodotti finali, destinati al consumo, ed intermedi, che andavano ad alimentare il loro processo di industrializzazione e resero possibile la costruzione e l'ammodernamento dei loro sistemi di trasporto.

Un'altra dinamica caratteristica di questo periodo fu l'aumento degli investimenti esteri da parte dei paesi europei verso quei paesi che stavano ancora affrontando un processo di industrializzazione molto forte; questo comportò benefici per entrambe le parti: in questo modo, i primi impiegavano i propri capitali in modo più remunerativo grazie a tassi di interesse più elevati, mentre i secondi riuscirono ad ottenere i fondi necessari alla propria espansione industriale.

Gli scambi quantitativamente più rilevanti avvennero tra Gran Bretagna, Germania e Francia verso la Russia, gli Stati Uniti ed i paesi dell'America Latina.

Trasformazioni importanti riguardarono anche l'organizzazione dell'impresa.

Sebbene le imprese piccole e medie a carattere familiare non scomparvero, anzi mantennero un ruolo importante nello sviluppo economico a cavallo tra Ottocento e Novecento, esse non riuscivano ad accumulare ed impiegare le risorse finanziarie che una produzione su larga scala richiedeva, così come non riuscivano ad adottare sistemi di organizzazione della produzione efficienti ed al passo con i tempi.

Si avviò, quindi, una naturale tendenza che portò gradualmente alla nascita delle grandi imprese.

Queste solitamente nascevano grazie alla fusione tra imprese più piccole che lavoravano in uno stesso settore, processo che avveniva sia nel senso di integrazione orizzontale (cioè tra aziende che si occupavano di una stessa fase del processo produttivo) e sia di integrazione verticale a monte ed a valle (vale a dire tra imprese che si occupavano di fasi diverse nel processo di produzione di un bene, dall'approvvigionamento delle materie prime alla vendita).

L'aumento della dimensione dell'impresa stessa ne rendeva complicato il tradizionale sistema di controllo di tipo familiare, portando alla scissione tra proprietà dei mezzi di produzione e gestione dell'azienda.

I benefici della grande impresa erano indiscussi: dalla possibilità di reperire ingenti capitali e di impiegare un gran numero di lavoratori, allo sfruttamento delle economie di scala (l'abbassamento del costo unitario di produzione conseguente all'aumento della quantità prodotta) e di forme di organizzazione del lavoro più efficienti.

Sebbene i nuovi metodi produttivi caratteristici delle nuove imprese di dimensioni più grandi (come la più volte citata catena di montaggio) erano causa spesso di varie

preoccupazioni e problematiche circa le condizioni lavorative, la concentrazione degli operai in queste nuove aziende venne favorita dalle maggiori tutele sindacali che venivano offerte rispetto a quelle che riguardavano le piccole e medie imprese.

Inoltre, nonostante lo sviluppo sempre maggiore dei sistemi di trasporto che aveva reso più efficiente lo spostamento delle merci, l'ampliamento del mercato al di fuori dei confini nazionali rendeva necessaria la presenza delle aziende in varie zone del pianeta, lì dove la domanda dei propri beni prodotti era importante. Questa prima forma di globalizzazione economica favorì la nascita di imprese multinazionali che, cioè, disponevano di filiali in paesi differenti controllate in termini di strategia commerciale dall'azienda nel paese di origine.

La seconda rivoluzione industriale, rispetto alla prima, interessò un numero di paesi molto maggiore che, generalmente, conobbero una crescita economica abbastanza dinamica, seppure, ovviamente, con ritmi differenti dovuti a diversi fattori.

Sebbene lo studio della dinamica regionale del processo di industrializzazione sia fondamentale per comprendere meglio questo periodo storico, eviteremo di proporre un'analisi dettagliata che richiederebbe un discorso molto ampio ed esulerebbe dal nostro scopo di fornire un excursus storico in grado di condurci all'età contemporanea e dalla quarta rivoluzione industriale che caratterizza i giorni nostri. Ci limiteremo, pertanto, ad evidenziare le tendenze più rilevanti che interessarono i vari paesi.

La Gran Bretagna, grande protagonista della prima rivoluzione industriale, mantenne un ruolo di primo piano nell'economia europea e mondiale, tuttavia il suo tasso di crescita rallentò notevolmente a partire dalla fine dell'Ottocento in poi, venendo rapidamente raggiunto da paesi in cui l'industrializzazione fu più dinamica, come la Germania. I principali fattori di questo declino possono essere individuati in un mutato atteggiamento degli imprenditori inglesi, che mostrarono meno dinamismo ed interesse nei confronti delle nascenti industrie (il che fece rimanere indietro il paese in questi settori) e la già citata crescente dipendenza della Gran Bretagna dalle importazioni, sia di prodotti di consumo (essenzialmente alimentari) che di materie prime per la propria industria. Inoltre non bisogna dimenticare che l'Inghilterra era stato il primo paese ad industrializzarsi e questo aveva comportato alcune difficoltà relative al rinnovamento di impianti e macchinari, che nella seconda rivoluzione industriale si rivelarono tecnologicamente obsoleti. Anche lo Stato non aveva di certo facilitato il processo di industrializzazione inglese in quanto, secondo il principio liberista contrario all'intervento

dello Stato stesso nell'economia, aveva lasciato l'iniziativa economica (con tutte le sue difficoltà) ai privati.

La Francia conobbe un'industrializzazione più lenta, ma la sua crescita economica si rivelò molto stabile, grazie essenzialmente all'organizzazione dell'economia francese che ne ridusse la vulnerabilità a crisi economiche. Le grandi imprese erano poco diffuse sul territorio francese dominato, invece, da imprese di dimensioni molto più piccole e diffuse sul territorio il cui eventuale fallimento non avrebbe comportato conseguenze pesanti per l'economia nazionale. Altri fattori, come l'alto tasso di risparmio caratteristico del popolo francese (che gli consentiva di ottenere profitti dagli investimenti ed alla Francia di affrontare le conseguenze di conflitti molto lunghi), l'ampliamento della rete dei trasporti e la nascita delle prime istituzioni finanziarie moderne spinsero la crescita economica del paese, che conobbe la sua fase di massimo sviluppo nella cosiddetta Belle époque.

Nonostante alcune caratteristiche della Germania, come l'organizzazione in termini politici degli stati che la componevano, che costituivano degli ostacoli essenzialmente agli scambi commerciali, essa conobbe un alto tasso di crescita della propria economia. La costituzione dell'Unione doganale nel 1833 consentì di abbattere questi impedimenti e facilitò la costruzione di una diffusa rete di trasporti, con benefici importanti anche per l'industria. Lo sviluppo più importante interessò i settori della siderurgia, della chimica e dell'elettricità, con la nascita di numerose imprese che spesso si trasformarono in importanti complessi industriali. I fattori che consentirono la rapida industrializzazione della Germania furono numerosi, ma sicuramente da citare sono il ruolo che ebbero lo Stato e le banche. A differenza di quanto era avvenuto in Gran Bretagna, il governo tedesco diede impulso alla crescita economica del paese attraverso l'adozione di politiche protezionistiche e sostenendo la diffusione di cartelli e di pratiche commerciali come il dumping, misure tutte indirizzate allo scopo di aumentare le esportazioni. Lo Stato favorì, inoltre, la diffusione dell'istruzione della popolazione e per primo introdusse un sistema di previdenza sociale e di altre forme di assicurazione relative all'ambito lavorativo. Le banche ebbero un ruolo determinante per l'industrializzazione della Germania, in quanto costituivano i fondamentali intermediari tra i risparmi della popolazione e le necessità di capitali della nascente industria. Questa era, infatti, l'unica modalità possibile di finanziamento dello sviluppo industriale, dato che la Germania non aveva a disposizione risorse sufficienti a questo scopo. Grazie al modello delle banche miste, che concedevano prestiti sui più vari orizzonti temporali, l'accesso al credito fu

garantito praticamente a tutti e questo fu un fattore che aiutò notevolmente ogni forma di attività economica, di qualsiasi dimensione.

Il paese che conobbe la crescita maggiore furono senza dubbio gli Stati Uniti i quali, agli inizi del XX secolo, avevano addirittura superato il valore del Pil pro capite della Gran Bretagna, con un rapporto tra i due che nel 1913 si assestava al 103%⁹. I fattori che resero possibile questo sviluppo furono diversi; un peso rilevante ebbe il massiccio incremento demografico dovuto sia a cause naturali che all'immigrazione il quale fornì la forza lavoro richiesta nei più vari settori produttivi così come determinò la formazione di un grosso mercato interno. Nel periodo della seconda rivoluzione industriale la colonizzazione dei territori dell'Ovest giunse a compimento, consentendone lo sfruttamento soprattutto attraverso la coltivazione estensiva dei campi e l'allevamento del bestiame. A livello strettamente industriale, lo sviluppo portò alla nascita di grandi aziende (note con il termine inglese di corporations) la cui notevole crescita fu determinata anche dalle innovazioni in termini manageriali e di organizzazione della produzione caratteristiche del sistema americano. Si costituirono forti gruppi industriali, molti dei quali legati al settore dei trasporti, vista la necessità di creare vie di comunicazione interne efficienti. L'imponente domanda interna insieme al commercio estero furono gli elementi alla base della crescita economica statunitense. Questo periodo vide anche la nascita, in risposta alla crisi finanziaria del 1907, del Sistema della Riserva Federale, che rese il sistema bancario americano più coordinato a livello territoriale e, quindi, più efficace.

Lo sviluppo della Russia fu reso possibile essenzialmente da alcuni provvedimenti, come l'emancipazione dei servi e la riforma agraria, che le consentirono di uscire da un sistema di organizzazione sociale e produttivo arretrato. L'industria, finanziata essenzialmente dalle ingenti esportazioni di grano e da investimenti provenienti da altri paesi, crebbe a ritmi vertiginosi (circa dell'8% all'anno¹⁰). Come in Germania, lo Stato ebbe un ruolo fondamentale nello sviluppo industriale russo, giocando un ruolo fondamentale proprio nell'attrazione di capitali esteri, ed il sistema bancario contribuì a garantire la stabilità della moneta.

Anche il Giappone preindustriale possedeva una struttura sociale e produttiva abbastanza primitiva e di stampo feudale ed era isolato da un punto di vista commerciale con i paesi occidentali. Alcune riforme attuate nella seconda metà dell'Ottocento, però, rivoluzionarono questa struttura ed altri fattori contribuirono all'industrializzazione del

⁹ E. De Simone, *op. cit.*, p. 136.

¹⁰ E. De Simone, *op. cit.*, p. 144.

paese. Ancora una volta fu decisivo l'aumento demografico e l'intervento dello stato giocò anch'esso un ruolo di primo piano; fu infatti il governo centrale a promuovere la costituzione di imprese, data la mancanza iniziale di una classe imprenditoriale dinamica, che pure successivamente si formò. Gradualmente il paese si cominciò ad aprire all'Occidente sia dal punto di vista culturale che commerciale, importandone conoscenze tecnologiche preziose e garantendosi uno sbocco per le proprie esportazioni. Anche il sistema bancario fu basato su quello occidentale, con la costituzione di banche miste e la nascita della Banca del Giappone nel 1882, la quale aveva l'obiettivo di stabilizzare la moneta.

Per quanto riguarda il nostro paese, fino al Rinascimento esso aveva conosciuto un eccezionale sviluppo culturale, artistico ed economico, tuttavia dovette attendere l'inizio del 1700 per un nuovo lieve risveglio economico che rimase comunque trascurabile rispetto alle altre nazioni europee fino a dopo l'unificazione. Molti dei fattori di arretratezza di allora, ancora oggi lasciano sentire i loro effetti; fra questi di certo la natura e l'orografia del suolo che non consente trasporti agevoli, che vede poche zone pianeggianti adatte alla coltivazione intensiva, la scarsità di risorse energetiche e minerarie. Altro fattore importante a condizionare la ripresa economica italiana pre-unitaria fu la lenta crescita demografica. A tal proposito, basti pensare che fra la metà del 1700 e la metà del 1800, la forza lavoro in Inghilterra si era triplicata rispetto a quella italiana. Questo dato, unitamente alla scarsità di capitali, rendeva anche il mercato interno italiano praticamente inesistente. L'Italia dell'unificazione si presentava con un PIL di circa il 40% rispetto a quello britannico, arretrata se non inesistente nell'industria, nella agricoltura, nei trasporti e nel sistema bancario, tutto ciò mentre in altre parti d'Europa prendeva già piede la seconda rivoluzione industriale, quella delle grandi imprese e delle costose avventure imprenditoriali. Il divario italiano era molto forte anche internamente risultando le aree ad Est tendenzialmente più arretrate rispetto a quelle ad Ovest e quelle a Sud ben più arretrate rispetto a quelle poste a Nord. Esso rimase praticamente stabile a cavallo della unificazione per crescere poi in modo sostanziale dal ventennio fascista in poi, andando a riguardare non solo la geografia del Paese, ma anche aspetti quali credito, infrastrutture, istruzione e salute. Una delle tappe fondamentali della integrazione avvenne nel 1862, quando la "Lira Piemontese" divenne "Lira Italiana" e nacquero i primi veri grandi Istituti di Credito Italiani ovvero le Banche Sarda, di Napoli, di Sicilia e successivamente di Roma. Il debito pubblico viene unificato al 55% di quello del Regno Sardo e viene creato il mercato nazionale con la unificazione delle dogane.

Per dare una visione sintetica della storia economica italiana, possiamo suddividerla nei seguenti tre periodi:

- 1) dal 1861 al 1880: espansione agricola durante la quale raddoppiano le esportazioni di prodotti agricoli e cresce il terziario dei servizi;
- 2) dal 1881 al 1896: crisi agraria e espansione industriale;
- 3) dal 1897 al 1914: fase del primo sviluppo economico.

Un dato rimane emblematico e significativo: dai circa 2.800 km di ferrovie nel 1861 si passa ai circa 19.000 km nel 1914¹¹. Lo Stato divenne, cioè, protagonista dello sviluppo finanziato con fisco, debito pubblico, e vendita massiccia di beni demaniali. Il regime del “libero scambio” aveva, però, reso l’Italia dipendente da altre Nazioni con la conseguente crisi delle produzioni agricole anche causata dalla elevata pressione fiscale e dalle forti speculazioni edilizie che avevano dirottato capitali nella costruzione di nuove case provocando una massiccia crisi bancaria in seguito alla quale molte Banche fallirono e, a causa dei primi scandali, gli Istituti di emissione furono ridotti a tre: Banca d’Italia, Banco di Napoli e Banco di Sicilia. Nacque il primo vero sviluppo industriale italiano e dal 1897 l’economia italiana riprese a crescere a ritmi significativi (circa 5% all’anno da subito e poi all’1,5-2% all’anno). Il commercio estero crebbe, ma, dal punto di vista demografico, gli inizi del 1900 videro quasi nove milioni di italiani emigrare.

In sintesi, la seconda rivoluzione industriale costituì una tappa significativa nella crescita economica di molte nazioni; riportiamo di seguito una tabella riepilogativa dei tassi di crescita che riguardarono i principali paesi in questa fase storica¹².

PAESE	1820-1870	1870-1913	1913-1950
Gran Bretagna	1,3	1,0	0,9
Francia	1,0	1,5	1,1
Germania	1,1	1,6	0,2
Stati Uniti	1,3	1,8	1,6
Russia (URSS)	0,6	1,1	1,8
Giappone	0,2	1,5	0,9
Italia	0,6	1,3	0,9

¹¹ E. De Simone, *op. cit.*, p. 160.

¹² I dati sono tratti da A. Maddison, *L’economia mondiale dall’anno 1 al 2030. Un profilo quantitativo e macroeconomico*, Milano, 2008, p. 436 (tab. A.8) e da quelli pubblicati sul sito web del Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen, così come riportati in E. De Simone, *op. cit.*, p. 124.

1.3. La terza rivoluzione industriale

Il periodo compreso tra la fine della seconda guerra mondiale ed i giorni nostri vide cambiamenti nell'economia mondiale senza precedenti e molto più profondi di quelli verificatisi nei due secoli precedenti; a questo periodo ci si riferisce comunemente con l'espressione di terza rivoluzione industriale¹³ ed il suo studio è fondamentale per comprendere come si sia potuto arrivare a quella serie di ulteriori trasformazioni cui ci riferiamo con il termine Industria 4.0.

Questo fu un periodo caratterizzato da cambiamenti profondi non solo nei due settori tradizionali (primario e secondario, ossia agricoltura ed industria), ma vide la nascita e lo sviluppo di un nuovo settore, quello terziario (cioè dei servizi), che ebbe un peso sempre maggiore nell'economia mondiale e che ancora oggi è di gran lunga quello predominante.

Prima di affrontare in dettaglio, però, le attività produttive coinvolte è opportuno parlare di alcune dinamiche che hanno permesso lo sviluppo della terza rivoluzione industriale.

La crescita della popolazione mondiale fu ancora una volta un fattore decisivo e caratteristico di questa fase storica: essa è passata da 2,5 miliardi del 1950 ai circa 7,2 miliardi del 2014 grazie essenzialmente all'ulteriore riduzione del tasso di mortalità (specie di quella infantile) ed all'aumento della vita media. L'età media, tuttavia, è un elemento da considerare con particolare attenzione poiché molto variabile da una zona all'altra del pianeta: ci furono, cioè, aree con una popolazione più giovane (come quelle in via di sviluppo) ed aree con una popolazione più anziana, caratteristica delle economie avanzate e dei paesi maggiormente industrializzati. Questo ha posto e continua ancora oggi a porre una questione fondamentale da risolvere, ossia quella di garantire una condizione di benessere a tutta la popolazione, con problematiche di carattere essenzialmente previdenziale.

Le cause principali di un aumento così marcato della popolazione sono da ricercarsi nella disponibilità sempre maggiore di derrate alimentari così come nei progressi della medicina, che vide delle scoperte sempre più importanti e decisive per la cura di

¹³ Cfr.: J. Rifkin, *La terza rivoluzione industriale*, Mondadori, 2011; R. Ippolito, *La terza rivoluzione industriale*, Pacini Editore, 2016; A. Günther, *Sulla distruzione della vita nell'epoca della terza rivoluzione industriale*, in Id. (a cura di), *L'uomo è antiquato*, Torino, Bollati Boringhieri, 2007; G. Di Taranto, *Dalle infrastrutture materiali di comunicazione alle reti immateriali di connessione* in C.B. Lopez et al. (a cura di), *Vie e mezzi di comunicazione in Italia e Spagna in età contemporanea*, Rubbettino, Soveria Mannelli, 2013, pp. 477-487.

diverse patologie; tra queste vogliamo ricordare la scoperta degli antibiotici da parte di Alexander Fleming nel 1929 che contribuirono ad eliminare molte infezioni così da ridurre in modo decisivo l'impatto delle epidemie sulla popolazione.

La crescita demografica rese ancora più forti quelle tendenze di cui si era parlato relativamente al periodo della seconda rivoluzione industriale, ossia la concentrazione della popolazione nelle aree urbane e le migrazioni, sebbene entrambi i fenomeni assunsero delle caratteristiche nuove e si svolsero in maniera differente rispetto alla fase storica precedente.

Si vennero, così, a creare i primi agglomerati urbani di dimensioni davvero imponenti (come Parigi, New York o San Paolo del Brasile) con un numero di abitanti talvolta superiore ai 20 milioni. La caratteristica principale di queste nuove città fu essenzialmente la suddivisione tra zone in cui le condizioni di vita erano migliori (tipicamente quelle interne) e zone, invece, caratterizzate da condizioni decisamente peggiori, che erano di solito quelle situate nella periferia e che accoglievano i grandi flussi di spostamento dalle campagne.

Per quanto riguarda i flussi migratori, essi riguardarono in maniera importante gli Stati Uniti e l'Europa.

Per quanto riguarda i primi, alcuni provvedimenti legislativi consentirono un maggiore afflusso di persone provenienti dai paesi dell'America Latina in cerca di condizioni di vita migliori, mentre la seconda fu caratterizzata da spostamenti sia interni che da flussi migratori provenienti da altri paesi, specie asiatici ed africani.

Una tappa fondamentale fu l'istituzione della Comunità Europea e della successiva Unione Europea che crearono la possibilità di spostamento di persone e merci in modo molto più semplice tra i vari paesi che vi aderirono.

Flussi importanti in entrata caratterizzarono paesi come la Germania, che aveva visto una crescita della sua economia molto importante ed attraente per la popolazione di paesi meno floridi da un punto di vista economico. Al tempo stesso la necessità di manodopera per le occupazioni più usuranti favorì l'immigrazione dalle zone dell'Africa e dell'Asia. Altre volte la migrazione si fondò su motivazioni diverse, come la presenza di guerre. Negli ultimi anni, infatti, conflitti nelle zone dell'Africa e del Medio Oriente hanno portato a correnti migratorie importanti verso l'Europa ed in particolare il nostro paese.

Il fenomeno migratorio ebbe un'importanza talmente grande in questa fase storica da far stimare un numero di emigrati nel mondo vicino ai 200 milioni¹⁴.

Un altro fattore decisivo per le nuove trasformazioni economiche caratteristiche della terza rivoluzione industriale furono gli sviluppi nel settore dell'informatica, ossia della manipolazione e trasmissione delle informazioni.

I nuovi passi avanti nell'industria dell'elettronica consentirono la creazione di nuove macchine calcolatrici che con il passare del tempo divennero sempre più potenti e veloci nella gestione delle informazioni; i primi calcolatori (i cosiddetti mainframe) furono caratterizzati da un'evoluzione sempre maggiore che ne abbassò i costi di produzione (e quindi il prezzo di vendita finale) e ne aumentò notevolmente la potenza di calcolo in modo tale da renderne possibile la diffusione nelle più svariate attività produttive.

La diffusione delle nuove tecnologie rivoluzionò il modo di fare business, impattando sia sulla produttività dei lavoratori (che aumentò notevolmente creando anche problematiche di carattere occupazionale) e cambiando radicalmente alcune industrie come, ad esempio, quella finanziaria.

Queste importanti premesse portarono a cambiamenti radicali nei vari settori produttivi.

L'agricoltura fu interessata da un aumento della produzione dovuto all'impiego sempre crescente di prodotti chimici, che si rivelarono sempre più efficaci nella fertilizzazione del terreno e nel prevenire la diffusione di malattie nelle colture, e di macchine agricole sempre più sofisticate che riducevano di molto la necessità di manodopera ed aumentarono la produttività del lavoro. La produzione agricola fu caratterizzata da un tasso di crescita medio a livello mondiale del 2,5% all'anno¹⁵, sebbene con differenze enormi tra le varie aree del pianeta che comportarono una disponibilità in eccesso di beni alimentari nei paesi più ricchi ed una carenza di derrate alimentari nei paesi più poveri (tipicamente africani), dove la malnutrizione era ed ancora oggi è molto diffusa.

Una vera e propria rivoluzione interessò i vari settori dell'industria, la cui evoluzione era sempre più legata ai passi avanti nella scienza e nella tecnica, favoriti dalla diffusione dell'istruzione di grado superiore e della ricerca organizzata presso appositi istituti o nelle università.

¹⁴ E. De Simone, *op. cit.*, p. 208.

¹⁵ E. De Simone, *op. cit.*, p. 210.

L'industria chimica fu una di quelle che vide il maggiore sviluppo grazie alla creazione di nuovi composti e fibre sintetiche che andarono a rivoluzionare la vita quotidiana e le altre industrie. Sicuramente da citare è la scoperta delle materie plastiche con cui vennero fabbricati sempre più prodotti perché le loro caratteristiche le rendevano adatte ad un numero di ambiti molto vasto (dai rivestimenti per le automobili agli oggetti di uso quotidiano fino all'industria aerospaziale che nacque in questo periodo). La plastica si ottiene da un progressivo processo di lavorazione di composti derivanti dal petrolio e pertanto la sua massiccia diffusione comportò la crescita del settore petrolifero, dalla fase estrattiva a quella finale di ottenimento dei suoi vari sottoprodotti.

L'industria elettrica fu un'altra protagonista della terza rivoluzione industriale. La produzione di corrente elettrica, infatti, ha raggiunto e superato i 20 mila miliardi di chilowattora nel 2011, data la sua importanza sia per la vita quotidiana che per le industrie. A sua volta l'industria elettrica favorì ulteriormente lo sviluppo del settore petrolifero, dato che la quota percentuale maggiore di energia elettrica si ottiene attraverso centrali termiche che utilizzano combustibili fossili per la produzione.

L'industria metallurgica fu caratterizzata da alcune miglione ai processi produttivi che consentirono di rendere la produzione di metalli più efficiente così come di ottenere nuove leghe metalliche che pure trovarono largo utilizzo in altre industrie, come quella aerospaziale o automobilistica.

Crebbe di molto la produzione di automobili che, dagli anni Sessanta fino ad oggi, è più che raddoppiata. La vasta diffusione di questi nuovi mezzi di trasporto tra la popolazione (resa possibile dal maggior benessere economico) comportò anche l'esigenza di rinnovare la rete stradale in modo da renderla più moderna. Tutto questo comportò investimenti notevoli a vantaggio delle imprese costruttrici di queste massicce infrastrutture.

Si svilupparono in questo periodo anche le industrie aeronautica ed aerospaziale, con un incremento notevole del numero di aeroplani sfruttati sia dal punto di vista civile (per trasporto di merci e persone) che militare e la costruzione di molti aeroporti nei paesi maggiormente industrializzati. Gli importanti progressi della scienza e della tecnica hanno consentito anche la costruzione di navicelle aerospaziali in grado di uscire dall'orbita terrestre ed esplorare lo spazio.

L'aumento della produzione in quasi tutti i settori, l'enorme numero di veicoli (sia terrestri che aerei) in circolazione e le necessità della vita moderna hanno, però, generato una dipendenza sempre maggiore della società contemporanea dai combustibili fossili che

alimentano le fabbriche, i mezzi di locomozione e persino gli impianti domestici di riscaldamento. Da un punto di vista ambientale, tuttavia, il massiccio sfruttamento di queste forme di energia non è più sostenibile, come dimostrato da alcuni studi che hanno fatto emergere come l'immissione di grandi quantità di anidride carbonica nell'atmosfera ha effetti dannosi per l'equilibrio dell'ecosistema. Questa presa di coscienza ha spinto negli ultimi anni alla ricerca di metodi per ridurre questa dipendenza dalle fonti fossili e ad aumentare la quota di energia elettrica prodotta attraverso fonti rinnovabili come l'eolico, il fotovoltaico e gli impianti a biomasse. Si parla, in questo senso, di green economy.

Come abbiamo detto in apertura di paragrafo, la terza rivoluzione industriale ha portato gradualmente alla terziarizzazione dell'economia, ossia all'aumento del peso dell'industria dei servizi sul Pil di tutte le economie avanzate; attualmente, infatti, i tre quarti del Pil sono attribuibili a questa nuova industria¹⁶. I servizi riguardarono diversi ambiti, dal settore bancario e finanziario a quello dei trasporti fino al turismo.

Cambiarono anche le dinamiche commerciali all'interno delle economie avanzate, con i negozi al dettaglio che gradualmente vennero sostituiti dai grandi centri commerciali e con la nascita del commercio online, con società come Amazon che stanno completamente rivoluzionando il modo di fare shopping.

Per quanto riguarda il comparto bancario, esso vide la nascita della cosiddetta banca universale, che offriva una vasta gamma di servizi a varie tipologie di clienti (come individui, famiglie e imprese). Anche il modo di fare banca è progressivamente mutato con la recente introduzione del modello della banca online attraverso la quale il cliente può gestire da remoto il proprio conto ed effettuare moltissime operazioni, dal pagamento delle utenze ad investimenti in borsa.

La maggiore diffusione dei mezzi di trasporto ed il maggior benessere economico delle famiglie diedero impulso allo sviluppo dell'industria del turismo, anche questa appartenente al settore terziario, che vide la nascita di attività come le agenzie di viaggio. Nel 2013, per offrire una statistica relativa al fenomeno, il numero di turisti a livello mondiale aveva superato il miliardo¹⁷.

Un altro elemento caratteristico di questa fase storica fu la contrapposizione tra due modelli differenti dell'economia, quello capitalistico, diffuso soprattutto nei paesi occidentali, e quello pianificato, caratteristico di Russia e Cina.

¹⁶ E. De Simone, *op. cit.*, p. 217.

¹⁷ E. De Simone, *op. cit.*, p. 220.

In termini geografici, la terza rivoluzione industriale operò cambiamenti importanti nelle economie delle nazioni che seguirono, però, traiettorie differenti. Ci asteniamo dall'entrare nel dettaglio delle singole economie, ma la tendenza generale fu al rafforzamento delle economie avanzate (come Stati Uniti, Giappone e Germania) con paesi che, però, non furono toccati affatto dalla crescita del benessere economico, come quelli situati soprattutto in Africa, ma anche con fenomeni contrari (tipici dei cosiddetti BRICS¹⁸) come il boom della Cina che ancora oggi è in grado di produrre tassi di crescita annui largamente superiori a quelli di tutte le altre economie.

¹⁸ Il termine costituisce un acronimo dei principali paesi in via di sviluppo, ossia Brasile, Russia, India, Cina e Sudafrica.

2. COS'E' LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE?

2.1. Dai sistemi integrati ai sistemi cyber-fisici

Il termine Industrie 4.0 (noto anche come Industry 4.0¹⁹ o, in italiano, Industria 4.0) veniva usato per la prima volta nel 2011 dalla Accademia Tedesca di Scienze e Ingegneria (Acatech²⁰) per una specifica iniziativa adottata dal Governo Tedesco a novembre 2011 all'interno del più ampio "High-Tech Strategy 2020 Action Plan"²¹.

La "quarta rivoluzione industriale", o anche "Fabbrica 4.0" o "Industria 4.0", nasce quindi in Germania e prende il nome da una iniziativa promossa da Centri di Ricerca e Imprese finalizzata ad aumentare la competitività delle industrie manifatturiere tramite l'integrazione nei processi produttivi di "cyber-physical systems" (CPS).

CPS è cioè l'acronimo con cui viene indicata l'integrazione fra sistemi "fisici" (*physical*) e "macchine intelligenti" (*cyber*) che comunicano fra loro tramite la rete Internet.

Si tratta di un approccio nuovo ed altamente efficiente alla produzione di beni e servizi tramite il quale, per esempio, non solo si produce di più e con meno errori ma si possono modificare schemi e persino distinte di produzione a seconda degli input esterni; una rivoluzione, peraltro, che da allora ha inciso in modo sostanziale non solo rivoluzionando l'attività manifatturiera, ma, in generale, impattando sull'intero tessuto economico toccandone tutti i settori come materiali innovativi, approvvigionamento e nuovi impieghi delle materie prime, produzione, approvvigionamento e uso dell'energia, servizi alle imprese (es. logistica, design e ingegneria, ICT, marketing, comunicazione, servizi di consulenza tecnico-professionali), servizi ai consumatori (es. canali di vendita, assistenza post vendita) fino alla fruizione della cultura e al turismo, settori, questi ultimi due, non secondari per dimensioni ed implicazioni.

L'identificazione di tale fenomeno col solo termine di rivoluzione industriale appare, pertanto, riduttiva in quanto le componenti in gioco interessano non solo l'intero tessuto economico, ma l'umanità nella sua globalità. Il locale, cioè, diventa globale e viceversa ("glocal"). Ogni distanza si annulla e l'accesso alla informazione diventa

¹⁹ Per approfondimenti vedi: K. Schwab, *La quarta rivoluzione industriale*, FrancoAngeli, 2016; A. Gilchrist, *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress, 2016; G. Cristoforetti, G. Lodi, *Human Revolution: Quarta rivoluzione industriale e innovazione sociale*, Imprimatur editore, 2017.

²⁰ <http://www.acatech.de/>

²¹ "The new High-Tech Strategy Innovations for Germany" - <https://www.bmbf.de/>

capillare nel contesto della cosiddetta “*economia della conoscenza e della società dell'informazione*”, in cui tutto deve essere “*smart*” ed alla portata dello “*smart*”phone, dalla mobilità al lavoro in fabbrica, dal business alla fruizione delle città, dal tempo libero alla sanità, coinvolgendo in definitiva ogni quotidiana interazione dell'individuo nei vari contesti della propria esistenza.

Si tratta, pertanto, di un fenomeno di portata molto vasta, con forti implicazioni e tensioni culturali, etiche, psicologiche ed antropologiche derivanti non solo dalle ovvie conseguenze sull'occupazione, sui consumi e sull'ambiente ma, addirittura sulla stessa struttura psicologia dei singoli e delle comunità.

Questi fattori, insieme ad altri come ad esempio la finanza, creano scenari da affrontare mediante approcci innovativi da parte di una nuova “*classe manageriale competente*” e “*classe politica cosciente*” sia a livello locale che internazionale nelle varie esigenze di governo e nella gestione del cambiamento.

La data d'inizio della quarta rivoluzione industriale di fatto non è ufficialmente identificata e concordemente definita, sebbene il termine “*Industrie 4.0*” venne nominato per la prima volta alla Fiera di Hannover, come già detto, nel 2011 in Germania.

Con *Industry 4.0* si intende, in particolare, l'applicazione alla produzione industriale dell'*Internet of Things* (IoT), ottenuta implementando una forte integrazione “di parti del mondo fisico” e realizzando la loro interazione tramite sistemi intelligenti e dialoganti per il tramite della rete intranet-internet²².

Questa integrazione si realizza attraverso “un sistema nervoso” composto fra l'altro di sensori installati sulle macchine i quali permettono la connessione in rete continua delle stesse e realizzano la possibilità di una produzione auto-controllata sulla base di opportuni input provenienti dal sistema medesimo e dal mondo esterno.

Le innovazioni alla base della manifattura 4.0 derivano da una integrazione sempre maggiore nella produzione industriale di nuove logiche e servizi sfruttando varie tecnologie tra cui:

1. macchine e tecniche innovative come la stampa 3D e 4D, che permettono di realizzare in modo semplice e veloce prodotti anche in piccole serie;

²² Con il termine “intranet” si intende una rete di comunicazione interna ad una determinata struttura, come ad esempio un'azienda, che risulta, pertanto, chiusa rispetto all'accesso dall'esterno. Il termine “internet”, invece, si riferisce alla rete globale cui ognuno può accedere, non essendo caratteristica di un contesto specifico.

2. big-data e Open System. L'analisi di grandi quantità di informazioni con strumenti e metodologie innovative, permette di configurare, riconfigurare e personalizzare il processo produttivo;
3. Internet of Things (IoT-internet delle cose) che permette di connettere uomini, oggetti e macchine alla rete internet per consentire lo scambio sempre più veloce e integrato di informazioni sui prodotti e sul funzionamento dei macchinari.
4. Cloud Manufacturing (ovvero manifattura basata sulla “nuvola”), uno strumento di gestione, controllo e accesso on demand allo spazio, agli oggetti ed alle persone che compongono le varie “isole” della catena di produzione e non solo;
5. CBS (*Computer Business System*), ovvero pc-network che collegano fra loro le macchine della fabbrica in modo da generare flessibilità nella produzione, personalizzazione di prodotto ed ottimizzazione dei processi attraverso ricalibrazione automatica;
6. utilizzo di “robot” e “cobot” (*collaborative robot*) che sostituiscono ed integrano il lavoro manuale creando una automazione avanzata specie nelle funzioni più pesanti e ripetitive come assemblaggio e montaggio;
7. Wearable Devices, ovvero utilizzo di sensori e attuatori incorporati con capacità di connettersi ad internet al fine di comunicare e scambiare informazioni per migliorare l'intero processo produttivo.

Queste sono alcune delle cosiddette “*tecnologie abilitanti*” (v. fig. 1²³).



Figura 1

²³ <https://www.industriaitaliana.it/calenda-e-industry-4-0/>

2.2. Le tecnologie abilitanti

Le “tecnologie “abilitanti” sono ormai divenute strumenti dai quali le imprese non possono prescindere. In questa sezione tratteremo alcune di tali tecnologie alla base del Digital Manufacturing, quelle che meglio rappresentano il motore della Fabbrica 4.0.

Esse sono riepilogate nell’elenco qui di seguito:

1. Stampa in 3D e 4D;
2. Internet Of Things (IoT);
3. Big Data e Cloud Computing;
4. Robot e Cobot (Robotica collaborativa).

Ognuna di queste tecnologie offre alle aziende potenzialità e contributi diversificati, ma tutti orientabili alla creazione di un nuovo modello di fabbrica.

Non è ancora stata individuata o forse non esiste “*l’innovazione simbolo*” della quarta rivoluzione industriale ma di certo la definizione caratterizzante di quest’ultima ormai universalmente riconosciuta è “*interconnessione*”.

2.2.1. La stampa in 3D e in 4D

Uno dei simboli della produzione 4.0 è la stampa in 3D e in 4D²⁴.

Il processo, che utilizza tecniche additive per creare qualsiasi tipo di oggetto, consiste nel progettare l’oggetto medesimo tramite appositi software per poi “stamparlo” fisicamente con l’uso di apposite stampanti 3D.

Se l’oggetto viene stampato con materiali con proprietà “sensibili alla variazione di particolari condizioni nel mondo esterno” si parla di stampa 4D in quanto il prodotto risultante è in grado di cambiare alcune sue caratteristiche, come la forma, proprio in funzione di stimoli ricevuti all’ambiente circostante.

Le stampanti 3D e 4D utilizzano diverse tecniche di produzione:

- 1) sinterizzazione laser selettiva che riscalda e modella polveri metalliche o sostanze termoplastiche per creare il prodotto;
- 2) modellazione a deposizione fusa che utilizza filamenti di materiali plastici e/o metallici riscaldati e depositati in modo da ricreare nella realtà il progetto digitale;

²⁴ <https://www.sharemind.eu/>. D.Sher, D. Marinoni, *Stampa 3D: Tutto quello che c' e' da sapere sull' unica rivoluzione possibile*, HOEPLI, 2015

3) taglio laser, tecnica utilizzata prettamente in campo industriale per la laminatura degli oggetti con l'ausilio di un laser che intaglia le sezioni che successivamente verranno posizionate e ricomposte in modo da creare l'oggetto.

Una particolare stampante 3D degna di citazione è stata realizzata dalla EKOCYCLE che, in collaborazione con 3D Systems, ha creato "3D Cube²⁵", stampante che utilizza cartucce di plastica riciclata.

Uno degli strumenti fondamentali di questa nuova tecnologia è lo scanner 3D, strumento utilizzato per riprodurre un oggetto "copiandolo" da uno già esistente.

Proprio questa sua proprietà intrinseca ne rende indispensabile l'utilizzo specie nelle fasi di progettazione e miglioramento di prodotto mentre le stampanti 3D e 4D vere e proprie forniscono una alternativa alla produzione anche in piccola serie.

La stampa 3D dalla metà degli anni '80 del secolo scorso ha subito un processo evolutivo che ha permesso di ampliarne le opportunità di utilizzo consentendo la produzione di oggetti sempre più grandi e di aumentare la possibilità di scelta dei materiali utilizzabili.

La tecnologia si è evoluta inoltre anche a livello di precisione, velocità di produzione e costi di investimento, divenendo di fatto un valido sostituto alle tecnologie tradizionali in numerosi contesti produttivi.

Le metodologie di stampa 3D e 4D presentano peculiarità che ne determinano vantaggi e svantaggi per cui è necessaria una preventiva analisi delle diverse tecnologie a disposizione al fine di individuare il processo ottimale sulla base della tipologia di produzione.

Il processo di realizzazione di oggetti con l'ausilio della tecnologia di stampa in tre dimensioni prevede sempre e comunque tre fasi²⁶:

1. Modellazione.
2. Slicing.
3. Stampa.

La "modellazione" consiste nella fase di acquisizione (da progetto o tramite scanner 3D) dei dettagli dell'oggetto da stampare su un software CAD (acronimo di "Computer Aided Design") dedicato alla modellizzazione in 3D ottenendo un file di tipo vettoriale

²⁵ <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2014/sep/18/cola-cola-3d-printing-filabot-reprap-plastic-recycling-black-eyed-peas>

²⁶ <http://www.stampa3dstore.com/>

tramite cui sarà possibile apportare, se necessario, modifiche, miglioramenti e personalizzazioni al progetto iniziale.

La fase di “*slicing*” consiste nella suddivisione in strati del modello virtuale precedentemente creato da CAD. Da tale attività deriva in output un driver software in formato compatibile con la specifica stampante in uso che la stessa potrà utilizzare per creare in successione (appunto “*per strati*”) l’oggetto atteso.

Infine la fase di “*stampa*”, che allo stato attuale può avvenire tramite quattro metodologie:

- Estrusione.
- Fotopolimerizzazione.
- Tecnologie granulari.
- Laminazione.

L’**estrusione** è tecnologia la più diffusa e utilizzata soprattutto dagli utilizzatori “*entry-level*” in quanto di facile implementazione.

Il processo di stampa si effettua depositando un filo di materiale semi-liquido, secondo il modello CAD, in vari strati successivi e progressivi, per mezzo di un ugello riscaldato (detto appunto estrusore).

Questa tecnologia è anche conosciuta come “*Fused Deposition Modelling*” (FDM) e viene utilizzata soprattutto per la produzione di stampi, strumenti, oggettistica varia ed anche di prodotti alimentari, specie nella pasticceria.

Essa consente l’utilizzo simultaneo di più materiali, una robustezza finale maggiore rispetto alle altre tecniche, genera superfici degli oggetti non sempre lisce, con possibili imperfezioni e a rischio deformazione. Ha elevati tempi di stampa.

I materiali utilizzabili sono: ABS, PLA, policarbonato, polimeri vari, cemento, ceramica, legno ed anche ingredienti alimentari come cioccolato e zucchero.

La **fotopolimerizzazione** consiste nella solidificazione di un polimero liquido attraverso l’esposizione alla luce di un proiettore o di un laser e permette di costruire forme geometriche complesse, anche in alta risoluzione, con un alta velocità di stampa e sfridi ridotti.

Questa tecnica viene utilizzata soprattutto in ambito medico/odontoiatrico e in ambito industriale per la produzione di stampi.

Tecnologie granulari. Un approccio diverso alla stampa 3D è costituito dalla fusione selettiva di materiali originariamente depositati su un letto granulare. Con questo

metodo vengono progressivamente fuse solo alcune zone del livello di interesse nell'area di lavoro.

Quindi l'area di azione viene spostata aggiungendo un altro strato di granuli e ripetendo il processo fino al completamento dell'intero modello. Per la sinterizzazione dei granuli di composto viene generalmente utilizzato un raggio laser.

Infine le tecniche di **laminazione** (Laminated Object Manufacturing) che consistono nella sovrapposizione di fogli di materiale i quali vengono successivamente intagliati e formati. Si caratterizza per l'utilizzo di materiali a basso costo spesso riciclati, offre la possibilità di riciclo dello scarto e consente una ampia gamma di colorazioni dei prodotti finiti.

Le metodologie di stampa 3 e 4 D permettono la realizzazione di sistemi e parti di sistemi in multi-materiale e pezzi unici, senza bisogno di successivo assemblaggio e che possono contenere al loro interno parti elettriche, sensori e batterie.

Essa viene attualmente utilizzata in contesti produttivi nei quali occorre ridurre i costi, realizzare prodotti con caratteristiche uguali o superiori rispetto a quelli ottenibili con le tecnologie tradizionali, ottenere standard qualitativi unici non altrimenti ottenibili con tecniche tradizionali (per es. produzione di protesi ortopediche e la produzione di componenti per auto e moto da competizione).

Tali tecniche consentono di modificare il design migliorando le caratteristiche di base dell'oggetto (es. realizzazione di componentistica avanzata per il settore aeronautico) e di "immagazzinare file" al posto di prodotti consentendo una riduzione del capitale immobilizzato e di tutti quei costi legati alla gestione del magazzino (l'esempio caratteristico è quello della produzione di ricambi su richiesta appunto nel settore aeronautico).

Consente inoltre di far fronte all'improvvisa ed imprevista mancanza di componenti per la produzione in linea confermando ancora una volta che il modello del Just in Time è tutt'ora lo standard di riferimento, di re-ingegnerizzare pezzi intrinsecamente più efficienti e di fatto più costosi, ma che consentono di mantenere se non aumentare la produttività degli impianti industriali esistenti. Ed ancora agevola le fasi di prototipazione (aerospaziale, automotive, biomedicale, packaging, gioielleria) in tutti quei settori in cui non sono determinanti le economie di scala ma fattori critici di successo sono agilità e rapidità di risposta.

Infine permette l'utilizzo di nuovi materiali e nei suoi sviluppi successivi in teoria potrebbero disincentivare il fenomeno della delocalizzazione delle imprese in quei paesi emergenti dove il costo del lavoro risulta inferiore.

2.2.2. Internet Of Things (IoT)

L'Industria 4.0 sta alla produzione industriale come l'Internet of Things²⁷ sta al nuovo vivere quotidiano in cui qualsiasi cosa, dalle auto ai frigoriferi passando per i semafori, sarà connessa ad Internet.

Il termine "Internet of Things" venne usato per la prima volta da un ricercatore del MIT (Massachusetts Institute of Technology) - Kevin Ashton²⁸ – per dare un nome alla interconnessione di oggetti fisici tramite la rete internet.

Da allora quella che sembrava semplicemente una "buona idea", si è trasformata in un insieme di tecnologie innovative trovando sempre più largo consenso e generando significative occasioni di sviluppo.

Nel mondo gli oggetti dotati di una propria "identità elettronica" e connessi attraverso queste nuove tecnologie sono ormai numerosissimi, anche se il fenomeno e le sue potenzialità ancora non sono ben compresi.

In ambito di realtà aumentata (AR), una delle tecnologie alla base di questa nuova rivoluzione industriale, un prodotto particolarmente interessante è stato tempo fa realizzato da Google: si tratta dei "Google Glass²⁹", occhiali che, tramite una combinazione un proiettore e di normali lenti sulle quali vengono ricreate sia le immagini inquadrando sia informazioni aggiuntive riguardanti ciò che in quel momento il soggetto sta inquadrando, permettono di vivere il mondo circostante in modo del tutto nuovo. Fra le molte capacità integrate in questi speciali occhiali ci sono le stesse funzionalità di uno smartphone, come navigare in internet, gestire i social network, realizzare videochiamate o scattare fotografie. I "Google Glass", inoltre, rispondono ai comandi vocali e possono essere controllati attraverso un touchpad.

²⁷ Per approfondimenti vedi: S. Greengard, *The Internet of Things*, MIT Press, 2015 ; B.K. Tripathy, J. Anuradha, *Internet of Things (IoT)*, CRC Press, 2017; R. Buyya, A.V. Dastjerdi, *Internet of Things*, Elsevier, 2016.

²⁸ http://ethw.org/Kevin_Ashton

²⁹ <https://www.wired.com/story/google-glass-2-is-here/>

Anche in Italia la conoscenza dell'Internet of Things non risulta particolarmente approfondita, questione che comunque non impedisce significativi trend di crescita nell'ambito dello sviluppo digitale dell'intero Paese di questo specifico mercato.

I dati dell'ultimo "Osservatorio IoT³⁰" della School of Management del Politecnico di Milano non lasciano spazio a impressioni negative in tal senso: mercato a quota 2,8 miliardi di euro nel 2016, il 40% in più rispetto all'anno precedente, con una spinta sia dalle applicazioni consolidate che sfruttano la connettività cellulare (1,7 miliardi di euro in aumento del 36%), sia da quelle che utilizzano altre tecnologie (1,1 miliardi di euro, +47%).

I numeri dell'Osservatorio segnalano dunque dati di crescita rilevanti, in linea se non superiori a quella di altri Paesi occidentali.

In larga parte, sottolineano gli esperti del Politecnico di Milano (Polimi), l'ottimo risultato deriva dalle applicazioni consumer e da obblighi di Legge come ad es. quelli relativi allo "smart metering gas", che impongono alle utility di mettere in servizio almeno 11 milioni di contatori intelligenti entro la fine del 2018. Tuttavia, fa notare il rapporto, anche depurando il valore del mercato IoT dagli effetti delle normative, nel 2016 si evidenzia comunque una crescita di tutto rispetto, di oltre il 20% in tutti quei settori tipicamente "consumer". Dietro la componente dei contatori intelligenti si piazzano le smart car connesse circolanti con 7,5 milioni di auto e le applicazioni smart building per gli edifici, legate soprattutto alla sicurezza.

A sostenere la crescita del mercato l'aumento del numero di oggetti online: "in Italia sono già 14,1 milioni quelli connessi tramite rete cellulare (+37%), senza contare gli oggetti che sfruttano altre tecnologie di comunicazione, come appunto i 36 milioni di contatori elettrici connessi tramite PLC (Power Line Communication), gli 1,3 milioni di contatori gas che comunicano tramite radiofrequenza e i 650 mila lampioni per l'illuminazione intelligente connessi tramite PLC o radiofrequenza³¹".

Per tale motivazione sembra arrivato il momento di andare oltre il livello attuale di pura e semplice "messa in connessione di oggetti" per spostare l'attenzione verso i servizi. Ad esempio, l'auto connessa può abilitare nuovi servizi per la sicurezza, la manutenzione, la navigazione, il risparmio energetico e la mobilità condivisa. I dispositivi della "smart home" possono abilitare nuovi servizi di monitoraggio dei consumi energetici oppure per

³⁰ https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/osservatori/internet-of-things

³¹ Camera Valdostana, *Piano da 50 miliardi per la rivoluzione digitale*, 27 aprile 2016, consultabile: www.ao.camcom.it/piano-da-50-miliardi-per-la-rivoluzione-digitale.aspx?ric=alcotra--0----0-0-0--0--.

prevenire tentativi di infrazione. In fabbrica il monitoraggio degli impianti produttivi potrà consentire nuove logiche di manutenzione predittiva e addirittura il pagamento dei macchinari in base al loro effettivo utilizzo, per non citare altri settori come agricoltura e commercio.

Anche i risultati del recente studio Assinform (“Il Digitale in Italia 2017”)³² non lasciano dubbi al riguardo. Il Mercato Digitale Italiano si è rimesso in moto con tassi di crescita in costante miglioramento almeno sino al 2019 sulla spinta dei processi di trasformazione digitale in tutti i principali settori. I tassi di crescita medi annui stimati tra il 2016 e il 2019 sono del 4,4% ogni anno nell’industria (dai 7.044 milioni di euro, +2,4%, del 2016), del 4% nelle Banche (dai 6.813 milioni di euro, +3,5%, del 2016), del 4,5% nelle Utility (dai 1.576 milioni di euro, +3,5%, del 2016), del 4,2% nelle Assicurazioni (dai 1.800 milioni di euro, +3,7%, del 2016), del 3,6% nei Trasporti (dai 2.209 milioni di euro, +2,5%, del 2016), del 4,7% nella Distribuzione (dai 3.991 milioni di euro, +3,5%, del 2016). Tutti i settori sono interessati da dinamiche di sviluppo incoraggianti tranne la PA, in cui la spesa in digitale è significativamente calata ad esclusione della Sanità che, invece, promette un tasso medio annuo di crescita del 3% circa.

Le maggiori società di ricerca di respiro internazionale, sostengono che si arriverà a ben oltre 25 miliardi di apparati IoT entro il 2020 e questo senza ombra di dubbio rappresenta una straordinaria opportunità di business globale per tutti gli operatori del settore.

Crescendo infatti la diffusione di sensori e apparati interconnessi, cresce ancora più la mole di dati rilevati e da gestire; ma disporre di più dati fa crescere il numero delle nuove applicazioni potenzialmente sviluppabili alimentando così un circolo virtuoso apparentemente inarrestabile.

In base alle analisi condotte, i contesti economici che produrranno il maggior valore aggiunto sono quelli caratterizzati da attività ripetitive, come ad esempio la logistica, la produzione, la distribuzione, la gestione di infrastrutture e di risorse cosa che conferma che le occasioni più interessanti di investimento si avranno proprio nell’industria 4.0.

IoT apre infine ulteriori prospettive anche in ambito dei sistemi informativi aziendali.

³² http://www.assinform.it/rassegna_stamp/comunicati-stampa/assinform/presentato-il-rapporto-assinform-il-digitale-in-italia-2017.kl - <https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/il-digitale-in-italia-2017/>

Questi dispositivi ed oggetti connessi possono tra l'altro collegarsi a software di analisi e trasmettere grandi quantità di dati (Big Data) ed informazioni circa le esigenze dei consumatori attingendo direttamente dalla vita reale degli stessi.

Le aziende moderne (smart factory) non stanno solamente riprogettando nuove catene di produzione ma stanno implementando reti intelligenti connesse tra le macchine e l'“Umanità”, macchine che pertanto potranno consentire di produrre di più, con meno errori, provvedere autonomamente alla modifica degli schemi di produzione a seconda degli input dei Clienti (il Cliente ordinerà direttamente in fabbrica potendo seguire in successione su un cruscotto le fasi di produzione del suo prodotto personalizzato) e nel frattempo mantenere anche un alto livello di efficienza nell'uso delle materie prime e delle risorse energetiche.

Come già accennato, infatti, un enorme capitolo di sviluppo che lascia intravedere chiaramente la reale importanza del fenomeno dell'IoT è rappresentato dalla nuova idea di un “design orientato ai servizi” e fortemente personalizzato.

I consumatori in prima persona potranno cioè incidere direttamente sulle attività in fabbrica per acquisire oggetti non più selezionati semplicemente da un catalogo ma scegliendo fra una serie di opzioni che andranno a impattare realmente sui processi in fabbrica, questione che apre enormi opportunità per i nuovi modelli di business.

Sfruttare nel modo più completo possibile tutti i vantaggi dalla quarta rivoluzione industriale richiederà un'intensa collaborazione tra aziende e centri di ricerca al fine di identificare piattaforme e linguaggi comuni che permettano realmente alle “macchine di capirsi” e di interagire in maniera coerente oltre i propri confini.

Questo è uno dei nodi cruciali per la diffusione massiccia dei sistemi cyber-fisici come cruciali sono tutte le tematiche legate alla trasmissione ed elaborazione di quei dati dai quali estrarre informazioni particolarmente sensibili, questione quest'ultima che pone seri interrogativi circa la corretta implementazione della privacy in ambito IoT, la trasparenza nel trattamento dei dati personali specie sensibili oltre che, in generale, su tutte le questioni di sicurezza anche nazionale.

2.2.3. Big Data e Cloud Computing

La rivoluzione “*big data*”, “*cloud computing*” e “*open data*”, avrà significativi effetti sulle attività economiche, nella ricerca ed in ogni campo delle attività umane,

creando una “*data driven economy*”, una nuova economia digitale trainata dall'informatica, dalla raccolta e elaborazione dati e dall'automazione³³.

Il crescente utilizzo fino al livello predittivo di moli di dati di grandi dimensioni, ha dato e darà origine a nuove opportunità in molti campi, da quello sanitario, assicurativo, bancario, dei media, delle telecomunicazioni, al commercio ed alla manifattura 4.0, fornendo report e indicazioni utili al processo decisionale per una rapida e capillare risposta al cambiamento economico del mercato e delle imprese.

In ogni contesto, manifestazione, forum, evento, altro termine di cui si parla spesso è “**big data**” ma anche qui, molto spesso, ci si accorge che si usa questa espressione non ne conosce fino in fondo il significato. Per questo appare lecito domandarsi cosa realmente si intenda per “big data”, perché questo termine sia diventato così ricorrente nelle questioni di marketing e ICT e perché essi rappresentino una concreta possibilità di sviluppo.

“È importante iniziare con il dire che lo stesso termine “big data” è fuorviante.

La traduzione “grandi (o grossi) dati”, infatti, fa pensare ad una enorme quantità di dati disponibili in diversi settori e porta a concludere che per “rivoluzione big data” si intenda l'insieme ancora inesplorato delle opportunità offerte dall'avere così tante informazioni al servizio del business, conclusione vera solo in minima parte.

La quantità di dati oggi generati dai telefoni, alla carte di credito usate per gli acquisti, dalla televisione, dai computer, dalle infrastrutture intelligenti delle città, dai sensori montati sugli edifici, sui mezzi di trasporto pubblici e privati, ... è effettivamente incredibile tanto che tutte le informazioni accumulate solo nel corso degli ultimi due anni ha superato l'ordine dei ZettaByte (ZB: il prefisso “zetta” deriva dal termine greco “sept” e indica la settima potenza di 1000).

Peraltro esistono settori dove i dati, per quanto ve ne siano davvero in quantità, non sono resi sempre disponibili ovvero, se pur disponibili, non lo sono per tutti in quanto in molti casi essi non vengono integralmente condivisi³⁴.

La vera rivoluzione offerta dai “big data” deriva quindi dalla capacità di raccogliere, condividere, selezionare, aggregare tutte le informazioni utili per elaborare, analizzare e trovare soluzioni nuove a vecchie e nuove tematiche tramite algoritmi capaci

³³ C. Catlett, W. Gentsch, L. Grandinetti, *Cloud Computing and Big Data*, IOS Press, 2013; M. Zongmin, *Managing Big Data in Cloud Computing Environments*, IGI Global, 2016.

³⁴ <http://www.cloudtalk.it/big-data-esempi/>

di trattare tante variabili in poco tempo e con risorse computazionali comunque limitate in relazione alla mole di input.

Questi sono i “big data” che acquistano valore nella capacità di collegamento delle informazioni per rendere un approccio visuale ai dati, suggerendo pattern e modelli di interpretazione fino a ora inimmaginabili, utili nei settori e nei business più disparati, dalle automobili, alla medicina, dal commercio all’astronomia, dalla biologia alla chimica farmaceutica, dalla finanza al gaming.

Di conseguenza, nuove professionalità (es. “*business intelligence management*” e “*data scientist*”) si affacciano sul mercato del lavoro per guidare sia le aziende nella valutazione del quadro macroeconomico in cui realizzare investimenti e trarre profitto, nella individuazione di nuovi modelli di business sia le pubbliche amministrazioni nella gestione delle informazioni di pubblica utilità e di sicurezza.

“E questa rivoluzione tocca le vite di ogni singola persona.

In ambito marketing, l’uso dei “big data” è fondamentale per la costruzione dei così detti “*metodi di raccomandazione*”, come quelli utilizzati da Netflix e Amazon per fare proposte di acquisto sulla base degli interessi di un cliente rispetto a quelli di milioni di altri. Tutti i dati provenienti dalla navigazione di un utente, dai suoi precedenti acquisti, dai prodotti valutati o ricercati, permettono ai colossi del commercio (elettronico e non) di suggerire i prodotti più adatti agli scopi del cliente, quelli che solleticano la sua curiosità e lo spingono a comprare per necessità momentanea, permanente o per semplice impulso.

Appartenenti ai “big data” sono gli algoritmi che riescono a predire, per esempio, se una donna è incinta, tracciando le sue ricerche sul web e gli oggetti acquisiti in precedenza. Una volta individuato il particolare stato, alla potenziale cliente vengono proposte offerte speciali e coupon su prodotti inerenti proprio al suo stato.

Con l’aiuto dei “big data”, le stesse società emittitrici delle carte di credito hanno individuato delle associazioni inusuali per valutare il rischio finanziario di una persona. Secondo alcune ricerche di data mining (il processo, cioè, di analisi dei dati con l’obiettivo di ricavarne informazioni utili in un contesto di business), infatti, le persone che comprano i feltrini per i mobili rappresentano i clienti migliori per gli istituti di credito, perché più attenti e propensi a colmare i propri debiti nei tempi giusti.

Nella sfera pubblica le applicazioni per i “big data” sono innumerevoli e estremamente varie:

1. dispiegamento delle forze di polizia in luoghi dove i reati hanno una maggiore probabilità di verificarsi;

2. studio delle associazioni tra la qualità dell'aria e la salute;
3. analisi genomica per migliorare la resistenza alla siccità delle colture;
4. creazione di modelli sulla base dei dati provenienti dagli esseri viventi per la cura di malattie.

Per fare un ultimo esempio, nel lontano 2008 Google, in concomitanza dell'avvio del progetto “*Mountain View*³⁵”, analizzando “*gli insiemi dei termini di ricerca*” digitati dagli utenti sul proprio motore, era riuscito a prevedere l'avanzamento dei focolai di influenza nei territori degli USA più velocemente di come lo stesso Ministero della Salute non fosse riuscito a fare utilizzando i record di ammissione ospedaliera provenienti dalle strutture sanitarie pubbliche e private³⁶”. Purtroppo proprio la medicina rappresenta il campo dove forse c'è il maggior spreco di dati e le più alte barriere al loro utilizzo (privacy) con le peggiori conseguenze: nonostante esistano i mezzi tecnologici, ogni giorno continuano a morire milioni di persone, anche perché i dati non vengono condivisi e sfruttati.

Il “**cloud computing**”³⁷ (v. fig. 2) indica l'insieme delle tecnologie che consentono di memorizzare, archiviare ed elaborare dati grazie all'utilizzo di risorse hardware e software distribuite in rete fornendo così una risposta alla crescente domanda di risorse informatiche ad elevata potenza di archiviazione e di calcolo. I fornitori e le società che offrono queste possibilità tramite la rete sono definiti come “provider”.

Possiamo definire questa come una tecnologia che consente di usufruire, tramite server remoto, di risorse software e hardware, il cui utilizzo è offerto come servizio da un provider, quasi sempre in abbonamento. Il cloud computing è quindi un sistema per erogare potenza di elaborazione, archiviazione (storage), database, applicazioni e altre risorse IT on demand tramite una piattaforma di servizi cloud via Internet con tariffe a consumo.

³⁵ <https://assodigitale.it/google-nuovo-campus-mountain-view/>

³⁶ <http://www.cloudtalk.it/big-data-esempi/>

³⁷ <https://www.bvp.com/cloud-computing>

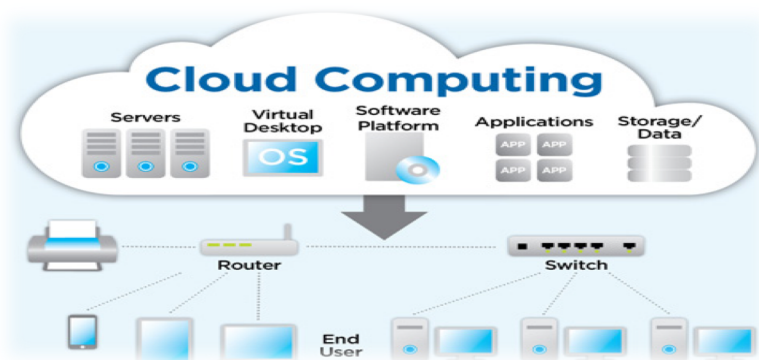


Figura 2

Indipendentemente dalla finalità d'uso, che sia l'esecuzione di applicazioni per la condivisione di foto tra milioni di utenti di dispositivi mobili o il supporto di operazioni aziendali anche critiche, una piattaforma di servizi cloud fornisce accesso rapido a risorse IT flessibili e a basso costo. Con il cloud computing non è necessario effettuare grandi investimenti in infrastruttura hardware o dedicare molto tempo a impegnative attività di gestione dell'hardware. Al contrario, è possibile effettuare il provisioning delle risorse di elaborazione in base a esigenze specifiche.

Al giorno d'oggi praticamente quasi tutti usiamo un servizio di cloud computing quando mandiamo una email, guardiamo un film in streaming, ascoltiamo una canzone oppure archiviamo le nostre foto.

Il cloud computing ha iniziato a svilupparsi una decina di anni fa e sta rivoluzionando molti comportamenti delle aziende, sia delle più grandi che delle PMI.

Ci sono diversi vantaggi che stanno spingendo sempre più a dotarsi delle soluzioni di cloud computing, primi fra tutti i bassi costi di gestione. Con questa tecnologia non è più necessario acquistare costosi programmi software o l'hardware di ultima generazione. E non occorrono nemmeno avere grandi server per la memorizzazione dei dati, server che, tra l'altro, vanno tenuti accessi 24 ore su 24 con dispendio di energia e che vanno gestiti da personale IT dedicato. Il cloud computing è veloce, versatile ed aumenta la produttività.

Infine, questa tecnologia ha prestazioni sempre elevate e, soprattutto, consente di aumentare gli aspetti legati alla sicurezza in quanto, grazie ai backup continui, è possibile recuperare i propri dati in seguito ad eventi accidentali oppure avere elevate protezioni contro attacchi hacker.

In sintesi sono sei i principali vantaggi offerti dal cloud computing:

1) Costi variabili anziché investimenti in conto capitale. Invece di effettuare notevoli investimenti in data center e server, è possibile pagare solo l'utilizzo delle risorse di elaborazione necessarie e per la quantità effettivamente utilizzata.

2) Economie di scala elevate. Con il cloud computing, è possibile sostenere un costo variabile inferiore rispetto a quello richiesto per la gestione di una infrastruttura locale. Poiché l'utilizzo delle risorse da parte di numerosi clienti è concentrato nel cloud, i provider possono ottenere economie di scala maggiori. Tutto questo si traduce in tariffe al consumo inferiori.

3) Niente più studi e programmi sulle risorse necessarie, non occorre formulare ipotesi sui requisiti di capacità della infrastruttura IT. Con il cloud computing, questi problemi vengono risolti a monte. È possibile accedere esattamente alle risorse necessarie, aumentando e diminuendo la capacità praticamente in tempo reale.

4) Aumento di velocità e agilità. In un ambiente di cloud computing, le nuove risorse IT sono “a portata di clic”. Il tempo necessario per rendere disponibili tali risorse agli sviluppatori è infatti notevolmente ridotto e questo ha un effetto molto positivo sull'agilità dell'organizzazione poiché tempi e costi per le varie attività diminuiscono significativamente.

5) Niente costi di gestione e manutenzione di data center. Tutta l'attenzione può essere concentrata sui progetti strategici dell'azienda e non più sull'infrastruttura. Il cloud computing offre infatti l'opportunità di dedicarsi al core-business anziché alla gestione dei dispositivi hardware e al funzionamento dei server.

6) Disponibilità globale. È possibile implementare con facilità un'applicazione in più aree geografiche con pochi semplici clic. I clienti possono usufruire di una latenza più bassa e di una migliore esperienza di elaborazione, semplice e a costi limitati.

I modelli di cloud computing offerti alle imprese che operano nell'Industria 4.0 sono fondamentalmente tre ed in genere vengono definiti “*Infrastructure as a Service*” (IaaS), “*Platform as a Service*” (PaaS) e “*Software as a Service*” (SaaS)³⁸.

³⁸ <https://www.apriorit.com/white-papers/405-saas-iaas-paas>

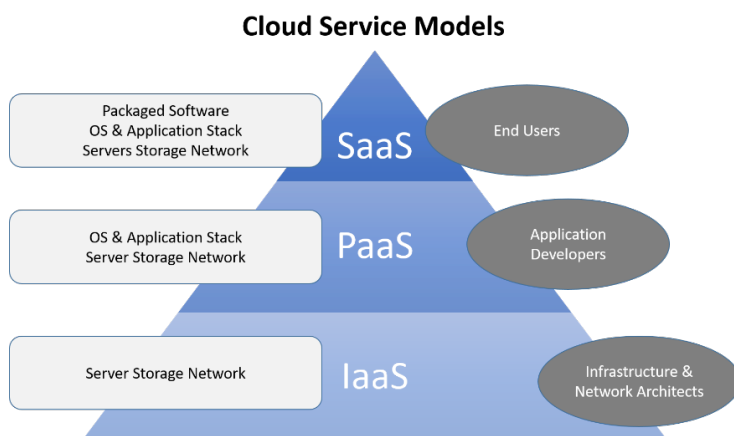


Figura 3

“Il primo modello è definito IaaS (*Infrastructure as a Service*) e rappresenta una delle soluzioni più popolari al momento tra Aziende 4.0. In questo caso la risorsa fornita è su un hardware virtualizzato. Questo modello include infatti uno spazio virtuale su un server, delle connessioni di rete, una larghezza di banda, indirizzi IP e bilanciatori di carico. Il gruppo di risorse hardware viene fisicamente estratto da una moltitudine di server solitamente distribuiti presso numerosi Data Centre. La manutenzione è responsabilità del provider del cloud. Il cliente, invece, ha accesso ai componenti virtualizzati per costruire le proprie piattaforme IT.

Il secondo modello è detto PaaS (Platform as a Service). Esso fornisce agli sviluppatori una piattaforma per costruire applicazioni e servizi su Internet. I servizi PaaS vengono ospitati su cloud e gli utenti vi accedono con facilità tramite il proprio browser.

L’ultimo modello è infine il SaaS (Software as a Service), servizio cloud con il quale gli utilizzatori possono accedere ad applicazioni software tramite Internet³⁹”.

Non tutti i cloud sono uguali. Ci sono tre modalità diverse di distribuzione delle risorse di cloud computing: pubblica, privata e ibrida (v. fig. 4).

³⁹ <https://tecnologia.libero.it/il-cloud-nellindustria-4-0-modelli-e-tipologie-di-servizio-14236>

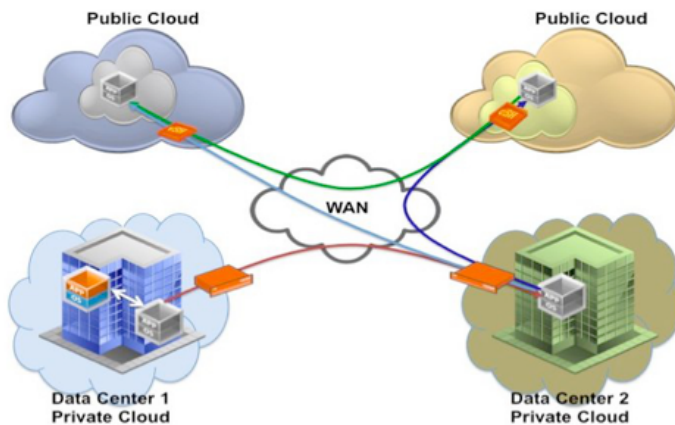


Figura 4

I cloud pubblici sono di proprietà di un'azienda (provider) che offre i propri servizi tramite Internet. In questo caso ogni risorsa utilizzata, dall'hardware ai server passando per i software, sono tutte di proprietà del provider. L'azienda cliente accede a queste risorse tramite uno specifico account.

Nel cloud privato invece tutti i servizi sono in mano a un'unica azienda e non sono condivisi con altre realtà. Alle volte può capitare che chi possiede un cloud privato paghi delle società terze per ospitare i propri server ma il network resta privato e, soprattutto, protetto. A livello di sicurezza è una soluzione ottimale anche se risulta molto più costosa rispetto al cloud pubblico.

I cloud ibridi combinano cloud privato e pubblico, grazie a una tecnologia che consente la condivisione di dati e applicazioni tra i due tipi di cloud. È un sistema molto flessibile consigliato alle aziende dinamiche e che hanno bisogno di varie opzioni di distribuzione. Uno dei rischi più grossi di nella scelta di un cloud di tipo ibrido è la mancanza di consistenza operativa. I sistemi delle aziende, infatti, solitamente dispongono di una piattaforma comune di gestione, al tempo stesso le risorse cloud potrebbero invece essere gestite da sistemi ed interfacce diversi.

2.2.4. Robot e Cobot (Robotica collaborativa)

Uno degli aspetti peculiari di Industria 4.0 è l'impiego diffuso di robot tradizionali e di robot collaborativi, questi ultimi chiamati “cobot”⁴⁰. Si tratta di macchine avanzate e molto diverse dalle prime soluzioni di robotica utilizzate pochi decenni fa in quanto in grado di collaborare fra loro e il personale che opera all'interno della fabbrica svolgendo, anche in sinergia, compiti molto complessi. Essi possono accedere alla rete Internet e al cloud aziendale per estrarre e fornire informazioni, eseguire ordini ed autoapprendere.

Come spesso accade, gli “early adopters” (ovvero i pionieri nell'utilizzo di un nuovo prodotto e di una nuova tecnologia) sono le maggiori case automobilistiche.

I cobot, che possono avere forma antropomorfa o meno, affiancano e facilitano gli operatori nello svolgimento dei loro compiti, rappresentando, di fatto, una forma evoluta di quella che si definisce “*Human-Machine Interaction*”, ossia “*interazione uomo-macchina*”.

Grazie a nuove ricerche e a nuove tecnologie, i robot collaborativi stanno avendo innumerevoli sviluppi; ad esempio, l'utilizzo di materiali innovativi li rende sensibili agli stimoli ambientali mentre l'impiego di microchip e software sempre più potenti, fa sì che essi possano immagazzinare ed elaborare una quantità di dati ed informazioni via via sempre più ampia ed in tempi rapidissimi spesso usandole per l'autoapprendimento.

Per meglio comprendere come i cobot si stanno evolvendo si cita a titolo di esempio un prodotto proposto dalla startup italiana “Smart Robots⁴¹”, spin off del Politecnico di Milano, che ha creato una telecamera avanzata che permette l'interazione tra operatore umano e macchina senza l'uso di interfacce. Si tratta di una sorta di “*occhio intelligente*” di piccole dimensioni che, posizionato nell'ambiente di lavoro, recepisce in modo istantaneo ciò che accade finanche a livello emotivo in quanto monitora espressioni facciali, micromovimenti e gesti.

Non c'è dubbio che le ulteriori future evoluzioni in tal senso di robot e cobot, daranno nuovi impulsi all'Industria 4.0 ma anche alla quotidianità ponendo importanti interrogativi vecchi e nuovi:

- Fin dove si spingerà nei prossimi anni la presenza dei robot nei luoghi di lavoro?

⁴⁰ Cfr.: L. Beltrametti et al., *La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, goWare & Edizioni Guerini e Associati, 2017.

⁴¹ <http://www.e-novia.it/it/smart-robots/>

- Quanto durerà la “collaborazione pacifica” tra uomini e macchine intelligenti?
- Cosa accadrebbe se in base alle informazioni disponibili, un cobot prendesse decisioni seppur logiche ma in contrasto con le intenzioni umane?
- I robot ci ruberanno il lavoro oppure libereranno nuove energie da utilizzare diversamente?

Il futuro resta ancora un insieme di ipotesi che aprono a tesi tutte da dimostrare anche se quello che sta accadendo in molte realtà industriali e non, va nella direzione di un utilizzo sempre più crescente di automazione intelligente. È il caso per esempio di Amazon che avendo compreso la rilevanza del fenomeno, già nel 2012 ha rilevato per 775 milioni di dollari “Kiva⁴²”, una società produttrice di robot specializzati nella logistica e i cui prodotti Amazon stessa utilizza in molte delle sue sedi per varie attività, come, ad esempio, per spostare materiali e pacchi molto pesanti (dal peso superiore ai 1000 Kg).

E non a caso, le ricerche di mercato condotte dalle principali aziende di consulenza⁴³, sono concordi nello stimare per la robotica collaborativa una crescita con un indice annuale medio superiore al 45%, con un mercato che nel giro dei prossimi anni supererà i 10 miliardi di dollari.

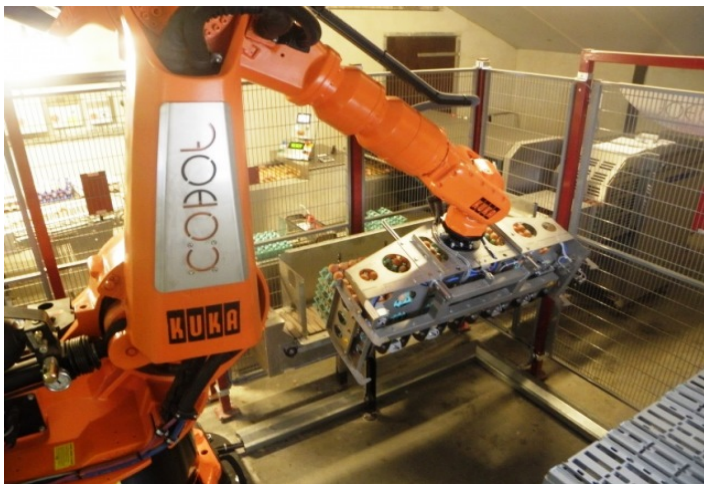


Figura 5

Per quanto finora esposto, le nuove generazioni di cobot (v. fig. 5) rappresentano, tra l'altro, una manodopera “a costi competitivi” e ad elevato valore aggiunto in

⁴² <http://www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-2016-6?IR=T>

⁴³ <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/robot-collaborativi-l-opportunita-di-oggi-per-l-impresa-di-domani/>

considerazione del fatto che negli ultimi anni il costo medio della manodopera nei Paesi in via di sviluppo, nei quali molte aziende avevano delocalizzato, è andato via via crescendo, rendendo di fatto le operazioni di offshoring molto meno vantaggiose se non antieconomiche rispetto al passato. La disponibilità di nuovi automi tecnologicamente avanzati costituisce allora un'ottima alternativa tanto che alcune aziende – come ad esempio l'Adidas⁴⁴ – hanno già intrapreso iniziative di reshoring: le imprese fanno marcia indietro per tornare in Patria (*back reshoring*) o in Paesi vicini (*near reshoring*) spinte da varie esigenze di qualità, di controllo del prodotto-servizio e per quanto sopra, dai costi di produzione.

Alcuni esempi “tutti italiani⁴⁵” come emersi dai risultati del Gruppo di Ricerca Uni-CLUB MoRe Back-reshoring composto dalle Università di Catania, L'Aquila, Udine, Bologna, e Modena - Reggio Emilia⁴⁶:

“Benetton” torna ad investire nella campagna trevigiana per una produzione hitech e nonstop, affidata a 36 robot della giapponese Shima che, partendo da un unico filo di 500 metri sono in grado di confezionare maglioni senza cuciture. E' la linea TV31100, CAP della località dove è nata nel 1965 Benetton. L'azienda, con un investimento di 2 milioni, è tornata a produrre pullover ma in maniera innovativa, con una tecnologia anti-spreco, in edizione limitata e quindi dall'elevato valore aggiunto.

“Electrolux”, colosso del “bianco, ha appena investito in una nuova generazione di robot per “rendere lo sviluppo del prodotto più veloce e snello” e avere fabbriche dove le persone lavorano insieme ai robot.

L'emiliana “Number 1”, azienda logistica per il grocery da 311 milioni di ricavi, ha lanciato una linea robotizzata antropomorfa dedicata al confezionamento. Un anno e mezzo di ricerca, sviluppo e investimenti per assicurare produttività ed efficienza in tutte quelle attività ripetitive ora svolte appunto da robot.

Anche la trevigiana “Arper”, azienda di sedute e imbottiti da 63 milioni di ricavi, ha iniziato ad utilizzare i robot per l'incollaggio del rivestimento delle sedie.

“Costampress”, che produce 3 milioni di manufatti in lega speciale di alluminio per l'automotive, ha di recente implementato “l'automazione estrema”. Solo due processi, a inizio 2018, risultano ancora non robotizzati senza alcun riflesso sulla occupazione perché, nel contempo, i dipendenti sono passati da 60 unità nel 2010 a 140 a fine 2017.

⁴⁴ http://www.corriere.it/economia/16_maggio_27/adidas-torna-produrre-germania-scarpe-saranno-cucite-robot-248bcc20-23d0-11e6-b229-67fb25338505.shtml?refresh_ce-cp

⁴⁵ <https://www.ilfoglio.it/economia/2017/04/21/news/back-in-italy-131349/>

⁴⁶ <http://www.gei.it/assets/fratocchi.pdf>

Sembra allora che i nuovi robot collaborativi non sostituiranno i tradizionali e pesanti robot industriali e nemmeno i “lavoratori in carne e ossa” ma, al contrario, apriranno le strade a vecchi e nuovi settori del manifatturiero in cui, oggi, occorre essere molto competitivi.

Le attività produttive più suscettibili ad essere automatizzate sono quelle a basso valore aggiunto, con un elevato tasso di ripetitività e significativo impegno fisico come il confezionamento o l’assemblaggio con impatti rilevanti sulla “occupazione operaia” che i robot andranno gradualmente a diminuire ovvero in maniera sostanziale a trasformare.

I robot collaborativi nascono infatti come aiutanti e in molti casi essi sollevano l’essere umano da compiti faticosi, riducendo così il rischio di conseguenze e/o disturbi fisici legati al lavoro. Inoltre sebbene molti fra i compiti eseguiti dagli operai verranno integralmente assegnati ad una macchina, serviranno sicuramente tecnici più specializzati per progettazione, installazione, messa in servizio, manutenzione e la stessa collaborazione con queste nuove presenze nella catena di produzione.

2.3. I Fabrication Laboratories

Un “Fab Lab⁴⁷” (dall’inglese “fabrication laboratory”) è un laboratorio di fabbricazione su piccola scala che utilizza tecnologie digitali capaci di produrre potenzialmente qualsiasi cosa. È uno spazio collaborativo aperto all’innovazione, all’apprendimento, all’invenzione ed alla prototipazione di oggetti che generalmente non riguardano la produzione di massa.

Il primo “Fab Lab” è nato nel 2001 come progetto collaterale presso il “Center for Bits and Atoms⁴⁸” (CBA) diretto da Neil Gershenfeld all’interno del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Il progetto di ricerca in ambito di fabbricazione digitale era finalizzato alla creazione di “assemblatori” al servizio della prototipazione, in grado di realizzare quasi tutto anche a basso costo e facilmente programmabili.

La rete dei Fab Lab ad oggi conta centinaia di realtà sparse per tutto il pianeta con la tendenza di incremento medio di una unità al giorno (v fig. 6).

⁴⁷ Per approfondimenti vedi: L. Morel, S. Le Roux, *Fab Labs: Innovative User*, John Wiley & Sons, Jun 16, 2016.

⁴⁸ <http://cba.mit.edu/>

Si tratta di comunità aperte composte da studenti, ricercatori, insegnanti, tecnici ed innovatori di qualsiasi settore che hanno come unico obiettivo quello di condividere conoscenze, strumenti e processi, formando un laboratorio globale per la ricerca e l'innovazione.

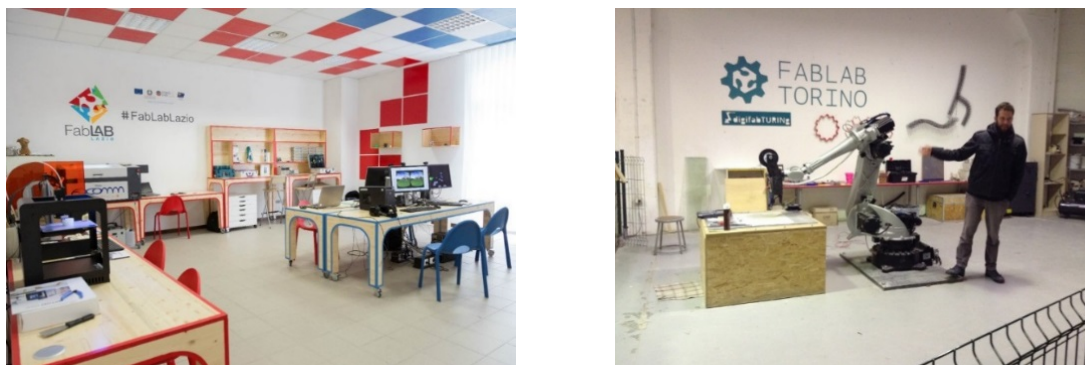


Figura 6

In Italia la diffusione dei laboratori è iniziata nel 2009 a Ivrea con “Officine Arduino⁴⁹” ed è proseguita successivamente con una significativa espansione da Nord a Sud.

Nel 2013 ne esistevano ufficialmente solo 5 (di cui 3 in itinere) ma in realtà erano operativi ben 43 laboratori chiamati “Officine del Futuro”, strutture non rientranti nella categoria dei Fab Lab ma che in molti casi ne anticipavano in tutto o in parte la filosofia.

Solo un anno dopo, nel 2014, una ricerca della Fondazione “*Make in Italy cdb*”⁵⁰, fondata da Carlo De Benedetti, contava numeri impressionanti (v. fig. 7): poco più di 100 Fab Lab ufficiali all'interno di circa 240 “spazi di coworking”, che posizionavano l'Italia al secondo posto nel Mondo, dietro gli Stati Uniti e a pari merito con la Francia. Si trattava per la maggior di strutture nate per iniziativa di Ingegneri, Architetti, Industrial designer e informatici, associazioni nella maggioranza dei casi ed imprese private per un terzo circa.

⁴⁹ <http://mappa.italiachecambia.org/scheda/officine-arduino/>

⁵⁰ <http://www.makeinitaly.org/>

- b. Corsi in aula con possibilità di personalizzazione;
- c. Consulenza per la Rivoluzione Industriale 4.0 e i vari processi;
- d. Consulenza sui prodotti, Ricerca e Sviluppo (prototipazione) e brevetti;
- e. Coworking e affiancamento per Start-Up;
- f. Crowfounding e agevolazione delle idee.

2. per i Maker:

- a. Corsi per l'utilizzo delle macchine.
- b. Accesso assistito al parco macchine.
- c. Realizzazione progetti,

e possono essere suddivisi in tre categorie:

*) la prima concerne servizi strettamente correlati alle attività di progettazione, prototipazione e produzione in bassa scala di prodotti ottenuti ad esempio ma non esclusivamente mediante stampanti 3 e 4D. La maggior parte dei laboratori eroga servizi di stampa di prodotti destinati prevalentemente al segmento consumer e funge da supporto in fase di progettazione e realizzazione di nuovi concept;

*) la seconda è riconducibile ad attività di consulenza e formazione in merito alle tecnologie 4.0 più idonee alle specifiche esigenze dell'azienda, alla ridefinizione dei processi produttivi anche in relazione al possibile utilizzo di materiali innovativi;

*) la terza riguarda la formazione e il supporto alla creazione di nuove iniziative imprenditoriali.

I laboratori non rappresentano solo una alternativa alla produzione di massa ma esprimono tutte le loro potenzialità in quanto centri di diffusione del sapere tecnologico.

3. IMPATTI ECONOMICI DELLA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

3.1. L'impatto sul sistema produttivo e sull'occupazione

L'avvento di "Industria 4.0" porterà a produzioni sempre meno standardizzate con la necessità di una nuova organizzazione del lavoro e delle competenze⁵¹.

Tra gli impatti negativi dovuti alla diffusione dell'automazione nelle aziende c'è la riduzione della domanda di "capitale umano" che interessa non solo il personale poco qualificato dedicato ai lavori manuali, ma anche i lavoratori impegnati nello svolgimento di mansioni amministrative.

Se la terza rivoluzione industriale ha portato ad una riduzione degli operai nelle linee produttive, la quarta sta impattando anche su quei "colletti bianchi" che svolgono mansioni a più basso valore aggiunto a causa dell'introduzione in azienda di sistemi integrati hardware e software capaci di operare in autonomia con un'efficienza anche superiore a quella umana.

A seguito della riduzione della domanda di personale meno qualificato, è prevedibile un aumento delle diseguaglianze sociali, una crescente polarizzazione delle competenze e quindi della ricchezza dando vita ad un circolo vizioso che potrebbe diventare problematico rompere.

Varie analisi⁵² basate sulla individuazione storica del "*punto di picco*", ovvero del momento in cui le precedenti tre rivoluzioni industriali hanno esplicitato al massimo livello la loro forza propulsiva prima di cominciare a rallentare, hanno mostrato l'accorciarsi dell'intervallo di tempo necessario al raggiungimento di tale punto, passato dai 30 anni della prima rivoluzione ai 20 della terza.

Appare quindi ipotizzabile che, per la rivoluzione in atto, il punto di picco si raggiungerà fra circa 15 anni (non prima del 2030) col massimo stress occupazionale quantificabile nella perdita di quasi il 15% del totale degli attuali posti di lavoro nell'orizzonte temporale di riferimento.

⁵¹ Per approfondimenti vedi: M. Temporelli, F. Colorni, B. Gamucci, *4 punto 0: Fabbriche, professionisti e prodotti della Quarta rivoluzione industriale*, HOEPLI, 2017; S. Boaretto, *2080. L'alba delle macchine*, Youcanprint, 2017; A. Magone, T. Mazali, *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, goWare & Guerini e Associati SpA, 2016; E. Segantini, *La nuova chiave a stella. Storie di persone nella fabbrica del futuro*, goWare & Edizioni Guerini e Associati, 2017.

⁵² <https://www.ambrosetti.eu/tag/industria-4-0/>

Il “*rischio automazione*” per singolo settore, evidenzia che “i comparti in cui il “*rischio di sostituzione uomo-macchina*” è maggiore nel settore agricoltura e pesca (25%), nel commercio (20%) ed in quello manifatturiero (19%). Tra i settori che presentano le percentuali più basse troviamo il comparto istruzione, servizi per la salute con il 6% e il settore dei servizi di informazione e comunicazione (9%) (v. fig. 8).

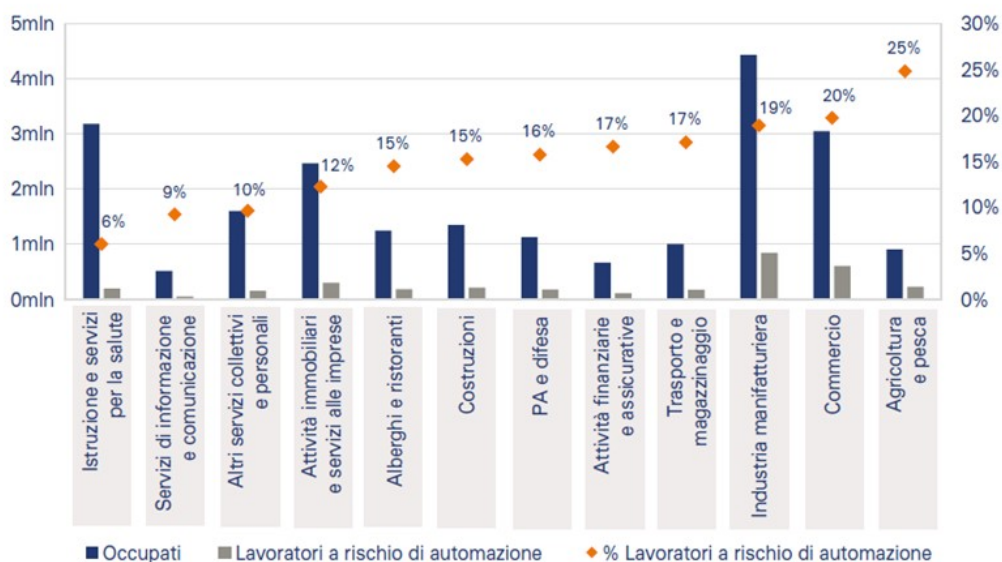


Figura 8

Le motivazioni alla base di queste importanti differenze riguardano la diversa composizione della forza lavoro dal punto di vista delle varie tipologie professionali. È più probabile che i professionisti del settore istruzione e salute (medici, infermieri, psicoterapeuti, ecc.) svolgano mansioni complesse, poco sostituibili e con una elevata componente di interazione personale rispetto all’industria manifatturiera (operai, tecnici, ecc.).

Un’altra variabile che sembra essere determinante per la riduzione del rischio di automazione è il titolo di studio. In particolare, i lavoratori che posseggono un diploma in belle arti o diploma di conservatorio (pari a circa 242.600) presentano il rischio più basso, pari al 5%. Al contrario, sono i soggetti senza titolo di studio (pari a circa 106.900) a presentare il rischio più alto, pari al 21%.

Percentuali di rischio elevate sono registrate tra i soggetti con licenza media (rischio pari al 18%) e con diploma di maturità (rischio pari al 16%) che sono rispettivamente 6,0 e 8,5 milioni (pari al 67,8% della popolazione occupata).

Variabili che non sembrano essere significative per la determinazione del livello di “rischio da automazione” sono invece il sesso, l’area geografica di residenza e la fascia di età del lavoratore.

Circa l’impatto per fasce di età, infatti, per la popolazione degli occupati dai 30 ai 59 anni si registra un livello di rischio omogeneo e in linea con il 14,9% rilevato a livello nazionale (l’80,8% del totale degli occupati in Italia rientra in questo intervallo).

Tuttavia, negli over 65 il livello di rischio di perdita del posto di lavoro diminuisce di 4 punti percentuali, attestandosi all’11%, mentre nelle fasce di popolazione più giovani si registra un livello di rischio più elevato, che raggiunge l’apice nella popolazione di età compresa tra i 20 e i 25 anni con un valore pari al 20%; sono quindi i giovani e fra questi i meno preparati, i soggetti più a rischio prima occupazione e/o sostituzione uomo-macchina.

Il basso rischio di automazione registrato dalla popolazione over 65 potrebbe essere ricondotto al fatto che, per la maggior parte, gli occupati appartenenti a questa fascia di età ricoprono posizioni a bassa operatività e ad alto contenuto strategico, quindi più difficilmente sostituibili da una macchina (Quadri, Dirigenti, Amministratore Delegato, Presidente, ecc.).

Al contempo, il rischio elevato riscontrabile tra le fasce di età più giovani potrebbe essere in parte riconducibile ad un livello di formazione più basso e quindi al fatto che tali soggetti siano impiegati in occupazioni poco complesse e routinarie⁵³.

In definitiva il profilo tipo delle caratteristiche che determinano un rischio di sostituzione più basso per un’occupazione sono:

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

Così come anche emerso da un recente lavoro (“*The Future of Employment: How susceptible are jobs to computerisation?*” di C.B. Frey e M.A. Osborne⁵⁴), le professioni che subiranno meno l’impatto dell’automazione saranno quelle caratterizzate da attività più complesse e che richiedono una significativa componente relazionale, capacità

⁵³ www.ipsoa.it/~media/Quotidiano/2017/09/29/innovazione-e-occupazione-cosa-rende-vincente-una-professione/Domanda_professioni%20pdf.ashx

⁵⁴ https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf

creative e innovative come, ad esempio le professioni legate alla salute (psicologi, chirurghi, ecc.).

L'automazione e lo sviluppo tecnologico hanno portato negli ultimi decenni alla creazione di nuove figure professionali (sistemisti, ingegneri informatici e “*digital marketers*”) e nuovi posti di lavoro che hanno in parte compensato la perdita di occupati meno qualificati e più facilmente sostituibili. Una analisi del “*Dow Jones Industrial Average (DJIA)*” mostra come nel 2017 ben 5 delle 30 imprese che lo compongono siano “*technology-based*”: Apple, Cisco, IBM, Intel e Microsoft, tutte fondate tra la fine degli anni '60 e l'inizio degli anni '80 eccetto IBM e tutte interessate da una forte crescita che le ha portate a diventare leader in settori ad alto contenuto tecnologico.

Nel nuovo mondo digitale, tra i professionisti più a rischio ci sarebbero i tecnici matematici, i commercialisti e gli analisti di credito che tradizionalmente possiedono un livello di istruzione elevato ma svolgono mansioni facilmente sostituibili grazie alle nuove tecnologie e innovazioni digitali.

Per quanto invece concerne l'operaio “tipo 4.0”, esso dovrà avere una conoscenza di base almeno della lingua inglese, una istruzione secondaria superiore con buone competenze tecnologiche e, soprattutto, buone conoscenze informatiche, di analisi di big data e capacità di “*problem solving*”.

Dovrà essere predisposto a lavorare in team all'interno di nuovi scenari in cui i compiti manuali più semplici e ripetitivi saranno quasi integralmente sostituiti da macchine in molti casi “collaborative” (cobot) mentre le mansioni caratterizzate da un più alto livello di responsabilità, quelle tipiche di un operaio specializzato, si ridurranno in tutti quei compiti di programmazione e settaggio diretto delle macchine, aumentando gli interventi di risoluzione dei macro problemi che potranno venirsi a creare allorché le macchine stesse non saranno in grado di trovare in via autonoma delle soluzioni.

In generale, negli anni a venire, il lavoro manuale fino ad oggi riservato “*alla classe operaia*”, sarà sempre più svolto da “*automi*” mentre i compiti della “*risorsa umana*” si sposteranno su progettazione, supervisione di processo e risoluzione di problematiche di tipo informatico. La flessibilità e la capacità di adattamento diverranno “*skill*” importanti con ricadute anche di tipo sindacale create dalla transizione dalle vecchie logiche del “lavoro subordinato” verso la nascita di un “lavoratore nuovo” i cui salari saranno più elevati in conseguenza di un aumento del suo potere contrattuale.

Lavoro in team e flessibilità produttiva nel nuovo “ambiente 4.0” potranno essere anche gestiti virtualmente con ovvie flessibilità sugli orari e, in generale, sulle modalità di svolgimento del proprio lavoro.

Anche questa tematica dovrà essere affrontata dalla contrattazione sindacale: i nuovi contratti di lavoro saranno sempre più “un patto” fra parti interessate a raggiungere obiettivi comuni finalizzati al buon andamento e al generale successo dell’azienda, non più la regolamentazione di una banale compravendita di tempo ed energie umane a fronte di un salario.

Per quanto riguarda i tecnici di alto profilo come gli ingegneri, in “*ambiente 4.0*” le professionalità prevalenti si possono dividere nelle seguenti macro categorie:

- 1) ingegneri occupati nella ricerca e sviluppo;
- 2) ingegneri gestionali occupati nel design di processi produttivi e sul coerente impiego all’interno di essi delle risorse umane;
- 3) ingegneri programmatori in grado di “*mettere ed aggiornare l’intelligenza delle macchine*” creando interfacce software in grado di utilizzare efficacemente i flussi di dati che provengono dai sensori dell’ambiente 4.0.

In questo grande e dinamico processo innovativo la formazione continua sarà il “*carburante fondamentale*” ed avrà un ruolo cruciale nella vita aziendale sia per la singola risorsa umana sia per la competitività dell’intera impresa.

Essa dovrà necessariamente iniziare nel “sistema formativo pubblico” a cui sarà demandata la missione di fornire adeguata visione (*helicopter view management*) delle rivoluzioni in atto e le competenze tecnico-scientifiche necessarie per affrontarle.

Dovrà poi essere integrata tramite esperienze dirette “on the job”, tirocini obbligatori all’interno dei vari percorsi superiori, universitari e di specializzazione post-universitaria.

La strategia indicata dalla Commissione Europea per combattere l’aumento atteso della disoccupazione è quella di incrementare il PIL comunitario rappresentato dal manifatturiero dal 15,6% del 2012 al 20% entro il 2020, obiettivo che se raggiunto, provocherebbe un ampliamento del mercato tale da compensare l’eventuale riduzione dei posti di lavoro nelle singole fabbriche.

L’Italia finora ne esce con un sostanziale pareggio (200mila posti creati ad oggi e circa altrettanti persi).

Il numero di operai in Italia è drasticamente in calo da decenni: negli anni '50 alla FIAT c'erano cinque operai per ogni impiegato, negli anni '90 il rapporto era di due a uno,

dal 2000 ad oggi, considerando l'intero settore manifatturiero del paese (comprese le PMI - 55% della orza lavoro), gli operai si sono ridotti ai sono circa i due terzi del totale⁵⁵.

3.1.1. Il back-reshoring

La crisi economica del 2007 ha indotto a riportare in patria (o comunque ad avvicinare) molte produzioni prima delocalizzate dando così il via al fenomeno del “*back-reshoring*”⁵⁶.

Tale fenomeno agli inizi ha interessato alcuni Paesi come USA, Francia e Regno Unito, in cui questa strategia è stata anche incentivata dai governi tramite agevolazioni fiscali e ultimamente ha assunto dimensioni rilevanti come si evince dai dati di “*European Reshoring Monitoring*”⁵⁷.

Si tratta di una tendenza opposta all’*“offshoring”*, ossia la delocalizzazione di lavorazioni principalmente in Asia ed Est Europa avvenuta negli ultimi 20 anni. Le imprese fanno marcia indietro per tornare in patria (back reshoring) o in paesi vicini (near reshoring) spinte per lo più da esigenze di qualità, logistica, controllo dei prodotti e servizi, dall’aumento dei costi di produzione nei paesi ospitanti, come ad esempio in Cina, dalla sensibile riduzione dei costi energetici e dalle potenzialità della Manifattura 4.0.

Senza poi considerare gli effetti determinanti del nuovo “*made in*”.

Gli USA sono primi fra i paesi che hanno “riportato in casa” molte delle produzioni prima delocalizzate con 329 casi al primo semestre del 2017 comunque inferiori rispetto ai 376 casi dell’Europa. Al secondo posto fra le nazioni dove più si è verificato il fenomeno della rilocalizzazione troviamo proprio l’Italia che sulla base degli ultimi dati dell’Osservatorio “*Uni-Club MoRe Back-reshoring*” (team interuniversitario di lavoro tra Modena, Catania, L’Aquila, Udine e Bologna ⁵⁸) ad Aprile 2017 registra ben 121 casi di aziende rientrate in Patria dall’inizio della crisi globale - quasi esclusivamente appartenenti al settore della moda (41%), elettronica (25%) e meccanica (16%) , per il 79% al Nord, il 16% al centro e il 6% al Sud.

⁵⁵ <http://www.istat.it/it/files/2011/03/Italia-in-cifre.pdf>

⁵⁶ A. Vecchi, *Reshoring of Manufacturing: Drivers, Opportunities, and Challenges*, Springer, 2017.

⁵⁷ <https://reshoring.eurofound.europa.eu/research-team>

⁵⁸

https://www.este.it/images/Presentazioni-Relatori/2017/Presentazione_Luciano_Fratocchi_UniLAquila_Fabbrica_Bologna.pdf

A differenza degli altri paesi, in Italia la spinta al “*back-reshoring*” è dovuta principalmente ai vantaggi competitivi generati dall’immagine del “*made in Italy*”, per mantenere se non aumentare la qualità del prodotto e di processo grazie a competenze artigianali e creative oggettivamente superiori rispetto ai Paesi dell’“*offshoring*”.

Nel settore specifico della moda si è potuto constatare (Mauro Chezzi, vicedirettore di Sistema Moda Italia⁵⁹) che le misure governative e regionali finalizzate a ridurre il gap di costo tra il “*made in Italy*” e l’“*out of Italy*”, progetto specifico portato avanti negli ultimi anni da “*Sistema Moda Italia*”, “*Pwc*” e “*Mise*” finalizzato a spingere il reshoring nei distretti di Puglia e Veneto, hanno generato scarsi risultati rispetto all’impatto di “*Industria 4.0*” vera leva per ripopolare le casistiche del reshoring anche nel tessile-abbigliamento in quanto concentra e distribuisce i vantaggi sull’intera filiera.

Il reshoring appare quindi un fenomeno strettamente correlato alla forza delle filiere e dei distretti produttivi in cui si concentrano tradizioni e flessibilità che, se supportate dalla digitalizzazione delle fabbriche e dalla nuove competenze, diventano elementi determinanti per riportare in Patria non solo le produzioni ma anche i talenti e per creare nuovi posti di lavoro riducendo l’impatto complessivo sull’occupazione della Manifattura 4.0.

Tra i casi più noti e recenti di “rientri eccellenti”, ci sono quelli di Natuzzi (divani, dalla Romania), Ciak Roncato (valigeria, dalla Cina), Fiamm (accumulatori ed energia, dalla Repubblica Ceca), Danfoss (oleodinamica, dalla Slovacchia), Argo Tractors (macchine agricole, da Francia e Regno Unito), And Camicie (abbigliamento, dalla Cina) e Ima di Bologna, leader nel packaging, che ha acquisito 5 società tedesche con l’intento di trasferire parte consistente delle commesse di queste società nella propria sede di produzione in Emilia.

La Germania fino ad ora ha rilocalizzato 63 imprese.

Tra queste Adidas per la quale l’allora delocalizzazione fu una delle principali chiavi di successo e che adesso, dopo vent’anni, torna a produrre nel Paese di origine.

Fino ad oggi la produzione complessiva di Adidas è di 31 milioni di sneakers all’anno.

L’obiettivo aziendale dichiarato è quello di portarla a 61 milioni, produzione tutta interna alla filiera produttiva rilocalizzata in Germania nella quale, peraltro, solo la cucitura delle scarpe sarà affidata ai robot.

⁵⁹ <http://www.kmsenpai.it/ricerchenew/destinazione-africa-1/19-news/rassegna-stampa/623-industria-4-0-avvia-il-reshoring.html>

3.2. La manifattura 4.0 – una panoramica in Europa

La Commissione Ue ha individuato nel *digital single market* - ovvero nel mercato digitale senza frontiere tra i diversi Paesi dell'Ue – l'obiettivo verso cui indirizzare e coordinare gli sforzi tramite l'*European Open Science Cloud*⁶⁰.

Si tratta di un vero e proprio “ecosistema europeo destinato al mondo dell'università e della ricerca che come primo obiettivo ha quello di mettere in collegamento più di un milione e 700mila ricercatori europei e 70 milioni di persone che lavorano nel mondo della scienza e della tecnologia offrendo loro una piattaforma comune dove poter immagazzinare, gestire, analizzare e riutilizzare i dati prodotti dal settore in Europa.

Il piano UE⁶¹ muoverà complessivamente 50 miliardi di euro fino al 2020 e prevede una serie di misure volte a coordinare e sostenere gli sforzi degli Stati membri verso la digitalizzazione dell'industria e dei servizi ad essa collegati su tutto il territorio comunitario, con una forte spinta agli investimenti congiunti tra settori diversi e attraverso partnership strategiche e reti di imprese.

Le principali aree sulle quali verranno concentrati gli sforzi sono 5G, *cloud computing*, *Internet of things*, dati e *cyber security* con un piano complessivo di interventi che muoverà circa 50 miliardi di euro fino al 2020.

Il piano di investimenti riguarderà nello specifico:

Innovazione digitale: in questo capitolo rientrano 37 miliardi di euro, dei quali 22 riguardano le partnership pubblico-private. Quattro i miliardi provenienti dal programma Horizon 2020 per la ricerca e l'innovazione e un miliardo verrà dagli Stati membri nell'ambito delle partnership del programma Ecsel (Electronic components and systems for european leadership). Gli altri 17 miliardi di investimenti verranno resi disponibili dal contributo dei privati ai programmi di partnership. Gli altri 15 miliardi previsti dal piano per questo capitolo vengono dal budget stanziato dagli Stati membri per programmi di ricerca mirati.

Innovation hub: si tratta in tutto di 5,5 miliardi di euro, dei quali 500 milioni da investimenti comunitari previsti dal programma Horizon 2020 e 5 miliardi da investimenti

⁶⁰ <https://ec.europa.eu/research/openscience/index.cfm?pg=open-science-cloud>

⁶¹ https://www.euroscience.org/?gclid=EAIaIQobChMlztv_yaKF2QIVFzobCh3gKwL_EAAYASAAEgJD7PD_BwE

nazionali e regionali pianificati nell'arco dei 5 anni. Il tutto finalizzato a creare o rafforzare i Centri già esistenti ed incoraggiare il loro utilizzo per l'industria e la piccola e media impresa. Per supportare lo sviluppo di questi innovation hub potranno essere utilizzati i fondi strutturali e d'investimento europei e il fondo per gli investimenti strategici.

Componenti elettronici: per la produzione di componenti elettronici sono previsti in tutto investimenti per 6,3 miliardi di euro. 300 milioni verranno dalla partnership Ecsel, un miliardo nell'arco dei cinque anni dagli Stati membri e cinque miliardi dai privati.

European Cloud: per la creazione della nuova infrastruttura Cloud è previsto un investimento di 6,3 miliardi di euro. Di questi due verranno dal programma Horizon 2020, e il rimanente 4,7 miliardi da investimenti pubblici e privati nell'arco dei cinque anni.

Gli obiettivi operativi della Commissione sono racchiusi in sei punti chiave:

1. sostenere le iniziative nazionali e regionali per la digitalizzazione dell'industria, favorendo il dialogo continuo tra le parti interessate;
2. focalizzare gli investimenti nelle partnership pubblico-private incoraggiando l'utilizzo dei fondi Ue;
3. investire 500 milioni in un network paneuropeo di "digital innovation hubs" per diffondere l'utilizzo di tecnologie digitali per ridurre il *time-to-market*, migliorando la qualità dei prodotti e della produzione;
4. adottare norme orientate al futuro che consentano la libera circolazione dei dati generati da sensori e smart device all'interno della cornice europea, rivedendo anche le regole sulla sicurezza e l'affidabilità dei dati;
5. mettere a punto un'agenda europea delle competenze digitali che aiuti i cittadini ad avere un quadro chiaro di quali siano i requisiti richiesti dal mondo del lavoro nell'era digitale;
6. mettere a punto progetti pilota 4.0 di rilievo sui temi dell'Internet of Things, manifattura avanzata e tecnologie per le smart city e le smart home.

Un altro tema al centro del piano della Commissione europea è la digitalizzazione dei servizi pubblici per il quale esiste uno specifico "*e-government action plan*", il cui obiettivo è la modernizzazione dei servizi pubblici attraverso 20 iniziative allo stato tutte attivate e in itinere. Tra queste: l'istituzione di un'unica "porta d'accesso digitale" per ottenere informazioni e assistenza da un Paese all'altro; l'interconnessione di tutti i registri

delle imprese e il loro collegamento con il portale dell'e-justice; la nascita di un progetto pilota che consenta alle imprese di presentare una sola volta la propria documentazione e che questa sia poi valida su tutto il territorio comunitario; lo sviluppo di servizi di e-health validi oltre i singoli confini nazionali, ad esempio per le prescrizioni o il fascicolo sanitario elettronico; la transizione alla firma elettronica e all'e-procurement validi in tutta l'Unione europea⁶².

Tale approccio contribuirà in modo significativo al rilancio dell'economia europea a livello mondiale, aumentandone la qualità dell'innovazione, la competitività, salvaguardando le transizioni del mercato del lavoro e garantendo la circolazione delle informazioni e dei dati sviluppati da ogni singolo stato da cui ogni Stato membro potrà trarre beneficio.

A fronte di ciò è importante capire come i Paesi si stanno organizzando per cogliere le opportunità create dalla quarta rivoluzione industriale e limitarne gli impatti negativi.

Un indicatore fondamentale è certamente la spesa in ricerca e sviluppo che evidenzia la volontà e la capacità del paese di governare il cambiamento attraverso la creazione di innovazione come emerge dal Report del Technology Forum di Ambrosetti House⁶³.

La Germania è in questo momento il Paese più strutturato su industria 4.0 avendo da tempo fatto tali scelte a livello di politica industriale peraltro legate a doppio filo con le politiche della ricerca, dell'educazione e della formazione. In Germania, infatti, anche la scuola ha fissato obiettivi sfidanti per educare e qualificare la forza lavoro tutto in collaborazione con i grandi player industriali e tecnologici del Paese.

La Svezia ha un piano industriale denominato "*Produktion 2030*"⁶⁴ che punta su: energie rinnovabili, processi industriali flessibili, realtà virtuale, sistemi di produzione *human-centered*, servizi per i prodotti e per la produzione, sviluppo dell'integrazione prodotto-produzione.

La Spagna attualmente non ha un piano specifico per *Industry 4.0*; l'unica strategia è su base regionale, la "*Estrategia Fabricacion Avanzada*" dei Paesi Baschi⁶⁵.

La Francia ha un piano strategico, "*Les Usines du Futur*"⁶⁶, articolato su cinque punti specifici: sviluppo delle tecnologie industriali, incentivi alle imprese che investono

⁶² Camera Valdostana, *op. cit.*.

⁶³ AMBROSETTI HOUSE:

L'ecosistema per l'innovazione: quali strade per la crescita delle imprese e del Paese, Technology Report 2017

⁶⁴ <http://produktion2030.se/en/>

⁶⁵ <http://www.innobasque.eus/microsite/basque-industry-40/que-hacemos/fabricacion-avanzada/>

in innovazione, lavoro e salari, rinforzo della collaborazione europea e internazionale e divulgazione degli obiettivi e delle modalità previste dal piano fra industriali e cittadini.

Focalizzando l'attenzione sulle spese per la Ricerca e Sviluppo notiamo che il Paese con la spesa più elevata intra-muros è la Germania, con 87,2 miliardi di Euro (con un CAGR, "Compounded Average Growth Rate", in italiano "tasso annuo di crescita composto", pari al 3,7% tra 2000 e 2015). Il Paese con la spesa più bassa è la Spagna in cui sono stati investiti 13,2 miliardi di Euro (con un CAGR del 5,7% tra 2000 e 2015). In Italia invece la spesa in Ricerca e Sviluppo intra-muros è stata pari a 21,9 miliardi nel 2016 (cresciuta ad un CAGR del 3,8% tra 2000 e 2015).

Se consideriamo invece il valore della spesa in Ricerca e Sviluppo rispetto al PIL del Paese la distanza tra Italia e Spagna diminuisce. La quota di PIL relativa alla spesa in Ricerca e Sviluppo per l'Italia è pari all'1,3% nel 2015, mentre in Spagna è stata pari all'1,2%. Tra 2000 e 2015, per entrambi i Paesi, si è registrato un aumento, pari a 0,3 punti percentuali, della quota di PIL rappresentato dalla spesa in Ricerca e Sviluppo. La Germania si posiziona prima tra i Paesi considerati con un livello di spesa in R&S rispetto al PIL pari al 2,9% con un aumento di +0,5 punti percentuali rispetto al 2000.

Dal 2007 al 2015, c'è stato un aumento del peso dell'hitech sull'export dei Paesi UE, eccetto per il Regno Unito in cui la quota è diminuita di 0,1 punti percentuali nel periodo preso in considerazione.

La Francia presenta la quota maggiore di export hitech, pari al 21,6% nel 2015 (+4,9 punti percentuali dal 2007 al 2015). A seguire la Germania con il 14,8% (+1,8 punti percentuali dal 2007 al 2015). Per quanto riguarda l'Italia invece, la quota di export di hitech è stata pari al 6,9% (+0,9 punti percentuali dal 2007 al 2015). Uno degli effetti della diffusione delle nuove tecnologie e dell'impatto crescente dell'hitech sulla economia, riguarda l'aumento degli occupati nei settori di tipo scientifico e tecnologico. In generale tutti i Paesi considerati hanno registrato una crescita degli occupati in scienza e tecnologia tra il 2000 e il 2016, eccetto il nostro Paese, in cui il CAGR è negativo pari al -0,6%. Nel 2010, in Italia, i lavoratori in scienza e tecnologia hanno raggiunto il livello più basso nel periodo considerato, riducendosi a 270.600. Dopo il 2010 il numero di occupati in queste aree ha ripreso a crescere raggiungendo le 285.200 unità nel 2016 (con un CAGR pari allo 0,6% medio annuo tra 2010 e 2016).

⁶⁶ <http://www.lesusinesdufutur.com/fr/home/homepage.jsp>

Il Paese con il numero più elevato di occupati in scienza e tecnologia è la Germania, con 1,46 milioni di occupati nel 2016 (CAGR del 2,6% tra 2010 e 2016).

Anche il livello di skill digitali della popolazione è in aumento se consideriamo il biennio 2015-2016. La Francia è il Paese con il livello più elevato di persone con un livello di skill digitali basso, pari al 28% nel 2015 e al 29% nel 2016. Nel 2016 in Italia la percentuale della popolazione con skill digitali di basso livello è aumentata, passando dal 21% al 23%.

La Germania invece fa da capofila per quanto riguarda la popolazione che presenta un livello di skill digitali di base, pari al 31% nel 2015 e al 34% nel 2016.

Infine, per quanto riguarda la quota di cittadini con un livello di skill digitali sopra il livello base, il primato passa al Regno Unito, in cui nel 2015 si è registrato un tasso pari al 40%, passato al 43% nel 2016 (più del doppio rispetto all'Italia).

Come emerso dai risultati delle analisi svolte, il nostro paese non rientra tra quelli che negli ultimi anni hanno investito maggiormente nella diffusione della innovazione e tecnologia e questo emerge anche dal basso livello di professionisti impiegati nei settori ad alto contenuto scientifico e tecnologico.

3.3. La strategia italiana: il Piano Nazionale Impresa 4.0⁶⁷

Come spesso accade, il nostro paese si colloca un passo indietro rispetto ai partners europei ed al resto del mondo per quanto concerne le infrastrutture.

Ciò in particolare su tre aspetti fondamentali: banda larga, rapporto fra scuola (formazione in generale) e qualità del management aspetti trasversali rispetto alle specifiche “vocazioni” e potenzialità industriali italiane.

Più del 90% del tessuto imprenditoriale italiano è caratterizzato dalla presenza di imprese con meno di dieci addetti, generalmente a conduzione familiare e struttura societaria molto semplificata.

Tale situazione non ha consentito lo sviluppo di quelle competenze manageriali avanzate anche necessarie alla gestione di tematiche quali la Manifattura 4.0 e della spesa per ricerca e sviluppo (R&S) e per sviluppo ed innovazione (S&I) contenuta a circa

⁶⁷ <http://www.sviluppoeconomico.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2037096-piano-nazionale-impresa-4-0-i-risultati-del-2017-e-le-linee-guida-per-il-2018>

l'1,34% del PIL nel 2015 rispetto alla media europea di quasi il 2,0% o addirittura il 2,8% della Germania (fonte ISTAT report 11_2017⁶⁸).

Nel settore manifatturiero l'Italia risulta essere la seconda nazione in Europa dopo la Germania con un elevato grado di diversificazione nelle industrie manifatturiere: nel nostro Paese circa il 16 % delle imprese infatti opera in questo settore mentre il comparto più corposo del tessuto produttivo italiano è quello dei servizi con circa il 74 % delle imprese.

Da una recente ricerca di Ambrosetti House *“Tecnologia e lavoro: governare il cambiamento”*⁶⁹, in tal senso emergono spunti interessanti in quanto l'Italia viene rappresentata come il Paese dei “Distretti Industriali” con forti tradizioni artigiane, del “Made in Italy”, da sempre sinonimo di design ed alta qualità, “ambiente ideale” di tradizioni, cultura e saperi *“in grado di creare, mantenere e rielaborare risultati e valori”*.

Per tale motivazione approcci industriali per quanto semi-artigianali oppure “robot-intensive” possano essere, non potranno mai eguagliare se non addirittura sostituire il *“saper fare”* di maestranze sintesi ed espressione dei valori tipici legati al “made in Italy”.

Questo, se non un punto di forza, è di certo una “condizione iniziale vantaggiosa” che – si spera – continui ad orientare l'azione del prossimo Governo in modo ragionato e coerente per colmare innanzitutto i ritardi strutturali ed infrastrutturali e in parallelo per investire risorse, innovazioni e formazione privilegiando quei “settori creativi” nei quali l'Italia è ancora leader e le cui produzioni sono destinate a specifiche fasce di clientela “top”.

Settori dall'elevato contenuto creativo in cui sono comunque presenti aree per le quali automazione e digitalizzazione possono rendere le filiere ancora più competitive; quindi l'adattabilità ragionevole e ragionata – quasi “su misura” - alle nuove tecnologie innovative appare per il nostro Paese la chiave del successo economico dei prossimi anni.

Già dalla fine del 2016 nella “Cabina di Regia” istituita dal “Governo Renzi”, dotata di una architettura pubblico-privata e finalizzata alla gestione del nuovo Piano su “I 4.0”, alcune Università avevano fatto chiaramente emergere l'esigenza di strutturare ed attivare i “Competence Center Italiani” nell'ambito del Piano Nazionale Industria 4.0, lanciato dal Ministro Calenda e proseguito con il “Governo Gentiloni”, con il fine di

⁶⁸ <https://www.istat.it/it/archivio/199318> - Report ISTAT 2015-2017 del 17 novembre 2017

⁶⁹ AMBROSETTI CLUB: Report 2017 su Tecnologia e lavoro: governare il cambiamento.

definire e proiettare la vision attuale oltre la “I 4.0” verso “Industria 5.0”⁷⁰ con focus sui temi seguenti:

- robotica collaborativa;
- realtà virtuale;
- sicurezza e nuove normative a livello tecnologico e soprattutto robotico;
- generale ripensamento della fabbrica e dei distretti in versione “research factory distribuita,” per creare luoghi che vadano oltre i confini fisici ed in cui manifattura e ricerca si uniscono ed evolvono.

La strategia del MISE (Ministero dello Sviluppo Economico) è indicata nel “Piano Nazionale Industria 4.0 - Investimenti, produttività e innovazione”, nel quale sono elencati punti e direttrici fondamentali per gli interventi di sviluppo nell’ambito di “I 4.0”.

Quattro sono le direttrici chiave (v. fig. 9):



Figura 9

Nel “periodo di piano” che va dal 2017 al 2020, esse puntano a:

- 1) “Investimenti Innovativi”: si intende mobilitare dal 2017 investimenti privati aggiuntivi per 10 miliardi, 11,3 miliardi di spesa privata in ricerca, sviluppo e innovazione con focus sulle tecnologie dell'Industria 4.0, più 2,6 miliardi di euro per gli investimenti privati *early stage*. Nello specifico si intende incentivare investimenti privati su tecnologie

⁷⁰ http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/impresa_%2040_19_settembre_2017.pdf

e beni “I 4.0”, aumentare la spesa pubblica in ricerca, sviluppo e innovazione e rafforzare finanza di supporto e nuove start-up.

2) “Competenze”: si intende dare slancio alla diffusione della cultura “I 4.0” attraverso vari programmi quali “Scuola Digitale” e “Alternanza Scuola Lavoro”, sviluppare le competenze 4.0 attraverso Istituti Tecnici Superiori, percorsi Universitari dedicati, finanziare la ricerca potenziando i dottorati ed i Cluster, creare “*Centri di Competenza*” e *Digital Innovation Hub*.

3) “Infrastrutture abilitanti”: gli obiettivi prevedono di garantire a tutte le imprese italiane una connessione veloce ad almeno 30 Mbps e ad almeno il 50 % di esse, a 100 Mbps. In tal senso un limite forte da superare deriva dal fatto che circa il 70 % delle imprese è situato in aree nelle quali è presente un unico fornitore di connessione a banda larga, di fatto poco propenso ad investire nel potenziamento infrastrutturale. Per superare questo limite, sono stati destinati investimenti aggiuntivi di circa 3 miliardi per la diffusione capillare della larga banda.

4) “Strumenti pubblici di supporto”: tali strumenti intendono accompagnare grandi investimenti innovativi, garantire e stimolare investimenti privati, rafforzare e innovare il presidio di mercati internazionali e supportare lo scambio salario-produttività attraverso la contrattazione decentrata aziendale. Questo, tra l’altro, anche attraverso il rafforzamento del Fondo Centrale di Garanzia, agevolazioni fiscali per investimenti in startup e PMI innovative, programmi ad hoc rivolti agli acceleratori d’impresa, sostegno ai brevetti ad alto contenuto tecnologico e fondi di VC dedicati.

Il “Piano Nazionale Industria 4.0” è, nonostante tutto, la prima vera iniziativa di politica industriale in Italia da oltre 30 anni e, pur con la necessaria prudenza, può fornire gli strumenti per contribuire a creare ed amplificare gli effetti nella nostra economia derivanti dalla applicazione delle nuove logiche alla nostra industria.

Da una ricerca condotta dell'Osservatorio Industria 4.0 della “School of Management” del Politecnico di Milano⁷¹ che ha riguardato circa 250 imprese monitorate nel primo semestre del 2017, il “Piano Nazionale Industria 4.0” ha significativamente contribuito a:

“A) aumentare il livello di conoscenza su Industria 4.0: su un campione di circa 250 imprese manifatturiere, solo l'8% dichiara di non conoscere il tema (nel 2016 questo dato era il 38%), il 41% ha letto articoli online, il 32% ha partecipato ad eventi sull'argomento

⁷¹ www.osservatori.net

e il 28% sta valutando di fare qualcosa, mentre un altro 28% ha già avviato l'adozione di soluzioni;

B) Sono più di 800 le applicazioni 4.0 dichiarate dalle imprese rispondenti all'indagine. Le applicazioni già adottate da ciascuna azienda, soprattutto su tecnologie di Industrial IoT e Industrial Analytics, è in media di 3,4 con una situazione in realtà molto differenziata: il 25% delle imprese più attive ne ha almeno 5 mentre l'ultimo 25% ne ha avviata una o nessuna;

C) Risulta buona la conoscenza del Piano Nazionale Industria 4.0: solo il 16% delle imprese del campione non ne conosce le misure. Tra chi lo conosce, il 52% ha deciso di usufruire del superammortamento al 140%, il 36% dell'iperammortamento al 250%, mentre il 29% utilizzerà il credito di imposta per ricerca e sviluppo. Il 7% compirà investimenti in startup. Nel complesso, il 73% delle imprese investirà in beni strumentali, il 61% in beni immateriali, il 43% in dispositivi di Advanced HMI o soluzioni di ergonomia-sicurezza e il 30% in sistemi per l'assicurazione della qualità-sostenibilità;

D) Un quarto delle imprese approfitterà delle agevolazioni del Piano investendo oltre un milione di euro: nel dettaglio, il 17% dichiara di voler investire fino a 300 mila euro, l'8% tra 300 e 500mila euro, il 7% tra 500mila e 1 milione di euro, un altro 7% tra 1 e 1,5 milioni di euro, il 6% tra 1,5 e 3 milioni di euro, il 13% oltre 3 milioni di euro. Emergono anche alcune indicazioni per avvicinare il Piano ai bisogni delle imprese: in particolare, il 29% suggerisce incentivi per corsi di formazione 4.0 e il 25% incentivi per le assunzioni necessarie a colmare il gap di competenze.

“Il Piano Nazionale” sta quindi svolgendo un duplice ruolo di acceleratore della trasformazione 4.0 da un lato contribuendo a diffondere maggiore conoscenza del tema, dall'altro mettendo in moto un meccanismo virtuoso di investimenti privati e di crescita dei consumi⁷²”.

Secondo Sergio Terzi - Direttore dell'Osservatorio Industria 4.0⁷³ - *“Per cogliere davvero la sfida dell'Industria 4.0, le aziende devono assolutamente dotarsi delle necessarie competenze, rivedendo strategie e pratiche di selezione, assunzione e sviluppo delle risorse umane, ma anche i piani di formazione, le reti di collaborazione”*.

La “sfida italiana” con Industria 4.0 appare quindi decisamente orientata alla valorizzazione del tessuto imprenditoriale nelle sue dimensioni “artigianale” e creativa,

⁷² <https://www.imprenditori.it/2017/06/27/lindustria-4-0-italiana-vale-17-miliardi-euro/>

⁷³ <https://www.corrierecomunicazioni.it/industria-4-0/industria-40-in-italia-mercato-vale-2-miliardi-mancanza-all-appello-l-effetto-calenda/>

grazie agli incentivi ed alle misure di sostegno messi a disposizione ed all'utilizzo delle tecnologie digitali rese fruibili ed applicabili, specie alle PMI, dalle università in ambiti opportunamente strutturati e di fondamentale importanza quali i "Centri di Competenza".

Nello specifico i "Competence Center" sono strutture affidate al coordinamento di alcuni atenei e centri di ricerca con l'obiettivo di diventare centri di eccellenza tecnologica in grado di aiutare le imprese nella trasformazione digitale e a trarre il massimo dei vantaggi dalla quarta rivoluzione industriale. La partecipazione delle aziende all'interno dei "Competence Center" è infatti prevista con la formula del partenariato pubblico-privato.

Anche se in ritardo di circa otto mesi, è finalmente arrivato al traguardo il decreto di attuazione dei "Competence Center" del piano Industria 4.0 il cui testo è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 6 del 9 gennaio ed alla fine di gennaio 2018 è stato pubblicato il bando online⁷⁴, le cui domande di partecipazione possono essere presentate dal 1 febbraio al 30 aprile 2018. Occorreranno comunque diversi mesi prima di vedere all'opera il primo centro italiano concepito come "risposta" al modello tedesco dei Fraunhofer. Ora infatti bisognerà effettuare le selezioni delle università e le imprese partner (si pensa a un avviso pubblico per manifestazione di interesse) che il bando di gara del Ministero dello Sviluppo dovrà individuare con procedura negoziale (poli pubblico-privato). Il bando del Mise prevede con una novità rilevante rispetto alle attese: le risorse statali a disposizione salgono da 30 a 40 milioni.

Tre gli obiettivi principali dei Competence Centre: orientamento alle imprese, in particolare alle PMI, sui temi della digitalizzazione industriale; formazione (in aula, sulla linea produttiva e su applicazioni reali); attuazione dei progetti di innovazione e ricerca proposti dalle imprese e fornitura di servizi di trasferimento tecnologico in ambito Industria 4.0.

Ai "Competence Center" selezionati saranno assegnati fondi pubblici per un massimo di 7,5 milioni di finanziamento (contributi diretti alla spesa) per singolo Polo, con questa ripartizione: 65% per costituzione e avvio dell'attività e 35% per i progetti (per un importo massimo di 200mila euro).

La dote più corposa (40 milioni rispetto ai 30 preventivati), potrebbe consentire il decollo da un minimo di 6 a un massimo di 8 "Competence Center" in tutta Italia. Tra i candidati ci sono i tre Politecnici (Milano, Torino e Bari), l'Università di Bologna, il

⁷⁴ <http://www.mise.gov.it/index.php/it/198-notizie-stampa/2037664-online-il-bando-per-la-costituzione-dei-centri-di-competenza-ad-alta-specializzazione>

Sant'Anna di Pisa (in partnership con la Normale), l'Università di Genova, la "Federico II" di Napoli e la rete degli atenei veneti guidati da Padova.

Si noti che, a parte "Federico II" e Politecnico di Bari, al momento mancano Università delle aree più a Sud della Penisola e che la ripartizione dei fondi pubblici riserva solo un terzo ai potenziali progetti di innovazione per un massimo di 13-15 progetti attivabili per ogni "Competence Centre".

I progetti dovranno dimostrare un livello di maturità tecnologica medio alto (da 5 a 8) secondo la scala «TRL⁷⁵» (Technology Readiness Level) la stessa utilizzata per i progetti che partecipano ai bandi Ue "*Horizon 2020*".

Come emerso dai risultati di varie analisi comparative svolte fra i dati italiani e quelli dei Paesi Europei più avanzati (es. AIRI⁷⁶), il nostro Paese non rientra tra quelli che negli ultimi anni hanno investito maggiormente in innovazione e tecnologia e questo emerge anche dal basso livello di professionisti impiegati nei settori ad alto contenuto scientifico e tecnologico oltre che dai risultati prodotti dai manager nostrani.

È opinione comune che l'Italia, sebbene non sia riuscita a sfruttare appieno le potenzialità nelle precedenti rivoluzioni industriali, con l'implementazione efficace delle politiche di cui in precedenza si è accennato, potrebbe recuperare questa lacuna cogliendo le opportunità offerte dalla rivoluzione attualmente in corso.

Se tali opportunità non dovessero essere colte, gli effetti negativi prodotti in conseguenza dalla diffusione dell'automazione e delle nuove tecnologie potrebbero amplificarsi impattando negativamente sia sul piano socio-economico che su quello sociale.

Circa l'impatto sull'occupazione e, più in generale sulla struttura economica, nel nostro Paese uno dei settori più impattati dalla nuova ondata di innovazione tecnologica è quello bancario, specialmente per via del processo di digitalizzazione che ha interessato tutto il comparto, riducendo la necessità delle filiali e quindi del personale impiegato.

Sul piano occupazionale nel **settore bancario** è stato registrato negli ultimi anni un graduale declino del numero di filiali e del numero di occupati, anche grazie alla nascita di nuove applicazioni che permettono lo svolgimento di operazioni attraverso i sistemi di internet banking e i dispositivi smartphone connessi a Internet.

⁷⁵ http://www.imc.cnr.it/iter/?page_id=71

⁷⁶ <http://www.airi.it/area-download/rsdatistatistici/>

Negli ultimi anni il tema dei tagli al personale bancario è divenuto un caso mediatico. Tra il 2011 e il 2016 si è verificata una importante riduzione degli occupati, passati da circa 316.000 a 298.000 (con una riduzione del 5,5%).

Secondo i dati della Banca Mondiale⁷⁷, tra il 2005 e il 2008 il numero di filiali bancarie ogni 100.000 abitanti aumentava ad un tasso medio annuo pari al 5%. Al contrario in Paesi come la Germania e il Regno Unito queste erano già in contrazione ad un tasso medio annuo rispettivamente del -10% e -4%. Dal 2008 al 2015 anche in Italia si è verificato un calo complessivo del numero di filiali bancarie ogni 100.000 abitanti con un tasso medio annuo pari al -3,3%.

Secondo l'ultima Relazione Annuale della Banca d'Italia⁷⁸, il trend relativo alla diminuzione del numero di filiali è stato confermato anche nel 2016, anno in cui si sono ridotte di 29.000 unità (pari al -4,1% rispetto al 2015 e al -15% rispetto al 2008).

Banca d'Italia ha evidenziato che nel 2016 la diffusione dei canali distributivi digitali è aumentata: il numero di famiglie che ha avuto accesso ai servizi di banca on-line è stato pari al 62%, mentre il 54% delle famiglie ha potuto effettuare operazioni dispositive (in entrambi i casi un aumento di +3 punti rispetto al 2015). Alla fine del 2016 il 30% degli intermediari intervistati dalla Banca d'Italia ha dichiarato di aver avviato progetti volti al miglioramento dell'utilizzo dei Big Data per supportare i servizi ai consumatori e migliorare gli aspetti legati alla "customer experience".

In parte anche la diffusione delle piattaforme digitali per la gestione dei conti correnti e la disposizione di operazioni tradizionalmente gestite in filiale con il supporto di un operatore (bonifici e versamenti, attivazione carte di credito/debito e ricarica) ha contribuito alla riduzione degli occupati e delle filiali. Vengono così modificate le condizioni di fruizione del servizio, con un cliente sempre più attivo su piattaforma digitale e sportelli sempre meno affollati.

Nei prossimi anni diversi istituti bancari hanno annunciato una ulteriore riduzione del personale, con più di 20.000 tagli attualmente preventivati.

Una possibile risposta a tale evenienza, potrebbe essere rappresentata dalla riconversione degli addetti allo sportello, da semplici impiegati bancari a consulenti, come dichiarato dalla Federazione Autonoma Bancari Italiani⁷⁹.

⁷⁷ <http://www.worldbank.org/>

⁷⁸ <http://www.bancaditalia.it/>

⁷⁹ <http://www.fabi.it/>

Un altro settore fortemente impattato dall'automazione è quello **del turismo, degli operatori turistici e delle agenzie di viaggio** e tutto ciò a causa dello sviluppo di diverse piattaforme web che negli ultimi anni hanno modificato le abitudini dei consumatori eliminando di fatto la necessità di un intermediario per l'incontro tra domanda e offerta.

In base ai dati dell'Osservatorio Nazionale del Turismo⁸⁰, il numero di agenzie di viaggio dal periodo pre-crisi ad oggi è passato da circa 12.000 a 8.500 su tutto il territorio nazionale. La riduzione degli esercizi è in parte spiegata dalla diffusione di piattaforme web che permettono agli utenti di organizzare facilmente viaggi di lavoro e di piacere, senza la necessità di ulteriori intermediazioni.

Tra queste piattaforme, www.eDreams.it e www.skyscanner.it, nate rispettivamente nel 1999 e 2011, hanno di fatto portato sempre più persone ad acquistare autonomamente soluzioni di viaggio, prenotare voli e hotel, noleggiare auto e acquistare altri servizi turistici. Anche la piattaforma www.booking.com, nata nel 1996 nei Paesi Bassi, ha visto negli ultimi anni una diffusione sempre maggiore ed è diventata leader globale nell'ambito della prenotazione di hotel e altre soluzioni di alloggio, estendendo la propria presenza in 70 Paesi e creando oltre 15.000 posti di lavoro.

Un altro caso di *disruption* è rappresentato dalla nascita della piattaforma www.airbnb.it, che dal 2008 ha ampliato la tradizionale offerta di soluzioni di alloggio per turisti e business traveller, andando a competere anche con alberghi e agenzie. Oggi sulla piattaforma sono presenti circa 2,2 milioni di appartamenti locabili in 34.000 città diverse, mentre gli utenti sono pari a 90 milioni. Nel 2017 Airbnb ha raccolto 850 milioni di dollari in finanziamenti e la sua capitalizzazione è arrivata a 30 miliardi di dollari, seconda solo a quella del gruppo Marriott's, uno dei maggiori player nel settore (valutato 39 miliardi di dollari).

Anche nel settore turistico quindi, le piattaforme digitali hanno di fatto preso il sopravvento sui tradizionali modelli di business diventando punto di riferimento primario per l'organizzazione di viaggi e soggiorni.

⁸⁰ <http://www.ontit.it/ont/>

3.3.1. Una curiosità: da Torino 4.0 in 5G a Las Vegas

Torino è da sempre “città pioniere” delle nuove tecnologie.

Infatti un accordo fra Comune e TIM ha permesso di sperimentare nel 2017 la tecnologia di connessione internet 5G con l’obiettivo, entro l’anno in corso, è quello di riuscire a connettere 3000 utenti e successivamente creare la prima rete commerciale.

L’Italia, inoltre, è tra i principali Paesi produttori di macchine utensili e potrà diventare un Paese leader nella costruzione di robot, anche se, come abbiamo visto, i robot tedeschi e nipponici attualmente “*fanno da padrone*”. In tal senso vorrei citare quella che appare una semplice, forse banale, curiosità utile per affrontare il secondo tema di questo lavoro, ovvero “le nuove professioni 4.0”.

Dopo “*Hunova*”, il robot fisioterapista Made In Italy di Movendo Technology⁸¹, è nato di recente anche il “*Bar Tender*” di Makr Shkr⁸², azienda torinese specializzata nella realizzazione di sistemi robotici.

Al momento è possibile vedere all’opera questa tecnologica solo al “*Tipsy Robot*⁸³” di Las Vegas (v. fig. 10), un cocktail bar all’interno del quale si possono effettuare le ordinazioni tramite un menu su iPad. A preparare il drink ordinato sarà proprio uno dei robot Made In Italy della Makr Shkr: dotati di braccia che simulano alla perfezione i movimenti di un bar tender, mixano, shakerano e guarniscono quanto ordinato con risultati equiparabili a quelli di un professionista di settore.

Meglio conosciuti come “*Galactic Ambassadors*”, questi robot sono in grado di preparare fino a un massimo di 120 cocktail all’ora ed i clienti possono sapere in anticipo il momento esatto in cui la loro ordinazione verrà servita al tavolo.

⁸¹ <http://www.movendo.technology/>

⁸² <http://www.makrshkr.com/>

⁸³ <http://thetipsyrobot.com/>



Figura 10

3.4. Un breve sguardo agli aspetti della ecosostenibilità 4.0

Le nuove filosofie produttive, per quanto finora detto, porteranno anche ad un più efficiente utilizzo dell'energia specie nelle attività di produzione di beni e servizi come conseguenza della gestione ottimale dei carichi di consumo ed una riduzione delle dispersioni nelle reti e nei macchinari.

La quarta rivoluzione industriale, quindi, non è solo caratterizzata dalla massiccia adozione delle tecnologie digitali ma anche da forti impatti innovativi nel settore energetico il quale svolgerà, senza dubbio, un ruolo fondamentale e propulsivo evolvendo verso logiche sempre più "green".

Negli ultimi anni, ha sottolineato l'ex vicepresidente degli Stati Uniti Al Gore, da sempre impegnato nelle tematiche ambientali, c'è stata *“una splendida crescita delle energie rinnovabili ed un forte calo del loro costo”*. Una tendenza che proseguirà nel 2018 e che, ha concluso, *“continuerà fino al punto in cui sarà la fonte più economica di energia elettrica a disposizione di tutti, in tutto il Mondo”*.

L'innovazione e la tecnologia sono in effetti elementi trainanti della sostenibilità ambientale.

La digitalizzazione e la rilocalizzazione hanno forti impatti sulle infrastrutture di approvvigionamento, produzione e distribuzione delle fonti energetiche.

Come ben noto, alcuni fra i principali obiettivi dell'ormai ventennale "protocollo di Kyoto⁸⁴" per la salvaguardia dell'ambiente sono: la riduzione delle emissioni di anidride carbonica per contrastare i cambiamenti climatici, l'uso razionale delle risorse naturali, il recupero e riutilizzo massivo dei materiali di scarto.

In tal senso esistono numerose iniziative imprenditoriali che, per esempio, si concentrano su tecniche e sistemi che utilizzino meno risorse oppure sul monitoraggio finalizzato al risparmio delle stesse.

A tale riguardo e a solo titolo di esempio alcune aziende italiane (es. Algebra⁸⁵) hanno realizzato dispositivi integrabili per monitorare, valutare, adeguare, correggere, condividere e pianificare, le risorse in ottica di migliorare la sostenibilità ambientale delle aziende 4.0.

Tale sistema, chiamato "Sistema di Gestione della Sostenibilità 4.0" (SGS 4.0), monitora e classifica le specifiche componenti locali di impatto e rischio, individuando le migliori soluzioni sito-specifiche, impiegando tecniche di *big data analysis* come strumento di analisi e supporto per la prevenzione dei rischi ambientali, l'adempimento degli obblighi di conformità (autorizzativi/legislativi), la gestione dei piani di monitoraggio prescritti in fase autorizzativa e l'efficientamento complessivo dell'intero sistema.

⁸⁴ https://www.kyotoclub.org/prossimi-eventi/2018-feb-16/cambiamenti-climatici-politiche-di-mobilita-e-qualita-dell-aria-nelle-grandi-citta-italiane/docId=7323?gclid=EAIaIQobChMIrLvCxqGF2QIVArgbCh2DAQxkEAAYASAAEgI56vD_BwE

⁸⁵ <http://www.algebrasrl.com/sistema-di-gestione-della-sostenibilita-40>

CONCLUSIONI

L'automazione e la sostituzione uomo-macchina non sono fenomeni nuovi, ma sono stato ampiamente sperimentato durante le prime tre rivoluzioni industriali, analizzate nel presente lavoro alla ricerca di indicazioni utili sull'evoluzione e sulle conseguenze della quarta rivoluzione in atto.

La prima rivoluzione industriale dispiegò i suoi effetti su tutti i principali settori dell'economia inglese, dal settore tessile a quello dei trasporti e alle comunicazioni. Ciò che diede avvio alla rivoluzione fu certamente il passaggio da una produzione basata sulla sola forza lavoro, all'introduzione delle prime macchine a vapore capaci di lavorare autonomamente i filamenti di lana e cotone.

Nel 1769, Richard Arkwright, fu uno dei primi uomini inglesi ad ottenere un brevetto per un'opera di ingegno e, in particolare, per un prototipo di filatoio interamente mosso dalla forza idrica, macchinario ben superiore a livello tecnologico rispetto alla prima macchina per maglieria, inventata da William Lee al quale, tuttavia, la Regina Elisabetta aveva negato un brevetto ritenendolo uno strumento che avrebbe avuto un impatto negativo sull'occupazione e sul benessere della popolazione.

Contestualmente, all'inizio del 1800, il timore per le conseguenze dell'innovazione tecnologica portò alla nascita di un movimento popolare contrario all'utilizzo dell'automazione da parte delle aziende, il Luddismo. L'evento più emblematico associato a tale movimento fu la distruzione di un elevato numero di telai automatici nelle diverse aziende operanti nella zona di Nottingham, area in cui la diffusione di questa tecnologia non aveva ancora raggiunto il suo picco.

Il 20 marzo del 1812 il Parlamento inglese introdusse la pena di morte per chiunque avesse provocato un danno ad una macchina impiegata nella produzione tessile.

Contrariamente a quanto temuto dalla popolazione, il benessere crebbe, la popolazione inglese aumentò del 200%, passando da 6,7 a 20,1 milioni di persone, una parte consistente della forza lavoro (pari all'11% degli occupati) trovò impiego in attività relative alla produzione di stoffe e filati e l'output pro-capite di materie prime agricole ebbe un aumento consistente di circa il 45%, in parte spiegato dall'aumento della produttività, del potere di acquisto e, in generale, del benessere.

I benefici dovuti all'innovazione tecnologica si sono poi consolidati, protratti nel tempo ed amplificati dalle rivoluzioni seguenti, avvenute a cavallo del XIX e del XX

secolo (1860-1910 per la seconda rivoluzione industriale, 1960-2000 per la terza rivoluzione industriale).

L'avvio della seconda rivoluzione industriale coincide con l'introduzione dell'elettricità, che ha migliorato la qualità della vita delle persone e ha permesso di effettuare progressi tecnologici incredibili in vari campi. Inoltre, a questo periodo storico, si fa risalire lo sviluppo dei prodotti del settore petrolifero con la diffusione delle auto a benzina, l'espansione dei settori chimico e farmaceutico e l'evoluzione delle telecomunicazioni con la diffusione del telefono che apriva scenari allora impensabili sui nuovi "modi di comunicare".

Dopo circa 50 anni dalla fine della seconda rivoluzione industriale, dal 1960 al 2000 il mondo è entrato in un nuovo periodo di grande sviluppo che ha visto la nascita e la diffusione dell'elettronica e dell'informatica con i primi personal computer. Inoltre, a questo periodo storico risalgono alcune delle innovazioni tecnologiche più importanti degli ultimi decenni, ovvero Internet, il world wide web e le tecnologie di telecomunicazione senza fili.

La nascita di Internet da un lato ha generato nuove modalità di comunicazione che hanno aumentato lo scambio di informazioni tra individui fuori e dentro i contesti aziendali e dall'altro ha ridotto le tempistiche necessarie per l'accesso a dati ed informazioni utili allo svolgimento di determinate professioni specie nella ricerca e sviluppo della innovazione.

Da quanto sinora esposto, appare evidente che la "quarta rivoluzione industriale", o "I 4.0" o "Manifattura 4.0", sta causando, ma anche preannunciando, cambiamenti sostanziali in ogni ambito e molti "modi di essere e di fare", molte professioni e la stessa distribuzione della ricchezza, assumerà forme e contenuti diversi dagli attuali, forse ancora non tutti ancora immaginabili.

La "manifattura digitale" rappresenta di certo una sfida che, se opportunamente sfruttata, porterà nuove opportunità, ma anche possibili periodi di transizione traumatici, in quanto l'implementazione dell'automazione, di fatto, elimina fasi della produzione e della amministrazione in cui il contributo umano era finora essenziale, se non insostituibile. Il vero impatto avverrà sul modo stesso di vivere dei singoli e nel sociale, poiché le macchine saranno presenti e dialogheranno fra loro e con noi non solo in fabbrica ma nel vivere quotidiano.

Le macchine meccaniche, pneumatiche, elettroniche ed ora i robot, “intelligente miscuglio di tutto”, hanno da tempo conquistato un ruolo predominante nella produzione di beni ma la “vera rivoluzione 5.0” sarà social e avverrà nelle case, in città, per le strade.

Non manca molto perché tutto sia ‘invaso’ da robot e da strani dispositivi, forse anche umanoidi che dialogano fra loro “spiandoci”.

L’evoluzione digitale nei processi produttivi non sta mettendo solo a rischio posti di lavoro per ora nei settori cosiddetti tradizionali come industria, agricoltura, commercio e, in un futuro non particolarmente remoto, anche nella salute, istruzione e nei “servizi alla persona”, ma sta profondamente mutando il concetto stesso di lavoro e del vivere quotidiano.

In tale direzione lo scenario futuro fa emergere, in senso generale, organizzazioni poliedriche senza confini, caratterizzati dalla flessibilità del lavoro e possibili difficoltà nell’interpretarne i cambiamenti da parte dei lavoratori.

Mutamenti nei rapporti che richiederanno un diverso approccio nell’apprendimento da parte di ogni individuo, l’apertura verso nuove conoscenze e tecnologie,.

Questi cambiamenti sociali e nel mondo del lavoro stanno avvenendo “dal basso”, con le tecnologie, la nascita di coworking, delle FabLab e così via, e manifestano una maggiore evoluzione della società civile rispetto agli stessi attori che la rappresentano.

Si auspica una società maggiormente responsabile e consapevole che sappia porre al centro del dibattito sociale una nuova visione del lavoro, considerato non esclusivamente come una “merce da acquistare e scambiare”, ma come mezzo di espressione della propria creatività, che necessita di istituzioni che supportino e valorizzino il capitale umano e le sue idee innovative.

Si tratta di un importante cambiamento culturale all’interno di un mondo sempre più multirazziale e globalizzato, che si sta aprendo, forse, a un “nuovo umanesimo”.

Bibliografia

- Andreatta R., *La seconda rivoluzione industriale*, IPRASE, 2013.
- Assante F. et al, *Storia dell'economia mondiale*, Monduzzi, Bologna, 2000.
- Battilossi S., *Le rivoluzioni industriali*, Carocci, Roma, 2002.
- Beltrametti L. et al., *La fabbrica connessa. La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, goWare & Edizioni Guerini e Associati, 2017.
- Boaretto S., *2080. L'alba delle macchine*, Youcanprint, 2017.
- Buyya R., Dastjerdi A.V., *Internet of Things*, Elsevier, 2016.
- Cameron R., Neal L., *Storia economica del mondo*, il Mulino, Bologna, 2002.
- Caroselli M.R., I fattori della seconda rivoluzione industriale, in «Economia e storia», Verona, Bellomi, 1978, Corona G., *La rotazione di Norfolk e la questione meridionale*, Guida Editori, 2010.
- Catlett C., Gentsch W., Grandinetti L., *Cloud Computing and Big Data*, IOS Press, 2013.
- Cristoforetti G., Lodi G., *Human Revolution: Quarta rivoluzione industriale e innovazione sociale*, Imprimatur editore, 2017.
- De Simone E., *Storia economica. Dalla rivoluzione industriale alla rivoluzione informatica*, Milano, FrancoAngeli, 2014,
- Di Taranto G, *La globalizzazione diacronica*, Giappichelli, 2013.
- G. Di Taranto, *Dalle infrastrutture materiali di comunicazione alle reti immateriali di connessione* in C.B. Lopez et al. (a cura di), *Vie e mezzi di comunicazione in Italia e Spagna in età contemporanea*, Rubbettino, Soveria Mannelli, 2013.
- Giardina A. et al., *L'età moderna*, Laterza, Bari, 2001.
- Gilchrist A., *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*, Apress, 2016.
- Greengard S., *The Internet of Things*, MIT Press, 2015.
- Günther A., *Sulla distruzione della vita nell'epoca della terza rivoluzione industriale*, in Id. (a cura di), *L'uomo è antiquato*, Torino, Bollati Boringhieri, 2007.
- Ippolito R., *La terza rivoluzione industriale*, Pacini Editore, 2016.

- Maddison A., *L'economia mondiale dall'anno 1 al 2030. Un profilo quantitativo e macroeconomico*, Milano, 2008.
- Magone A., Mazali T., *Industria 4.0. Uomini e macchine nella fabbrica digitale*, goWare & Guerini e Associati SpA, 2016.
- Malanima P., *Uomini, risorse, tecniche nell'economia europea dal X al XIX secolo*, Pearson, 2003.
- Morel L., Le Roux S., *Fab Labs: Innovative User*, John Wiley & Sons, Jun 16, 2016.
- Rifkin J., *La terza rivoluzione industriale*, Mondadori, 2011.
- Sabbatucci G., Vidotto V., *Storia contemporanea. L'Ottocento*, Laterza, Bari, 2006.
- Schwab K., *La quarta rivoluzione industriale*, FrancoAngeli, 2016.
- Segantini E., *La nuova chiave a stella. Storie di persone nella fabbrica del futuro*, goWare & Edizioni Guerini e Associati, 2017.
- Sher, Marinoni D., *Stampa 3D: Tutto quello che c' e' da sapere sull' unica rivoluzione possibile*, HOEPLI, 2015.
- Singer C.et al., *Storia della tecnologia*, Bollati-Boringhieri, 1992 , vol. 4.
- Temporelli M., Colorni F., Gamucci B., *4 punto 0: Fabbriche, professionisti e prodotti della Quarta rivoluzione industriale*, HOEPLI, 2017.
- Tripathy B.K., Anuradha J., *Internet of Things (IoT)*, CRC Press, 2017.
- Vecchi A., *Reshoring of Manufacturing: Drivers, Opportunities, and Challenges*, Springer, 2017.
- Zongmin M., *Managing Big Data in Cloud Computing Environments*, IGI Global, 2016.

Sitografia

www.acatech.de

www.agendadigitale.eu

www.ambrosetti.eu

www.apriorit.com

www.assinform.it

www.assodigitale.it

www.bancaditalia.it

www.bmbf.de

www.businessinsider.com

www.cba.mit.edu

www.corrierecomunicazioni.it

www.corriere.it

www.ec.europa.eu/

www.gei.it

www.ilfoglio.it

www.imc.cnr.it

www.istat.it

www.industriaitaliana.it

www.mise.gov.it/

www.oxfordmartin.ox.ac.uk

www.reshoring.eurofound.europa.eu

www.sharemind.eu

www.sviluppoeconomico.gov.it

www.theguardian.com

www.worldbank.org