

Dipartimento di Impresa e Management

Cattedra di Dinamiche Industriali

INDUSTRIA 4.0:
Implicazioni lavoristiche della Quarta
rivoluzione industriale

Prof.ssa Valentina Meliciani

RELATORE

Prof.ssa Francesca Lotti

CORRELATORE

Matr. Andrea Merlo 697841

CANDIDATO

Anno Accademico 2019/2020

INDICE

PREFAZIONE ; 8

CAPITOLO I: INTRODUZIONE ; 12

1.1 INTRODUZIONE ; 12

CAPITOLO II: CARATTERISTICHE DELL'INDUSTRIA 4.0 ; 16

2.1 LE TECNOLOGIE ABILITANTI ; 16

2.2 LE SFIDE, LE OPPORTUNITÀ E I RISCHI ; 18

CAPITOLO III: LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE ; 24

3.1 COMPARAZIONE CON LE PRECEDENTI RIVOLUZIONI INDUSTRIALI , 24

3.1.1 Introduzione al dibattito lavoristico ; 24

3.1.2 Principali prese di posizione nei confronti del progresso tecnologico ; 25

3.1.3 Cenni Storici: Dalla Prima alla Quarta rivoluzione Industriale ; 31

1. La Prima rivoluzione industriale ; 32

2. La Seconda rivoluzione industriale ; 33

3. La Terza rivoluzione industriale ; 35

3.1.4 L'evoluzione del lavoro nelle diverse rivoluzioni Industriali ; 39

1. Divisione del lavoro/qualità del lavoro quanto a contenuti di professionalità ; 39

2. Natura giuridica del rapporto di lavoro (contratto individuale/collettivo) ; 40

3. Stabilità del rapporto di lavoro ; 41

4. Rapporto tra tempo di lavoro e tempo libero (o tempo di vita) ; 41

5. Rappresentanza e dialettica degli interessi ; 42

6. Welfare/legislazione sociale ; 42

7. *Distribuzione del reddito ; 43*

3.1.5 Comparazione con la Quarta rivoluzione industriale ; 43

3.2 IL CONTESTO ECONOMICO-TECNOLOGICO INTERNAZIONALE 4.0 ODIERNO ; 44

3.2.1 Paesi leader e laggards ; 45

3.2.2 Quarta rivoluzione industriale a quattro velocità ; 52

3.2.3 Industria 4.0 come catalizzatore del reshoring ; 55

3.2.4 Germania: non una rivoluzione, ma un'evoluzione ; 57

3.2.5 Breve esposizione degli altri piani 4.0 ; 62

3.2 ITALIA: TRA PIANO NAZIONALE INDUSTRIA 4.0 E IMPRESA 4.0 ; 65

3.3.1 Situazione di partenza ; 65

3.3.2 Obiettivi e metodologia ; 66

3.3.3 Primi risultati e migliorie necessarie ; 70

CAPITOLO IV: GLI IMPATTI SUL MERCATO DEL LAVORO ; 74

4.1 INDUSTRIA 4.0 E DISOCCUPAZIONE TECNOLOGICA ; 74

4.1.1 Introduzione al dibattito lavoristico 4.0 ; 74

4.1.2 The future of employment ; 75

1. *Introduzione al lavoro di Frey e Osborne ; 75*

2. *La metodologia seguita ; 78*

3. *I risultati ottenuti ; 80*

4. *Gli studi seguenti a firma di Frey e Osborne ; 82*

5. *Le critiche alla metodologia processuale ; 82*

4.1.3 Altri studi sulla disoccupazione tecnologica ; 85

4.2 GLI ALTRI EFFETTI DELL'INDUSTRIA 4.0 SUL LAVORO ; 86

1. *Creazione di nuove figure professionali ; 86*

2. *Skill mismatch, skill gap e skill shortage ;87*

3. *Aumento della flessibilità ; 88*
4. *Aumento della polarizzazione ; 88*

CAPITOLO IV: CONCLUSIONI ; 90

CONCLUSIONI ; 90

RIASSUNTO ; 93

RIASSUNTO ; 93

APPENDICI ; 102

BIBLIOGRAFIA ; 108

Prefazione

Viviamo in un momento storico di cruciale importanza sia dal punto di vista sociale che tecnologico. Il ritmo a cui l'innovazione tecnologica procede è pressoché esponenziale¹.

E sebbene questo termine venga spesso utilizzato in maniera impropria, non sembrerebbe essere questo il caso.

Nel tentativo di far comprendere il fatto che l'incidenza che la tecnologia avrà sulle nostre vite sarà sempre più elevata, Ray Kurzweil (2005) ha ripreso un'antica leggenda orientale riguardante la diffusione degli scacchi nell'antico Egitto.

Quest'antico racconto risale al periodo delle origini del gioco e divenne particolarmente nota nel Medioevo con il nome di *Duplicatio scacherii*².

Secondo la leggenda, il gioco, ideato probabilmente in Cina, iniziò a diffondersi ben presto anche in Persia, dove divenne in poco tempo molto popolare.

¹ Tra gli economisti ed informatici che hanno tentato di stabilire quale sia il percorso che sta seguendo il tasso d'innovazione tecnologica vi è una minoranza che non concorda in toto con questa posizione (Foster, 1986; Richards, 1959). Potrebbe essere altresì valida l'ipotesi secondo la quale il tasso d'innovazione tecnologica sia rappresentazione di una funzione Sigmoidea (curva ad "S"), la quale solo in una prima fase rassomiglia un andamento esponenziale. Un esempio di quanto fornito lo si può trovare nella celeberrima legge di Moore (co-fondatore di Intel). La legge, formulata nel 1965, affermava che *“La complessità di un microcircuito, misurata ad esempio tramite il numero di transistor per chip, raddoppia ogni dodici mesi (nel 1975 ulteriori studi empirici hanno dimostrato che i mesi necessari per il raddoppio sono diciotto)”*, ma, già nel ventesimo secolo, si iniziò a intravedere la fine del periodo di validità della legge.

Brian Krzanich, CEO di Intel, ha dichiarato che, per via di limitazioni fisiche relative alla riduzione delle dimensioni dei transistor, dal 2010 la velocità di queste migliorie è calata drasticamente, al punto che, oggi, la complessità di un microcircuito raddoppia ogni quattro anni (Haviland, 2015; Berman e Dorrier, 2016)

Tuttavia, vi sono altri numerosi esempi, riportati da Kurzweil in *The Singularity is near* (2005), che dimostrerebbero la validità della teoria secondo la quale le innovazioni tecnologiche, ma anche biologiche, seguano una crescita esponenziale; si prenda ad esempio la capacità di memorizzazione di dati su supporti magnetici, la capacità di sequenziamento del DNA, i device wireless (rapporto prezzo-performance) e molti altri ancora nei campi più disparati.

² Dante citò questa leggenda nella Divina Commedia per far comprendere al lettore la grandezza del numero di angeli presenti in paradiso:

*L'incendio suo seguiva ogni scintilla;
ed eran tante, che 'l numero loro
più che 'l doppiar de li scacchi s'inmilla*

Ogni Spirito Angelico rimaneva nel suo cerchio,
ed erano tanti che il loro numero
ascende a molte migliaia, ancora più che il numero_
_che si ottiene raddoppiando via via le caselle degli scacchi

Paradiso, XXVIII, 91-93

Quando l'ambasciatore persiano si recò in Egitto, venne a sapere che il Faraone trascorreva le proprie giornate nell'ozio e nella noia, e aveva quindi dichiarato che avrebbe espresso qualsiasi desiderio di colui che fosse stato in grado di presentargli un gioco in grado di divertirlo nuovamente.

L'ambasciatore allora si recò dal Faraone e, una volta spiegategli le regole degli scacchi, iniziarono a giocare una partita dopo l'altra; andando avanti per tutta la notte.

L'ospite vinse ogni partita, poiché più furbo ed esperto del Faraone, il quale, rimasto affascinato dal nuovo gioco, volle comunque dimostrare la propria gratitudine al suo sfidante, e lo invitò dunque ad esprimere un desiderio.

Quest'ultimo posò la propria scacchiera ai piedi del sovrano e chiese che gli venisse regalata in premio una scacchiera uguale a quella, ma sulla quale vi fosse posto un chicco di riso sulla prima casella della scacchiera, due sulla seconda, quattro sulla terza, otto sulla quarta e così discorrendo fino al termine delle sessantaquattro caselle.

Inizialmente il Faraone rimase piuttosto colpito da una richiesta così modesta e diede al proprio tesoriere l'ordine di far sì che il desiderio del suo ospite venisse realizzato al più presto.

Si iniziò quindi a posare un chicco di riso, poi un cucchiaio, poi una ciotola, poi un barile e, quando si arrivò a metà scacchiera, il raccolto di un intero campo.

Fu allora che il Faraone si rese conto del pericolo della promessa fatta e chiese al tesoriere di calcolare quanto riso fosse ancora necessario per mantenere la parola data.

Il tesoriere tornò pochi giorni dopo dal Faraone e gli rivelò che per pagare l'ambasciatore non solo non sarebbe bastato il raccolto dell'intero Egitto, ma neppure quello del mondo intero.

$2^{64}-1$ chicchi di riso equivalgono a diciotto miliardi di miliardi di chicchi (18.446.744.073.709.551.615 per la precisione), una montagna di riso grande quanto l'Everest! Tanto quanto se ne produrrebbe in tre millenni con le quantità prodotte oggi!

La leggenda si conclude con la decisione del Faraone, sentendosi schernito e non potendo mantenere la promessa, di far decapitare l'ambasciatore.

La motivazione per cui Kurzweil (2005) ha ripreso questa antica leggenda la si ritrova nel tentativo di far comprendere quanto sia importante, per la società in cui viviamo, essere consci della posizione che stiamo metaforicamente occupando nella scacchiera.

Siamo ancora nella prima metà o già nella seconda? Dobbiamo essere consapevoli delle implicazioni che comporterebbe il trovarsi nella seconda metà.

Bryonjolfsson e McAfee (2011) affermano che siamo entrati nella seconda metà della scacchiera nel 2006, l'anno in cui YouTube, Twitter, Facebook e Amazon hanno iniziato ad assumere una dimensione diversa, una dimensione globale.

Il punto che si vuole fare emergere è che siamo ormai giunti ai piedi di una montagna da scalare che potrebbe essere più ripida di quello che ci si aspetta.

Ma siamo davvero certi che, in fondo, se il mondo accelera; la tecnologia sembra sfuggirci di mano, e tutto ciò che ci circonda si muove ai cento all'ora, l'unico modo per mantenere il passo, se si desidera restare in equilibrio e non perdersi in questo nuovo percorso, sia quello di imparare a correre alla stessa velocità?

CAPITOLO PRIMO:

INTRODUZIONE

Negli ultimi anni, una serie di tecnologie inedite, che sono state in grado di dare nuovo dinamismo alla competizione tra le aziende, ha condotto all'ipotizzare di essere prossimi ad una Rivoluzione industriale paragonabile a quelle che in passato sono state indotte all'interno dei processi produttivi dall'introduzione del vapore, dell'elettricità e delle ICT (*Information and Communications Technology*).

Così come ognuna di queste prime tre Rivoluzioni industriali ha portato con sé delle sfide e delle opportunità, sia di natura tecnica che sociale, questa, guidata principalmente dallo sviluppo dei processi di automazione, sembra essere destinata a non fare eccezione.

Sebbene le sfide di natura tecnica vengano superate ad un ritmo senza precedenti, altrettanto non si può affermare per ciò che riguarda le sfide di natura sociale.

Difatti, sarà sempre più forte l'esigenza di costruire un nuovo diritto del lavoro lontano da quello attuale, che risulta ancora essere modellato sui sistemi di produzione dello scorso secolo, e, al contempo, bisognerà rendere l'attuale mercato del lavoro, ma anche dell'educazione, più inclusivo, al punto che non si lasci indietro coloro che vedono la propria attività lavorativa prossima all'automazione.

Al fine di fornire una visione completa del fenomeno in questione, verrà fornita una breve introduzione nel secondo capitolo sul fenomeno della Quarta rivoluzione industriale: le sue caratteristiche, le opportunità, le sfide e i pericoli che con essa vengono portati avanti; evidenziando quali saranno le fasce della popolazione che si pensa possano subire i maggiori benefici e i maggiori danni.

Siccome, nel corso della storia, vi sono stati numerosi episodi in cui il progresso tecnologico venne limitato o addirittura bandito, ed altri in cui venne accompagnato da iniziative mirate a mitigarne gli effetti, quali, per esempio, la conseguente disoccupazione tecnologica, nel terzo capitolo si passerà ad una presentazione storiografica degli effetti esercitati in passato dal progresso tecnologico, non soltanto sul livello occupazionale, ma anche sulla qualità delle attività lavorative e altri aspetti ad esse collegati, quali, per esempio, la dialettica degli interessi.

Dopodiché, all'interno dello stesso capitolo, verrà fornita una panoramica sulle diverse tipologie di approcci che le nazioni di tutto il mondo stanno adoperando nei confronti di questa tematica, e verrà quindi evidenziato quali sembrerebbero essere i Paesi meglio posizionati per accogliere questo cambiamento.

Il tutto verrà fatto prestando particolare attenzione all'approccio portato avanti finora dall'Italia e dalla Germania, Paese in cui il dibattito relativo all'Industria 4.0 è nato e che sta adoperando alla tematica un

approccio atipico, ovvero affrontando il passaggio dal mondo 3.0 a quello 4.0 come un'evoluzione e non come una rivoluzione.

Effettuando questa comparazione tra le varie rivoluzioni industriali e tra gli approcci messi in atto dalle nazioni più avanzate per prepararsi a questo momento, potremo notare che persistono pochi dubbi sul fatto che la Quarta rivoluzione industriale possa essere un'opportunità unica nel suo genere per ciò che può offrire in termini di aumento della produttività, del grado di personalizzazione delle produzioni, dell'apertura a nuovi modelli di business, e per ciò che riguarda il passaggio dalla società 4.0 a quella 5.0.

Tuttavia, per quel che riguarda il passaggio dal lavoro 3.0 a quello 4.0, sia nell'opinione pubblica che in quella degli addetti ai lavori, le preoccupazioni riguardo ai possibili impatti negativi sembrerebbero essere superiori alle speranze riguardo quelli positivi.

L'origine di questi timori è intrinseca ad un cambiamento tecnologico tale da assumere l'appellativo di Rivoluzione, e senza dubbio non si discosta dalla falsariga dei timori vissuti durante le precedenti tre Rivoluzioni industriali.

Ciononostante, soprattutto per ciò che riguarda l'opinione pubblica, l'attenzione dei media è cresciuta notevolmente negli ultimi anni.

L'origine di questi timori sembrerebbe risalire al 2013, in particolare alla pubblicazione di un paper intitolato *The future of employment* e a firma di due ricercatori dell'Università di Oxford, di nome Carl Benedikt Frey e Michael Osborne.

L'interesse generato dai risultati di questa ricerca, e il desiderio di verificarne l'accuratezza, ha condotto, negli anni successivi, ad una crescita notevole dei dibattiti televisivi, degli articoli e dei paper accademici riguardo i possibili effetti dell'automazione sul mondo del lavoro.

La finalità di questo elaborato si ritrova proprio in questo punto, ovvero nel tentativo di offrire, a sei anni di distanza da questo punto focale, una prospettiva critica sulle numerose opinioni espresse negli ultimi anni e che hanno ravvivato le preoccupazioni relative ad un futuro senza lavoro.

Per quanto appena affermato, inevitabilmente l'attenzione verrà focalizzata su quanto pubblicato da Frey e Osborne nel 2013 nel paper *The future of employment*, dove, attraverso un approccio occupazionale (ovvero analizzando l'intera occupazione senza distinguere tra i singoli task automatizzabili e non), veniva stimata una potenziale perdita del 47% dei posti di lavoro in un periodo di un quarto di secolo circa.

Di conseguenza, nel quarto capitolo verranno anche analizzati alcuni studi successivi a firma degli stessi autori, di cui si illustreranno le metodologie applicate e i risultati ottenuti, evidenziando le differenze con il paper originario.

Una volta terminata l'analisi del lavoro dei due ricercatori dell'Università di Oxford, si passerà alle critiche che ad esso vengono rivolte e all'illustrazione di alcuni paper successivi che hanno tentato di migliorarne le lacune.

Per finire si fornirà una panoramica su quali altri effetti verranno causati sul mondo del lavoro dalla Quarta rivoluzione industriale, quali la creazione di nuove figure professionali, una maggiore polarizzazione professionale, reddituale e territoriale, e un forte cambiamento del diritto del lavoro.

CAPITOLO SECONDO:

Caratteristiche dell'industria 4.0

Prima di discutere gli impatti della Quarta rivoluzione industriale è doveroso delineare le caratteristiche e i contorni della rivoluzione stessa.

È necessario dunque discutere sia delle tecnologie che caratterizzano e caratterizzeranno questo periodo storico, sia le sfide, le opportunità e i rischi che da esse derivano.

2.1 LE TECNOLOGIE ABILITANTI

Una molteplicità di innovazioni derivanti dal mondo dell'automazione ha recentemente portato all'ipotesi dell'avvicinarsi di una quarta rivoluzione industriale, se non addirittura l'essere già entrati a far parte di questo nuovo periodo storico.

E sebbene definirne i contorni non sia semplice, sia per quel che riguarda i campi d'interesse sia per quel che riguarda l'entità di questi cambiamenti, ciò che è certo è che alla base della Quarta rivoluzione industriale vi sia l'Industria 4.0, e alla base di quest'ultima si basa l'idea di *smart factory*, ovvero una nuova tipologia di impianti produttivi basati su tre caratteristiche peculiari: la *smart production*, lo *smart service* e la *smart energy*.

Tuttavia, all'interno delle *smart factories*, il vero punto di rottura con i sistemi produttivi già in uso è rappresentato dall'adozione dei *Cyber-Physical Systems*, ovvero sistemi ciberfisici che permettono ai singoli elementi fisici, i singoli macchinari, di interagire tra di loro grazie alle capacità computazionali di cui sono dotati.

In altre parole, queste tecnologie permettono di migliorare le performance in ambiti complessi grazie ad un più elevato livello di comunicazione tra i macchinari coinvolti nel sistema produttivo e ad una più semplice interazione con i lavoratori coinvolti.

Secondo un rapporto pubblicato da The Boston Consulting Group (2015), ci si aspetta che le innovazioni e i campi di innovazione che traineranno la ricerca nei prossimi anni saranno molteplici e, all'interno del

rapporto, ne vengono evidenziati i nove ritenuti più influenti³ e che qui di seguito vengono riportati in una grafica del Ministero dello Sviluppo Economico (2018):

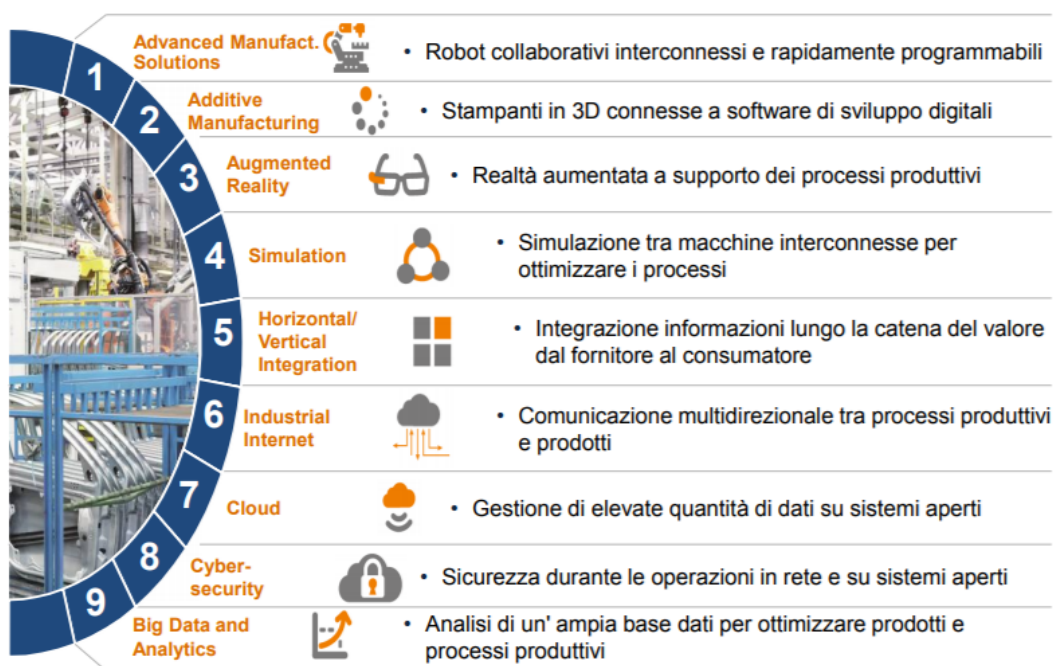


Fig. 2.1: Industria 4.0, le tecnologie abilitanti. Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico (2018)

Hawksworth *et al.* (2018) ritengono che la Quarta rivoluzione industriale, soprattutto per quel che riguarda i processi di automazione, si possa dividere in tre “ondate” in parte sovrapponibili l’un l’altra⁴.

La prima di queste ondate, detta *Algorithm wave*, sta già colpendo i compiti di natura computazionale, ovvero quelli basati sull’utilizzo di software basilari, calcoli matematici, ricerche telematiche e simili.

La seconda, attesa per gli anni ’20, è detta *Augmentation wave* ed andrà a toccare compiti più dinamici, per esempio, attività routinarie di compilazione di form.

E, infine, l’ultima ondata, quella dell’autonomia (*Autonomy wave*), seguirà negli anni ’30⁵ e sarà caratterizzata dall’AI e dalla robotica, senza limitarsi ad andare a rimpiazzare attività routinarie, bensì

³ Riguardo alla sesta voce di questo elenco, ovvero “*Industrial internet*”, bisogna specificare che soventemente questa dicitura o quella di “*Internet of Things per le industrie*” vengono utilizzate in maniera impropria.

Poiché sarebbe più corretto parlare di *Cyber-Physical Systems*, sebbene la differenza sia sottile e i confini che separano le nomenclature siano difficili da delineare.

Le due denominazioni nascono in due contesti diversi e si sviluppano parallelamente, venendo spesso considerate sinonimi.

La terminologia *Internet of Things* nasce nel mondo delle tecnologie RFID (*Radio-Frequency IDentification*), mentre l’appellativo *Cyber-Physical Systems* nasce proprio per le industrie, o meglio per l’integrazione industriale per migliorare i sistemi di produzione.

⁴ Vedi appendice 1

⁵ Arntz *et al.* (2018), richiamando uno studio di the Boston Consulting Group del 2015, affermano che per la metà degli anni ’30 solo il 10% delle automobili sarà a guida autonoma.

andando anche a svolgere compiti più complessi sotto un punto di vista della *manual dexterity* e anche dal punto di vista delle capacità di *problem solving* richieste.

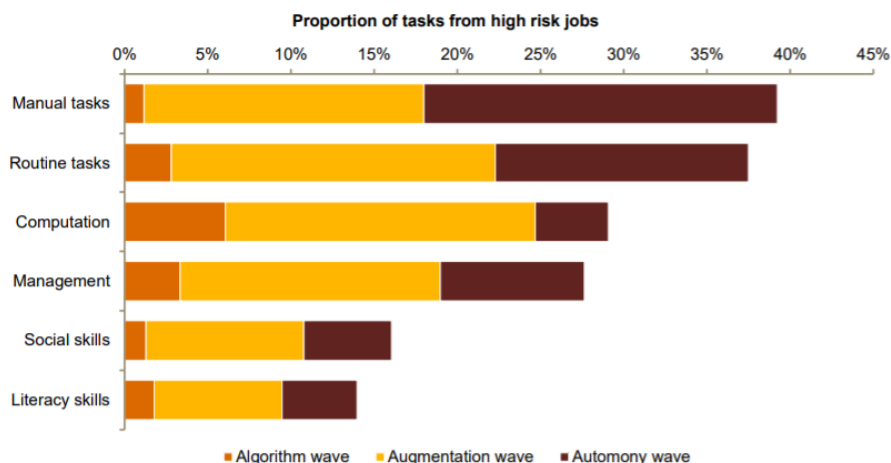


Fig. 2.2: Fonte Hawksworth *et al.* (2018)

2.2 LE SFIDE, LE OPPORTUNITÀ E I RISCHI

*“And as things fell apart
Nobody paid much attention.”*
(Nothing but) Flowers⁶, 1988)

La Quarta rivoluzione industriale pone delle nuove sfide sia di natura tecnica che sociale.

Se da un lato le prime vengono superate ad una velocità sempre maggiore e in modo da non lasciare opportunità di cogliere quali siano i limiti, se esistono, delle nuove tecnologie di questo millennio, così come ci viene dimostrato, per esempio, dall’erronea previsione di Levy e Murnane (2004): *“(…) executing a left turn against oncoming traffic involves so many factors that is hard to imagine discovering the set of rules that can replicate a driver’s behavior⁷”*, dall’altro il superamento delle sfide di natura sociale dipendono

⁶ La canzone, scritta da David Byrne dei Talking Heads e arrangiata dal suo stesso gruppo, da Johnny Marr (chitarrista degli Smiths) e da Kirsty MacColl (cantautrice britannica), cerca di portare l’attenzione dell’ascoltatore su tematiche quali l’alienazione, il sovraffollamento globale, i disturbi alimentari, ma, soprattutto, la minaccia che si può celare dietro il consumismo e la sempre più dilagante tecnologia, e il tutto viene fatto attraverso un costante paradosso attraverso numerose antifrasi (*“From the age of the dinosaurs /Cars have run on gasoline /Where, where have they gone? /Now, it’s nothing but flowers /There was a factory/ Now there are mountains and rivers”*).

⁷ Citazione ripresa da numerosi studi negli ultimi anni (tra cui: Brynjolfsson e McAfee, 2011; Frey e Osborne, 2013) per far comprendere quanto possa essere difficile prevedere i campi di applicazione delle future tecnologie e la difficoltà nel prevedere l’esito delle sfide di natura tecnica.

Questa erronea previsione venne rilasciata da Frank Levy, professore di Urban Economics presso il Massachusetts Institute of Technology, e Richard J. Murnane, professore di Education and Society presso l’Harvard University, nel capitolo *Why people still*

interamente da noi; da come saremo in grado di cambiare la nostra società grazie alle nuove tecnologie e non per colpa di esse.

Lo storico Harari (2017) ritiene che la sfida relativa alla Quarta rivoluzione industriale sarà quella di trovare nuovi lavori per una classe di persone che viene definita *useless*, poiché composta da individui *unemployed* e *unemployable*, e ciò dovrà essere fatto andando a toccare problematiche e conflitti sociali mai affrontati prima.

Si potrebbe assistere ad una nuova tipologia di divisione del lavoro; passando da una divisione di forma piramidale, così come teorizzato da Durkheim (dove alla base vi sono i lavori più umili e semplici, e alla sommità quelli più ambiti e complessi), ad una divisione che assume la forma di una clessidra, lasciando alle macchine e ai computer gli impieghi intermedi (Veltri, 2018).

Di conseguenza, le sfide poste dal punto di vista della coesione sociale sono, e saranno sempre più, pressoché senza precedenti nella storia.

È indubbio che una delle sfide più ardue da affrontare sia quella della costituzione di un nuovo diritto del lavoro che si distacchi in maniera netta da quello ancora modellato sui sistemi di produzione novecenteschi⁸⁹.

Carrozza (2018) evidenzia come uno dei cambiamenti più urgenti per avere un mercato del lavoro inclusivo e che non lasci indietro nessuno sia quello di passare dagli attuali sistemi educativi a forme di apprendimento che permettano ai lavoratori di rimanere aggiornati rispetto alle tecnologie più moderne durante tutto l'arco della loro vita lavorativa, ovvero alla cosiddetta formazione continua¹⁰ e al *lifelong training*.

Ma alcune delle tematiche più importanti sono ancora pressoché escluse dal dibattito pubblico e politico. Si pensi, per esempio, alla tassazione delle macchine¹¹: una problematica pressoché ignorata sia dal pubblico sia dai legislatori fino al momento in cui le parole rilasciate nel 2017 dall'allora uomo più ricco del mondo,

matter del loro libro *The new division of labor* solamente sei anni prima della presentazione da parte di Google della prima auto, una Toyota Prius, a guida autonoma.

Difatti, quello che può essere probabilmente definito il primo studio sugli impatti delle tecnologie 4.0 sul mondo del lavoro, ovvero *The skill content of recent technological change: An empirical exploration* (2003), ad opera degli stessi Levy e Murnane, ma anche di Autor, partiva dall'idea che i lavoratori non routinari non potessero venir automatizzati.

⁸ Cfr. TIZIANO TREU. 2018. *Una seconda fase della flexicurity per l'occupabilità*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

⁹ Cfr. DEL PUNTA. 2018. *Un diritto per il lavoro 4.0* Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

¹⁰ Cfr. CARROZZA C., 2018

¹¹ Cfr. VISCO V., 2017. *Getting The Robots To Pay Tax*. London, Social Europe.

Bill Gates, alimentarono fortemente la diatriba. Il concetto, portato avanti dal fondatore di Microsoft, si basa sull'idea che se un robot viene impiegato per svolgere un'attività che in un'altra azienda (o nella stessa azienda, ma in un precedente momento) è affidata ad un lavoratore il cui reddito è tassato, allora anche il robot vada tassato (Tremolada, 2017).

Ad ogni modo, tornando a discutere sulle opportunità legate alla Quarta rivoluzione industriale, possiamo affermare che sembrerebbero essere innumerevoli e potenzialmente in grado di giustificare le minacce che con esse vengono portate avanti.

In letteratura queste opportunità vengono talvolta raggruppate in cinque principali ambiti:

- Miglioramento della produttività, in particolare dal punto di vista della velocità (si pensi ai vantaggi derivabili da una maggiore digitalizzazione ed automazione nella gestione dei flussi di informazione) e della flessibilità, ma anche per quel che riguarda la sostenibilità¹².
- Maggiore personalizzazione delle produzioni.
- Apertura a nuovi modelli di business, a nuove tipologie di strutture di produzione e vendita, a nuove tipologie di relazioni basate sul territorio e a nuove competizioni internazionali¹³.
- Passaggio da società 4.0 a 5.0¹⁴
- Passaggio da lavoro 3.0 a 4.0.

Le criticità in relazione all'ultimo punto, ovvero quelle di cui questo elaborato tratta nello specifico, sono molteplici e di estrema rilevanza, poiché ben presto cambieranno radicalmente il luogo e gli orari di lavoro, il rapporto tra tempo libero e tempo di lavoro¹⁵, ma anche le competenze richieste, e, di conseguenza, il sistema di formazione (la già citata formazione continua), il ruolo dei lavoratori all'interno della vita

¹² Hawksworth *et al.* (2018) stimano un incremento del PIL globale dovuto alla sola applicazione dell'AI di 15\$ trilioni entro il 2030

¹³ Si pensi alle divergenze tra la Detroit del 1990 e la Silicon Valley di oggi; entrambe centro nevralgico dell'attività imprenditoriale statunitense. Le tre imprese più grandi di Detroit presentavano una capitalizzazione di 36\$ mld e 1,2 mln di impiegati contro i 1.090\$ mld e 137 mila impiegati (dati del 2014) delle tre più grandi imprese californiane (Schwab, 2016).

¹⁴ Il passaggio da Industria 3.0 a 4.0 è solo uno degli aspetti di un cambiamento più ampio e ubiquo.

Il vero potenziale della Quarta rivoluzione industriale si trova nella possibilità di garantire il superamento della Società 4.0 e l'ingresso nella Società 5.0, ovvero una cosiddetta *Super Smart Society* (le prime quattro società era basate rispettivamente sulla caccia, sull'agricoltura, sull'industria e sull'informazione).

Il Giappone è pioniere di questo cambiamento; nel Paese del sol levante si cerca di guardare questa Rivoluzione industriale in corso non solo sotto il punto di vista dell'industria e, quindi, dell'economia, ma anche da quello della popolazione, andando a riconsiderare ogni aspetto del lavoro e della vita quotidiana.

L'obiettivo prefissato è quello di diventare il Paese leader nella realizzazione di una nuova tipologia di società interamente incentrata sull'uomo, in modo tale che ogni cittadino possa godere di un'elevata qualità della vita.

¹⁵ Cfr. DELLA ROCCA G., 2018. *Il lavoro in digitale, il tempo e gli orari: la crisi del sistema degli orari standard*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

d'impresa, gli ambienti di lavoro che diventeranno più proattivi, i metodi di retribuzione e innumerevoli altri aspetti della vita lavorativa (Farina, 2018).

Tra i lavoratori e tra i sindacati italiani vi è sia chi vede questa Quarta rivoluzione industriale come una minaccia e sia chi la vede come un'opportunità¹⁶, che però va colta al più presto poiché *“il tempo che abbiamo a disposizione è breve”*, come dichiarato da Gramolati e Sanna della Cgil (Bianchi, 2018), e come sottoscritto da Farina (2018) della Cisl e da Bocchi (2018) della Uil.

Quest'ultima specifica che, sulla falsariga del modello tedesco derivante dal Libro Verde sul Lavoro 4.0 (*Grünbuch Arbeiten 4.0*) del 2015, sia necessario includere in maniera attiva i lavoratori, con una particolare attenzione, a quelli meno qualificati.

Inoltre, in *“Industria 4.0: sfide da superare e opportunità da cogliere”*, sempre Bocchi (2018) della Uil sottolinea la necessità di riformulare una politica industriale per l'Italia, in modo che l'industria ritorni a ricoprire un ruolo primario nell'economia nazionale, e che ciò debba essere effettuato anche attraverso un nuovo piano formativo.

E vi è anche chi vede nella Quarta rivoluzione industriale un'opportunità per le donne¹⁷¹⁸, che però *“è condizionata alla realizzazione di una diversa organizzazione sociale”* (Mari, 2018).

Infine, l'automazione porta anche numerose sfide ed opportunità dal punto di vista della strutturazione organizzativa e all'architettura delle attività e dei processi produttivi¹⁹.

Ma, al contempo, bisogna prestare estrema attenzione ai rischi che la Quarta rivoluzione industriale porta con sé e alle problematiche che potrebbe enfatizzare.

Consideriamo, ad esempio, il fatto che, su scala globale, ad oggi più di un miliardo di persone non disponga di un accesso alla rete elettrica e sembrerebbe dunque ancora in attesa della Seconda rivoluzione industriale.

O, allo stesso modo, al fatto che metà della popolazione mondiale non disponga ancora di una rete internet e, in questo caso, sembrerebbero dunque ancora in attesa della Terza rivoluzione industriale.

¹⁶ Cfr. CARRIERI M., 2018

¹⁷ Cfr. TONARELLI F. 2018. *La Quarta Rivoluzione industriale sarà un'opportunità per le donne?* Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

¹⁸ Partecipazione femminile alla forza lavoro in Italia, età 20-64 (%) (Ballister e Elsheikhi, 2018)

2013	2020	2030	2040	2050
59	63.3	64.7	67.0	68.8

¹⁹ Cfr. BUTERA F. E FONDAZIONE IRISO. 2018. *Industria 4.0. come progettazione partecipata di sistemi socio-tecnici in rete.* Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. a cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

Di conseguenza, come sottolinea Schwab (2016), vi sono due criticità da affrontare per far sì che il potenziale di questa rivoluzione industriale venga sfruttato appieno e vengano attenuati i disagi.

La prima riguarda la gestione e il recepimento degli effetti di questo processo; bisogna ridisegnare le strutture sociali, politiche ed economiche sia su scala nazionale che internazionale (si pensi, per esempio, ai sistemi pensionistici basati sul lavoro 3.0).

La seconda riguarda invece la necessità di tessere una narrativa comune, coerente e oggettiva, al fine di attribuire ad ogni comunità e ad ogni individuo la possibilità e la responsabilità di far parte di questo fenomeno.

Ed è sempre Schwab che in *The Fourth Industrial Revolution (2016)* sottolinea il pericolo relativo al fatto che probabilmente i benefici della Quarta rivoluzione industriale andranno a coloro i quali avranno la possibilità di offrire il capitale fisico o intellettuale richiesto, ovvero chi possiede capitale e non chi possiede come principale asset le proprie abilità lavorative.

Inoltre, come vedremo nel prossimo capitolo, le nazioni che sembrerebbero maggiormente in grado di cogliere i benefici di questa Rivoluzione sono quelle che già presentano un elevato reddito medio.

Emergeranno quindi diverse problematiche di polarizzazione, sia professionale (e quindi reddituale) e territoriale, ma anche legate all'evoluzione del diritto del lavoro e alle competenze richieste, e si parlerà quindi di *skill mismatch*, *skill gap* e *skill shortage*.

CAPITOLO TERZO:

LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

In questo capitolo avremo modo di comparare sia l'approccio che si sta utilizzando per mitigare i rischi che la Quarta rivoluzione industriale porta con sé con quelli utilizzati nelle precedenti tre rivoluzioni industriali, sia di comparare i piani strategici messi in atto dalle diverse nazioni al fine di poter sfruttare al meglio le tecnologie 4.0.

3.1 COMPARAZIONE CON LE PRECEDENTI RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

3.1.1 INTRODUZIONE AL DIBATTITO LAVORISTICO

Ogni rivoluzione industriale è stata accompagnata e seguita da una rivoluzione del mondo del lavoro.

Il timore che il proprio lavoro possa essere svolto da una macchina non è una novità né di questa Quarta rivoluzione industriale né di questo millennio, ma è un'apprensione che persiste e che ciclicamente si rinnova con maggiore intensità da ben prima dell'inizio della Rivoluzione Industriale²⁰.

Sebbene di queste preoccupazioni, col senno di poi, si può dire che siano sempre state esagerate (Arntz, 2016), se si vuole comprendere come sta evolvendo ed evolverà il mondo del lavoro durante e dopo la Quarta rivoluzione industriale, è opportuno guardare al passato.

Il dibattito relativo alla disoccupazione tecnologica si può già ritrovare nel primo libro della Politica di Aristotele, ma sono stati economisti quali John S. Mill, Thomas R. Malthus, Jean Baptiste Say, Karl Marx e, con un grande impatto sull'opinione pubblica, David Ricardo, a rendere questa tematica estremamente popolare.

Quest'ultimo sosteneva che il progresso tecnologico avrebbe potuto “*rendere la popolazione ridondante*” (Frey e Osborne, 2015).

Nel corso del Novecento è stato John M. Keynes (1933) che, più precisamente negli anni '30, è riuscito a dare una nuova verve a questo dibattito e ad iniziare ad utilizzare dei punti di vista ancora molto in voga al giorno d'oggi:

²⁰ Cfr. MOKYR J., VICKERS C. E ZIEBARTH N. L. 2015. *The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?* The Journal of Economic Perspectives, 29 marzo, p. 31-50.

“We are being afflicted with a new disease of which some readers may not yet have heard the name, -but of which they will hear a great deal in the years to come- namely, technological unemployment. This means unemployment due to our discovery of means of economising the use of labour outrunning the pace at which we can find new uses for labour.”

Cerchiamo quindi di ricostruire in primo luogo le tappe principali, che sono state fino ad ora percorse, per quel che riguarda le posizioni prese verso il progresso tecnologico e il dibattito da loro scaturito.

Dopodiché, cercheremo di analizzare in che modo le varie rivoluzioni industriali hanno modificato la struttura produttiva e il mondo del lavoro dei Paesi interessati, nel tentativo di comprendere se le condizioni alla base di determinati effetti generati dall’innovazione tecnologica siano caratteristici anche della Quarta rivoluzione industriale e se quindi gli effetti possano essere simili a quelli cui si ha già assistito.

3.1.2 PRINCIPALI PRESE DI POSIZIONE NEI CONFRONTI DEL PROGRESSO TECNOLOGICO

“Any sufficiently advanced technology is indistinguishable from magic²¹.”

(Clarke, 1962)

Nel corso della storia ci sono stati numerosi casi in cui il progresso tecnologico²² venne limitato o addirittura bandito, ed altri in cui venne accompagnato da iniziative mirate a mitigare gli effetti della conseguente disoccupazione tecnologica.

²¹ La citazione qui riportata rappresenta la terza legge di Clarke, scrittore fantascientifico e inventore britannico, autore del romanzo 2001: Odissea nello spazio, e coautore della sceneggiatura dell’omonimo film realizzata in collaborazione con Stanley Kubrick. Le tre leggi appaiono per la prima volta in: *“Hazards of Prophecy: The Failure of Imagination”*, pubblicato in Profiles of the Future (1962).

Le altre due leggi sono: *“When a distinguished but elderly scientist states that something is possible, he is almost certainly right. When he states that something is impossible, he is very probably wrong”* e *“The only way of discovering the limits of the possible is to venture a little way past them into the impossible”*.

²²Il progresso tecnologico è stato spesso interpretato, dalla maggior parte delle dottrine economiche, come uno dei propulsori più potenti per stimolare il processo economico.

Ma, come sottolinea Giannetti (2018), non vi è sempre stata unanimità nel considerare l’innovazione tecnologica come una spinta focale per l’andamento dell’economia e, di conseguenza, non tutti gli economisti vi hanno prestato lo stesso livello di attenzione nello sviluppare le proprie dottrine.

Pericle, generale e politico ateniese del quinto secolo A.C., fu forse il primo promotore di programmi di lavoro, finanziati dal pubblico, nati per contrastare la disoccupazione tecnologica (Forbes J., 1932).

Robert Forbes, nel 1993, sottolinea come i romani arrivarono a promuovere sussidi destinati a raggiungere diverse centinaia di migliaia di famiglie.

Tuttavia, se da un lato alcune discendenze, come quella dei Gracchi, erano molto propense all'introduzione di programmi di questo tipo, dall'altro vi erano diversi imperatori che arrivarono al vietare totalmente, o quantomeno al limitare, l'utilizzo di tecnologie che andavano a ridurre il carico dei lavoratori, come riportato da Plinio il Vecchio (Frey e Osborne, 2015).

La lotta da parte delle autorità verso l'innovazione continuò sporadicamente nel medioevo e crebbe notevolmente in intensità a partire dal quindicesimo secolo.

Heilbroner (1999) riporta la testimonianza di una condanna a morte, avvenuta nel Quindicesimo secolo, di cinquantotto inventori e imprenditori francesi, rei di aver promosso tecnologie proibite.

Il fatto che la pena capitale venne eseguita attraverso il supplizio della ruota, una tipologia di esecuzione solitamente riservata ai peggior crimini, ci aiuta a comprendere con quale vigore si tentasse di porre freno all'innovazione.

Per far comprendere la comune diffidenza e avversità dell'epoca verso il progresso tecnico Acemoglu e Robinson (2012) e, in seguito, Frey e Osborne (2013) riprendono la storia di William Lee, un inventore inglese che cercò di ottenere dalla Regina Elisabetta I il brevetto per un telaio da lui progettato nel 1589.

La risposta della Regina non fu quella che Lee avrebbe sperato:

“Thou aimest high, Master Lee. Consider thou what the invention could do to my poor subjects. It would assuredly bring to them ruin by depriving them of employment, thus making them beggars.”

Pag.6

L'opposizione della Regina fu guidata dagli interessi delle gilde²³, le quali possedevano un'influenza e un

Per esempio, Ricardo e Marx la ritenevano fondamentale, mentre Walras e Pareto, della scuola marginalista, non erano dello stesso avviso.

In maniera differente, negli anni Ottanta del Novecento, nel pensiero di Romer e di Galor e Acemoglu, riveste un ruolo primario, mentre Schumpeter ritiene che la mancanza di innovazione tecnologica non abbia mai causato direttamente situazioni di basso sviluppo economico.

²³ Il termine “gilda” viene utilizzato per indicare le corporazioni inglesi; unioni di lavoratori impiegati nello stesso settore. La prima gilda ebbe origine nel Dodicesimo secolo ad Oxford e riguardò proprio il settore tessile. Le gilde, così come le altre corporazioni europee, erano finalizzate alla protezione e alla regolamentazione delle attività

potere tale da costringere Lee ad abbandonare la terra natia. Lee tentò quindi di promuovere la propria invenzione in Francia, ed un'ultima volta in Inghilterra quando a Elisabetta I successe Giacomo I, ma fallì nuovamente.

Secondo Schumpeter (1942) la prima causa di questo cambiamento fu l'aumento demografico, seguita poi dagli *Enclosures act* del diciassettesimo secolo.

I sovrani spesso decisero di tentare di acquietare i timori dei lavoratori vietando l'utilizzo di nuove tecnologie e talvolta arrivando a condannare a morte coloro che ne erano promotori.

Tuttavia, per quel che riguarda il Regno Unito, ciò iniziò a cambiare con la *Glorious Revolution (1688)*, quando il pensiero mercantilista divenne dominante e il punto di vista degli imprenditori britannici divenne focale.

A proposito di questo cambio di mentalità Osbourne e Frey (2013) affermano:

“Workers can thus be expected to resist new technologies, insofar that they make their skills obsolete and irreversibly reduce their expected earnings. The balance between job conservation and technological progress therefore, to a large extent, reflects the balance of power in society, and how gains from technological progress are being distributed. The British Industrial Revolution illustrates this point vividly.”

Pag.6

All'epoca il parlamento era la rappresentazione dell'élite, degli imprenditori e dei proprietari terrieri, non dei lavoratori.

E fu questa la motivazione, anche secondo Mokyr (1990), per cui si giunse dalle posizioni prese dai precedenti legislatori, o meglio regnanti, nei confronti dell'innovazione ad altre diametralmente opposte.

Ed è sempre Mokyr (1998) che sottolinea come l'adozione di una tecnologia o il suo rifiuto, a meno che si tratti di un'innovazione in grado di migliorare il benessere di tutti (ovvero che rispecchi il criterio di Pareto-efficienza), è fortemente correlata alla distribuzione del potere all'interno della società.

Già nel 1769 il Parlamento britannico approvò un atto che rese punibile la distruzione di macchinari industriali con la pena capitale.

lavorative interessate (Franceschi, 1999). Kellenbenz (1974) sottolinea come le corporazioni abbiano tentato di mantenere lo status quo, spesso attuando comportamenti avversi ai meccanismi di mercato.

Secondo Clark (2008) vi è una seconda ragione per cui la società nel suo insieme cambiò il proprio punto di vista verso l'innovazione; i più grandi beneficiari della Prima rivoluzione industriale furono difatti, secondo una buona parte della letteratura, i lavoratori meno qualificati.

Tuttavia, questa posizione è ancora fortemente dibattuta da alcuni economisti e storici.

Clark (2008) afferma che il reddito dei lavoratori sia cresciuto più rapidamente del PIL del Regno Unito nel periodo compreso tra il 1760 e il 1860.

Lindert e Williamson (1983) asseriscono che i salari reali siano addirittura duplicati in un periodo di tempo di soli trent'anni (1820-1850).

Mentre Feinstein (1998) e Allen (2009) sono più scettici rispetto ai benefici portati ai lavoratori; con il primo che afferma che la crescita dei salari sia stata solo del 15% in un intero secolo (1770-1870) e il secondo che afferma che solo in un primo momento i salari reali dei lavoratori siano cresciuti, dopodiché il loro incremento non abbia mai superato il tasso di crescita della produttività; il tutto andando quindi a vantaggio della classe dirigente.

Un'ulteriore motivazione per cui la società nel suo insieme cambiò il proprio punto di vista verso il progresso tecnico la si può riscontrare in un timore comune all'élite e ai lavoratori, ovvero nel fatto che, nel caso in cui le autorità avessero tentato di rallentare il progresso tecnologico, altre nazioni avrebbero potuto soppiantare il Regno Unito in quanto leader della Prima rivoluzione industriale.

Il cambio della posizione da parte delle autorità la si può riscontrare in una dichiarazione rilasciata dal parlamento britannico in seguito a delle proteste avvenute a Lancashire nel 1779 dove si sosteneva che:

“(...) le proteste sono attribuibili esclusivamente all'utilizzo di nuovi macchinari nella lavorazione del cotone. Lo stato ha beneficiato enormemente dall'introduzione dei macchinari e distruggerli porterebbe gli imprenditori molto semplicemente a spostarli in altre nazioni a discapito degli interessi commerciali del Regno Unito”.

Nel corso del Diciannovesimo secolo emersero diverse posizioni di disaccordo verso il mercantilismo. Tra gli economisti classici era opinione diffusa che le macchine avrebbero creato nel lungo periodo più posti di lavoro di quanti ne avrebbero sostituiti.

Ma molte furono le voci dissonanti. Alcune tra le prese di posizione più importanti in tale direzione furono quelle di John S. Mills, Thomas R. Malthus²⁴, David Ricardo, Jean-Baptiste Say e Karl Marx²⁵ (Woirol, 1996).

John Stuart Mills fu colui che, nel Diciannovesimo secolo, con maggiore vigore tentò di farsi promotore del divieto assoluto dell'utilizzo di nuove tecnologie per limitare i possibili danni legati alla disoccupazione tecnologica (Blaug, 1997).

Ma furono le idee di Ricardo, l'economista più influente e noto della sua epoca, quelle che, in un primo momento, generarono la più grande preoccupazione.

Ricardo (1819) sosteneva che le nuove tecnologie, se per loro natura di tipo *labour-saving*, riducono la domanda di lavoro, creino disoccupazione tecnologica anche nel lungo periodo.

Tuttavia, l'analisi di Ricardo non considerò appieno quali potessero essere i benefici che le nuove invenzioni avrebbero potuto portare alla società nel suo complesso.

Poiché un miglioramento della produttività porta ad un calo dei prezzi dei beni, ad un aumento del reddito reale, e quindi del potere d'acquisto, e ad un aumento della domanda di altri beni (Aghion e Howitt, 1994).

Nel 1893, nella propria tesi di dottorato, il sociologo francese Émile Durkheim, affermò che la società moderna, verso cui ci si stava dirigendo, necessitasse di una forte specializzazione dei ruoli, di una più complessa struttura sociale, ma non necessariamente di un aumento delle già forti polarizzazioni sociali (Veltri, 2018).

Nei lavori di Durkheim dell'ultima parte del diciannovesimo secolo, le preoccupazioni legate alla disoccupazione tecnologica diminuirono fortemente di intensità, poiché l'evidenza empirica, aldilà del fatto che l'entità dell'aumento dei salari reali, come abbiamo visto, sia dibattuto, aveva dimostrato come le condizioni di vita dei lavoratori fossero migliorate dall'inizio della Rivoluzione Industriale (Lindert e Williamson, 1983; Clark, 2008).

²⁴ Sebbene la teoria della Trappola Malthusiana nella sua accezione classica, che prevedeva una costante rincorsa tra il tasso di crescita della popolazione e quello delle risorse disponibili, sia stata ormai superata (Clark, 2008), si sono sviluppate alcune nuove scuole di pensiero di natura Neomalthusiana sulla base dell'ancora viva presenza di casi di estrema povertà e sulla base dei problemi ambientali (Tisdell, 2015).

²⁵ Marx ne *Il Capitale*, pubblicato nel 1867, sostiene che la divisione del lavoro presenti due facce: da una parte ne evidenzia le qualità come forma di progresso storico e tappa fondamentale nello sviluppo della società, ma dall'altro mostra come la divisione del lavoro possa essere utilizzata come ulteriore forma di sfruttamento da parte della società capitalista. Marx, inoltre, critica i movimenti luddisti, poiché ritiene che coloro che portano avanti politiche così reazionarie siano deficitari della capacità di discernere le attrezzature (il progresso tecnico) e il loro utilizzo all'interno di un sistema capitalistico (Bobbio, 1983).

Il dibattito prese nuovamente vigore quando Keynes (1933) sottolineò che il progresso tecnologico porta due effetti contrastanti e che non vi è nessuna legge che garantisce che il risultato netto sia positivo per i lavoratori.

Da un lato abbiamo l'effetto distruttivo, che occorre nel momento in cui un nuovo macchinario sostituisce il carico dei lavoratori.

Dall'altro vi è l'effetto di capitalizzazione, ovvero il meccanismo che occorre quando un'impresa, dopo aver introdotto dei macchinari e migliorato la propria produttività, tenta di espandersi in nuovi mercati o in nuovi settori (Aghion e Howitt, 1994).

Goldin e Katz (2009) asseriscono che la vittoria del secondo effetto sul primo è legata alla capacità di un Paese di fornire una forza lavoro in grado di adattarsi e acquisire nuove capacità ad un ritmo superiore rispetto a quello imposto dal progresso tecnologico.

Questo è un punto di estrema importanza e che va tenuto in grande considerazione nel momento in cui si cerca di confrontare le prime tre rivoluzioni industriale con quella che stiamo vivendo oggi, perché, come affermano Brynjolfsson e McAfee (2011), andando avanti nel tempo, sarà sempre più difficile aggiornare il sistema educativo dato che stare al passo delle macchine, o meglio dei computer, richiederà sempre più funzioni cognitive e le capacità umane posseggono limiti ben più definiti rispetto al potenziale dell'AI.

Ma, tornando al dibattito novecentesco, possiamo osservare come i due picchi di attenzione rivolti alla diatriba relativa all'entità e alle tempistiche della disoccupazione tecnica, ovvero gli anni Trenta e gli anni Sessanta, siano attribuibili ad un precedente aumento della disoccupazione (Woirol, 1996).

La seconda metà degli anni Venti è stata caratterizzata, con un leggero anticipo degli Stati Uniti rispetto all'Europa, sia da una forte disoccupazione urbana sia rurale, dovuta principalmente all'introduzione di nuovi macchinari, quali, per esempio, il trattore.

Sautter (1991) ritiene che negli anni Trenta la comunità economica fosse convinta pressoché all'unanimità degli effetti negativi che il progresso tecnologico avrebbe potuto produrre sull'occupazione.

Ma questa posizione non è condivisa da tutti gli studiosi; vedasi Bartlett (1984).

Uno degli studi in materia più importanti dell'epoca, intitolato "*Unemployment and technological change*", pubblicato da The National Research Project on Reemployment Opportunities and Recent Changes in Industrial Techniques a firma di Corrington C. Gill (1940), sottolineò gli effetti negativi a breve termine dell'innovazione, ma, allo stesso tempo, affermò che non vi fosse alcuna necessità di preoccuparsi di eventuali effetti nel lungo termine.

Negli anni Cinquanta, dopo molto tempo, si poté osservare un altro esempio pratico di un Paese che scelse di implementare politiche atte a mitigare fortemente gli effetti negativi, o che si presupponeva potessero essere tali, da parte del progresso tecnico, ovvero la Cina di Mao (Vepa, 2003).

Dagli anni Settanta in poi il dibattito ha acquisito una nuova verve, spesso con toni più pessimistici del dovuto, si pensi al lavoro di Rifkin (1995) intitolato “*The end of work*”.

L’idea che la disoccupazione tecnologica non possa essere un problema, perlomeno nel breve e medio periodo, è rimasta tuttavia forte nell’immaginario collettivo, ed è stato soltanto nel 2013 che la pubblicazione di una serie di studi, tra i quali il più volte citato “*The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*” di Frey e Osborne, ha reindirizzato l’attenzione verso questa tematica²⁶.

Infine, nel 2017 ha suscitato molto interesse la controversia tra due degli imprenditori simbolo di questa nostra epoca e della Silicon Valley del ventunesimo secolo, ovvero Elon Musk e Mark Zuckerberg.

L’attuale rivoluzione tecnologica viene vista dal fondatore di PayPal, Tesla Motors e Space X come una opportunità per raggiungere una manifattura d’avanguardia, ma allo stesso tempo come una fonte di grandi timori relativamente alla continua crescita del potere delle macchine e dei computer.

Il fondatore di Facebook invece è fiducioso nel fatto che la tecnologia possa andare ad eliminare una considerevole percentuale di attività lavorative, lasciando a noi umani la gestione delle attività imprenditoriali.

Ma, non è un caso che queste due posizioni così opposte vengano da due imprenditori che operano in due modalità totalmente diverse; il primo a stretto contatto con il difficile rapporto tra manifattura e intelligenza artificiale e il secondo abituato a gestire la più grande piattaforma digitale al mondo.

Ciò può essere preso a riferimento come testimonianza del carattere soggettivo dell’innovazione (Berta, 2018).

3.1.3 CENNI STORICI:

DALLA PRIMA ALLA TERZA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

“At least since the followers of Ned Ludd smashed mechanized looms in 1811, workers have worried about automation destroying jobs. Economists have reassured them that new jobs would be created even as old ones were eliminated. For over 200 years, the economists were right. Despite massive automation of millions of jobs, more Americans had jobs at the end of each decade up through the end of the 20th century. However, this empirical fact conceals a dirty secret. There is no economic law that says that everyone, or

²⁶ Questa tendenza la si può verificare nelle dichiarazioni effettuate dal professor Nick Bloom a The Economist (2013).

even most people, automatically benefit from technological progress.”

(Brynjolfsson e McAfee; 2011)

1. La Prima rivoluzione industriale

È opinione diffusa che l'entità degli impatti che le rivoluzioni industriali hanno avuto sulla crescita economica e sulla crescita della qualità della vita siano stati molto vari tra loro.

Bisogna inoltre precisare, così come fa il professore associato di Storia contemporanea dell'Università di Torino, Stefano Musso (2018), che:

“Queste grandi schematizzazioni mostrano linee prevalenti che non devono oscurare l'estrema disomogeneità dei cambiamenti, che in un primo tempo dipingono piccole macchie di leopardo per poi diffondersi lentamente fino a essere considerati emblema dell'epoca. I cambiamenti non arrivano mai a coprire di un colore uniforme l'intero scenario produttivo, perché le persistenze di caratteri precedenti continuano a interessare ampie realtà del mondo del lavoro”.

La riprova di quest'ultima affermazione la si può riscontrare nello studio di Giannetti (2018), il quale constata come la Prima rivoluzione industriale abbia avuto un effetto molto limitato e frammentario rispetto a quello generato dalla seconda.

La motivazione la si può rilevare nel fatto che la Prima rivoluzione industriale sia stata quasi esclusivamente limitata, per lo meno in un primo momento, ad un unico settore, ovvero quello tessile.

E, anche all'interno di questo unico settore, il processo fu complicato, lento, e, per l'appunto, tutt'altro che uniforme.

Inizialmente gli effetti sull'occupazione furono negativi, poiché vennero a mancare gli effetti complementari e soltanto in una seconda fase della Prima rivoluzione industriale gli effetti iniziarono ad essere positivi.

Questo fu dovuto all'introduzione di un settore completamente nuovo, nato dall'introduzione della macchina a vapore, ovvero quello delle ferrovie.

A testimonianza dell'aumento della disoccupazione vi sono numerosi scritti, (Braverman, 1974; Hounshell, 1985; Goldin e Katz, 1998; Atack *et al.*, 2004), alcuni sottolineano inoltre il fatto che il lavoro un tempo semi-qualificato degli artigiani sia stato sostituito da quello non qualificato degli operai (Braverman, 1974; Hounshell, 1985; James e Skinner, 1985; Goldin e Katz, 1998; Goldin e Sokoloof, 1982; Atack, 2004; Atack *et al.*, 2008).

Ma, al contempo, è stato proprio il settore del trasporto ferroviario ad aver avuto il merito di rinvigorire la domanda di lavoratori semi-qualificati indebolita dalla rivoluzione del settore tessile (Mokyr, 2010).

Si passò da attività lavorative svolte inizialmente da un singolo artigiano ad attività il più specifiche e semplici possibile, in modo che potessero essere assegnati a più operai, meno qualificati, andando quindi a ridurre il carico lavorativo complessivo.

Marx (1844) definì questo processo come la divisione tra lavoro e forza-lavoro.

Gli effetti di lungo periodo della Prima rivoluzione industriale sono però più dibattuti.

O meglio, lo sono oggi, poiché in passato si era diffusa nella letteratura l'opinione che gli effetti dell'innovazione fossero stati negativi sia in un'ottica di breve che di lungo periodo (Mantoux, 1961; Hobsbawn, 1971).

Ma, poco meno di dieci anni fa, alcuni studi hanno messo in dubbio queste posizioni, in particolare Mokyr (2010) afferma che i movimenti luddisti e di capitan Swing di quel periodo (1811-1816;1830-1832) non siano da attribuire in toto alla paura legata alla disoccupazione tecnologica, ma ad un ben più cospicuo numero di motivazioni.

La ragione principale di queste proteste la si può trovare, secondo Allen (2009), in un periodo di settant'anni (1780-1850) di bassa crescita dei salari in particolare se considerati in relazione all'aumento della produttività.

Mokyr (2010) è altresì scettico nell'attribuire alla Prima rivoluzione industriale un impatto limitato al settore tessile e ad affermare che non vi siano stati effetti complementari.

Un'ultima osservazione da fare nei confronti della Prima rivoluzione industriale riguarda il tema della divisione del lavoro.

Badino (2008) sottolinea come il tasso di partecipazione alle attività lavorative sia cresciuto notevolmente grazie alla partecipazione delle donne, anche se, poiché il loro lavoro, siccome legato solitamente al tessile, veniva principalmente svolto all'interno delle mura domestiche, ciò risulta difficile da riscontrare nei censimenti dell'epoca.

2. La Seconda rivoluzione industriale

Atack (*et al*; 2004) afferma che la tendenza di sostituire lavoratori semi-qualificati con lavoratori non qualificati sia stata tipica anche della prima parte della Seconda rivoluzione industriale, quando l'introduzione della catena di montaggio, così come la si immagina in termini fordisti, ha aumentato ulteriormente le possibilità di scomporre le attività lavorative in *task* il più semplici possibile (Hounshell, 1985).

Diversi sono gli studi (James e Skinner, 1985; Louis e Paterson, 1986; Brown e Philips, 1986) che affermano che il passaggio da lavori semi-qualificati a non qualificati sia pressoché comune a tutto il Diciannovesimo secolo.

Tuttavia, alcuni studi più recenti (Gray, 2013; Katz e Margo, 2013) sono più propensi ad indicare che vi sia stato sia un aumento della domanda di lavoratori non qualificati sia di quelli qualificati, il tutto a discapito dei lavoratori semi-qualificati, ovvero principalmente gli artigiani.

Ad ogni modo, come sottolinea Acemoglu (2002), l'idea che il progresso tecnologico possa portare ad un aumento della qualità del lavoro è prettamente del Ventesimo (e Ventunesimo) secolo.

Quest'idea si inizia a diffondere, secondo Goldin e Katz (1998), con l'introduzione dell'elettricità nei sistemi produttivi, ovvero in una seconda parte della Seconda rivoluzione industriale.

Gli effetti della rivoluzione non si limitano ad un solo settore, ma coinvolgono ogni aspetto sia della vita economica dei Paesi interessati sia della vita quotidiana delle loro popolazioni (Rosenberg e Birdzell, 1997; Gordon, 1999).

Alcuni settori vennero radicalmente trasformati. Si pensi, per esempio, ai settori della chimica, dei fertilizzanti, dei trasporti, dei coloranti, dei farmaci e dell'acciaio.

Altri settori invece nacquero proprio in questo periodo. In questo caso si fa riferimento principalmente al mondo dell'informazione e a quello dell'intrattenimento, pressoché inesistenti in precedenza.

L'elettricità porterà inoltre, nei primi anni del Novecento, alla diffusione dei primi elettrodomestici.

Anche se ciò, in un primo momento, avvenne soltanto negli Stati Uniti, mentre in Europa bisognerà aspettare il secondo dopoguerra, ci fa capire come le tecnologie introdotte nella Seconda rivoluzione industriale abbiano creato una forte discontinuità in ogni aspetto della vita quotidiana.

Goldin e Katz (1998), che condividono le conclusioni di Atack (*et al*; 2004) riguardo al fatto che soltanto in una seconda fase si sia creata una maggiore domanda di lavoratori qualificati e semi-qualificati, affermano che il tratto distintivo delle nuove tecnologie del tardo Ottocento lo si possa ritrovare nella complementarità tra lavoro qualificato e lavoro non qualificato.

In altre parole, è sia aumentata la domanda di *blue collar* qualificati sia la produttività dei *white collar* (si pensi all'introduzione delle macchine da scrivere e delle calcolatrici negli uffici).

Negli ultimi anni del Diciannovesimo secolo si iniziò a verificare l'effetto che Keynes (1933) avrebbe poi definito, come abbiamo già accennato in precedenza, effetto di capitalizzazione.

Ovvero, gli imprenditori, una volta giunti in prossimità della saturazione del mercato interno, iniziarono a cercare nuovi mercati da conquistare.

Ciò venne agevolato dalla drastica riduzione dei costi di trasporto che aveva già avuto inizio negli ultimi decenni della Prima rivoluzione industriale.

Attività logistiche e gestionali sempre più complesse portarono ad un aumento della richiesta di *white collar* (Chandler, 1977).

Questa dinamica portò ad una crescita del divario tra i redditi dei *white* e dei *blue collar*; un aumento che iniziò negli ultimi due decenni dell'Ottocento e proseguì per i primi trent'anni dello scorso secolo.

Per i successivi quarant'anni, per ciò che riguarda la maggior parte dei Paesi europei, e cinquanta, per quel che riguarda gli Stati Uniti, questo divario diminuì (Goldin e Katz, 1995 e 2009).

3. La Terza rivoluzione industriale

Se, per quel che riguarda la maggior rilevanza storica della Seconda rivoluzione industriale rispetto alla prima, soprattutto da un'ottica lavoristica e tecnologica, vi è pressoché unanimità, per quel che riguarda la portata delle innovazioni della Terza rivoluzione industriale, vi è in letteratura un forte contrasto tra posizioni spesso diametralmente opposte.

Schwab (2016) è uno degli studiosi più ottimisti rispetto al potenziale portato dalle ICT (Information and Communication Technologies), ma parte da un punto di vista decisamente poco convenzionale.

Difatti Schwab, fondatore e attuale direttore esecutivo del World Economic Forum e professore di economia politica all'Università di Ginevra, vede la Terza rivoluzione e la Quarta rivoluzione industriale come un'unica rivoluzione scomponibile in due fasi.

Questo punto di vista risulterebbe in linea con la teoria dei Cicli economici di natura cinquantennale di Schumpeter (1942); senza però voler andar in alcun modo a sminuire l'impatto avuto da questa "Rivoluzione industriale prolungata".

Gli effetti sono stati considerevoli sia da un punto quantitativo che qualitativo. Ogni settore, in quasi tutti i Paesi, è stato coinvolto da quest'ondata senza precedenti di nuove tecnologie.

Ma, sebbene la maggior parte della letteratura sia concorde nell'attribuire a questo periodo storico l'appellativo di rivoluzione, vi è chi perfino discorda su questo nominativo, come Gordon (2012), ed afferma che le tecnologie della Terza rivoluzione industriale rappresentino, in linea generale, delle migliorie di innovazioni già portate dalla Seconda rivoluzione industriale.

Si pensi per esempio ai videoregistratori come all'unione e alla miglioria di due invenzioni già esistenti, la pellicola cinematografiche e il televisore. Allo stesso modo il telefono cellulare, il web e perfino i social

network possono essere visti come un'evoluzione dei metodi di comunicazione già popolari, quali il telefono o il telegrafo.

Il mondo dell'intrattenimento, al contempo, ha subito enormi cambiamenti, ma, anche in questo caso, se si adopera la prospettiva di Gordon, la televisione e il cinema, per esempio, possono essere visti come l'evoluzione del teatro.

Così come nell'intrattenimento, anche nell'informazione, le nuove innovazioni hanno affiancato ciò che già esisteva; si veda il passaggio dalla stampa ai giornali online.

Per ciò che riguarda l'impatto avuto da parte di queste tecnologie sul mondo del lavoro, in letteratura si propende per considerare la Terza rivoluzione industriale sulla falsariga della Seconda.

Ma, in particolare dagli anni Ottanta, si iniziano ad osservare in maniera sempre più marcata gli effetti della cosiddetta "*Race Between Education and Technology*" (Goldin e Katz, 2008).

Sono molti gli economisti che concordano sul fatto che le ICT abbiano contribuito all'aumento della disuguaglianza reddituale.

Questo avvenne, secondo Autor e Dorn (2013), poiché i computer ridussero la domanda di lavoro nei settori routinari spingendo i lavoratori a riposizionarsi nel mercato del lavoro nella fascia più bassa del livello di competenza richiesta.

Ciò lo si può osservare, sempre secondo Autor e Dorn (2013), nell'aumento della quota di occupati nel mercato statunitense dei servizi. Un incremento del 30%, nel periodo compreso tra il 1980 e il 2005, dopo diversi decenni di stabilità (1950 - 1980).

La digitalizzazione avrebbe al contempo prodotto 11,6 milioni di posti di lavoro nei 27 paesi europei tra il 1999 e il 2010 (Senato della Repubblica, 2017).

Sebbene questo processo possa sembrare speculare a quello in atto nella Seconda rivoluzione industriale, ovvero la presenza di un aumento di domanda di lavoratori poco qualificati (Chandler, 1977; Goldin e Katz, 1995), bisogna anche sottolineare il fatto che questo processo, dovuto alla computerizzazione, abbia avuto un secondo effetto pressoché inedito.

Contemporaneamente la digitalizzazione aumentò la domanda di lavoratori poco qualificati e, avviando dei meccanismi di automazione, andò gradualmente a sostituire proprio questo tipo di lavoratori (Autor *et al.*, 2003).

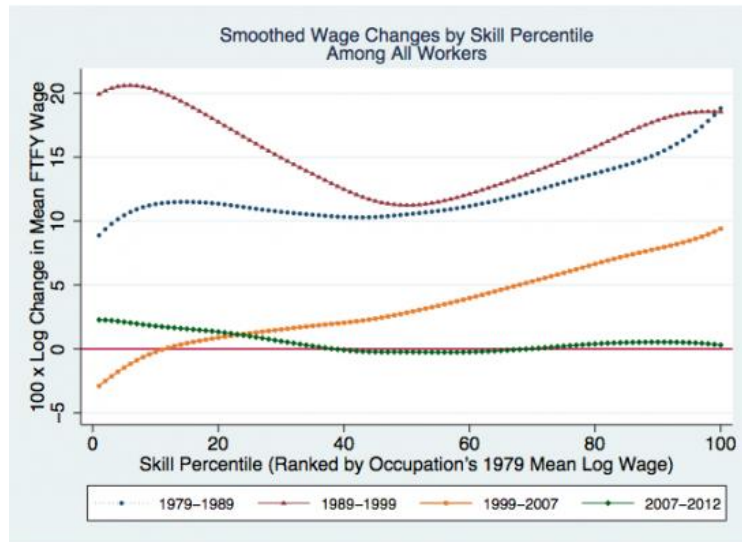


Fig. 3.1: Cambiamento nei salari medi per percentile di competenza 1979-2012, fonte: Autor, 2013.

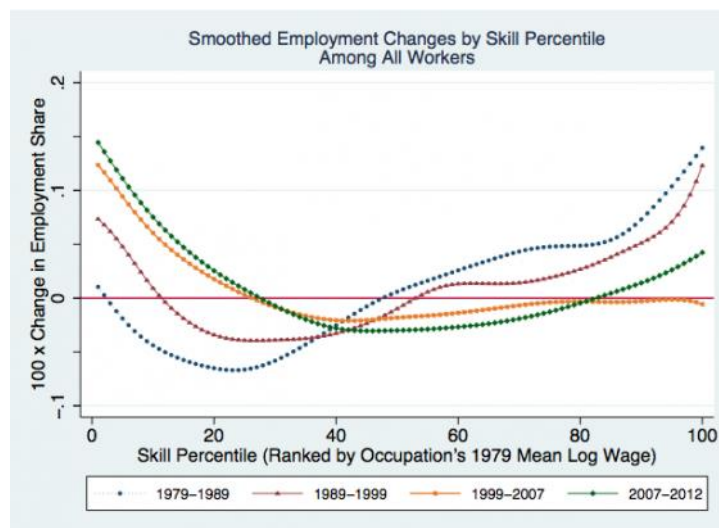


Fig. 3.2: Cambiamento nei livelli di occupazione per percentile di competenza 1979-2012, fonte: Autor, 2013.

I grafici riportati dal lavoro di Autor (2013) sembrerebbero essere in grado di supportare le posizioni fino ad ora riproposte e allo stesso tempo ci forniscono la base necessaria per discutere di alcuni trend non ancora evidenziati.

Nel primo grafico, il primo fatto che salta subito agli occhi consiste nella stagnazione dei salari nel periodo 2007-2012, mentre negli anni Ottanta e Novanta vi fu una notevole crescita per tutti i percentili.

Durante il periodo preso in analisi, vi è quindi stata, come anticipato, una tendenza per i lavoratori *middle-skilled* che svolgevano attività routinarie di riallocarsi in lavori manuali *low-skilled*.

Un'altra delle regolarità che si possono scorgere è il costante e graduale calo della crescita di lavori *high-skilled*.

Quindi la curva di crescita dell'occupazione non è più una curva ad U, bensì una curva decrescente con un timido rialzo nell'ultimo quintile.

Il dibattito relativo all'effetto polarizzatrice della Terza rivoluzione industriale è ancora molto vivo.

A supporto di questa teoria vi furono inizialmente il paper di Bluestone e Harrison (1988), che metteva principalmente in evidenza la decrescita dei lavori *middle-skilled* e l'aumento di quelli *low-skilled*, e quello di Kusters e Ross (1988), che invece confutava le conclusioni del primo.

Burtless (1990) affermò che la domanda di lavori *low-skilled* calò, e negli anni seguenti un considerevole numero di studi (Costrell, 1990; Howell e Wolff, 1991; Levy e Murnane, 1992; Juhn, Murphy e Pierce, 1993; Murphy e Welch, 1993; Gittleman e Howell, 1995; Ilg, 1996; Farber, 1997; Acemoglu, 1999 e 2001; Juhn, 1999; Ilg e Haugen, 2000; Wright and Dwyer, 2003; Goos e Manning, 2003; Autor, 2013) arrivò in maniera più o meno unanime alle stesse conclusioni.

Il primo punto che si può trovare in comune a questi studi è che il numero di lavori *high-skilled* sia aumentato in maniera notevole. Il secondo è che vi sia stato un aumento anche dei lavori *low-skilled*, in particolare in relazione ai servizi.

Secondo Frey e Osborne (2013) l'aumento di impieghi *high-skilled* si può spiegare con il calo del prezzo dei computer²⁷ e l'aumento della produttività dei lavoratori *high-skilled*, dovuto proprio all'utilizzo di nuove tecnologie.

Goos *et al.* (2009) cercano di comprendere se le conclusioni fino ad ora riportate, ovvero che vi sia stato questo processo di polarizzazione e che esso sia dovuto alla Terza rivoluzione industriale, evidenziano il fatto che questa tendenza sia stata propria, in maniera abbastanza uniforme, sia del mercato statunitense sia di quello delle altre potenze occidentali.

Tuttavia, vi sono diversi studi (Jensen and Kletzer, 2005; Blinder, 2009; Jensen and Kletzer, 2010; Oldenski, 2012; Blinder and Krueger, 2013) che non considerano la computerizzazione la causa principale, o perlomeno unica, del processo di polarizzazione.

L'altra motivazione di primaria importanza per cui questo processo abbia avuto luogo si ritrova nell'*offshoring*.

Le imprese, poiché le innovazioni tecnologiche avevano ridotto i costi di trasferimento delle informazioni, hanno delocalizzato le proprie attività produttive.

Michaels *et al.* (2013) sottolineano anche l'importanza che la riduzione dei costi di trasporto e di comunicazione abbia avuto.

²⁷ La diminuzione dei costi di calcolo crebbe notevolmente negli anni Ottanta, si passò da un calo annuo medio del 37% tra il 1945 e il 1980 ad un calo del 64% negli anni Ottanta e Novanta (Nordhaus, 2007).

Ad ogni modo, entrambe queste spinte alla polarizzazione hanno avuto origine nella diffusione delle ICT, di conseguenza, anche se in modo indiretto, si può dire che la vera causa sia la Terza rivoluzione industriale.

3.1.4 L'EVOLUZIONE DEL LAVORO NELLE DIVERSE RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

Nel paper “*Le trasformazioni del lavoro nelle Rivoluzioni industriali*” di Musso (2018) si distinguono sette aspetti dell'attività lavorativa che sono stati influenzati dalle Rivoluzioni industriali e che verranno di seguito analizzati.

Questi aspetti sono:

1. Divisione del lavoro/qualità del lavoro quanto a contenuti di professionalità
2. Natura giuridica del rapporto di lavoro (contratto individuale/collettivo)
3. Stabilità del rapporto di lavoro
4. Rapporto tra tempo di lavoro e tempo libero (o tempo di vita)
5. Rappresentanza e dialettica degli interessi
6. Welfare/legislazione sociale
7. Distribuzione del reddito.

1. *Divisione del lavoro/qualità del lavoro quanto a contenuti di professionalità*

Il primo punto è già stato trattato in precedenza; abbiamo visto come la Prima rivoluzione industriale sia stata artefice di un calo dell'occupazione in termini quantitativi (Braverman, 1974; Hounshell, 1985; Goldin e Katz, 1998; Atack *et al.*, 2004), ma anche qualitativi (Braverman, 1974; Hounshell, 1985; James e Skinner, 1985; Goldin e Katz, 1998; Goldin e Sokoloof, 1982; Atack, 2004; Atack *et al.*, 2008), poiché il lavoro non qualificato degli operai sostituì quello semi-qualificato degli artigiani.

Secondo diversi studi (James e Skinner, 1985; Louis e Paterson, 1986; Brown e Philips, 1986; Atack *et al.*, 2004) questa tendenza si è potuta osservare anche nella prima parte della Seconda rivoluzione industriale, mentre altri (Goldin e Katz, 1998; Atack *et al.*, 2004; Gray, 2013; Katz e Margo, 2013) vedono nella Seconda rivoluzione industriale l'inizio di un processo di polarizzazione professionale.

Per quel che riguarda la Terza rivoluzione industriale, numerosi sono gli studi (Costrell, 1990; Howell e Wolff, 1991; Levy e Murnane, 1992; Juhn, Murphy e Pierce, 1993; Murphy e Welch, 1993; Gittleman e Howell, 1995; Ilg, 1996; Farber, 1997; Acemoglu, 1999 e 2001; Juhn, 1999; Ilg e Haugen, 2000; Wright and

Dwyer, 2003; Goos e Manning, 2003; Goos *et al.* 2009; Autor e Dorn, 2013) che evidenziano un aumento della domanda di lavoratori qualificati e non qualificati, a discapito di quelli semi-qualificati.

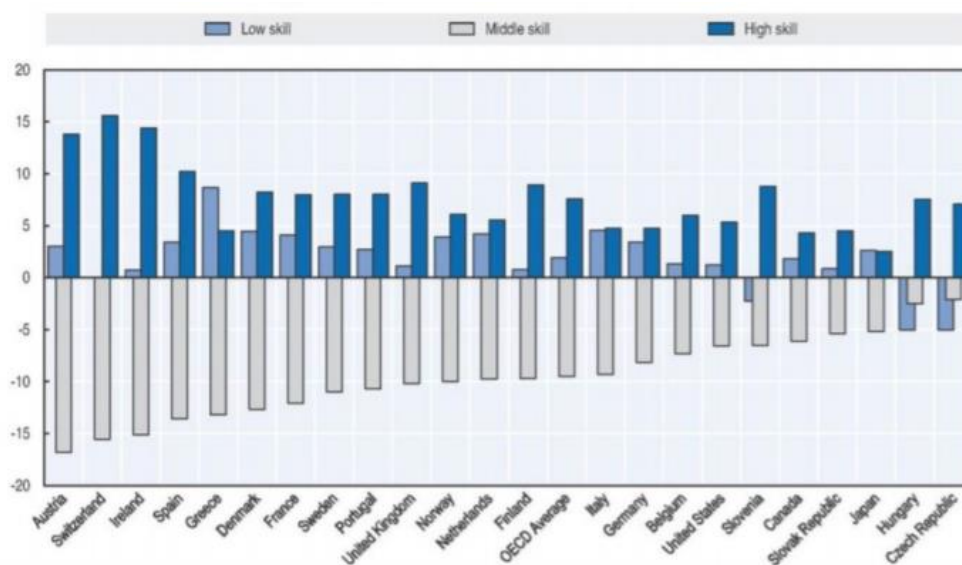


Fig. 3.3: Polarizzazione professionale nel periodo 1995-2015, variazione in punti percentuali sul totale dell'occupazione, fonte: Senato della Repubblica, 2017.

Musso (2018) tuttavia non concorda con le opinioni fin qua riportate che descrivono un processo di polarizzazione professionale, e descrive il processo visto nella Terza rivoluzione industriale come un ritorno alla professionalità, con il superamento dei sistemi di produzione di stampo fordista e taylorista ed un progressivo passaggio ai modelli di produzione Lean e al Total Quality Management.

Torna quindi a crescere la domanda di *blue collar* qualificati e in grado di cogliere e reagire ai cosiddetti “segnali deboli”:

“Ai lavoratori sono chieste nuove capacità di interazione con gli impianti produttivi integrati, quali il riconoscimento dei ‘segnali deboli’, emessi dalle macchine nell’imminenza di malfunzionamenti, che se percepiti per tempo possono contribuire a evitare danni e bassa qualità dei prodotti. Lo sviluppo della capacità di intervenire direttamente, quantomeno sugli inceppi minori, richiede alcune competenze tecniche, che si aggiungono alla attenzione e responsabilità che il lavoratore è tenuto a prestare”. (Musso, 2018)

2. Natura giuridica del rapporto di lavoro

La Prima rivoluzione industriale è stata caratterizzata da una forte presenza di contratti individuali.

Questo tratto distintivo non è stato comune alle seguenti rivoluzioni, le quali hanno come peculiarità condivisa l'ascesa dei contratti collettivi, guidati dalle organizzazioni sindacali, ma potrebbe esserlo della Quarta (Bologna, 2019).

3. Stabilità del rapporto di lavoro

Anche per quel che riguarda la stabilità del rapporto di lavoro si può fare netta distinzione tra la Prima rivoluzione industriale e le seguenti.

L'introduzione di sussidi sarebbe stata pressoché impossibile nelle società di mutuo soccorso della Prima rivoluzione industriale per via del costante alternarsi tra periodi di occupazione e disoccupazione tra gli operai, dovuta alla forte ciclicità delle produzioni.

Anche se, volendo essere più precisi, questa elevata instabilità del rapporto di lavoro non può essere definita come disoccupazione, bensì come sottoccupazione, tant'è che gli operai erano soliti svolgere più lavori contemporaneamente, cercando quindi di diversificare le proprie fonti di reddito (Musso 2004).

4. Rapporto tra tempo di lavoro e tempo libero

Anche riguardo a questo punto si può osservare una netta distinzione tra il periodo preindustriale e della Prima rivoluzione industriale e la Seconda rivoluzione industriale, tuttavia la Terza mostra un ritorno alla tipologia di rapporto tra lavoro e tempo libero originario.

In questo caso si passa da un'attività lavorativa che durava tutto il giorno, ma che non era costante e vedeva spesso l'alternarsi di momenti di lavoro e di pausa (si pensi per esempio alla vendemmia, momento sia di lavoro che di festa e di convivialità), ad un lavoro, quello delle fabbriche, che durava anch'esso tutto il giorno, ma non prevedeva momenti di pausa così come previsto dalle idee tayloristiche:

“Tutta la giornata lavorativa dell'operaio viene completamente assorbita dall'attività manuale, per cui se anche egli possedesse l'istruzione necessaria e la capacità di risalire ai principi generali, egli non avrebbe né il tempo né la possibilità di svilupparne le relative leggi.” (Taylor, 1911)

L'avvento delle ICT, del lavoro autonomo di seconda generazione e, in una fase più recente, del crowdworking hanno fatto sì che il tempo di lavoro e il tempo libero ritornassero ad intrecciarsi e a garantire quindi una maggiore flessibilità ai lavoratori (Musso, 2018).

5. Rappresentanza e dialettica degli interessi

Così come per il quarto punto, anche per quel che riguarda la rappresentanza collettiva, vi sono due momenti critici da evidenziare.

Il primo corrisponde sempre con la Seconda rivoluzione industriale che, sulla scia dei cambiamenti sociali iniziati in seguito alla crisi dello Stato liberale e alla Prima guerra mondiale, permette di rafforzare i meccanismi di rappresentanza degli interessi dei lavoratori, sebbene:

“Attraverso un sistema di premi di produttività e sanzioni per chi non regge il ritmo, la solidarietà di gruppo fra gli operai viene minata in direzione di un rapporto sempre più individualizzato fra datore di lavoro e lavoratore.” (Veltri, 2018)

Il secondo momento critico corrisponde agli anni Novanta, e in questo caso, con la spinta della globalizzazione e del neoliberismo, si è ridotta l'importanza della contrattazione sindacale (Musso, 2018).

Ed è sempre Musso (2018) che così riassume il ritorno a forme di rappresentanza collettiva di stampo Ottocentesco:

“Sotto questo profilo le lancette della storia, almeno in parte, si muovono all'indietro, verso la Prima rivoluzione industriale, quando le prime deboli leghe di resistenza erano costrette a mobilitazioni eroiche, non di rado destinate all'insuccesso. Le prime organizzazioni del movimento sindacale, le Camere del Lavoro, in quanto organizzazioni territoriali erano particolarmente adatte a intercettare i bisogni di un mondo del lavoro in cui instabilità occupazionale e pluriattività intersettoriale non delineavano il consolidarsi di categorie industriali per settore merceologico. Di nuovo, oggi, le istanze orizzontali delle organizzazioni sindacali appaiono le più adatte a rapportarsi con il lavoro instabile e disperso che allora, come oggi, caratterizza ampie componenti sociali.”

6. Welfare/legislazione sociale

La mancanza di sicurezza sociale era uno dei problemi più rilevanti per la società preindustriale e della Prima rivoluzione industriale, al punto che le prime organizzazioni dei lavoratori erano costituite dalle società di mutuo soccorso.

E questo punto è uno dei più critici in ottica di lavoro 4.0, poiché al giorno d'oggi mancano delle riforme che mirino nel lungo termine, soprattutto in ambito pensionistico, a far sì che i sistemi di welfare,

attualmente ancora fermi a dei modelli basati sul lavoro 2.0, si adeguino all'evoluzione del mondo lavoristico.

Questo rappresenta uno dei più grandi macigni che si sta lasciando sulle spalle dei giovani d'oggi, considerando, per esempio, che in 25 anni (1992-2017) l'età media degli occupati in Italia è passata dai 38 ai 44 anni (Carrozza, 2018).

7. Distribuzione del reddito.

Quest'ultimo punto si ricollega al primo, poiché la polarizzazione professionale porta ad una distribuzione del reddito più iniqua.

Ciò lo si può riscontrare nel cambiamento della distribuzione reddituale avvenuto negli anni Ottanta nella maggior parte dei Paesi occidentali (Autor e Dorn, 2013).

Anche in questo caso riprendiamo alcuni studi già chiamati in causa che dimostrano come fino agli anni Ottanta il livello di disuguaglianza dovuto al livello di istruzione sia rimasto pressoché stabile in tutti i Paesi occidentali (Goldin e Katz, 2009), per poi iniziare a crescere (Krueger, 1993; Murphy *et al.*, 1998; Atkinson, 2008; Goldin e Katz, 2009) sulla spinta della Terza rivoluzione industriale (Krueger, 1993).

3.1.5 COMPARAZIONE CON LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Le previsioni relative agli effetti della Quarta rivoluzione industriale sul mondo del lavoro verranno meglio illustrate nel capitolo seguente, tuttavia possiamo già iniziare a fare qualche prima considerazione sui più probabili punti in comune e di rottura con le precedenti rivoluzioni.

Uno degli aspetti peculiari delle passate Rivoluzioni industriali riguarda il fatto che esse hanno permesso alla popolazione di beneficiare del progresso tecnologico nel lungo termine sia in quanto produttori sia in quanto consumatori.

Sovente si fa riferimento, in relazione ai primi anni di attività della Ford e all'implementazione della linea d'assemblaggio, all'aumento del potere d'acquisto dei primi operai della Model T.

Ma, da quando si parla di Rivoluzione digitale, questo duplice aspetto ha iniziato a dissolversi, lasciando spazio soltanto ai benefici in quanto consumatori.

Le nuove opportunità occupazionali nel mondo 3.0 hanno visto coinvolti principalmente una ridotta percentuale di lavoratori altamente qualificati e c'è ragione di credere che ciò si ripeterà anche nel mondo 4.0, vedendo quindi una sempre maggiore rilevanza del capitale sul lavoro.

Di conseguenza, sebbene in passato, come abbiamo potuto verificare, le preoccupazioni relative alla disoccupazione tecnologica si sono pressoché uniformemente rilevate eccessive, questa Rivoluzione ha tutte le caratteristiche necessarie per essere l'eccezione alla regola.

Il capitale umano farà fatica a vincere la gara tra istruzione e tecnologia (“*Race Between Education and Technology*” (Goldin e Katz, 2008)) essendo le capacità cognitive umane finite.

3.2 IL CONTESTO ECONOMICO-TECNOLOGICO INTERNAZIONALE 4.0 ODIERNO

In questo paragrafo, al fine di avere una visione a tutto tondo del contesto economico e tecnologico odierno, cercheremo di capire quali siano i criteri in base ai quali si può ritenere il sistema produttivo di un Paese, nonché il Paese stesso, pronto per affrontare la Quarta rivoluzione industriale, e tenteremo di comprendere quali siano i Paesi meglio posizionati sotto questi punti di vista.

Per farlo ci baseremo principalmente sui dati riportati e sulle conclusioni raggiunte dal World Economic Forum (2018), da The Economist (2018) e, in seguito, su quelle raggiunte tre anni prima da Sirkin *et al.* (2015) attraverso un totalmente diverso punto di vista, partendo dai dati di The Economist Intelligence Unit (2015) e di The Boston Consulting Group (2015).

Dopodiché, sempre in questo paragrafo, ma anche nei successivi, vedendo più nel dettaglio il caso tedesco e quello italiano, cercheremo di analizzare i primi passi che alcune nazioni hanno già mosso verso questa nuova rivoluzione.

Al contempo, cercheremo di carpire le motivazioni per cui alcuni Paesi, almeno in una prima fase, saranno costretti ad aspettare in disparte, e a modificare solo in un secondo momento la propria struttura produttiva.

Tuttavia, prima di intraprendere una discussione relativa al livello di prontezza degli stati nel recepire l'imminente ondata di innovazioni legate alle tecnologie 4.0, bisogna specificare che non vi è, ad oggi, una nazione che abbia deciso di provare con tutte le sue forze a guidare questo cambiamento, piuttosto si cerca di predisporre i requisiti necessari per non venir colti impreparati, in un futuro relativamente prossimo, dalle problematiche che le nuove tecnologie porteranno con sé (The Economist, 2018).

Alcuni Paesi, tra cui la Germania, stanno cercando da diversi anni di improntare il futuro del proprio sistema produttivo verso una tipologia di industria più moderna ed inclusiva, attraverso l'attivazione di una serie di riforme mirate a garantire un'educazione e un training costante, una maggiore flessibilità lavorativa ed un

aggiornamento dei curriculum accademici per rispondere alle esigenze dei rapidi mutamenti del mercato del lavoro²⁸.

Altri invece, come la Corea del Sud e il Giappone, stanno attribuendo la priorità al finanziare, con considerevoli investimenti pubblici, la ricerca legata alla robotica, all'intelligenza artificiale, all'IOT e all'acquisizione di competenze di data analytics (The Economist, 2018).

Nel frattempo, altri Paesi ancora, partendo da un basso livello di sviluppo economico vedono nella Quarta rivoluzione industriale un'opportunità tale da permettere loro il verificarsi di uno scenario di *leapfrogging* (vedremo a breve di che cosa si tratta).

Si ritiene dunque necessario affrontare questa tipologia di analisi, poiché i cambiamenti all'interno delle attività lavorative varieranno notevolmente di Paese in Paese.

Si pensi, per esempio, al fatto che, secondo le stime di Hawksworth *et al.* (2018), entro il 2040, in Slovacchia (44%²⁹) andranno perse esclusivamente per gli effetti della Quarta rivoluzione industriale il doppio delle attività lavorative perse in Finlandia o in Corea del Sud (22%).

3.2.1 EARLY ADOPTERS E LAGGARDS

Iniziamo quindi ad analizzare il metodo processuale seguito dal World Economic Forum (2018) per comprendere le capacità dei Paesi di modificare i propri assetti produttivi in relazione a nuove tecnologie.

Il metodo di giudizio scelto si basa su due tipologie di indicatori: quelli legati alla struttura di produzione e quelli legati ai driver di produzione.

Gli indicatori alla base della struttura di produzione sono due: la complessità (con un peso del 60% sul totale) e la grandezza (40%).

La complessità deriva dalla capacità di produrre ed esportare beni eterogenei e in maniera ubiqua, poiché, come la logica potrebbe suggerire, i Paesi in grado di produrre beni che è impossibile produrre altrove saranno favoriti.

La grandezza è invece determinata da due voci: il Manufacturing Value Added (MVA) in valori assoluti e in valori relativi all'economia, quindi al PIL.

²⁸ Questo approccio lo si può riscontrare nel white paper del ministero del lavoro tedesco inerente all'Arbeiten 4.0 (Lavoro 4.0) (2016) e nel precedente Grunbuch Arbeiten 4.0 (Libro Verde sul Lavoro 4.0) (2015).

²⁹ Fenomeno dovuto principalmente alla più facile automazione di attività svolte da una elevata percentuale della popolazione dei paesi dell'Est Europa, in particolare in settori quali quello manifatturiero e quello dei trasporti (Hawksworth *et al.* 2018).

Gli indicatori alla base dei driver di produzione sono sei, i quali derivano da altre 11 voci, le quali, a loro volta, sono scomponibili in 56 indicatori.

I sei indicatori principali sono: Tecnologia e innovazione (20%), Capitale umano (20%), Commercio globale e investimenti (20%), Framework istituzionale (20%), Sostenibilità delle risorse (5%) e Struttura della domanda (15%).

Per quel che riguarda il driver Tecnologia e innovazione, vi sono due caratteristiche che vengono prese in considerazione ovvero la capacità di innovare e le piattaforme tecnologiche, mentre il capitale umano viene analizzato in base alla forza lavoro attuale e futura.

Il commercio e gli investimenti globali, oltre, come intuibile, al volume di scambi commerciali e investimenti, si basa sulla qualità delle infrastrutture.

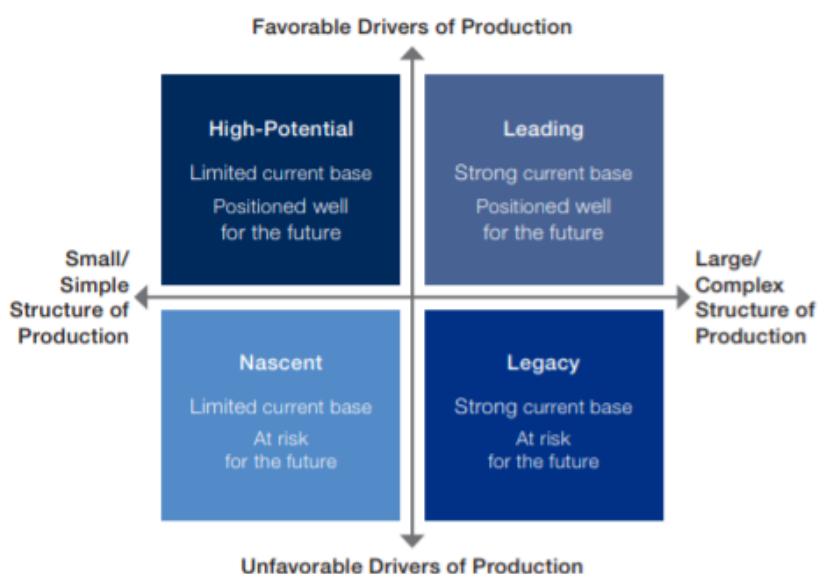
Infine, il driver Struttura della domanda si basa sulla domanda stessa, quindi la grandezza del mercato, ma anche sul livello di complessità della domanda.

Tutti questi valori variano tra 0 e 10 e vengono normalizzati utilizzando un approccio minimo-massimo.

Una volta valutate queste due componenti, 100 nazioni, che includono il 96% del Manufacturing Value Added mondiale, vengono suddivise in 4 raggruppamenti.

La divisione viene effettuata per entrambe le voci distinguendo le nazioni che hanno ottenuto un punteggio maggiore o minore di 5.7. Così facendo il punteggio medio delle prime 75 nazioni coincide con il punto di intersezione delle rette divisorie.

Si creano quindi queste quattro categorie: Leading Countries (25 Paesi), High-Potential Countries (7 Paesi), Legacy Countries (10 Paesi) e Nascent Countries (58 Paesi).



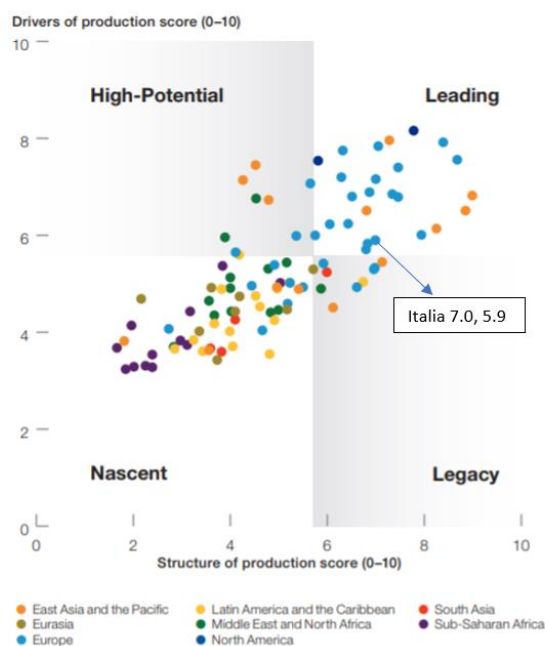


Fig. 3.4- 3.5: Fonte World Economic Forum (2018)³⁰

La prima conclusione che possiamo estrapolare dalla seconda figura è che i Paesi meglio posizionati, oltre al Canada e agli Stati Uniti, sono tutti europei ed est-asiatici.

Questi primi 25 Paesi, tra i quali rientra l'Italia, sono artefici del 75% del MVA mondiale.

Non si tratta quindi soltanto dei Paesi che potrebbero guidare il cambiamento 4.0, ma si tratta delle economie che già si trovano alla guida del mondo contemporaneo.

Questo primo risultato ci suggerisce quindi che il potere commerciale di queste nazioni potrebbe aumentare ulteriormente nei prossimi decenni.

Tuttavia, vi sono alcuni economisti, quali Lorenzo Fioramonti, che sottolineano la possibilità di veder il realizzarsi di un fenomeno noto come *leapfrogging*; un termine abitualmente adoperato dagli economisti di matrice Schumpeteriana.

Questo termine viene utilizzato per descrivere l'opportunità che si presenta per nazioni tecnologicamente arretrate nel momento in cui ci si avvicina ad un cambiamento radicale da un punto di vista tecnologico, come la Quarta rivoluzione industriale, e che potrebbe essere colta con maggiore facilità da questa tipologia di Paesi rispetto a quelli più moderni, così come avvenne nel

³⁰ Vedi appendice 2 e 3

caso delle Tigri asiatiche tra gli anni Sessanta e Novanta dello scorso secolo (Perez, Carlota e Soete, 1988).

Ciò deriva dal fatto che nella prima fase di diffusione di un nuovo paradigma tecnologico i risultati ottenibili dal nuovo paradigma stesso sono altamente imprevedibili.

Di conseguenza i Paesi più ricchi e più tecnologicamente avanzati, che potremmo tranquillamente chiamare *incumbents*, potrebbero essere scoraggiati dall'investire nelle nuove tecnologie³¹.

Si indica quindi con il termine *leapfrogging* uno scenario in cui:

“(...) emerging countries prioritize supporting innovation among small businesses, as well as individual artisans and entrepreneurs. Robotics (...) can help small firms and microenterprises, including in Africa, to punch above their weight in competitive markets, especially if used to support customised production. Because these countries are not locked into pre-existing technologies to the same extent as in the developed world, developing economies would not be at a large disadvantage should such development models take hold.” (The Economist, 2018)

Il secondo rapporto che prendiamo in considerazione è stato pubblicato dall'Economist Intelligence Unit (2018) con il titolo: *“Who is ready for the coming wave of automation?”*.

La classifica qui riportata è quella che emerge analizzando il livello di prontezza nel recepire i cambiamenti legati all'automazione su una base di 20-30 anni (Automation Readiness Index, ARI).

In questo caso i 25 Paesi presi in considerazione (i 19 Paesi del G20, Colombia, Emirati Arabi Uniti, Estonia, Malesia, Singapore e Vietnam) vengono analizzati attraverso 52 indicatori di natura qualitativa (45) e quantitativa (7), i quali vengono distinti in tre categorie principali: Innovation Environment (40%), Education Policies ³²(40%) e Labour Market Policies (20%).

Tra i Paesi del G20 nove sono ad alto reddito, otto a medio reddito e due a medio-basso reddito (Indonesia e India). Le altre nazioni sono state selezionate poiché modelli virtuosi di sfruttamento dell'innovazione tecnologica (Singapore e Estonia) o poiché rappresentatrici di una più vasta area geografica (Colombia, UAE, Malesia e Vietnam).

³¹ Cfr. Per un approfondimento sui rischi e le opportunità offerte dal *leapfrogging*: KEUN L. 2013. *Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-creation, and the Middle-income Trap*. Cambridge University Press.

³² Appendice 4

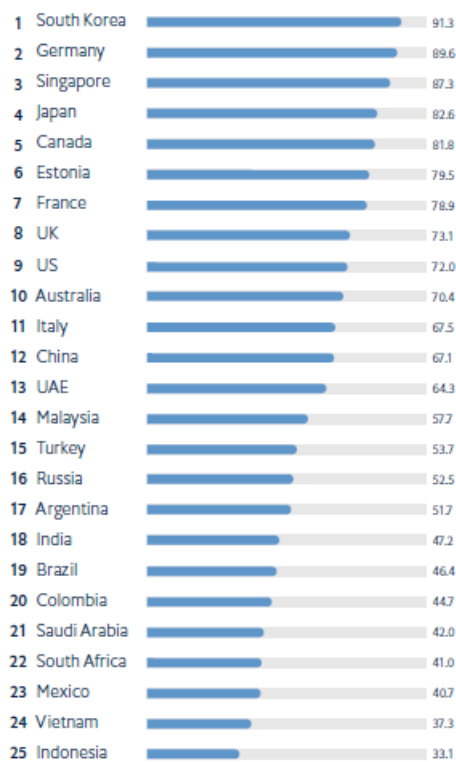


Fig. 3.6: Automation Readiness Index Ranking, fonte: The Economist, 2018

In questa esposizione ci vengono forniti diversi interessanti spunti di riflessione rispetto al processo di automazione.

Analizzando i risultati relativi all'Automation Readiness Index e i singoli indicatori che lo compongono, nel tentativo di verificare se sono concordi con quelli raggiunti dal World Economic Forum già analizzati, si possono evidenziare alcuni punti che emergono chiaramente dal rapporto:

- L'automazione dei processi produttivi pone diverse sfide ed opportunità, e, ad oggi, nessun Paese è stato in grado di fronteggiare questo processo con delle politiche in grado di andare a toccare ogni attore coinvolto in questo cambiamento.
- I Paesi che troveranno le più grandi difficoltà sono quelli nella fascia media di reddito (ad eccezione della Cina), mentre quelli ad alto reddito sono quelli meglio classificati, ma per sfruttare appieno il potenziale di questa rivoluzione tecnologica devono cercare di non rimanere ancorati al passato e mettersi continuamente in discussione, cercando quindi di essere il più possibile dinamici e proattivi, altrimenti paesi a basso reddito e con meno tutele dei lavoratori potrebbero cogliere le opportunità offerte dall'automazione più celermente.

- I Paesi meglio posizionati dal punto di vista dell'ARI sono anche quelli che stanno effettuando il maggior sforzo nel finanziare attraverso fondi pubblici i propri centri di ricerca (in particolare Giappone e Corea del Sud, ma anche, in maniera minore, Regno Unito, Germania, Stati Uniti e Canada).
- L'approccio alle nuove richieste del mercato del lavoro, dal punto di vista delle riforme dei sistemi educativi, è carente in quasi tutti i Paesi, compresi quelli meglio classificati e pronti al cambiamento tecnologico, tra cui la Germania, la quale, sotto questo punto di vista, viene spesso presa come modello.
- Alcuni progressi sono stati fatti invece nel campo dell'apprendimento continuo (*lifelong training*), ma ancora una volta solo per poche nazioni tra quelle più avanzate (Singapore in testa, ma anche Stati Uniti, Canada, UAE, Argentina e Brasile).
- Anche in questa ricerca, così come in quella del World Economic Forum (2018), emerge che i Paesi meglio posizionati sono quelli ad alto reddito. Questa tendenza è ricorrente in tutti e tre gli indici.

Come abbiamo appena potuto osservare, una delle tipicità appartenente ai Paesi sviluppati è che essi siano anche quelli con le percentuali più significative di investimenti pubblici nella ricerca in relazione al Pil.

In questa direzione le nazioni più munifiche sono: la Corea del Sud, dove il Ministero della Scienza e dell'ICT ha stanziato 150mln US\$ nel 2017 in ricerche collegate all'AI, il Giappone, la Germania, ma anche il Regno Unito, che, sebbene rispetto agli altri Paesi presenti una percentuale più bassa di investimenti in Ricerca e Sviluppo sul PIL, tramite il proprio Industrial Strategy Challenge Fund, ha destinato, sempre nel 2017, 68mln UK£ a progetti legati all'AI e alle nuove fonti di energia.

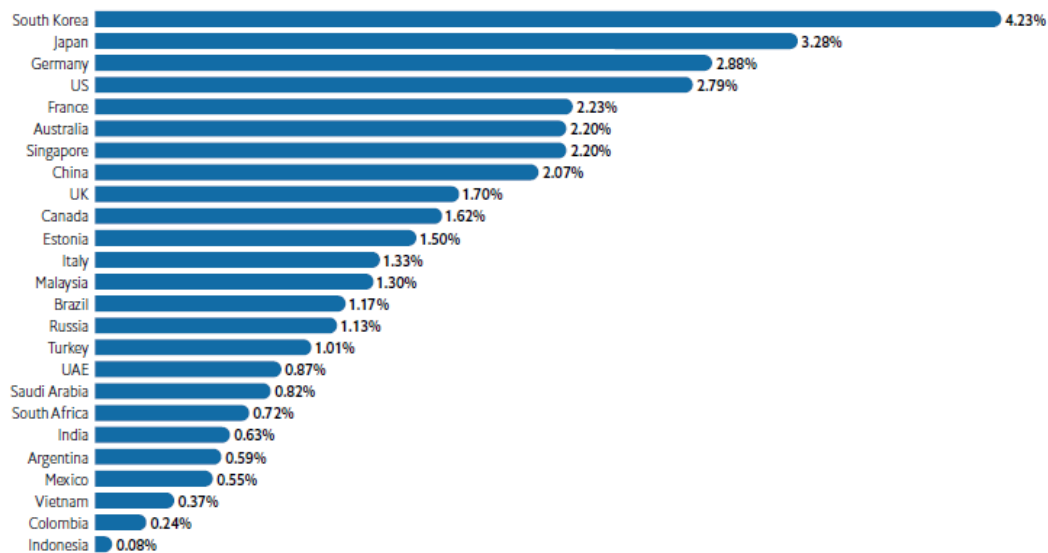


Fig. 3.7: Spesa in Ricerca e Sviluppo in percentuale del PIL, fonte: The Economist, 2018

Particolarmente critica si presenta la situazione di alcune nazioni a basso e medio reddito, così come emerge dalle dichiarazioni di Patrinos, practice manager di World Bank Group, il quale dimostra particolare preoccupazioni per le nazioni del Sud e del Sud-Est asiatico, dove molti studenti presentano grosse lacune nelle competenze più basilari.

Situazione non tipica però della Cina, dove:

“The government is making a concerted effort to rethink school curricula at different levels with a new emphasis on creativity, and they are considering relaxing exam pressure in order to facilitate it. And in China, once something becomes policy, it gets rolled out pretty rapidly.” (The Economist, 2018)

Un altro aspetto da considerare riguarda la quantità e qualità delle regolamentazioni presenti (non strettamente in ambito tecnologico o finanziario), le quali possono costituire sia un freno che una spinta per l’innovazione.

In particolare, l’effetto più forte potrebbe scaturire dalle politiche migratorie, con la Germania che punta fortemente sull’immigrazione di lavoratori qualificati per sopperire alle mancanze del proprio sistema educativo e il Regno Unito che, con anche la complicità della Brexit, ha percorso, e sta tutt’ora compiendo, diversi passi indietro nel livello di attrattività verso lavoratori altamente qualificati.

Rispetto agli indicatori che rientrano tra quelli inerenti alle Education Policies, possiamo evidenziare come vi siano quattro Paesi (Corea del Sud, Estonia, Singapore e Germania) che al momento sono un passo avanti rispetto a tutti gli altri³³.

Tuttavia, di questi quattro Paesi soltanto l'Estonia presenta un elevato livello di partecipazione in attività di training e di istruzione (16%) per quel che riguarda gli individui in età lavorativa (25-64 anni). Tra le altre nazioni la Francia fa ancora meglio (19%) e il Regno Unito non è distante (14%), mentre la Germania, sotto questo aspetto, non brilla (9%) e presenta un livello di partecipazione prossimo a quello italiano (8%).

Tra i Paesi meglio posizionati nel *lifelong learning* vi sono anche gli Stati Uniti, il Canada, e qualche Paese che probabilmente non ci si aspetterebbe di trovare in questa classifica, quali gli Emirati Arabi Uniti, il Brasile e l'Argentina.

Risulta molto ben posizionato anche Singapore, il quale ha introdotto dall'inizio del 2016 una misura i cui risultati nel medio-lungo periodo andranno analizzati con grande attenzione, che veda la consegna di un bonus di circa 330€ ad ogni residente con più di 25 anni spendibili in più di 500 corsi organizzati o sponsorizzati dal governo.

La mancanza di libertà legata all'imprenditorialità, e più nello specifico all'imprenditorialità tecnologica, costituisce uno dei maggiori freni non solo per la Cina, ma anche per l'India.

Un fatto caratteristico di alcune delle nazioni meglio posizionate lo si ritrova nella presenza di iniziative regionali mirate a raggiungere l'eccellenza in determinati settori o di anticipare, in maniera sperimentale, i cambiamenti richiesti al sistema educativo.

È questo il caso dell'Ontario, che fa propulsore per la quinta posizione del Canada, della Baviera, per la Germania, e del Nuovo Galles del Sud, per l'Australia.

3.2.2 QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE A QUATTRO VELOCITÀ.

Aggressive adopters: Corea del Sud, Indonesia, Taiwan e Thailandia.

Fast adopters: Canada, Cina, Giappone, Regno Unito, Russia Stati Uniti.

Moderate adopters: Australia, Germania, Messico, Polonia e Repubblica Ceca.

Slow adopters: Austria, Belgio, Brasile, Francia, India, Italia, Olanda, Spagna, Svezia e Svizzera.

³³Appendice 3

La distinzione sopra riportata è stata adottata per la prima volta da The Economist Intelligence Unit ed è stata presto ripresa da Sirkin *et al.* (The Boston Consulting Group, 2015).

In questa classificazione vengono riportati i primi 25 Paesi per manifatturiero esportato a seconda della velocità con cui potrebbero adottare nuove tecnologie nei prossimi anni.

Queste economie, da sole, effettuano il 90% delle esportazioni mondiali.

Sebbene questa classificazione sia leggermente più datata di quelle precedenti, si ritiene necessario riportarne le conclusioni raggiunte, poiché differiscono notevolmente da quelle degli studi riportati fino ad ora (in particolare per quel che riguarda l'Italia e la Germania) e la motivazione la si ritrova, oltre che nel fatto che i dati analizzati siano del 2015, in un approccio diverso che ci permette quindi di avere una visione più completa del fenomeno.

Difatti, in questo ultimo studio riveste molta importanza il costo del lavoro.

Vediamo quindi le motivazioni che hanno portato a questa classificazione e alcuni degli aspetti comuni, ove presenti, alle nazioni incluse nella stessa categoria:

- *Aggressive adopters*: Corea del Sud, Indonesia, Taiwan, Thailandia

La prima categoria riguarda quattro nazioni che, per ragioni storiche ed economiche, ad eccezione forse della Corea del Sud, non ci si aspetterebbe di veder riportate in una così rosea prospettiva.

Le ragioni principali per cui ciò accade è che questi Paesi presentano alti livelli di occupazione, salari in continua e costante crescita, ed infine una costante e, per certi aspetti, preoccupante crescita dell'età media.

Di conseguenza la Corea del Sud e la Thailandia stanno installando robot industriali ad un ritmo quattro volte superiore a quello medio mondiale, mentre l'Indonesia e Taiwan lo duplicano.

Inoltre, la carenza di tutele verso i lavoratori consente agli imprenditori di queste nazioni di ridurre il numero dei propri dipendenti con estrema facilità.

Si può quindi osservare una prima discrepanza con i risultati delle altre ricerche ed in particolare con quanto riportato poc'anzi rispetto alle problematiche prospettive teorizzate da Patrinos (The Economist, 2018) per le nazioni del Sud-Est asiatico.

- *Fast adopters*: Canada, Cina, Giappone, Regno Unito, Russia, Stati Uniti

Le previsioni riguardanti il tasso di adozione di nuove tecnologie di questa seconda categoria di nazioni è pressoché in linea con l'andamento delle economie stesse.

In queste nazioni Sirkin *et al.* (2015) si aspettano di vedere una saturazione dell'utilizzo di robot entro una ventina d'anni circa.

Le nazioni che rientrano in questa categoria sono molto diverse tra loro e pertanto sarebbe impossibile cercare dei trend comuni.

Le imprese cinesi, per esempio, cercano di anticipare, attraverso l'automazione, un inevitabile aumento dei salari; mentre per quel che riguarda le altre economie, fatta eccezione per la Russia, il costo del lavoro è già particolarmente elevato.

Le tutele dei lavoratori risultano più basse rispetto alla maggior parte delle venticinque nazioni prese in esame e non rappresentano quindi un freno significativo all'innovazione.

- *Moderate adopters*: Australia, Germania, Messico, Polonia, Repubblica Ceca

Anche per quel che riguarda questo terzo livello della classificazione stilata da The Economist Intelligence Unit, le aspettative riguardanti l'adozione di nuove tecnologie risulta essere in linea con le prospettive di crescita dei Paesi e la saturazione relativa all'utilizzo dei robot potrebbe avvenire prima del 2035.

Vi sono tre caratteristiche comuni ad alcune di queste nazioni che potrebbero costituire dei freni per la Quarta rivoluzione industriale: le elevate tutele dei lavoratori, le restrizioni sugli investimenti esteri e il forte controllo esercitato dai governi in alcuni settori.

La Germania merita particolare attenzione, poiché rappresenta un caso atipico sotto diversi aspetti, e, di conseguenza, verrà in seguito analizzata individualmente.

- *Slow adopters*: Austria, Belgio, Brasile, Francia, India, Italia, Olanda, Spagna, Svezia, Svizzera

Questi ultimi dieci Paesi sono quelli che, tra i maggiori esportatori a livello mondiale, soffriranno maggiormente la Quarta rivoluzione industriale.

Il costo del lavoro di questi Paesi, se considerato in relazione alla produttività, ad eccezione dell'India, è tra i più alti al mondo. Le tutele dei lavoratori sono anch'esse tra le più alte al mondo; e in questo caso l'India non è più un'eccezione, al punto che, per le aziende indiane con più di cento impiegati, è necessario un permesso del Ministero del Lavoro per effettuare un licenziamento.

Gli investimenti a lungo termine sono minori di quanto potrebbero essere sia per le ragioni già elencate e sia per le restrizioni che alcune nazioni hanno posto sugli investimenti esteri.

Si stima quindi che per queste nazioni sarà difficile tenere il passo dei primi tre raggruppamenti e ci potrebbero voler diversi decenni per raggiungere i livelli di produttività delle altre nazioni.

Questo è dovuto anche al fatto che questi Paesi stiano tentando di affrontare la Quarta rivoluzione industriale con azioni e politiche industriali conservative.

Ovvero, si cerca in primo luogo di arginare e rassicurare i timori dei lavoratori, piuttosto che implementare politiche di lungo termine mirate al garantire alle proprie imprese la possibilità di cogliere al meglio le opportunità che le nuove tecnologie hanno da offrire.

Il fatto che il nostro Paese sia in questa ultima categoria non è un fatto particolarmente allarmante poiché, come è già stato specificato, la classificazione risale al 2013, ovvero poco più di un anno prima dell'inizio dell'attuazione Piano nazionale industria 4.0 e, di conseguenza, qualora si attuassero gli stessi criteri di classificazione ad oggi, ovvero a quasi quattro anni di distanza dalla pubblicazione del rapporto, è lecito supporre che l'Italia non rientrerebbe più nell'ultima categoria.

Difatti, il guadagno di diverse posizioni da parte del nostro Paese in queste classifiche, sebbene i criteri sulle quali esse siano state stilate differiscano tra loro, può essere uno dei fattori più rosei per l'andamento futuro dell'industria italiana.

3.2.3 INDUSTRIA 4.0 COME CATALIZZATORE DEL RESHORING.

Per concludere il discorso relativo alle diverse velocità che inevitabilmente verranno seguite nei prossimi anni nelle diverse regioni del mondo, è necessario aprire un'ultima breve parentesi sul fenomeno del *reshoring*: un fenomeno che, nei prossimi anni, potrebbe incidere fortemente sul mercato del lavoro italiano.

Secondo una ricerca svolta dall'Osservatorio Uni-Club MoRe Back-Reshoring, ovvero una collaborazione tra le università di Modena, Catania, L'Aquila, Udine e Bologna, e i cui risultati sono stati pubblicati su Il Sole24Ore (Vesentini, 2017), di 376 casi di *reshoring* avvenuti nel 2016 in Europa, 121 sono avvenuti in Italia (il 79% al nord, il 16% al centro e il 6% al sud).

Anche l'*Annual report 2017* dell'European monitor of reshoring vede l'Italia come il Paese europeo più coinvolto in questa dinamica nell'intero periodo 2014-2017.

Secondo quanto viene riportato da Intesa San Paolo nel *Rapporto economia e finanza dei distretti industriali*, Louis Vuitton, Prada, Ferragamo, Ermenegildo Zegna, Bottega Veneta, Geox, Benetton, Piquadro, Nannini hanno riportato in patria una buona parte della propria produzione.

Il settore maggiormente interessato da questo fenomeno, come emerge anche dai nomi delle aziende soprariportate, è quello della moda (41% delle 121 imprese italiane).

Luciano Fratocchi, professore di economia gestionale dell'Università dell'Aquila, ha dichiarato che il fenomeno del *reshoring* verrà accelerato da Industria 4.0, soprattutto nel settore tessile e dell'abbigliamento, dove il vantaggio competitivo si sposterà dai bassi costi di produzione alla filiera produttiva, poiché i clienti saranno sempre più esigenti in termini di tempi e di qualità. Da qui il diffondersi del fenomeno del fast-fashion, che può essere soddisfatto soltanto grazie ad una filiera "a chilometro zero".

Tuttavia, come sottolinea Franco Canna, segretario dell'ANIPLA, l'Associazione Nazionale Italiana per l'Automazione, non bisogna sopravvalutare l'impatto che Industria 4.0 ha avuto in questi ultimi anni dove la Quarta rivoluzione industriale è solo agli albori.

Le dinamiche che guidano una decisione così importante per una azienda come quella di rilocalizzare la produzione dentro i propri confini nazionali, sono molteplici e di estrema complessità.

Le principali cause di questi primi casi di *reshoring* sono più che altro legate a politiche protezionistiche e a incertezze geopolitiche, mentre soltanto nei prossimi anni la Quarta rivoluzione industriale sarà tra i principali propulsori di questo fenomeno, quando le aziende cercheranno di riavvicinarsi ai propri clienti e ai centri d'innovazione (De Backer et al., 2016).

Guido Nassimbeni, professore di Ingegneria gestionale presso l'Università di Udine e anch'esso coordinatore di un gruppo di lavoro sul *reshoring*, ha commentato i risultati del proprio lavoro ad Affari&Finanza sottolineando che:

“Il grappolo di tecnologie 4.0 è il tema dominante. I Paesi destinati ad attrarre i più consistenti flussi di rilocalizzazione produttiva saranno quelli capaci di offrire i maggior vantaggi sotto il profilo delle competenze, della vicinanza ai centri di ricerca, ai servizi, alla consulenza tecnica. Se un’azienda ha in programma la costruzione di un nuovo stabilimento conviene metterlo là dove esiste un polo di eccellenza sulle tecnologie 4.0”.

In letteratura vi è pressoché unanimità nel valutare al giorno d’oggi questo fenomeno come marginale, ma allo stesso tempo sono in molti che si concentrano sugli effetti che la Quarta rivoluzione industriale avrà sul *reshoring* in futuro, affermando che questa tendenza è destinata a crescere in termini quantitativi (Jensen e Kletzer, 2005; Blinder, 2009; Jensen e Kletzer 2010; Oldenski, 2012; Blinder e Krueger, 2013; Cohen et al. 2016; De Backer et al. 2016; Il Sole24Ore, 2017; European monitor of reshoring, 2017).

Inoltre, diversi studi (Cohen et al., 2016; De Backer et al., 2016; ILO, 2016; UNCTAD, 2016) giungono alla conclusione che questo fenomeno non porterà ad un aumento significativo dell’occupazione dei paesi sviluppati, poiché una buona parte delle attività lavorative che verrà riportata in patria, sarà altamente suscettibile all’automazione.

3.2.4 GERMANIA: NON UNA RIVOLUZIONE, MA UN’EVOLUZIONE.

Oltre al caso italiano, si ritiene doveroso trattare anche il caso tedesco in maniera più approfondita per tre ragioni.

La prima motivazione la si ritrova in una serie di caratteristiche intrinseche alla struttura del Paese stesso: quali l’importanza che il sistema industriale tedesco ricopre all’interno dell’Unione Europea, poiché è oramai consolidata l’idea che la Germania, soprattutto da un punto di vista industriale, sia la locomotiva d’Europa e continuerà ad esserlo per diverso tempo; la vicinanza della Germania al nostro Paese, sia geografica che culturale ed economica; e il fatto che essa presenti una struttura produttiva in parte simile alla nostra, ovvero caratterizzata dalla presenza di numerose piccole e medie imprese.

La seconda motivazione, invece, riguarda l’approccio che la Germania ha applicato al mondo 4.0, in particolare dal punto di vista del lavoro, andando a considerare l’attuale cambiamento non come una rivoluzione, bensì come un’evoluzione.

Infine, è necessario anche considerare che tutto il dibattito generato intorno alla Quarta rivoluzione industriale è nato proprio in Germania già più di dieci anni fa.

La discussione nasce infatti nel 2006, con l'avvio della High-Tech Strategy (rinnovata poi nel 2010 con il nome High-Tech Strategy 2020) con lo scopo di gestire tutti gli attori coinvolti nello sviluppo di nuove tecnologie (Tiraboschi *et al.*, 2016).

Ma soltanto nel 2011 si è iniziato a parlare di industria 4.0, e più precisamente nel gennaio del 2011, quando il Governo federale ha avviato un progetto, denominato per l'appunto *Industrie 4.0*, su iniziativa della Industry Science Research Alliance (Tiraboschi *et al.*, 2017).

Sempre nel 2011 il termine Industria 4.0 è stato utilizzato da Wolfgang Wahlster, direttore e amministratore delegato del German Research Center for Artificial Intelligence, alla Hannover Messe ed ha presto acquisito una forte centralità nel dibattito politico tedesco.

Nell'ottobre del 2013 il rapporto *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0*³⁴ ha suscitato un'ondata di euforia nel dibattito politico e accademico tedesco che non si vedeva da decenni (Schroeder W., 2018).

La Cancelliera Angela Merkel ha più volte fatto riferimento alla necessità di coesione tra tutti gli attori che verranno coinvolti dall'Industria 4.0 e, al World Economic Forum di Davos del 2015, ha dichiarato:

“Dobbiamo realizzare rapidamente la fusione tra il mondo di Internet e quello della produzione industriale, perché altrimenti i leader del settore digitale ci porteranno via la produzione industriale”.³⁵

Al contempo, la Francia, con l'istituzione nel 2013 del Commissariat Général à la Stratégie et à la Prospective (CGSP), ha cercato di muoversi nella stessa direzione (Bocchi, 2018).

È importante sottolineare come, fin dal primo momento, la definizione di Industria 4.0, ma anche il punto di vista da cui si osserva questo fenomeno, siano profondamente diversi da quelli più comunemente noti al di fuori della Germania.

³⁴ Assicurare il futuro della Germania come sito di produzione – Raccomandazioni per l'attuazione del progetto del futuro Industria 4.0

³⁵ A. Merkel, Discorso della Cancelliera tedesca Angela Merkel al World Economic Forum del 2015: <https://www.bundeskanzlerin.de/Content/DE/Rede/2015/01/2015-01-22-merkel-wef.html>

Possiamo distinguere in maniera netta chi, come i tedeschi, predilige vedere questo processo come un'evoluzione e chi, come gli imprenditori della Silicon Valley, predilige vedere questo processo come una rivoluzione, ciò a testimonianza del carattere soggettivo dell'innovazione³⁶.

La differenza tra questi punti di vista la si trova nella storia recente della Germania e nel modo in cui i tedeschi guardano alla propria industria.

Negli ultimi 25 anni, nella maggior parte dei Paesi altamente industrializzati, come la Gran Bretagna, gli Stati Uniti e la Francia, le capacità industriali sono diminuite, mentre la Germania si è radicalmente trasformata, passando dall'essere uno dei Paesi più problematici d'Europa all'essere la sua locomotiva proprio grazie ad un miglioramento, guidato dall'industria, della struttura economica nazionale.

Inoltre, si può affermare che la digitalizzazione abbia ricoperto un ruolo fondamentale in questo processo, al punto che si stima che circa un terzo della crescita del valore aggiunto lordo che è derivato dall'industria manifatturiera, quindi lo 0,4% annuo, nel periodo che va dal 1998 al 2012, sia dovuto alla digitalizzazione (Schroeder W., 2018).

Ad oggi, ancora il 24% della popolazione lavora direttamente nel sistema produttivo e ciò fa ancor meglio comprendere come mai l'industria sia spesso al centro del dibattito politico.

Di conseguenza, spesso avviene che il dibattito politico parta "dal basso", dalla prospettiva degli operai.

Ed è questa la ragione per cui in Germania, di più che nelle altre nazioni, si cerca di considerare ogni singolo aspetto della società che verrà influenzato dall'Industria 4.0.

Non si parla solo di competitività, ma anche degli effetti sociali ed economici; degli effetti sull'occupazione, delle qualifiche che verranno sempre più richieste e di tutte le problematiche che possono nascere intorno alla sicurezza dei dati e alla privacy.

³⁶ Vedremo in seguito come, anche all'interno della Silicon Valley, vi siano prese di posizione molto in contrasto tra loro, quali quelle di Elon Musk e Mark Zuckerberg, in particolare in relazione ai pericoli inerenti la Quarta rivoluzione industriale e la tematica della disoccupazione tecnologica.

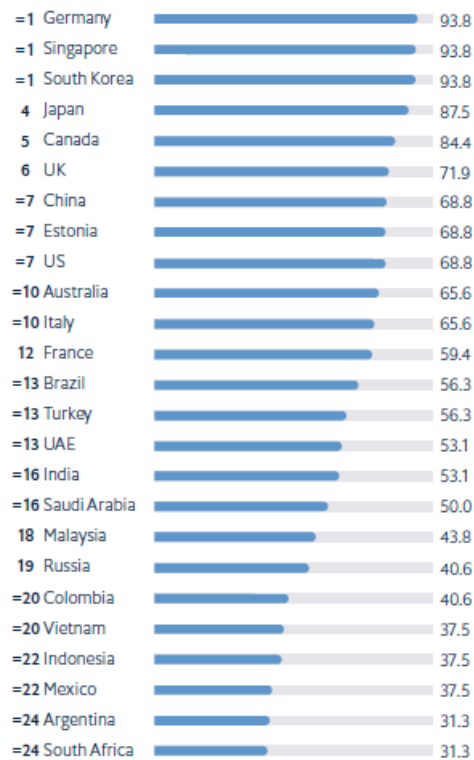


Fig. 3.8: Labour Market Policies Ranking, fonte: The Economist, 2018

La differenza tra il modo in cui il dibattito lavoristico viene ancora oggi impostato in Germania e in Italia la si può riassumere nelle parole di Musso (2018) in relazione alle differenze tra le contrattazioni sindacali nei due Paesi negli anni Settanta, poiché, secondo il professore di Storia contemporanea dell'Università di Torino, in Germania:

“(...) il Welfare State e i diritti dei lavoratori sono stati consolidati dalla negoziazione paritaria tra imprenditori e sindacati, sulla base della convinzione della necessità di rappresentare interessi comuni. Anche in Italia nello stesso decennio si sono avuti i nuovi diritti sanciti dallo Statuto dei lavoratori e notevoli miglioramenti delle prestazioni del welfare, spesso però strappati dalla mobilitazione conflittuale del mondo del lavoro. Del resto, come è noto, il sistema italiano di relazioni industriali viene considerato eponimo del modello della conflittualità latina, mentre quello tedesco della partnership sociale.”

Considerando quanto detto finora, come prevedibile, anche in Germania, la tematica più controversa è sempre quella relativa alla disoccupazione tecnologica.

E, così come in tutto l'occidente, anche in terra teutonica l'attenzione dei media relativa agli effetti dell'Industria 4.0 sull'occupazione è cresciuta a dismisura quando nel 2013 Frey e Osborne hanno pubblicato i risultati della loro ricerca.

Se per gli Stati Uniti le stime effettuate dai due ricercatori della Oxford University affermavano che il 47% delle attività lavorative siano a rischio automazione in periodo di una ventina d'anni, per la Germania, applicando pressoché lo stesso metodo di calcolo, si tratterebbe di una percentuale di attività lavorative simile³⁷.

Secondo quanto riportato da Schoreder (2018), ciò potrebbe significare una perdita netta del 12% dei posti di lavoro nello stesso periodo di tempo.

E, tra i lavoratori, coloro che corrono il maggior rischio sono i meno qualificati, poiché, secondo questi studi, l'80% delle attività lavorative *unskilled* è a rischio, contro il solo 18% di quelle *skilled*.

Tuttavia, come anticipavamo poc'anzi, la tematica è altamente controversa, e, come vedremo nel seguente capitolo, vi è chi giudica troppo drastiche le previsioni di Frey e Osborne e ne contesta il metodo.

Difatti, vi è chi, come il Boston Consulting Group (2015), stima addirittura un aumento dell'occupazione tedesca nei prossimi anni (il 6% in 10 anni), guidato dalla maggior richiesta di operai altamente qualificati.

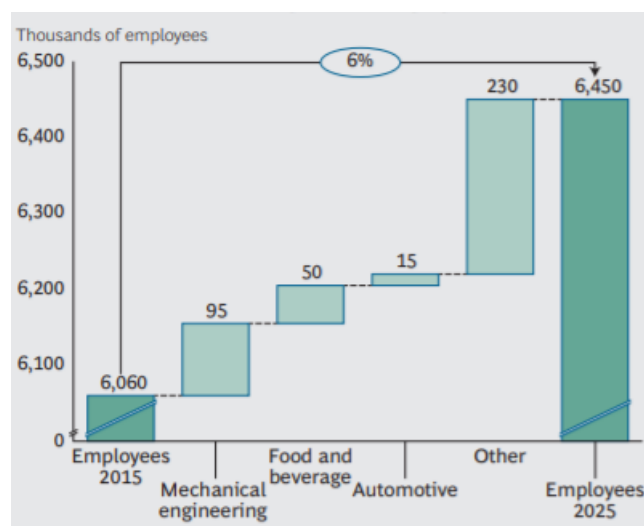


Fig. 3.9: Stima inerente ai livelli occupazionali nel manifatturiero tedesco (2016-2025), fonte: Boston Consulting Group, 2015.

³⁷ 42% secondo i ricercatori del Centro Europeo di Ricerche Economiche (Bonin, 2015) e 59% secondo Brzeski e Burk (2015).

Considerando che in Germania si parla di Industria 4.0 da più di 10 anni, ci si potrebbe quindi aspettare che il Paese sia tra i più pronti ad accogliere questa nuova rivoluzione tecnologica.

Ma, come riporta la Commissione di esperti per la ricerca e l'innovazione³⁸, vi è una discrepanza tra un'estremamente efficiente strategia comunicativa e la reale applicazione di tutti i progetti e le strategie legate a Industria 4.0.

Questo divario deriva dalla paura delle piccole e medie imprese nell'effettuare investimenti di lungo termine nelle nuove tecnologie, poiché altamente rischiosi.

Di conseguenza l'innovazione viene affidata principalmente alle grandi imprese oppure alle piccole e medie imprese, ma solo se supportate da incentivi e finanziamenti pubblici (problematica riscontrata anche in Italia, come vedremo in seguito).

Un'ulteriore complicazione da non trascurare la si ritrova nel fatto che, tra le piccole imprese, spesso a voler investire in nuove tecnologie siano aziende appena nate, start-up.

Per queste imprese è spesso difficile reperire capitale di rischio nel mercato tedesco (Schroeder C., 2016).

A queste problematiche si sovrappongono tutte quelle tipiche della tecnologia 4.0: problemi infrastrutturali (banda larga insufficiente), problemi di sicurezza dei dati, problemi legati alla mancanza di compatibilità dei nuovi software, e così discorrendo.

Di positivo c'è invece da sottolineare il fatto che oramai si sia riusciti a coinvolgere le imprese, il mondo della ricerca e le istituzioni in progetti gestiti in maniera collaborativa, a differenza di come avveniva nei primissimi albori della Quarta rivoluzione industriale quando questi tre attori agivano in maniera indipendente (Schroeder W., 2018).

3.2.5 BREVE ESPOSIZIONE DEGLI ALTRI PIANI 4.0

Il piano Industrie 4.0 della Germania è tutt'altro che un caso isolato.

Prima di addentrarci nell'analisi del Piano industriale 4.0 italiano è utile avere una panoramica su quali altre nazioni ne abbiano già avviato uno proprio.

³⁸ *Expertenkommission forschung und innovation*

I piani industriali più significativi in ottica 4.0 che hanno già preso il via sono i seguenti³⁹⁴⁰(Liao *et al.*, 2017):

- “Factories of the future” dell’Unione Europa (European Factories of the Future Research Association, 2013)
- “Smart Industry” dell’Olanda (2014)
- “Smart Industry” della Svezia (2016)
- “Industria Conectada 4.0” della Spagna (2014)
- “La Nouvelle France Industrielle” della Francia (Conseil National de L’industrie, 2013)
- “Future of Manufacturing” del Regno Unito (Foresight, 2013)
- “Super Smart Society” del Giappone (Council for Science Technology and Innovation, 2015)
- “Made in China 2025” della Cina (2015)
- “Advanced Manufacturing Partnership” degli Stati Uniti (President’s Council of Advisors on Science and Technology, 2011, 2014)
- “Eleventh Malaysia Plan” della Malesia (Economic Planning Unit, 2015)
- “Manufacturing Innovation 3.0” della Corea del Sud (2014)
- “Crafting the Future” del Messico (2016)
- “Taiwan Productivity 4.0 Initiative” di Taiwan (Executive Yuan, 2015)
- “Industrie 2030” del Canada (Canadian Manufacturers & Exporters, 2016)
- “Research, Innovation and Enterprise 2020 Plan” di Singapore (National Research Foundation, 2016)
- “Make in India” dell’India (Department of Industrial Policy and Promotion, 2014).

Addentrarsi in un’analisi di ogni singolo piano richiederebbe però troppo spazio ai punti focali di questo elaborato; di conseguenza ci limiteremo ad aprire una breve parentesi per quanto riguarda le politiche attuate dall’Unione Europea, le quali andranno a impattare in maniera diretta sul nostro Paese.

L’Unione europea ha deciso di indirizzare, almeno in un primo momento, i propri sforzi nel tentativo di far entrare maggiormente in contatto il mondo della ricerca e quello delle università.

³⁹ Tutti i piani elencati hanno una durata compresa tra i 5 e i 15 anni, ad eccezione del piano del Regno Unito (38 anni, 2013-2050).

⁴⁰ Vedi Fig. 12 riassuntiva degli obiettivi e delle caratteristiche dei singoli piani.

Per farlo si è deciso di percorrere la strada dell'interoperabilità, ovvero delle piattaforme digitali, quali l'European Open Science Cloud, e di abbattere le frontiere, sempre di natura digitale, tra i vari Paesi UE.

I principali campi di intervento legati al fine di garantire un maggiore livello di interconnessione tra gli attori coinvolti nel mondo 4.0 sono: 5G, IoT, big data, cyber security e cloud computing.

Entro il 2020 verranno utilizzati i primi 50 miliardi di euro⁴¹ con l'obiettivo primario di riportare il settore manifatturiero a coprire un quinto del PIL europeo.

Country/Region	Reason											
	How					What			Why			
	Innovation	Collaboration	Standardization	Marketing	Investment	Technology	Human	Product	Infrastructure	Economic	Competitiveness	Sustainability
US	1	1			1	1	1		1	1	1	
Germany	1			1		1	1	1		1	1	
France			1			1	1			1	1	1
UK		1						1		1	1	1
Europe	1				1	1	1	1	1		1	1
South Korea	1								1	1		
India					1				1	1		
Netherlands	1	1				1		1				
Sweden							1	1	1		1	1
China	1					1		1	1	1	1	
Spain							1		1	1		
Malaysia	1					1	1	1		1		
Taiwan	1					1	1				1	
Japan	1	1	1	1		1	1			1		1
Mexico	1	1				1	1	1			1	
Canada	1				1	1	1	1		1		
Singapore					1	1	1			1		
Italy	1							1	1		1	

Fig. 3.10: Obiettivi e caratteristiche dei Piani industriali 4.0 più significativi. Fonte: Liao *et al.*, 2017

⁴¹ 37€ mld per favorire l'innovazione digitale, 5,5€ mld per gli innovation hub (nuovi e già esistenti), 6,3€ mld per l'European Cloud Iniziative e 6,3€ mld per la produzione di componenti elettronici.

3.3 ITALIA: TRA PIANO NAZIONALE INDUSTRIA 4.0 E IMPRESA 4.0

1. Situazione di partenza

In molti, sia tra i tecnici che tra la popolazione, ritengono che lo scenario italiano non rappresenti la base ideale per i cambiamenti che si stanno verificando e si verificheranno sempre più nel mercato del lavoro e nei sistemi produttivi.

Se compariamo poi lo scenario italiano a quello europeo, ecco che emergono immediatamente alcuni dei punti critici più gravosi.

L'Italia presenta uno dei tassi di disoccupazione più alti, nonché uno dei tassi di occupazione più bassi, e una delle più elevate percentuali di inattivi; una costante crescita dell'età media della popolazione e degli occupati (negli ultimi anni si è passati da un'età media dei lavoratori di 38 a 44 anni (Carrozza, 2018)); una preoccupante disoccupazione giovanile; una scarsa partecipazione alle attività lavorative delle donne e un elevato livello di analfabetismo funzionale e in ambito digitale (il 44% degli italiani, contro il 56% della media europea, non possiede competenze digitali basilari (Bocchi, 2018)).

Inoltre, nei dieci anni antecedenti l'introduzione del Piano industria 4.0 (in cui era in vigore il disegno di legge Industria 2015 del governo Prodi, approvato nel 2006), principalmente per via della crisi economica del 2007, la struttura professionale e industriale italiana è cambiata notevolmente.

Difatti, sebbene l'Italia continui ad avere una delle percentuali di lavoratori occupati nel manifatturiero più alta d'Europa, vi è stato un netto calo del numero di operai⁴².

Al contempo, un aumento, di mezzo milione di unità, per le occupazioni legate ai servizi e alle attività commerciali, non basta per dar speranza ad un mercato del lavoro che fatica ad uscire da una lunga, e in apparenza interminabile, crisi.

Guardando alle prospettive che riguardano al rapporto tra il mercato del lavoro italiano e il progresso tecnologico, possiamo prendere come punto di riferimento quelle scelte anche dal Senato della Repubblica (2017), ovvero quelle dell'Ocse, le quali stimano che il 10% dei posti di lavoro

⁴² Più precisamente, questo calo inizia già nel 1980, mentre dal 2007 in poi vi è una brusca accelerazione con un milione di operai (di cui la metà qualificati o semi qualificati) che hanno perso il posto di lavoro.

attuali⁴³ sia ad elevato rischio di automazione⁴⁴ e che il 44% delle mansioni lavorative cambieranno in maniera radicale.

Tuttavia, nonostante tutte le criticità appena elencate, sotto alcuni punti di vista l'Italia ha ben poco da invidiare alle altre nazioni d'Europa.

Per esempio, per ciò che riguarda la presenza di imprese manifatturiere ad alto livello tecnologico, l'Italia, già da prima dell'attuazione del Piano industria 4.0, ne possedeva più di 5'400 sulle 46'000 europee, e risulta, sotto questo punto di vista, seconda soltanto a Germania, Regno Unito e Polonia (Deloitte, 2018).

2. Obiettivi e metodologia

Nel tentativo di recuperare un mercato del lavoro e un mondo dell'industria in difficoltà, il 21 novembre del 2015, il Partito Democratico ha organizzato a Venaria l'Italian Digital Day (ribattezzato anche Leopolda digitale) in cui ha annunciato, in collaborazione con alcune delle più importanti università e imprese del Paese, quali fossero gli obiettivi da realizzare e i passi da compiere in ambito tecnologico negli anni seguenti.

Il 21 settembre del 2016, a Milano, il Ministro dello sviluppo economico del governo Renzi, Carlo Calenda, ha presentato ufficialmente il Piano nazionale Industria 4.0.

A gestire questo processo è stata posizionata una Cabina di Regia nazionale appositamente costituita, la quale si occuperà di mantenere il dialogo vivo tra tutti gli attori coinvolti e comprendere quali tra le varie politiche messe in atto risultino più apprezzate dagli imprenditori, dai sindacati e dai lavoratori.

Sebbene i sindacati (Cisl, Cgil e Uil) abbiano espresso qualche perplessità relativa alla mancanza di vicinanza della Cabina di Regia al territorio e quindi alla sua effettiva capacità di intercettare i bisogni delle imprese in base alle singole realtà, hanno, in linea generale, apprezzato il "Piano Calenda" (Farina, 2018).

Anche gli imprenditori lo hanno ben recepito, poiché una delle caratteristiche principali del Piano è stata quella di lasciare agli imprenditori un'ampia libertà di scelta tra le varie agevolazioni proposte,

43 Le stime di Arntz *et al.* (2016) fanno riferimento al 9% delle attività lavorative esattamente in linea con il 9% previsto a livello mondiale.

44 In entrambi gli studi si considerano attività lavorative ad elevato rischio quelle che presentano almeno il 70% di probabilità di automazione.

indifferentemente dal settore, dalla dimensione o dalle altre caratteristiche legate all'impresa in questione, senza dover ricorrere a bandi, sportelli, o procedure di lungo corso.

Gli obiettivi (Ministero dello sviluppo economico, 2018) posti per il periodo 2017-2020 sono i seguenti:

- Aumento di 10€ mld degli investimenti privati (2017)
- Aumento di 11,3€ mld degli investimenti privati in R&S&I
- Aumento di 2,6€ mld degli investimenti privati early stage
- 200'000 studenti universitari e 3'000 manager specializzati e 1'400 dottorati in tematiche I4.0
- Raddoppio numero di studenti di Istituti tecnici superiori legati a I4.0
- Sviluppo Competence center
- Totalità delle aziende coperte da internet a 30Mbps
- Metà delle aziende coperte da internet a 100Mbps
- Creazione di 6 consorzi relativi agli standard IoT (2017)
- Finanziamento del Fondo centrale di garanzia per 900€ mln (2017)
- Finanziamento dei Contratti di sviluppo per 1€ mld
- Finanziamento dei progetti digitali legati al Made in Italy per 100€ mln

Il Piano nazionale Industria 4.0 è stato quindi pensato sulla base di due pilastri: da un lato incentivare gli investimenti in tecnologia, dall'altro permettere alle imprese di migliorare le proprie competenze nella gestione degli investimenti stessi (attraverso i Competence center).

Inizialmente il budget complessivo era stato stimato in 18€ mld per il primo anno e 32€ mld totali (Deloitte, 2018), ma già nelle legge di bilancio del 2017 si sfiorò il tetto dei 20€ mld, per poi vedere un investimento di 9,8€ mld nel 2018, con il governo Gentiloni, e un ulteriore calo con la prima legge di bilancio del nuovo governo Conte (Ministero dello sviluppo economico, 2018; Pisanu, 2019).

Le misure più dispendiose sono state l'iperammortamento, il superammortamento e il credito d'imposta.

Nella seguente tabella vi sono riassunti gli impegni economici presi dal governo per raggiungere gli obiettivi prefissati e gli investimenti privati che, secondo le stime del governo Renzi, ci si aspettava ad essi sarebbero seguiti:

Investimenti innovativi (2017-2020)		
Modalità	Inv. Privati	Inv. pubblici
Aumento investimenti in tecnologie 4.0 ^{45,46}	10,0€ mld	
Aumento spesa in R&S ⁵⁰	11,3€ mld	13€ mld ^{47,48,49}
Aumento solidità finanziaria dei progetti 4.0 e Start-up innovative ⁵¹	2,6€ mld	
Totale	24€ mld	13€ mld
Investimenti nell'acquisizione di competenze (2017-2020)		
Modalità	Inv. Privati	Inv. pubblici
Piano nazionale scuola digitale e Alternanza scuola lavoro (in progetti 4.0) ⁵²	-	355€ mln
Aggiornamento e incremento dell'offerta dei corsi universitari e degli Istituti tecnici superiori in campo 4.0 ⁵³	30€ mln	70€ mln

⁴⁵ Tramite: Iperammortamento, ovvero aumento dell'aliquota di deduzione, attualmente del 140%, al 250% per gli investimenti in I4.0, Superammortamento, ovvero proroga dell'aliquota per un anno (120% per mezzi di trasporto), sezione del FRI dedicata agli investimenti I4.0.

⁴⁶ Patent Box: diminuzione fino al 50% di IRES e IRAP sui redditi che derivano da proprietà intellettuale (Deloitte, 2018).

⁴⁷ Impegno pubblico (2018-2024) per far fronte agli investimenti sostenuti dai privati nel 2017.

⁴⁸ Nuova Sabatini: contributo da parte dello stato per coprire gli interessi passivi contratti dalle PMI per l'acquisto di macchinari e software 4.0 (Deloitte, 2018)

⁴⁹ 200€ mln destinati alla R&S sperimentale per innovazioni di prodotto e di processo (Deloitte, 2018).

⁵⁰ Credito d'imposta per la ricerca: raddoppio dell'aliquota sulla ricerca interna, attualmente del 25%, e limite massimo del credito da 5 a 20 €M

⁵¹ Detrazioni fiscali del 30% per investimenti fino a 1 €M in PMI innovative, progetto "acceleratori di impresa" e altri progetti relativi alle start-up early stage.

⁵² Acquisizione delle competenze legate ad Industria 4.0 attraverso: Laboratori Territoriali, sviluppo di 25 percorsi di studio focalizzati sul digitale e su Industria 4.0, pensiero computazionale.

⁵³ Credito d'imposta per Formazione 4.0: incentivo fiscale per i costi relativi al potenziamento delle competenze tecnologiche e alla formazione del personale in campo 4.0 del 40%.

Installazioni Competence center 4.0 ⁵⁴	100€ mln	100€ mln
Aumento offerta dottorati di ricerca in campo 4.0 e potenziamento dei progetti “Agrifood” e “Fabbrica intelligente”	70€ mln	170€ mln
Totale	200€ mln	700€ mln
Ulteriori iniziative (2017-2020)		
Tematica	Inv. Privati	Inv. pubblici
Potenziamento del Made in Italy nel mondo digitale	1€ mld	100€ mln (2017)
Fondo di garanzia PMI ⁵⁵	22€ mld	900€ mln (2017)
Contratti di sviluppo ⁵⁶	2,8€ mld	1€ mld (2017)
Banda Ultra Larga ⁵⁷	6€ mld	6,7€ mld
Incremento Ral e limite massimo agevolabile	-	1,3€ mld
Totale	32€ mld	10€ mld

Fig. 3.11: Investimenti pubblici e privati attesi derivanti dal Piano industria 4.0, fonte: Ministero dello sviluppo economico, 2018⁵⁸.

Gli investimenti in Italia effettuati grazie a Programmi europei per le tecnologie 4.0 nel 2017 hanno visto il prevalere, così come riportato in un report di Deloitte (2018), gli investimenti nel campo

⁵⁴ È doveroso fare una precisazione relativa alla differenza tra le caratteristiche e gli obiettivi dei Competence center e dei Digital innovation hub. I primi nascono attraverso la collaborazione di diversi attori chiave quali possono essere le università, i centri di ricerca, grandi aziende o piccole start-up. Tutti questi attori coinvolti puntano all'eccellenza in determinati campi di innovazione altamente specifici e che richiedono elevate competenze. L'obiettivo primario è quello di fornire una forma di assistenza sperimentale alle PMI relativamente al campo delle tecnologie 4.0. I Digital innovation hub nascono invece su iniziativa spontanea come un tentativo di collegare i centri di ricerca, le imprese e il mondo della finanza. Anche in questo caso si svolge una forma di assistenza verso le imprese, ma anche da un lato finanziario. Evidenziando le opportunità di finanziamento e fornendo aiuto nelle attività di pianificazione finanziaria.

⁵⁵ Fino all'80% per PMI che non dispongono di garanzie adeguate a richiedere investimenti in tecnologie digitali e innovative (Deloitte, 2018).

⁵⁶ Erogazione di finanziamenti agevolati personalizzati alle necessità delle singole imprese se 4.0 (Deloitte, 2018; Ministero dello sviluppo economico, 2018)

⁵⁷ Disposizione, entro il 2020, della rete a 30Mbps per la totalità delle imprese, contro il 42,7% del 2017, e a 100Mbps per almeno la metà, contro il 7% del 2017 (Deloitte, 2018).

⁵⁸ Laddove non specificato, anche per le note, si fa riferimento alla fonte: Ministero dello sviluppo economico, 2018.

della realtà aumentata per 134 milioni di Euro e nella manifattura avanzata per 113,5 milioni di Euro.

Più ridotte risultano essere le spese per lo sviluppo dell'*Industrial internet* (49,9 milioni), con soltanto il 7% di imprese che disponeva di internet ad almeno 100 Mbs nel 2017 contro il 16% europeo, per *Big data and Analytics* (45,5 milioni), per la *Cyber security* (23,7 milioni) e per l'*Additive manufacturing* (18,1 milioni), ovvero tecnologie quali la stampa 3D.

3. Primi risultati e migliorie necessarie

Gli imprenditori e i sindacati (Bocchi, 2018) hanno ben visto le politiche introdotte dal governo Renzi e il piano Industria 4.0, secondo Miragliotta (2018), direttore dell'Osservatorio Industria 4.0, è stato:

“(...) uno shock positivo per la manifattura italiana. Le aziende sono tornate ad investire in modo cospicuo dopo anni di quasi immobilità (+9% nel 2017) e a far crescere il valore aggiunto manifatturiero (+2,1% nel biennio 2016-17). Le aziende dell’offerta, anche grazie al Piano, hanno visto incrementi del loro mercato dell’ordine del 30%. L’Italia della manifattura digitale ha vissuto, a partire dal settembre 2016, un momento di grande euforia, (...) “la grande occasione”.”

Tuttavia, dei due pilastri alla base del Piano industria 4.0, ovvero la stimolazione degli investimenti e il miglioramento delle competenze gestionali, solo uno ha funzionato propriamente.

E questa rappresenta una notevole problematica, poiché entrambi questi pilastri sono necessari per sostenere la crescita del Paese nell'ambito 4.0, e, come dichiarato dallo stesso Calenda, i progressi effettuati per quel che riguarda le competenze gestionali non hanno dato i risultati sperati e non si può essere quindi soddisfatti, poiché ad oggi le imprese possono effettuare gli investimenti necessari per ottenere le attrezzature adeguate ad affrontare la Quarta rivoluzione industriale, spesso senza però avere le competenze necessarie per controllarle (Prodi *et al.*, 2017).

Gli incentivi alla formazione sono stati quindi mal recepiti, al punto che sono stati cancellati dal governo successivo.

Inoltre, sebbene nel solo primo anno di attivazione del Piano vi sia stata una crescita degli investimenti in Ricerca e Sviluppo del 9%, anche sotto questo punto di vista, non sembra vi siano i requisiti per essere totalmente soddisfatti di questa crescita degli investimenti, poiché mirati principalmente all'acquisizione di macchinari e software *labour saving* (Prodi *et al.*, 2017).

Una problematica, riconosciuta sia da Calenda che da Di Maio⁵⁹, i quali hanno tentato di porvi rimedio, è che la componente dimensionale costituisce spesso un ostacolo, difatti solo il 42% delle piccole imprese ha effettuato questo tipo di investimenti, contro il 96,7% delle grandi imprese.

Ad ogni modo, queste opportunità di investimento, che hanno indotto, nel solo 2017, il 67% delle imprese ad investire in nuovi macchinari e/o tecnologie, hanno fatto sì che la percentuale di imprese italiane che utilizza tecnologie 4.0 sia cresciuta notevolmente anche in relazione agli Paesi europei.

Piccole (1-49)		Medie (50-249)		Grandi (250+)	
17%	28%	28%	40%	32%	42%

Fig. 13.11: Percentuale di imprese per dimensione che utilizza robot in Europa (Germania e Regno Unito escluse) e Italia, fonte: Saporiti, 2019

Miragliotta (2018) critica l'assenza di misure specifiche per alcuni elementi imprescindibili per il cambiamento 4.0 e il fatto che ci si sia concentrati troppo sugli incentivi agli investimenti. In particolare, si avrebbe trascurato le politiche relative ai software (cloud) di supporto alla ricerca, le piattaforme IoT e di Analytics, le piattaforme online di collaborazione (fondamentali per le PMI) e la Cyber security.

Di grande importanza è stata la continuità al "Piano Calenda" data dai governi successivi a quello Renzi.

Difatti, il passaggio tra i due governi del Partito Democratico è stato molto graduale sotto diversi punti di vista e il Piano impresa 4.0, che sostituisce nel nome il precedente Piano nazionale industria 4.0, si mantiene in linea con le metodologie stabilite sul finire del 2016.

E sebbene fosse opinione diffusa che il governo Movimento5Stelle-Lega avrebbe smantellato in toto, o quasi, il lavoro fatto dal Ministero dello sviluppo economico sotto le direttive di Calenda, così non è stato (sebbene un ridimensionamento, inevitabile per trovare fondi per finanziare le altre misure promesse, ci sia stato⁶⁰):

“Per alcuni versi, questo governo (Conte ndr.) ha mostrato sensibilità verso il tema dell’innovazione digitale, aprendo altri fronti di investimento e di partecipazione internazionale su temi importanti per il futuro digitale del Paese, come Blockchain e intelligenza artificiale. È un

⁵⁹ Cfr. PISANU N., 2019.

⁶⁰ Cfr. PISANU N., 2019.

fatto positivo, tuttavia un piccolo investimento su temi promettenti, ma che ancora devono dispiegare il proprio potenziale, non può compensare un provvedimento timido e incompleto.”
(Miragliotta, 2018)

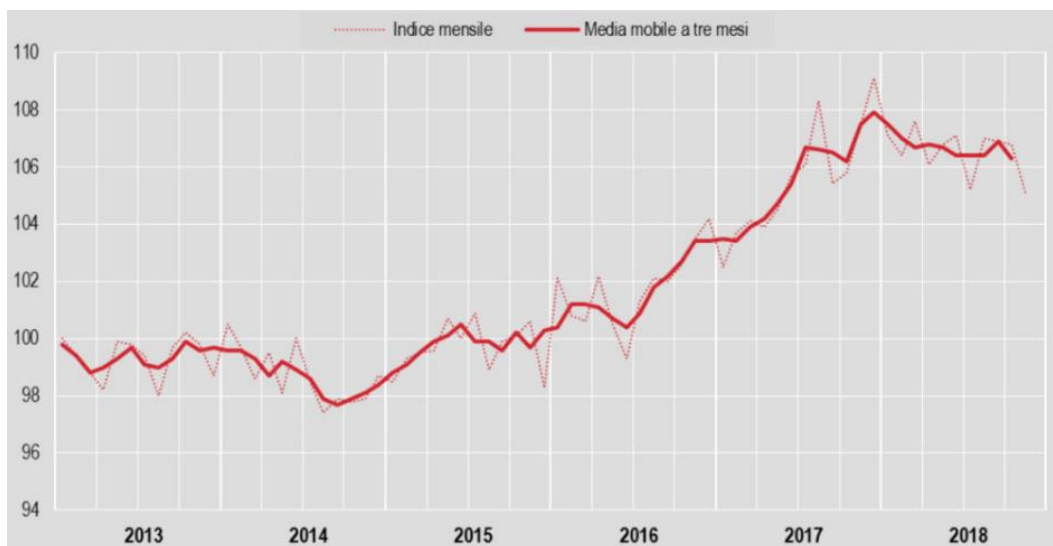


Fig. 3.12: Produzione industriale italiana da gennaio 2013 a novembre 2018 (gennaio 2013=100), fonte: Istat (2019)

CAPITOLO QUARTO: GLI IMPATTI SUL MERCATO DEL LAVORO

In questo quarto e ultimo capitolo cercheremo di definire gli impatti della Quarta rivoluzione industriale occupazionali sul mercato del lavoro partendo dal lavoro di Frey e Osborne del 2013 per poi offrire una panoramica degli studi successive e delle critiche mosse verso i ricercatori britannici; per poi concludere con una introduzione agli effetti dell'Industria 4.0 sul mercato del lavoro, quali la creazione di nuove figure professionali, lo skill mismatch, lo skill gap e skill shortage, l'aumento della flessibilità e della polarizzazione professionale, reddituale e territoriale.

4.1 INDUSTRIA 4.0 E DISOCCUPAZIONE TECNOLOGICA

4.1.1 INTRODUZIONE AL DIBATTITO LAVORISTICO 4.0

Come affermato nel secondo capitolo, la diatriba inerente la disoccupazione tecnologica ha guadagnato una nuova verve nel settembre del 2013 con la pubblicazione del lavoro di due ricercatori della Oxford University: Carl Frey e Michael Osborne.

Le stime inerenti la disoccupazione tecnologica che seguirà l'introduzione delle tecnologie 4.0 variano fortemente tra l'ipotesi più cauta del 9% teorizzata da *Arntz et al.* (2016) e che fa riferimento ai 21 paesi dell'OCSE ed è stata realizzata in uno studio commissionato dall'OCSE stessa, fino al 66% teorizzata dalla World Bank (2016) per i Paesi sviluppati.

Sulla tematica vige quindi la presenza di una forte discrepanza tra le opinioni degli esperti in materia, tuttavia, indifferentemente dall'area geografica a cui si fa riferimento, la maggior parte degli studi concorda sul fatto che almeno un terzo dei posti di lavoro possa essere automatizzato in un periodo di tempo di poco superiore ai vent'anni.

Questo cambiamento verrà guidato dal fatto che l'automatizzazione non rimarrà più un fenomeno arginato alle attività routinarie e manuali, ma, grazie al costante aumento di dati a disposizione, andrà sempre più a coinvolgere anche attività non routinarie e cognitive, così come sostengono

Brynjolfsson e McAfee (2014), i quali definiscono l'era che stiamo per affrontare come “*The Second Machine Age*”.

4.1.2 THE FUTURE OF EMPLOYMENT

1. Introduzione al lavoro di Frey e Osborne

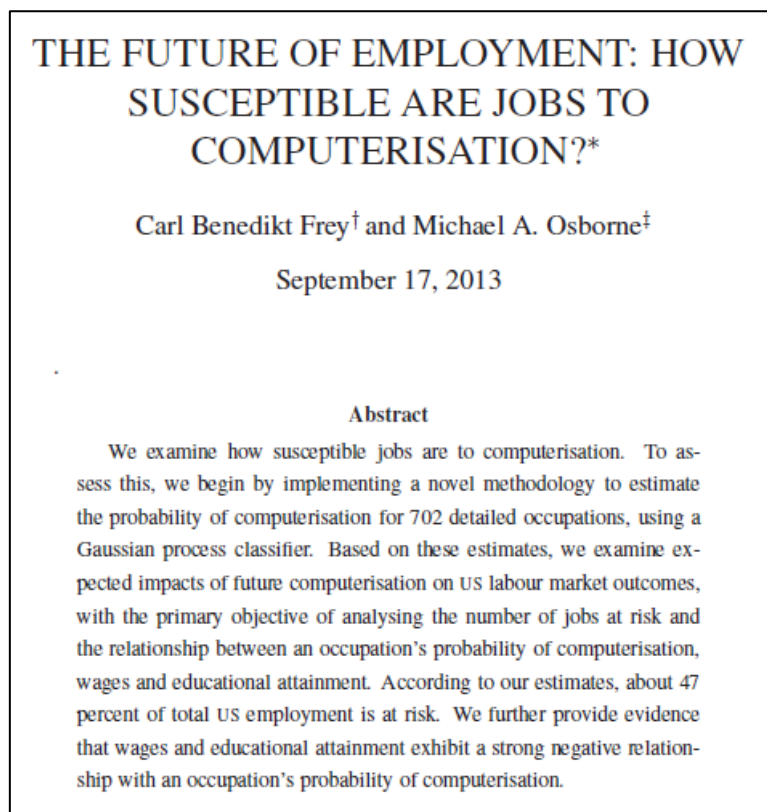


Fig. 4.1: Abstract del paper *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?*, fonte: Frey e Osborne (2013)

Per via della grande rilevanza che il lavoro compiuto da Carl Frey e Michael Osborne ricopre all'interno di questo elaborato, si ritiene doverosa una breve presentazione degli autori.

Entrambi ricoprono il ruolo di Co-direttore all'interno del Programma su Tecnologia e Occupazione della Oxford Martin School, all'interno dell'Università di Oxford.

Frey, Ph.D. in History Economic presso l'Università di Lund, dirige il programma *the Future of Work* della Oxford Martin School, mentre Osborne, il quale ha focalizzato la prima parte della sua carriera accademica sulla tematica del Machine Learning, ricopre il ruolo di professore associato presso l'Università di Oxford di Machine Learning.

A partire dal 2019, Frey è entrato a far parte del World Economic Forum's Global Future Council e il Bretton Woods Committee.

I ricercatori dell'università Britannica strutturano il loro paper in quattro capitoli principali, più uno di introduzione e uno di conclusione e pongono come fine una maggiore comprensione delle probabilità che, in un periodo di tempo di due decenni circa, il progresso tecnologico raggiunga una soglia tale da garantire la computerizzazione di una determinata occupazione, tralasciando l'influenza che l'attivismo sociale o inattesi cambi nel costo del lavoro o del capitale possano esercitare sulle reali possibilità d'automazione.

Il primo passo, effettuato da Frey e Osborne per fornire una panoramica generale del fenomeno della disoccupazione tecnologica, consiste nel fornire un sunto delle dinamiche che storicamente sono intercorse tra progresso tecnologico e disoccupazione, così come è stato effettuato in questo elaborato.

Dopodiché, nella terza sezione, vengono discussi i traguardi raggiungibili dalle più moderne tecnologie e quelli che potrebbero venir raggiunti nel prossimo quarto di secolo, prestando particolare attenzione al maggior grado di complessità intrinseco nell'automazione di attività non routinarie rispetto a quelle routinarie.

Infine, nel quarto e nel quinto paragrafo, si passa alla discussione della metodologia scelta e all'analisi dei risultati ottenuti e alla loro attendibilità.

Il primo passo compiuto da Frey e Osborne riguarda la scelta del *task model* da utilizzare, ovvero un modello basato su una funzione di produzione Cobb-Douglas.

In cui Q , ovvero l'output di un sistema produttivo dipende direttamente da C , che rappresenta il capitale tecnologico, e L_S e L_{NS} sono gli input di lavoro suscettibili e non suscettibili all'automazione.

La prima di queste tre variabili è destinata a diminuire ancora nel tempo per via del progresso tecnologico (Nordhaus, 2007) e per il fatto che risulti essere perfettamente elastica rispetto al proprio costo.

Di conseguenza, nei prossimi anni, una buona parte della forza lavoro presente in L_S si ricollocherà in L_{NS} .

Questo *task model* differisce quindi da quello precedentemente utilizzato da Autor *et al.* (2003) nel fatto che L_{NS} include anche attività di natura non routinaria⁶¹.

Il modello precedentemente utilizzato è stato caratterizzato da un elevato grado di accuratezza fino al termine della Terza rivoluzione industriale, ed è stato formulato sulla creazione di una matrice data dall'unione di un asse dove vengono distinte le attività routinarie e quelle non routinarie, e di un secondo asse dove vengono distinte le attività cognitive da quelle manuali.

Se in passato l'automazione delle attività lavorative è rimasta confinata ad un singolo riquadro di questa matrice (Goos, *et al.*, 2009; Autor e Dorn, 2013), ovvero quello in cui le mansioni risultano essere routinarie e manuali, in quest'ultima rivoluzione industriale

“Computerisation is no longer confined to routine tasks that can be written as rule-based software queries, but is spreading to every non-routine task where big data becomes available”

(Brynjolfsson e McAfee, 2011).

Al fine di dimostrare il potenziale presente nell'automazione di attività cognitive non routinarie e gli attuali progressi effettuati in questa direzione, Frey e Osborne riportano alcuni esempi, quali lo sviluppo di Watson da parte di IBM, un computer utilizzato in fase di diagnostica presso il Memorial Sloan-Kettering Cancer Center.

A riprova del fatto che il settore legale, insieme a quello finanziario e a quello medico sia uno di quelli più fortemente interessati da questo cambiamento, e della presenza di bias umani viene citato un curioso paper di Danziger *et al.* (2011) nel quale viene dimostrato come i giudici israeliani siano più permissivi nelle loro sentenze dopo la pausa pranzo.

Dopodiché, Frey e Osborne si soffermano anche sulla computerizzazione di attività non routinarie manuali fornendo anche qui diversi esempi, anche se probabilmente non ci sarebbe neanche bisogno di soffermarsi su quest'ultima tipologia di attività, poiché, in tempi recenti, quando si parla di automazione la mente di una persona non addetta ai lavori si rivolge con buona probabilità in maniera spontanea e immediata alla Tesla o a software come Siri.

Di conseguenza, superato il *task model* teorizzato da Autor *et al.* nel 2003, analizzando la letteratura presente in tema di Machine Learning e Mobile Robotics, Frey e Osborne giungono alla

⁶¹ Nel primo capitolo, abbiamo già sottolineato, riportando la citazione di Levy e Murnane (2004): *“(...) executing a left turn against oncoming traffic involves so many factors that is hard to imagine discovering the set of rules that can replicate a driver's behavior”*, come in pochi anni si sia riusciti a superare una barriera che secondo molti sembrava insuperabile, ovvero quella di estendere i processi di automazione anche ad attività più complesse quali quelle routinarie.

conclusione che un lavoro non sia suscettibile all'automazione se sia composto da attività di percezione e manipolazione (L_{PM}), di intelligenza creativa (L_C) e di intelligenza sociale (L_{SI}).

Tuttavia, su quest'ultimo punto è doveroso effettuare una precisazione, poiché una riallocazione ed una semplificazione dei task potrebbe portare ad una trasformazione di task non routinari in routinari.

Si pensi, per esempio, a quanto avvenuto nella Seconda rivoluzione industriale, quando il lavoro degli artigiani venne spostato nelle fabbriche, e nelle catene di montaggio, o, per esempio, in termini più recenti, alla trasformazione del mondo dell'edilizia con i prefabbricati (in particolare in Giappone e negli Stati Uniti), e quindi con il passaggio da un ambiente di lavorativo altamente variabile e caratterizzato da un'elevata presenza di attività non routinarie ad uno prevalentemente routinario.

“The extent of computerisation in the twenty-first century will thus partly depend on innovative approaches to task restructuring” (Frey e Osborne, 2013).

Difatti, secondo alcuni economisti⁶² il maggiore effetto di un processo di computerizzazione si ritroverebbe nel cambiamento della strutturazione dei task all'interno delle occupazioni, piuttosto che una redistribuzione della forza lavoro tra le diverse occupazioni (Arntz *et al.*, 2016)

2. La metodologia seguita

Il primo passo che viene compiuto si ritrova nella selezione di 702 occupazioni dal database statunitense O*Net⁶³; database utilizzato in precedenza anche negli studi di Blinder, 2009 e Jensen e Kletzer, 2005 e 2010.

Al fine di ridurre i bias legati alla soggettività degli esaminatori, Frey e Osborne decisero di etichettare manualmente⁶⁴ soltanto 70 occupazioni, quelle sulla cui probabilità di automazione ritengono vi sia meno incertezza.

A questo processo di classificazione partecipò un ristretto gruppo di economisti e di ricercatori legati al mondo del *machine learning* presso Oxford University Engineering Sciences Department,

⁶² Spitz-Oener A. 2006. *Technical Change, Job Tasks, and Rising Educational Demands: Looking outside the Wage Structure*. Journal of Labor Economics. V. 24. pag. 235-270.

⁶³ Database successore del Dictionary of Occupational Titles (DOT), fermo al 1991, e sviluppato per il Dipartimento del Lavoro statunitense.

⁶⁴ Attraverso la domanda: *“Can the tasks of this job be sufficiently specified conditional on the availability of big data, to be performed by state of the art computer-controlled equipment?”*

e gli unici valori assegnabili furono uno zero, laddove l'occupazione non è automatizzabile, e un uno, laddove l'occupazione è automatizzabile.

Dopodiché, grazie al fatto che le occupazioni presenti all'interno del database risultano essere classificate anche in base a nove caratteristiche (Assisting and caring for others, Persuasion, Negotiation, Social perceptiveness, Fine arts, Originality, Manual dexterity, Finger dexterity e Cramped work space), grazie all'algoritmo sviluppato, le 632 occupazioni la cui probabilità d'automazione erano ancora da stabilire sono state classificate in base alle 70 etichette manualmente.

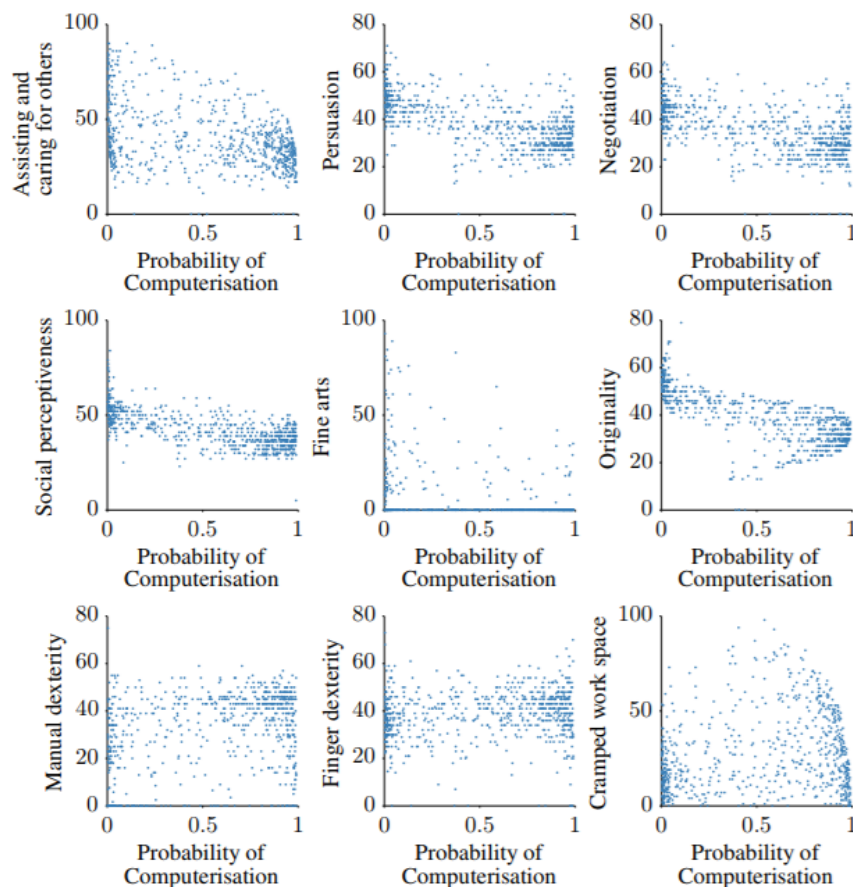


Fig. 4.2: Probabilità di automazione dell'attività in questione in relazione a ciascuna delle nove caratteristiche evidenziate da Osborne e Frey (2013)

Paradossalmente, una buona parte del lavoro necessario per predire il rischio di automazione della maggior parte delle occupazioni prese in esame è stato svolto da una macchina.

Si può quindi osservare una certa ironia dietro a questo paradosso, ma allo stesso tempo si può prendere questa peculiare sfaccettatura come un primo pratico esempio a supporto delle conclusioni a cui Osborne e Frey giungono.

Inoltre, l'algoritmo è stato progettato in modo da permettere di eliminare valori anomali, o meglio valori che risultano essere particolarmente estremi per ciò che deriva da una sola variabile e che non trova conferma nelle altre variabili.

Allo stesso modo, è stato tenuto conto della probabilità che una variabile non sia significativa a meno che un'altra non raggiunga un determinato livello minimo.

3. I risultati ottenuti

Prima di trarre le conclusioni del loro lavoro, ancora una volta Osborne e Frey sottolinearono il fatto che fine dello studio non fosse quello di scoprire quale percentuale di occupazioni verrà automatizzata, ma quale possa essere automatizzata.

Venne quindi evidenziata la presenza di tre limiti all'attendibilità delle conclusioni raggiunte.

La prima limitazione si riscontra nel fatto che invenzioni *labour saving* possono essere adottate ad un ritmo differente da quello inizialmente ipotizzato se si verificano dei cambiamenti nel costo del lavoro e del capitale.

Dopodiché, viene evidenziato che, sebbene l'attivismo sociale e politico e le attività regolatorie non sembrano più essere un grosso freno all'innovazione, sono ancora presenti sporadici esempi in cui i legislatori locali si oppongono o cercano di rallentare gli effetti derivanti dalle attività imprenditoriali quali, per esempio, quelle di Uber.

E infine, viene ricordato che effettuare previsioni sul progresso tecnologico futuro è estremamente complicato.

Quest'ultima ragione conduce gli autori a non stabilire un orizzonte temporale specifico in termini di anni, bensì si fa riferimento a dei punti focali dell'innovazione tecnologica.

“First, the utilisation of new technologies is a slow process, due to economic, legal and societal hurdles, so that technological substitution often does not take place as expected. Second, even if new technologies are introduced, workers can adjust to changing technological endowments by switching tasks, thus preventing technological unemployment. Third, technological change also generates additional jobs through demand for new technologies and through higher competitiveness.” (Frey e Osborne, 2013).

Anche le 70 attività esaminate manualmente sono state sottoposte al processo di valutazione dell'algoritmo, talvolta con un capovolgimento della previsione iniziale.

Per esempio, il lavoro *Waiter and Waitress* era stato etichettato con uno 0, ovvero come non automatizzabile, ma, al termine dell'analisi basata sulle nove caratteristiche di cui sopra, risulta computerizzabile con una probabilità del 94%.

Tutte le probabilità delle 702 del database vengono raccolte sia in un tabella di 16 pagine posta al termine del paper, partendo dal 2,8% dei *Recreational Therapists* fino al 99% dei *Telemarketers*, sia nella figura sottostante.

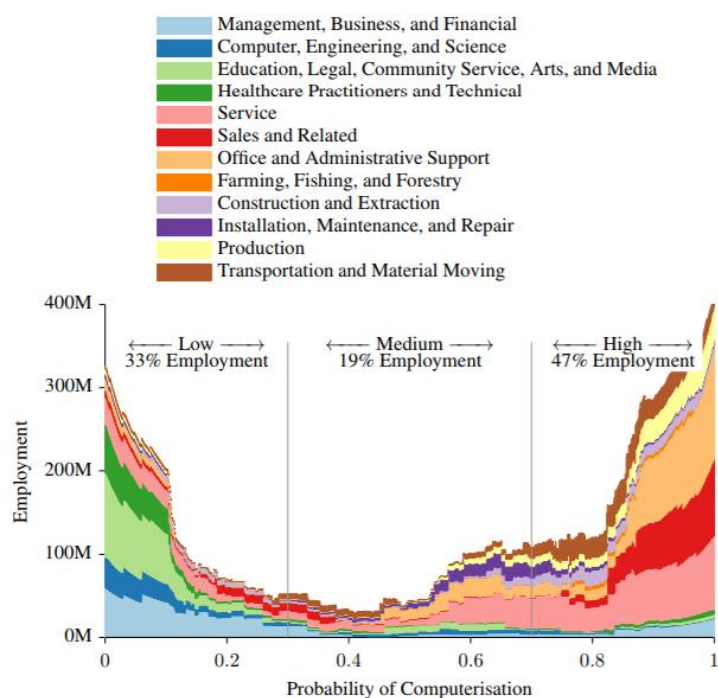


Fig. 4.3: Distribuzione della probabilità di automazione per occupazione (Frey e Osborne, 2013)

Le soglie del 30% e del 70% come probabilità d'automazione vengono considerate come i livelli critici necessari a distinguere le attività *low risk* da quelle *medium risk* e da quelle *high risk*.

Frey e Osborne evidenziano anche la presenza di una forte correlazione negativa con la probabilità di computerizzazione sia per quel che riguarda il salario sia per quel che riguarda il livello d'istruzione, così come riportato in fig. 19.

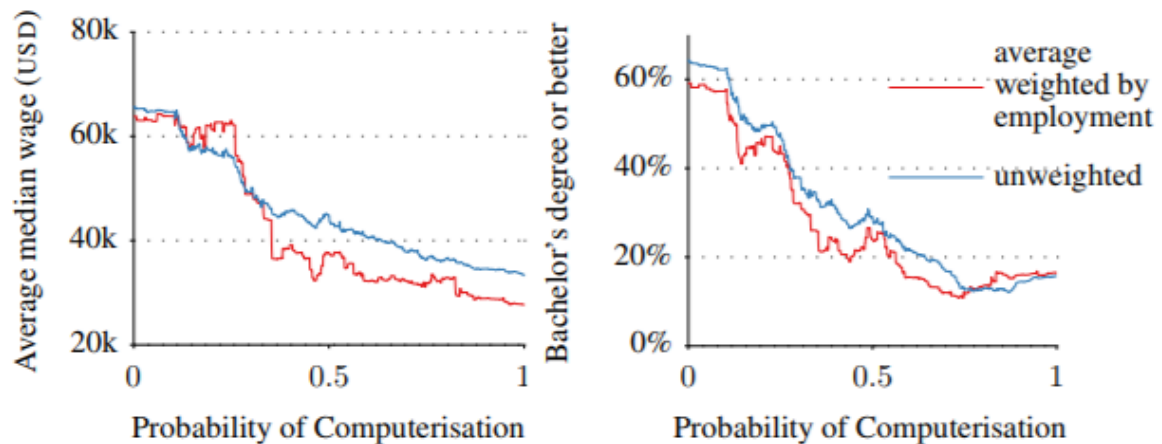


Fig. 4.4: Probabilità di automazione per salario mediano e per livello di istruzione

4. Gli studi seguenti a firma di Frey e Osborne

Negli anni seguenti alla pubblicazione di *The Future of Employment* vi sono state diverse ulteriori pubblicazioni a nome dei due ricercatori britannici.

La motivazione di queste pubblicazioni si ritrova, oltre nel desiderio di contribuire ulteriormente alla diffusione tra il pubblico di una maggiore consapevolezza delle problematiche, e delle opportunità, intrinseche alla quarta rivoluzione industriale, alla necessità di aggiornare i risultati del primo studio ad un'ambiente estremamente dinamico e di espanderli a nuove nazioni, e, al contempo, di difendere la metodologia processuale adoperata da alcune delle critiche subite.

Gli studi seguenti sono: *Future Opportunities*, *Future Shocks: Key Trends Shaping the Global Economy and Society* (2014), *Technology at Work: The Future of Innovation and Employment* (2015), *The Great Escape: How Workforce Automation is the Answer to Japan's Secular Stagnation* (2016)

5. Le critiche alla metodologia processuale

In uno studio effettuato nel 2018 (Walsh, 2018), su richiesta dell'International Journal of Automation and Computing, si è effettuata la riclassificazione di 37 delle 70 occupazioni inizialmente prese in considerazione da Osborne e Frey.

Siccome l'accuratezza delle previsioni inerenti il totale delle 702 occupazioni presenti sul database O*Net dipende fortemente da questa prima selezione, la classificazione viene ripetuta grazie alle

valutazioni di un più numeroso gruppo di persone alle quali viene chiesto, così come nel primo studio, di affermare se ritengono che l'occupazione in questione sia automatizzabile o meno.

I pregi di questo secondo sondaggio non si fermano soltanto alla presenza di un maggior numero di intervistati, ma al fatto che sia stata effettuata la scelta di dare la parola a un gruppo di intervistati più eterogeneo.

Ricordiamo che Frey e Osborne si erano rivolti esclusivamente ad economisti e ricercatori specializzati presso l'Oxford University Engineering Sciences Department nel machine learning; mentre Walsh decide di intervistare tre differenti gruppi di persone: esperti in Intelligenza artificiale, esperti in robotica e, infine, persone non definibili come esperti del settore, ma che hanno comunque dimostrato un certo livello di interesse nel futuro dell'Intelligenza artificiale.

Questo secondo sondaggio è stato effettuato all'inizio del 2017 e si è tenuto presso l'Annual conference of the Association for the Advancement of Artificial Intelligence e l'International Joint Conference on Artificial Intelligence per quel che riguarda il primo gruppo di intervistati (per un totale di 200 esperti), l'IEEE International Conference on Robotics and Automation per il secondo gruppo (per un totale di 101 esperti), ed, infine, il sito web australiano e britannico "The Conversation" per il gruppo di non esperti (per un totale di 473 intervistati).

Tuttavia, per comprendere meglio la composizione di quest'ultimo gruppo di intervistati bisogna fare qualche precisazione, poiché: la maggior parte dei lettori del sito web utilizzato (il 72%) sono di nazionalità australiana, statunitense o britannica; il livello di istruzione è superiore alla media (l'85% possiede un undergraduate degree); l'età media non è elevata e la maggior parte degli intervistati è benestante.

Intervistati	Grandezza campione	Stima del numero di occupazioni a rischio di automazione su 70		
		Medio	Mediano	Intervallo di confidenza
Esperti di Robotica	101	29	29	(27.0,31.0)
Esperti di AI	200	31.1	33	(29.9,32.6)
Non esperti	473	36.5	37	(35.6,37.5)

Fig. 4.5: Sondaggio sulle probabilità di automazione (Walsh, 2018)

Come si può osservare dai risultati riportati nella Fig. 20, non si verifica una significativa divergenza tra i risultati forniti dagli esperti in robotica e gli esperti in Intelligenza artificiale, mentre vi è una maggiore preoccupazione tra i “non esperti”, i quali presentano un valore previsionale mediano della percentuale di occupazioni a rischio di automazione pari al 37%, ovvero eguale a quello teorizzato da Osborne e Frey.

Nell’intervista effettuata da Walsh viene posta un’ulteriore serie di domande inerenti l’High level machine intelligence (HLMI).

In particolare, viene chiesto di stimare quando, con un 10%,50% e 90% di probabilità, si raggiungerà questa soglia critica, definita come il momento in cui una macchina sarà in grado di effettuare tante professioni umane quante quelle che sono effettuabili da un lavoratore medio.

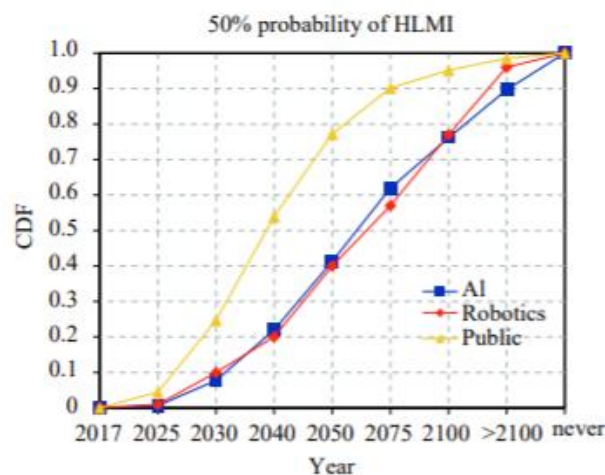


Fig. 4.6: Distribuzione probabilistica temporale HLMI (Walsh, 2018)

Anche le risposte a quest’ultima serie di domande ci indirizza verso la conclusione che tra la popolazione vi siano timori superiori a quelli presenti tra i tecnici.

Tornando alle critiche che con maggiore enfasi vengono solitamente rivolte verso lo studio di Frey e Osborne, possiamo riscontrare nei lavori di Brandes e Wattenhofer (2016) e di Arntz, Gregory e Zierahn (2016) intitolati *Opening the Frey/Osborne Black Box: Which Tasks of a Job are Susceptible to Computerization?* e *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries* quello che è probabilmente il punto più debole dell’analisi effettuata dai ricercatori della Università di Oxford.

La critica riguarda il fatto che lo studio si concentri sulle possibilità di automazione dei lavori, e non delle singole attività che vanno a comporre il lavoro stesso.

Il punto che si vuole fare emergere è che se un lavoro, scomponibile in una decina di singole attività, è automatizzabile per quel che riguarda nove attività, allora non si debba tentare di

classificarlo come totalmente automatizzabile o non automatizzabile, e, di conseguenza, durante la fase di studio bisogna spostare l'attenzione sui singoli *task*, per poi ritornare sui propri passi in un secondo momento e rifocalizzare quindi l'attenzione sulle varie attività lavorative.

Di conseguenza, il primo passo consiste nell'individuazione dei singoli *task*, nel ponderarli quindi in base alla loro centralità rispetto del lavoro in questione e soltanto alla fine, come anticipato, è necessario ripercorrere il primo passo a ritroso; ovvero calcolare la probabilità d'automatizzazione di un attività lavorativa in base alla ponderazione delle probabilità d'automatizzazione dei singoli *task*.

Il valore previsionale passa quindi, secondo Arntz, Gregory e Zierah (2016) dal 47% per gli Stati Uniti al 9% per i 21 Paesi dell'Ocse.

Alcuni risultati vengono totalmente stravolti; si pensi, per esempio, che l'occupazione *compensation and benefits managers* risulta automatizzabile con una probabilità del 9,1%, meno di un decimo del 96% originariamente ipotizzato.

4.1.3 ALTRI STUDI SULLA DISOCCUPAZIONE TECNOLOGICA

<i>Stima tasso di disoccupazione tecnologica</i> ⁶⁵			
<i>Autori</i>	<i>Ente</i>	<i>Anno</i>	<i>Stima per area geografica</i>
Frey C. B. e Osborne M. A.	University of Oxford	2013/2015	Stati Uniti 47%
Hawksworth J. e Hannah A.	Pricewaterhouse Cooper's (PwC)	2017	Stati Uniti 38%, Regno Unito 30%, Giappone 21% e Germania 35%
Chang J. e Huynh H.	ILO	2016	ASEAN 56%
Manyik J, Madgavkar A. e Lund S.	McKinsey	2016	60% delle occupazioni posseggono almeno il 30% di attività automatizzabili. OCSE 9% dei posti di lavoro
	McKinsey	2015	Globale 45% delle attività lavorative, 5% dei posti di lavoro
	Deloitte	2014	Regno Unito 44%
Blanchet M. e Rinn T.	Roland Berger	2016	Europa occidentale: 8.3 mln di posti di lavori persi

⁶⁵ In tutti gli studi riportati in tabella l'orizzonte temporale è di due decenni circa dalla data di pubblicazione.

			nell'industria e 10 mln creati nei servizi entro il 2035
-	World Bank	2016	Paesi sviluppati 67%, EU tra il 47% e il 54%
Durrann-White <i>et al.</i>	Ceda	2015	40% Australia
Frey C. B. e Osborne M. A.	University of Oxford	2016	Cina 77%, India 69%, Giappone 49%
Arntz M., Gregory T. e Zierahn U.	OECD Publishing	2016	OCSE 9%, minimo: Corea del Sud 6%, massimo: Austria 12%
Bruegel		2014	Italia 56%, Germania 51%...
	SSF	2014	Svezia 53%
	Unionen	2014	Svezia 37%
Pajarinen M. e Rouvinen P. ⁶⁶	ETLA	2014	Finlandia 35%
Brzeski C. e Burk I.	ING DiBa Economic Research	2015	Germania 59%
Bonin H., Gregory T. E Zierahn U	Centro Europeo di Ricerche Economiche	2015	Germania 42%
Bowels J.	Bruegel	2014	Europa 45-60%

Fig. 4.7: Fonti: Frey e Osborne (2013 e 2015); Roland Berger (2016); McKinsey Global Institute (2016); PwC (2017); World Bank (2016); Chang e Huynh (2016); Deloitte (2014); Ballester e Elsheikhi (2018); Durrann-White *et al.* (2015); Frey, Osborne *et al.* (2016), Pajarinen e Rouvinen (2014); Brzeski e Burk (2015); Bowles (2014); Arntz M., Gregory T. e Zierahn U. (2016); Bonin (2015); Unionen (2014); SSF (2014); Brugel (2014)⁶⁷

4.2 GLI ALTRI EFFETTI DELL'INDUSTRIA 4.0 SUL LAVORO

1. Creazione di nuove figure professionali

Sebbene la maggior parte degli studi relativi alle dinamiche che probabilmente andranno ad intercorrere tra il progresso tecnologico 4.0 e il mondo del lavoro si concentrino sugli effetti negativi e, in particolare, su quali e quante figure professionali possano essere rese superflue, è

⁶⁶ I seguenti studi sono basati sulla stessa metodologia applicata da Frey e Osborne (2013).

⁶⁷ Cfr. Unionen, 2014. *Digitalisering – Hot eller möjlighet för jobben. Almedalen*; SSF, 2014. *Vartannat job automatiseras on 20 år – utmaningar för Sverige*; Brugel, 2014. *The Computerization of European Jobs*.

opportuno sottolineare come nei prossimi anni non mancheranno settori in cui la richiesta di forza lavoro sarà in costante aumento anche grazie alla Quarta rivoluzione industriale.

La ragione principale per cui ci si concentri principalmente sulle attività che possono essere sostituite a discapito di quelle che possono essere create è molto semplice e si ritrova nel fatto che sia più facile analizzare ciò che potrebbe accadere alle professioni già esistenti, di cui si conoscono le caratteristiche, piuttosto che a professioni i cui confini sono ancora da delineare.

Le nuove opportunità che ci si aspetta possano sorgere nei prossimi anni non saranno confinate esclusivamente ai campi di lavoro strettamente collegati al progresso tecnologico quali Ingegneria, Informatica, Matematica e Architettura.

Scheil-Adlung in uno studio del 2016 ha stimato che se si volesse tentare di raggiungere la copertura sanitaria globale entro il 2030 saranno necessari 27 milioni di lavoratori in più in *Health occupations* e 45,5 milioni in *Non-health occupations*.

Di queste 72,5 milioni di occupazioni la maggior parte si troverebbe in Asia (14,1 milioni in *H.o.* e 24,7 milioni *Nh.o.*) e in Africa (10,1 milioni in *H.o.* e 16,6 milioni in *Nh.o.*), ma anche nei paesi più sviluppati l'invecchiamento della popolazione porterà ad un aumento della domanda di lavoratori nel mondo della sanità.

Come abbiamo visto nel primo capitolo, anche nel mondo dell'istruzione si possono riscontrare alcune notevoli opportunità grazie al passaggio dall'attuale sistema educativo al *lifelong training* e alla formazione continua.

2. *Skill mismatch, skill gap e skill shortage*

Una delle problematiche più attuali e più sentita dai datori di lavoro è la mancata compatibilità tra ciò che viene richiesto e ciò il mondo della formazione offre.

Non si tratta solo di una carenza di competenze nelle “nuove leve” (*skill shortage*), bensì di una vera e propria incongruenza (*skill mismatch*).

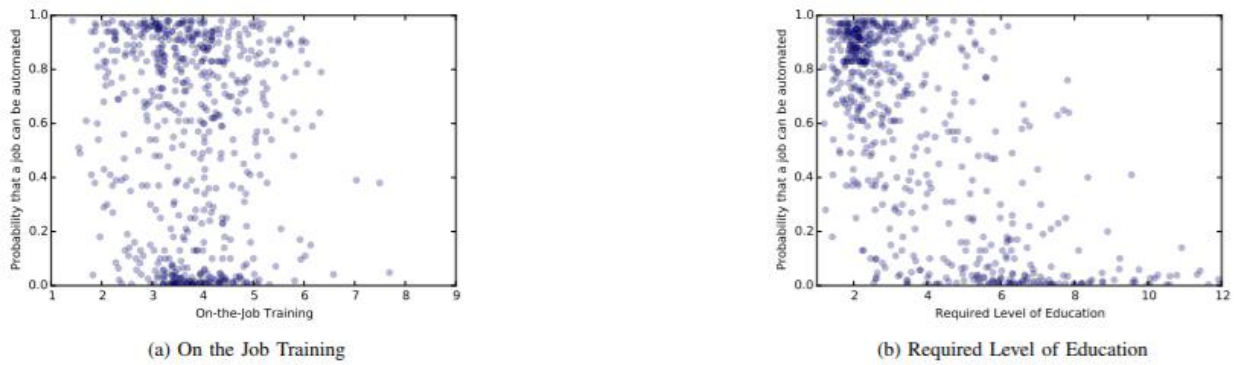


Fig. 4.8: Probabilità di automazione e formazione sul posto, e istruzione (Frey e Osborne, 2013)

Nell'immagine riportata a sinistra si può osservare la maggior efficacia della preparazione pre-lavoro rispetto a quella sul campo.

Mentre nell'immagine a destra si può osservare la correlazione presente tra il livello di educazione richiesto per svolgere una determinata mansione e la probabilità di automazione della mansione stessa.

3. Aumento della flessibilità

Una tematica di fondamentale importanza all'interno del mondo del lavoro riguarda “la crisi del sistema degli orari standard”, così come vengono definiti da Giuseppe Della Rocca (2018), il quale afferma “Molto si è discusso sulle caratteristiche dei ruoli lavorativi, non altrettanto è stato fatto sul tema del tempo e sulla disciplina degli orari. Alcuni contributi non fanno fatica ad evidenziare che le nuove tecnologie, a partire dall'ICT, consentono di lavorare in modo agile, lontani dal posto di lavoro, aprendo opportunità di flessibilità di orari, di conciliazione tra lavoro e impegni familiari”.

4. Aumento della polarizzazione

Nel corso dell'elaborato abbiamo potuto constatare il fatto che vi sia pressoché unanimità nell'ambiente accademico nel ritenere che la percentuale di occupazioni che andranno a scomparire per via della Quarta rivoluzione industriale sia superiore alla percentuale di nuove occupazioni.

E, sebbene sia difficile stabilire delle previsioni accurate, la digitalizzazione e l'automatizzazione sembrano destinate a premiare i lavoratori più qualificati e ciò potrebbe portare ad un incremento delle polarizzazioni già presenti all'interno del mercato del lavoro, ovvero polarizzazioni di tipo professionale, reddituale e territoriale.

CAPITOLO V:

CONCLUSIONI

Con il presente elaborato abbiamo potuto analizzare il fenomeno della Quarta rivoluzione industriale da diversi punti di vista, per poi concentrarsi sull'impatto occupazionale che dovrebbe portare all'interno del mercato del lavoro nel prossimo quarto di secolo.

Partendo dalle caratteristiche della Rivoluzione stessa e dalle tecnologie che la caratterizzano si ha potuto comprendere quali siano i rischi, le opportunità e le sfide che ad essa sono legate.

Se da un lato, nonostante numerose sfide tecniche, di cui alcune risultano ancora in fase di delineazione, questa nuova ondata di tecnologie sta permettendo l'introduzione di servizi e di prodotti un tempo inimmaginabili, dall'altro le tecnologie 4.0 rappresentano un'opportunità pressoché unica nel corso della storia per il carattere esponenziale che incorporano.

La creazione di nuove occupazioni, la possibilità di erogare nuovi servizi e creare nuovi prodotti in tempi in precedenza inimmaginabili, l'opportunità di sviluppare nuovi modelli di business e di dare nuova verve ai settori più disparati, fa sì che l'aspetto tecnologico, spesso, all'interno del dibattito pubblico, prevalga su quello sociale.

Il vero potenziale tecnico della Quarta rivoluzione industriale si cela dietro il fatto che si superi il limite primario finora tipico dei processi di automazione; ovvero l'essere confinati alle attività di natura routinaria.

Di conseguenza, dovranno essere poste al centro dell'attenzione del dibattito politico ed economico: l'esigenza di costruire un nuovo diritto del lavoro e di riallineare il sistema educativo alle richieste del mercato del lavoro, nella costante e sempre più ardua lotta tra istruzione e tecnologia, ovvero, in altre parole, la creazione di un sistema sociale più inclusivo.

Per ciò, il venir meno del confine tra attiva routinarie e non routinarie rappresenta anche la più grande criticità sociale e tutto ciò rende particolarmente arduo effettuare previsioni accurate sullo sviluppo del mondo del lavoro futuro.

L'aver offerto una panoramica storica sulle precedenti industriali ci ha permesso di intuire quali siano le vere minacce e le vere opportunità della Quarta rivoluzione industriale, ma la dialettica

degli interessi, ormai limitata a episodi sporadici, deve essere riavviata ad un livello comunitario sempre maggiore.

L'altra prospettiva offerta all'interno del terzo capitolo, ovvero quella sulle diverse tipologie di approcci applicate dalle nazioni di tutto il mondo ci ha permesso di comprendere come la Quarta rivoluzione industriale sia ancora ai propri albori e la possibilità di mitigarne le minacce intrinseche, partendo principalmente da una rivoluzione del sistema educativo e da una maggiore applicazione del *lifelong training*, sia presente.

Dopodiché, attraverso la discussione delle stime occupazionali effettuate da Frey e Osborne (2013) abbiamo potuto comprendere quale tipologia di attività lavorativa sia più suscettibile all'automazione.

Ma, allo stesso tempo, abbiamo potuto osservare i grossi limiti dello studio dei due ricercatori britannici.

Il più grande è indubbiamente rappresentato dalla totale assenza di considerazione nei confronti dell'attivismo sociale e politico, che potrebbe rappresentare il più grosso freno alla adozione di massa delle tecnologie 4.0, e dal fatto che innovazioni labour saving possono trovare un ritmo di adozione ben diverso da quello preventivato nel caso in cui si verificano cambiamenti nel costo del capitale e del lavoro.

Altri limiti si trovano, come evidenziato riportando lo studio di Walsh (2018), nell'approccio occupazionale, che viene preferito all'analisi delle singole attività, e nella metodologia applicata, che, per esempio, è fortemente influenzata dalle previsioni effettuate sulle prime 70 occupazioni, al punto che l'algoritmo elaborato per effettuare le previsioni sulle altre 632 occupazioni capovolge alcune delle previsioni iniziali.

Ad ogni modo, nonostante le numerose critiche rivolte al paper cardine di questo elaborato, e nonostante le stime inerenti la disoccupazione tecnologica che seguirà l'introduzione delle tecnologie 4.0 variano fortemente tra l'ipotesi più cauta del 9% teorizzata da Arntz et al. (2016) fino al 66% teorizzata dalla World Bank (2016), abbiamo potuto osservare come vi sia una certa unanimità nel considerare probabile un esito netto negativo in termini quantitativi sul mondo occupazionale da parte delle tecnologie 4.0.

RIASSUNTO DEL PROGETTO DI TESI

Dipartimento di Impresa e Management

Cattedra di Dinamiche Industriali

Titolo tesi: INDUSTRIA 4.0: implicazioni lavoristiche della Quarta rivoluzione industriale.

RELATORE:

Prof.ssa Valentina Meliciani

CANDIDATO:

Merlo Andrea

CORRELATORE

Prof. Francesca Lotti

Matr. 697841

ANNO ACCADEMICO: 2019/2020

CAPITOLO PRIMO: Introduzione

Durante gli ultimi anni la competizione tra le aziende nei più disparati settori è stata ravvivata dall'introduzione di una serie di nuove tecnologie che ci permette di ritenerci prossimi, se non già all'interno, della Quarta rivoluzione industriale.

Quest'ultima si va ad affiancare alla rivoluzioni introdotte all'interno dei sistemi produttivi dal vapore, dall'elettricità e dalle ICT.

Ognuna di queste rivoluzioni è stata vista da alcuni come una minaccia, da altri come un'opportunità.

La Quarta rivoluzione industriale sembra non fare eccezione.

Anch'essa si porta dietro sfide di natura tecnica e di natura sociale.

Le prime vengono superate ad un ritmo incessante, mentre le seconde presentano le maggiori problematiche.

Nel primo capitolo si presenta la struttura del lavoro svolto, che è articolato in tre capitoli principali, oltre quello di introduzione e quello di conclusione.

Nel secondo capitolo viene offerta un'introduzione sul periodo storico che stiamo affrontando e quali siano queste sfide, soprattutto in ambito sociale.

Nel terzo capitolo, poiché alcuni degli ostacoli che la Quarta rivoluzione industriale pone sono già stati affrontati in altri periodi storici, si offre una prospettiva storiografica dei precedenti impatti avuti dalle rivoluzioni industriali, e dall'innovazione in senso generale, hanno avuto sul mondo del lavoro.

A questa panoramica, ne verrà affiancata una seconda che fa riferimento agli approcci che le nazioni odierne stanno adoperando.

Tutto questo verrà effettuato con un occhio di riguardo nei confronti della situazione italiana, nonché di quella tedesca, dove il dibattito relativo all'Industria 4.0 è nato.

Nel quarto capitolo ci si concentra sul paper paper *The future of employment* di Carl Benedikt Frey e Michael Osborne che nel 2013 causò un aumento dell'attenzione sia degli esperti in materia sia dei media e, più in generale, dell'opinione pubblica.

I due ricercatori britannici, attraverso un approccio occupazionale, che il 47% dei posti di lavoro sia automatizzabile in poco più di venti anni.

All'interno del capitolo viene analizzata la metodologia applicata e i risultati ottenuti.

Terminata l'analisi del paper dei ricercatori dell'Università di Oxford, si passa ad analizzare i limiti dello studio effettuato, ammessi dagli stessi autori, e alle varie critiche ad esso rivolte.

Per concludere, viene fornita una breve introduzione ad alcuni degli aspetti chiave che andranno probabilmente ad essere rivoluzionati dal mondo 4.0.

CAPITOLO SECONDO: Caratteristiche dell'industria 4.0

2.1 LE TECNOLOGIE ABILITANTI

Una varietà di innovazioni legate al mondo dell'automazione ha portato nell'ultimo decennio alla definizione di una Quarta rivoluzione industriale.

Nonostante delinearne i suoi contorni non sia facile, sia per quanto riguarda i settori potenzialmente interessati sia per l'entità di questi cambiamenti, ciò che si può affermare con certezza è che l'Industria 4.0 e la *Smart Industry*, sia alla sua base.

2.2 LE SFIDE, LE OPPORTUNITÀ E I RISCHI

La quarta rivoluzione industriale pone nuove sfide tecniche e sociali.

Le prime vengono superate ad una velocità esponenziale, mentre le seconde le presentano le maggiori criticità.

Harari (2017) definisce la classe di persone che sarà vittima della Quarta rivoluzione industriale *useless*, poiché composta da individui *unemployed* e *unemployable*.

Evitare le problematiche sociali che deriveranno dalla, probabile, ma non inevitabile, creazione di questa nuova classe sociale dovrà essere quanto prima possibile, e dovrà essere fatto rivoluzionando lo stato sociale e il diritto del lavoro così come lo conosciamo ora.

Questo punto, ovvero della necessità di costituire un nuovo diritto del lavoro, distante da quello attuale, ancora modellato sui sistemi di produzione novecenteschi, viene ripreso anche da in seguito attraverso l'analisi effettuata da Musso (2018).

Tuttavia, come abbiamo avuto già modo di accennare, la Quarta rivoluzione industriale sembrerebbe portare con sé innumerevoli opportunità in grado di far dimenticare questi aspetti negativi.

Queste opportunità derivano dal fatto che i processi di automazione 4.0, a differenza di quelli novecenteschi non sono più limitati a attività routinarie e possono essere raggruppate in cinque ambiti:

- Miglioramento della produttività e della velocità d'esecuzione.
- Maggiore personalizzazione delle produzioni.
- Apertura a nuovi modelli di business, a nuove tipologie di strutture di produzione e vendita, a nuove tipologie di relazioni basate sul territorio e a nuove competizioni internazionali.
- Passaggio da società 4.0 a 5.0
- Passaggio da lavoro 3.0 a 4.0.

Questo elaborato si occupa nel dettaglio delle criticità legate all'ultimo punto, soprattutto da un punto di vista quantitativo occupazionale.

CAPITOLO TERZO: La Quarta rivoluzione industriale

3.1 COMPARAZIONE CON LE PRECEDENTI RIVOLUZIONI INDUSTRIALI

Ognuna delle tre rivoluzioni industriali è stata contrassegnata da un forte cambiamento del modo in cui si concepisce il lavoro.

Ancora prima dell'Ottocento, in ogni momento storico in cui è stata presente una forte spinta innovativa, non è mai mancato il timore di poter essere sostituiti da una macchina.

Numerose volte il progresso tecnologico è stato limitato o vietato dalle autorità al fine di arginare i timori della classe lavorativa e di limitare gli effetti negativi che da esso derivano.

Pericle fu forse il primo governante a farsi promotore di queste politiche, ma non fu di certo il solo.

Mokyr (1998) afferma che l'adozione di una tecnologia, a meno che non rispetti il principio di Pareto-efficienza, è strettamente legata alla forma di governo in atto e alla distribuzione del potere.

Questa tematica fu spesso al centro del dibattito politico e accademico internazionale quanto dimenticata a seconda del periodo storico.

Ricardo e Keynes, su tutti, riuscirono a offrire nuove prospettive al dibattito lavoristico.

Fu Keynes ad affermare che il progresso tecnologico sia causa di due effetti sul sistema produttivo che son contraddittori l'un l'altro, e che non esiste alcuna regola che garantisca il fatto che l'effetto positivo abbia la meglio su quello negativo.

L'effetto negativo è quello distruttivo, ovvero quello che si verifica nel momento in cui un nuovo attrezzo, una nuova macchina, o il miglioramento dei processi produttivi, vanno a sostituire il ruolo dei lavoratori.

Quello positivo è l'effetto di capitalizzazione, che consiste nel fatto che, l'introduzione di una nuova tecnologia, permetta all'azienda in questione di espandersi in nuovi mercati o in nuove aree.

Goldin e Katz (2009) sottolineano che il peso di questi due effetti dipende dalla capacità del sistema educativo del Paese in questione, e dal Paese stesso più in generale, di fornire forza lavoro adattabile al ritmo del progresso tecnologico.

Brynjolfsson e McAfee (2011) evidenziano come questo sia un punto focale nel comparare la Quarta rivoluzione industriale con le precedenti per quanto affermato in precedenza, ovvero per la capacità delle innovazioni 4.0 di andare a stravolgere attività non routinarie, e quindi per il fatto che le capacità dell'AI siano ben superiori rispetto a quelle della mente umana.

Questa “Race Between Education and Technology” è al centro del lavoro di Goldin e Katz del 2008.

È ampiamente riconosciuto che l'entità dell'impatto delle rivoluzioni industriali sulla crescita economica e sulla crescita della qualità della vita sia stata molto varia tra le diverse rivoluzioni.

Gli effetti a lungo termine della prima rivoluzione industriale sono molto controversi.

La tendenza di sostituire i lavoratori semiqualeficati con quelli non qualificati, secondo Atack (et al; 2004), è stata tipica sia della Prima rivoluzione industriale sia della prima parte della Seconda rivoluzione industriale, ma alcuni studi più recenti non concordano in toto (Gray, 2013; Katz e Margo, 2013) e sono più indirizzati verso l'identificare un contemporaneo aumento della domanda di lavoratori qualificati e non.

La Terza rivoluzione industriale, sotto questo punto di vista, sembrerebbe aver seguito la scia della Seconda.

L'elaborato prosegue riprendendo il paper “Le trasformazioni del lavoro nelle Rivoluzioni industriali” di Musso (2018) nel quale l'evoluzione del lavoro nelle diverse rivoluzioni industriali viene scomposto nei seguenti sette aspetti:

1. Divisione del lavoro/qualità del lavoro quanto a contenuti di professionalità
2. Natura giuridica del rapporto di lavoro (contratto individuale/collettivo)
3. Stabilità del rapporto di lavoro
4. Rapporto tra tempo di lavoro e tempo libero (o tempo di vita)
5. Rappresentanza e dialettica degli interessi
6. Welfare/legislazione sociale
7. Distribuzione del reddito.

Questa prospettiva storica e comparativa con le precedenti tre rivoluzioni industriali si conclude con un sunto dei punti in comune e quelli di distacco tra i quattro periodi storici.

3.2 IL CONTESTO ECONOMICO-TECNOLOGICO INTERNAZIONALE 4.0 ODIERNO

Nel paragrafo successivo abbiamo potuto osservare gli approcci utilizzati dalle varie nazioni al mondo delle tecnologie 4.0.

Facendo ciò, si ha potuto osservare come, ad oggi, non vi sia un paese che abbia preso una posizione da leader nel settore, anche se vi sono, come logico aspettarsi, delle forti divergenze.

Quello che manca, tuttavia, è un Paese che abbia deciso di rinnovarsi completamente, applicando quelle pratiche discusse in precedenza, quali, per esempio, il *lifelong learning* e l'ammodernare il diritto del lavoro.

Già da diversi anni, alcuni paesi, tra cui la Germania, hanno cercato di plasmare il futuro del loro sistema di produzione verso un tipo di industria più moderno e inclusivo, innescando una serie di riforme volte a garantire un'istruzione e una formazione costante, una maggiore flessibilità dell'occupazione e un aggiornamento dei programmi universitari per soddisfare le esigenze in rapida evoluzione del mercato del lavoro.

Altre nazioni, come la Corea del Sud e il Giappone, favoriscono il finanziamento di ricerche relative all'intelligenza artificiale, all'IOT e all'acquisizione di competenze nell'analisi di dati.

Nel seguito abbiamo potuto analizzare la distinzione effettuata da The Economist Intelligence Unit che elenca i primi 25 paesi per le esportazioni manifatturiere in base alla velocità con cui potrebbero adottare nuove tecnologie 4.0 nei prossimi anni.

Concludendo il dibattito sulle diverse velocità dell'adozione delle tecnologie 4.0 che inevitabilmente esisteranno negli anni a venire nelle diverse regioni del mondo, abbiamo aperto un breve paragrafo sul fenomeno del *reshoring*: un fenomeno che, negli anni a venire, potrebbe essere molto importante per il mercato italiano.

Oltre al caso italiano, per una serie di motivi, abbiamo avuto modo di osservare anche il caso tedesco.

La prima motivazione risiede in una serie di caratteristiche intrinseche alla struttura del paese stesso: come, per esempio, l'importanza che il sistema industriale tedesco ha all'interno dell'Unione europea.

La seconda ragione riguarda invece il già citato approccio che la Germania ha applicato al mondo 4.0, trattando l'attuale cambiamento non come una rivoluzione, ma come un'evoluzione.

Infine, l'ultima motivazione si ritrova nel fatto che il dibattito generato intorno alla quarta rivoluzione industriale è nato proprio in Germania.

Dopodiché, prima di entrare nell'analisi del piano industriale italiano 4.0, abbiamo potuto osservare una visione d'insieme degli altri Paesi che hanno già lanciato il loro piano.

3.3 ITALIA: TRA PIANO NAZIONALE INDUSTRIA 4.0 E IMPRESA 4.0

Nonostante le numerose problematiche che caratterizzano il sistema produttivo italiano, sotto alcuni aspetti l'Italia ha ben poco da invidiare ad altre nazioni europee.

Secondo una buona parte degli imprenditori e dei sindacati le politiche introdotte da Calenda e dal governo Renzi più in generale, attraverso il piano Industria 4.0, sono state uno shock positivo per la manifattura italiana

CAPITOLO QUARTO: Gli impatti sul mercato del lavoro

4.1 INDUSTRIA 4.0 E DISOCCUPAZIONE TECNOLOGICA

Le stime sulla disoccupazione tecnologica che seguirà l'introduzione delle tecnologie 4.0 variano considerevolmente tra l'ipotesi più conservativa del 9% teorizzata da Arntz et al. (2016) e che si riferisce ai 21 paesi OCSE, ed è stata calcolata in uno studio commissionato dall'OCSE stessa, fino al 66% teorizzata dalla Banca mondiale (2016) per i Paesi sviluppati.

Nel quarto capitolo abbiamo cercato di ripercorre i passi effettuati da Frey e Osborne fino a giungere al risultato principale della loro ricerca, ovvero che il 47% delle occupazioni sia ad alto rischio di automazione in un periodo di circa trent'anni.

Abbiamo potuto discutere sia della metodologia scelta sia dei risultati ottenuti e della loro attendibilità.

Vedendo come, dietro la scelta del modello occupazionale e dietro l'etichettatura manuale delle prime 70 occupazioni, vi siano dei forti punti di debolezza.

Arntz, Gregory e Zierah (2016) passando dall'approccio occupazionale alla scomposizione in attività, abbassano la stima dal 47% al 9%.

Walsh, modificando il campione utilizzato ed etichettando manualmente solo 37 occupazioni stravolge una buona parte delle previsioni.

Quello che però emerge chiaramente è l'automazione sembra avere oramai superato il confine tra attività routinarie e non routinarie (Brynjolfsson e McAfee, 2011).

4.2 GLI ALTRI EFFETTI DELL'INDUSTRIA 4.0 SUL LAVORO

Per concludere, abbiamo fornito una panoramica più completa degli altri effetti della Quarta rivoluzione industriale sul mondo del lavoro, aldilà della disoccupazione tecnologica.

Evidenziando quindi nella creazione di nuove figure professionali, nello skill mismatch, skill gap e skill shortage, nella maggiore flessibilità, e nei pericoli di polarizzazione professionale, reddituale e territoriale gli effetti più significativi.

APPENDICI

Appendice 1:

Nazione	Algorithm wave (%)	Augmentation wave (%)	Autonomy wave (%)
Slovacchia	4	25	44
Slovenia	3	24	42
Lituania	4	26	42
Repubblica ceca	3	25	42
Italia	4	23	40
Usa	5	26	39
Francia	4	22	38
Germania	3	23	37
Austria	3	22	37
Spagna	3	21	34
Polonia	2	18	34
Turchia	1	14	33
Irlanda	2	19	33
Olanda	4	21	31
Regno unito	2	20	31
Cipro	2	19	30
Belgio	4	18	30
Danimarca	3	19	30
Israele	3	19	30
Cile	1	13	29
Singapore	4	18	27
Norvegia	3	18	26
Svezia	3	17	25
Nuova Zelanda	2	16	24
Giappone	4	16	24
Russia	2	12	23
Grecia	2	13	23
Finlandia	2	16	22
Corea del sud	2	12	22

Fonte Hawksworth *et al.* (2018)

Appendice 2:

Region	Country	Drivers of Production		Technology & Innovation		Human Capital		Global Trade & Investment		Institutional Framework		Sustainable Resources		Demand Environment	
		Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
●	United States	8.16	1	8.52	1	7.91	3	7.73	5	8.55	9	6.69	37	8.54	1
●	Singapore	7.96	2	7.36	6	8.00	2	9.02	1	9.13	1	6.10	56	6.38	14
●	Switzerland	7.92	3	7.87	3	8.47	1	7.21	10	8.83	5	8.75	3	6.68	7
●	United Kingdom	7.84	4	8.05	2	7.48	8	8.29	4	8.24	13	7.42	22	7.08	6
●	Netherlands	7.75	5	7.73	4	7.12	13	8.37	3	8.69	8	7.73	15	6.56	9
●	Germany	7.56	6	7.16	8	7.49	7	7.32	8	8.22	14	7.78	13	7.55	4
●	Canada	7.54	7	7.08	10	7.90	4	7.49	6	8.47	10	7.71	16	6.42	12
●	Sweden	7.40	9	7.31	7	7.51	6	6.77	19	8.82	6	8.78	2	5.88	24
●	Denmark	7.20	10	6.90	12	7.30	12	6.79	18	8.84	4	8.38	8	5.41	34
●	Finland	7.16	11	7.45	5	7.34	11	6.06	29	8.89	3	8.46	6	5.29	37
●	France	6.89	14	6.82	14	6.48	23	6.94	14	7.31	21	8.19	10	6.50	10
●	Ireland	6.85	15	6.57	18	6.99	14	6.83	16	7.92	16	6.70	36	5.66	30
●	Japan	6.82	16	6.58	16	6.03	28	6.20	27	7.76	17	6.67	39	7.81	3
●	Belgium	6.80	17	6.41	19	6.91	15	6.66	21	7.57	18	7.12	24	6.22	18
●	Austria	6.79	18	6.20	21	6.78	18	6.54	22	8.04	15	8.74	4	5.63	31
●	Korea, Rep.	6.51	21	6.57	17	5.90	30	6.82	17	6.86	25	6.49	46	6.40	13
●	Malaysia	6.51	22	5.85	23	6.52	21	7.39	7	6.56	30	5.98	60	6.32	17
●	Israel	6.24	23	6.79	15	6.83	17	5.34	53	7.01	23	6.03	58	4.96	44
●	Spain	6.23	24	5.69	26	5.90	31	6.85	15	6.54	31	6.91	29	5.93	22
●	China	6.14	25	5.74	25	5.57	40	7.21	9	4.88	61	5.52	66	7.93	2
●	Czech Republic	6.01	26	5.07	31	6.50	22	6.22	26	6.66	29	7.57	18	4.97	43
●	Estonia	6.00	27	5.80	24	6.52	20	5.83	35	7.33	20	6.24	52	3.95	74
●	Italy	5.90	30	5.66	27	5.89	32	6.02	30	5.23	48	6.92	28	6.62	8
●	Poland	5.83	31	4.75	37	5.66	36	6.41	23	6.14	39	7.09	25	5.90	23
●	Slovenia	5.71	32	4.82	35	6.03	27	5.62	40	6.79	27	8.56	5	4.18	67

● East Asia and the Pacific ● Europe ● North America

Appendice 3:

Region	Country	Structure of Production		Complexity		Scale	
		Score	Rank	Score	Rank	Score	Rank
●	Japan	8.99	1	10.00	1	7.47	5
●	Korea, Rep.	8.85	2	8.96	4	8.69	2
●	Germany	8.68	3	9.40	3	7.59	4
●	Switzerland	8.39	4	9.82	2	6.25	12
●	China	8.25	5	7.08	27	10.00	1
●	Czech Republic	7.94	6	8.74	5	6.76	8
●	United States	7.78	7	8.58	8	6.59	10
●	Sweden	7.46	8	8.74	5	5.55	23
●	Austria	7.46	9	8.69	7	5.62	21
●	Ireland	7.34	10	8.16	13	6.11	14
●	Singapore	7.28	11	8.40	11	5.59	22
●	United Kingdom	7.05	13	8.58	8	4.74	37
●	Finland	7.00	14	8.43	10	4.85	33
●	Italy	6.99	15	7.74	18	5.87	16
●	France	6.87	18	8.00	15	5.18	28
●	Poland	6.83	19	7.47	21	5.88	15
●	Malaysia	6.81	20	6.80	30	6.82	7
●	Slovenia	6.80	21	8.27	12	4.60	39
●	Belgium	6.51	24	7.61	19	4.88	32
●	Israel	6.43	25	7.87	16	4.27	48
●	Netherlands	6.32	26	7.43	22	4.65	38
●	Denmark	6.29	27	7.61	19	4.31	46
●	Spain	6.05	29	6.70	32	5.06	30
●	Canada	5.81	33	6.50	34	4.77	34
●	Estonia	5.75	34	7.36	23	3.34	70

● East Asia and the Pacific ● Europe ● North America

Appendice 4:

Leading Countries (score/rank)	Str. of prod.	Driv. of prod.	China	8.25	5	6.14	25		
Austria	7.46	9	6.79	18	Czech Republic	7.94	6	6.01	26
Belgium	6.51	24	6.80	17	Denmark	6.29	27	7.20	10
Canada	5.81	33	7.54	7	Estonia	5.75	34	6.00	27
					Finland	7.00	14	7.16	11

France	6.87	18	6.89	14	Cambodia	3.56	81	3.63	91
Germany	8.68	3	7.56	6	Cameroon	1.84	98	3.24	100
Ireland	7.34	10	6.85	15	Chile	4.18	63	5.60	34
Israel	6.43	25	6.24	23	Colombia	4.61	56	4.53	65
Italy	6.99	15	5.90	30	Costa Rica	4.97	47	4.90	56
Japan	8.99	1	6.82	16	Croatia	5.50	37	4.93	51
Korea, Rep.	8.85	2	6.51	21	Cyprus	4.11	64	5.65	33
Malaysia	6.81	20	6.51	22	Dominican Republic	3.99	71	4.02	80
Netherlands	6.32	26	7.75	5	Ecuador	2.85	89	3.66	90
Poland	6.83	19	5.83	31	Egypt	4.99	46	4.46	68
Singapore	7.28	11	7.96	2	El Salvador	4.81	52	3.55	94
Slovenia	6.80	21	5.71	32	Ethiopia	2.01	96	3.29	98
Spain	6.05	29	6.23	24	Georgia	3.61	79	4.92	54
Sweden	7.46	8	7.40	9	Ghana	1.96	97	4.14	77
Switzerland	8.39	4	7.92	3	Greece	4.44	60	4.96	50
United Kingdom	7.05	13	7.84	4	Guatemala	4.05	67	3.71	86
United States	7.78	7	8.16	1	Honduras	3.43	83	3.61	92
Legacy Countries					Indonesia	5.41	38	4.89	59
Hungary	6.96	17	5.30	42	Jordan	4.00	69	4.91	55
India	5.99	30	5.24	44	Kazakhstan	4.19	62	4.74	61
Lithuania	5.92	31	5.42	37	Kenya	2.97	88	3.83	83
Mexico	6.74	22	5.04	46	Kuwait	3.56	82	4.65	63
Philippines	6.12	28	4.51	66	Kyrgyz Republic	3.73	76	3.43	96
Romania	6.61	23	4.93	52	Latvia	4.91	49	5.39	38
Russian Federation	5.71	35	5.30	43	Lebanon	4.02	68	4.43	71
Slovak Republic	6.98	16	5.33	40	Mauritius	3.84	73	5.37	39
Thailand	7.13	12	5.45	35	Moldova	3.36	84	4.02	81
Turkey	5.87	32	4.90	57	Mongolia	1.81	99	3.82	84
High-Potential Countries/Economies					Morocco	3.67	77	4.35	73
Australia	4.26	61	7.14	12	Nigeria	1.66	100	3.68	88
Hong Kong SAR	4.52	58	7.45	8	Oman	4.00	70	5.13	45
New Zealand	4.79	53	6.73	20	Pakistan	3.82	74	3.60	93
Norway	5.65	36	7.07	13	Panama	3.82	75	4.89	58
Portugal	5.36	39	5.99	28	Paraguay	3.24	85	3.84	82
Qatar	3.89	72	5.96	29	Peru	3.67	78	4.18	76
United Arab Emirates	4.53	57	6.76	19	Saudi Arabia	5.16	44	5.44	36
Nascent Countries					Senegal	3.11	87	3.74	85
Albania	2.73	91	4.07	78	Serbia	5.18	42	4.59	64
Algeria	2.83	90	3.70	87	South Africa	5.03	45	5.02	49
Argentina	4.91	50	4.25	75	Sri Lanka	4.10	66	4.26	74
Armenia	4.10	65	4.43	70	Tanzania	2.39	93	3.28	99
Azerbaijan	2.16	95	4.69	62	Tunisia	4.83	51	4.41	72
Bahrain	4.78	54	5.31	41	Uganda	2.25	94	3.31	97
Bangladesh	3.59	80	3.67	89	Ukraine	5.17	43	4.47	67
Bosnia and Herzegovina	4.66	55	4.04	79	Uruguay	4.52	59	4.75	60
Botswana	3.17	86	4.43	69	Viet Nam	4.96	48	4.93	53
Brazil	5.22	41	5.03	47	Zambia	2.39	92	3.54	95
Bulgaria	5.23	40	5.02	48					

Appendice 5:

<i>Italia</i> ⁶⁸⁶⁹		<i>Totale</i>	<i>uomini</i>	<i>donne</i>	<i>Basso livello di istruzione</i>	<i>Medio livello di istruzione</i>	<i>Alto livello di istruzione</i>
Fine anni '20	<i>Tutti i settori</i>	23%	19%	28%	19%	29%	16%
	<i>Manifatturiero</i>	26%	21%	38%	25%	29%	25%
	<i>Costruzioni</i>	16%	15%	53%	14%	19%	25%
	<i>Distribuzione</i>	23%	21%	25%	17%	28%	22%
	<i>Istruzione</i>	16%	12%	17%	25%	28%	3%
	<i>Sanità e servizi sociali</i>	21%	11%	26%	22%	31%	7%
Metà anni '30	<i>Tutti i settori</i>	39%	44%	32%	45%	43%	16%
	<i>Manifatturiero</i>	55%	57%	49%	60%	52%	26%
	<i>Costruzioni</i>	44%	43%	53%	30%	42%	46%
	<i>Distribuzione</i>	35%	35%	33%	30%	41%	22%
	<i>Istruzione</i>	17%	21%	16%	44%	27%	3%
	<i>Sanità e servizi sociali</i>	29%	26%	31%	47%	34%	8%

Elaborazione personale su dati Hawksworth J., Berriman R. e Goel S (2018)

⁶⁸ Composizione delle mansioni in relazione alla media nazionale (%)

	<i>Manifatturiero</i>	<i>Costruzioni</i>	<i>Distribuzione</i>	<i>Istruzione</i>	<i>Sanità e servizi sociali</i>
<i>Compiti manuali</i>	121	135	77	61	80
<i>Compiti routinari</i>	106	100	85	101	122
<i>Computazione</i>	88	82	108	101	93
<i>Management</i>	95	92	120	89	91
<i>Social skills</i>	86	89	128	150	105
<i>Literacy skills</i>	47	49	68	261	128

⁶⁹ Composizione delle mansioni in base al tipo di attività svolta

	<i>Tutti i settori</i>	<i>Manifatturiero</i>	<i>Costruzioni</i>	<i>Distribuzione</i>	<i>Istruzione</i>	<i>Sanità e servizi sociali</i>
<i>Compiti manuali</i>	19	24	26	15	12	15
<i>Compiti routinari</i>	27	29	27	23	28	33
<i>Computazione</i>	11	10	9	12	11	10
<i>Management</i>	28	26	26	33	25	25
<i>Social skills</i>	11	10	10	15	17	12
<i>Literacy skills</i>	3	1	1	2	7	4

Appendice 6:

<i>Tutte le nazioni</i> ⁷⁰		<i>Totale</i>	<i>uomini</i>	<i>donne</i>	<i>Basso livello di istruzione</i>	<i>Medio livello di istruzione</i>	<i>Alto livello di istruzione</i>
Fine anni '20	<i>Tutti i settori</i>	19%	16%	23%	19%	23%	10%
	<i>Manifatturiero</i> ^{71,72}	26%	22%	34%	24%	29%	15%
	<i>Costruzioni</i>	16%	13%	43%	16%	18%	10%
	<i>Distribuzione</i>	22%	18%	25%	22%	24%	15%
	<i>Istruzione</i>	8%	4%	8%	15%	15%	3%
	<i>Sanità e servizi sociali</i>	15%	10%	17%	15%	20%	6%
Metà anni '30	<i>Tutti i settori</i>	30%	34%	26%	44%	36%	11%
	<i>Manifatturiero</i>	45%	47%	42%	60%	48%	19%
	<i>Costruzioni</i>	39%	38%	45%	48%	40%	12%
	<i>Distribuzione</i>	34%	37%	31%	40%	35%	16%
	<i>Istruzione</i>	9%	8%	8%	31%	19%	2%
	<i>Sanità e servizi sociali</i>	21%	21%	21%	34%	28%	5%

Elaborazione personale su dati Hawksworth *et al.* (2018)

⁷⁰ Nazioni riportate nell'appendice 2

⁷¹ Composizione delle mansioni in relazione alla media mondiale (%)

	<i>Manifatturiero</i>	<i>Costruzioni</i>	<i>Distribuzione</i>	<i>Istruzione</i>	<i>Sanità e servizi sociali</i>
<i>Compiti manuali</i>	126	131	91	61	99
<i>Compiti routinari</i>	109	99	93	89	107
<i>Computazione</i>	98	88	98	105	79
<i>Management</i>	87	93	119	93	95
<i>Social skills</i>	84	94	106	146	105
<i>Literacy skills</i>	64	61	68	197	125

⁷² Composizione delle mansioni in base al tipo di attività svolta

	<i>Tutti i settori</i>	<i>Manifatturiero</i>	<i>Costruzioni</i>	<i>Distribuzione</i>	<i>Istruzione</i>	<i>Sanità e servizi sociali</i>
<i>Compiti manuali</i>	16	21	23	16	11	17
<i>Compiti routinari</i>	29	31	28	26	26	30
<i>Computazione</i>	12	12	11	12	13	10
<i>Management</i>	25	22	23	29	23	23
<i>Social skills</i>	14	12	13	15	22	14
<i>Literacy skills</i>	4	2	2	2	7	4

BIBLIOGRAFIA

1. ACEMOGLU D. E. AUTOR D. H. 2012. *What does human capital do? A review of Goldin and Katz's The Race Between Education and Technology*. *Journal of Economic Literature*
2. ACEMOGLU D. E. ROBINSON J. 2012. *Why nations fail: the origins of power, prosperity, and poverty*. Random House Digital, Inc.
3. ACEMOGLU D. 1999. *Changes in Unemployment and Wage Inequality. An Alternative Theory and Some Evidence*. *American Economic Review*, n. 89, p. 1259-1278.
4. _____ 2001. *Good Jobs versus Bad Jobs*. *Journal of Labor Economics*, XIX, p. 1-21.
5. AGHION P. E. HOWITT P. 1994. *Growth and unemployment*. *The Review of Economic Studies*, vol. 61, n. 3, p. 477-494.
6. ALLEN R.C. 2009. *Capital Accumulation, Technological Change, and the Distribution of Income during the British Industrial Revolution*. Department of Economics Discussion, Paper 239, Oxford University Press, Oxford.
7. ARNTZ M., GREGORY T. E. ZIERAHN U. 2016. *The risk of automation for jobs in OECD countries: a comparative analysis*. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, N. 189.
8. ATACK J., BATEMAN F. E. MARGO R.A. 2004. *Skill intensity and rising wage dispersion in nineteenth-century American manufacturing*. *The Journal of Economic History*, Vol. 64, n. 1, p. 172-192.
9. _____ 2008. *Steam power, establishment size, and labor productivity growth in nineteenth century American manufacturing*. *Explorations in Economic History*, vol. 45, n. 2, p. 185-198.
10. AUTOR D. H. 2010. *The polarization of job opportunities in the U.S. labor market: Implications for employment and earnings*. Washington, DC: Center for American Progress and the Hamilton Project.

11. AUTOR D. E DORN D. 2013. *The growth of low skill service jobs and the polarization of the US labor market*. American Economic Review, vol. forthcoming.
12. AUTOR D., LEVY F. E MURNANE R. J. 2003. *The skill content of recent technological change: An empirical exploration*. The Quarterly Journal of Economics, vol. 118, n. 4, p. 1279–1333.
13. BADINO A. 2008. *Tutte a casa? Donne tra migrazione e lavoro nella Torino degli anni Sessanta*. Viella, Roma.
14. BALLIESTER THEREZA E ELSHEIKHI ADAM. 2018. *The Future of Work: A Literature Review*. Research Department Working Paper No. 29. International Labour Office, marzo.
15. BERMAN A. E. E DORRIER J. 2016. *Technology feels like it's accelerating*. Singularity Hub.
16. BERTA G. 2018. *Tecnologia, imprenditorialità, futuro. Una controversia della Silicon Valley*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
17. BLAUG M. 1997. *Economic Theory in Retrospects*. Cambridge University Press, p. 187.
18. BLINDER A.S. E KRUEGER A.B. 2013. *Alternative measures of offshorability: a survey approach*. Journal of Labor Economics, vol. 31, n. 2, p. S97–S128.
19. BLINDER A.S. 2009. *How many US jobs might be offshorable?* World Economics, vol. 10, n. 2, p. 41.
20. BLUESTONE B. E HARRISON B. 1988. *The Growth of Low-Wage Employment: 1963-1986*. American Economic Review, LXXVIII, p. 124-128.
21. BIANCHI A. 2018. *Industria 4.0: le trasformazioni per le imprese nella Quarta Rivoluzione industriale*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

22. BOBBIO N. (A cura di) 1983. *Marx K. Manoscritti economico-filosofici del 1844*. Einaudi, Torino.
23. BOCCHI T. 2018. *Industria 4.0: sfide da superare e opportunità da cogliere. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
24. BOLOGNA S. 2007. *Ceti medi senza futuro? Scritti, appunti sul lavoro e altro*. Derive Approdi, Roma.
25. BONIN H., GREGORY T. E ZIERAHN U. 2015. *Übertragung der Studie von Frey-Osborne 2013 auf Deutschland*. ZEW.
26. BOSTON CONSULTING GROUP. 2015. *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. BCG Perspective.
27. BOWLES J. 2014. *The Computerization of European Jobs*. Bruegel, Bruxelles .
28. BRANDES P. E WATTENHOFER R. 2016. *Opening the Frey/Osborne Black Box: Which Tasks of a Job are Susceptible to Computerization?* ETH Zurigo. Agosto.
29. BRAVERMAN H. 1974. *Labor and monopoly capital: The degradation of work in the twentieth century*. New York University Press, New York.
30. BRZESKI C. E BURK I. 2015. *The Robots Come. Consequences of Automation for the German Labour Market*. ING DiBa Economic Research.
31. BROWN M. E PHILIPS P. 1986. *Craft labor and mechanization in nineteenthcentury American canning*. The Journal of Economic History, vol. 46, n. 3, p. 743–56.
32. BRYNJOLFSSON E. E MCAFEE A. 2011. *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Digital Frontier Press Lexington.

33. _____ 2014. *The second machine age: work, progress, and prosperity in a time of brilliant technologies*. WW Norton & Company.
34. BRZESKI C. E BURK I. 2015. *Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*. ING DiBa Economic Research
35. BURTLESS G. 1990. *A Future of Lousy Jobs? The Changing Structure of US Wages*. Brookings Institution Press.
36. CANNA F. 2017. *Industria 4.0 e reshoring, diciamo la verità*. Innovation Post.
37. CARRIERI M. E PIRRO F. 2018. *Digitalizzazione, relazioni industriali e sindacato. Non solo problemi, anche opportunità*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
38. CARROZZA M. C. 2018. *L'istruzione al tempo della Quarta Rivoluzione industriale. Sulla necessità di evocare le competenze trasversali ed il pensiero anti disciplinare negli studenti italiani*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
39. CHANDLER A. 1977. *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Harvard University Press.
40. CHANG J. E PHU H. 2016. *The Future of Jobs at Risk of Automation in ASEAN*. Working Paper No. 9. ILO. Ginevra.
41. CHERYL M. et al. 2018. *Readiness for the Future of Production, Report 2018*. World Economic Forum.
42. CHUI M., MANYIKA J. E MIREMADI M. 2017. *The Countries Most (and Least) Likely to Be Affected by Automation*. Harvard Business Review. McKinsey. New York.
43. ----- 2016. *Where Machines Could Replace Humans--and Where They Can't (yet)*. McKinsey. New York.

44. CLARK G. 2008. *A farewell to alms: a brief economic history of the world*. Princeton University Press.
45. CIPRIANI A., GRAMOLATI A. E MARI G. 2018. *Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
46. CIULLI D. 2018. *L'economia delle piattaforme: trend tecnologici e trasformazioni del lavoro*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
47. COHEN A. *et al.* 2016. *Benchmarking Global Production Sourcing Decisions: Where and Why Firms Offshore and Reshore*, Stanford University Graduate School of Business Research Paper N. 16-28.
48. COSTRELL R. M. 1990. Methodology in the "Job Quality" Debate. *Industrial Relations*, XXIX, p. 94-110.
49. DE BACKER K. *et al.* 2016. *Reshoring: Myth or Reality?* OECD Science, Technology and Industry Policy Papers. Parigi.
50. DELLA ROCCA G. 2018 *Il lavoro in digitale, il tempo e gli orari: la crisi del sistema degli orari standard*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
51. DELOITTE. 2018. *Italia 4.0: siamo pronti? Il percepito degli executive in merito agli impatti economici, tecnologici e sociali delle nuove tecnologie*. Deloitte.
52. DURRANT-WHYTE H., MCCALMAN L. *et al.* 2015. *The impact of computerisation and automation on future employment. Australia's Future Workforce?* CEDA report.
53. _____ 2014. *Agiletown: The Relentless March of Technology and London's Response*. Londra..
54. ESTEVADEORDAL A. *et al.* 2017. *The Future of Work in Latin American Integration 4.0*. *Integration and Trade Journal*. vol. 21, n. 42.

55. FARBER H. S. 1997. *Job Creation in the United States: Good Jobs or Bad?* Princeton Industrial Relations Section Working, Paper n. 385.
56. FARINA G. 2018. *L'innovazione nell'Industria e Industria 4.0. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative.* Firenze University Press.
57. FUNDING AID STRATEGIES INVESTMENTS (FASI). 2019. *Il piano Impresa 4.0 nella Legge di Bilancio 2019.* www.fasi.biz, YouTube: (<https://www.youtube.com/watch?v=Lvcz8vIEGQo>)
58. FEINSTEIN C.H. 1998. *Pessimism perpetuated: real wages and the standard of living in Britain during and after the industrial revolution.* The Journal of Economic History, vol. 58, p. 625–658.
59. FORBES J. D. 1932. *Some evidences of technological unemployment in ancient Athens and Rome.* Stanford University Press.
60. FORBES R. J. 1993. *Studies in Ancient Technology.* vol. 2, Brill.
61. FRANCESCHI F. 1999. *Tutti per uno.* Medioevo, III, n. 11, p. 93-113.
62. FREY C. B. E OSBORNE M. A. 2015. *“Technology at Work: The Future of Innovation and Employment.* Global Perspectives & Solutions, febbraio.
63. _____ 2013. *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?* Oxford University.
64. FREY C. B. E OSBORNE M. A. et al. 2016. *Technology at work v2.0: The future is not what it used to be.* Oxford University Martin School.
65. EUROPEAN MONITOR OF RESHORING. 2017 *Annual report 2017.* European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.
66. GEORG G. E GUY M. 2015. *Robots at Work.* Centre for Economic Policy Research.

67. GIANNETTI R. 2018. *Tecnologia e lavoro nelle rivoluzioni industriali: occupazione, competenze e mansioni del lavoro, salari e disuguaglianze*. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
68. GITTLEMAN M. B. E HOWELL D. R. 1995. *Changes in the Structure and Quality of Jobs in the United States: Effects by Race and Gender, 1973-1990*. Industrial and Labor Relations Review, XLVIII, p. 420-440.
69. GOLDIN C. E KATZ L.F. 2009. *The race between education and technology*. Harvard University Press.
70. _____ 1998. *The origins of technology-skill complementarity*. The Quarterly Journal of Economics, CXIII, p. 693-732.
71. _____ 1995. *The decline of non-competing groups: Changes in the premium to education, 1890 to 1940* Tech. Rep., NBER Working Paper n. 5202, National Bureau of Economic Research.
72. GOLDIN C. E SOKOLOFF K. 1982. *Women, children, and industrialization in the early republic: Evidence from the manufacturing censuses*. The Journal of Economic History, vol. 42, n. 4, p. 741-774.
73. GOOS M. E MANNING A. 2003. *Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain*. Centre for Economic Performance, London School of Economics and Political Science.
74. GOOS M., MANNING A. E SALOMONS A. 2009. *Job polarization in europe*. The American Economic Review, vol. 99, n. 2, p. 58-63.
75. _____ 2014 *Explaining Job Polarization: Routine-Biased Technological Change and Offshoring*. The American Economic Review, 104 (8), p. 2509-2526.
76. GORDON R.J. 1999. *U.S. Economic Growth since 1870: One Big Wave?* American Economic Review, p. 123-128.

77. _____ 2012. *Is U.S. Economic Growth Over? Faltering Innovation Confronts the Six Headwinds*. Northwestern University e CEPR.
78. GRACE K., SALVATIER J., DAFOE A., ZHANG B. E EVANS O. 2017. *When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts*. University of Oxford.
79. GRAY R. 2013. *Taking technology to task: The skill content of technological change in early twentieth century united states*. Explorations in Economic History.
80. HAWKSWORTH J., BERRIMAN R. E GOEL S. 2018. *Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation*. PWC.
81. HAVILAND K. 2015. *Digital Abundance, and the Second Half of the Chessboard*. Clustre - The innovation broker.
82. HARARI Y. N. 2017. *The Meaning of Life in a World without Work*. The Guardian, 8 maggio.
83. HEILBRONER R. L. 1999. *The Worldly Philosophers: The Lives, Times and Ideas of The Great Economic ThinkerS*. Touchstone.
84. HOBSBAWN E. 1971. *Studi di storia del movimento operaio. Classi lavoratrici e rivoluzione industriale nell'Inghilterra del secolo XIX*, Einaudi, Torino.
85. HOUNSHELL D. 1985. *From the American system to mass production, 1800-1932. The development of manufacturing technology in the United States*, vol. IV, Johns Hopkins University Press, Baltimora.
86. HOWELL D. R. E WOLFF E.N. 1991. *Trends in the Growth and Distribution of Skills in the U.S. Workplace. 1960-1985*. Industrial and Labor Relations Review, XLIV, p. 486-502.
87. INTERNATIONAL LABOUR ORGANISATION (ILO). 2016. *ASEAN in Transformation: How Technology Is Changing Jobs and Enterprises*. Ginevra.
88. _____. 2016. *Technological Changes and Work in the Future: Making Technology Work for All*, Ginevra.

89. INTESA SANPAOLO. 2017. *Economia e finanza dei distretti industriali. Rapporto annuale n. 11*. Intesa Sanpaolo.
90. ILG R. E. E HAUGEN S. 2000. *Earnings and Employment Trends in the 1990s*. Monthly Labor Review, p. 21-33.
91. ILG R. E. 1996. *The nature of employment growth, 1989-1995*. Monthly Labor Review, CXIX, p. 29-36.
92. ISTAT. 2018. *Rapporto sulla competitività dei settori produttivi 2018*. Rapporto Istat.
93. JAMES J.A. E SKINNER J.S. 1985. *The resolution of the labor-scarcity paradox*. The Journal of Economic History, vol. 45, n. 3, p. 513-540.
94. JENSEN J.B. E KLETZER L.G. 2005. *Tradable services: Understanding the scope and impact of services offshoring*. Brookings trade forum, p. 75-133.
95. _____ 2010. *Measuring tradable services and the task content of offshorable services jobs*. Labor in the new economy, p. 309-335. University of Chicago Press.
96. JUHN C. 1999. *Wage Inequality and Demand for Skill: Evidence from Five Decades*. Industrial and Labor Relations Review, LII, p. 424-443.
97. JUHN C., MURPHY K. M. E BROOKS P. 1993. *Wage Inequality and the Rise in Returns to Skill*. Journal of Political Economy, CI, p. 410-442.
98. KATZ L.F. E MARGO R.A. 2013. *Technical change and the relative demand for skilled labor: The united states in historical perspective*. Tech. Rep., NBER Paper n. 18752, National Bureau of Economic Research.
99. KELLENBENZ H. 1974. *Technology in the age of the scientific revolution, 1500-1700*. The Fontana Economic History of Europe, vol. 2, p. 177-272.

100. KEYNES J.M. 1933. *Economic possibilities for our grandchildren*. Essays in persuasion, p. 358–73.
101. KOLBERG D. E ZÜHLKE D. 2015. *Lean Automation enabled by Industry 4.0 Technologies*. Kaiserslautern: Department of Innovative Factory System, German Resarch Center of Artificial Intelligenc.
102. KOSTERS M. H. E MURRAY N. E. 1988. *A Shrinking Middle Class?* Public Interest, p. 3-27.
103. KURWEIL R. 2005. *The singularity is near: when humans transcend biology*. Viking.
104. KRUEGER A. B. 1993. *How computers have changed the wage structure: Evidence from micro data*. Quarterly Journal of Economic.
105. LEE K. 2013. *Schumpeterian Analysis of Economic Catch-up: Knowledge, Path-creation, and the Middle-income Trap*. Cambridge University Press.
106. LEVY F. E MURNANE R. J. 1992. *U.S. Earnings Levels and Earnings Inequality: A Review of Recent Trends and Proposed Explanation*. Journal of Economic Literature, 30-3, p. 1333-1381.
107. LIAOA Y. *et al.* 2017. *The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison*. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasile, Production, 28.
108. LINDERT P.H. E WILLIAMSON J.G. 1983. *Reinterpreting Britain's social tables. 1688–1913*. Explorations in Economic History, vol. 20, n. 1, p. 94– 109.
109. LORENZ M. *et al.* 2015. *Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce through 2025?* The Boston Consulting Group.
110. LOUIS P. E PATERSON G. 1986. *Biased technical change, scale, and factor substitution in American industry, 1850-1919*. The Journal of Economic History, vol. 46, n. 1.

111. LUKSHA P. *et al.* 2015. *Atlas of Emerging Jobs*. Mosca.
112. MANYIKA J. *et al.* 2017. *A Future That Works: Automation, Employment and Productivity*. McKinsey. New York.
113. MANTOUX P. 1961. *La Révolution Industrielle au XVIIIe Siècle*. Essai sur les Commencements de la Grande Industrie Moderne en Angleterre, Société de librairie et d'édition, Parigi.
114. MCKINSEY & COMPANY. 2015. *The Four Global Forces Breaking All the Trends*. New York.
115. MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. 2016. *Technology, Jobs and the Future of Work*. Briefing Note, New York.
116. MICHAELS G., RAUCH F. E REDDING S.J. 2013. *Task specialization in US cities from 1880-2000*. Tech. Rep., NBER Working Paper n. 18715, National Bureau of Economic Research.
117. MINISTERO FEDERALE TEDESCO DEL LAVORO E DEGLI AFFARI SOCIALI. 2016. *White Paper - Work 4.0 (Weissbuch: Arbeiten 4.0)*. Berlino. Novembre.
118. MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO. 2018. *Piano nazionale Industria 4.0. Investimenti, produttività e innovazione*. (https://www.mise.gov.it/images/stories/documenti/Piano_Industria_40.pdf)
119. _____ 2018. *Piano Nazionale Impresa 4.0 – Risultati 2017 e Azioni 2018*. (http://www.bollettinoadapt.it/wp-content/uploads/2018/02/impresa_40_risultati_2017_azioni_2018.pdf)
120. _____ 2018. *Torino: 8 febbraio 2018. Piano Impresa 4.0 - Innovazione e competenze. Intervento Carlo Calenda*. Ministero dello sviluppo economico, YouTube: (<https://www.youtube.com/watch?v=Y1vtmHrvB-8>)
121. MIRAGLIOTTA G. 2018. *Nuovo piano Impresa 4.0, Miragliotta: "Ecco perché è un passo indietro pericoloso per il Paese"*. Agenda Digitale, 14 novembre.
122. MOKYR J. 1990. *The lever of riches: Technological creativity and economic progress*. Oxford University Press, Oxford.

123. _____ 2010. *The Enlightened Economy: An Economic History of Britain 1700-1850*. Yale University Press, Yale.
124. MURPHY K. M. E WELCH F. 1993. *Occupational Change and the Demand for Skill*. American Economic Review, LXXXIII.
125. MUSSO S. 2018. *Le trasformazioni del lavoro nelle Rivoluzioni industriali. Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.
126. MUSSO S. 2004. *Le regole e l'elusione. Il governo del mercato del lavoro nell'industrializzazione italiana (1888-2003)*. Rosenberg & Seller, Torino.
127. NORDHAUS W.D. 2007. *Two centuries of productivity growth in computing*. The Journal of Economic History, vol. 67, n. 1, p. 128.
128. OLDENSKI L. 2012. *Offshoring and the polarization of the US labor market*. Tech. Rep., Technical report, Mimeo, Georgetown University.
129. PAJARINEN M. E ROUVINEN P. 2014. *Computerization Threatens One Third of Finnish Employment*. ETLA Brief, n. 22, p. 13.
130. PALAZZO CHIGI. 2016. *Presentazione del Piano nazionale Industria 4.0 (21/09/2016)*. Palazzo Chigi, YouTube: (<https://www.youtube.com/watch?v=3uhWak8aweE>)
131. PEREZ C. E LUC S. 1988. *Catching-up in technology: entry barriers and windows of opportunity*. In *Technical Change and Economic Theory*, a cura di Dosi G., Freeman C., Nelson R., Silverberg G. e Soete L., p. 458-479, Pinter Publishers.
132. PISANU N. 2019. *Il futuro del piano Impresa 4.0: ecco i punti all'attenzione di Governo e imprese*. Agenda digitale, 14 febbraio.
133. _____ 2019. *Def 2019, al vaglio delle aziende la strategia digitale governativa*. Agenda digitale, 11 aprile.

134. PRODI E., SEGHEZZI F. E TIRABOSCHI M. 2017. *Industria 4.0, un anno dopo tra buoni risultati e cantieri fermi*. ADAPT University Press.
135. PWC. 2017. *The Long-View: How Will the Global Economic Order Change by 2050?* Londra.
136. REIJNDERS L. S. M. E DE VRIES G. 2017. *Job Polarization in Advanced and Emerging Countries: The Role of Task Relocation and Technological Change within Global Supply Chains*. GGDC Research Memorandum 167, University of Groningen, Groningen.
137. ROLAND BERGER. 2016. *The Industrie 4.0 Transition Quantified*. Monaco.
138. ROSEMBERG N. E BIRDZELL L. 1997. *Come l'Occidente è diventato ricco. Le trasformazioni economiche del mondo industriale*, il Mulino, Bologna.
139. SAPORITI R. 2019. *Industria 4.0, i robot sono già arrivati. L'Europa e il caso Italia*. Il Sole24Ore, 25 gennaio.
140. SCHEIL-ADLUNG. 2016. *Health Workforce: A Global Supply Chain Approach. New Data on the Employment Effects of Health Economies in 185 Countries*. Working Paper No. 55. Ginevra.
141. SCHRÖDER C. 2016. *Herausforderungen von Industrie 4.0 für den Mittelstand*. FriedrichEbert-Stiftung, Bonn.
142. SCHROEDER W. 2018. *La strategia tedesca per un'Industria 4.0: il capitalismo renano nell'era della digitalizzazione*. Friedrich Ebert Stiftung.
143. SCHUMPETER J.A. 1942. *Capitalism, socialism and democracy*. Harper & Brothers
144. SCHWAB K. 2016. *The Fourth Industrial Revolution*. World Economic Forum, Ginevra.
145. SENATO DELLA REPUBBLICA. 2017. *Impatto sul Mercato del Lavoro della Quarta rivoluzione industriale*. Senato della Repubblica – 11° Commissione Lavoro, previdenza sociale.

146. SIRKIN H. L., ZINSER M. E ROSE J. R. 2015 *The Robotics Revolution. The Next Great Leap in Manufacturing*. The Boston Consulting Group.
147. SMITH A. E ANDERSON J. 2014. *AI, Robotics, and the Future of Jobs*. Pew Research Center. Washington, D.C.
148. TAYLOR F. W. 1911. *The Principles of Scientific Management*. Harper and Brothers Publishers, New York e Londra.
149. THE ECONOMIST. 2013. *A mighty contest: Job destruction by robots could outweigh creation*. The Economist, Special Report.
150. THE ECONOMIST INTELLIGENCE UNIT. 2018. *The Automation Readiness Index: Who is ready for the coming wave of automation?* Economist Intelligence Unit report, commissionato da ABB.
151. TIRABOSCHI M., PRODI E. E SEGHEZZI F. 2017. *Il piano Industria 4.0 un anno dopo Analisi e prospettive future a cura*. ADAPT University Press.
152. TIRABOSCHI M. E SEGHEZZI F. 2016. *Il Piano nazionale Industria 4.0: una lettura lavoristica*. LaBoUR&Law Issues, Vol. 2, n. 2.
153. TISDELL C .2015. *The Malthusian Trap and Development in Pre-Industrial Societies: A View Differing from the Standard One*. University of Queensland.
154. TREMOLADA L. 2017. *La strana idea di tassare i robot*. Il Sole24Ore, 21 febbraio.
155. UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). 2016. *Robots and Industriaization in Developing Countries*. Policy Brief N. 50. Ginevra.
156. VELTRI F. 2018. *Dalla piramide alla clessidra. Verso una nuova divisione del lavoro sociale? Il Lavoro 4.0, La Quarta Rivoluzione industriale e le trasformazioni delle attività lavorative*. A cura di Alberto Cipriani, Alessio Gramolati, Giovanni Mari, Firenze University Press.

157. VEPA K. R. 2003. *Mao's China: A Nation in Transition*. Abhinav Publications, p. 180–183.
158. VESENTINI I. 2017. *Industria 4.0 avvia il reshoring*. Il Sole24Ore, 14 aprile.
159. WALSH T. 2018. *Expert and Non-expert Opinion About Technological Unemployment*. International Journal of Automation and Computing. Ottobre.
160. WOIROL G. R. 1996. *The Technological Unemployment and Structural Unemployment Debates*. Praeger.
161. WORLD BANK. 2016. *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington, D.C.
162. WORLD ECONOMIC FORUM. 2016. *The Future of Jobs*. Ginevra.
163. WRIGHT E. O. E DWYER R. 2003. *The Patterns of Job Expansions in the United States: a comparison of the 1960s and 1990s*. Socio-Economic Review.