



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICO-SOCIALI E MATEMATICO-STATISTICHE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
ECONOMIA, ORGANIZZAZIONE E MANAGEMENT

TESI DI LAUREA

Il ruolo della dimensione aziendale nei processi di implementazione di Industry 4.0 nel settore italiano della
macchina utensile: un'indagine empirica

Relatore: Cugno Anna

Correlatori: Buchi Giacomo

Pigozzi Stefania

Candidato: Biglia Edoardo

Anno Accademico 2019/2020

Indice

Le origini dei Big Data: la persistenza del dato	7
Interesse crescente e problemi di carattere semantico	7
Dalla Prima Rivoluzione Industriale a Industria 4.0	11
Industria 4.0 o Quarta Rivoluzione Industriale	13
Le Tecnologie Abilitanti.....	14
Internet of Things (IoT)	15
Cloud Computing	17
Realtà Aumentata	18
Simulazione.....	19
Integrazione orizzontale e Integrazione verticale	20
Manifattura Additiva.....	20
Robotica Collaborativa.....	21
Cybersecurity	21
Big Data Analytics	21
Le Tecnologie Abilitanti riconosciute dalla Task Force di Federmeccanica	22
Un focus sulle policy	22
Una panoramica sulle caratteristiche delle policy europee	23
Il caso italiano: Il Piano Nazionale Industria 4.0 (o Piano Calenda).....	25
Iper e Superammortamento	26
Nuova Sabatini.....	26
Credito d'imposta R&S.....	27
Patent box.....	27
Startup e PMI innovative	27
Fondo di garanzia.....	28
ACE (Aiuto alla Crescita Economica).....	28
IRES, IRI e Contabilità per Cassa.....	29
Salario di Produttività	29
Le sfide di Industria 4.0.....	29
Sfida 1: Analisi e strategia.....	30
Sfida 2: Pianificazione ed implementazione	32
Sfida 3: Cooperazione e networks	33
Sfida 4: Business models.....	36
Sfida 5: Risorse umane.....	41
Sfida 6: Cambiamento e leadership	46
Sfida 7: Occupazione.....	49

Sfida 8: Istruzione	53
I parametri di identificazione delle PMI ed il loro contributo all'economia europea ed italiana	58
Le difficoltà delle PMI rispetto alle Grandi imprese	60
La Digital Transformation nelle PMI italiane	61
Un approfondimento sulla rilevazione ICT di ISTAT	63
I requisiti per un'implementazione efficace della Smart Manufacturing nelle PMI....	66
Le caratteristiche delle PMI che comportano scarsa utilizzazione della Big Data Analysis	68
I dati sull'industria metalmeccanica	75
Le caratteristiche dell'Industria italiana della macchina utensile	76
L'Indagine condotta da Federmeccanica	77
Lo scopo e la struttura dell'indagine	82
Le caratteristiche dei rispondenti.....	84
L'istruzione dei dipendenti e le nuove figure professionali.....	89
La correlazione tra qualifiche STEM ed il numero di Tecnologie Abilitanti implementate.....	90
Le nuove figure professionali	102
Un focus sulle Soft Skills	108
La dimensione aziendale e l'implementazione di Industria 4.0.....	115
Una regressione lineare	119
I benefici attesi e percepiti dalle imprese intervistate	127
Conclusione.....	129

Indice delle figure

Figura 1- Mappa della tesi	2
Figura 2 - Approccio utilizzato nella formulazione della tesi.....	3
Figura 3 - Distribuzione temporale delle pubblicazioni	9
Figura 4 - Le Tecnologie Abilitanti riconosciute dal MISE.....	15
Figura 5 - Continuum Realtà-Virtualità	19
Figura 6 - Il passaggio da dato a informazione	22
Figura 7 - Le 9 Dimensioni del Modello di Maturità Fonte:.....	31
Figura 8 - Struttura della pratica collaborativa.....	36
Figura 9 - Quattro vie verso la trasformazione digitale nelle imprese manifatturiere	41
Figura 10 - Matrice di leadership.....	48
Figura 11 - Attività di Big Data Analysis in funzione del fatturato	65
Figura 12 - Requisiti PMI per l'implementazione di Industria 4.0.....	67
Figura 13 - Distribuzione imprese nel campione raccolto	86
Figura 14 - Tecnologie abilitanti in ordine di implementazione	87

Figura 15 - Le 6 tecnologie abilitanti più utilizzate: i tassi di implementazione tra PMI e Grandi imprese	88
Figura 16 - Tasso di qualificazione	89
Figura 17 - Matrice di correlazione tra le variabili	91
Figura 18 - Scree Plot	92
Figura 19 - Mappa fattoriale degli individui.....	94
Figura 20 - Cluster Analysis	95
Figura 21 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze.....	100
Figura 22 - Le nuove figure professionali maggiormente assunte	105
Figura 23 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze Multiple	106
Figura 24 - Scree Plot PCA.....	111
Figura 25 - Mappa fattoriale degli individui con modalità supplementari	113
Figura 26 - Cluster Analysis	114
Figura 27 - Mappa fattoriale delle sole modalità Fonte:	117

Indice delle tabelle

Tabella 1 - I requisiti delle PMI	59
Tabella 2 - Imprese suddivise per categoria che hanno (e non) effettuato operazioni di Big Data Analysis	64
Tabella 3 - Le sfide per le PMI.....	72
Tabella 4 - Tabella autovalori.....	91
Tabella 5 - Correlazione tra le variabili e la prima componente principale.....	92
Tabella 6 - Tabella di contingenza (o tabella delle frequenze empiriche)	98
Tabella 7 - Tabella delle frequenze teoriche.....	99
Tabella 8 - Tabella Chi-quadro	99
Tabella 9 - Codifica delle Modalità	106
Tabella 10 - Matrice di correlazione tra le variabili	109
Tabella 11 - Tabella degli autovalori.....	110
Tabella 12 - Correlazione delle variabili con la prima componente principale	110
Tabella 13 - Codifica delle variabili	116
Tabella 14 - Correlazione delle modalità con le dimensioni.....	117
Tabella 15 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze Multiple	118
Tabella 16 - Regressione lineare 1	120
Tabella 17 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (1)	122
Tabella 18 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (2)	124
Tabella 19 - I profili delle imprese che creano occupazione nel settore metalmeccanico.....	125
Tabella 20 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (3)	125

Ringraziamenti

Questo volume è dedicato innanzitutto ai miei genitori, senza i quali non sarei la persona che sono oggi. Non li ringrazierò mai abbastanza per i momenti in cui mi sono stati accanto durante le difficoltà incontrate e per avermi permesso di vivere un'esperienza fondamentale come quella universitaria nel modo più agiato possibile.

Un pensiero particolare va a mia nonna Luigia, che anche se non potrà esserci fisicamente so che da lassù mi guarda.

Un ringraziamento è anche dedicato a tutte quelle persone che hanno contribuito a fare in modo che io portassi a compimento questo progetto di tesi. Innanzitutto alla mia relatrice, la Professoressa Anna Cugno, la cui disponibilità e consigli sono stati fondamentali; alla Professoressa Monica Cugno, che mi ha fornito le risorse per condurre la mia ricerca; alla correlatrice esterna, la Dottoressa Stefania Pigozzi, la quale ha messo a mia disposizione le risorse del Centro Studi di UCIMU accompagnandomi durante tutto il percorso.

Un ringraziamento va anche a tutte le imprese che hanno dedicato il loro tempo alla compilazione del questionario, in particolare Bucci Industries, Officine Biglia & C. S.p.A. e Rettificatrici Ghiringhelli S.p.A., che si sono messe a disposizione per l'intervista.

Introduzione

L'obiettivo di questo paragrafo introduttivo è quello di esplicitare sia i motivi che mi hanno spinto a scegliere l'argomento oggetto di questo elaborato sia come quest'ultimo è strutturato

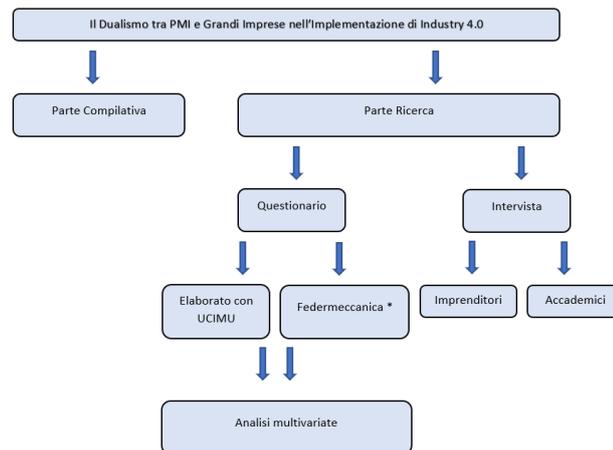
Per quanto riguarda il primo aspetto, la mia volontà è stata quella di svolgere un lavoro che avesse come fine ultimo non solo quello di laurearmi, ma che fosse altresì propedeutico al mio imminente inserimento nel mondo lavorativo. Avendo la fortuna di provenire da una famiglia di imprenditori nel campo della costruzione di Macchine Utensili, in particolare Torni CNC (Torni a Controllo Numerico), ed essendo Industry 4.0 un tema che si adatta perfettamente al settore manifatturiero, ho ritenuto questo argomento, circoscritto al mercato italiano della Macchina Utensile, ideale. Inoltre, la ragione per cui ho sviluppato interesse in modo specifico al dualismo tra PMI e Grandi Imprese nell'implementazione delle tecnologie abilitanti di *Industria 4.0* è stata l'indagine effettuata da Federmeccanica nel 2016 intitolata *Costruiamo insieme il futuro*. Essa è stata condotta presso le imprese associate ed i suoi scopi sono stati: rilevare il grado di conoscenza e di adozione delle tecnologie abilitanti, la presenza in azienda di competenze qualificanti e lo stato delle aspettative rispetto alla *Quarta Rivoluzione Industriale*.

Per quanto riguarda l'organizzazione del lavoro ho dovuto elaborare un'idea che fosse realizzabile, interessante e che seguisse dei passaggi logici ben precisi. Per raggiungere questo scopo mi sono dotato di una mappa concettuale in cui ho tentato di delineare, seppur in modo embrionale, quale fosse la struttura che io volessi dare al mio elaborato. Il risultato derivante da questo processo è rappresentato dalla *Figura 1*. Successivamente, dopo aver seguito questa procedura, ho creato un indice, sicuramente non definitivo ma fondamentale per dare una "scaletta" al processo di scrittura. In seguito alla stesura del sommario, per massimizzare l'utilità dello stesso, ho elencato, sotto ogni voce, la letteratura più importante, quella che mi avrebbe permesso di mettere nero su bianco ciò che in precedenza costituiva solamente un'idea. Tornando alla struttura di questa tesi, quindi alla *Figura 1*, essa sarà composta da due sezioni

principali, ovvero la parte compilativa e quella di ricerca. Per quanto riguarda la prima, ho ritenuto necessario inserirla per due ragioni: innanzitutto perché credo che sia fondamentale citare parte della letteratura sull'argomento, che nel caso specifico, soprattutto per quanto riguarda l'area economica, è ancora poco sviluppata; in secondo luogo perché questa rivoluzione comporterà sfide, cambiamenti, rischi e benefici a partire dal singolo contesto aziendale fino alla società nel suo complesso, e proprio per questo non ho potuto esimermi dal ricercare ed elaborare riferimenti bibliografici che hanno come oggetto queste metamorfosi.

Figura 1- Mappa della tesi

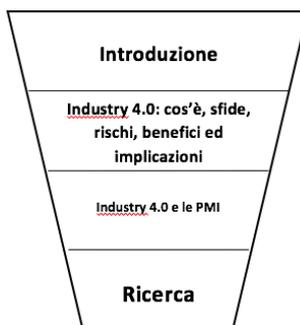
Fonte: Elaborazione propria



Una volta deciso come strutturare il lavoro, il problema che mi si è posto è stato quello di trovare il modo di collegare la prima sezione con la seconda. Il metodo che ho ritenuto fosse più adatto per rispondere a questa esigenza è stato quello di adottare un approccio a “imbuto”, ovvero iniziare parlando di *Industry 4.0* in modo generale per poi restringere il campo, creando così un quadro coerente per la fase successiva. La metodologia appena esposta è ben riassunta nella *Figura 2*.

Figura 2 - Approccio utilizzato nella formulazione della tesi

Fonte: Elaborazione propria



In ultima istanza, per quanto riguarda questa prima sezione, è molto importante portare a conoscenza del lettore il criterio adottato nella ricerca della bibliografia. Le piattaforme, o meglio i database, che ho utilizzato sono stati: 1) il sistema bibliotecario online dell'Università degli Studi di Torino, denominato *Tutto*; 2) Google Scholar. Le parole chiave che ho utilizzato sono le seguenti:

- Industry 4.0
- Industry 4.0 + Management
- Industry 4.0 + Small and Medium
- Industry 4.0 + SMEs
- Industry 4.0 + Work
- Industry 4.0 + Labour
- Industry 4.0 + Implications
- Smart Manufacturing
- Cognitive Manufacturing
- Smart Factory

Inserite queste *KeyWords* all'interno dei due sistemi citati sopra ho poi proceduto con la selezione degli articoli che ho ritenuto si adattassero meglio alle mie esigenze. Questo procedimento mi ha portato ad avere, all'inizio della scrittura di questa tesi, venti articoli a disposizione.

La seconda parte, la ricerca, sarà suddivisa in due ulteriori sezioni: 1) le analisi multivariate e di regressione derivanti dall'elaborazione di un questionario; 2) interviste effettuate ad imprenditori ed accademici. Meritevole di attenzione è l'indagine (questionario). Da premettere, però, è che inizialmente la mia idea

era leggermente diversa. Trovando i risultati dello studio condotto da Federmeccanica particolarmente curiosi, ho pensato che fosse importante approfondirlo, in quanto il documento rilasciato al pubblico dall'associazione espone unicamente le descrittive dei dati estrapolati dal questionario da loro formulato. Il concept iniziale era infatti quello di utilizzare il database da loro raccolto, questo per due motivi: innanzitutto mi avrebbe risparmiato molto tempo che avrei dovuto dedicare all'ideazione e stesura di un questionario; in seconda istanza avrei potuto integrare un'indagine già accurata attraverso analisi più approfondite. In questo modo, convinto di aver avuto un'idea interessante e ricevuto il via libera da parte della mia relattrice comincio a muovermi per avere un contatto in Federmeccanica a cui domandare ciò di cui avevo bisogno; purtroppo non sono riuscito ad ottenere ciò a cui auspicavo per problemi di privacy, quindi ecco spiegata la ragione per cui alla fine ho dovuto creare un'indagine dal principio. Preso coscienza di ciò, per fare in modo che il mio studio assumesse maggiore autorevolezza ho creduto fosse utile coinvolgere il Centro Studi dell'Unione Costruttori Italiani Macchine Utensili (UCIMU), il cui ruolo è stato fondamentale per due ragioni. In primo luogo mi hanno offerto totale sostegno nella redazione del questionario; in secondo luogo hanno reso disponibili i contatti delle imprese associate in modo da potergli sottoporre il questionario, eliminando di fatto il problema relativo all'individuazione di un insieme di aziende a cui inviare l'indagine. Successivamente seguirà un breve paragrafo in cui spiegherò dettagliatamente di cosa si occupa UCIMU e le attività che svolge. Ulteriore supporto, inoltre, mi è stato fornito dalla Professoressa Monica Cugno la quale mi ha fornito l'accesso alla piattaforma di creazione delle indagini dell'Università degli Studi di Torino.

Per concludere questo paragrafo introduttivo, ciò che mi preme dire è che coloro che leggeranno questa elaborazione avranno l'opportunità, procedendo nelle pagine successive, di prendere conoscenza di tutto il procedimento che mi ha portato al risultato finale, a partire dalle relazioni umane il cui ausilio è stato fondamentale, fino agli aspetti più tecnici di analisi. Questa non vuole solamente essere una tesi di laurea in cui vengono asetticamente esposti dei

dati. Oltre a ciò, indubbiamente necessario costituendo il fine ultimo del mio lavoro, l'obiettivo è anche quello di esplicitare un percorso composto da sinergie con persone, oltre che da momenti di riflessione individuale.

Cos'è UCIMU – SISTEMI PER PRODURRE e di cosa si occupa

Nata nel 1945, l'associazione dei costruttori italiani di macchine utensili, robot, automazione e dei prodotti a questi ausiliari si propone di tutelare gli interessi della categoria promuovendo la crescita e la diffusione della cultura imprenditoriale con l'offerta di servizi costantemente aggiornati alle esigenze delle imprese del settore.

Alle associate, infatti, rende disponibile un sostegno specialistico per ciascuna delle attività in cui si articola l'attività aziendale. D'altra parte, come rappresentante ufficiale e reale dell'industria italiana del settore, l'associazione si fa ambasciatore, in ogni parte del mondo, della più avanzata tecnologia made by italians. In questo senso, ai suoi interlocutori UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE assicura sempre piena collaborazione, coerentemente con un'offerta che risulta frutto del pronto adeguamento delle imprese produttrici ai mutamenti della domanda attraverso il costante impegno nella ricerca tecnologica, nel marketing, nella ottimizzazione della assistenza postvendita.

Capitolo 1- Industria 4.0: Cenni storici, concetti fondamentali e le principali sfide

Le origini dei Big Data: la persistenza del dato

Industry 4.0 è il termine generalmente utilizzato per identificare la *Quarta Rivoluzione Industriale*. Sebbene sia essenziale individuare sia le circostanze storiche che hanno portato alla naturale evoluzione dei sistemi che operano, compongono e facilitano l'attività industriale, sia ciò che compone a livello tangibile questa rivoluzione (per fare un esempio le tecnologie abilitanti), credo che sia importante partire da qualche concetto fondamentale, ovvero la *persistenza* del dato. I motivi per cui trovo indispensabile questa definizione sono due: in primis la tendenza, dopo aver consultato svariate pubblicazioni accademiche, articoli e documenti rilasciati da società di consulenza, a tralasciare questo aspetto; in secondo luogo l'erronea definizione che viene accostata al termine *Big Data*, generalmente identificato come "grandissime quantità di dati". L'*Industry 4.0* come la conosciamo oggi è stata possibile grazie ad una grande invenzione resa possibile da Yahoo, chiamata Hadoop, la quale consiste in una piattaforma open source, oggi gestita dalla Apache Software Foundation, che permette di gestire ed immagazzinare una quantità di dati elevata in modo economico ed efficiente, superando il problema relativo alla loro classificazione. Prima che esistesse questo sistema, infatti, era possibile registrare una quantità di informazioni molto limitata a meno che non si aumentasse lo spazio di memorizzazione. Hadoop ha superato questa complicazione rendendo il dato *persistente*, da cui è derivata anche una riduzione del costo di archiviazione. Senza entrare nel merito di tecnicismi troppo complessi di cui non possiedo una conoscenza approfondita, per *persistenza* del dato si intende la possibilità di registrare un'informazione senza che sia necessaria la sua classificazione, in modo tale che essa possa essere estratta in un secondo momento con correlazioni differenti. Per tornare alla definizione di *Big Data*, è possibile affermare che essi non sono grandissime quantità di dati come spesso viene erroneamente indicato, bensì costituiscono le nuove modalità con le quali questi vengono processati.

Interesse crescente e problemi di carattere semantico

Industry 4.0 è un concetto attorno al quale governi, imprenditori ed accademici stanno sviluppando particolare interesse solamente negli ultimi anni. Per

quanto riguarda i primi, molte sono state le iniziative governative. Per citare le più famose, oltre al piano Industry 4.0 tedesco, possiamo elencare:

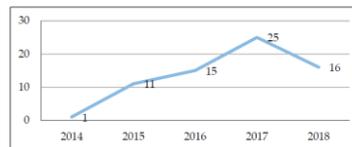
- *Industrial Internet*, nato negli Stati Uniti nel 2012. Esso è visto come integrazione tra mondo fisico e digitale combinandosi con il Big Data Analytics e Internet of Things (vedremo successivamente cosa sono nella sezione dedicata alle Tecnologie Abilitanti). I settori che l'Industrial Internet prende in considerazione sono moltissimi: produzione e distribuzione di energia; il settore sanitario; il settore manifatturiero; la pubblica amministrazione; i trasporti e il settore minerario¹;
- *Industrie du futur*, nata in Francia e considerata come il cuore della futura politica industriale francese. Essa è basata sulla cooperazione tra l'industria e la scienza, basandosi su cinque pilastri: 1) *Tecnologie all'avanguardia, include: manifattura additiva, fabbrica virtuale, Internet of things e realtà aumentata*; 2) *Il supporto delle compagnie francesi, con particolare concentrazione sulle Piccole e Medie Imprese, nell'adeguamento alle nuove tecnologie*; 3) *Elevata formazione al personale*; 4) *Rafforzamento della cooperazione internazionale per quanto riguarda gli standard industriali*; 5) *La promozione dell'industria del futuro francese*²;
- *Made in China 2025*, introdotto dal Ministero dell'Industria e della Tecnologia dell'Informazione cinese. Il suo scopo è quello di rafforzare l'industria cinese prendendo direttamente spunto dal progetto Industry 4.0 tedesco attraverso un processo di adattamento alle esigenze interne³;
- Piano nazionale Industria 4.0, noto anche come *Piano Calenda*, introdotto nel 2017 in Italia dal MISE (Ministero dello Sviluppo Economico). Data la centralità che in questa tesi si vuole dare al tessuto imprenditoriale italiano seguirà un paragrafo dedicato alle principali azioni che tale piano prevede.

Nonostante la nascita formale del termine che identifica la quarta rivoluzione industriale risale al 2011, l'attività dei ricercatori inizia intorno al 2014 per poi crescere in modo esponenziale negli anni successivi. Forse unica eccezione è

rappresentata dagli studi a carattere ingegneristico, per ora maggiormente diffusi rispetto a quelli economici. A sostegno di questa tesi è possibile far riferimento al seguente grafico, il quale proviene da una *Literature Review* su *Industry 4.0* correlato agli studi manageriali (Piccarozzi, Aquilani, Gatti, 2018) ⁴. Esso fa riferimento ad *Industria 4.0* correlato all'argomento della sostenibilità, ma ben rappresenta l'interesse generale nei confronti del tema.

Figura 3 - Distribuzione temporale delle pubblicazioni

Fonte: Piccarozzi, Aquilani, Gatti, 2018⁴



Il fatto che sia una materia recente e l'attività accademica ancora poco sviluppata non sono gli unici elementi di complicazione. Le difficoltà infatti sono almeno altre due: la prima riguarda la mancanza di una definizione unica che identifichi con precisione ed in sintesi cos'è *Industria 4.0*; la seconda, correlata alla prima, è l'assenza di un termine univoco che consente l'immediata identificazione di questa *Quarta Rivoluzione Industriale* e ciò che comporta. In merito a questo ultimo aspetto è possibile elencare i seguenti termini:

- *Industria 4.0* (o *Industry 4.0*);
- *Smart Manufacturing*;
- *Digital Production*;
- *Digital Manufacturing*;
- *Industrial Internet of Things*;
- *Cyber Factory*;
- *Smart Factory*.

Nonostante la mia affermazione, facendo riferimento alla letteratura esistente, sul fatto che il vocabolo che identifica la *Quarta Rivoluzione Industriale* abbia molti sinonimi, personalmente ritengo che vi sia una stretta connessione tra quest'ultimo ed il concetto di *Fabbrica Intelligente*, ma che questo non sia esattamente un sostitutivo del primo. Almeno per quanto riguarda il settore manifatturiero in cui *Industry 4.0* viene applicato all'interno di impianti

industriali, ritengo che questo trovi la sua parte tangibile all'interno della *Smart Factory*.

Le espressioni rimanenti, invece, hanno il medesimo significato, e non è certo che l'elenco sopra rappresentato sia completo essendo stato formulato grazie ad un'attività individuale di ricerca sulla letteratura esistente.

Per quanto riguarda la prima problematica esposta sopra, per rendere partecipe il lettore del motivo per cui essa è stata riportata, vediamo alcune definizioni:

Alekseev et al.: *Industry 4.0 è la totalità delle sfere economiche in cui i processi produttivi completamente automatizzati basati sull'intelligenza artificiale ed Internet creano nuove macchine senza partecipazione umana* (Alekseev, Evdokimov, Tarasova, Khachaturyan, & Khachaturyan, 2018)⁵.

Pan et al.: *Industry 4.0 rappresenta l'abilità dei componenti industriali di comunicare tra loro* (Pan, Sikorski, Kastner, Akroyd, Mosbach, Lau & Kraft, 2015)⁶.

Kovacs et al.: *L'essenza del concetto Industry 4.0 è l'introduzione di sistemi intelligenti collegati in rete i quali realizzano una produzione autoregolante: persone, macchine, attrezzature e prodotti comunicheranno insieme* (Kovacs & Kot, 2016)⁷.

Burritt and Christ definiscono Industry 4.0 come *un termine ombrello utilizzato per per descrivere un gruppo di innovazioni tecnologiche connesse che costituiscono le fondamenta per una maggiore digitalizzazione del business* (Burritt & Christ, 2016)⁸.

Prause(Prause, Gunnar & Atari, Sina, 2017)⁹ et al., concordi con la definizione conferita in precedenza da Kagermann et al.: *Industry 4.0 rappresenta niente di meno che la quarta rivoluzione industriale, comprendendo Stampa 3D, Big Data, Internet of Things, e Internet of Services, i.e., tutti ingredienti che facilitano lo smart manufacturing e i processi logistici*(Kagermann, Wahlster & Helbig 2013)¹⁰.

Queste appena elencate sono solo alcune delle definizioni fornite dalla letteratura, e bastano a far comprendere al lettore il problema.

Infine, secondo la Commissione Europea *Industria 4.0* è un'espressione che si riferisce alla *trasformazione dell'intera sfera della produzione industriale avvenuta grazie alla fusione della tecnologia digitale e di Internet con la manifattura convenzionale*¹¹.

Dalla Prima Rivoluzione Industriale a Industria 4.0

Ora che sono stati esplicitati sia la genesi sia le principali difficoltà che affliggono, almeno sotto il punto di vista semantico, Industry 4.0, è arrivato il momento di effettuare un piccolo, anche se importante, excursus storico: quello che parte dalla Prima Rivoluzione Industriale ed arriva ai giorni nostri.

La Prima Rivoluzione Industriale compare verso la fine del Settecento – inizio dell'Ottocento in Inghilterra in cui sono stati introdotti il telaio meccanico e la macchina a vapore. Questo ha formato il passaggio dal lavoro manuale ai primi processi produttivi. Oltre ad aver costituito un notevole miglioramento sotto il punto di vista della qualità del prodotto e la riduzione dei tempi produttivi, un ulteriore e forse più importante effetto è stato quello di trasferire i grandi sforzi fisici, precedentemente richiesti ai lavoratori, alle nuove e potenti macchine.

La Seconda Rivoluzione Industriale risale alla seconda metà del XIX Secolo ed è caratterizzata dalla comparsa dell'elettricità e delle prime catene di produzione in serie. In particolare nasce la cosiddetta produzione industriale di massa, caratterizzata da un massiccio utilizzo di forza lavoro poco qualificata in sistemi di produzione che tendono a chiedere al lavoratore interventi ripetitivi, attraverso la quale importanti aziende costruiscono la loro fortuna. Il caso più emblematico è quello di Ford con la famosissima "Model T". La Seconda Rivoluzione Industriale, con la produzione industriale di massa (nota anche come Modello Fordista), ha avuto numerosissime implicazioni non solo sotto il punto di vista produttivo, ma anche per quanto riguarda gli aspetti sociali. Nascendo nuove comunità prossime alle città industriali e famiglie con un solo percettore, cominciano a crearsi le prime forme di welfare.

Queste due prime rivoluzioni industriali hanno come conseguenza l'aumento dei redditi medi e un grosso miglioramento delle condizioni di vita grazie a lavori che diventano meno usuranti e alle condizioni igieniche più salubri. Le aspettative di vita, inoltre, aumentano considerevolmente. I lati negativi

ovviamente non mancano, fattore intuibile dalla necessità di un sistema di welfare sviluppato.

La Terza Rivoluzione Industriale, riconducibile alla seconda metà del Novecento, è stata mossa dalla digitalizzazione, quindi dall'avvento dell'elettronica, della microelettronica e dell'automazione. Queste nuove tecnologie hanno consentito la nascita di nuovi macchinari in grado di effettuare operazioni di crescente complessità con una maggiore autonomia. Relais e interruttori, a questo punto ormai obsoleti, sono stati rimpiazzati dai circuiti elettronici programmabili, sostituzione che ha costituito una grande innovazione rappresentata dalla capacità da un lato di modificare facilmente le prestazioni di una macchina, dall'altro di gestire economicamente una grande complessità rendendo flessibili le linee di produzione. È il periodo in cui si inizia ad utilizzare in modo massiccio le macchine a controllo numerico, robot e sistemi di trasporto flessibili. Inizia l'era dei dati elettronici, ovvero dei dati necessari alla progettazione, alla gestione dei sistemi produttivi, all'analisi e al miglioramento continuo dei processi, dei prodotti e delle condizioni di lavoro. Nonostante queste tre rivoluzioni siano state indispensabili al raggiungimento della situazione attuale, ci sono state diverse forze di natura politica, economica, sociale, tecnologica, ambientale e legale che hanno spinto l'industria a muovere verso un nuovo paradigma. Tra le più rilevanti abbiamo:

- Un Time to Market che si è progressivamente ridotto, comportando la necessità di avere una maggiore e più rapida capacità di innovare al fine di sviluppare, produrre ed immettere sul mercato beni e servizi;
- Aumento della customizzazione al fine di soddisfare la domanda individuale, sancendo il passaggio dal mercato dei venditori a quello degli acquirenti. Ciò ha portato ad una maggiore individualizzazione del prodotto;
- Una più alta flessibilità caratterizzata da processi produttivi più veloci e versatili, capaci di produrre piccoli lotti caratterizzati da qualità elevata a costi più bassi;
- Innovazioni tecnologiche come internet, applicazioni, social networks, smartphones, laptops, stampanti 3D, intelligenza artificiale, machine

learning, MES (Manufacturing Execution Systems), ecc. Queste nuove tecnologie sono portatrici di grandi opportunità per la crescita della meccanizzazione ed automazione, digitalizzazione e networking, miniaturizzazione, sviluppo decentralizzato, produzione e fornitura(Rojko, 2017¹²).

Queste sono solo alcune delle forze che hanno portato al tema centrale di questa tesi, ovvero *Industry 4.0*.

Industria 4.0 o Quarta Rivoluzione Industriale

Il vocabolo *Industry 4.0* è nato nel 2011 in Germania alla Fiera Annuale di Hannover. Che la sua origine sia tedesca non sorprende, infatti rappresenta una delle economie più competitive al mondo soprattutto se, come in questo caso, si fa riferimento al settore manifatturiero.

Come è già stato sottolineato sopra, trattandosi di un argomento piuttosto recente, non esiste consenso sul concetto che sta dietro la parola che identifica la Quarta Rivoluzione Industriale, anche se qualche punto di congiunzione è stato trovato attraverso la consultazione di Literature Reviews. Sintetizzando, Industria 4.0 è caratterizzata dalla digitalizzazione avanzata, dall'integrazione tra i processi produttivi e quelli logistici e dall'utilizzo di oggetti "intelligenti". Attraverso l'utilizzo delle tecnologie ICT (Information and Communication Technology), tutti gli elementi che abbiano a che fare con la manifattura sono digitalmente connessi tra loro dando origine ad una catena del valore fortemente integrata. Per semplificare ancora di più il concetto, siamo arrivati nell'era in cui, oltre che le persone, sono connesse anche le cose. Il confine tra il mondo virtuale e reale è destinato a diventare sempre più labile, tanto che già si parla di *sistemi cyberfisici*. La possibilità per le cose di interagire e scambiare dati mette a disposizione, in tempo reale, una grandissima quantità di informazioni di varia natura, le quali grazie alle nuove tecnologie di *Big Data Analytics* possono essere processate ed utilizzate ottenendo svariati benefici.

Le Tecnologie Abilitanti

Sebbene questa tesi non abbia come obiettivo quello di esplicitare terminologie tecniche a stampo ingegneristico, che ovviamente esulano dal percorso di studi economico che ho condotto, ritengo sia indispensabile effettuare una piccola digressione (nei limiti di ciò che sono riuscito a comprendere) e descrivere le cosiddette *Tecnologie Abilitanti*, con particolare riguardo a quelle identificate dal governo italiano, più nello specifico dal Ministero dello Sviluppo Economico. In tutto saranno 9, ben cosciente che gli sviluppi tecnologici, essendo caratterizzati da particolare tumultuosità, potrebbero rendere questo elenco incompleto. Successivamente, dato che almeno per quanto riguarda la ricerca condotta per la scrittura di questo volume ho preso spunto dallo studio effettuato nel 2016 da Federmeccanica¹³, procederò con l'integrazione delle classiche *Enabling Technologies* con quelle individuate dalla task force dell'Associazione, aggiungendone altre tre alla lista.

In ogni caso mi trovo pienamente in linea con ciò che viene espresso su *Ricomincio da 4* (www.ricomincioda4.fondirigenti.it): *È sicuramente limitante provare a fare una catalogazione delle Tecnologie Abilitanti 4.0, perché è un mondo in evoluzione, non solo per lo sviluppo delle singole tecnologie ma soprattutto per la nascita di nuove iterazioni tra tecnologie diverse che danno origine a nuovi modi di uso [...]*¹⁴.

Figura 4 - Le Tecnologie Abilitanti riconosciute dal MISE

Fonte: Ministero dello Sviluppo Economico



Internet of Things (IoT)

Sotto il concetto di Internet of Things è presente una vasta gamma di componenti software ed hardware che si possono incorporare all'interno di macchinari ed oggetti fisici con lo scopo di permettergli di comunicare attraverso la rete internet¹⁴ (come è stato sottolineato sopra, ora non solo le persone sono connesse bensì anche le cose). Questa tecnologia, o per meglio dire insieme di tecnologie, viene spesso denominata come Industrial Internet of Things (IIoT). Questo è stato fatto per creare una linea di demarcazione tra il mondo consumer e quello del business.

Definire IoT come una semplice tecnologia che abilita la comunicazione tra dispositivi è errato¹⁵, o almeno costituisce una grave semplificazione. Infatti essa, secondo Krotov (Krotov (2017)¹⁶, è costituita da tre macro livelli:

1. Ambiente Tecnologico
2. Ambiente Fisico
3. Ambiente Socio-Economico

Ambiente Tecnologico

L'Ambiente Tecnologico è composto da:

- **Hardware:** consiste in dispositivi wireless di varia natura, come ad esempio computer portatili, smartphone, tag RFID, sensori wireless e lettori RFID, utilizzati per collegare oggetti umani e non umani all'IoT permettendo la comunicazione e l'interazione tra questi tramite una rete wireless onnipresente;
- **Software:** Il software IoT può essere *software applicativo* e *middleware*. Il primo consiste in applicazioni lato client (quindi utilizzatore, consumatore finale) e software lato server, quest'ultimo indispensabile per il funzionamento dell'intero sistema.
I middleware invece facilitano la comunicazione tra vari componenti software utilizzati insieme, come ad esempio integrare lettori RFID o di codici a barre con database aziendali.
- **Networking:** Tecnologie software e hardware che permettono la comunicazione wireless tra i nodi IoT, connettendo questi ultimi ad Internet.
- **Piattaforme Integrate:** sono piattaforme basate su cloud che permettono l'integrazione ed interconnessione degli elementi hardware, software e di rete IoT.
- **Standards:** Gli standard tecnologici sono un fattore determinante per lo sviluppo e l'adozione della tecnologia. Fino al momento in cui non viene definito uno standard dominante la tecnologia può ancora essere vista come in uno stadio emergente, nel senso che essa può prendere varie strade alternative nel suo sviluppo e diffusione.
- **Dati:** L'Internet of Things sta sempre più diventando una fonte di dati caratterizzati da tre caratteristiche: 1) Volume; 2) Varietà, ovvero di natura diversa e disponibili in diversi formati; 3) Velocità, quindi creati in tempo reale. I dati che possiedono tali caratteristiche sono creati dai nodi IoT ed essi trasmettono costantemente le loro proprietà tramite la rete (ad esempio temperatura) oppure attraverso la transazione con altri nodi IoT.

Ambiente fisico

L'ambiente fisico è costituito da:

- Umani: Le persone interagiscono direttamente con l'IoT attraverso i dispositivi wireless.
- Non Umani: Oggetti fisici che possono connettersi e comunicare tramite la rete.
- Ambiente fisico: Consiste in uno spazio o sostanza fisica:
 - In cui umani o non umani possono essere incorporati;
 - Con cui umani o non umani possono interagire.

Ambiente Socio-Economico

L'ambiente socio-economico è costituito da:

- Consumatori: Individui o organizzazioni individuati dalle applicazioni IoT
- Organi legislativi: Organizzazioni responsabili per la formulazione, la diffusione e l'applicazione di varie leggi e regolamenti relativi, in questo caso, all'IoT;
- Associazioni di settore: Organizzazioni che possono essere sia non profit sia for profit. Esse definiscono gli standard, le linee guida, garantiscono l'interoperabilità degli elementi tecnologici dell'IoT e la sicurezza dell'intera infrastruttura;
- Gruppi di privacy dei consumatori: Sono organizzazioni che difendono i diritti dei consumatori e li proteggono da eventuali violazioni della sicurezza e della privacy comportati dalle applicazioni IoT.

Cloud Computing

Come afferma Vijaya H. Pise *Il Cloud Computing è un termine comune utilizzato per indicare la fornitura di servizi IT o aziendali attraverso l'aiuto di servizi web-based ed applicazioni in un ambiente remoto.*

Al fine di fornire servizi basati sull'Information and Communication Technology esistono moltissimi metodi, uno dei quali è il Cloud Computing. In cosa consiste questa tecnologia? Mentre di solito tutti i file sono contenuti all'interno di hard drives o comunque memorie locali, il Cloud Computing permette all'utente di archiviare le proprie informazioni in database remoti. I dati quindi sono

accessibili indipendentemente dalla localizzazione dell'utilizzatore e dal dispositivo utilizzato.

Oltre alla comodità, il Cloud Computing offre diversi vantaggi. In primo luogo rende fruibili le funzionalità di un software a cui l'azienda è interessata senza acquistare definitivamente il software stesso. Esso infatti consente di fruirne *a servizio, secondo necessità*. In questo caso si parla di soluzioni SaaS, ovvero *Software as a Service*. Diretta conseguenza di ciò è che non è più necessario effettuare sia gli investimenti in infrastrutture informatiche sia le relative politiche di rinnovamento dell'hardware, della manutenzione evolutiva e degli upgrade di sistema, tutti aspetti di cui ora non si occupa più l'impresa in prima persona bensì le imprese specializzate fornitrici del servizio. Tutto ciò è stato abbandonato a favore di questa logica di funzionamento SaaS. Inoltre il Cloud Computing permette di offrire servizi flessibili. In base alle esigenze del cliente, infatti, i parametri dei servizi utilizzati possono essere completamente modificabili. Oltre a questi vantaggi che secondo me sono i più rilevanti, esistono altri benefici che possono essere suddivisi in due grandi gruppi: 1) qualitativi: approccio innovativo, accesso più rapido al mercato, supporto ai processi aziendali, elasticità e scalabilità; 2) quantitativi: riduzione degli investimenti e dei costi operativi (come abbiamo visto sopra), minor numero di addetti IT o riduzione dei costi dell'IT (come abbiamo visto sopra), risparmio energetico, tempi di consegna più brevi¹⁵ (Pise, 2019)¹⁷.

Realtà Aumentata

La realtà aumentata (RA) è basata sulla possibilità di aggiungere ulteriori informazioni e dimensioni alla realtà. Per comprendere la definizione di questa tecnologia possiamo far riferimento alla Figura 5. Osservando il Continuum Realtà-Virtualità, mentre l'*Ambiente virtuale (Virtual environment)* e di *Virtualità aumentata (Augmented virtuality)* rimpiazzano il mondo reale con quello virtuale, nella *Realtà aumentata*, al contrario, oggetti virtuali sono aggiunti a quelli reali rimanendo nel mondo, appunto, reale.

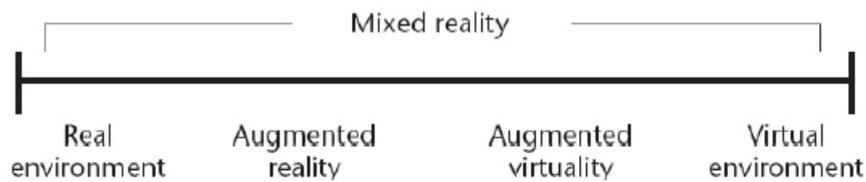


Figura 5 - Continuum Realtà-Virtualità

Fonte: Milgram, Paul & Kishino¹⁸

Un sistema di RA, in sintesi, possiede le seguenti caratteristiche:

- Combina oggetti reali e virtuali in un ambiente reale;
- Allinea oggetti reali e virtuali l'uno con l'altro;
- Opera in modo interattivo, in tre dimensioni ed in tempo reale (Azuma, 1997¹⁹) (Azuma, Baillet, Behringer, Feiner, & Julier, & Macintyre, 2001²⁰) (Krevelen & Poelman, 2010²¹).

I campi di applicazione RA sono molteplici. Per esempio nella logistica si trasformano in un mezzo per localizzare i prodotti in magazzino ma anche per verificare in tempo reale la conformità degli ordini; nelle officine di manutenzione i visori ottici aiutano gli operatori a individuare le componenti guaste o difettose; nel marketing consente di testare in anteprima aspetti estetico-funzionali dei vari prodotti, virtualmente posizionabili nell'ambiente circostante.

Simulazione

La simulazione si estrinseca nel concetto di *Digital Twin*, ovvero Gemello Digitale (o virtuale). Grazie alle tecnologie che fanno parte dei nove Pilastri di Industry 4.0, in particolare IoT, Cloud e Big Data Analytics è diventato possibile formulare modelli matematici in grado di generare la versione virtuale di un processo, prodotto o servizio¹⁴. Il sistema informatico, nel caso del processo produttivo, può quindi simulare diversi scenari produttivi allo scopo di scegliere quello che ottimizza le prestazioni¹⁵. In questo modo gli operatori potranno testare ed ottimizzare le impostazioni dei macchinari all'interno di un "mondo virtuale" prima che il prodotto entri effettivamente in produzione, permettendo di incrementare notevolmente la qualità.

Integrazione orizzontale e Integrazione verticale

Attraverso le tecnologie Industry 4.0 sarà possibile risolvere uno dei problemi che affligge da sempre le imprese, ovvero la mancanza di integrazione. Per integrazione orizzontale si intende la connessione tra le diverse aree dell'impresa, mentre per integrazione verticale intendiamo la connessione tra fornitori e clienti.

Industria 4.0 permette, infatti, attraverso la circolazione delle informazioni all'interno dell'azienda di sapere, ad esempio, in quale fase del processo di montaggio è un determinato macchinario, oppure rendere automaticamente edotto il reparto acquisti su quanti pezzi rimanenti sono presenti in magazzino, in modo tale da non rimanere mai senza scorte. Questo per quanto riguarda la *Horizontal Integration*.

Questi sistemi sono molto importanti anche per le relazioni coi clienti. Attraverso l'installazione di opportuni sensori all'interno del macchinario è possibile, ad esempio, rimanere aggiornati sullo stato di salute del macchinario stesso e prevedere la necessità di interventi di manutenzione, migliorando di gran lunga la soddisfazione del cliente ed anche la sua produttività, essendo che si possono evitare lunghi e dispendiosi "fermo macchina". Questo per quanto riguarda, invece, la *Vertical Integration*. Chiaro che gli esempi sono molteplici rispetto a quelli enunciati in questa sede.

Manifattura Additiva

Le tecniche di produzione si possono suddividere in due grosse categorie: 1) Tecniche sottrattive: 2) Tecniche additive. Mentre nelle prime l'oggetto viene creato partendo da un pezzo di materiale al quale vengono asportate le parti in eccesso (come ad esempio tornitura, fresatura, trapanatura, rettificazione...), la manifattura additiva (l'esempio più conosciuto è la stampa 3D) realizza oggetti partendo da un progetto digitale. Una volta che si avvia il processo, il particolare viene creato attraverso l'aggiunta di strati di materiale, quindi si può affermare che il procedimento sia del tutto opposto. Mentre oggi questa tecnologia viene utilizzata principalmente per la prototipazione, essa è portatrice di potenziali vantaggi quali: catene di valore più brevi, più piccole, più localizzate.

Robotica Collaborativa

La *Robotica Collaborativa* consiste in robot che, all'interno dell'impianto produttivo, collaborano con operatori umani. La cooperazione si caratterizza a vari livelli:

1. Fisica (physical Human-Robot Interaction, pHRI): laddove avviene scambio diretto di energia tra operatori umani e agenti robotici;
2. Funzionale: laddove l'organizzazione dello spazio produttivo prevede una concorrenza di attività tra operatore umano e robotico;
3. Cognitiva: laddove l'organizzazione dei processi condivisi prevede un certo grado di interpretazione del contesto²².

Cybersecurity

Industria 4.0, per definizione, prevede che l'impresa non sia un sistema a sé stante, chiuso, bensì che essa sia collegata al proprio interno, ai propri clienti ed ai fornitori tramite Internet, creando un'intensa nonché complessa rete di scambio dati. Come è facilmente intuibile il tema della *Cybersecurity* diventa molto importante in quanto sono molti gli elementi da proteggere: dai sistemi embedded e le reti di comunicazione, ai sistemi informatici che analizzano e immagazzinano tali dati.

Big Data Analytics

La grandissima mole di dati caratterizzati da complessità, variabilità e volume prodotta dalla *Fabbrica Connessa* vanno organizzati, strutturati e raggruppati per dare origine ai *Big Data*. Avvenuto questo procedimento è necessario avere una piattaforma di *Big Data Analysis* in modo tale che i dati vengano filtrati e analizzati in modo da poter essere maneggiati alla ricerca di correlazioni. Solo una volta avvenuto questo procedimento si è in possesso di vere e proprie informazioni attraverso le quali sono possibili operazioni complesse come ad esempio la *Predictive Maintenance*.

Figura 6 - Il passaggio da dato a informazione

Fonte: Elaborazione propria



Le Tecnologie Abilitanti riconosciute dalla Task Force di Federmeccanica Come detto sopra, essendo che l'idea sul lavoro di ricerca da me svolto ed esposto all'interno di questa tesi è stato ispirato dalla ricerca effettuata da Federmeccanica nel 2016, ritengo che sia doveroso operare un completamento dell'elenco di Tecnologie Abilitanti riconosciute dal Ministero dello Sviluppo Economico con quelle dell'Associazione. In particolare, oltre a quelle esposte sopra vengono ulteriormente riconosciute come Enabling Technologies anche:

- *Meccatronica:*
- *Nanotecnologie:*
- *Materiali Intelligenti* ¹³:

Ora che sono state esposte le Tecnologie Abilitanti che consentono alla fabbrica di diventare intelligente, è importante ricordare che senza una corretta procedura di implementazione delle stesse il passaggio rischierebbe, per l'azienda, di fallire. Esistono infatti molte sfide poste dal nuovo paradigma proposto da Industry 4.0. Gli obiettivi dei prossimi paragrafi saranno esplicitare le principali difficoltà di fronte alle quali le imprese si ritroveranno ed una procedura di implementazione di Industria 4.0 che possa permettere alle realtà industriali di affrontare queste sfide nel modo migliore, permettendo il passaggio da semplice operatore del settore manifatturiero ad "Operatore 4.0". Prima, però, un breve focus sulle policy.

Un focus sulle policy

Lo scopo di questo paragrafo è quello di esporre ciò che è stato eseguito a livello di policy in primo luogo in Europa, per poi focalizzare l'attenzione sull'Italia, ovvero il Piano Nazionale Industria 4.0.

Le tecnologie avanzate di cui sopra è stata data spiegazione sono il "carburante" della Quarta Rivoluzione Industriale, ma emerge subito il problema del basso tasso di adozione.

Una panoramica sulle caratteristiche delle policy europee

La Commissione Europea nel 2017 ha affermato che più del 41% delle imprese EU non hanno ancora adottato le nuove tecnologie avanzate, sebbene dati incoraggianti provenienti da una recente indagine effettuata dall'Unione Europea assicura che il 75% dei rispondenti considera le nuove tecnologie digitali come un'opportunità, mentre il 64% di coloro che vi hanno investito ha ottenuto risultati positivi.

Per affrontare le nuove sfide poste da Industria 4.0 (compresa quella della sottoutilizzazione di cui ho appena parlato), la maggior parte dei governi europei ha messo in atto policies dedicate a I4.0. Queste ultime, tra i vari paesi UE, presentano diversi elementi comuni, primo fra tutti quello di rafforzare e modernizzare la competitività industriale in modo da assicurare una crescita sostenibile del settore manifatturiero. Gli obiettivi economici, inoltre, sono combinati con quelli sociali ed ambientali. Malgrado gli obiettivi comuni, le policies mostrano molte variazioni su come le finalità economiche sono raggiunte. Per esempio la Germania si concentra sull'incremento della produttività ed efficienza. Tralasciando questo aspetto, tra gli intenti più diffusi troviamo: la nascita delle tecnologie di nuova generazione, sviluppare nuovi prodotti e migliorare i processi industriali, offrire supporto alle Piccole e Medie Imprese sotto il punto di vista dell'innovazione e commercializzazione.

Sebbene le politiche a favore di Industria 4.0 presentino elementi che si sovrappongono, tra le diverse nazioni europee non mancano sicuramente quelli di differenziazione. Ad esempio la Spagna e la Francia adottano entrambe un modello market-based offrendo prestiti alle imprese che partecipano al programma. Gli elementi di distinzione sono i seguenti: in Spagna il costo coperto dal prestito dipende dalla linea di azione e dal tipo di impresa, con un range di copertura che va dal 25% al 70%. La Francia, invece, combina una grande quantità di strumenti di finanziamento, per esempio prestiti ed incentivi fiscali con investimenti privati in R&S. La Svezia, invece, è guidata e finanziata primariamente dall'industria. L'elemento di unicità del Regno Unito è invece quello di aver istituito sette centri tecnologici, la cui presenza serve a fornire

alle imprese tecnologie industriali ed esperti, così da ridurre il rischio che comporta l'innovazione.

Un altro tema di grande importanza è la facilitazione delle relazioni che intercorrono tra industria, ricerca e autorità pubbliche. In Francia, *Industrie du Futur* facilita la collaborazione tra imprese private e pubbliche e stakeholders tecnologici. L'Italia, invece, integra le politiche regionali e nazionali in materia I4.0 in linea con le linee guida europee.

Questo per ciò che concerne gli obiettivi.

Considerando le aree su cui si focalizzano queste iniziative, sebbene la ricerca costituisca un'attività molto importante, si registra una maggiore concentrazione sulla distribuzione ed applicazione delle nuove tecnologie I4.0. L'unico paese che si focalizza in modo importante sulla ricerca è proprio l'Italia, il cui scopo è quello di superare le sfide poste dall'innovazione della manifattura. Sempre per quanto riguarda l'iniziativa italiana, insieme a quella svedese, si registra un accresciuto interesse nei confronti della sostenibilità della produzione. La fornitura di informazioni e supporto all'implementazione a favore delle aziende sono peculiarità della Spagna, mentre nei paesi bassi il focus è sulla maggiore flessibilità sui volumi produttivi, sull'efficienza, sui costi e sull'andare in contro ai bisogni dei clienti.

Come ogni politica, anche i piani nazionali di Industria 4.0 vanno finanziati. Innanzitutto è necessario affermare che la maggior parte delle policy nazionali fanno affidamento sui finanziamenti pubblici, anche se gli investimenti privati rappresentano comunque una componente molto importante, soprattutto per quanto riguarda il Regno Unito e la Francia. Rispettivamente, I programmi *High-Value Manufacturing Catapult (HVMC)* ed *Industrie du Futur (IdF)* hanno adottato le misure più importanti per attirare gli investimenti da parte dei privati. In particolare *IdF* prevede incentivi fiscali per gli investimenti privati in Ricerca e Sviluppo. *HVMC* invece incentiva collaborazioni tra i partners industriali chiave, oltre ad offrire schemi di supporto in tal senso per le PMI.

Infine, in termini di governance ed implementazione la maggior parte dei paesi europei ha adottato un approccio top-down. Ciò significa che mentre i vari stakeholders hanno sicuramente giocato un ruolo fondamentale

nell'implementazione dei programmi, alla guida vi erano i governi nazionali. Due eccezioni a ciò che è stato appena affermato sono rappresentate dalla Svezia, in cui il mondo accademico ed i gruppi di ricerca hanno la responsabilità sul disegno ed il funzionamento dell'iniziativa, ed Olanda, la quale ha adottato un approccio a "tripla elica", secondo il principio bottom-up, con il coinvolgimento dell'industria, delle università e partners di ricerca ed il settore pubblico nell'impostazione dell'agenda e lo svolgimento delle attività principali^{23 24}.

[Il caso italiano: Il Piano Nazionale Industria 4.0 \(o Piano Calenda\)](#)

Il Piano Nazionale Industria 4.0 è stato presentato la prima volta nel Settembre del 2016 dall'ex Presidente del Consiglio Matteo Renzi e dal Ministro dello Sviluppo Economico di allora Carlo Calenda. L'importanza di questa nuova politica industriale è anche sottolineata dal fatto che essa è stata inserita all'interno della Legge di Bilancio del 2017.

Gli obiettivi principali del piano riguardano il supporto degli investimenti in innovazione e potenziare le competenze relative alla Quarta Rivoluzione Industriale. Per quanto riguarda il primo obiettivo, le misure che sono state messe in atto tentano di attrarre investimenti privati nelle tecnologie, supporto alla ricerca, sviluppo ed innovazione, e la promozione di investimenti in venture capital e start-ups. Il secondo obiettivo è invece raggiunto promuovendo programmi educativi in materia I4.0, rafforzando le attività di training, sviluppando competenze, attraverso i Competence Centres ed i Digital Innovation Hubs, e finanziando i Cluster Tecnologici e PhD Industriali²⁵.

Queste due finalità, insieme, contribuiscono ad una maggiore flessibilità della produzione, ad una più alta qualità dei prodotti, ad accrescere la produttività, a rendere più veloce il passaggio dalla fase di prototipazione al posizionamento sul mercato ed infine l'incremento della competitività sia dei prodotti sia delle imprese italiane.

Il Governo italiano ha stanziato circa 18 miliardi di euro a supporto del Piano Nazionale Industria 4.0, il quale prevede gli interventi che, sul documento intitolato *Piano Nazionale Industria 4.0* rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico e firmato da Calenda si dividono in due macro-aree:

1. Innovazione: Industria 4.0
2. Competitività

Ciascuna di queste due macro-aree prevede diverse misure che sono in tutto nove; cinque ricadono nella prima e quattro all'interno della seconda. Senza dilungarmi ulteriormente ora procedo con il loro approfondimento.

Innovazione: Industria 4.0

Iper e Superammortamento

I due strumenti in oggetto servono a supportare e incentivare le imprese che investono in beni strumentali nuovi, in beni materiali e immateriali funzionali alla trasformazione tecnologica e digitale dei processi produttivi.

L'iperammortamento consiste in una supervalutazione del 250% degli investimenti in beni materiali nuovi, dispositivi e tecnologie abilitanti acquistati o in leasing.

Il Superammortamento, invece, è una supervalutazione del 140% degli investimenti in beni materiali nuovi acquistati o in leasing.

La differenza principale che intercorre tra queste due strumenti risiede nel fatto che mentre con il primo vi è il vincolo di operare nel settore dell'Industria 4.0, per il Superammortamento si parla di beni strumentali all'attività di impresa in generale.

Nuova Sabatini

La nuova Sabatini costituisce un contributo a parziale copertura degli interessi pagati dall'impresa su finanziamenti bancari di importo compreso tra 20.000 e 2.000.000 di euro, concessi da istituti bancari convenzionati con il MISE. Il contributo è calcolato sulla base di un piano di ammortamento convenzionale di 5 anni con un tasso di interesse del 2,75% annuo, ed è maggiorato del 30% per investimenti in tecnologie Industria 4.0

Questo strumento ha il fine di sostenere le imprese che richiedono finanziamenti bancari per investimenti in nuovi beni strumentali, macchinari, impianti, attrezzature di fabbrica a uso produttivo e tecnologie digitali sia hardware sia software.

Credito d'imposta R&S

Questa misura è costituita da, appunto, un credito di imposta del 50% su spese incrementali in Ricerca e Sviluppo, riconosciuto fino a un massimo annuale di 20 milioni di euro per beneficiario e computato su una base fissa data dalla media delle spese in Ricerca e Sviluppo negli anni 2012-2014. Il credito d'imposta può essere utilizzato anche in caso di perdite per la copertura di un ampio insieme di imposte e contributi.

Sono agevolate tutte le spese relative a ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale, quindi assunzione di personale altamente qualificato e tecnico, contratti di ricerca con università, enti di ricerca, imprese, startup e PMI innovative, quote di ammortamento di strumenti e attrezzature di laboratorio, competenze tecniche e private industriali.

L'obiettivo è quello di stimolare la spesa privata in Ricerca e Sviluppo per innovare processi e prodotti e garantire la competitività futura delle imprese.

Patent box

Questo strumento consiste in un regime opzionale di tassazione agevolata sui redditi derivanti dall'utilizzo di beni immateriali, quindi brevetti industriali, marchi registrati, disegni e modelli industriali, know how e software protetto da copyright. L'agevolazione consiste nella riduzione delle aliquote IRES e IRAP del 50% dal 2017 in poi, sui redditi d'impresa connessi all'uso diretto o indiretto, ovvero in licenza d'uso, di beni immateriali sia nei confronti di controparti terze che di controparti correlate, quindi società infragruppo. Il beneficio è dato a condizione che il contribuente conduca attività di R&S connesse allo sviluppo e al mantenimento dei beni immateriali.

Startup e PMI innovative

Lo strumento a favore di startup e PMI innovative prevede una serie di agevolazioni così composte:

- Nuova modalità di costituzione digitale e gratuita;
- Esonero dalla disciplina sulle società di comodo e in perdita sistematica;
- Possibilità anche per le srl di emettere piani di incentivazione in equity, agevolati fiscalmente;;

- Incentivi agli investimenti in capitale di rischio: detrazione IRPEF per investimenti fino a 1 milione di euro o deduzione dell'imponibile IRES, fino a 1,8 milioni, pari al 30%;
- Accesso gratuito, semplificato e prioritario al Fondo di Garanzia per le PMI;
- Equity crowdfunding per la raccolta di nuovi capitali di rischio;
- Italia Startup Visa: consiste in una modalità digitale per attrarre imprenditori innovativi;
- Possibilità di cedere le perdite a società quotate sponsor;
- In caso di insuccesso la startup è esonerata dalla disciplina fallimentare ordinaria;
- In caso di successo le startup mature possono convertirsi agilmente in PMI innovative, continuando a godere dei principali benefici.

Competitività

Fondo di garanzia

Il Fondo di Garanzia consiste in una concessione di una garanzia pubblica, fino ad un massimo dell'80% del finanziamento, per operazioni sia a breve sia a medio-lungo termine, sia per far fronte a esigenze di liquidità che per realizzare investimenti. Il Fondo garantisce a ciascuna impresa o professionista un importo massimo di 2,5 milioni di euro, un plafond che può essere utilizzato attraverso una o più operazioni, fino a concorrenza del tetto stabilito, senza un limite al numero di operazioni effettuabili.

Il fine è quello di sostenere le imprese e i professionisti che hanno difficoltà ad accedere al credito bancario perché non dispongono di sufficienti garanzie.

ACE (Aiuto alla Crescita Economica)

Lo strumento in questione permette di dedurre dal reddito complessivo d'impresa un importo corrispondente al rendimento nozionale del nuovo capitale proprio (conferimenti in denaro e utili accantonati a riserva), computato sugli incrementi di capitale rispetto a quello esistente alla chiusura

dell'esercizio in corso alla data del 31 dicembre 2010. Dal 2018 in poi il rendimento nozionale è stato fissato al 2,7%, rispetto al 2,3% del 2017.

Lo scopo è quello di incentivare il rafforzamento patrimoniale delle imprese italiane attraverso il finanziamento con capitale proprio, in modo da ottenere strutture finanziarie più equilibrate tra fonti e impieghi e fra capitale di rischio e di debito.

IRES, IRI e Contabilità per Cassa

Per ridurre la pressione fiscale nei confronti delle imprese che investono nel futuro lasciando gli utili in azienda sono state previste le seguenti misure:

- Taglio dell'IRES dal 27,5% al 24%, avvicinando l'aliquota a quella della media UE;
- Possibilità per gli imprenditori individuali e soci di società di persone di optare per un'aliquota unica del 24% (IRI) a fronte dell'attuale regime IRPEF che prevede aliquote fino al 43%. In particolare il 24% si applica sulla parte di reddito d'impresa che resta in azienda, mentre sulle somme prelevate per uso personale si continua a pagare l'IRPEF.

Salario di Produttività

Il Salario di Produttività consiste in una tassazione di vantaggio flat al 10% per i premi salariali legati ad aumenti di produttività aziendale. Il limite del premio cui applicare la detassazione è pari a 3.000 euro e arriva a 4.000 nel caso in cui il coinvolgimento dei lavoratori nell'organizzazione del lavoro sia paritetico. È inoltre agevolato il ricorso a servizi di previdenza complementare, all'assistenza sanitaria, ad assicurazioni contro la non-autosufficienza, a servizi educativi e alla partecipazione azionaria da parte dei dipendenti²⁶.

Le sfide di Industria 4.0

Come è chiaramente immaginabile, la Quarta Rivoluzione Industriale pone moltissime sfide. La tipologia di difficoltà che ho deciso di prendere in considerazione sono quelle di tipo manageriale (Schneider, 2018²⁷) ed alcune sfide sociali, in particolare gli effetti sull'occupazione e sull'istruzione,

adottando, limitatamente alla letteratura disponibile ed ove possibile, un approccio di tipo risolutivo.

Sfida 1: Analisi e strategia

Il primo cluster delle sfide manageriali poste da Industry 4.0 è denominato Analisi e Strategia, questo perché per una corretta implementazione delle tecnologie è necessario che le compagnie discutano di determinati aspetti in modo da essere in grado di effettuare una decisione informata. Prima di investire in tecnologie specifiche o in personale qualificato risulta fondamentale che l'impresa valuti il proprio grado di maturità. Per quanto riguarda quest'ultimo, durante il corso degli anni se ne sono sviluppati molti²⁸ (Lanza, Nyhuis, Majid Ansari, Kuprat & Liebrecht , 2016²⁹) (Gökalp, Sener & Eren , 2017³⁰)³¹ (Jodlbauer & Schagerl, 2016³²), ma quello che voglio portare a conoscenza del lettore è il modello proposto da Schumacher, Erol e Sihn (Schumacher, Andreas & Erol, Selim & Sihn, Wilfried 2016³³) vista la sua comprovata semplicità ed applicabilità. In particolare vengono considerati 62 elementi di maturità raggruppati in 9 dimensioni, sintetizzate dalla *Figura 7*.

Figura 7 - Le 9 Dimensioni del Modello di Maturità Fonte:

Schumacher, Andreas & Erol, Selim & Sihn, Wilfried 2016³³

Dimension	Exemplary maturity item
Strategy	Implementation I40 roadmap, Available resources for realization, Adaption of business models, ...
Leadership	Willingness of leaders, Management competences and methods, Existence of central coordination for I40, ...
Customers	Utilization of customer data, Digitalization of sales/services, Customer's Digital media competence, ...
Products	Individualization of products, Digitalization of products, Product integration into other systems, ...
Operations	Decentralization of processes, Modelling and simulation, Interdisciplinary, interdepartmental collaboration, ...
Culture	Knowledge sharing, Open-innovation and cross company collaboration, Value of ICT in company, ...
People	ICT competences of employees, openness of employees to new technology, autonomy of employees, ...
Governance	Labour regulations for I40, Suitability of technological standards, Protection of intellectual property, ...
Technology	Existence of modern ICT, Utilization of mobile devices, Utilization of machine-to-machine communication, ...

Il primo step nel calcolo del livello di maturità dell'impresa è quello di sottoporre a quest'ultima un questionario standard in cui per ciascuno dei 62 elementi contenuti all'interno delle 9 dimensioni viene posta una domanda che richiede una risposta sotto forma di scala Likert che parte da 1 fino ad arrivare a 5 (1 = Non distinto e 5 = Molto distinto).

Lo step successivo richiede la misurazione del livello di maturità per ciascuna delle 9 dimensioni, che si calcola con la seguente formula:

$$M_D = \frac{\sum_{i=1}^n M_{Dii} * g_{Dii}}{\sum_{i=1}^n g_{Dii}}$$

M = Maturità dell'elemento	l = Elemento	n = Numero
D = Dimensione	g = Peso	

Quindi la maturità di ciascuna dimensione risulta dalla media ponderata di tutti gli elementi ad essa sottoposti.

L'ultimo step consiste nella rappresentazione e visualizzazione dei risultati tramite report e grafici a radar.

Una volta valutato il grado di maturità dell'impresa è possibile ideare una strategia coerente con la reale situazione aziendale, passaggio, questo,

fondamentale in quanto se non si ha reale percezione del proprio livello di preparazione ad un tale cambiamento Industria 4.0 rischia di diventare, per l'impresa, una minaccia piuttosto che un'opportunità.

Sfida 2: Pianificazione ed implementazione

Se la sfida precedente è stata affrontata con sufficiente cautela, ora si presenta l'arduo compito di trovare un processo di pianificazione ed implementazione delle tecnologie di Industria 4.0. Per coerenza di letteratura, in questo paragrafo verrà esposto un procedimento di avvicinamento al paradigma della Fabbrica Intelligente elaborato dai medesimi studiosi che hanno ideato il modello di maturità sopra esposto. Si tratta di un processo a tre fasi (Schumacher, Erol & Sihn, 2016³⁴) che, sia nel caso in cui l'impresa si presenti poco matura sia in quello in cui essa lo sia molto, fornisce una guida che consente di arrivare al completo raggiungimento dei propri obiettivi in materia di Industry 4.0.

Il primo step è quello di *Envision*, che contiene al proprio interno due sotto-fasi: 1) creare una consapevolezza comune su Industry 4.0; 2) Creare una vision specifica dell'impresa su Industry 4.0. Per quanto riguarda la prima, in essa avvengono i primi contatti con i concetti generali che accompagnano la Quarta Rivoluzione Industriale e si cerca di comprenderli, in modo tale da allineare queste idee con gli obiettivi specifici dell'azienda e i bisogni dei clienti. Perché questa fase abbia successo è necessario un approccio partecipativo in cui vi è un coinvolgimento di tutti gli stakeholders più importanti dell'impresa, a partire dal top management e middle management fino ad arrivare ai clienti più importanti. Potrebbe anche essere necessario l'intervento di esperti esterni. Per quanto riguarda la seconda, essa è ulteriormente divisa in due fasi: 1) input oriented in cui i pilastri di Industria 4.0 sono spiegati attraverso esperti esterni; 2) output oriented che serve per creare dei punti di riferimento ed accrescere la consapevolezza sul bisogno di azioni immediate.

Il secondo step è denominato *Enable* e serve al passaggio dalla visione di lungo periodo dell'impresa in un business model concreto per poi sviluppare le strategie propedeutiche al raggiungimento di un'implementazione di successo.

Per facilitare la pianificazione della strategia si utilizza una tecnica di “roadmapping”, consistente in una specie di tabella a doppia entrata con tre dimensioni orizzontali e quattro verticali. Le prime rappresentano la linea temporale: breve, medio e lungo periodo, mentre le seconde prendono in considerazione quattro prospettive strategiche: 1) mercato, in cui vengono delineati i segmenti di clienti prospettici. In altre parole vengono indicate le caratteristiche della domanda futura; 2) prodotti, i quali portano ad identificare i processi necessari alla loro produzione e sviluppo; 3) processo, in cui ci si pongono domande sulle migliori tecnologie per avere, in futuro, un sistema produttivo competitivo; 4) rete di valore, che mostra la struttura e le caratteristiche della rete di valore che si devono possedere in modo da inviare la value proposition così come intesa dall’impresa.

L’output della fase Enable è poi ordinato su un orizzonte temporale, il quale determina se l’approccio adottato dalla realtà in questione sia rivoluzionario o evolutivo.

L’ultima fase è quella di *Enact*, il cui scopo è quello di trasformare le strategie in veri e propri progetti, valutati in funzione delle risorse a disposizione, i potenziali rischi e l’impatto previsto sull’intera mission. Di fondamentale importanza è la collaborazione da parte dei dipartimenti responsabili dei progetti, i quali sono tenuti a fornire indicazioni sulla futura integrazione di questi ultimi all’interno della strategia complessiva, oltre a dover indicare quante risorse aggiuntive sono richieste.

Il risultato di questa fase è la Roadmap del progetto, la quale viene collegata alle strategie di alto livello precedentemente elaborate, con il risultato di avere una trasformazione da un modello di business astratto ad una mappa concreta delle attività pianificate che può essere comunicata tra gli stakeholders e, se necessario, alla comunità.

Sfida 3: Cooperazione e networks

Nel contesto di Industry 4.0 viene posta particolare enfasi sulle alleanze strategiche e le partnership collaborative, in quanto se queste non esistessero le imprese potrebbero non essere in grado di far leva sul potenziale fornito dalle

tecnologie implementate al loro interno. In particolare, anche se ciò non vale esclusivamente per loro, le PMI dovrebbero essere consapevoli sia dei benefici sia dei rischi insiti in una strategia di collaborazione. Per esempio potrebbero ridurre la loro mancanza di risorse e personale esperto, minimizzare i rischi sugli investimenti e meglio adempiere alle richieste dei loro clienti (Geissbauer, Kuge, Schrauf & Koch, 2014³⁵) (Bischoff et al. 2015³⁶).

Per rafforzare ciò che ho appena affermato faccio un riferimento a Schuh et al (Schuh, Potente, Varandani, Hausberg, Fränken, 2014³⁷) che, nella pubblicazione intitolata *Collaboation Moves Productivity To The Next Level*, hanno esposto come gli avanzamenti tecnologici offerti da Industry 4.0 permettano di aumentare la collaborazione, con la conseguenza di avere un significativo guadagno in termini di produttività, ciò mettendo in luce l'impatto che I4.0 ha su tre dimensioni collaborative.

Le tre dimensioni sopra citate sono: 1) Comunicazione; 2) Coordinamento e 3) Cooperazione. Inoltre ciascuna di queste possiede due pratiche collaborative:

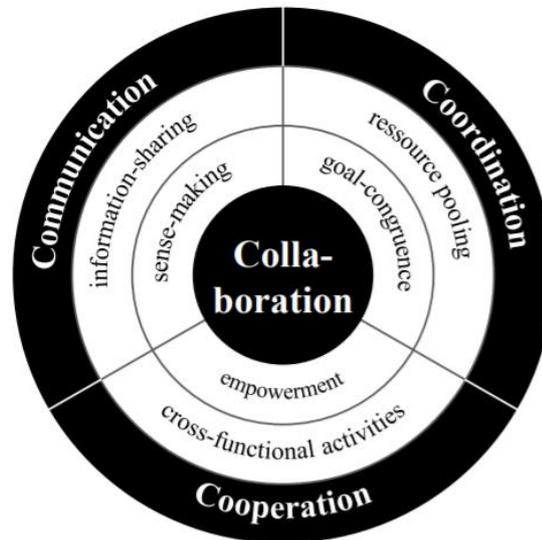
- Comunicazione: *information-sharing* e *sense-making*
 1. Information sharing: Connettendo i sensori, quindi sistemi cyberfisici, a reti locali o globali, le informazioni diventano accessibili direttamente dalla fonte. Questo non solo permette di usufruire dei dati in tempo reale ma consente anche di condividere le informazioni tra tutte le entità che collaborano;
 2. Sense-making: È il processo di interpretazione delle informazioni che permette di comprendere situazioni complesse e valutare in anticipo le possibili misure. A livello operativo ciò può essere effettuato tramite la simulazione.
- Coordinamento: *resource pooling* e *goal-congruence*;
 1. Resource-pooling: Consiste nell'allocazione delle informazioni, attrezzature e risorse umane per il raggiungimento dell'obiettivo della collaborazione, di assegnazione dei compiti e di decisione sul tempo in cui le risorse sono dedicate a determinate attività. Questo è possibile tramite i sistemi cyberfisici i quali sono in grado di creare un "sistema dei sistemi" in cui molti CPS

interconnessi combinano le loro abilità per creare un sistema temporaneo con migliorate capacità di risolvere compiti complessi;

2. Goal-congruence: Descrive la comprensione reciproca e gli accordi sull'obiettivo tra le parti che collaborano. Un'elevata goal-congruence consente di aumentare la produttività dal momento in cui gli obiettivi e le attività sono allineati. Questo è facilitato dai CPS, i quali si interconnettono autonomamente ed attraverso i confini delle organizzazioni.
- Cooperazione: *cross-functional activities* e *empowerment*
 1. Cross-functional activities: I sistemi cyberfisici permettono di aumentare le interconnessioni tra le aziende che collaborano nella catena di fornitura, fattore fondamentale per ottenere elevati livelli di produttività;
 2. Empowerment: È la fase in cui si dà maggior potere a coloro che prendono le decisioni in modo da facilitare forme decentralizzate di leadership. L'Empowerment è molto importante in quanto l'attività decisionale assumerà maggiore importanza, e questo perché il personale assumerà sempre più il ruolo di impostazione dei fattori della produzione, del design e della manutenzione dei complessi CPS.

Figura 8 - Struttura della pratica collaborativa

Fonte: Schuh, Günther & Potente, Till & Varandani, Rawina & Hausberg, Carlo & Fränken, Bastian 2014³⁷



Sfida 4: Business models

Come afferma David J. Teece (Teece D. 2010³⁸), un Business Model (BM) consiste nell'articolazione delle logiche, dati ed altre evidenze che dimostrano come un business crea e offre valore ai propri clienti. Inoltre delinea la struttura dei ricavi, dei costi e dei profitti associati all'impresa creatrice di valore. In altre parole definisce come l'azienda crea e offre valore ai propri clienti per poi, successivamente, convertire i pagamenti in profitti.

Oltre a dover dare una definizione, sebbene quella appena esposta non sia l'unica in letteratura, di modello di business, parlando di Quarta Rivoluzione Industriale è altresì fondamentale definire che cosa si intende per Business Model Innovation (BMI). Johnson, Christensen & Kagermann (Johnson, Christensen & Kagermann, 2008³⁹) e Schneider & Spieth (Schneider & Spieth, 2013⁴⁰) descrivono il BMI come cambiamenti estesi che spesso si traducono in un nuovo BM. Inoltre, il Business Model Innovation è utilizzato quando è necessario reagire ai cambiamenti nelle fonti di creazione di valore, proprio come nel caso di Industria 4.0.

Tra BM (e quindi anche il BMI) da un lato e l'innovazione tecnologica dall'altro intercorrono relazioni multiple, le più importanti sono cinque. In primo luogo

un Business Model che consente la commercializzazione di nuove tecnologie, si dice che sia un vero e proprio mediatore dell'innovazione tecnologica. Secondo la Business Model Innovation può essere considerata come una nuova dimensione dell'innovazione capace di creare un vantaggio competitivo superiore rispetto alla novità rappresentata dalla tecnologia, anche in settori maturi. Terzo, la BMI può avvantaggiarsi delle nuove tecnologie e fondarsi su queste ultime percorrendo strade nuove, creative senza incorrere in innalzamenti dei costi. Quarto, la BMI favorisce l'innovazione, cambiamenti disruptive nelle regole del gioco ed innesca nuove ondate di cambiamenti tecnologici. Quinto, permette alle imprese di osservare al di là propri confini facilitando il riconoscimento di opportunità e minacce.

Come affermano Massa & Tucci (Massa & Tucci, 2013⁴¹), le nuove tecnologie di per sé non hanno valore economico, per questo motivo è necessario adottare un Business Model che massimizzi il loro impiego e commercializzazione, rendendo sia il BM che la BMI elementi necessari ed addirittura complementari all'innovazione tecnologica.

La premessa fino ad ora esposta ben si adatta al contesto della Quarta Rivoluzione industriale. Sebbene la disponibilità di risorse necessarie a descrivere il cambiamento dei BM in ottica di Industria 4.0 sia limitato, cercherò di offrire un'esposizione sull'argomento che sia la più dettagliata possibile.

Un esempio di Industria 4.0 e BMI basati sulle dimensioni del Business Model Canvas

Per valutare l'effetto che la Quarta Rivoluzione Industriale ha sul Business Model delle imprese prendiamo come riferimento i *9 Building Blocks of the Business Generation Model Canvas* di Osterwalder & Pigneur (Osterwalder & Pigneur, 2010⁴²) ed il paper di Pietrewicz (Pietrewicz & Leślaw, 2019⁴³) il quale ha fornito un esempio su tre dei nove aspetti del Canvas. Essi consistono nei seguenti: 1) Key Activities (Cosa è necessario fare per operare il business? Quali sono le cose più importanti da fare in modo che il business funzioni?), 2) Key Partners (Quali sono le attività che svolgeranno i partner? Cosa acquisterai da loro?), 3) Key Resources (Di cosa hai bisogno perché il business funzioni? Di quali assets? Persone? Finanze? Magazzino? Lista dei clienti?), 4) Value Propositions (Quali prodotti/servizi produci e per chi? Quali bisogni stai

soddisfacendo? Che problema stai risolvendo?), 5) Customer Relationships (Come pensi di acquisire e tenere i clienti? Come indirizzerai le persone ad un sito web o ad un luogo fisico? Come pianifichi di accrescere la base clienti?), 6) Customer Segments (Chi sono i tuoi clienti e perché dovrebbero comprare da te?), 7) Channels (In che modo il tuo prodotto/servizio arriva alla clientela? Il tuo canale di distribuzione è virtuale o fisico?), 8) Cost Structure (Quali sono i costi fissi e variabili? Quali sono le attività maggiormente costose? Sono presenti economie di scala?) e 9) Revenue Streams (Come pensi di guadagnare? Quale valore stanno acquistando i tuoi clienti?). Gli esempi portati da Petrewicz sono i seguenti.

Cominciando dal **Customer Relationship**, nei BM tradizionali la lealtà del cliente era ricercata attraverso relazioni personali, quindi faccia a faccia. Con l'avvento di Industria 4.0 questa componente risulta più complicata essendo il cliente dotato di una maggiore disponibilità di trasparenza apportata da Internet. Altro fattore che accresce la complessità delle relazioni con la clientela sono le peer review dei prodotti, le quali semplificano la scelta del consumatore ma inaspriscono la concorrenza, fattore facilitato dalla presenza di bassi switching costs. La lealtà del cliente diventa quindi irrealistica.

Nel contesto verso cui stiamo progressivamente muovendo, i prodotti possono diventare obsoleti prima che l'azienda sia in grado di ottimizzare i processi produttivi, focalizzando l'attenzione sulla loro flessibilità ed integrazione con l'attività di intelligence attraverso il machine learning. Per questo motivo le **Key Activities** subiscono un'inevitabile traslazione: se prima la sola eccellenza operativa era fonte di vantaggio competitivo, ora lo è la cosiddetta analytics excellence. In altre parole, se prima per avere successo bastava che i processi produttivi operassero in condizioni di efficienza, ora è necessario integrare al loro interno le tecnologie digitali in modo da tenere sotto controllo i fattori di difficoltà sopra esposti.

Una riflessione interessante si può fare per quanto riguarda le **Key Resources**. Ormai è risaputo che la digitalizzazione tende a ridurre i costi di transazione sia all'interno dell'impresa stessa sia tra le stesse. Questo fattore porta il possesso degli assets meno attraente per le aziende. La crescente trasparenza del

mercato resa disponibile dallo sviluppo di internet riduce i benefici dell'integrazione organizzativa in quanto l'attività di big data analytics si pensa possa apportare i medesimi benefici. Mentre le imprese integrate potrebbero avere un vantaggio nell'estrazione del massimo valore dalle tecnologie esistenti, ove non integrate potrebbero cooperare all'interno di un network che comporterebbe minori costi generali ed accresciuta flessibilità e customizzazione. Nell'era Industry 4.0 ormai il focus non è più sul possesso bensì sull'accesso, principio su cui si basa il cloud computing.

Quattro metodi di conduzione delle imprese verso la trasformazione digitale

Ibarra, Ganzarain e Igartua (Ibarra, Ganzarain & Igartua, 2018⁴⁴) espongono quattro metodi al fine di condurre le imprese manifatturiere verso la trasformazione digitale. Questo studio si basa sulla definizione di Business Model offerta da Osterwalder e Pigneur, gli stessi autori che hanno ideato i *9 Building Blocks of the Business Generation Model Canvas* visti in precedenza. Più nel dettaglio, le quattro vie verso la trasformazione digitale per le imprese manifatturiere sono state identificate in funzione del livello di innovazione applicato, che può andare dalla modifica di pochi elementi del Business Model attraverso un'innovazione di tipo incrementale, fino al cambiamento di tutte le componenti del BM adottando una soluzione radicale. Una rappresentazione grafica di questo modello è rappresentata dalla *Figura 9*.

Il primo modo consiste nell'**Ottimizzazione Interna ed Esterna del Processo**. Questa trasformazione costituisce un'innovazione incrementale che ottimizza il business attuale senza creare profondi cambiamenti. Le nuove tecnologie abilitanti come ad esempio Big Data, Cloud Computing, Robotica Collaborativa, Manifattura Additiva e così via sono introdotte all'interno del processo produttivo al fine di migliorare l'architettura della creazione di valore, consistente nelle risorse ed attività chiave, migliorando l'efficienza e le performance.

Questo potrebbe essere il primo step messo in atto da un'impresa manifatturiera non digitalizzata per iniziare il cammino verso Industria 4.0 senza correre troppi rischi.

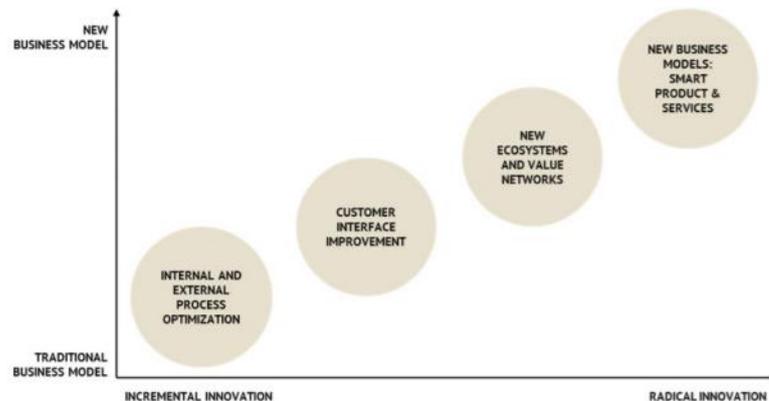
Il **Miglioramento dell'Interfaccia Cliente** è il secondo passo. Anch'esso rientra nelle innovazioni di tipo incrementale e si focalizza sul perfezionamento dell'offerta del valore, ovvero la value proposition attraverso l'offerta di prodotti e servizi, segmenti di clienti, canali e relazioni coi consumatori. Con l'utilizzo delle tecnologie abilitanti vengono creati modi di interazione innovativi tramite nuovi punti di contatto tra venditore e consumatore, permettendo sia migliore comprensione dei bisogni degli acquirenti sia una maggiore customer experience.

La prima innovazione radicale del Business Model, all'interno di questo modello, è costituita da **Nuovi Ecosistemi e Nuove Reti del Valore**. Questa si focalizza sul core business dell'impresa condividendo le incertezze con altri agenti o acquisendo nuove capacità e risorse dalle associate. Questo è reso possibile grazie all'utilizzo delle tecnologie abilitanti le quali permettono di collegare la creazione del valore dell'impresa in questione con i processi degli stakeholders, creando un vero e proprio ecosistema. Questa procedura è molto complessa perché non basta una modifica radicale del Business Model dell'azienda bensì è necessario coinvolgere in questo cambiamento anche i partners.

L'ultimo caso è differente rispetto ai precedenti in quanto consiste nella creazione di un **Nuovo Business Model** basato sulle tecnologie abilitanti che abbiamo già visto le quali permettono, se implementate correttamente, di creare nuovi prodotti e servizi intelligenti. Consiste quindi in una innovazione disruptive che comporta la modifica di tutti gli elementi del BM il quale, successivamente a questa procedura, dà all'azienda l'opportunità di diversificare o espandere i propri mercati. In alternativa può essere creato un nuovo BM parallelo a quello già esistente con lo scopo di sperimentare, attività che porta a "bruciare" molte risorse, mentre il BM preesistente produce ricavi.

Figura 9 - Quattro vie verso la trasformazione digitale nelle imprese manifatturiere

Fonte: Ibarra, Ganzarain, Igartua, 2018 ⁴⁴



Sfida 5: Risorse umane

Cambia il paradigma del lavoro subordinato

Industry 4.0 avrà, potenzialmente, un forte impatto sul mercato del lavoro, sull'organizzazione dello stesso ed anche sui lavoratori che operano al suo interno. Ci si aspetta quindi un cambiamento dell'idea tradizionale che lo circonda, comportando una modifica sul potere direzionale, sulla distinzione tra tempo dedicato al lavoro e tempo libero, sul livello dei compiti, sul livello di educazione richiesto e la struttura delle retribuzioni (Avogaro, 2019⁴⁵).

Il personale dipendente, in un'ottica Industria 4.0 ci si aspetta che sia maggiormente autonomo rispetto al recente passato, che sia in grado di lavorare in team, che copra differenti ruoli con un approccio di problem-solving invece che limitarsi ad un mero svolgimento dei compiti che gli sono affidati (Del Punta, 2017⁴⁶). È inoltre possibile prevedere che il lavoratore sarà in grado di spendere più tempo al di fuori del contesto lavorativo grazie alla possibilità di istruire o intervenire sui macchinari intelligenti tramite controllo remoto. La misurazione del valore aggiunto apportato da ogni singolo lavoratore sarà inoltre misurato sulla base della loro capacità di raggiungere obiettivi personali, a cui seguirà una personalizzazione della retribuzione.

La possibile risposta delle imprese

Ma come dovrebbero, le aziende, rispondere a questo cambiamento? Le azioni che potrebbero essere intraprese sono le seguenti: riqualificare i dipendenti già presenti in azienda, adottare nuovi modelli organizzativi e di lavoro, nuovi

metodi di assunzione ed impegnarsi nella pianificazione di forza lavoro strategica (Lorenz, Ruessmann, Strack, Lueth & Bolle 2015 ⁴⁷).

Riqualificare i dipendenti già presenti in azienda: Imprese in paesi come Germania ed Italia, caratterizzate da una forza lavoro forte, devono prepararsi a riqualificare le competenze del loro personale dipendente. Sebbene molte aziende abbiano già implementato dei programmi per raggiungere lo scopo, l'impegno in questa direzione deve aumentare, in particolare la direzione verso cui è necessario volgere gli sforzi è un sistema che prevede sia istruzioni direttamente sul posto di lavoro, ad esempio utilizzando la tecnologia della realtà aumentata o osservando direttamente come il lavoro viene svolto dagli altri lavoratori, sia lezioni in aula. All'interno di un sistema così strutturato, poi, la forza lavoro deve essere istruita su un ampio set di skills in quanto, come è già stato osservato in precedenza, i compiti ad essa richiesti potrebbero essere molteplici.

Adottare nuovi modelli organizzativi e di lavoro: Industria 4.0 crea nuove tipologie di interazioni tra uomo e macchina le quali avranno implicazioni significative sulla natura del lavoro e sulle strutture organizzative. La variabilità dei programmi di produzione aumenta, e per far fronte a questo fattore le imprese dovrebbero considerare nuovi modelli lavorativi che includano programmi flessibili. Altro fattore molto importante è la necessità di ripensare all'autorità decisionale. Per esempio un robot coordinatore non dovrebbe aspettare le istruzioni da un supervisore per permettere ad un robot di iniziare un'attività di riparazione di emergenza.

Una maggiore integrazione tra il dipartimento IT e quelli operativi è inoltre necessaria, in modo che i primi comprendano come i secondi utilizzano le soluzioni da loro ideate.

Nuovi metodi di assunzione: Per avere successo con Industria 4.0, le imprese dovrebbero considerare nuovi approcci di assunzione, basati non sulle qualifiche possedute bensì dalle capacità. Il motivo di questo cambiamento è proprio ciò che è stato detto precedentemente, ovvero che i lavoratori saranno impegnati a svolgere una pluralità di compiti non correlati all'educazione ricevuta. Per questa ragione i recruiters sono quasi obbligati a guardare oltre il

titolo scolastico per concentrarsi sulle capacità effettivamente possedute dagli aspiranti nuovi assunti.

Impegnarsi nella pianificazione strategica della forza lavoro: Oltre a trasformare la forza lavoro in prima linea, la Quarta Rivoluzione Industriale aumenta la necessità di nuove abilità di leadership oltre ad intensificare la competizione sulla ricerca dei talenti. Per far fronte a queste sfide, per le imprese diventa necessaria una pianificazione strategica della forza lavoro.

Lo strategic employee sharing come opportunità per i lavoratori contingenti

In questo contesto, soprattutto in una realtà Italiana in cui l'argomento è quanto mai diffuso, voglio dedicare alcune considerazioni interessanti che riguardano i cosiddetti lavoratori periferici, conosciuti anche come contingenti. Essi sono tipicamente coloro che sono impiegati all'interno dell'impresa con contratti part-time, a termine, zero ore, tirocinanti e gli interinali. All'interno di questa categoria rientrano differenti categorie di persone, ed un segmento importante di queste sono i lavoratori altamente specializzati caratterizzati da competenze specifiche come ad esempio gli informatici ed ingegneri i quali non sono coinvolti nel business centrale della realtà imprenditoriale per cui lavorano. Proprio perchè non caratterizzati da questo coinvolgimento, potrebbero essere interessati ad intessere relazioni non con un singolo datore di lavoro bensì con una moltitudine di compagnie fornendo servizi di alto livello. All'interno della categoria dei lavoratori periferici rientrano anche i cosiddetti *freelancers* ed i *workers on platforms*, le cui competenze possono essere utilizzate quando necessarie senza dover stabilire rapporti lavorativi continuativi.

L'opzione che può essere messa in atto nei confronti dei lavoratori contingenti (non l'unica ma quella che ho ritenuto più interessante) che possiedono elevate competenze in ottica Industry 4.0 è lo *strategic employee sharing*⁴⁵ (o condivisione strategica dei dipendenti). La struttura di questo strumento è piuttosto semplice: l'attore principale è una persona giuridica composta dal raggruppamento di più datori di lavoro. Il suo compito è quello di assumere uno o più lavoratori i quali svolgeranno, su richiesta, le loro prestazioni per le aziende rappresentate dai datori di lavoro, componenti della persona giuridica

appena menzionata. In questo modo le imprese avranno a disposizione forza lavoro meno costosa e più flessibile in funzione delle loro esigenze, oltre ad avere il vantaggio di trasferire tutti gli aspetti di gestione di queste risorse umane alla nuova entità giuridica creata. In particolare, i compiti di quest'ultima sono:

- Adempiere i doveri relativi ai contratti di lavoro;
- Coordinare le assegnazioni dei lavoratori nelle compagnie partecipanti;
- Elaborare linee guida e codici di condotta per la cooperazione delle parti coinvolte.

Per quanto riguarda le singole aziende coinvolte, le loro responsabilità sono le seguenti:

- Fornire il carico di lavoro ai lavoratori condivisi;
- Organizzare il lavoro con loro ed assicurare che le condizioni di lavoro siano adeguate, seguendo il principio generale "Pari retribuzione, pari trattamento" facendo riferimento allo staff che si occupa del core business (e quindi i dipendenti interni);
- Pagare il gruppo per le risorse umane fornite.

Ovviamente questa forma di occupazione comporta delle implicazioni sia per la forza lavoro, sia per le imprese che decidono di adottare questo modello. Per quanto riguarda la prima, innanzitutto c'è un generale accordo sul fatto che contribuisce alla stabilità del lavoro riducendo la precarietà, condizione raggiunta solo se il gruppo ha raggiunto una massa critica tale da garantire un carico di lavoro continuo. Un aspetto che preoccupa sempre sono le tipologie di contratti a cui sono sottoposti i lavoratori condivisi. Essi beneficiano di contratti di lavoro standard in linea con la legge del lavoro, beneficiando quindi dei diritti e protezioni di cui godono i dipendenti assunti in maniera "standard" (secondo il principio, come detto sopra "Pari retribuzione, pari trattamento"). Inoltre, dalla "trasformazione" da un lavoro part-time ad occupazione a tempo indeterminato derivano i vantaggi dell'aver un unico datore di lavoro, ovvero sia un maggior potere contrattuale su salari e benefits sia la risoluzione del problema derivante dalla necessità di coordinare differenti occupazioni part-

time. Altri vantaggi sono la possibilità di sviluppare competenze in più campi, essendo che devono adattarsi a diversi ambienti lavorativi ed una minore monotonia derivante dalla molteplicità di assegnazioni. Per la forza lavoro, però, esistono anche degli aspetti negativi collegati allo strategic employment sharing. Per prima cosa il dipendente condiviso, non essendo permanentemente all'interno dell'organizzazione potrebbe essere meno integrato all'interno dell'attività svolta rispetto al *core staff*. In questo caso si verificherebbe un accesso limitato alle informazioni concernenti l'azienda e maggiori difficoltà di interazione con i propri collaboratori e superiori. Lo stress relativo ai frequenti cambiamenti del luogo di lavoro, dei processi, dei compiti, e delle dinamiche dei gruppi di lavoro è un altro aspetto da tenere in considerazione.

Sulle implicazioni per le imprese, il primo e forse più importante vantaggio è il poter accedere a risorse umane qualificate in modo flessibile, situazione non possibile nel caso di dipendenti assunti con contratto full-time al proprio interno. Inoltre questa forma di assunzione si traduce molto spesso in aumenti di efficienza, questo perché l'amministrazione del personale come ad esempio la ricerca di figure professionali, la registrazione e la gestione dei libri paga viene effettuata dal gruppo il quale opera in modo non-profit, quindi senza alcuna spinta all'aumento dei costi amministrativi. Questo modello si traduce anche nella minore necessità di supervisione ed accompagnamento durante lo svolgimento delle mansioni, ciò favorito dal fatto che i lavoratori ritornano ripetitivamente all'interno delle medesime imprese. Per quanto riguarda gli aspetti negativi per le compagnie partecipanti, il primo è sicuramente dovuto al fatto che esse si possono dover ritrovare a coprire i costi dei propri partners nel caso in cui questi ultimi non siano in grado di adempiere alle loro responsabilità nei confronti dei lavoratori condivisi. Altro svantaggio dello strategic employee sharing è che esso potrebbe causare difficoltà al flusso e all'organizzazione del lavoro, situazione che si verifica quando, ad esempio, un dipendente condiviso non può finire la mansione a lui assegnata. In questo caso il lavoro è sospeso fino al momento in cui chi se ne occupa non ritorna oppure viene terminato dal core staff i cui compiti ordinari, a causa di questo

imprevisto, potrebbero subire una riprogrammazione ritardando l'intera attività. In ultima istanza si propone la problematica relativa alla stanchezza del subordinato condiviso, il quale potrebbe subire questa condizione a causa assegnazioni intensive svolte all'interno di aziende in cui hanno collaborato precedentemente⁴⁸.

Sfida 6: Cambiamento e leadership

Un metodo pratico per la trasformazione da Leader a Leader 4.0

La necessità di uno stile di leadership correlato ad Industria 4.0, denominato in letteratura Leadership 4.0, muove sia dal fatto che la digitalizzazione comporta trasformazioni della produzione, della logistica, della comunicazione e del management delle risorse umane, sia perchè da esso dipende l'intero processo di trasformazione verso questo nuovo paradigma (Kudernatsch & Rotter⁴⁹. Per questi motivi è stato sviluppato un modello chiamato *Leadership 4.0 in a Production Environment* (Helming, Ungermann, Hierath, Stricker & Lanza, 2019⁵⁰) il quale consiste in un programma di training volto alla comprensione delle interdipendenze tra Industry 4.0 e la leadership. Oltre a ciò consente di sviluppare le competenze necessarie che possono essere trasferite alla produzione. I destinatari sono i direttori di produzione (production managers) i quali hanno la responsabilità dei lavoratori all'interno delle officine, ovvero i primi ad avere un contatto diretto con le nuove tecnologie. Altra importante premessa è che questo modello non ha come scopo quello di progettare il cambiamento tecnico in ottica Industry 4.0 bensì quello di adattare lo stile di leadership dei direttori di produzione ai cambiamenti tecnici da questa apportati. L'ultima considerazione da effettuare prima di incominciare riguarda l'ambiente di apprendimento all'interno della quale questo metodo è stato esposto. Esso è rappresentato dalla Learning Factory on Global Production del Karlsruhe Institute of Technology (KIT) (Lanza, Moser, Stoll & Haefner, 2015⁵¹) consistente in una linea di produzione per l'assemblaggio manuale di motori elettronici. Ovviamente non si limita a questa tipologia di produzione ma può essere applicato nei più disparati settori della manifattura.

La formazione incomincia con un'introduzione al concetto di Industria 4.0 e le opportunità rese disponibili dalle sue tecnologie, in modo da assicurare che

tutti i partecipanti abbiano una comprensione comune sull'argomento. Successivamente a questa parte teorica i partecipanti sono divisi in due gruppi i quali, mentre al primo vengono impartite delle basi teoriche sul management dell'officina e su metodi di osservazione, il secondo incomincia a prendere familiarità con l'ambiente produttivo. La ragione principale per cui i partecipanti sono divisi è che, in questo modo, sono in grado di osservare la controparte nei compiti che svolge. Una volta che entrambe le parti sono passate per queste fasi è il momento del primo round. Il primo gruppo, chiamato squadra ombra, osserva il lavoro svolto dal secondo il quale è impegnato nella gestione della linea produttiva nei diversi compiti di cui questa è composta, ad esempio operaio, area manager, plant manager, con i metodi di osservazione precedentemente impartiti. Durante questa fase, chiamata fase attiva, chi è impegnato nel lavoro sulla linea produttiva è supportato dalle tecnologie Industry 4.0 le quali favoriscono un cambiamento nelle relazioni che intercorrono tra managers e dipendenti, essendo che queste potrebbero avvenire sempre di più in modo virtuale. Per fare in modo che si crei maggiore consapevolezza sulla necessità di mutare il comportamento dei leader, all'interno dei differenti round di "gioco" sono previsti diversi scenari con l'obiettivo di portare i partecipanti a ripensare le strutture di leadership. Durante questa fase sono previste riunioni del management in cui ciascuno descrive e condivide la propria esperienza attraverso il metodo SQCDP (Safety, Quality, Cost, Delivery, People). Successivamente i team si invertono, quindi il secondo diventa il gruppo ombra ed il primo entra in azione.

A questo punto la prima fase volta alla sperimentazione della necessità di un cambiamento nello stile di leadership, mossa da Industria 4.0, è terminata. A questa segue un secondo momento, in cui i membri del programma sono suddivisi in tre gruppi, ciascuno concentrandosi, a rotazione, su una delle seguenti categorie: comunicazione, trasparenza e struttura cominciando ad elaborare le potenziali soluzioni per una Leadership 4.0 efficace, in grado quindi di risolvere i problemi riscontrati durante il programma. Questo metodo favorisce sia la condivisione dell'approccio di ognuno alle medesime

problematiche sia lo scambio di opinioni sull'esperienza vissuta. Segue una pausa dopo la quale vengono presentati i risultati.

Tutti questi cambiamenti stanno portando sempre di più al bisogno di sviluppare una cultura di leadership 4.0 all'interno delle organizzazioni. I leaders 4.0 sono chiamati digital leaders, cosa che non dipende dal settore di attività in cui l'impresa opera (non solo chi lavora nel settore high tech è configurabile come digital leader) bensì dalla capacità di ispirare i propri lavoratori ad innovare e rimanere fermi sulle proprie idee.

Le diverse tipologie di Leadership 4.0

I leaders 4.0 non sono tutti uguali, infatti le loro caratteristiche variano in funzione del loro carattere, del settore in cui operano, dall'opinione che possiedono nei confronti dell'innovazione e delle tecnologie, questo soprattutto per quanto riguarda i titolari delle PMI che come vedremo più avanti assumono un carattere conservativo nei confronti dell'innovazione e, più in generale, verso tutto ciò che è nuovo.

Oberer e Erkollar (Oberer & Erkollar, 2018⁵²) hanno ideato la matrice dello stile di Leadership 4.0, la quale consiste di due dimensioni: sull'asse orizzontale è presente innovazione/tecnologia, che dipende dall'educazione, dalle competenze, capacità e motivazioni; sull'asse verticale troviamo invece l'orientamento alle persone, che dipende anch'essa da educazione e capacità ma soprattutto dal desiderio di interazione e comunicazione. Questa matrice dovrebbe aiutare ad identificare lo stile di leadership 4.0 più appropriato basato sull'incrocio dei livelli delle due dimensioni che la caratterizzano.

Figura 10 - Matrice di leadership

Fonte: Oberer, Birgit & Erkollar, Alptekin 2018⁵²



Freshmen Leader (FL) è colui che è interessato alla manifattura tradizionale ed è focalizzato primariamente sui prodotti finiti. Non è orientato né verso il personale dipendente né verso i bisogni minori dei consumatori. Lo stesso vale per le tecnologie emergenti. Per Social Leader (SL) si intende l'abilità di creare un'atmosfera amichevole per i lavoratori senza però alcun riguardo nei confronti dell'innovazione e le tecnologie ad essa correlate. Il Technological Leader (TL) è colui che è abile nell'utilizzo delle nuove tecnologie in modo da incrementare la creazione di valore. Di converso, però, ha un basso orientamento nei confronti dei dipendenti. Il Digital Leader (DL) è colui che orienta la propria attenzione sull'impatto che le tecnologie hanno sulle persone. Ciò però non basta per essere DL, infatti oltre a ciò è necessario un forte orientamento alle persone, tanto che si afferma che il modello organizzativo deve essere allineato con la "natura umana".

Sfida 7: Occupazione

Mentre nel paragrafo precedente ho fatto riferimento ai cambiamenti sopportati dalle risorse umane in un'ottica aziendale, ora il mio scopo è quello di esternare i possibili effetti che questi cambiamenti tecnologici avranno sull'occupazione, concentrandomi quindi su uno spettro più ampio.

Compensazione, sostituzione e polarizzazione

Nello specifico, gli effetti dei cambiamenti tecnologici sul mercato del lavoro possono essere di due tipi: 1) di compensazione, che si verifica con un aumento dell'occupazione in quanto a una prima fase in cui la tecnologia viene utilizzata come sostituto del lavoro segue una fase successiva in cui ne aumenta la produttività. La conseguenza è la diminuzione dei prezzi del prodotto finale da cui deriva un aumento dei consumi, generando stimoli sia alla produzione sia alla domanda di lavoro da parte delle imprese; 2) di sostituzione. Diversamente dalla compensazione questo agisce in un'ottica di competenze, nel senso che i lavori di routine possono essere automatizzati, mentre i lavori non di routine, che quindi richiedono competenze qualificate e capacità di adattamento, necessitano di un alto tasso di capitale umano e sono complementari all'adozione delle tecnologie (Sabadash, 2013⁵³). Con riferimento a questo effetto, in uno studio concentrato sul mercato tedesco viene affermato che la

Quarta Rivoluzione Industriale non comporta né distruzione né creazione di posti di lavoro. Infatti considerando 54 campi occupazionali in 63 settori è stato stimato che entro il 2030 scompariranno circa 490.000 occupazioni ed al contempo 430.000 nuove verranno create (Weber, 2016 ⁵⁴).

Altro fenomeno molto importante causato dal cambiamento tecnologico è quello della polarizzazione fra mansioni di alto e basso profilo, con conseguente distacco tra coloro che percepiscono alti e bassi salari e contraendo il numero di lavoratori con stipendi medi, ciò derivante dalla programmabilità delle ICT, fattore che le rende economicamente convenienti ai fini dell'automazione delle cosiddette attività *information-intensive* ma codificabili, ovvero le attività che rientrano nelle mansioni svolte dalle posizioni di medio livello (Sgobbi, 2017 ⁵⁵).

La suscettibilità dei lavori ai cambiamenti tecnologici

Nel 2013 Frey e Osborne (Frey & Osborne, 2013 ⁵⁶) hanno condotto uno studio in cui la domanda che si sono posti riguarda la suscettibilità dei lavori ai cambiamenti tecnologici. Il metodo seguito è stato dividere le occupazioni in tre gruppi: alto, medio e basso rischio. Le stime che risultano da questo lavoro, concentrato sugli Stati Uniti, è che circa il 47% dell'occupazione totale ricade nel gruppo ad alto rischio, ovvero con elevata probabilità di essere automatizzata (gli uomini verranno completamente sostituiti dalle macchine). Altra scoperta molto importante riguarda i salari: essi, insieme al conseguimento dei titoli di studio hanno una correlazione negativa con la probabilità di computerizzazione. Inoltre i lavori a bassa qualificazione subiranno una traslazione verso quelli che non sono suscettibili all'automazione, compiti che richiedono ad esempio intelligenza sociale e creativa.

Dalle analisi sugli impatti occupazionali presenti all'interno dell'articolo di Giancarlo Corò e Pejcic (Corò & Pejcic Dejan, 2018 ⁵⁷) emergono tre principali tendenze. La prima riguarda il tasso di disoccupazione che non sembra mostrare segnali di peggioramento. Nei paesi più tecnologicamente avanzati la domanda di lavoro non si è ridotta, l'unico fattore che è emerso è la carenza di figure professionali in grado di gestire la complessità dei nuovi processi produttivi guidati dalle tecnologie digitali. La seconda, e forse quella maggiormente intuitiva, è la riduzione dei delle mansioni ripetitive,

maggiormente sostituibili attraverso l'automazione. Crescono, invece, le attività intangibili e di relazione. La terza ed ultima tendenza è quella nota come polarizzazione, la quale crea profonde disuguaglianze nei redditi e nelle condizioni di vita con importanti risvolti economici, sociali e territoriali. Sempre i due autori affermano che i maggiori timori sull'impatto occupazionale delle tecnologie non dovrebbero riguardare la quantità di lavoro bensì le sue trasformazioni. Dalle evidenze fino ad ora raccolte infatti non emergono segnali che sostengono ipotesi pessimistiche sull'occupazione. Per esempio, in Veneto ricerche recenti hanno documentato che le imprese che adottano tecnologie Industry 4.0 sono anche quelle con maggiori tassi di crescita occupazionale. Il motivo è che la scelta delle aziende di innovarsi comporta un miglioramento dell'efficienza aziendale portandola ad essere più competitiva e a crescere nel tempo. Il risultato di questo processo è anche la crescita del personale impiegato. Il rovescio della medaglia invece è l'impatto sull'organizzazione del lavoro, sia attraverso la transizione dall'industria di servizi sia come cambiamento delle mansioni lavorative. Questo ultimo aspetto è sicuramente quello più importante. Le tecnologie digitali di ultima generazione richiedono competenze molto specifiche e con il loro sviluppo è necessario anche un adattamento delle capacità della forza lavoro. Le soluzioni offerte dallo smart manufacturing sono però caratterizzate da un limite: operano in modo efficiente in situazioni prevedibili e conosciute. Nel momento in cui questi sistemi si trovano di fronte a situazioni del tutto nuove, almeno al momento, cercano di individuare elementi conosciuti e ricondurle a schemi già assimilati, portando chiaramente a semplificazioni ed errori. In questo senso l'uomo possiede un vantaggio competitivo in quanto, a differenza delle tecnologie, è abile nell'adeguamento e gestione degli accadimenti inusuali essendo capace di provare empatia, comunicare, saper ragionare fuori dagli schemi e avere la giusta intuizione al momento più opportuno, tutti elementi che sono ancora molto lontani dalla capacità delle macchine nonostante il grandissimo passo avanti rappresentato dal machine learning.

Una simulazione ex.ante sugli effetti occupazionali di ISTAT

Infine ritengo sia importante far riferimento ad uno studio elaborato dall'Istituto Italiano di Statistica (ISTAT)⁵⁸. In particolare consiste in una simulazione ex ante sugli effetti occupazionali dovuti alle misure di incentivazione del Piano Nazionale Industria 4.0. Questi incentivi, infatti, nel breve periodo possono alterare il costo relativo dei fattori della produzione (capitale e lavoro) determinando una ricomposizione del loro utilizzo a favore di uno o dell'altro. L'analisi è stata condotta contrapponendo diverse tipologie di incentivi fiscali legati al piano: da un lato quelli a sostegno degli investimenti, in grado quindi di stimolare un maggior utilizzo del fattore capitale, dall'altro quelli che tendono a favorire la domanda di lavoro, in particolare il taglio del 50% dell'aliquota contributiva a carico delle imprese per i giovani neoassunti e il credito di imposta in R&S. L'obiettivo finale di questa analisi è quello di calcolare sotto quali condizioni i secondi possano compensare gli effetti negativi dei primi.

Procedendo più a fondo all'interno di questo studio, con riferimento all'utilizzo del lavoro si considerano due scenari: il primo ipotizza assenza di incentivi all'assunzione, mentre il secondo introduce il credito di imposta in ricerca e sviluppo e per ciascuno dei due scenari si considerano il dimezzamento dell'aliquota contributiva a carico del datore di lavoro per le assunzioni di personale giovane (con meno di 35 anni di età) e l'azzeramento della stessa aliquota nel caso di assunzioni di personale giovane che abbia svolto all'interno dell'impresa un percorso di formazione finalizzato all'acquisizione di un titolo di studio.

Per quanto riguarda invece il capitale, si prendono in esame due tipologie di investimenti, materiali e immateriali, e due modalità di finanziamento, con capitale proprio o tramite capitale di debito.

In assenza di provvedimenti compensativi dal lato del lavoro tutte le misure esaminate determinano un generalizzato spostamento della domanda da lavoro a capitale. In particolare, la sola eventuale riduzione della aliquota contributiva a carico del datore di lavoro non arriverebbe a compensare tale effetto.

Se invece alle misure di incentivo agli investimenti si associano quelle di sostegno alle assunzioni, l'effetto negativo sull'occupazione delle prime verrebbe mitigato. In corrispondenza di un'aliquota contributiva al 23%, per ogni euro risparmiato nella spesa in capitale fisico grazie all'utilizzo dell'iperammortamento, il ricorso congiunto al credito di imposta in R&S determinerebbe una riduzione del costo del lavoro per l'impresa di 0,68 euro. Altro elemento che influenza i risultati della valutazione effettuata dall'ISTAT sono le modalità di finanziamento delle imprese. Nel caso di autofinanziamento, l'utilizzo del credito di imposta in R&S associato ad un investimento in beni strumentali che beneficia dell'iperammortamento determina un risparmio del costo del lavoro più contenuto (pari a 0,59 euro per ogni euro risparmiato sul capitale quando l'aliquota è pari al 23%; 0,85 euro in presenza di aliquota nulla) rispetto al caso precedente, in cui l'impresa ricorre al capitale di debito. Fino a questo momento l'analisi si è concentrata sul breve periodo. Per quanto riguarda il lungo termine, nei settori caratterizzati da alta intensità tecnologica, molti dei provvedimenti contenuti in Impresa 4.0 si presentano come misure tra loro complementari, ovvero sarà probabile il loro utilizzo congiunto da parte delle imprese. Ne consegue quindi che le misure di incentivazione considerato (e di questo tipo), riducendo il costo di uno dei due fattori produttivi, potrebbero portare a un incremento di domanda anche per l'altro.

Sfida 8: Istruzione

Come abbiamo visto in precedenza la Quarta Rivoluzione Industriale e le innovazioni tecnologiche comporteranno, con molta probabilità, un aumento dell'efficienza del lavoro e della produttività delle imprese. Altro aspetto che è stato incontrato riguarda l'esigenza di nuove competenze professionali da cui deriva il cambiamento delle professioni richieste dalle aziende. In particolare si parla dei cosiddetti knowledge workers esperti di progettazione esecutiva, integrazione dei sistemi, tecnologie informatiche, manutenzione, guida dei gruppi di lavoro, analisi e ricerca, customer care e molto altro. L'ultimo rapporto annuale Excelsior targato Unioncamere e Anpal⁵⁹ ha messo in evidenza che nei prossimi cinque anni il 70% dei nuovi occupati, ovvero 1,8

milioni di lavoratori, dovrà possedere competenze piuttosto elevate e qualificate. Per questo motivo l'istruzione diventa, ora più che mai, uno step fondamentale al fine di formare in modo adeguato le risorse umane protagoniste delle realtà industriali del futuro. In merito a questa tematica, prima di esplicitare la direzione in cui sta andando il nostro paese, vorrei innanzitutto fare l'esempio della Germania, nazione benchmark in Europa per quanto riguarda la manifattura e Industry 4.0.

Una panoramica sul modello duale tedesco

Il modello tedesco presenta caratteristiche che ben si adattano ai mutamenti delle caratteristiche richieste ai lavoratori: innanzitutto presenta una bassa quota della spesa privata per l'istruzione primaria, secondaria e terziaria (quindi le scuole pubbliche rappresentano la maggioranza), da un elevato grado di scolarizzazione e da un forte investimento sulla formazione professionale alla quale contribuiscono finanziariamente ed in modo importante le imprese. Tutti questi elementi portano inevitabilmente a pensare che la Germania si trovi in una posizione di vantaggio nella formazione della propria forza lavoro, in quanto ciascuna delle caratteristiche presentate sopra rappresenta un punto di forza, vediamo in che modo:

- L'elevata quota di istituti pubblici consente una maggiore standardizzazione dei programmi che gli studenti devono sostenere;
- L'elevato grado di scolarizzazione si traduce in una maggiore forza lavoro, almeno potenziale, ad alta specializzazione;
- Il forte investimento sulla formazione professionale costituisce un forte vantaggio competitivo per una nazione il cui settore di attività principale è la manifattura, ora più che mai data la necessità di saper comunicare con i sistemi cyberfisici.

Questa caratteristica unita all'elevata finanziarizzazione da parte delle imprese consente un'elevata integrazione tra l'insegnamento e le esigenze, in tema di risorse umane, da parte delle aziende.

Insieme a questi fattori è importante ricordare il ruolo svolto dal sistema duale di alternanza scuola-lavoro, a cui si iscrivono circa i due terzi di coloro che

hanno terminato la scuola dell'obbligo. Questo percorso prevede di trascorrere una parte della settimana in impresa e una parte in una scuola professionale: la responsabilità per il percorso formativo in azienda è dell'impresa mentre la scuola è responsabile dell'efficacia della parte a carattere teorico⁶⁰.

L'Italia verso il modello duale: l'Alternanza Scuola-Lavoro

Per quanto riguarda l'istruzione la nostra nazione ha compiuto i primi passi verso un modello che assomiglia a quello tedesco. Il Piano nazionale Industria 4.0 2017-2020 promosso dall'ex ministro Carlo Calenda prevede tra le sue cinque direttrici strategiche di intervento quella di sviluppare le competenze e diffondere la cultura I4.0 attraverso la promozione: dell'alternanza Scuola-Lavoro, della scuola digitale e mediante l'attivazione di percorsi universitari e Istituti Tecnici Superiori dedicati.

Rivolgendo l'attenzione sull'Alternanza Scuola-Lavoro essa è il progetto del MIUR che è stato reso obbligatorio dalla riforma della Buona Scuola nel 2015 con la legge 107/2015, anche se esiste già dal 2003. Più in particolare consiste in un periodo di formazione teorica in classe e uno di esperienza pratica presso un'azienda che può essere sia pubblica sia privata. In funzione della tipologia di scuola superiore vengono differenziate le ore che gli studenti sono obbligati a completare: 200 ore per i licei e 400 ore per gli istituti tecnici e professionali. A partire dall'anno scolastico 2019/2020 il completamento delle ore di alternanza Scuola-Lavoro sarà un requisito necessario per l'ammissione alla prova di maturità.

I principali vantaggi che questo sistema offre ai giovani sono, principalmente:

- La partecipazione attiva alla formazione dei giovani costruendo insieme alle scuole percorsi formativi e profili professionali;
- Gli studenti che non sono intenzionati a proseguire gli studi possono instaurare un rapporto con le imprese che può sfociare in una futura assunzione;
- Il luogo di lavoro comincia ad essere percepito come luogo di formazione;
- I giovani possono sperimentare ancor prima di accedere al mondo del lavoro le dinamiche produttive all'interno dell'impresa.

Il giovane che attraverso l'Alternanza Scuola-Lavoro è inevitabilmente inserito per un breve periodo all'interno dell'azienda rischia, in assenza di una serie di attività di progettazione formativa, di essere sotto-utilizzato con un duplice svantaggio: il primo è che lo studente non riceve la formazione di cui disporrebbe in caso contrario, il secondo è che l'impresa investa in questo progetto senza un fine preciso, sia in termini di tempo sia in termini di risorse dedicati al giovane. Per questi motivi occorre innanzitutto che l'impresa effettui un'attenta analisi dei fabbisogni di competenze in modo da inserire lo studente all'interno di un percorso che si adatti al reale fabbisogno di competenze richiesto dalla singola realtà. In secondo luogo questo percorso deve essere sviluppato di concerto con le scuole, che insieme alle società elaborano il piano formativo dell'alunno ⁶¹.

Da ciò che emerge le imprese stanno gradualmente assumendo una posizione centrale nel percorso scolastico, perché se precedentemente rappresentavano il classico passaggio dal periodo degli studi al mondo del lavoro ora, attraverso la corretta adozione dell'Alternanza Scuola-Lavoro, i giovani potranno godere di una transizione meno brusca, con una più alta probabilità di assunzione e soprattutto con un insieme di capacità realmente richieste.

Sul sito web del Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) viene affermato che questo progetto è "Un cambiamento culturale per la costruzione di una via italiana al sistema duale [...]" ⁶² , a sostegno dell'affermazione da me precedentemente effettuata sulla traslazione verso la direzione di un sistema più simile a quello tedesco.

Capitolo 2- Le PMI e Industria 4.0

I parametri di identificazione delle PMI ed il loro contributo all'economia europea ed italiana

Prima di prendere in considerazione le Piccole e Medie imprese in relazione ad Industria 4.0 risulta necessario definire che cosa si intende per PMI. Prenderò quindi in considerazione sia l'aspetto giuridico, ovvero quali sono le condizioni rispettate le quali un'impresa si può definire tale ed il ruolo che esse ricoprono nello scenario europeo, specialmente all'interno del mercato italiano. La parte finale del paragrafo inoltre si concentrerà sulle maggiori differenze rispetto alle multinazionali.

Spesso si sente pronunciare il termine "PMI" senza sapere di che cosa effettivamente si tratta.

Anticipando di qualche riga l'importanza che queste realtà ricoprono, già dal 1 gennaio 2005 è stata introdotta una definizione univoca a livello europeo. In particolare l'Europa definisce le microimprese, le piccole e medie imprese nel seguente modo:

- Le microimprese sono definite come imprese con meno di 10 occupati e che realizzano un fatturato annuo oppure un totale di bilancio non superiore a 2 milioni di euro;
- Le piccole imprese sono definite come imprese con meno di 50 occupati e che realizzano un fatturato annuo oppure un totale di bilancio annuo non superiore a 10 milioni di euro;
- Le medie imprese sono definite come imprese con meno di 250 occupati e che realizzano un fatturato annuo non superiore a 43 milioni di euro⁶³.

In particolare una realtà, per essere considerata una PMI, deve necessariamente soddisfare il numero di effettivi, mentre per quanto riguarda i criteri del fatturato e quello del totale di bilancio non devono essere raggiunti entrambi, si può quindi superare o l'uno o l'altro.

All'interno della tabella sotto riportata sono riassunte le soglie appena esposte.

Tabella 1 - I requisiti delle PMI

Fonte: Elaborazione propria

Categoria di Impresa	Effettivi: unità lavorative-anno	Fatturato annuo	Totale di bilancio annuo
Medie imprese	< 250	≤ 50 milioni di euro	≤ 43 milioni di euro
Piccole imprese	< 50	≤ 10 milioni di euro	≤ 10 milioni di euro
Microimprese	< 10	≤ 2 milioni di euro	≤ 2 milioni di euro

In Europa, all'interno dell'economia non finanziaria, le Piccole e Medie Imprese giocano un ruolo significativo. Nel 2017 in EU-28 le PMI hanno generato 4 miliardi e 156 milioni di valore aggiunto, ovvero il 56,8% del totale, impiegando 94,8 milioni di persone, ovvero due terzi dell'occupazione complessiva. La produttività media, misurata come valore aggiunto per persona impiegata, è stato circa 43.900 euro (sempre nel 2017), mentre la dimensione media è stata di circa 3,9 persone⁶⁴.

Per quanto concerne il mercato italiano il ruolo delle Piccole e Medie imprese è più importante rispetto alla media europea. Rispetto ai dati che ho esposto sopra, sempre con riguardo all'economia non finanziaria, in Italia nel 2017 la percentuale di valore aggiunto generato dalle PMI è stato di 67,1% contro la media europea del 56,8%. La percentuale di occupazione generata da queste realtà è stata del 78,5% contro la media del 66,4%. Il settore italiano più importante è quello manifatturiero⁶⁵.

Da queste statistiche si comprende quando le Piccole e Medie Imprese costituiscano realtà molto importanti, sia all'interno del contesto europeo sia in quello italiano, e dato che la Quarta Rivoluzione Industriale, come visto nei precedenti paragrafi, comporta numerosi cambiamenti ci si aspetta che questi colpiscano sì tutte le imprese, ma risulta fondamentale concentrarsi sulle PMI in quanto protagoniste del tessuto imprenditoriale. Oltre al motivo appena

esposto è importante portare alla luce i possibili problemi che rendono difficoltosa l'implementazione delle tecnologie Industry 4.0 all'interno delle PMI.

Le difficoltà delle PMI rispetto alle Grandi imprese

Rispetto alle grandi imprese multinazionali In letteratura è ormai condiviso il fatto che le Piccole e Medie Imprese sono generalmente meno preparate all'avvento delle nuove tecnologie(Smit, Kreutzer, Moeller & Carlberg, 2016 ⁶⁶). Di converso le grandi imprese hanno opportunità maggiori e quindi tendono ad adottare processi di manifattura avanzata molto più frequentemente rispetto alle aziende di minori dimensioni. Questo, almeno a primo impatto, consente di affermare che le multinazionali abbiano un vantaggio competitivo superiore. Come affermano Kennedy ed Hyland (Kennedy, Highway & Hyland, 2003 ⁶⁷) le PMI possono avvantaggiarsi delle loro capacità operative, per contro, altrettanto sovente, mancano spesso di risorse finanziarie, esperienza e vincoli di capacità, fattori che costituiscono un importante limite alle opportunità di sviluppo. Le grandi imprese invece hanno sia un pool di risorse sia capacità importanti, fattori che consentono di portare avanti progetti di ricerca. I sistemi manifatturieri delle IMN, al contrario delle Piccole e Medie Imprese, sono caratterizzati da maggiore flessibilità, fattore determinante quando si intensifica la concorrenza. Questo è dovuto alla mancanza di conoscenza, bassi livelli di supporto da parte sia del top management che dei fornitori e dalla paura di un incremento dei costi (Mishra & Ruchi, 2016 ⁶⁸). Inoltre le IMN posseggono un vantaggio importante, ovvero il cosiddetto *dual embeddedness*. Ciò vuol dire che le sussidiarie sono inserite sia nella rete dell'impresa madre sia nelle reti locali in cui sono collocate.

Per via di questi fattori è molto semplice concludere che l'implementazione delle tecnologie della Quarta Rivoluzione Industriale risulti più semplice per le grandi imprese rispetto alle PMI, e lo scopo di questo capitolo con riferimento a queste ultime è quello di comprendere come guidarle, quali sono le sfide e le opportunità apportate da Industria 4.0.

La Digital Transformation nelle PMI italiane

La Digitalizzazione è un fenomeno che interessa tutti i settori, dove prodotti tradizionali sono sostituiti con controparti digitali o comunque equipaggiati con componenti digitali.

Come abbiamo visto sopra parlando di questo fenomeno (di cui fa parte Industria 4.0) non ha solo implicazioni sui processi ed i prodotti bensì impatta anche sul business model, sugli aspetti organizzativi e manageriali e l'intera catena di fornitura creando sfide significative per le aziende.

Il processo di trasformazione digitale appare procedere lentamente per le Piccole e Medie Imprese Italiane. I dati diffusi dall'ISTAT a fine 2015⁶⁹ infatti mostrano che il ritardo tecnologico delle PMI riguarda in modo particolare i seguenti aspetti:

- L'adozione di connessioni in banda larga;
- La velocità delle connessioni;
- L'utilizzo della Rete;
- L'utilizzo di siti web e di soluzioni applicative, come CRP ed ERP (Temperini & Pascucci, 2017⁷⁰).

Il motivo di questo ritardo è che le PMI concentrano i loro investimenti principalmente su progetti volti alla digitalizzazione dei processi di base, quali ad esempio la contabilità e la gestione finanziaria, allo scopo di ridurre i costi e migliorarne l'efficienza. In altre parole manca una visione strategica di medio-lungo periodo che concepisca le tecnologie digitali come un fattore su cui fare leva per migliorare la qualità, lanciare nuovi prodotti o innovare il modello di business aziendale. Il contesto di crisi nel quale da diversi anni le Piccole e Medie Imprese devono operare ha inoltre indotto gli imprenditori a compiere soltanto investimenti incrementali volti ad integrare, migliorare o aggiornare gli strumenti già adottati, questo non soltanto per i limiti derivanti dalle risorse finanziarie a disposizione ma anche per la consapevolezza della complessità che i nuovi investimenti richiedono in termini di: revisione dei processi aziendali, dei ruoli e delle responsabilità delle risorse umane. Altro fattore da non dimenticare è che le PMI necessitano di soluzioni e approcci specifici, fondati

sulle loro peculiarità strutturali, culturali e organizzative, raramente considerabili simili a quelli delle aziende di maggiori dimensioni.

Al fine di incrementare la consapevolezza sulla reale necessità da parte delle realtà in questione di effettuare una trasformazione digitale fornisco qualche numero. Con riguardo alle tecnologie internet-based, applicate ai processi di marketing, ormai il 70% circa delle PMI italiane possiede un sito web, o comunque una pagina web di riferimento, ma soltanto il 38% di esse ha inserito nel sito alcune funzionalità più sofisticate contro il 55% della media europea.

Secondo dati forniti dalla Commissione Europea⁷¹ la percentuale di PMI che utilizzano i social media è all'incirca del 40% sia a livello italiano sia europeo, ma se consideriamo invece la presenza su due o più social media la percentuale si riduce, in particolare 14% per l'Italia contro il 17% del resto d'Europa. Divario ancora maggiore lo si riscontra col commercio elettronico. Le Piccole e Medie Imprese italiane che hanno venduto online all'interno del mercato europeo sono appena il 5%, contro l'8% della media europea. Questo per quanto riguarda le Piccole e medie imprese. Se si considerano le Microimprese il gap in termini di digitalizzazione è ancora più ampio; sempre secondo dati forniti dalla Commissione Europea, benchè il 100% di queste aziende possieda una connessione internet, solo il 62% possiede almeno un dominio internet che viene utilizzato prevalentemente per leggere la posta elettronica ed avere un indirizzo e-mail personalizzato, mentre obiettivi di marketing e vendita sono molto meno frequenti (15% per fare comunicazione e pubblicità, 5% per vendere)⁷⁰.

I dati appena esposti fanno riferimento al 2016 ed ovviamente, essendo passati 3 anni dalla loro rilevazione, ci si aspetta che la situazione sia migliorata, aspetto che non prendo in considerazione in quanto non oggetto di questa tesi. Inoltre gli strumenti tecnologici all'interno dell'indagine appena enunciata poco si adattano alla realtà Industria 4.0, lo scopo infatti è quello di far percepire al lettore che strumenti basilari e certamente meno tecnologici rispetto a quelli che stanno rivoluzionando i sistemi imprenditoriali mondiali devono ancora essere implementati da molte, forse troppe aziende oggetto di questo capitolo.

Un approfondimento sulla rilevazione ICT di ISTAT

Procedendo verso la fase finale di questo paragrafo voglio fare un passo avanti. Essendo il database dell'indagine ISTAT relativa all'utilizzo dell'Information and Communication Technology (ICT) del 2016 disponibile al pubblico ho utilizzato il campione per effettuare qualche analisi (seppur di base).

Il questionario ha posto una domanda molto interessante per l'argomento di cui sto parlando:

Indicare se, nel corso dell'anno 2015, l'impresa ha analizzato grandi quantità di dati (big data) derivanti dalle seguenti fonti di dati:

- a. *Grandi quantità di dati (big data) dell'impresa derivanti da dispositivi intelligenti o sensori (ad es comunicazioni da macchina a macchina o M2M, sensori digitali, etichette per l'identificazione a radio frequenza RFID, etc.)*
- b. *Grandi quantità di dati (big data) di geo localizzazione derivanti dall'utilizzo di dispositivi portatili (ad esempio dispositivi portatili che utilizzano le reti di telefonia mobile, connessioni wireless o GPS)*
- c. *Grandi quantità di dati (big data) generati dai social media (ad esempio social network, blog, siti multimediali di condivisione di contenuti, ecc.)*
- d. *Altre fonti di grandi quantità di dati (big data) non specificate sopra*

E per ogni sotto-quesito posto sopra l'impresa poteva rispondere o Sì o No.

A questo punto ho proceduto con la raccolta delle sotto-domande e, dato che ad ogni risposta negativa è stata associata la cifra 0 mentre ad ogni risposta positiva è stata associata la cifra 1 le ho sommate. Dopo aver effettuato questa operazione mi sono ritrovato, all'interno di Excel, con una colonna riassuntiva di valori di intervallo [0;4]. Se il valore è rimasto 0 significa che l'azienda rispondente non ha effettuato alcuna operazione di big data analysis mentre se essa possiede il valore 4 vuol dire che ha risposto in modo positivo a tutti e quattro i sotto-quesiti. I valori tra 0 e 4 (1,2,3) sono quelli intermedi.

Dato che l'interesse non è quello di conoscere nello specifico quale attività l'impresa ha effettuato bensì, molto più semplicemente, se ne ha svolta almeno una, ho ulteriormente proceduto con la sostituzione dei valori numerici con Sì e No, in particolare: 0 = No e 1, 2, 3, 4 = Sì.

Una volta effettuate queste operazioni la mia intenzione era quella di associare le attività di big data analysis alla dimensione dell'impresa in funzione delle soglie stabilite a livello europeo (guarda la tabella sopra riportata). Il problema che mi si è posto riguarda il fatto che, seppur l'indagine prevedesse una domanda dedicata alla conoscenza del numero di dipendenti, questa informazione non è stata inserita all'interno del dataset disponibile al pubblico e non sono riuscito a reperirla in alcun modo. Per questo motivo ho fatto semplicemente riferimento al fatturato, operazione non esente da errori ma che permette, almeno a grandi linee, di distinguere tra microimprese, piccole imprese, medie imprese e grandi imprese. Una volta effettuata questa operazione ho creato una tabella a doppia entrata in cui vengono conteggiate le imprese, suddivise per tipologia, che hanno risposto positivamente ad almeno uno dei sotto-quesiti e quelle che non hanno effettuato alcuna operazione di analisi di big data. Il risultato di questa operazione è il seguente:

Tabella 2 - Imprese suddivise per categoria che hanno (e non) effettuato operazioni di Big Data Analysis

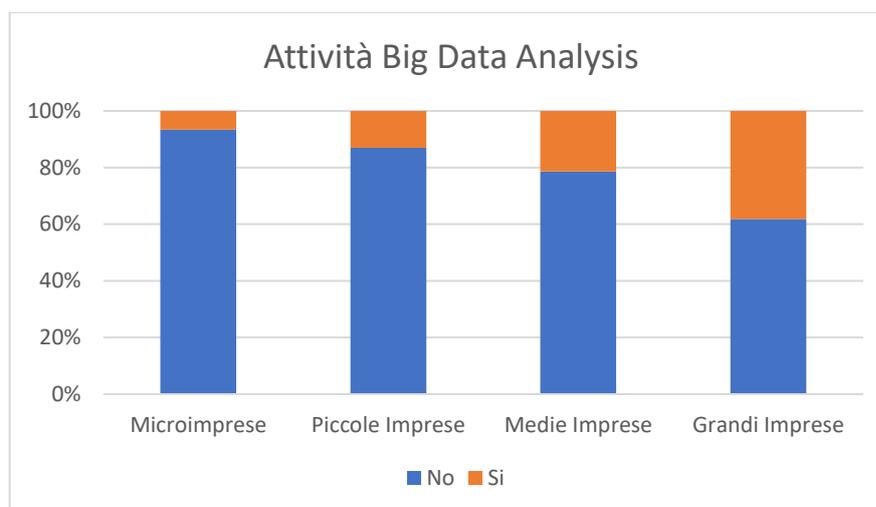
Fonte: Elaborazione propria

	No	Si
Microimprese	7760	547
Piccole Imprese	4828	725
Medie Imprese	3366	913
Grandi Imprese	585	360

Da questa tabella emerge che le Micro, Piccole e Medie Imprese rappresentano la maggioranza del tessuto imprenditoriale italiano. Oltre a questo dato ne emerge uno ancora più interessante ai nostri fini. Si osservi il seguente grafico:

Figura 11 - Attività di Big Data Analysis in funzione del fatturato

Fonte: Elaborazione propria



Da questa illustrazione è possibile notare come al crescere del fatturato, e quindi presumibilmente anche la dimensione dell'impresa, l'attività di Big Data Analysis aumenta. Questa analisi, seppur semplice e breve, costituisce sia un buon punto di partenza per la ricerca di questa tesi sia una spinta alla ricerca in letteratura delle motivazioni per cui le PMI hanno un così basso tasso di adozione di tecnologie Industria 4.0.

La Big Data Analysis è sì una delle 9 tecnologie abilitanti individuate dal nostro Ministero dello Sviluppo Economico, ma costituisce comunque la base per il funzionamento di un sistema Industry 4.0. Ricordo che i dati sono la parte fondamentale, e senza un sistema che sia in grado di analizzarli il resto diventa pressochè inutile. Per questa ragione mi sento di affermare che, all'utilizzo di piattaforme di Big Data Analysis corrispondono anche investimenti in altre tecnologie abilitanti.

La domanda che infine mi sono posto, ed a cui ho cercato di rispondere attraverso la letteratura esistente è: per quale motivo tra le imprese di minori dimensioni, che siano microimprese o PMI, e le aziende più grande esiste un gap così consistente? Quali sono i requisiti che le prime dovrebbero rispettare per implementare in maniera corretta queste tecnologie? Il prossimo paragrafo sarà proprio dedicato alla risposta di queste domande.

I requisiti per un'implementazione efficace della Smart Manufacturing nelle PMI

Grazie ad uno studio condotto da *Rauch, Dallasega e Unterhofer* (Rauch, Dallasega & Unterhofer, 2019⁷²) consistente di quattro workshops tenuti in Europa (Italia ed Austria), Stati Uniti (Massachusetts) ed Asia (Tailandia) sono stati investigati i requisiti che le Piccole e Medie Imprese devono rispettare per riuscire in una corretta implementazione di Industria 4.0. Questi laboratori, nonostante siano stati condotti in paesi differenti, avevano una struttura standardizzata, quindi iniziavano con un'introduzione ed una panoramica generale sulla Smart Manufacturing ed i suoi concetti fondamentali per poi presentare alcune applicazioni pratiche nell'ambito specifico delle PMI. Successivamente ad ogni partecipante è stato chiesto di esternare le proprie necessità e requisiti per introdurre i concetti generali appena espressi e condividere le proprie esperienze con gli altri partecipanti. Successivamente questi workshops prevedevano un momento in cui ciascuno esprimeva le barriere e limitazioni, rispetto ovviamente all'impresa che rappresentavano, all'implementazione di Industria 4.0.

Per quanto riguarda il tema di questo paragrafo, nello studio appena menzionato sono stati raccolti 163 elementi che sono stati poi raggruppati in 65 requisiti (si osservi la *Figura 10*), ulteriormente suddivisi in 27 clusters.

Dai requisiti osservabili in *Figura 10* sono cinque quelli che hanno suscitato maggiore interesse da parte delle PMI che hanno partecipato al workshop:

1. Agilità nella manifattura e customizzazione di massa: I sistemi manifatturieri devono essere velocemente adattabili, variabili e riconfigurabili in funzione dei cambiamenti che avvengono nel breve termine, sia per quanto riguarda i volumi produttivi sia per ciò che concerne i prodotti.

Figura 12 - Requisiti PMI per l'implementazione di Industria 4.0

Fonte: Rauch, Dallasega, Unterhofer, 2019⁷²

Cluster	No	Requirements for the design of smart manufacturing systems in SMEs
AGILITY	1	Build or improve production lines and work stations to be more compact
	2	Ensure flexible, scalable, customizable production systems
	3	Reduce set up time for new configurations
	4	Produce a wide variety of products and at wide range of volumes without significant re-configuration costs, and time
	5	Adapt and adjust processes autonomously
	6	Enable easy to use and change systems of new manufacturing technologies
	7	Take advantage of rapid prototyping technologies to make product development easier, and reduce requirements for stock
AUTOMATION	8	Mitigate repetitive tasks with quick payback time
	9	Customize packaging on demand
	10	Reduce labor and cost of all production and logistics processes
	11	Implement self-maintaining processes
CONNECTIVITY	12	Ensure the ability to easily and efficiently communicate on a sufficiently real time basis with internal and external customers
	13	Standardize and simplify security and interoperability of information and communication technologies
	14	Create standardized easy to use systems for connectivity, communication, and transparency
	15	Enable internal and external information connectivity to enable better forecasting, inventory management, current demand measuring, internal material requirements, etc.
CULTURE	16	Understand the culture of customers to interpret preferences for cost and quality
DESIGN FOR MANUFACTURING	17	Enable the use of advanced manufacturing technologies in the design phase
DIGITIZATION	18	Implement automation and digitization of internal workflows and report generation
	19	Reduce cost of physical prototyping
	20	Implement clear data gathering, management, analysis, and visualization to both internal and external customers
	21	Collect real-time data of machines, warehouses and facilities to keep production under control
	22	Enable data flow has to be consistent through the whole product life cycle and in the whole supply chain
	23	Enable fast measurement on-site and immediate delivery of data to production facility
	24	Provide and visualize information everywhere and every time to reduce waiting times and unnecessary delays
EASE OF USE	25	Simplify maintenance of newly adopted manufacturing technologies
	26	Lower informational barrier, complexity of entry to new manufacturing technologies
	27	Enable user-friendly robot programming for "normal" workers
IMPLEMENTATION	28	Manage legal and bureaucratic hurdles for introducing I4.0 technologies
	29	Measure the impact of I4.0 on the company's sustainable success
	30	Provide an overview of existing I4.0 instruments and their suitability for SMEs or industry sectors
INSPECTION	31	Gain access to knowledge needed to implement I4.0
	32	Identify a defect as early as possible with little to no worker intervention needed
	33	Mitigate the human element in otherwise tedious or low information content tasks, such as delicate maintenance, equipment calibration, etc.
	34	Identify defects through in line inspection of process and material to avoid non-quality at the customer side
LEAN	35	Reduce non-value adding activities in production and logistics
	36	Produce on demand and deliver just in time
	37	Move product individualization as late as possible in the value chain
MACHINE LEARNING	38	Automatically identify and adjust parameter deviations in the manufacturing process influenced by environmental variance
	39	Implement fast and automated design-based generation of tool path, part processing plan and quotation
MASS CUSTOMIZATION	40	Gain the ability to produce small lot sizes (lot size 1) without losing efficiency
NETWORK	41	Ensure that SME has a culture which includes the needs of the customer and workers through discourse and communication to enable full and productive integration of SME 4.0
	42	Communicate and/or share capacity, materials, infrastructure, and information with internal and external customers, and suppliers
PEOPLE	43	Enable ergonomic support for physically difficult tasks
	44	Manage internal knowledge and staff development for Industry 4.0
PRODUCTION PLANNING AND CONTROL	45	Enable a decentralized and highly reactive production planning and control
PREVENTIVE AND PREDICTIVE MAINTENANCE	46	Forecast demand changes quickly and interact with systems for planning, control, and logistics
	47	Ensure maintenance costs are minimized while maximizing value added time of machines
	48	Proactively maintain to ensure availability and decrease down time of machines.
REAL TIME STATUS	49	Predict data-based probability of machine stops or machine down time
	50	Digitize feedback system, and infrastructure, which monitors status of production, storage, shipping, risk, and crisis management
REMOTE CONTROL	51	Gather real-time status and visualize this data for operators and management
	52	Enable location independent control of maintenance, facilities and products
RESOURCE MANAGEMENT	53	Monitor (data driven) material and process capability for all relevant resources
	54	Ensure machines are capable for prospective jobs, and are able to be repurposed for a variety of other jobs
	55	Reduce time investment for I4.0 implementation and throughout life cycle
SAFETY	56	Provide workers with ergonomic workplace
	57	Provide safe working environment
SUSTAINABILITY	58	Reduce energy consumption and environmental cost
	59	Measure and optimize energy, material, and time usage on processes
TRACKING AND TRACING	60	Track products easily from origin through the value chain
TRANSPORT	61	Trace and locate products digitally along the supply chain
UPGRADE	62	Transport material inside the plant easily and without the need of a worker
VIRTUAL REALITY	63	Reuse and upgrade of existing manufacturing equipment
	64	Allow user friendly 'smart' representation of systems for production, maintenance, design, and service
	65	Digitize product development, improvement, management and security to ensure product is more profitable for SME and customer through product life

2. Dati in tempo reale, digitalizzazione e connettività: le PMI dovrebbero concentrarsi sull'integrazione verticale dei dati, dalle vendite nei sistemi ERP in modo da pianificare correttamente la produzione ai dati sulle macchine interne all'officina.

3. Advanced Manufacturing Technologies ed Automazione: con l'emergere delle nuove tecnologie sul mercato come le macchine per la fresatura e tornitura ad alta velocità e precisione, così come i robot collaborativi, le PMI sono potenzialmente in grado di compiere passi avanti nell'automazione sebbene producano generalmente in piccoli lotti.
4. Facilità di utilizzo e bassi investimenti: introducendo all'interno delle PMI le nuove tecnologie, queste ultime dovrebbero essere disponibili ad un prezzo accessibile ed il loro utilizzo di facile apprendimento.
5. Machine Learning diventerà un tema molto importante nei prossimi anni, propedeutico allo sviluppo di approcci nuovi e più intelligenti. Smart Data Analytic inoltre può essere utilizzato sia per ottimizzare la pianificazione della produzione e le strategie di controllo sia realizzare la cosiddetta manutenzione predittiva all'interno delle officine. Il problema è che le PMI non sono ancora consapevoli e tantomeno pronte per questi concetti.

Come vedremo nel paragrafo che segue, contrariamente alle imprese di grandi dimensioni, le PMI possiedono delle caratteristiche comuni che non consentono una facile transizione verso il nuovo paradigma rappresentato da Industria 4.0

Le caratteristiche delle PMI che comportano scarsa utilizzazione della Big Data Analysis

Come da me affermato nella conclusione del paragrafo precedente, la Big Data Analysis costituisce la base per il funzionamento di un sistema Industria 4.0, quindi in assenza di questa tecnologia non è possibile che le altre tecnologie funzionino nel modo corretto. Il motivo per cui mi sono spinto ad affermare ciò è che è proprio la Big Data Analysis che consente di organizzare, strutturare e raggruppare la grandissima mole di dati caratterizzati da complessità, variabilità e volume, prodotti dalla fabbrica attraverso i sensori. In altre parole è proprio grazie a questa tecnologia che è possibile generare vere e proprie informazioni fruibili. Per questo motivo mi sono soffermato sulle ragioni che

non consentono alle Piccole e Medie Imprese di adottare questa nuova metodologia di trattamento del dato.

I fattori che condizionano la sotto-utilizzazione della Big Data Analytics da parte delle PMI sono molteplici, tra i quali, i più rilevanti, sono i seguenti (Coleman, Goeb, Manco, Pievatolo, Tort-Martorell, Reis, 2016⁷³).

Innanzitutto sussiste una mancanza di comprensione da parte dei rappresentanti delle Piccole e Medie Imprese, mentre tra quelle di dimensioni maggiori questa è stata raggiunta da gran parte dei soggetti. Ad andare a braccetto con questa incomprensione vi è anche l'incertezza sui dati prodotti all'interno dell'azienda. Più nello specifico la maggior parte delle PMI non è certa sul fatto che i propri dati presentino almeno una delle caratteristiche proprie dei big data e che quindi possano usufruire di questo sistema con i benefici di chi invece afferma di averlo adottato.

Operare in campi specifici è una caratteristica riconosciuta storicamente come un punto di forza, ma non in questo caso. Il fatto che lo staff sia specializzato e che le funzioni di general management siano insufficientemente coperte (i titolari delle PMI sono spesso coinvolti in prima persona nell'attività di produzione) si traduce in una ridotta consapevolezza sulle nuove opportunità all'orizzonte, tra le quali vi è sicuramente Industria 4.0.

Ulteriore problematica risiede nelle barriere culturali e la tendenza ad un conservatorismo intrinseco e spesso ingiustificato. Questo specifico modo di essere porta ad uno scarso interesse nei confronti dei nuovi modi di fare management che a sua volta si traduce alla considerazione di attività legate ad Industria 4.0 come semplice moda del momento senza riuscire a scorgere le opportunità che risiedono all'interno delle stesse.

Da non sottovalutare è anche la questione infrastrutturale. Sono poche infatti le organizzazioni che diventano vere e proprie "industrie del dato". Ciò si traduce, una volta presa la decisione di impegnarsi nei confronti di un progetto di big data, nel possesso del formato di dato sbagliato o addirittura nella sua completa inaccessibilità, rendendo l'attività del data specialist più complessa di quello che dovrebbe essere.

Utilizzando il termine “data specialist” emerge però un altro problema: le PMI mancano al loro interno di esperti di analisi dei dati. I fattori che ostacolano la presenza di queste figure sono molteplici:

- Innanzitutto i costi elevati e connessi all’incertezza sui ritorni futuri portati dalla Big Data Analysis;
- La mancanza di management esperto nel progettare, stabilire e monitorare un’unità di analisi;
- La mancanza di personale qualificato.

Se i problemi nella mancanza di personale qualificato sono presenti all’interno dei confini aziendali, i dati sul mercato del lavoro non sono incoraggianti. Basti pensare che è stata stimata nel 2018, sul mercato statunitense, la mancanza dalle 140.000 alle 190.000 persone con competenze analitiche e 1.5 milioni di managers ed analisti con le capacità di comprendere e prendere decisioni basate sulla analisi dei big data.

La mancanza di casi studio che espongano le storie di successo è un fattore importante che contribuisce a spiegare la sotto-utilizzazione di tecnologie connesse ad Industria 4.0, specialmente se consideriamo che molto spesso le PMI non sono early adopters ma tendono ad osservare ed a muoversi in funzione dei pionieri che si sono “mossi” prima di loro.

Mentre le Piccole e Medie Imprese si affidano a consulenti primariamente per ciò che concerne il livello operativo e quindi questioni che possono riguardare la contabilità o problematiche hardware e software, dovrebbero ulteriormente affidarsi ad aziende di consulenza e di analisi del business. Il problema è che da parte delle PMI si rileva una scarsa considerazione nei confronti di queste attività, mentre dall’altra parte i servizi appena menzionati sono erogati da società di consulenza che le cui pratiche di business non sono in linea con le capacità finanziarie delle PMI.

Ad aggiungersi alle molte motivazioni che rendono la big data analysis poco utilizzata dalle Piccole e Medie Imprese vi è la scarsa trasparenza del mercato dei software. Dato che ormai la presenza di software di analisi dei dati pervade il mercato, gli utilizzatori che non possiedono esperienza nel campo risulta difficile scegliere quale sia la soluzione più conveniente come rapporto

qualità/prezzo, oltre al fatto che in questo settore le pressioni da parte dei venditori di software sono molto influenti, rendendo complicata la selezione basata su un punto di vista oggettivo. Altro scoglio da superare, sempre per ciò che riguarda i software è la mancanza di intuitività nel loro utilizzo. Il mercato oggi si divide sostanzialmente in due parti opposte: o la presenza di soluzioni potenzialmente utili ma altamente complesse che richiedono le competenze di un data scientist o soluzioni con interfacce semplici ma poco efficaci.

Gli ostacoli all'adozione che verranno qui discussi sono forse quelli maggiormente rilevati, ovvero: la preoccupazione sulla sicurezza dei dati, le preoccupazioni sulla protezione dei dati e la privacy, e le barriere finanziarie. Per quanto riguarda la preoccupazione sulla sicurezza dei dati, essa costituisce un ostacolo chiave nel percorso verso la Big Data Analysis per le PMI. Attraverso un'indagine internazionale effettuata tra 82 aziende, circa il 50% di esse ha identificato la protezione e la sicurezza del dato come una barriera verso l'analisi dei big data. Il motivo per cui per le Piccole e Medie Imprese questo costituisce un ostacolo in misura maggiore rispetto alle controparti più grandi è il fatto che spesso vengono utilizzati sistemi di management dei database ormai vetusti e senza alcun supporto dall'azienda che li ha prodotti. Il vero motivo per cui questa rappresenta una problematica davvero importante, in Industria 4.0 più che mai, è che i dati non rimangono racchiusi all'interno di server aziendali bensì essi vengono trasmessi all'interno di canali che possiedono più utenti e più proprietari, in modo particolare nelle supply chains. In più, nel caso specifico delle PMI non essere in grado di creare un ambiente interno in grado di analizzare questi dati costringe queste realtà ad effettuare attività di outsourcing, ovvero affidarsi a fornitori esterni che offrono questi servizi, con la conseguenza di perdere ulteriormente il controllo sui dati. Per quanto riguarda il secondo ostacolo, l'elaborazione dei dati dei clienti e la loro analisi deve sottostare a vincoli legali molto specifici e rigorosi. Già dal 2012 la Commissione Europea ha avviato una riforma sulla protezione del dato con la cosiddetta GDPR o General Data Protection Regulation. Essa consiste in un regolamento dell'Unione Europea in materia del trattamento dei dati personali e di privacy, adottato il 27 aprile 2016, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale

Europea il 4 maggio 2018 ed entrata ufficialmente in vigore il 25 maggio 2018. Lo scopo della GDPR è quello di proteggere tutti i cittadini europei da violazioni dei dati nel mondo di oggi così data-driven. Il problema della legge europea in questo senso è che risulta poco accessibile per le persone che non hanno dimestichezza con il sistema giudiziario. Per quanto riguarda le barriere finanziarie, numerosi studi le hanno identificate come uno degli ostacoli principali per la crescita delle Piccole e Medie Imprese. Le PMI hanno accesso limitato allo strumento del debito rispetto alle grandi aziende, in particolare a causa delle asimmetrie informative che intercorrono con le istituzioni finanziarie. È chiaro che questo comporta una maggiore cautela da parte delle realtà industriali in oggetto in merito ai nuovi investimenti che non concernono direttamente il business.

Con lo scopo di riassumere le sfide che le Piccole e Medie Imprese devono affrontare per una corretta implementazione della Big Data Analysis, e quindi altre tecnologie Industria 4.0, ho elaborato la seguente tabella.

Tabella 3 - Le sfide per le PMI

Fonte: Elaborazione propria

Sfida	
Mancanza di comprensione	Poca comprensione del concetto di Big Data Analysis da parte dei rappresentanti delle PMI
Dominanza di specialisti in campi specifici	Ridotta consapevolezza sulle nuove opportunità a causa di mansioni troppo specifiche anche da parte degli imprenditori stessi
Barriere culturali e conservatorismo	Disinteresse generalizzato nei confronti dei cambiamenti
Mancanza di analisti esperti in-house	Le PMI spesso non hanno analisti esperti al proprio interno
Colli di bottiglia all'interno del mercato del lavoro	Irreperibilità generalizzata di analisti esperti sul mercato del lavoro

Mancanza di business cases	Mancanza di storie di successo che frenano le PMI dall'introduzione delle nuove tecnologie
Mancanza di servizi di consulenza ed analisi utili	Maggiore concentrazione sugli aspetti operativi come contabilità, hardware e software
Mercato dei software poco trasparente	Mercato dei software troppo soggetto a pressioni da parte dei rivenditori
Mancanza di software intuitivi	Benchè operino nel modo corretto, i software sono poco user friendly
Sicurezza dei dati	Le PMI utilizzano sistemi di management dei database vetusti e senza alcun supporto della casa madre
Protezione dei dati e privacy	Legge europea in questo senso è che risulta poco accessibile per le persone che non hanno dimestichezza con il sistema giudiziario
Barriere finanziarie	Le PMI hanno accesso limitato allo strumento del debito rispetto alle grandi aziende, in particolare a causa delle asimmetrie informative che intercorrono con le istituzioni finanziarie

Capitolo 3- Verso la ricerca:
l'Industria Metalmeccanica ed il
settore delle Macchine Utensili

I dati sull'industria metalmeccanica

Dato che la ricerca oggetto di questa tesi si concentra sul settore metalmeccanico, in particolare sull'industria delle macchine utensili, ritengo sia importante introdurre qualche dato che concerne questo campo di attività.

Innanzitutto l'industria metalmeccanica riveste in tutti i Paesi un ruolo particolarmente rilevante sia dal punto di vista quantitativo, in termini di occupazione, valore aggiunto e scambi internazionali, sia per il ruolo strategico che assolve. Dal punto di vista quantitativo, il 100% delle categorie di prodotto che l'Istituto Nazionale di Statistica classifica tra i beni strumentali d'investimento appartiene al metalmeccanico e circa l'82% della produzione definita ad alta e medio/alta tecnologia è di origine metalmeccanica. Circa l'80% delle sue produzioni, classificate sulla base delle spese sostenute in ricerca e sviluppo, sono definite ad alta e medio/alta tecnologia.

Nel nostro paese il settore occupa circa 1.600.000 addetti risultando così il secondo in Europa la Germania. Produce ricchezza per circa 100 miliardi di euro ed esporta beni per 200 miliardi che rappresentano quasi la metà del fatturato settoriale⁷⁴.

Federmeccanica, con la 150^a indagine congiunturale⁷⁵ (consuntivi del primo trimestre 2019 e le previsioni sul secondo trimestre), per quanto riguarda la produzione ha rilevato che nella prima parte dell'anno in corso, sia nel loro complesso sia per componente estera della domanda, indicano solo un contenuto miglioramento rispetto a quelli di fine 2018 ma peggiora e diventa negativo il giudizio che le imprese esprimono sui livelli di produzione realizzati. Nel primo trimestre la produzione è risultata in crescita nel 29% delle imprese intervistate, è rimasta invariata nel 49% e in diminuzione nel restante 22%. Il saldo pari a +7%, in linea con il +5% del precedente trimestre, risulta in forte peggioramento rispetto al +15% rilevato nell'analogo periodo del 2018. Per quanto riguarda la produzione per l'estero, a fronte del 55% che ha mantenuto stabili i volumi esportati è stata pari al 26% la percentuale di imprese che ha registrato incrementi e al 19% chi ha invece accusato contrazioni. Anche in questo caso il saldo, pari al +7%, si colloca leggermente sopra il +4% del

precedente trimestre ma in forte flessione rispetto al +20% dell'analogo periodo dell'anno precedente.

Per quanto riguarda le prospettive produttive e occupazionali, per il secondo trimestre del 2019 le imprese intervistate non prevedono significative modifiche della congiuntura settoriale, mentre si dovrebbe confermare moderatamente positiva la dinamica occupazionale a 6 mesi seppure in peggioramento rispetto alle indicazioni emerse dalle rilevazioni più recenti. Per quanto riguarda la produzione totale, a fronte del 58% di imprese che pensa di mantenere inalterati i propri livelli produttivi il 23% prevede di incrementarli contro il 19% che, al contrario, pensa di doverli diminuire. Relativamente alla produzione da indirizzare ai mercati esteri, il 61% di imprese non prevede variazione, il 21% pensa di aumentarla a fronte di un 18% che esprime variazioni di segno opposto.

Le caratteristiche dell'Industria italiana della macchina utensile

Le caratteristiche strutturali dell'industria italiana costruttrice di macchine utensili, robot e automazione sono le medesime che si riscontrano nel sistema produttivo nazionale: imprese di ridotta dimensione, forte propensione all'export, elevata qualità dell'offerta. Secondo l'indagine condotta da UCIMU-SISTEMI PER PRODURRE⁷⁶, nel 2017, il 50% delle imprese costruttrici di macchine utensili ha fatturato meno di 12,5 milioni di euro, il 64,5% ha occupato meno di 100 addetti. Sono state, però, le imprese più strutturate a fornire il maggior apporto a produzione e esportazioni: quelle con più di 100 dipendenti, che hanno rappresentato soltanto il 35,5% delle unità operanti in Italia, hanno prodotto l'80,4% e esportato l'82,5% del totale. Analogamente, le imprese che hanno fatturato più di 25 milioni, pari al 30% del numero complessivo, hanno realizzato il 76,5% della produzione e coperto il 78,4% delle esportazioni italiane di macchine utensili. Per quanto riguarda la distribuzione geografica la maggior parte delle unità produttive del settore si trova in Lombardia (41,4%), Triveneto (21,8%), Emilia Romagna (18,4%) e Piemonte (12,6%).

Per quanto riguarda la robotica, invece, la ripartizione tra imprese di grandi dimensioni e piccole/medie dimostra come il comparto della robotica sia sempre più costituito da grandi aziende che rappresentano il 91,7% del totale. Il Piemonte e la Lombardia, inoltre, sono le regioni a più alta intensità di aziende operanti nel mercato della robotica, rispettivamente con il 41,7% e il 33,3% delle imprese. Il Piemonte inoltre è il primo per fatturato e addetti (74,8% e 77,1%).

L'Indagine condotta da Federmeccanica⁷⁷

Come già anticipato all'interno dell'introduzione, la ricerca che sarà oggetto di questa tesi e che seguirà nel prossimo capitolo è stata ispirata dall'Indagine condotta nel 2016 da Federmeccanica. In particolare essa ha attuato un'indagine presso le imprese associate con l'obiettivo di conoscere lo stato di avanzamento delle imprese metalmeccaniche italiane con riferimento al nuovo fenomeno Industria 4.0 e le attese delle imprese circa le prospettive di breve-medio periodo. L'analisi considera 11 tecnologie innovative che sono state individuate dalla task force come abilitanti e qualificanti rispetto all'ampio tema della digitalizzazione della manifattura e raccoglie informazioni dettagliate per ciascuna di esse.

Tralasciando gli aspetti anagrafici dello studio, il 64% delle imprese del campione dichiara di avere adottato almeno una delle 11 tecnologie considerate. Le percentuali di aziende che adottano almeno una delle tecnologie proposte è crescente con la dimensione: 42% tra le micro-imprese, 54% tra le piccole, 70% tra le medie e 87% tra le grandi.

Un primo elemento considerato per misurare il livello di digitalizzazione delle imprese è l'investimento in ICT: il valore mediano di tale investimento nell'intero campione è 200.000 € ed è 300.000 € tra gli adopters e 30.000 € tra i non-adopters. Un secondo elemento che è stato utilizzato per valutare il livello di digitalizzazione delle imprese è il giudizio che le aziende stesse danno. Il 28% del campione giudica alto il livello di digitalizzazione della propria azienda mentre il 62% e il 9% rispettivamente, lo giudica medio e basso. Anche in questo caso, in media, gli adopters hanno un livello di digitalizzazione più elevato dei

non-adopters. Si rileva anche una certa correlazione tra il grado di digitalizzazione dichiarato ed il numero di tecnologie adottate: 3,4 per coloro che dichiarano un livello basso, e rispettivamente 4,8 e 5,7 per valori medi e alti.

È interessante notare come tra chi ha implementato almeno una delle tecnologie, le microimprese, in media, ne adottano in misura maggiore (5,5) rispetto alle piccole imprese (3,7), alle medie (4,9) e hanno un livello di adozione solo leggermente inferiore rispetto alle grandi imprese (5,5).

Gli adopters, rispetto alle loro controparti, considerano più importanti i seguenti fattori competitivi proposti: la qualità del prodotto, l'innovatività del prodotto, la capacità di gestire la produzione in lotti singoli, la personalizzazione del prodotto e del servizio e la capacità di erogare servizi correlati ai prodotti. Al contrario i non-adopters giudicano il prezzo del prodotto più importante rispetto agli adopters.

Altro elemento, tanto interessante quanto prevedibile, è che tra gli utilizzatori si registra una maggiore intenzione di partecipare a progetti di finanziamento pubblici per R&S e hanno più rapporti di collaborazione con università ed enti di ricerca. Per quanto riguarda invece la formazione gli utilizzatori vi investono in media un ammontare pari a 296 ore/anno.

Le tecnologie sulle quali si concentrano maggiormente le intenzioni di investimento a breve termine sono la sicurezza informatica, la simulazione, il cloud computing e la robotica. Tra i non-adopters le intenzioni di investimento a breve termine si concentrano sulla sicurezza informatica, la robotica e la simulazione, mentre nel medio periodo le percentuali di chi ha intenzione di investire sulle tecnologie appena menzionate aumentano. Considerando chi invece al momento dell'indagine utilizza le tecnologie abilitanti le priorità rimangono sostanzialmente le medesime anche se le intenzioni di investimento dichiarate, sia a breve sia a medio termine sono notevolmente rafforzate. Dato preoccupante invece riguarda il fatto che oltre il 50% del totale delle imprese dichiara di non avere intenzione di effettuare alcun investimento nelle tecnologie proposte, con l'eccezione della sicurezza informatica.

Infine, i principali benefici che le imprese dichiarano di aver tratto dall'adozione delle diverse tecnologie proposte sono:

1. I guadagni di produttività che costituiscono il maggior beneficio ottenuto dall'adozione di meccatronica, robotica, robotica collaborativa e sicurezza informatica;
2. La possibilità di offrire nuovi servizi ai clienti costituisce il maggior beneficio tratto dall'adozione di: IoT, Big Data, Cloud Computing, sistemi di simulazione e nanotecnologie;
3. La riduzione del time to market costituisce il maggior beneficio tratto dall'adozione della stampa 3D;
4. La personalizzazione del prodotto e del servizio costituisce il maggior beneficio tratto dall'adozione di materiali intelligenti. A giudizio del gruppo di lavoro questa risposta rivela probabilmente un fraintendimento circa la natura dei materiali intelligenti.

Capitolo 4- La ricerca

Prima di addentrarmi nella spiegazione della mia ricerca risulta doveroso esternare il percorso che mi ha portato alla sua elaborazione, ovvero da dove è nata l'idea, gli attori con cui mi sono interfacciato e le difficoltà incontrate.

Come affermato all'interno dell'introduzione di questo volume, l'idea da cui è nato il desiderio di condurre una ricerca di questo tipo parte dalla lettura dell'indagine promossa da Federmeccanica intitolata *Costruiamo insieme il futuro*, volta a rilevare il grado di conoscenza e il livello di adozione delle tecnologie abilitanti, nonché la presenza in azienda di competenze qualificanti e lo stato delle aspettative rispetto alla Quarta Rivoluzione Industriale. In particolare la mia intenzione era quella di richiedere il database con le risposte degli associati di Federmeccanica e condurre le analisi su quest'ultimo, cosa che non è stata possibile in quanto, nonostante fossi riuscito a entrare in contatto con il personale dell'associazione, mi è stato negato l'accesso ai dati per questioni di privacy. Malgrado ciò, l'interazione con Federmeccanica si è rivelata proficua in quanto sono riuscito ad ottenere il questionario da loro formulato.

A questo punto, volendo comunque effettuare un'indagine sul settore metalmeccanico italiano ho deciso di rivolgermi al Centro Studi di UCIMU – SISTEMI PER PRODURRE, attore che ha svolto un ruolo fondamentale per lo svolgimento della ricerca e grazie al quale ho potuto svolgere un lavoro più mirato verso quello che era il mio obiettivo, ovvero indagare il fenomeno Industria 4.0 all'interno del settore in cui andrò a lavorare in futuro. L'associazione mi ha sostenuto durante tutte le fasi, a partire dalla formulazione delle domande da inserire all'interno dell'indagine fino ai quesiti oggetto dell'intervista a cui sono state sottoposte tre aziende del settore della Macchina Utensile. Altro importante contributo da parte del Centro Studi di UCIMU – SISTEMI PER PRODURRE è stata la messa a disposizione del loro elenco associati consistente di 226 imprese. In questo modo gli obiettivi di focalizzazione sul settore della Macchina Utensile, Robotica, Automazione e prodotti ausiliari insieme alla focalizzazione su un campione significativo di imprese tecnologicamente avanzate sono stati raggiunti.

Contemporaneamente è stato molto importante l'affiancamento da parte della Professoressa Monica Cugno, i cui suggerimenti su come strutturare l'indagine, la messa a disposizione della piattaforma di elaborazione dei questionari dell'Università degli Studi di Torino nonché la revisione delle domande oggetto dell'intervista sono stati fondamentali per la buona riuscita della ricerca.

La messa a disposizione delle risorse sia da parte dell'Università sia da parte di UCIMU – SISTEMI PER PRODURRE non hanno solo contribuito a fare in modo che l'indagine fosse strutturata nel migliore dei modi, infatti un altro importante fattore è stata la credibilità assunta nei confronti delle imprese, in quanto sono stato autorizzato ad inserire all'interno della pagina iniziale del questionario sia il logo dell'associazione sia quelli dell'Università degli Studi di Torino e dei dipartimenti di Management ed ESOMAS, oltre ad aver ricevuto una lettera di presentazione da parte della direttrice del centro studi.

Lo scopo e la struttura dell'indagine

Il tema di Industria 4.0 viene ormai trattato quotidianamente, al punto che è difficile distinguere tra le reali applicazioni e le semplici dichiarazioni prive di concretezza. Insieme a ciò, come ho scritto precedentemente, cominciano ad emergere dalle ricerche le differenze tra Piccole e Medie Imprese e le Grandi Imprese nell'implementazione delle tecnologie abilitanti di Industria 4.0, motivo che mi ha spinto a cercare di indagare personalmente quali sono le ragioni e le difficoltà che incontrano sia il primo sia il secondo gruppo di aziende.

Inoltre l'indagine formulata si propone di indagare quali sono le nuove figure professionali assunte dalle imprese a seguito dell'implementazione delle tecnologie abilitanti ed il numero di dipendenti laureati con riferimento alle lauree STEM (ovvero Scientifico-Tecnologiche, Ingegneria, Economia e Matematica).

Come si evince da ciò che è stato affermato sopra, l'indagine consiste di un questionario della durata di circa 15 minuti e contenente in tutto 49 domande, molte delle quali condizionate in funzione delle risposte selezionate dall'impresa (quindi ogni singola impresa non ha dovuto rispondere a 49 domande, anche nel caso di compilazione completa).

Il questionario è formato da tre sezioni principali. La prima fa riferimento alle informazioni generali delle imprese quali, ad esempio, il fatturato ed il numero di dipendenti. La seconda, più consistente, contenente domande su Industria 4.0 e la terza riguarda le figure professionali, sia sotto il punto di vista delle nuove competenze impiegate sia sotto quello del cambiamento delle soft skills. Per quanto riguarda la seconda sezione ritengo sia necessario un approfondimento. Innanzitutto viene richiesto al rispondente una autovalutazione di quanto egli si ritenga esperto in materia di Industria 4.0, con la possibilità di rispondere su una scala Likert da 1 a 5. Successivamente vengono prese in considerazione le singole tecnologie abilitanti (le 11 elencate nel capitolo 1) e si domanda all'impresa se vi abbia o meno investito. Nel caso la risposta sia affermativa, per ciascuna tecnologia implementata viene chiesto quali sono i benefici attesi, sempre su una scala da 1 a 5, tra i seguenti:

- Personalizzazione dei prodotti;
- Aumento della qualità dei prodotti;
- Manutenzione prevedibile;
- Riduzione dei tempi di inattività;
- Maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse;
- Riduzione dei cicli di lavoro in termini di tempo.

In caso di risposta negativa, invece, per ciascuna tecnologia viene domandato, su una scala da 1 a 5 quanto abbiano influito i seguenti fattori nella decisione di non investire:

- Non si ritiene necessario;
- Richiede esborsi finanziari elevati;
- L'azienda teme per la sicurezza dei propri dati;
- Non c'è sufficiente chiarezza sui benefici che questa tecnologia apporta;
- Mancata disponibilità di Internet veloce;
- Comporta eccessiva complessità.

È stato chiesto, inoltre, per ciascuna tecnologia se l'impresa avesse in programma di investirvi nel breve, nel medio o nel lungo periodo oppure se l'intenzione è del tutto assente.

Terminata questa parte viene domandato alle aziende, nel periodo che parte dal 2014 e termina nel 2018, quanto denaro hanno impiegato in tecnologie Industria 4.0 sia complessivamente sia, se possibile, per ogni anno.

Avendo dedicato attenzione ai risvolti sotto il punto di vista delle policy è stato ritenuto necessario domandare se il soggetto rispondente, in caso di risposta affermativa sull'investimento in almeno una delle tecnologie abilitanti, avesse usufruito degli incentivi pubblici e, se sì, quali tra i seguenti:

- Superammortamento;
- Iperammortamento;
- Nuova Sabatini;
- Credito d'Imposta in R&S;
- Credito d'Imposta per la formazione 4.0.

Infine vi è una domanda in cui vengono elencate alcune affermazioni e per ciascuna di esse si domanda quanto, da 1 a 5, l'impresa sia d'accordo.

L'indagine è rimasta attiva per circa due mesi a partire dal 26 giugno 2019 e sono stati necessari numerosi solleciti al fine di raggiungere un campione che fosse rappresentativo dell'intera popolazione di imprese, complice anche il fatto che dalla prima alla terza settimana di agosto la maggior parte delle aziende è rimasta chiusa per ferie.

Le domande che questa ricerca si propone di rispondere sono tre:

RQ1: *Che relazione intercorre tra la qualificazione del personale ed il numero di tecnologie implementate?*

RQ2: *Tra coloro che implementano I4.0, c'è qualche differenza nella tipologia di tecnologie adottate e le nuove figure professionali? Come evolvono le soft skills?*

RQ3: *È vero che le PMI implementano meno tecnologie rispetto alle Grandi Imprese?*

Le caratteristiche dei rispondenti

Le imprese che hanno risposto in maniera completa al questionario sono 50, registrando un tasso di risposta del 22%. Considerando coloro che hanno acceduto all'indagine senza fornire alcuna risposta e le aziende che lo hanno fatto parzialmente il numero sale a 104 soggetti, quindi circa il 46%. Per questo

motivo si è subito mostrata la necessità di decidere quali individui del campione considerare, ovvero se avere una popolazione più elevata anche se con risposte incomplete oppure se tener conto di quei 50 individui che però hanno fornito informazioni in modo completo. Per semplicità ho optato per la seconda opzione, anche perché osservando a fondo ho notato che, visto il numero scarso di risposte fornite, le aziende scartate non avrebbero contribuito in modo significativo. Molto importante è da sottolineare che anche all'interno del campione considerato è possibile che non siano state fornite tutte le informazioni, in quanto per invogliare i rispondenti la decisione è stata quella di non inserire alcun obbligo di risposta.

Iniziando col calcolo della tipologia di impresa ho preso in considerazione i parametri forniti a livello europeo già esposti sopra ma che re-inserisco per semplicità:

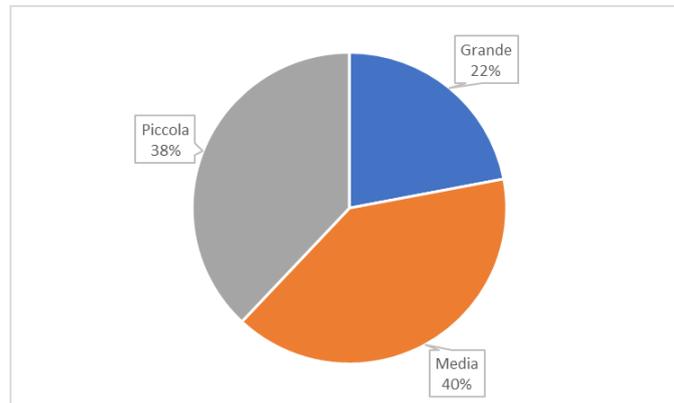
Categoria di Impresa	Effettivi: unità lavorative-anno	Fatturato annuo	Totale di bilancio annuo
Medie imprese	< 250	≤ 50 milioni di euro	≤ 43 milioni di euro
Piccole imprese	< 50	≤ 10 milioni di euro	≤ 10 milioni di euro
Microimprese	< 10	≤ 2 milioni di euro	≤ 2 milioni di euro

Seguendo questo calcolo ho ottenuto i seguenti risultati:

- Piccole imprese: 38% de campione;
- Medie imprese: 40% del campione;
- Grandi imprese: 22% del campione.

Figura 13 - Distribuzione imprese nel campione raccolto

Fonte: Elaborazione propria



Come è possibile notare le PMI costituiscono più della metà della popolazione considerata.

Tralasciando gli aspetti che verranno utilizzati per condurre analisi più approfondite sulle differenze nelle caratteristiche tra Piccole e Medie Imprese e le Grandi Imprese, vorrei concentrarmi sulle risposte fornite in merito all'investimento in tecnologie abilitanti. Le prime tre tecnologie sulle quali fino ad ora il settore italiano della macchina utensile ha maggiormente investito sono, in ordine decrescente:

- Meccatronica;
- Simulazione;
- Internet of Things.

Il fatto che al primo posto vi sia la Meccatronica non stupisce, infatti essa prima ancora di essere una tecnologia è una disciplina che studia il modo di far interagire tre sotto-discipline: la meccanica, l'elettronica e l'informatica.

Le macchine utensili sono ormai da diversi anni non più macchinari squisitamente meccanici, bensì rientrano perfettamente all'interno della definizione di apparato meccatronico in quanto il loro funzionamento è determinato dalla corretta integrazione delle sotto-discipline appena menzionate.

Il fatto che più del 50% delle imprese abbia deciso di implementare la simulazione, insieme alla sensorizzazione dei processi produttivi tramite l'Internet of Things, significa che le realtà imprenditoriali sono alla continua ricerca della riduzione delle inefficienze. La simulazione permette infatti di

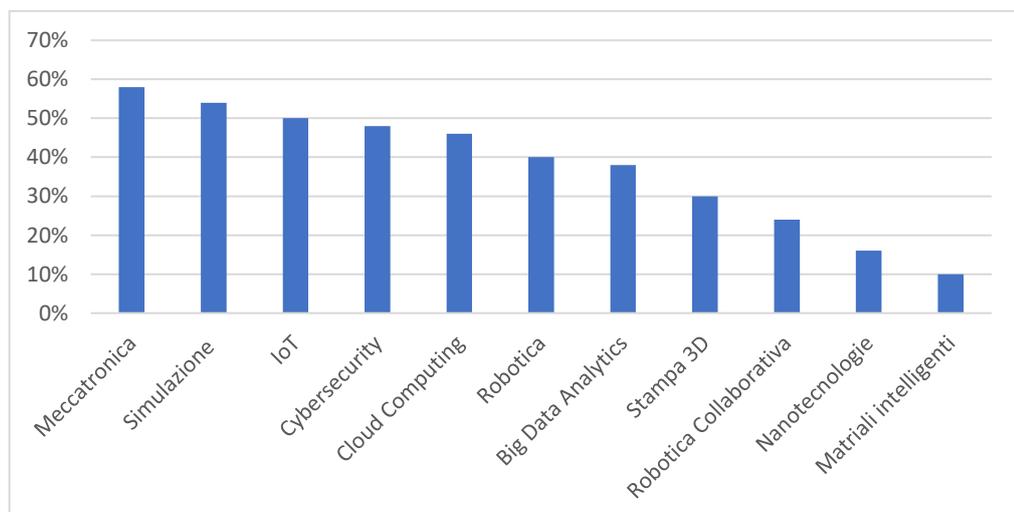
generare un gemello digitale (il cosiddetto digital twin) del processo produttivo provando tutte le combinazioni possibili prima di effettuare i veri e propri cambiamenti all'interno della linea, al fine del raggiungimento della massima efficienza, mentre i sensori permettono di registrare tutti quei dati utili al fine di prevedere gli eventuali colli di bottiglia. Strettamente collegati alla simulazione e all'IoT ci sono il Cloud Computing e la Big Data Analytics i quali registrano livelli di investimento più bassi, anche se credo che presto raggiungeranno percentuali di applicazione simili. Il motivo per cui affermo con convinzione ciò è il fatto che sia la Simulazione sia l'Internet delle Cose necessitano in prima istanza del luogo in cui contenere i dati, quindi il Cloud. Successivamente la fruibilità di questi dati, che devono essere trasformati in vere e proprie informazioni, è determinata da una piattaforma di Big Data Analytics.

Al quarto posto, con un tasso di implementazione del 48%, vi è la Cybersecurity, dato del tutto aspettato in quanto in un ambiente sempre più composto dai dati la sicurezza degli stessi contro intrusioni da parte di estranei è fondamentale.

Al quinto posto troviamo il Cloud Computing, ed al sesto, con un tasso di risposte affermative del 40%, la Robotica.

Figura 14 - Tecnologie abilitanti in ordine di implementazione

Fonte: Elaborazione propria

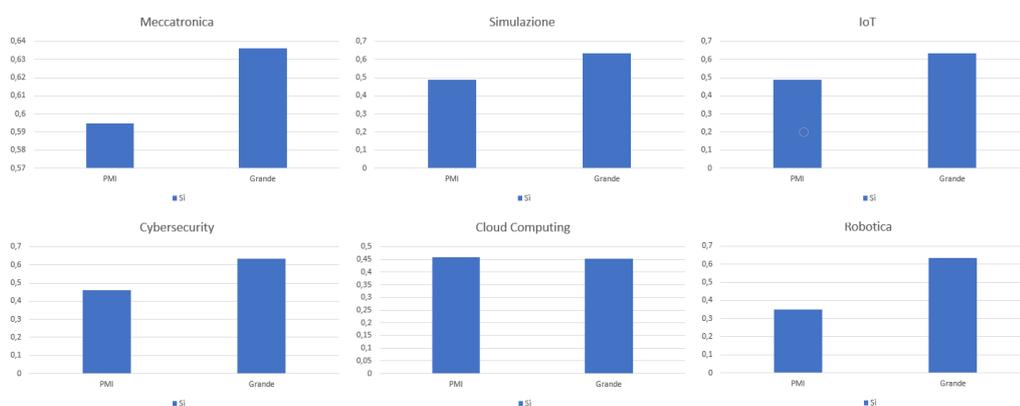


Facendo riferimento a queste tecnologie vediamo, per ciascuna di esse, le diversità di comportamento sia da parte delle PMI sia da parte delle Grandi Imprese.

Prima di iniziare a mostrare i risultati, però, è necessaria una piccola precisazione: al fine di non condizionare le analisi in funzione del numero di imprese (come abbiamo visto le PMI costituiscono gran parte del campione) i calcoli sono mostrati in percentuale per ciascuna tipologia di impresa. Questo metodo è stato seguito sia per le analisi che verranno espone in seguito sia per quelle appena mostrate.

Figura 15 - Le 6 tecnologie abilitanti più utilizzate: i tassi di implementazione tra PMI e Grandi imprese

Fonte: Elaborazione propria



Prendendo in considerazione le tecnologie abilitanti più utilizzate, ovvero quelle con un tasso di adozione superiore o uguale al 40%, è possibile notare che il trend che si verifica in ciascun grafico sopra esposto mostra una implementazione superiore nelle Grandi Imprese rispetto alle Piccole e Medie Imprese, tranne per quanto riguarda il Cloud Computing in cui le percentuali sono sostanzialmente equivalenti. Volendo approfondire questa analisi ho successivamente deciso di verificare per ciascuna categoria, suddividendo la categoria PMI nelle singole tipologie da cui essa è composta. Effettuato ciò emerge un dato interessante. Mentre le Grandi Imprese presentano stabilità nell'implementazione delle sei tecnologie considerate con una percentuale sopra il 60% e le Piccole Imprese si mantengono su un tasso di adozione che varia tra il 40 ed il 50% circa, le Medie Imprese sono caratterizzate da un andamento decrescente.

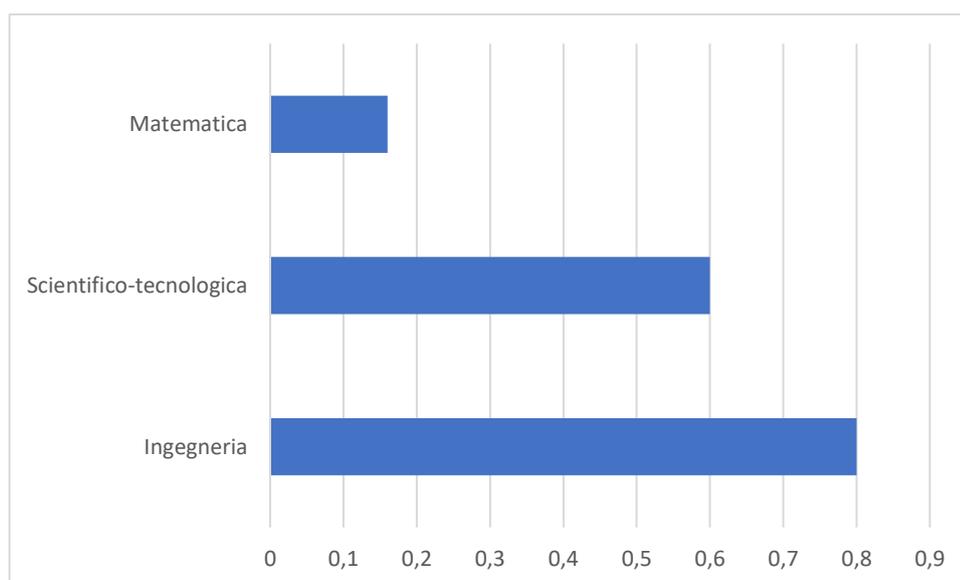
L'istruzione dei dipendenti e le nuove figure professionali

Quando si ha a che fare con le Tecnologie 4.0 i cambiamenti che più bisogna prendere in considerazione riguardano il fattore umano. Come affermato da Heinrich⁷⁸ ai lavoratori potrebbe essere richiesta ulteriore formazione o educazione, in quanto il 35% delle skills che sono considerate importanti oggi cambieranno entro il 2020. L'educazione è quindi uno dei fattori chiave, ed in questo paragrafo ci concentriamo sui lavoratori che possiedono le cosiddette qualifiche STEM, ovvero con laurea scientifico-tecnologica, in Ingegneria e Matematica.

Considerando il database ottenuto dall'indagine l'80% dei rispondenti ha almeno un dipendente laureato STEM, questa statistica senza ancora discriminare tra coloro che utilizzano Industria 4.0 e chi invece non la sfrutta.

Figura 16 - Tasso di qualificazione

Fonte: Elaborazione propria



Suddividendo per le discipline che compongono questo acronimo vediamo come la qualifica più richiesta, come è possibile aspettarsi all'interno del settore preso in considerazione, è la laurea in Ingegneria, seguita dai titoli scientifico-tecnologici come ad esempio l'Informatica e per ultima troviamo la laurea in Matematica. Questi risultati sono pienamente conformi a quanto abbiamo già riscontrato sopra: essendo la mecatronica la tecnologia più utilizzata sono conseguentemente necessarie figure professionali che siano in grado di gestire questi sistemi, come ad esempio ingegneri meccanici, ingegneri

elettronici, ingegneri informatici, ingegneri mecatronici e personale laureato in Informatica.

La correlazione tra qualifiche STEM ed il numero di Tecnologie Abilitanti implementate

Ciò che in questa sezione mi interessa verificare è la differenza tra le realtà che già sono 4.0 e quelle che non lo sono ancora, o per meglio dire se sussiste una correlazione tra il numero di tecnologie abilitanti impiegate nei propri stabilimenti sul numero di STEM assunti, operazione possibile in quanto la domanda sul loro numero presente in azienda prescinde dalle domande riguardanti gli investimenti in Industria 4.0. La tipologia di analisi utilizzata è la PCA, ovvero Analisi delle Componenti Principali.

Ora vediamo nello specifico i passaggi eseguiti per raggiungere il risultato finale.

Innanzitutto le variabili prese in considerazione sono le seguenti:

- Il numero di tecnologie abilitanti implementate;
- Laurea scientifico-tecnologica;
- Laurea in Ingegneria;
- Laurea in Matematica.

Inoltre, per avere un riferimento con la dimensione aziendale ho utilizzato le componenti che sono state utilizzate per il suo calcolo, ovvero la dimensione aziendale ed il fatturato, utilizzate come variabili supplementari, le quali non concorrono a determinare la soluzione fattoriale ma sono proiettate sui piani fattoriali per studiare la loro correlazione con le componenti principali.

Per quanto riguarda le tecnologie abilitanti mi sono trovato di fronte ad un problema, infatti per eseguire la PCA è necessario l'utilizzo di variabili quantitative, cosa che in questo caso non avevo. Per questa ragione ho proceduto a contare quante tecnologie ogni singola impresa avesse implementato riuscendo ad ottenere una variabile di tipo quantitativo di intervallo [0;11] (0 = nessuna adozione, 11 = tutte le tecnologie sono state adottate).

Una volta raccolte le variabili all'interno dello stesso foglio di calcolo ho proceduto alla loro standardizzazione per renderli direttamente confrontabili.

La procedura di normalizzazione consiste nella sottrazione del valore x per la sua media μ , il tutto diviso per la deviazione standard σ .

Dopo aver standardizzato le variabili, su queste ultime è necessario verificare se sussistono correlazioni, altrimenti non avrebbe senso procedere con questa analisi in quanto si avrebbero tante componenti quante variabili osservate. Procedo quindi a creare una matrice di correlazione.

Figura 17 - Matrice di correlazione tra le variabili

Fonte: Elaborazione propria

	Scientific~h	Numero~e	Ingegn~a	Matema~a
Scientific~h	1.0000			
Numero_Tec~e	0.4287	1.0000		
Ingegneria	0.9714	0.4402	1.0000	
Matematica	0.3048	0.3938	0.4394	1.0000

Tutte le variabili presentano una correlazione che supera il valore soglia di 0,3, quindi possono essere incluse all'interno del modello. Una volta effettuata questa verifica, per elaborare l'Analisi delle Componenti Principali è stato utilizzato il software statistico R. Inserite al suo interno le variabili protagoniste di questa analisi è necessario scegliere le componenti principali. Per fare ciò si osservano gli Eigenvalues (o Autovalori) associati a ciascuna dimensione, e si selezionano le dimensioni che presentano Autovalori maggiori di 1.

Tabella 4 - Tabella autovalori

Fonte: Elaborazione propria

Eigenvalues	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4
Variance	2.541	0.838	0.604	0.017
% of var.	63.532	20.939	15.095	0.435
Cumulative % of var.	63.532	84.471	99.565	100.000

Secondo quanto appena affermato bisogna selezionare solo la prima componente principale, la quale spiega il 63,683% della variabilità totale, e la correlazione delle singole variabili a quest'ultima, intuitivamente nominabile Qualificazione, è rappresentata nella seguente tabella.

Tabella 5 - Correlazione tra le variabili e la prima componente principale

Fonte: Elaborazione propria

Variables	Dim.1
Scientifico.Tech	0.903
Numero_Tecnologie	0.678
Ingegneria	0.939
Matematica	0.620

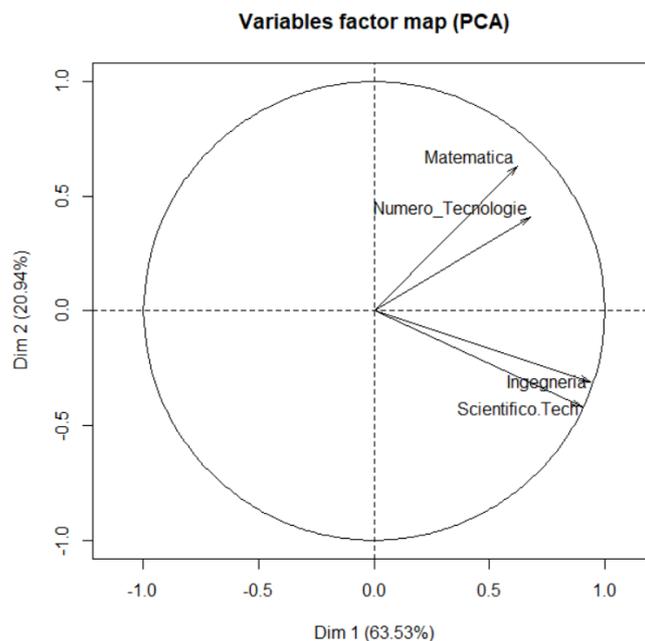
Come possiamo osservare dalla tabella sopra riportata, la prima ed unica componente principale di questa analisi ha un peso fortissimo, superiore del 90%, sul numero di dipendenti con laurea Scientifico-Tecnologica (90,3%) e laurea in Ingegneria (94%). Analogamente, ma con correlazioni inferiori (anche se superiori al 50%), si può effettuare lo stesso ragionamento con il numero di personale laureato in Matematica.

Curiosa risulta la correlazione con il numero di tecnologie 4.0, infatti da quanto appare dall'analisi appena svolta le aziende con personale qualificato STEM sono anche quelle che implementano un maggior numero di Enabling Technologies.

Per capire meglio la relazione che intercorre tra la componente principale e le diverse variabili osserviamo il seguente grafico.

Figura 18 - Scree Plot

Fonte: Elaborazione propria



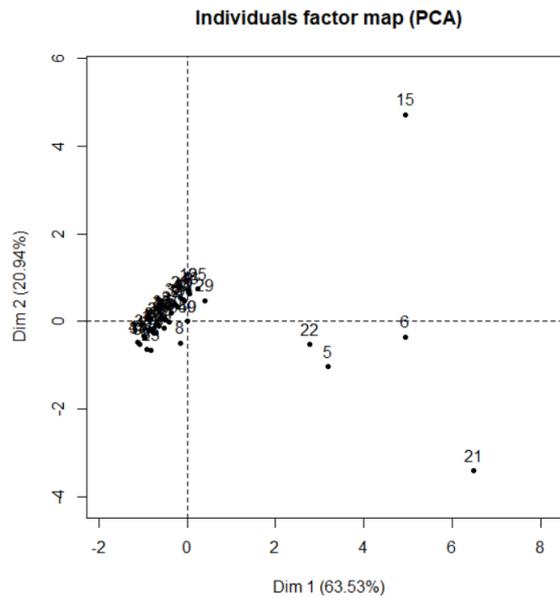
All'interno di questa rappresentazione, denominata Scree Plot, è possibile osservare quanto detto sopra facendo riferimento alle sole tabelle numeriche. Innanzitutto possiamo vedere che il grafico viene rappresentato sempre con le due componenti principali, anche se in questo caso ne abbiamo scelta solo una. Passando all'interpretazione del grafico innanzitutto possiamo affermare che a destra troviamo un'elevata qualificazione, anche se possiamo dire di più sulla correlazione tra le diverse variabili che sono state inserite all'interno della PCA. Innanzitutto si osserva una correlazione elevata sia tra la quantità di tecnologie adottate ed il numero di dipendenti laureati in matematica sia tra i laureati in Ingegneria e coloro con titoli scientifico-tecnologici, mentre la correlazione inferiore si osserva tra i laureati in Matematica e Scientifico-Tecnologici. Prima di iniziare ad integrare la spiegazione sugli individui all'interno del piano fattoriale credo che sia importante elencare alcune regole fondamentali per la sua interpretazione, in quanto quest'ultimo va letto insieme allo Scree plot di cui sopra:

- I punti vicino al centroide sono sintesi di tutte le variabili, ovvero i valori delle variabili sono sintesi di tutte le medie;
- I punti lontano da centroide e nella direzione di uno dei vettori corrispondenti ad una variabile indicano un valore di questa variabile notevolmente maggiore della media per quella unità;
- I punti lontano dal centroide e nella direzione di uno degli assi indicano che le relative unità sono fortemente caratterizzate da quella componente.

Vediamo ora il piano fattoriale delle aziende.

Figura 19 - Mappa fattoriale degli individui

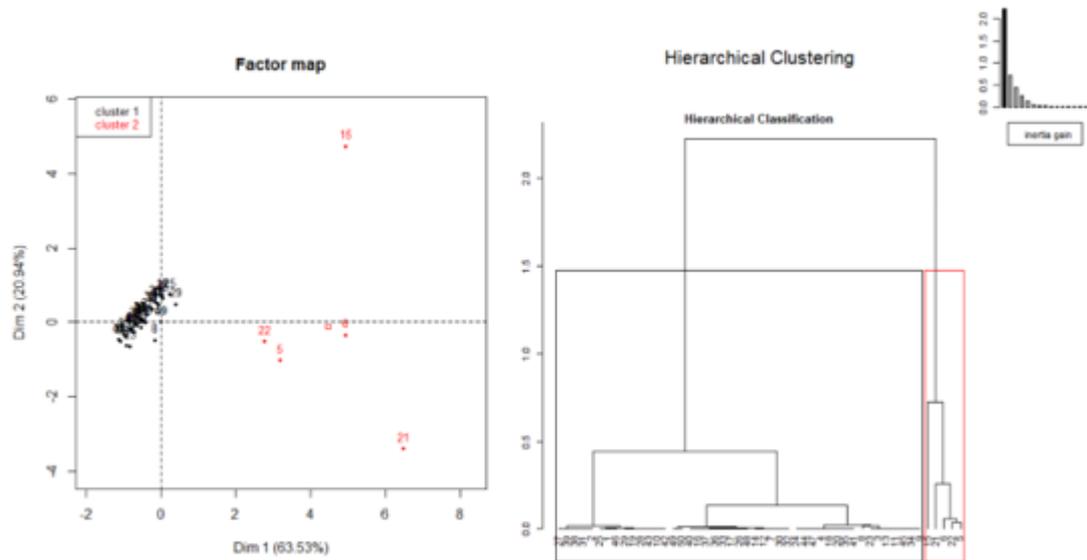
Fonte: Elaborazione propria



Osservando il modo in cui le singole imprese sono posizionate all'interno del piano fattoriale possiamo vedere come la maggior parte di queste presenti livelli di qualificazione e di implementazione delle tecnologie nella media. L'eccezione è rappresentata dalle imprese 5, 6, 15, 21 e 22. In particolare le osservazioni 5, 6 e 22 sono caratterizzate da un elevato tasso di qualificazione in quanto molto vicine all'asse orizzontale, mentre l'azienda 21 possiede un numero di laureati con qualifiche Scientifico-Tecnologiche sopra la media. L'impresa 15 è costituita da laureati in Matematica sopra la media. Infine vorrei concludere questa Analisi delle Componenti Principali con la Cluster Analysis, che è un metodo multivariato che si propone di classificare il campione in gruppi in modo che gli elementi simili del campione stessi siano collocati nel medesimo gruppo.

Figura 20 - Cluster Analysis

Fonte: Elaborazione propria



Come è possibile osservare dalla Cluster Analysis sopra rappresentata, il software statistico R ha suddiviso automaticamente il campione in due gruppi: il primo, che è anche quello più numeroso, contenente al proprio interno le imprese che hanno una qualificazione ed un numero di tecnologie al proprio interno nella media, mentre il secondo cluster, con al proprio interno le imprese a cui sopra ho dedicato una spiegazione più dettagliata, è rappresentato da quelle imprese che in qualche modo possiedono un maggior numero di dipendenti qualificati e/o che hanno implementato un numero di tecnologie 4.0 sopra la media.

Quindi, per concludere, che cosa abbiamo potuto constatare da questa analisi? Innanzitutto che il settore della macchina utensile impiega un numero molto alto di laureati con qualifiche Scientifico-Tecnologiche e ingegneri, fattore riconducibile al massiccio utilizzo di Meccatronica. Altra cosa che è emersa è che queste due tipologie di qualifica sono correlate tra di loro, quindi banalmente se si impiegano molti ingegneri la tendenza è di avere anche molti laureati Scientifico-Tecnologici. Un'ulteriore correlazione importante è quella tra il numero di tecnologie presenti all'interno dell'azienda ed i matematici, qualifica quest'ultima sicuramente meno dispiegata a livello settoriale ma che è fondamentale se ci si riferisce ad Industria 4.0. In ultima istanza ciò che è stato

verificato è che le imprese numerose presentano la tendenza ad avere un maggior numero di dipendenti con qualifiche STEM, mentre questa correlazione non si presenta con riferimento al fatturato.

Le Tecnologie Abilitanti e le qualifiche STEM: Una Correspondence Analysis (CA)

Come abbiamo visto tramite l'Analisi delle Componenti Principali di cui al paragrafo precedente, che ricordo per il lettore si estrinsecasse in una sola dimensione che intuitivamente ho identificato come Qualificazione, il numero di tecnologie presentava una buona correlazione, di circa il 68%, con la prima componente principale. Per questo motivo ho deciso di approfondire questo aspetto tramite una CA, la quale consiste in una tecnica di analisi di statistica multivariata a carattere esplorativo volta ad analizzare l'esistenza di associazioni tra le modalità di variabili qualitative (due variabili, mentre con l'Analisi delle Corrispondenze Multiple si possono analizzare le associazioni tra le modalità di un numero superiore a due variabili).

Le variabili utilizzate all'interno di questa analisi sono, in particolare, il numero di tecnologie implementate (senza distinzione sulla tipologia) ed il numero di dipendenti con qualifiche STEM, anche in questo caso senza distinguere tra ingegneri, matematici e qualifiche scientifico-tecnologiche, cosa che sarà eventualmente possibile con un ulteriore approfondimento attraverso un'Analisi delle Corrispondenze Multiple (MCA). In altre parole:

- Per i dipendenti STEM ho sommato il loro numero per ciascuna impresa e ne ho calcolato la percentuale rispetto al totale;
- Per il numero di tecnologie, esattamente come all'interno dell'analisi effettuata precedentemente, le ho sommate ottenendo una variabile le cui modalità variano all'interno di un range [0;11].

Dopo aver effettuato queste operazioni il problema che mi si è posto è quello di trasformare le variabili da quantitative a qualitative, procedimento che prende il nome di codifica, ed in questo senso ho deciso di operare come segue. Per quanto riguarda le qualifiche del personale ho preso spunto dalla definizione europea di Micro, Piccola e Grande Impresa ed il risultato è stato il seguente raggruppamento:

- Le modalità della variabile STEM con numeri che vanno da 1 a 9 sono state raggruppate all'interno di una classe denominata *Da1a9*;
- Le modalità della variabile STEM con numeri che vanno da 10 a 49 sono state raggruppate all'interno di una classe denominata *Da10a49*;
- Le modalità della variabile STEM con numeri che vanno da 50 a 249 sono state raggruppate all'interno di una classe denominata *Da50a249*;
- Le modalità della variabile STEM con numeri superiori o uguali a 250 sono state raggruppate all'interno di una classe denominata *MagUg250*;
- Le modalità della variabile STEM pari a 0 sono state raggruppate all'interno di una classe denominata *Nessuno*.

Per ciò che concerne invece il numero di tecnologie, variando le modalità, come precedentemente affermato, all'interno di un range [0;11], ho proceduto alla suddivisione delle stesse a gruppi di tre, quindi:

- 0-2;
- 3-5;
- 6-8;
- 9-11.

Inoltre, al fine di rendere l'outcome grafico dell'analisi più semplice da interpretare ho poi proceduto a rinominare le classi di cui sopra, nel modo seguente:

- 0-2 - Nes_Poche;
- 3-5 - Nella_Media (calcolando la media del numero di tecnologie implementate il risultato è di circa 4);
- 6-8 - Sopra_Media;
- 9-11 - Tutte_o_Quasi.

Una volta effettuate queste operazioni mi sono avviato ad iniziare la vera e propria analisi, il cui primo step consiste nella creazione di una tabella di contingenza (chiamata anche tabella a doppia entrata o tabella pivot all'interno di Excel), la quale consiste in una particolare tipologia di tabella a doppia entrata utilizzata per rappresentare e analizzare le relazioni tra due o più

variabili. Al loro interno quindi si osservano le frequenze congiunte delle variabili.

Tabella 6 - Tabella di contingenza (o tabella delle frequenze empiriche)

Fonte: Elaborazione propria

	Nella_Media	Nes_Poche	Sopra_media	Tutte_o_Quasi	Totale
Nessuno	2	4	2	0	8
Da1a9	9	9	9	0	27
Da10a49	2	3	1	1	7
Da50a249	0	1	0	2	3
MagUg250	0	0	2	1	3
Totale	13	17	14	4	48

Come è possibile osservare le imprese sono 48 invece di 50. Questo è dovuto al procedimento di rimozione delle osservazioni mancanti.

Dopo aver creato la tabella di contingenza, anche se non è necessario in quanto l'Analisi delle Corrispondenze fa parte della cosiddetta statistica descrittiva, è interessante verificare se sussiste una correlazione significativa tra i caratteri protagonisti dell'analisi. Il motivo è dato dalla suddivisione di variabili quantitative in classi e comportando questa procedura un intervento da parte mia voglio verificare che i dati frutto di codifica siano rimasti casuali (e quindi non influenzati da manipolazione). Questo obiettivo è raggiungibile tramite il calcolo del Chi-quadro (χ^2).

Il procedimento inizia con la trasformazione della tabella di cui sopra in una tabella delle frequenze teoriche la quale si calcola moltiplicando il totale marginale di riga con il totale marginale di colonna e dividendo il risultato per il totale. Seguendo la formula risulta più semplice la comprensione del procedimento appena esposto:

$$\hat{n}_{ij} = \frac{n_{i.} * n_{.j}}{n}$$

Dove:

n_i è il totale marginale della i – esima riga

n_j è il totale marginale della j – esima colonna

n il totale dell'intera tabella di contingenza

Il risultato del procedimento appena esposto mi ha portato all'ottenimento della seguente tabella delle frequenze teoriche:

Tabella 7 - Tabella delle frequenze teoriche

Fonte: Elaborazione propria

	Nella_Media	Nes_Poche	Sopra_media	Tutte_o_Quasi	Totale
Nessuno	2,166666667	2,833333333	2,333333333	0,666666667	8
Da1a9	7,3125	9,5625	7,875	2,25	27
Da10a49	1,895833333	2,47916667	2,041666667	0,583333333	7
Da50a249	0,8125	1,0625	0,875	0,25	3
MagUg250	0,8125	1,0625	0,875	0,25	3
Totale	13	17	14	4	48

L'ultimo passaggio è quello di calcolare il Chi-quadrato empirico tramite quadrato della differenza tra le frequenze empiriche e teoriche, il tutto diviso per queste ultime, secondo la seguente formula:

$$X = \sum_i \sum_j \frac{(n_{ij} - \hat{n}_{ij})^2}{\hat{n}_{ij}} \sim \chi^2$$

L'outcome è il seguente:

Tabella 8 - Tabella Chi-quadro

Fonte: Elaborazione personale

	Nella_Media	Nes_Poche	Sopra_media	Tutte_o_Quasi	Totale
Nessuno	0,012820513	0,48039216	0,047619048	0,666666667	1,207498384
Da1a9	0,389423077	0,03308824	0,160714286	2,25	2,833225598
Da10a49	0,005723443	0,10941877	0,531462585	0,297619048	0,944223843
Da50a249	0,8125	0,00367647	0,875	12,25	13,94117647
MagUg250	0,8125	1,0625	1,446428571	2,25	5,571428571
Totale	2,032967033	1,68907563	3,06122449	17,71428571	24,49755287

La casella evidenziata in verde rappresenta il Chi-quadro empirico di questa analisi delle corrispondenze. Arrivato a questo punto, per verificare se sussiste una connessione significativa tra i caratteri è necessario calcolare i gradi di libertà e scegliere il livello di significatività. Per quanto riguarda i primi il calcolo è semplice: identificando con i il numero di righe e con j il numero di colonne, il grado di libertà si ottiene in questo modo: $(i - 1) * (j - 1)$, quindi $(5 - 1) * (4 - 1) = 12$. Sul livello di significatività ho deciso di seguire la convenzione del 5%.

Una volta ottenuti sia il grado di libertà sia deciso il livello di significatività non rimane che trovare il Chi-quadro teorico attraverso l'osservazione delle tavole oppure tramite la funzione di Excel DISTRIB.CHI, ottenendo un Chi-quadro teorico pari a 21,02607. Essendo $24,4978 > 21,0261$, con un p. value pari a 0,017 e quindi inferiore al livello di significatività che per convenzione scientifica ho posto al 5% (0,05), posso affermare di essere in presenza di una connessione significativa.

Ciò che infine è interessante osservare è l'intensità di questa correlazione, verificabile tramite il V di Cramer:

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2_{\max}}}$$

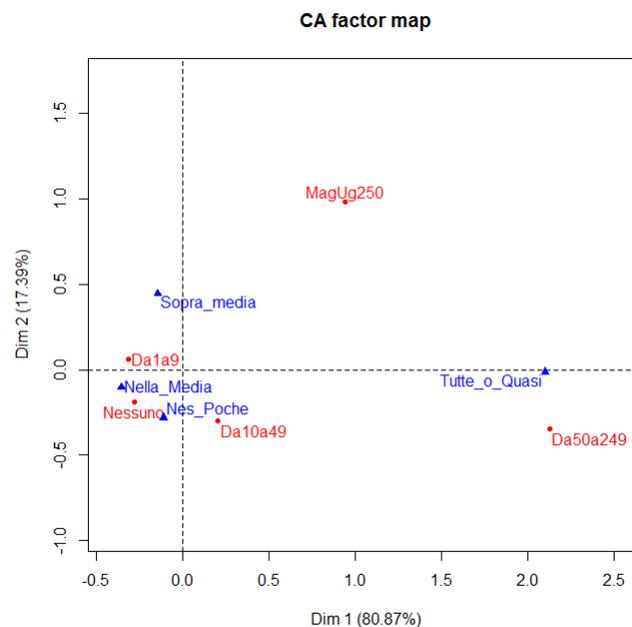
Dove il numeratore è il Chi-quadro teorico (quello che si trova facendo riferimento alle tavole) mentre il denominatore è il Chi-quadro empirico (quello sottolineato in verde all'interno della tabella). Quindi:

$$V = \sqrt{\frac{21,0261}{24,4968}} \sim 0,93$$

Il V di Cramer informa che in questo caso si è in presenza di un'alta associazione. Passiamo ora ai risultati:

Figura 21 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze

Fonte: Elaborazione propria



La prima cosa che è importante notare riguarda il fatto che le prime due dimensioni spiegano il 98,257% della variabilità.

La seconda cosa che emerge immediatamente è che la prima dimensione tende a contrapporre le imprese con un basso numero di subordinati qualificati da quelle che invece ne hanno molti.

Da ciò che è possibile evincere dal grafico sembra che sussista una correlazione tra il numero di dipendenti con qualifiche STEM ed il numero di tecnologie

abilitanti implementate. La ragione per cui affermo ciò emerge chiaramente dalla rappresentazione di cui sopra: vediamo infatti che le imprese che non hanno alcun subordinato STEM mostrano particolare vicinanza con quantità minime o comunque nella media, mentre già chi rientra all'interno della categoria "Da1a9" presenta una correlazione con un numero di tecnologie implementate sopra la media. Altra correlazione interessante si ha per quanto riguarda le aziende con dipendenti qualificati con un numero da 49 a 249 e da 10 a 49 con il profilo di colonna "Tutte_o_quasi". Per quanto riguarda la seconda tipologia appena menzionata l'effetto è decisamente meno evidente, fattore evidenziato dalla maggiore lontananza rispetto al profilo di colonna in questione e le imprese con lavoratori STEM compresi tra 10 e 49.

Non si notano particolari correlazioni, invece, tra "MagUg250" e qualsivoglia profilo di colonna, questo dovuto alla scarsità di imprese con così tanti dipendenti qualificati.

In conclusione, quindi, possiamo dire che questa analisi ha evidenziato delle relazioni tra la qualificazione dei subordinati ed il numero di tecnologie adottate. Inoltre ipotizzo che il fattore determinante che porta quasi tutte le tecnologie ad essere adottate da coloro che hanno assunto molte persone qualificate sia rappresentato dai laureati in matematica. Infatti se osserviamo il grafico che fornisce l'outcome dell'Analisi delle Componenti Principali è possibile vedere che il vettore "Matematica" insieme a quello denominato "N_Tech" formano un angolo piuttosto acuto, fattore che rappresenta una forte correlazione tra il numero di matematici e la quantità di tecnologie adottate. Questa è la prima ragione. La seconda riguarda il fatto che sono le imprese che tendono ad avere più personale con le lauree in questione ad assumere matematici, mentre invece coloro che presentano un numero di professionisti (chiaramente nel campo che stiamo analizzando) inferiori tendono ad avere al proprio interno solamente ingegneri e scientifico-tecnologici.

Una critica

Appurando che tra il numero di tecnologie implementate all'interno dell'impresa ed il numero di dipendenti qualificati sussiste una correlazione significativa, credo sia necessario muovere una critica. Utilizzando il metodo di cui sopra in cui la codifica della

variabile che identifica i dipendenti STEM segue la regola europea di definizione di Micro, Piccole, Medie e Grandi imprese, ciò sottopone l'Analisi delle Corrispondenze appena eseguita ad un'altra correlazione: quella con la dimensione aziendale.

Al fine di osservare se tale correlazione sussiste anche in assenza di elementi che rimandano alla dimensione dell'impresa ho deciso di calcolare la percentuale di dipendenti STEM sul totale del personale, suddividendolo successivamente in classi come segue:

- 0-20%
- 21-40%
- 41-60%
- 61-80%.

Le classi non procedono ulteriormente in quanto non ci sono imprese con un numero di dipendenti con tali caratteristiche che superano l'80%.

Senza riprodurre i calcoli mostrati precedentemente, con il metodo appena utilizzato non si riscontra la correlazione significativa di cui prima.

In particolare si osserva un Chi-quadro empirico di 12.7 contro un Chi quadro teorico di 21,02, con un p value, sempre selezionando il livello di significatività al 5%, pari a circa 0,39.

Questa critica è utile al fine dell'analisi di regressione che verrà eseguita successivamente in cui i dipendenti STEM sono stati selezionati come variabile di controllo. Dato che al fine di effettuare le regressioni lineari è necessario evitare la collinearità, ovvero la correlazione tra variabili di controllo e variabile indipendente, ho utilizzato la percentuale rispetto al numero intero.

[Le nuove figure professionali](#)

Il World Economic Forum, con il Report sul futuro del lavoro⁷⁹ del 2018 ha elencato quali sono le professioni stabili, in sovrabbondanza e anche quelle emergenti.

Inoltre, sempre in merito all'argomento trattato in questo paragrafo cito ciò che il Dott. Luca Biglia, Direttore di Produzione delle Officine E. Biglia & C. S.p.A., azienda leader in Italia nella costruzione di Torni CNC che conta circa 130 dipendenti ed un fatturato annuo di circa 80.000.000 di euro, ha affermato alla mia domanda:

Nella Vostra esperienza con Industria 4.0, quali sono stati gli impatti sull'occupazione?

- Biglia: *Al momento nella Nostra impresa non abbiamo riscontrato effetti sull'occupazione, le figure professionali presenti all'interno dei nostri stabilimenti sono in grado di gestire le nuove tecnologie che abbiamo implementato.*

Altro contributo interessante è stato fornito dall'Ing. Antonio Cibotti, Marketing Manager di Bucci Industries S.p.A, gruppo che opera in diversi settori, che conta 800 dipendenti e fattura circa 170.000.000 di euro l'anno:

Nella vostra esperienza con Industria 4.0, quali sono stati gli impatti sull'occupazione?

- Cibotti: *L'impatto che vediamo in termini occupazionali è positivo sia in termini di numero di assunzioni sia in termini di evoluzione culturale. Si creano nuove figure professionali, che fino a qualche anno fa non erano presenti in azienda e che oggi diventano sempre più importanti.*

Ho inoltre avuto la possibilità di visitare una divisione di Bucci Industries, la IEMCA, leader mondiale nella costruzione di caricatori di barra. Grazie a questa visita ho potuto osservare che sono una realtà che sa scommettendo tantissimo su Industria 4.0 e toccare con mano le tecnologie 4.0 che hanno adottato.

Con riferimento alle professioni emergenti elencate dal World Economic Forum, prendendo in considerazione quelle più conosciute anche sotto consiglio del Centro Studi di UCIMU ho posto all'interno del questionario la seguente domanda:

L'implementazione di tecnologie abilitanti ha richiesto all'azienda l'assunzione di nuove figure professionali?

In caso di risposta affermativa, l'imprenditore è stato posto di fronte alla scelta delle seguenti professioni emergenti, con la possibilità di sceglierne una o più:

- Social Media Manager, il cui compito è quello di amministrare la pubblicità e, più in generale, il marketing sui social media aziendali. Tra i compiti più importanti rientrano: SEO (Search Engine Optimization), Reputation Management, sviluppo della brand awareness e reputazione online;

- Data Scientist, il cui compito è quello di studiare le grandi quantità di dati immagazzinati all'interno del Cloud al fine di ricavarne informazioni propedeutiche alle azioni strategiche;
- Business Intelligence Specialist, il cui ruolo è quello di progettare ed implementare i software di business intelligence. Questi ultimi consistono in applicazioni software che permettono di recuperare, analizzare, trasformare e fornire un resoconto dei dati;
- Analisti e Progettisti software, i quali si occupano di sviluppare un problema in termini informatici. In particolare raccolgono richieste, necessità e indicazioni del cliente e li integra nei processi aziendali valutando se sia fattibile o meno in termini economici e tecnologici;
- Ingegneri e Tecnici di Automazione Industriale, i quali progettano e gestiscono operativamente apparati e dispositivi automatizzati in grado di funzionare anche senza l'intervento umano;
- Cybersecurity Specialist, responsabili della sicurezza durante le fasi di sviluppo dei software, dei network e data centres. In sostanza il loro compito è quello di cercare le vulnerabilità ed i rischi sia a livello hardware sia a livello software, oltre a monitorare le intrusioni ed attacchi informatici.

Lo scopo di questa analisi è quello di verificare quali sono le professioni in cui le compagnie investono maggiormente e vedere quali sono le relazioni che intercorrono con il numero di tecnologie adottate.

Da precisare fin da subito, però, è che questa analisi fornisce dei dati di orientamento, in quanto all'interno del questionario è sì stata posta la domanda di cui sopra ma non è stato chiesto, per ciascuna professione ed in caso di risposta affermativa, il numero puntuale di addetti. In altre parole, ad esempio, se l'azienda ha assunto Cybersecurity Specialists ma non sono a conoscenza del numero degli stessi.

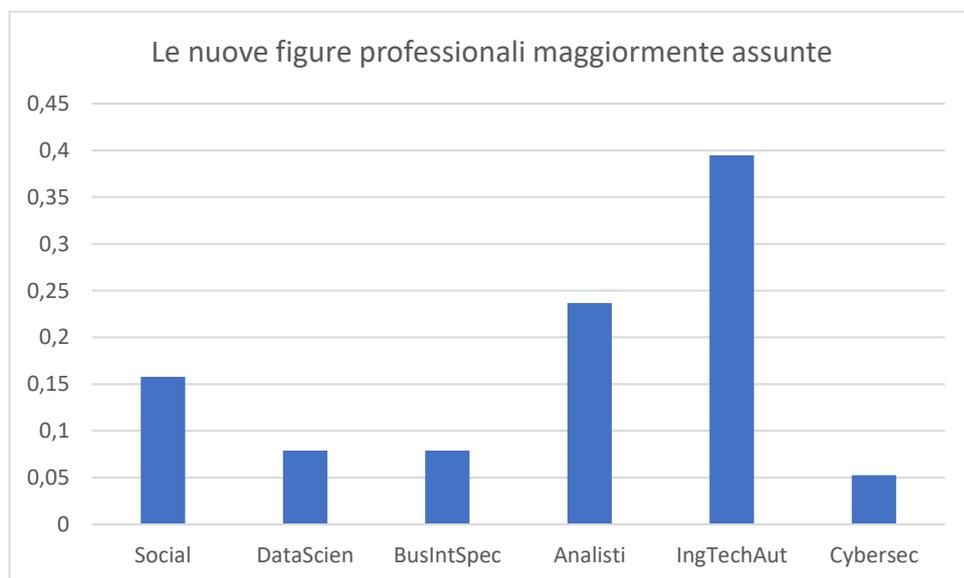
Con lo scopo di fornire un'idea di quale sia il punto di partenza dal quale partiamo comincio ad esporre i dati più generali, in modo da far comprendere al lettore qual è il tasso di risposta, quante imprese hanno risposto in modo affermativo e negativo. Dopo aver effettuato ciò mi concentrerò, restringendo

il campo sulla popolazione di imprese che ha assunto le figure professionali sopra riportate, sul tasso di assunzione per ciascuna delle professioni.

Innanzitutto parto col dire che il tasso di imprese che hanno omesso di rispondere corrisponde al 20% (10 imprese su 50), mentre quelle che hanno dato un riscontro positivo sono il 36% del campione (18 imprese su 50). La restante parte non presenta le nuove figure prese in considerazione dall'analisi. Restringendo il campo alle sole aziende che hanno assunto almeno una persona che possiede competenze nuove, vediamo quali sono, ad oggi, le nuove posizioni lavorative prese maggiormente in considerazione.

Figura 22 - Le nuove figure professionali maggiormente assunte

Fonte: Elaborazione propria



Come è possibile vedere dal grafico da me elaborato, circa il 40% del 36% delle imprese che hanno risposto in modo affermativo al quesito sulla necessità di assunzione di nuove figure professionali si è dotata di almeno un ingegnere o tecnico dell'automazione. La seconda categoria maggiormente presa in considerazione riguarda gli analisti e progettisti software e la terza i social media manager. A pari percentuali seguono i Data Scientists e gli specialisti di Business Intelligence e, in ultima posizione con una percentuale intorno al 5% si trovano gli specialisti di Cybersecurity.

Dopo questa breve analisi descrittiva, ho deciso di effettuare un'Analisi delle Corrispondenze Multiple per osservare quali relazioni intercorrono sia tra le nuove figure professionali attraverso l'ausilio del carattere che identifica il

numero di tecnologie già visto ed utilizzato in precedenza, in questo caso utilizzato come fattore supplementare.

Prima di osservare i risultati, però, credo sia necessario mostrare come ho rinominato le modalità dei caratteri che fanno riferimento alle professioni, in modo da facilitare la lettura della rappresentazione grafica.

Tabella 9 - Codifica delle Modalità

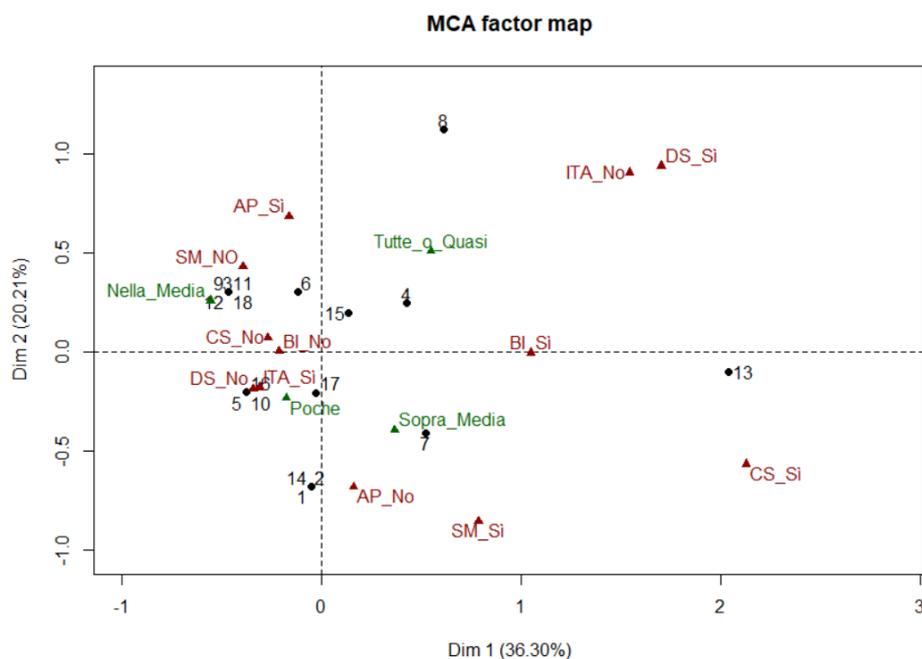
Fonte: Elaborazione propria

	Sì	No
Social Media Manager	SM_Sì	SM_No
Data Scientist	DS_Sì	DS_No
Business Intelligence Specialist	BI_Sì	BI_No
Analisti e Progettisti Software	AP_Sì	AP_No
Ingegneri e Tecnici dell'Automazione	ITA_Sì	ITA_No
Cybersecurity Specialist	CS_Sì	CS_No

I risultati dell'analisi sono riassunti nel grafico seguente:

Figura 23 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze Multiple

Fonte: Elaborazione propria



Osservando i risultati di questa MCA si osservano immediatamente degli aspetti molto interessanti. È possibile notare, infatti, che i quattro quadranti suddividono i fattori supplementari che si riferiscono al numero di tecnologie

implementate. Osservando invece le nuove figure professionali che fanno attivamente parte dell'analisi è osservabile come non coesistano in alcun modo le professioni che trattano direttamente i dati (Business Intelligence Specialist, Data Scientist e Cybersecurity Specialist) con quelle che, pur essendo emergenti fanno maggiormente parte del settore della macchina utensile (Analisti e progettisti software e Ingegneri e Tecnici dell'automazione). La ragione per cui affermo ciò è che è palese come un ingegnere o tecnico dell'automazione, insieme agli analisti e progettisti software, siano molto più complementari nei confronti di realtà che si occupano di progettare e realizzare macchinari in cui le parti meccaniche e software degli stessi devono coesistere perfettamente. Questo fattore avvalorato dal grafico di cui sopra in cui è possibile osservare che gli Ingegneri e Tecnici dell'Automazione sono presenti all'interno del terzo quadrante, area rappresentata dal fattore supplementare "Poche". Osservando bene il grafico è assolutamente evidente come la prima dimensione distingua in modo netto tra chi ha implementato molto dalle controparti. Emerge quindi una netta distinzione nella tipologia di figure professionali emergenti assunte da parte di chi ha già al proprio interno molte tecnologie.

Ulteriore aspetto che emerge è che la maggior parte delle aziende è posizionata in forte correlazione con la parte sinistra del grafico, quindi con la presenza al proprio interno di figure professionali più tipicamente connesse al core business.

L'ultimo elemento evidenziato dal grafico è quello che mi preoccupa maggiormente. Ricordo che nonostante l'analisi discrimini tra coloro che hanno adottato poche tecnologie dalle imprese che invece presentano un livello di implementazione elevato, in ogni caso tutti gli individui rientrano nella categoria degli adopters. Tra questi emergono solo le aziende 7 e 13 tra quelle che presentano al proprio interno Cybersecurity Specialists. Una volta digitalizzata, l'informazione è ovviamente esposta a rischi necessitando quindi di un adeguato livello di protezione. Questo deve essere fatto tenendo in considerazione l'intero ecosistema, dai subappaltatori alle società controllate, dai fornitori alle società di revisione contabile in quanto è ovvio che, una volta connessi in rete si è maggiormente esposti ad intrusioni informatiche da parte

di soggetti indesiderati e talvolta (se non sempre) con intenzioni poco lecite. Quindi non dovrebbero essere solo coloro che al proprio interno possiedono molte tecnologie ad adottare queste figure bensì tutti gli adopters di Industria 4.0, in quanto essere imprese 4.0 comporta, come appena detto, essere connessi in rete con tutte le possibili ripercussioni che derivano da un attacco informatico.

Un focus sulle Soft Skills

Le cosiddette Soft Skills sono un insieme di tratti personali che hanno un effetto sinergico, contribuendo all'efficacia della persona sia sul profilo personale sia su quello professionale. Le Soft Skills descrivono le attitudini di ciascuno di noi, la nostra compatibilità con gli altri e come affrontiamo le interazioni sociali, soprattutto per quanto riguarda il mondo lavorativo. Esse si contrappongono alle Hard Skills, le quali descrivono un set particolare di capacità tecniche. Al contrario le Soft Skills sono capacità che si possono definire trasversali.

Con la grandissima mole di nuovi prodotti, nuove tecnologie e nuovi modi di lavorare, i lavoratori dovrebbero diventare più creativi in modo da beneficiare di questi cambiamenti⁸⁰.

Le domande che mi sono poste e che sono alla base di ciò che verrà esposto in questo paragrafo sono: quali sono le relazioni che intercorrono con le Soft Skills? Ovvero: i cambiamenti osservati presentano una correlazione oppure ci sono alcune Soft Skills in controtendenza rispetto alle altre? Ci sono evidenze che portano a pensare che l'implementazione di tecnologie 4.0 sia correlata ad un cambiamento delle soft skills del personale?

Al fine di tentare di rispondere a questa domanda mi sono avvalso dell'Analisi delle Componenti Principali.

In merito a questa tematica, all'interno dell'indagine ho formulato la seguente domanda:

Indicare, su una scala da 1 a 5 (1 = per nulla, 5 = moltissimo), quanto sono cambiate le soft skills del personale tra le seguenti elencate:

- *Interdisciplinarietà;*
- *Leadership;*
- *Autonomia, responsabilità, adattabilità, proattività;*

- *Problem Solving;*
- *Capacità di lavorare in gruppo;*
- *Comunicazione infografica;*
- *Comunicazione digitale.*

Come già osservato nel procedimento della PCA svolto in precedenza, il primo passaggio necessario è stato quello di procedere con la normalizzazione dei dati e, successivamente, osservare se sussiste una correlazione tra le variabili protagoniste dell'analisi, in quanto se così non fosse non avrebbe senso procedere con l'Analisi delle Componenti Principali. Ho quindi creato una matrice di correlazione.

Tabella 10 - Matrice di correlazione tra le variabili

Fonte: Elaborazione propria

	Interdisciplinarietà	Leadership	Autonomia	Problem Solving	Lavoro in gruppo	Comunicazione infografica	Comunicazione digitale
Interdisciplinarietà	1.0000						
Leadership	0.6156	1.0000					
Autonomia	0.7628	0.6410	1.0000				
Problem Solving	0.5846	0.5914	0.7136	1.0000			
Lavoro in gruppo	0.5998	0.5390	0.7169	0.8554	1.0000		
Comunicazione infografica	0.6693	0.5798	0.6050	0.3805	0.4612	1.0000	
Comunicazione digitale	0.5819	0.3681	0.4950	0.4552	0.6402	0.7068	1.0000

Facilmente osservabile è che tutte le variabili presentano una correlazione che supera il valore soglia 0,3 e per questo motivo è possibile inserirle interamente all'interno dello studio. Effettuata questa verifica di fondamentale utilità, vediamo quali sono i risultati di questa Principal Component Analysis.

Ottenuti i risultati, al fine di "leggere" correttamente il grafico è necessario selezionare le componenti principali da tenere in considerazione. Utilizzo sempre il metodo degli Eigenvalues maggiori di 1. Dalla tabella sotto riportata è possibile osservare come anche in questo caso l'analisi si estrinseca in una sola componente principale, che intuitivamente è possibile identificare come "Cambiamento". Inoltre, da sola, spiega circa il 66% di variabilità.

Tabella 11 - Tabella degli autovalori

Fonte: Elaborazione propria

Eigenvalues	Dim.1	Dim.2	Dim.3	Dim.4	Dim.5	Dim.6	Dim.7
Variance	4.605	0.868	0.661	0.381	0.227	0.159	0.101
% of var.	65.779	12.394	9.442	5.436	3.239	2.268	1.442
Cumulative % of var.	65.779	78.173	87.615	93.051	96.290	98.558	100.000

Ora che ho effettuato la selezione della componente principale è importante osservare quali variabili sono comprese al suo interno, anche se credo sia piuttosto naturale ipotizzare che vi siano tutte.

Tabella 12 - Correlazione delle variabili con la prima componente principale

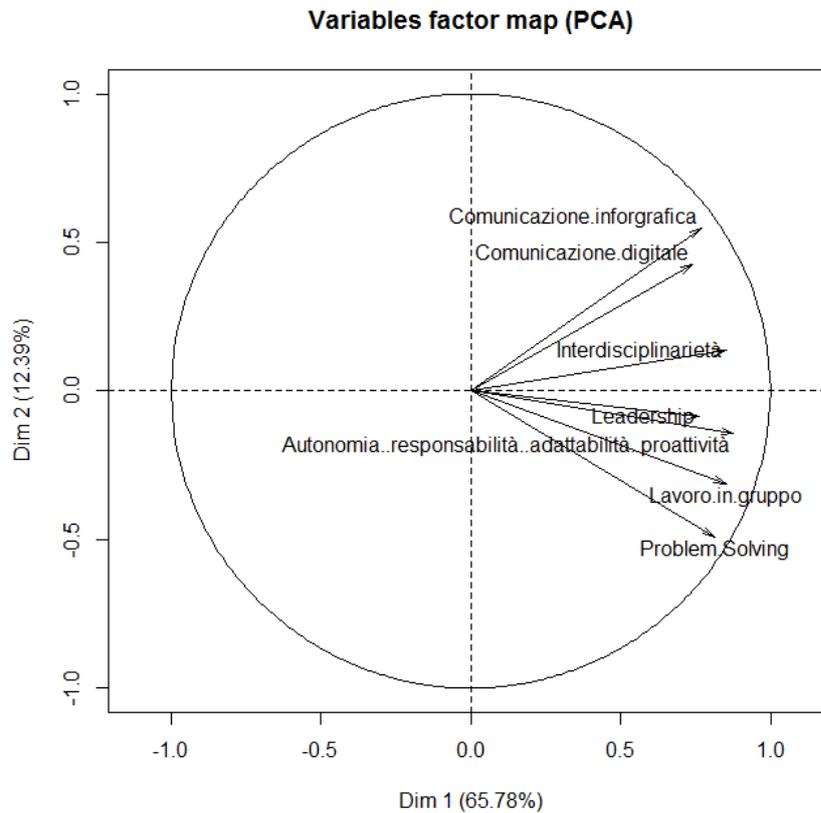
Fonte: Elaborazione propria

\$Dim.1	correlation
\$Dim.1\$quanti	
Autonomia..responsabilità..adattabilità..proattività	0.8771665
Lavoro.in.gruppo	0.8531136
Interdisciplinarietà	0.8519029
Problem.Solving	0.8138963
Comunicazione.inforgrafica	0.7682330
Leadership	0.7617974
Comunicazione.digitale	0.7407114

La tabella mostra ciò che ho ipotizzato poco sopra, ovvero che all'interno della prima dimensione sono ricomprese tutte le variabili, le quali presentano anche una buona correlazione con la componente principale, infatti il tasso più basso è di circa il 74,07%.

Figura 24 - Scree Plot PCA

Fonte: Elaborazione propria



Dall'outcome grafico è possibile osservare non solo come le variabili protagoniste di questa analisi siano tutte appartenenti alla prima componente principale bensì è anche palese che non sussistono correlazioni inverse tra le stesse. Sulla parte destra del grafico, quindi troveremo le imprese che hanno notato particolari cambiamenti nelle Soft Skills dei propri dipendenti mentre nella parte sinistra osserveremo, al contrario, chi ha osservato questo fenomeno in modo blando o addirittura assente. La correlazione che intercorre tra le variabili, in particolare tra "Interdisciplinarietà", "Leadership", "Autonomia, responsabilità, adattabilità, proattività", insieme alle due tipologie di comunicazione, sono le correlazioni che più mi sarei aspettato. Se queste variabili fossero incorrelate o, addirittura, nel caso in cui presentassero una correlazione negativa sarebbe strano. È infatti abbastanza normale che chi assume posizioni di Leadership sia in grado di operare con autonomia, essere responsabile, adattarsi ai cambiamenti che soprattutto nelle realtà quotidiane

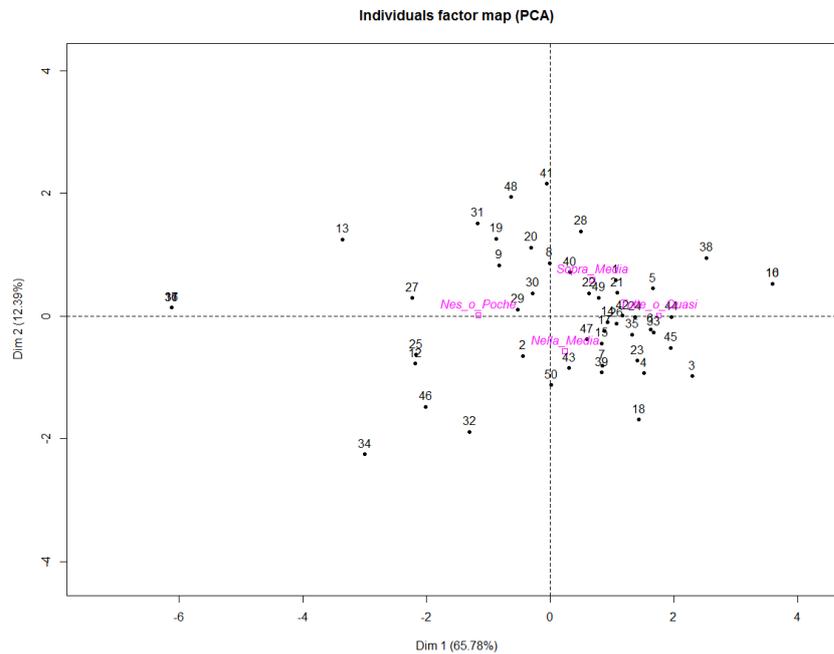
sono repentini ed essere proattivi, ovvero anticipare, rispetto a reagire passivamente a ciò che accade attorno a sé.

Adesso che sono a conoscenza del fatto che le Soft Skills tendono ad essere collegate tra di loro e che quindi non ce ne sono alcune che cambiano ed evolvono a discapito di altre, passo alla domanda più interessante che mi sono posto: ci sono evidenze che portano a pensare che l'implementazione di tecnologie 4.0 sia correlata ad un cambiamento delle soft skills del personale? Al fine di rispondere al quesito ho utilizzato la suddivisione in classi per il numero di tecnologie già vista precedentemente, utilizzata come fattore supplementare all'interno dell'Analisi delle Componenti Principali. Come le modalità del carattere qualitativo "N_Tec" sono proiettate all'interno del piano fattoriale lo vediamo dalla mappa degli individui.

Dalla mappa fattoriale degli individui (o per meglio dire delle imprese) è possibile osservare che non ci siano osservazioni posizionate sul centroide, quindi non sono presenti punti che sintetizzano le variabili se non le imprese 2, 29 e 30. Come affermato in precedenza sulla destra del grafico troviamo coloro che hanno percepito cambiamenti elevati nelle Soft Skills del personale, mentre a sinistra le rispettive controparti. Per ciò che concerne le prime vediamo che si suddividono in altri due macro-gruppi. Il primo riguarda le aziende che sono caratterizzate da una forte correlazione con la prima dimensione e che quindi hanno evidenziato una variazione delle Skills in generale. Il secondo fa riferimento a quei soggetti che sono particolarmente caratterizzati da una determinata variabile e che quindi evidenziano al proprio interno cambiamenti più su una determinata area rispetto alle altre. Ad esempio l'impresa 18 presenta particolari modificazioni sul Problem Solving, mentre la 16 sull'Interdisciplinarietà. Questi sono solo due esempi, ce ne sarebbero altri da mostrare.

Figura 25 - Mappa fattoriale degli individui con modalità supplementari

Fonte: Elaborazione propria

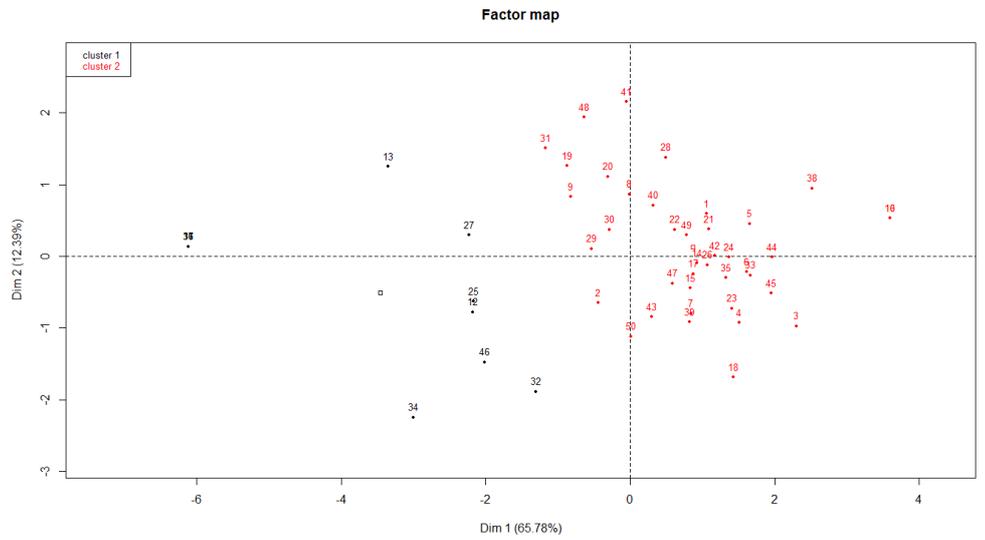


Ora arriviamo alla parte centrale ed a mio avviso più interessante di questo paragrafo. Vediamo infatti che la prima dimensione, oltre a discriminare tra coloro che hanno percepito cambiamenti rispetto a chi invece non li ha notati contrappone anche le modalità del carattere qualitativo utilizzato come fattore supplementare. È evidente infatti che sulla sinistra, ovvero tra coloro che non hanno percepito alcun cambiamento nelle Soft Skills, sia proiettata la modalità “Nes_o_Poche”, mentre sulla destra sono presenti “Nella_Media”, “Sopra_Media” e “Tutte_o_Quasi”. Ciò vuol dire che già a partire da coloro che hanno implementato un numero di tecnologie comprese tra 3 e 5 cominciano a notarsi cambiamenti nelle capacità (non tecniche) dei dipendenti.

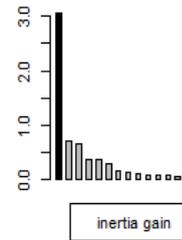
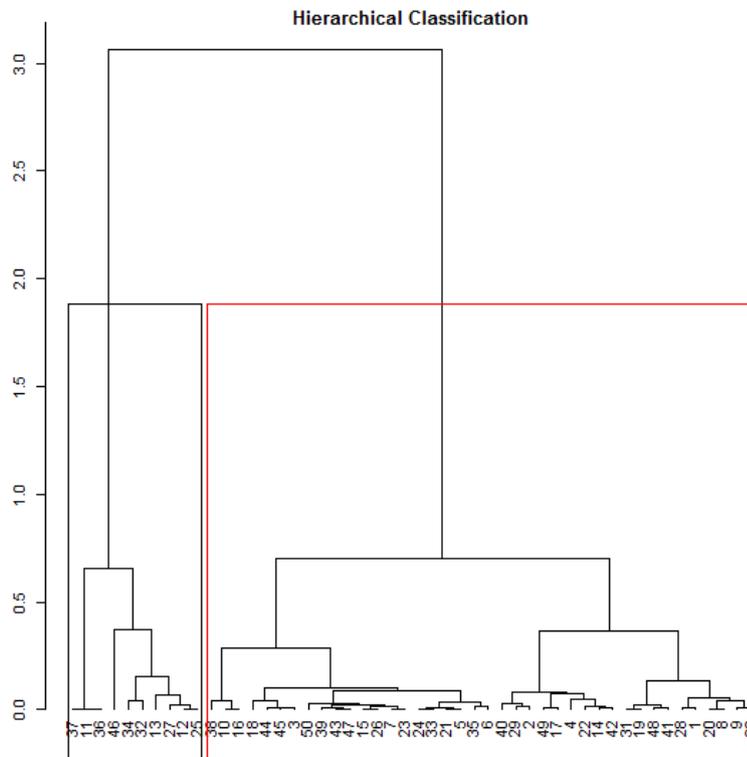
Ad avvalorare ciò che ho detto finora vi è la Cluster Analysis. Possiamo infatti notare come il software statistico R abbia suddiviso automaticamente il campione in 2 cluster, che a rigor di logica possiamo identificare come: Cluster 1: imprese che non hanno notato particolari variazioni nelle soft skills del personale; Cluster 2: imprese che hanno notato particolari variazioni nelle soft skills del personale.

Figura 26 - Cluster Analysis

Fonte: Elaborazione propria



Hierarchical Clustering



In ogni caso è possibile notare come il secondo cluster sia maggiormente popolato, il che significa che l'importanza di queste capacità non tecniche sta diventando sempre più importante. Inoltre, in conclusione di questo paragrafo

voglio sottolineare che non sono in grado di affermare se sussista o meno un nesso di causalità tra le Soft Skills ed il numero di tecnologie 4.0 presenti in azienda, ciò che però emerge chiaramente è che chi è 4.0 nota certamente più variazioni rispetto a chi non lo è.

La dimensione aziendale e l'implementazione di Industria 4.0

Dopo aver concentrato l'attenzione sulle risorse umane non mi rimane che soffermarmi sulla parte centrale che costituisce questa ricerca: gli investimenti in tecnologie abilitanti correlati alla dimensione aziendale ed i benefici che ci si aspetta per ciascuna, nonché le motivazioni che hanno portato, eventualmente, a non investire.

L'ipotesi di partenza di questo studio, sostenuta dalla letteratura a cui ho fatto riferimento in particolare nel secondo capitolo di questo volume, è che le Piccole e Medie Imprese implementino meno rispetto alle controparti di più grandi dimensioni. La mia intenzione è quindi quella di verificare questo fenomeno.

Come detto sopra è importante, ancora una volta, sottolineare una difficoltà incontrata durante il processo di analisi dei dati: al fine di invogliare le imprese a rispondere la decisione è stata quella di non inserire, all'interno del questionario, alcun obbligo di risposta. Per questo motivo ho dovuto avere a che fare con osservazioni mancanti. Una volta preso atto della presenza di informazioni *missing* la decisione che ho preso, al fine di studiare al meglio il fenomeno, è la seguente: in primo luogo prendo tutte le osservazioni riguardanti l'avvenuto o il mancato investimento in tecnologie abilitanti, comprese le mancate risposte, ed analizzo il database così come si trova. Questo per fornire un'idea più generale della situazione ed osservare quale tipologia di impresa sia maggiormente incline a "saltare" le risposte. L'effetto atteso è ovviamente una scarsa rappresentatività del modello comportata da una bassa spiegazione della variabilità da parte delle dimensioni. Nonostante ciò ho deciso di inserire ciò all'interno delle analisi per osservare il fenomeno nel suo insieme. In secondo luogo il procedimento da me seguito è stato quello ripulire il database da tutte quelle osservazioni che presentavano anche solo

una risposta mancante, operazione che comporta sicuramente una perdita di informazioni ma che certamente mi permette di osservare il fenomeno in modo più preciso.

Al fine di consentire una comprensione ottimale della rappresentazione grafica ho elaborato la seguente tabella in cui viene esposta la codificazione delle variabili.

Tabella 13 - Codifica delle variabili

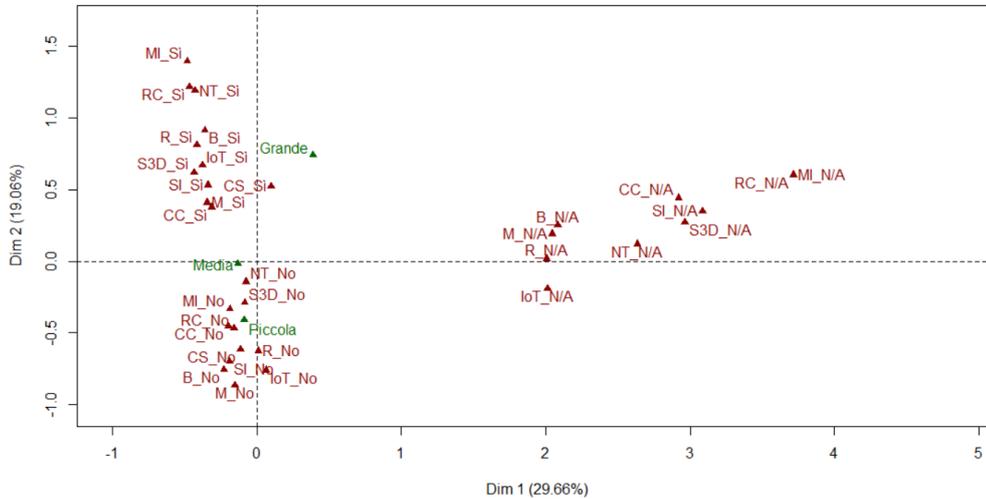
Fonte: Elaborazione propria

	Sì	No	Missing
Meccatronica	M_Sì	M_No	M_N/A
Robotica	R_Sì	R_No	R_N/A
Robotica Collaborativa	RC_Sì	RC_No	RC_N/A
Internet of Things	IoT_Sì	IoT_No	IoT_N/A
Big Data Analysis	B_Sì	B_No	B_N/A
Cloud Computing	CC_Sì	CC_No	CC_N/A
Cybersecurity	CS_Sì	CS_No	CS_N/A
Stampa 3D	S3D_Sì	S3D_No	S3D_N/A
Simulazione	SI_Sì	SI_No	SI_N/A
Nanotecnologie	NT_Sì	NT_No	NT_N/A
Materiali Intelligenti	MI_Sì	MI_No	MI_N/A

Osserviamo, ora, il primo outcome di questo studio.

Figura 27 - Mappa fattoriale delle sole modalità Fonte:

Elaborazione propria



Guardando alla mappa fattoriale appena sopra, plottata senza gli individui con l'obiettivo di osservare meglio i fattori, vediamo che esistono tre gruppi ben distinti degli stessi: le risposte positive, quelle negative e le missing.

Inoltre la variabilità spiegata dalle due dimensioni è pari a circa il 49%.

Con l'ausilio dei riferimenti numerici forniti dal software statistico, utilizzati in modo complementare con la rappresentazione grafica, comincio a fornire una visione panoramica ricordando che questo outcome specifico è distorto a causa delle osservazioni mancanti.

Tabella 14 - Correlazione delle modalità con le dimensioni

Fonte: Elaborazione propria

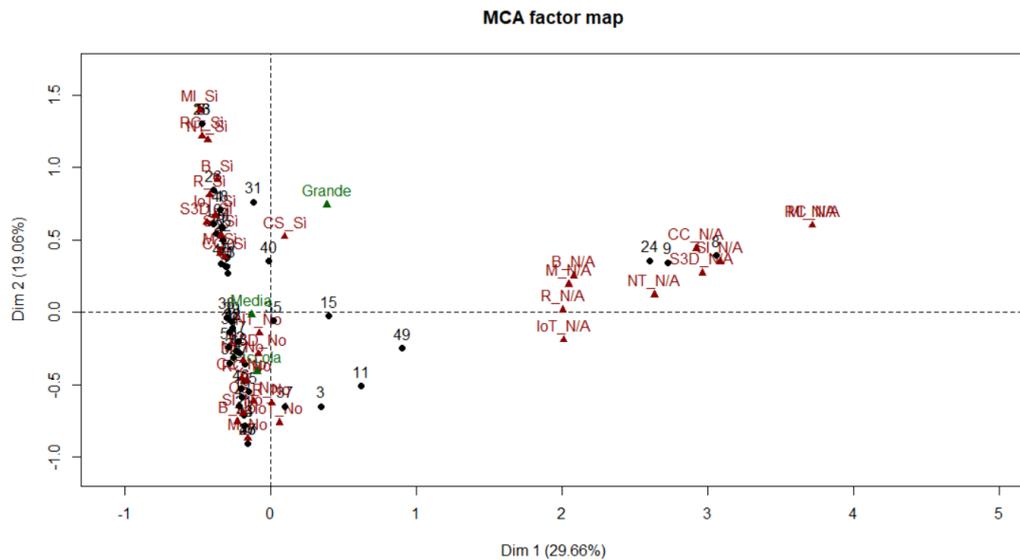
S'Dim 1'Scategory			S'Dim 2'Scategory		
	Estimate	p.value		Estimate	p.value
MI_N/A	2.0322724	7.021858e-24	B_Si	0.4688229	5.260376e-09
RC_N/A	2.0213982	7.021858e-24	RC_Si	0.4622342	4.521099e-08
SI_N/A	1.6803092	4.986593e-20	IoT_Si	0.4603741	1.075128e-07
CC_N/A	1.5930549	9.856124e-16	R_Si	0.4485317	1.661324e-07
B_N/A	1.1918790	6.875370e-11	MI_Si	0.5066413	2.734767e-06
M_N/A	1.1517822	2.184597e-10	CS_Si	0.3427549	1.804456e-05
S3D_N/A	1.6178322	3.967184e-10	SI_Si	0.2838366	7.256401e-05
IoT_N/A	1.0873339	5.635809e-06	M_Si	0.3003409	4.105306e-04
R_N/A	1.1074140	6.141805e-06	NT_Si	0.4828470	4.371646e-03
NT_N/A	1.4469256	5.664345e-05	Grande	0.3836456	4.735946e-03
B_Si	-0.6466400	4.702588e-02	S3D_Si	0.2527973	5.569499e-03
CC_Si	-0.8399281	4.277314e-02	CC_Si	0.1547439	1.305048e-02
SI_Si	-0.8962415	1.687003e-02	Piccola	-0.3095689	2.315216e-02
R_Si	-0.7146632	1.876213e-02	MI_No	-0.3212898	1.100472e-02
MI_No	-0.9050742	1.216490e-02	S3D_No	-0.2943416	3.958612e-03
IoT_Si	-0.7091150	7.179494e-03	CC_No	-0.3473565	2.424037e-03
M_Si	-0.6483378	3.509767e-03	CS_No	-0.3427549	1.804456e-05
			M_No	-0.4696679	1.693944e-05
			SI_No	-0.4579180	5.292053e-06
			B_No	-0.5376345	2.442055e-10
			IoT_No	-0.4019565	3.823488e-07
			R_No	-0.4180292	2.970457e-07
			RC_No	-0.5539320	5.162585e-09

Dalle tabelle, così come anche dal grafico risulta intuitivo, è possibile notare come la prima dimensione contrapponga le risposte positive e quelle mancanti, mentre la seconda dimensione contrappone gli investimenti effettuati da quelli

invece mancanti. Altra distinzione che opera la seconda dimensione è quella sulla grandezza delle imprese, in particolare tra quelle grandi e quelle piccole.

Tabella 15 - Mappa fattoriale dell'Analisi delle Corrispondenze Multiple

Fonte: Elaborazione propria



Quindi facendo un ragionamento sotto il punto di vista grafico ed in base alle informazioni appena esposte: nella parte alta troveremo le grandi imprese mentre in quella bassa troveremo le piccole imprese. Più nel dettaglio:

- In alto a sinistra troveremo le medie e grandi imprese che hanno implementato la maggior parte delle tecnologie;
- In alto a destra le medie e grandi imprese che hanno omesso di rispondere alla maggior parte dei quesiti sulle tecnologie;
- In basso a destra le PMI che non hanno risposto alla maggior parte dei quesiti sulle tecnologie;
- In basso a sinistra le PMI che non hanno implementato le tecnologie.

Le medie imprese sono “sparse” tra i 4 quadranti, diversamente dalle altre due tipologie, in quanto molto vicine all’origine del grafico.

Inoltre fino ad ora abbiamo trovato che: le grandi imprese sono quelle con un maggior numero di risposte missing; le grandi imprese sono anche quelle che investono di più; sulle medie imprese non è possibile ragionare con sufficiente sicurezza in quanto sono posizionate al centro del grafico e quindi presentano caratteristiche comuni sia a quelle grandi sia a quelle piccole; le piccole imprese sono quelle che investono meno, come d’altronde già rilevato a livello

puramente descrittivo. Un ragionamento in merito al fatto che siano proprio le imprese di grandi dimensioni ad essere quelle che più spesso omettono di rispondere è necessario. Ha infatti senso che sia in questo modo, e credo che sia dovuto ad una spiegazione molto semplice: le persone che hanno risposto al questionario. Capita spesso infatti che alle indagini risponda una persona che non sia in possesso delle informazioni richieste in quanto il ruolo ricoperto all'interno della realtà in cui lavora non riguarda l'oggetto dell'indagine. Durante la diffusione della stessa, infatti, non nascondo che mi siano arrivate mail da parte di alcune grandi imprese le quali affermavano proprio che determinate risposte non erano in grado di fornirle in quanto non in possesso delle relative informazioni.

Fornita un'idea generale di come le varie tipologie di impresa hanno risposto e di qual è la tendenza negli investimenti faccio un passo avanti.

Il passaggio obbligatorio dal quale è necessario passare è la scrematura del data set. L'analisi appena effettuata infatti non produce risultati interessanti proprio a causa delle osservazioni mancanti, quindi ho proceduto a ripulire il mio database da tutte quelle osservazioni che ne presentavano anche soltanto una. Ovviamente come tutte le procedure di questo tipo esiste un lato negativo rappresentato dalla perdita di informazioni.

Una regressione lineare

Ora che ho verificato qual è la tendenza nelle risposte delle imprese per quanto riguarda l'argomento specifico delle tecnologie, ritengo sia importante tentare di evidenziare un nesso di causalità tra la dimensione aziendale ed il numero di tecnologie implementate. Tentando di ottenere questo risultato utilizzo il metodo della regressione lineare utilizzando il software statistico Stata.

Il metodo da me utilizzato è molto semplice.

Innanzitutto ho utilizzato come variabile outcome il numero di tecnologie implementate dalle imprese, mentre la variabile trattamento, ovviamente, è la dimensione aziendale. Più nello specifico ho proceduto alla trasformazione del mio outcome in logaritmo in modo da ottenere i risultati in percentuale, mentre il treatment è diventato una dummy variable di valore 1 se l'impresa è una PMI e di valore 0, invece, se è una grande impresa.

Tabella 16 - Regressione lineare 1

Fonte: Elaborazione propria

VARIABLES	(1) logNtech
Dimensione	-0.691*** (0.162)
Constant	1.970*** (0.110)
Observations	41
R-squared	0.167

Robust standard errors in parentheses
 *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Da questa prima regressione lineare si evince che esiste una correlazione negativa tra PMI e numero di tecnologie, in particolare ciò che la tabella di cui sopra informa è che le Piccole e Medie Imprese possiedono circa il 69% in meno di tecnologie 4.0 rispetto alle grandi imprese. Questa analisi però non basta in quanto i dati potrebbero essere affetti da bias da selezione. In altre parole, per rendere il concetto semplice, il confronto tra i due gruppi di imprese (PMI e Grandi) potrebbe non essere effettuato a parità di condizioni, rendendo l'analisi non attendibile.

Al fine di tentare di risolvere questo problema è necessario selezionare ulteriori variabili: le variabili di controllo.

Prima di elencare le variabili di controllo utilizzate è molto importante fornire una motivazione per la loro selezione.

Durante il mio giro di interviste infatti ho posto alcune domande interessanti per quanto riguarda le motivazioni che hanno spinto le diverse aziende, nel caso di investimento in Industria 4.0, ad investire e se l'internazionalizzazione ha costituito un fattore importante nella decisione. La domanda è la seguente:

Quali sono i fattori che hanno portato la Sua impresa ad investire in Industria 4.0? L'Internazionalizzazione ha giocato un ruolo fondamentale oppure no?

Le risposte sono state differenti tra le diverse tipologie di imprese. Vediamo.

- Cibotti (Grande impresa): *I fattori che hanno portato ad investire in Industria 4.0 sono due: la crisi del 2009 e le richieste di clienti esteri. Nel 2009 la crisi del*

settore della macchina utensile fu pesante e noi, insieme ad altri costruttori, capimmo che dovevamo ridefinire i paradigmi della nostra tecnologia al fine di garantire aumenti di produttività. Lo facemmo migliorando le performance delle nostre macchine (che sono oggi molto più veloci di allora a parità di affidabilità) e progettando una traiettoria evolutiva basata su nuove tecnologie digitali in grado di fornire nuovi servizi ai nostri utilizzatori

Parallelamente, dal 2012 abbiamo iniziato a ricevere sempre più richieste di clienti che avevano bisogno di integrare le nostre tecnologie di automazione con impianti di altri costruttori e con i loro sistemi informativi; possiamo quindi affermare che l'internazionalizzazione ha giocato un ruolo chiave.

- *Biglia (Media impresa): I motivi che ci hanno portato ad investire in Industria 4.0 sono l'integrazione, lo sviluppo ed il controllo della produzione. Riteniamo infatti che costituisca un processo prettamente interno all'attività aziendale, mentre i processi di internazionalizzazione possono fungere da eventuale stimolo.*

L'unica piccola impresa intervistata, la Rettificatrici Ghiringhelli S.p.A. leader mondiale nella costruzione di rettificatrici senza centri, non ha ancora investito in Industria 4.0. La Dottoressa Patrizia Ghiringhelli, Joint Manager, spiega il mancato investimento attraverso la seguente spiegazione:

La nostra azienda non ha investito in Industria 4.0 nel senso che non ha realizzato investimenti importanti in tema di digitalizzazione in questi ultimi due anni. La motivazione principale è da trovarsi nella natura stessa della nostra organizzazione. Noi progettiamo e costruiamo rettificatrici senza centri su richiesta dell'utilizzatore finale, non abbiamo quindi una produzione di serie quanto piuttosto realizziamo soluzioni di rettifica customizzate. L'azienda, dovendo quindi soddisfare richieste provenienti da clienti spesso di grosse dimensioni, strutturati e globalizzati, si è dotata di opportuni strumenti diversi anni fa. Quindi non ha dovuto affrontare investimenti importanti per innovarsi e rispondere alle nuove esigenze della clientela legate a Industria 4.0.

Nonostante negli ultimi due anni non abbiano effettuato investimenti in Industria 4.0 l'intenzione dell'azienda è quella di andare verso questa direzione, affermando quanto segue:

È indubbio che per mantenere e difendere la propria leadership di mercato la nostra azienda non può smettere di investire ed innovarsi. L'attenzione per ciò che richiede il mercato, e soprattutto gli utilizzatori di riferimento delle nostre rettificatrici senza centri, è sempre elevata. Pertanto riteniamo di prevedere anche i futuro investimenti ed implementazioni di tecnologie riconducibili al tema di Industria 4.0.

Attraverso questi incisi è possibile notare come il tema dell'internazionalizzazione sia fondamentale, soprattutto soffermandosi sulla grande e media impresa intervistate: secondo la prima ha giocato un ruolo chiave, mentre per la seconda comporta un ruolo accessorio, di stimolo, soffermandosi maggiormente sull'aspetto interno della produzione. È quindi possibile che le aziende di grandi dimensioni siano maggiormente spinte ad investire in quanto per loro natura dimensionale più spinte all'internazionalizzazione. Anche in funzione della letteratura esistente molte tecnologie consentono una migliore integrazione coi partner esteri e con le eventuali filiali. Per tali ragioni potrebbe sussistere un bias che rende non omogeneo il confronto tra i due gruppi analizzati.

In base a quanto appena affermato le principali variabili di controllo che sono state selezionate riguardano proprio il tema dell'internazionalizzazione, in particolare:

- La quota export, espressa in percentuale, del fatturato;
- La presenza o meno attraverso filiali proprie all'estero o comunque essere una consociata, variabile dummy (se sì = 1, se no = 0)
- Il numero di paesi in cui le imprese sono presenti con le proprie filiali (senza specificare il numero di queste).

Vediamo il risultato delle regressioni con inserite le variabili di controllo.

Tabella 17 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (1)

Fonte: Elaborazione propria

VARIABLES	(1) logNtech	(2) logNtech	(3) logNtech	(4) logNtech
Dimensione	-0.691*** (0.162)	-0.684*** (0.168)	-0.677*** (0.172)	-0.679*** (0.183)
export		0.00134	-0.000753	-0.000777

		(0.00301)	(0.00297)	(0.00322)
Filiali/Consociate			0.379*	0.382*
			(0.195)	(0.225)
Numeropaesiesteri				-0.000153
				(0.00501)
Constant	1.970***	1.903***	1.770***	1.773***
	(0.110)	(0.194)	(0.226)	(0.243)
Observations	41	41	41	41
R-squared	0.167	0.171	0.240	0.240

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Come è possibile osservare dalle tre ulteriori regressioni lineari che sono state effettuate il numero di tecnologie implementate dalle piccole imprese rimane negativa ed è aumentata di circa un punto percentuale (dal 69% al 68%). Il fattore ancora più importante è che gli outcome delle analisi sono statisticamente significativi con un p value minore di 0,01. Un altro fattore interessante è la variabile Filiali/Consociate in cui le piccole imprese risultano superiore del 38,2%. Questo risultato è da interpretare correttamente. Il fatto che le piccole imprese siano positivamente (ed in modo statisticamente significativo) correlate con la variabile appena menzionata riguarda il fatto che esse stesse sono filiali o consociate di minori dimensioni collocate in Italia da grandi multinazionali. Non essendo una variabile derivante dal questionario elaborato bensì ricavata da me ricercando le informazioni dai siti web delle imprese ho deciso, per semplicità, di affermare che esse possiedono filiali estere pur non essendo la casa madre a rispondere, avendo comunque un forte orientamento all'internazionalizzazione data la natura per le quali sono state costituite. Altro fattore importante riguarda proprio quelle osservazioni missing, che come abbiamo visto nell'Analisi delle Corrispondenze Multiple eseguita all'inizio sono riconducibili alle grandi imprese, fattore che ha fatto in modo che venissero escluse dalla regressione.

Fatte queste precisazioni e controllando per le variabili appena menzionate la correlazione negativa rimane pressochè invariata e statisticamente significativa, con un p value inferiore a 0,01.

Un passo avanti ora è necessario. Particolare attenzione infatti va posta sul personale qualificato. Infatti, come osservato sopra nell'Analisi delle

Corrispondenze effettuata tra il numero di tecnologie implementate ed il numero di dipendenti laureati, ho verificato la sussistenza di una relazione statisticamente significativa tra le tecnologie 4.0 e questi ultimi. Essendo ragionevole pensare che le aziende di maggiori dimensioni dispieghino al proprio interno un maggior numero di personale qualificato ho deciso di utilizzare come variabile di controllo i dipendenti STEM in quanto potrebbe essere che un elevato tasso di specializzazione interno comporti minori riserve nei confronti di Industria 4.0. Nei confronti di questa variabile va fatta una precisazione: essa è stata trasformata in percentuale rispetto al totale, questo nel tentativo di eliminare la correlazione (e quindi il problema della collinearità) che sussiste con la variabile dipendente di questo modello. Osserviamo i risultati.

Tabella 18 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (2)

Fonte: Elaborazione propria

VARIABLES	(1) logNtech	(2) logNtech	(3) logNtech	(4) logNtech	(5) logNtech
Dimensione	-0.691*** (0.162)	-0.684*** (0.168)	-0.677*** (0.172)	-0.679*** (0.183)	-0.553*** (0.135)
export		0.00134 (0.00301)	-0.000753 (0.00297)	-0.000777 (0.00322)	-0.000377 (0.00319)
Filiali			0.379* (0.195)	0.382* (0.225)	0.332 (0.227)
Numeropaesiesteri				-0.000153 (0.00501)	0.00155 (0.00433)
stemperc					0.736*** (0.159)
Constant	1.970*** (0.110)	1.903*** (0.194)	1.770*** (0.226)	1.773*** (0.243)	1.522*** (0.181)
Observations	41	41	41	41	41
R-squared	0.167	0.171	0.240	0.240	0.341

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Osservando la regressione appena effettuata si osserva che la correlazione rimane sempre negativa e statisticamente significativa, fattore certamente interessante anche se ciò che mi preme maggiormente è giustificare quella percentuale così alta di personale laureato nelle aziende di piccole e medie dimensioni rispetto alle controparti. La possibile risposta proviene dall'Istituto Italiano di Statistica, in cui all'interno di una pubblicazione editoriale del 2017⁸¹ afferma che nel settore manifatturiero le Micro e Piccole aziende sono caratterizzate da un'alta quota di laureati, mentre per le Grandi attività questa caratteristica non compare, come descritto dalla seguente tabella.

Tabella 19 - I profili delle imprese che creano occupazione nel settore metalmeccanico

Fonte: ISTAT⁸⁶

MACROSETTORE	Dimensione	Principali caratteristiche dell'impresa			Principali caratteristiche della forza lavoro
Manifattura	Micro (1-9 addetti)	>10 anni	basso clup		alta quota di under40 laureati
	Piccole (10-49 addetti)	>10 anni	basso clup	elevato fatturato	alta quota di under40 laureati
	Medie (50-249 addetti)	>10 anni		elevato fatturato	alta quota di under40 laureati
	Grandi (250 addetti e oltre)	>10 anni		elevato fatturato	alta quota di under40 laureati

In ultima istanza abbiamo visto che una delle cause principali, e secondo me tra le più interessanti, per cui le Piccole imprese si astengono dall'implementazione di Industria 4.0 è la mancanza di case studies, quindi di casi di successo di altre imprese che invece hanno intrapreso il percorso verso la digitalizzazione. Inoltre quando si tratta di nuove adozioni tecnologiche è ormai risaputo che le PMI non rientrano quasi mai tra gli Early Adopters. Per questi motivi ho deciso di utilizzare come ultima variabile di controllo l'autovalutazione dell'esperienza nel campo Industry 4.0, espressa sotto forma di scala Likert.

Prima di procedere però ho effettuato un ulteriore passaggio. Essendo la variabile indipendente binaria ho deciso di trasformare la scala Likert, espressa in valori discreti da 1 a 5, in cinque dummy variables che controllano per ciascun grado di esperienza indicato dall'impresa. Il risultato è il seguente.

Tabella 20 - Regressione lineare con l'aggiunta di variabili di controllo (3)

Fonte: Elaborazione propria

VARIABLES	(4) logNtech	(5) logNtech	(6) logNtech
-----------	-----------------	-----------------	-----------------

Dimensione	-0.679*** (0.183)	-0.553*** (0.135)	-0.461** (0.173)
export	-0.000777 (0.00322)	-0.000377 (0.00319)	-0.000996 (0.00361)
Filiali	0.382* (0.225)	0.332 (0.227)	0.281 (0.237)
Numeropaesiesteri	-0.000153 (0.00501)	0.00155 (0.00433)	0.00245 (0.00499)
stemperc		0.736*** (0.159)	0.754*** (0.196)
esp2			-0.822** (0.348)
esp3			-0.173 (0.199)
esp4			-0.176 (0.286)
Constant	1.773*** (0.243)	1.522*** (0.181)	1.672*** (0.188)
Observations	41	41	41
R-squared	0.240	0.341	0.392

Robust standard errors in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Innanzitutto è necessario specificare che le dummies esp1 e esp5 sono state omesse in quanto affette da collinearità con la variabile indipendente. Nonostante questa problematica abbiamo comunque tre indicatori che rispettivamente rappresentano un basso, medio e alto livello di esperienza. In ogni caso compare, ed è un risultato statisticamente significativo, che le PMI dichiarano sostanzialmente di non avere poca esperienza.

Alla fine delle analisi e controllando per quelle variabili che, compatibilmente col database a mia disposizione, mi sembravano costituissero differenze tra i gruppi (PMI e grandi imprese) emerge con significatività statistica, con un p value minore di 0,05, che le PMI implementano circa il 46% di tecnologie in meno rispetto alle controparti.

Critiche

Alla fine di questa analisi credo che alcune critiche vadano mosse.

Innanzitutto la regressione lineare non è stata effettuata sull'intero database, questo non per volontà mia bensì per ragioni dovute alla mancanza di risposte da parte delle aziende. Questo potrebbe comportare distorsioni nei risultati.

Altra critica riguarda la variabile di controllo “Filiali”. Alcune imprese di piccole dimensioni infatti sono esse stesse filiali estere di grandi multinazionali, ma essendo società costituite in Italia spesso di natura commerciale risultano come piccole o medie imprese. Come specificato già sopra, data la loro natura internazionale ho deciso comunque di affermare che esse possiedono filiali estere, costituendo potenzialmente un elemento di distorsione.

I benefici attesi e percepiti dalle imprese intervistate

Ora che il minore investimento da parte delle piccole e medie imprese è stato appurato attraverso un’analisi di regressione ritengo che sia interessante verificare quali siano i maggiori benefici attesi da parte delle imprese che hanno investito e le motivazioni che hanno portato a non effettuare questa scelta.

Al fine di fornire analisi che contengano un numero di osservazioni sufficientemente elevato ho deciso di osservare i benefici attesi delle prime tre tecnologie, in termini di adozione, e le prime tre in termini di mancata implementazione. Per quanto riguarda le prime abbiamo visto che le più utilizzate, in ordine crescente, sono: Meccatronica, Simulazione e Internet of Things; Per quanto riguarda le seconde invece: Robotica Collaborativa, Nanotecnologie e Materiali Intelligenti.

Le domande previste durante le mie interviste presso le imprese contenevano un quesito dedicato ai benefici, in particolare:

Quali si aspetta siano i maggiori benefici? Quali sono invece i benefici già riscontrati?

In questo caso le risposte sono piuttosto simili tra la media e la grande azienda intervistate:

- Cibotti: *Riteniamo che i maggiori benefici futuri si otterranno grazie alle tecnologie predittive che si potranno gestire a bordo delle nostre macchine e impianti per capire in anticipo i problemi (ad esempio il fermo macchina) ed agire in modo preventivo.*

I benefici che i nostri clienti hanno già riscontrato sono vari:

- *Maggiore rapidità di risposta al mercato;*
- *Riduzione di attività manuali e ripetitive;*
- *Telecontrollo e teleassistenza con conseguente riduzione di tempi e costi per interventi e spostamenti di personale in giro per il mondo;*

- *Informazioni a costo zero e in tempo reale su oee ed altri indici di produttività di macchina, disponibili anche online e su vari dispositivi mobile.*
- *Biglia: I benefici che abbiamo già riscontrato all'interno della nostra impresa riguardano principalmente la riduzione dei costi ed un aumento dell'efficienza. I benefici che ci attendiamo riguardano invece la crescita della conoscenza dei dati all'interno dell'azienda, in modo da individuare quelle aree di inefficienza che l'uomo da solo, nonostante gli sforzi quotidiani, non è in grado di distinguere.*

Conclusione

Questo elaborato è stato strutturato, come visto, in tre parti. La prima, più a carattere generale, che sviscera tutti quegli aspetti più generali legati ad Industria 4.0, concentrandosi soprattutto sulle sfide di carattere manageriale che le imprese devono (o dovranno) affrontare, in particolare: analisi e strategia, quindi tutti i problemi legati alla valutazione della maturità aziendale al fine di affrontare al meglio il passaggio tecnologico; Pianificazione e implementazione; Cooperazione e networks; Business model e business model innovation; Risorse umane, sia dal punto di vista dei subordinati sia di quello dei dirigenti; gli effetti sull'occupazione e i cambiamenti che l'istruzione deve affrontare con lo scopo di formare i giovani con le skills adatte alla nuova rivoluzione tecnologica in atto.

La seconda parte affronta invece tutti gli aspetti di difficoltà che le Piccole e Medie imprese devono combattere al fine di promuovere al loro interno una trasformazione digitale proficua e non controproducente, oltre a fornire elementi descrittivi del settore italiano della macchina utensile.

La terza parte, quella centrale e che ha costituito il fulcro durante la scrittura di questa tesi, è la ricerca. Riguardo a quest'ultima, riprendo le domande che mi sono poste e le risposte che sono emerse dalle analisi effettuate.

RQ1: *Che relazione intercorre tra la qualificazione del personale ed il numero di tecnologie implementate?*

Tra la qualificazione del personale (in particolare qualifiche STEM) ed il numero di tecnologie adottate sussiste una correlazione positiva, soprattutto, secondo l'Analisi delle Componenti Principali, con la laurea in matematica. Approfondendo l'indagine ho inoltre scoperto una connessione significativa tra la qualifiche codificate secondo la normativa europea e la quantità di I4.0 presente in azienda, cosa che fa presumere un'ulteriore relazione: quella con la dimensione dell'impresa. Come visto ho poi cercato di modificare le analisi effettuate trasformando il numero di STEM in percentuale. Attraverso questo passaggio ho potuto appurare che la significatività riscontrata non sussiste nuovamente, cosa che mi ha aiutato successivamente ad eliminare la possibile collinearità all'interno del modello di regressione.

RQ2: *Tra coloro che implementano I4.0, c'è qualche differenza nella tipologia di tecnologie adottate e le nuove figure professionali? Come evolvono le soft skills?*

Tra le nuove figure professionali che fanno attivamente parte dell'analisi non coesistono in alcun modo le professioni che trattano direttamente i dati (Business Intelligence Specialist, Data Scientist e Cybersecurity Specialist) con quelle che, pur essendo emergenti fanno maggiormente parte del settore della macchina utensile (Analisti e progettisti software e Ingegneri e Tecnici dell'automazione). La ragione per cui affermo ciò è che è palese come un ingegnere o tecnico dell'automazione, insieme agli analisti e progettisti software, siano molto più complementari nei confronti di realtà che si occupano di progettare e realizzare macchinari in cui le parti meccaniche e software degli stessi devono coesistere perfettamente. Emerge inoltre una scarsa adozione di Cybersecurity Specialists.

Per quanto riguarda le Soft Skills ho riscontrato tramite l'Analisi delle Componenti Principali che presentano tutte una buona correlazione tra di loro. Ciò significa che non ci sono capacità che evolvono a discapito di altre. La cosa a mio avviso più interessante dell'analisi è stata quella di osservare come la quantità di tecnologie 4.0 utilizzate sia direttamente collegata allo sviluppo delle Soft Skills.

RQ3: *È vero che le PMI implementano meno tecnologie rispetto alle Grandi Imprese?*

Attraverso l'analisi di regressione ho potuto sperimentare come effettivamente sussista una differenza statisticamente significativa tra le imprese di piccola e media dimensione e quelle di grosse dimensioni. Le variabili che sono state utilizzate come controlli sono quelle che a mio avviso ed in funzione delle ricerche da me effettuate incidono maggiormente sulla decisione tra investire o meno in Industria 4.0, oltre a costituire differenze nei gruppi PMI e Grandi Imprese. Ovviamente questa analisi è stata svolta in funzione dei dati a mia disposizione, penso che possa costituire una buona base per futuri approfondimenti ma non escludo, anzi, sono convinto che possa essere portata avanti con ulteriori variabili di controllo o con metodi statistici più avanzati.

Importante da ricordare, e come è già stato sottolineato nel paragrafo dedicato, è che possono esserci elementi di distorsione.

In conclusione, Industria 4.0 ritengo che sia un argomento estremamente correlato all'attività di costruzione della macchina utensile, parte fondamentale del settore metalmeccanico in cui gli investimenti in evoluzione tecnologica e automazione costituiscono parte degli elementi fondanti per avere successo. La trasformazione da fabbrica a Fabbrica intelligente rappresenta spesso una spesa importante per le PMI, motivo che, insieme agli altri osservati, costituisce una delle ragioni di minore utilizzazione delle tecnologie 4.0.

Una critica finale di carattere tecnico è inoltre doverosa. Questo elaborato infatti si concentra sul mercato della macchina utensile, fattore che costituisce indubbiamente un fattore di autoselezione del campione. I dati raccolti tramite il questionario sono quindi rappresentativi del settore in questione ma non dell'intera popolazione imprenditoriale italiana.

Bibliografia

- ¹ Industrial Internet Consortium, *Industrial Internet Reference Architecture*, Version 1.7, 2015
- ² Presentation at the French Embassy in the Germany, "Industry of the future", 2015
- ³ The State Council of the People's Republic of China, "Made in China 2025"
- ⁴ Piccarozzi, M.; Aquilani, B.; Gatti, C. (2018) Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 10, 3821
- ⁵ Alekseev, A.N., Evdokimov, S.Y., Tarasova, A.Y., Khachatryan, K.S., & Khachatryan, A.A. (2018). Financial Strategy of Development of Industry 4.0 in the Countries with Developing Economy
- ⁶ Pan M., Sikorski J., Kastner C. A., Akroyd J., Mosbach S., Lau R, Kraft M. (2015) Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-industrial Park, *Energy Procedia*, Volume 75, , Pages 1536-1541
- ⁷ Kovacs G., Kot S. (2016), New Logistics And Production Trends As The Effect Of Global Economy Changes, *Polish Journal of Management Studies*, Czestochowa Technical University, Department of Management, vol. 14(2), pages 115-126
- ⁸ Burritt R., Christ K. (2016). Industry 4.0 and environmental accounting: a new revolution?. *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility*
- ⁹ Prause G., Atari S. (2017). On sustainable production networks for Industry 4.0. *Journal of Entrepreneurship and Sustainability Issues*. 4. 421-431
- ¹⁰ Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (2013) Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0 -- Securing the Future of German Manufacturing Industry, acatech -- National Academy of Science and Engineering
- ¹¹ European Parliament, *Industry 4.0 Digitalisation for productivity and growth*, 2015
- ¹² Rojko A. (2017). Industry 4.0 Concept: Background and Overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. 11. 77.
- ¹³ Federmeccanica, I Risultati dell'Indagine Industria 4.0 condotta da Federmeccanica

- ¹⁵ Le tecnologie abilitanti in La Fabbrica Connessa, Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., Guerini, Gennaio 2019
- ¹⁶ Krotov V. (2017), The Internet of Things and new business opportunities, *Business Horizons*, Volume 60, Issue 6, Pages 831-841
- ¹⁷ Pise V. H. (2019), *Cloud Computing – Recent Trends in Information Technology*, *International Journal of Management & Information technology*, Volume 4, Issue 1, pp. 27-29
- ¹⁸ Milgram P., Kishino F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Trans. Information Systems*. vol. E77-D, no. 12. 1321-1329
- ¹⁹ Azuma R. (1997), A survey of augmented reality. *Presence: Teleoper. Virtual Environ.* 6, 4 (August 1997), 355-385
- ²⁰ Azuma R., Bailiot Y., Behringer R., Feiner S., Julier S., Macintyre B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Comput Graphics Appl. Computer Graphics and Applications*, IEEE. 21. 34 - 47
- ²¹ Krevelen D, Poelman R. (2010), A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations, *The International Journal of Virtual Reality*, Vol. 9, No. 2, , pp. 1-20
- ²² Assolombarda (2016), *Approfondimento sulle tecnologie abilitanti Industria 4.0*
- ²³ European Commission, *Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe*, Digital Transformation Monitor, May 2017

-
- ²⁵ European Commission, *Italy: "Industria 4.0"*, Digital Transformation Monitor, August 2017)
- ²⁶ Ministero dello Sviluppo Economico, *Piano Nazionale Industria 4.0*
- ²⁷ Schneider P. (2018), Managerial challenges of Industry 4.0: an empirically backed research agenda for a nascent field, *Review of Managerial Science*, Springer, vol. 12(3), pages 803-848, July
- ²⁸ IMPULS – Industrie 4.0 Readiness, 2015
- ²⁹ Lanza G., Nyhuis P., Majid Ansari S., Kuprat T, Liebrecht C. (2016), *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 111, 1-2, 76-79
- ³⁰ Gökalp E., Sener U., Eren P. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-MM. 128-142
- ³¹ Rockwell Automation, "The Connected Enterprise Maturity Model," Rockwell Automation"
- ³² Jodlbauer H., Schagerl M., (2016). Maturity Model Industry 4.0 - Un modello di processo per l'identificazione dei potenziali di Industry 4.0. In: Mayr, HC & Pinzger, M. (a cura di), *Computer Science 2016*. Bonn: Society for Computer Science eV. (Pag. 1473-1487)
- ³³ Erol S., Schumacher A., Sihn W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*. 52. 161-166
- ³⁴ Erol S., Schumacher A., Sihn W.. (2016). Strategic guidance towards Industry 4.0 – a three-stage process model, *International Conference on Competitive Manufacturing*
- ³⁵ Geissbauer R., Kuge S., Schrauf S., Koch V. (2014), *Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution*
- ³⁶ Bischoff et al. (2015), *Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand*
- ³⁷ Schuh G., Potente T., Varandani R., Hausberg C., Fränken B. (2014). Collaboration Moves Productivity to the Next Level. *Procedia CIRP*. 17. 3–8
- ³⁸ Teece D. (2010). *Business Models, Business Strategy and Innovation*. Long Range Planning. 43. 172-194
- ³⁹ Johnson M., Christensen, C.C., Kagermann H. (2008). Reinventing Your Business Model. *Harvard Business Review*. 87. 52-60
- ⁴⁰ Schneider S., Spieth P. (2013), BUSINESS MODEL INNOVATION: TOWARDS AN INTEGRATED FUTURE RESEARCH AGENDA, *International Journal of Innovation Management (ijim)*, 17, issue 01, p. 1-34
- ⁴¹ Massa L., Tucci C. (2013). Business model innovation. *The Oxford Handbook of Innovation Management*. 420-441
- ⁴² Osterwalder A., Pigneur Y. (2010). *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*
- ⁴³ Pietrewicz, Lesław. (2019). Technology, Business Models and Competitive Advantage in the Age of Industry 4.0, *Problemy Zarzadzania – Management Issues*, vol. 17, 2019, 32-52
- ⁴⁴ Ibarra D., Ganzarain J., Igartua J. I. (2018), Business model innovation through Industry 4.0: A review, *Procedia Manufacturing*, Volume 22, Pages 4-10,
- ⁴⁵ Avogaro M. (2019), The Highest Skilled Workers of Industry 4.0: New Forms of Work Organization for New Professions. *A Comparative Study*, *E-Journal of International and Comparative Labour Studies*, Vol. 8, No. 1, pp. 29 - 50
- ⁴⁶ Del Punta (2017), *Un diritto per il lavoro 4.0*, paper presented during the conference *Impresa, lavoro e non lavoro nell'economia digitale*, Brescia, pp. 5 - 10
- ⁴⁷ Lorenz, M, Ruessmann, M, Strack, R, Lueth, K & Bolle, M (2015), *Man and machine in Industry 4.0: how will technology transform the industrial workforce through 2025?*, Boston Consulting Group

-
- ⁴⁸ Eurofund (2016), *New Forms of Employment: Developing the Potential of Strategic Employee Sharing*,
- ⁴⁹ Kudernatsch D., Rotter H. (2012), Shopfloor Management: Schaffung einer langfristig erfolgreichen Unternehmenskultur
- ⁵⁰ Helming S., Ungermann F, Hierath N., Stricker N., Lanza G. (2019), Development of a training concept for leadership 4.0 in production environments, *Procedia Manufacturing*, Volume 31, Pages 38-44
- ⁵¹ Lanza G., Moser E., Stoll J., Haefner B. (2015), Learning Factory on Global Production, *Procedia CIRP*, Volume 32, Pages 120-125
- ⁵² Oberer B, Erkollar A. (2018), Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0 (November 2018). *International Journal of Organizational Leadership*
- ⁵³ Anna Sabadash, (2013), ICT-induced Technological Progress and Employment: a Happy Marriage or a Dangerous Liaison? A Literature Review, JRC Working Papers JRC76143, Joint Research Centre (Seville site)
- ⁵⁴ Weber E., (2016), Industry 4.0 – job-producer or employment-destroyer?, MPRA Paper, University Library of Munich, Germany
- ⁵⁵ Sgobbi F. (2017), *La polarizzazione del lavoro nell'era digitale: un'analisi empirica del caso italiano*, Convegno internazionale di studio "Impresa, lavoro e non lavoro nell'economia digitale", Brescia, 13-14 Ottobre
- ⁵⁶ Frey C., Osborne M. (2013), The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?, Oxford Martin Programme on Technology and Employment, Oxford Martin School, University of Oxford, Oxford
- ⁵⁷ Corò G., Pejčić D. (2018). Cambiamento tecnologico e lavoro. gli impatti occupazionali di industria 4.0. *ECONOMIA E SOCIETÀ REGIONALE*. 52-69
- ⁵⁸ ISTAT, Il Piano Nazionale "Industria 4.0": Prime Valutazioni, Rapporto sulla competitività dei settori produttivi . Edizione 2018
- ⁵⁹ Unioncamere e ANPAL, Sistema Informativo Excelsior La domanda di professioni e di formazione delle imprese italiane nel 2018, Monitoraggio dei flussi e delle competenze per favorire l'occupabilità, 2018
- ⁶⁰ Competitività economica e nuove forme di dualismo: il capitalismo continentale in Burroni L. (2016), *Capitalismi a confronto, Istituzioni e regolazione dell'economia nei paesi europei*, il Mulino,
- ⁶¹ Ministero dello Sviluppo Economico, Attività di Alternanza Scuola-Lavoro Guida Operativa per la Scuola
- ⁶³ Commissione europea, Guida dell'utente alla definizione di PMI, 2015
- ⁶⁴ Commissione europea, 2018 SBA Fact Sheet, European Union
- ⁶⁵ Commissione europea, 2018 SBA Fact Sheet, Italy
- ⁶⁶ Smit J., Kreuzer S., Moeller C., Carlberg M. (2016), Industry 4.0, Policy Department Economic and Scientific Policy
- ⁶⁷ Kennedy J., Highway B. & Hyland P. (2003). A comparison of manufacturing technology adoption in SMEs and large companies
- ⁶⁸ Mishra, Ruchi. (2016). A Comparative evaluation of manufacturing flexibility adoption in SMEs and large firms in India. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 27. 730-762
- ⁶⁹ ISTAT, *Cittadini, Imprese e ICT*, 2015
- ⁷⁰ Temperini V., Pascucci F (2017). *Trasformazione digitale e sviluppo delle PMI*, G. Giappichelli Editore
- ⁷¹ Commissione Europea, Digital scoreboard

⁷² Rauch E., Dallasega P., Unterhofer M. (2019), Requirements and Barriers for Introducing Smart Manufacturing in Small and Medium-Sized Enterprises, IEEE Engineering Management Review, Vol 47, Issue 3, pp. 87 - 92

⁷³ Coleman, Shirley & Goeb, Rainer & Manco, Giuseppe & Pievatolo, Antonio & Tort-Martorell, Xavier & Reis, Marco. (2016). How Can SMEs Benefit from Big Data? Challenges and a Path Forward: S. Coleman et al.. Quality and Reliability Engineering International

⁷⁴ Federmeccanica, L'Industria Metalmeccanica

⁷⁵ Federmeccanica, Indagine congiunturale 2018

⁷⁶ UCIMU – SISTEMI PER PRODURRE, *Rapporto di Settore 2018*

⁷⁸ Heinrich, *INDUSTRY 4.0: How will it affect employment and what skills will be required to match the requirements of the market*, Aarhus Business Academy, 27 April 2018, p.4

⁷⁹ World Economic Forum, *The Future of Jobs Report, 2018*, pp. 8 - 9

⁸⁰ Cotet, Gabriela & Balgiu, Beatrice & Zaleschi Negrea, Violeta. (2017). Assessment procedure for the soft skills requested by Industry 4.0. MATEC Web of Conferences. 121
10.1051/mateconf/201712107005

⁸¹ ISTAT, *Il mercato del lavoro: verso una lettura integrata*, 2017

Sitografia

- Ricomincio da 4: www.ricomincioda4.fondirigenti.it
- Commissione Europea: www.ec.europa.eu
- IMPULS: www.industrie40-readiness.de
- PWC: www.pwc.com
- MIUR: www.miur.gov.it
- ISTAT: www.istat.it
- Federmeccanica: www.federmeccanica.it