



Laurea in Engineering and Management

Master Thesis

Analisi della maturità digitale delle imprese verso industria 4.0

Analisi delle teorie di riferimento e degli strumenti di assessment

Relatore

prof. Paolo Neirotti

Correlatore:

prof.ssa Elisabetta Raguseo

Candidato

Cristiano Dalla Bernardina

Aprile 2018

Indice

Elenco delle figure	4
Elenco delle tabelle	5
1 Introduzione Industria 4.0	7
1.1 Cos'è l'industria 4.0?	7
1.2 Aree di applicazione	9
1.2.1 Produzione	11
1.2.2 Sicurezza sul lavoro	13
1.2.3 Logistica Interna e acquisti	14
1.2.4 Distribuzione, Marketing e Vendite	15
1.2.5 Servizi post vendita e Manutenzione	16
1.3 Tecnologie abilitanti	17
2 Industria 4.0 in Europa	19
2.1 Piani nazionali di incentivi	19
2.2 Situazione delle imprese europee in ambito 4.0	21
2.3 Italia	25
3 Panoramica dei modelli di assessment	29
3.1 Strumenti di introduzione alle tematiche dell'industria 4.0	32
3.1.1 Caratteristiche	33
3.1.2 Esempi	33
3.2 Strumenti di assessment per indagini di ricerca	36
3.2.1 Caratteristiche	37
3.2.2 Esempi	38
3.3 Strumenti di supporto all'audit in azienda	45
3.3.1 Caratteristiche	46
3.3.2 Esempi	47
3.4 Struttura modelli di riferimento	59
3.5 Maturity index	60

4	Analisi della maturità digitale di 25 aziende locali	63
4.1	Strumento Politecnico di Torino	63
4.2	Aziende Contattate	65
4.2.1	Descrizione del campione	67
4.3	Modalità di calcolo della maturità digitale	68
5	Analisi dei risultati	75
5.1	Maturità digitale del campione	75
5.2	Correlazione tra performance aziendali e maturità digitale	82
6	Conclusioni	87

Elenco delle figure

3.1	Argomenti questionario Impuls [Lichtblau et al., 2015]	39
3.2	Categorizzazione aziende secondo Impuls [Lichtblau et al., 2015] . . .	40
3.3	Settori di appartenenza delle aziende rispondenti [Lichtblau et al., 2015]	41
3.4	Schema dei 6 livelli di maturità digitale secondo il modello acatech [Schuh et al., 2017]	50
3.5	Esempio di radar chart del modello acatech [Schuh et al., 2017] . . .	51
3.6	Schema dei tre step valutativi dell'assessment di Pisa	53
3.7	Bussola digitale con i dati aggregati delle aziende rispondenti	57
4.1	Posizionamento aziende ultimi 5 anni	67
5.1	Distribuzione imprese in base allo score medio ottenuto	77

Elenco delle tabelle

2.1	Panoramica principali iniziative europee per l'industria 4.0	20
3.1	Categorizzazione degli strumenti di assessment	30
3.2	Resoconto della struttura dei modelli di riferimento	60
4.1	Andamento delle aziende del campione negli ultimi 5 anni	66
4.2	Conversione da scala 1-4 a 1-5	70
4.3	Conversione da scala 1-6 a 1-5	70
4.4	Punteggi aziende su Progettazione, Produzione e Supply Chain . . .	71
4.5	Punteggi delle aziende su Logistica Interna, Qualità e Manutenzione	72
4.6	Punteggi delle aziende su Risorse Umane, Marketing e Sistemi Infor- mativi	73
5.1	Score medio delle aziende	78
5.2	Punteggi con aree funzionali suddivise su 3 diversi livelli di impor- tanza relativa	83
5.3	Punteggio globale delle imprese con risultati operativi positivi . . .	84
5.4	Punteggio globale delle imprese con risultati operativi negativi . . .	84

Capitolo 1

Introduzione Industria 4.0

1.1 Cos'è l'industria 4.0?

Il termine industria 4.0, di cui oggi si sente sempre più spesso parlare, indica il nuovo step a livello industriale che ci si aspetta prenderà il sopravvento nei prossimi anni.

Come lo stesso termine lascia intendere questo nuovo paradigma tecnologico comporterebbe la quarta grande rivoluzione industriale.

Storicamente si è assistito ad altre tre rivoluzioni industriali, che grazie a nuove tecnologie hanno modificato irreversibilmente l'industria stessa.

La prima grande svolta, che ha segnato il passaggio dall'artigianato alla produzione industriale è ciò che viene unanimamente definita come "Rivoluzione Industriale". Grazie alla scoperta della macchina a vapore nel 1784 si entra così nella prima fase industriale; che venne successivamente definita Industria 1.0.

La seconda grande svolta si ebbe sul finire dell'800 quando al vapore subentrarono nuove forme di energia come l'elettricità e il petrolio e ciò permise di iniziare a parlare di produzione di massa e di catena di montaggio. Ciò portò alla seconda fase industriale

L'industria 3.0 fu invece il risultato dell'introduzione dell'informatica e di internet negli anni 70 del novecento, che consentirono nuovi livelli di automazione e diedero il via alla cosiddetta Digital Transformation della fabbrica.

Ciò che stiamo vivendo al giorno d'oggi è l'inizio di ciò che gli esperti ritengono possa essere una nuova fase industriale, che porterà enormi cambiamenti in tutti i settori produttivi e non solo. Alcuni Paesi hanno già sperimentato questa nuova rivoluzione, e la stanno adottando con decisione, cercando anche di codificarla per poi imporla come standard per tutte le nazioni (vedasi ad esempio la norma DIN

SPEC 91345:2016-04).[Cervelli et al., 2017, Introduzione, p 5]

Tuttavia questa volta la rivoluzione che si sta per affrontare presenta delle caratteristiche che la differenziano dai precedenti cambiamenti per vari motivi: [Cervelli et al., 2017, Introduzione, p 5]

- Non si tratta in questo caso di nuove tecnologie. Ciò che si va delineando è un'industria che utilizza congiuntamente tecnologie già esistenti
- Queste singole tecnologie si stanno evolvendo molto velocemente, e non in una singola applicazione, ma con incrementi marginali contestuali. Questo spiega anche perchè la quarta rivoluzione industriale stia avvenendo a soli 40-50 anni dalla precedente rivoluzione, quando in precedenza il tempo trascorso tra una fase industriale e l'altra era di quasi un secolo.
- La dimensione del nuovo paradigma tecnologico sarà tale da condizionare non solo alcuni players, ma tutta la filiera produttiva
- La quarta rivoluzione industriale ha caratteristiche tali da intaccare non solo la manifattura, ma tutti i settori come agricoltura, servizi e turismo.

Industria 4.0 in dettaglio?

Se nei casi precedenti era facile identificare in cosa consistesse la nuova fase industriale, definita dall'applicazione di una nuova tecnologia, questo "mosaico di tecnologie" [Cervelli et al., 2017, Introduzione, p 5] caratterizzante il nuovo paradigma industriale rende complicata la definizione di industria 4.0.

Quando si parla di industria 4.0 ci si riferisce a una modalità organizzativa della produzione sia di beni che di servizi che si basa sull'integrazione degli impianti con le tecnologie digitali. In parole semplici, come dice R.Pini, lo scopo dell'industria 4.0 è di "fornire alle macchine ed ai prodotti una cyber-coscienza in modo che siano parte di un sistema".[Cervelli et al., 2017]

Ciò è possibile tramite la sensorizzazione delle macchine, collegando la parte fisica di materie prime, semilavorati e prodotti finiti al loro duale digitale, e allo stesso modo integrando la parte fisica dell'azienda ai sistemi informativi. I dati così raccolti possono essere analizzati per ottenere informazioni e conoscenza in grado di migliorare tutti gli aspetti di gestione aziendale, dalla produzione, alla logistica, agli acquisti e al marketing e vendite.

Tutto questo come accennato in precedenza è il frutto non di una nuova tecnologia innovativa e distruttiva, ma bensì dell'utilizzo congiunto di tecnologie già esistenti e in continuo sviluppo.

Numerosi studi condotti dalle principali società di consulenza, così come il parere di esperti del settore, fanno presupporre che gli effetti dell'adozione dell'industria 4.0 porterà enormi benefici alle aziende. Da un lato l'automatizzazione sempre maggiore, il monitoraggio continuo di macchinari, operatori, e in generale di tutto il reparto produttivo, con la conseguente raccolta di un'enorme mole di dati analizzabili (Big Data) permetteranno di aumentare l'efficienza produttiva e contemporaneamente una riduzione degli sprechi e dei costi.[Geissbauer et al., 2017]

Oltre a questi vantaggi puramente prestazionali l'adozione di principi dell'industria 4.0 apre le porte a nuovi modelli di business. Infatti integrando il cliente sempre più nei procedimenti di sviluppo prodotto e personalizzazione di esso, e sfruttando la grande flessibilità produttiva che l'I4.0 comporta sarà possibile offrire livelli di customizzazione fino ad ora impensabili a un costo irrisorio. Si andrà cioè incontro alla cosiddetta "Mass Customization" [Cervelli et al., 2017, cap 2, p 7]. L'industria 4.0 apporterà dei cambiamenti anche nella gestione della vita del prodotto, migliorando e offrendo nuovi scenari per i servizi post vendita ed incrementando l'efficienza di servizi di manutenzione.

Si stima che i guadagni apportati dall'industria 4.0 saranno di 493 miliardi di dollari annui, con una contemporanea riduzione dei costi di 421 miliardi. Tali valori esprimono quindi bene l'impatto che questa nuova rivoluzione industriale può avere.[Geissbauer et al., 2017]

1.2 Aree di applicazione

Come accennato nell'introduzione, l'industria 4.0 avrà effetti non solo nelle attività manifatturiere, ma bensì abbraccerà tutte le imprese produttrici di beni e servizi. Inoltre avrà effetti che sconfineranno dalla dimensione aziendale, e eventuali applicazioni di concetti 4.0 avranno effetti sull'intera struttura economica oltre che sulla nostra società in generale.

Per questo motivo parlare di Industria 4.0 in modo generico e trattare di tutti i suoi vari aspetti e possibili applicazioni sarebbe un argomento troppo vasto.

Inoltre considerando lo scopo di questa tesi, che è analizzare gli strumenti di assessment a disposizione delle aziende per valutare la loro preparazione alla nuova rivoluzione industriale, il focus sarà sulle applicazioni del nuovo paradigma tecnologico all'interno delle aziende.

Per un'analisi più dettagliata inoltre si considereranno le applicazioni in specifiche aree aziendali, alcune delle quali più tipiche di un'industria di tipo manifatturiero, mentre altre applicabili anche ad aziende di servizi.

In particolare si analizzeranno le applicazioni 4.0 nelle seguenti aree:

1. Produzione

2. Sicurezza sul lavoro
3. Logistica interna e Acquisti
4. Distribuzione, Marketing e Vendite
5. Servizi post vendita (Manutenzione)

Come si può notare queste funzioni sono tutte quelle che compongono la cosiddetta catena del valore (con l'aggiunta della sicurezza). Le attività di supporto non sono considerate, nonostante le nuove tecnologie possano avere applicazioni anche in esse. Questo è infatti anche l'approccio utilizzato dagli strumenti di assessment che si stanno diffondendo in tutta Europa e che si concentrano sulle attività principali delle imprese.

Tuttavia, sebbene le aree coprano sia aspetti interni sia aspetti esterni all'azienda, ad esse non sempre è riservato lo stesso livello di attenzione.

Come emerso dallo studio svolto da PWC i manager delle piccole e medie imprese prediligono l'applicazione di tecnologie 4.0 nell'area produzione perchè i benefici sono molteplici e riscontrabili in breve tempo. [Geissbauer et al., 2017]

Un risultato analogo è riscontrabile nello studio *On the contingent value of IT-based capabilities for the competitive advantage of SMEs: Mechanisms and empirical evidence* di Paolo Neirotti ed Elisabetta Raguseo. Sebbene lo studio non sia specifico di tecnologie 4.0 esso tratta le cosiddette "Capacità IT" di un'azienda, che sono fortemente correlate all'industria 4.0.

Lo studio in questione suddivide le IT-capabilities di un'impresa in interne ed esterne.

Sono definite come capacità orientate verso l'interno tutte quelle capacità basate sull'utilizzo di sistemi IT indirizzati alle operazioni interne di un'azienda. Un esempio sono i sistemi ERP. Il loro scopo principale è di raggiungere maggiore efficienza e una riduzione dei costi.

Le capacità orientate verso l'esterno sono invece quelle che supportano l'azienda nel gestire l'ambiente esterno, che consiste in clienti e fornitori. Esempi di applicazioni sono quindi i vari sistemi di NPD (New Product Development), e-commerce e CRM (Customer Relationship Management) .

Dall'analisi dell'approccio delle piccole e medie imprese ai sistemi informativi è emerso che esse sono più orientate all'adozione di sistemi orientati all'interno, rispetto a quelli esterni. I motivi sono molteplici ma principalmente l'ostacolo è una maggiore complessità di implementazione dei sistemi esterni.

Tuttavia lo studio riporta anche che i sistemi esterni, rispetto a quelli orientati internamente, hanno un impatto maggiore sulle performance aziendali in termini di crescita e profittabilità. [Neirotti and Raguseo, 2016]

1.2.1 Produzione

Come detto in precedenza l'industria 4.0 si basa non sull'adozione di nuove tecnologie ma sulla integrazione delle tecnologie già esistenti.

Questo avviene anche nell'area produttiva dell'azienda, dove l'obiettivo diventa stabilire una comunicazione bidirezionale tra uomo e macchina, fra i sistemi software, gli operatori e le macchine. Questo flusso bidirezionale permette all'operatore di ricevere feedback dalla macchina che sta teleoperando, di conoscere come sta eseguendo il task e di capire quali azioni intraprendere. [Cervelli et al., 2017]

Le macchine utensili più moderne sono già in grado di monitorare continuamente il processo, suggerire setup migliori e garantire prestazioni più elevate. Tuttavia il progresso tecnologico ha reso possibile anche dotare macchinari "tradizionali" di strumenti in grado di renderli 4.0. Dotare infatti di sensori e di una scheda di controllo macchinari già presenti in azienda è al giorno d'oggi un processo molto più semplice ed economico di quanto non fosse qualche anno fa.

Si tratta del cosiddetto processo di retrofitting, che permette alle aziende di adattarsi all'industria 4.0 senza dover sostituire l'intero parco macchinari e a costi chiaramente inferiori.

Uno dei vantaggi fondamentali che l'industria 4.0 mira a portare alla produzione è la possibilità di rendere quest'ultima molto più flessibile: i cambiamenti nella produzione saranno più rapidi e meno costosi.

Ciò è reso possibile dai cosiddetti FMS, sigla che sta per Flexible Manufacturing Systems, che hanno proprio la caratteristica di adattarsi alle modifiche della produzione essendo adatti a gestire diverse tipologie di prodotto.

Un esempio concreto di un FMS può essere il sistema APPLE, che consiste in un robot montato su un carrello AGV che grazie a una serie di sensore e sistemi laser riesce a muoversi nello spazio di lavoro evitando gli eventuali ostacoli od operatori, ed è in grado di svolgere diverse azioni quali il carico e lo scarico di oggetti di forme e dimensioni diverse (grazie a dei particolari gripper presenti nei bracci del robot).

L'industria 4.0 permette di andare oltre a questi FMS, presenti già dagli anni 70, grazie alla digitalizzazione che diventa l'elemento chiave per rendere veramente flessibili gli impianti. Si mira infatti a riconfigurare la produzione senza la necessità di modificare la struttura delle linee di produzione ed assemblaggio (hardware), ma modificando "soltanto" il programma che ne gestisce il funzionamento (software).[Cervelli et al., 2017].

È chiaro che una modifica software abbia costi decisamente inferiori rispetto a una modifica hardware. Inoltre i sistemi produttivi potranno, grazie ai dati raccolti e alla loro analisi, modificare il loro "comportamento" in base alle condizioni in cui

stanno operando. L'insieme di questi vari aspetti permette una flessibilità produttiva prima impensabile, e soprattutto adatta anche alle piccole e medie imprese che lavorano su lotti di produzione di piccole dimensioni.

Altro esempio di tecnologia utilizzata nella produzione 4.0 sono quei robot che collaborano con gli operatori umani, e che vengono chiamati per questo motivo "Collaborative Robot", o COBOT. Questi robot possono condividere lo spazio lavorativo con l'uomo, ed è molto utile in quei casi in cui la lavorazione sia delicata tanto da non poter essere fatta da una macchina e allo stesso tempo alienante da non poter essere fatta da un operatore.

1.2.2 Sicurezza sul lavoro

Uno degli aspetti che spesso viene messo in secondo piano quando si parla di industria 4.0 applicata alla produzione è l'impatto che essa può avere sull'ambiente di lavoro e sulla sicurezza degli operatori. Un piccolo esempio è già stato fatto nel paragrafo precedente quando si è parlato del robot APPLE in grado di riconoscere ed evitare gli operatori durante il suo movimento e dei COBOT in grado di collaborare con l'uomo

I modi in cui le nuove tecnologie possano incrementare la sicurezza sul luogo di lavoro sono molteplici. Anche l'ambiente di lavoro (inteso anche come mansioni assegnate all'operaio) può venire migliorato dalle nuove tecnologie.

Le tecnologie RIFD (Radio Frequency Identification) che permettono a un'etichetta elettronica (TAG) di memorizzare dati e comunicarli permettono per esempio una comunicazione peer-to-peer tra dispositivi vicini, o di tracciare gli spostamenti di dipendenti o prodotti all'interno dell'azienda. Questi tag permettono di verificare che il lavoratore indossi i dispositivi di sicurezza necessari, e installando dei lettori tag su macchinari o aree della fabbrica limitare l'utilizzo o l'accesso a questi ultimi solo al personale autorizzato.

Anche l'interfaccia tra uomo e macchina può venire migliorata dalle nuove tecnologie. L'interfaccia può infatti venire personalizzata per ogni lavoratore, e il riconoscimento tramite tag permette alla macchina di riconfigurarsi in base al dipendente che la sta operando. Così facendo anche persone con capacità differenti possono riuscire a svolgere mansioni simili.

Altra semplificazione della mansione lavorativa verrà dai Chatbot, robot in grado di interfacciarsi con l'utente con un linguaggio naturale, così che qualsiasi lavoratore riesca ad utilizzarli indipendente dalle proprie conoscenze tecniche o informatiche.

L'ambiente di lavoro è un altro aspetto che deve essere considerato dall'industria 4.0. Recenti studi hanno infatti dimostrato che un ambiente sano migliora le prestazioni lavorative. Per questo sensori in grado di monitorare le condizioni atmosferiche, il livello di particelle sottili e anidride carbonica presente in azienda e il livello sonoro saranno presenti nella fabbrica del domani.

Un ulteriore beneficio per il lavoratore verrà dato da sensori posizionati sul suo abbigliamento. Ad esempio sensori posizionati all'interno delle scarpe antinfortunistiche potranno verificare che il lavoratore le stia indossando e misurare il carico trasportato dall'operatore, segnalando l'eventuale eccesso. Questo è solo uno degli strumenti presenti nel sistema "Safety++": un insieme di indumenti smart sviluppati da Eni con il MIT di Boston. Questi indumenti contengono biosensori per misurare frequenza cardiaca e respirazione, sensori per il livello sonoro oltre che per la misurazione delle sostanze nocive e i già citati sensori a pressione nelle scarpe.

1.2.3 Logistica Interna e acquisti

La logistica interna è probabilmente la funzione in cui si evince maggiormente l'importanza dell'integrazione tra i vari elementi presenti nell'azienda, siano essi operatori, macchinari, prodotti finiti o semilavorati, o robot e carrelli AGV.

La base di questa logistica 4.0 deve essere la Lean Logistic, una filosofia mirata a ridurre gli sprechi (difetti, attese, scorte, movimenti ecc.)

Una tecnologia software utile in quest'area è il Supply Chain Event Management (SCEM) che permette di gestire eventi lungo l'intero processo produttivo. Il funzionamento è basato sull'analisi dei dati raccolti lungo l'intera catena produttiva, che vengono poi tradotti e mostrati ai responsabili su determinate piattaforme. I dati vengono raccolti grazie a kanban, RFID TAG, codici a barre e QR code.

Il Visual Management permette invece di visualizzare lo stato del sistema e l'avanzamento del lavoro ed eventualmente l'applicazioni di modifiche in tempo reale.

Fondamentale per la logistica interna è lo spostamento all'interno della fabbrica di materie prime, semilavorati e prodotti finiti. Oltre al già citato robot APPLE, che sfrutta un sistema di laser per muoversi all'interno dell'azienda, numerose altre sono le tecnologie che permettono la localizzazione degli AGV e che regolano il loro movimento.

Alcuni sistemi prevedono la presenza di un percorso predefinito che il robot semplicemente segue (guida a filo, banda colorata, magneti, guida odometrica). Altri invece richiedono la localizzazione del robot e dei vari punti della fabbrica che in cui il robot deve operare, e il robot è poi libero di muoversi all'interno dello spazio lavorativo per raggiungere le varie destinazioni. La localizzazione avviene tramite gps, triangolazione con laser, mentre il movimento è regolato da un'intelligenza artificiale che in questa categoria di robot è montata sul robot stesso, o almeno in parte è presente sul robot e permette loro di aggirare eventuali ostacoli.

Una tecnologia che sta venendo fortemente testata in ambito logistico, sia interno che esterno, è quella dei droni. Infatti i droni permettono lo spostamento dei semilavorati all'interno della fabbrica sfruttando uno spazio solitamente inutilizzato e libero da ostacoli come il volume presente sopra ai macchinari.

Gli effetti della logistica 4.0 potranno inoltre uscire dai confini della fabbrica, grazie alla cosiddetta smartificazione dei mezzi di trasporto e alla comunicazione con i fornitori. Infatti nel momento in cui anche i fornitori adotteranno tecnologie 4.0 e i mezzi di trasporto saranno monitorati e in grado di comunicare eventuali problemi (strade bloccate, incidenti, guasti o altri problemi) questi ritardi potranno essere comunicati in tempo reale. In questo modo sarà possibile riconfigurare la produzione, ed evitare o ridurre i fermi macchina e i conseguenti costi.

1.2.4 Distribuzione, Marketing e Vendite

Questo aspetto della catena del valore viene spesso trascurato dalle piccole e medie imprese, che non considerano la fase post consegna del prodotto.

Tuttavia al giorno d'oggi, dove l'obiettivo è offrire sempre più valore ai clienti ed avvicinarsi alla mass customization il mercato è una fondamentale fonte di informazioni.

I big data raccolti dal mercato infatti sono cruciali perchè permettono, dopo una adeguata analisi, di prendere decisioni in base alle variazioni del mercato stesso. Nuovi scenari renderanno possibile per i clienti il riordino automatico dei prodotti, evitando sprechi e giacenze in magazzino, e anche la produzione potrà essere calibrata più efficacemente sugli ordini.

Chiaramente una situazione del genere richiede che le transazioni tra cliente e fornitore, in quanto automatiche, siano certificate e sicure. La tecnologia abilitante è la blockchain, che permette proprio la certificazione delle transazioni che avvengono tra entità, senza il bisogno di un'autorità esterna.[Cervelli et al., 2017]

Gli smart contract sono un altro esempio del grande potenziale della blockchain. Si tratta di contratti che si "attivano" solo se le condizioni stabilite (es. condizioni di trasporto della merce) verranno rispettate. La blockchain permette che una eventuale contraffazione di queste condizioni sia immediatamente individuata, risultando come transazione non verificata.

Per quanto riguarda il marketing le aziende stanno già da tempo raccogliendo enormi quantità di dati sui clienti, che permettono di stabilire le preferenze di ognuno di essi. I social media per esempio sono una immensa fonte di dati, e processi quali sentiment analysis, opinion mining e social sensing stanno diventando sempre più utilizzati

1.2.5 Servizi post vendita e Manutenzione

La manutenzione in ambito 4.0 si avvicina quanto più possibile all'idea che il manutentore non ripari i guasti, ma sostituisca i pezzi appena prima che si rompano. Si passa quindi da una manutenzione correttiva a una manutenzione predittiva.

È chiaro che questo è possibile solamente se esiste un monitoraggio del macchinario e dei suoi vari componenti, e una verifica continua del loro corretto funzionamento. In questo modo sarà anche possibile fornire informazioni dettagliate su quale sarà il componente da sostituire o riparare in modo che l'intervento sia più mirato ed efficace.

I vantaggi di un approccio predittivo alla manutenzione sono molteplici. Prima di tutto i costi sono inferiori, non solo intesi come costo della riparazione, ma anche e soprattutto come riduzione dei tempi di fermo macchina e quindi dei mancati guadagni.

Nel momento in cui la riparazione o la sostituzione di componenti sia necessaria, anche la modalità di intervento del riparatore può venire migliorata grazie a nuove tecnologie. È il caso per esempio della realtà aumentata, che potrebbe rendere possibile ad un operatore munito di tablet di vedere informazioni o istruzioni sulla riparazione sovrapposte all'immagine del macchinario che esso sta inquadrando. Altre soluzioni analoghe prevedono invece del tablet l'utilizzo di visori od occhiali per la realtà aumentata, che presentano il vantaggio di lasciare libere le mani dell'addetto. Tecniche simili inoltre permettono di comunicare all'addetto tutte le informazioni che potrebbero risultare mancanti, soprattutto quando le tipologie di macchinari su cui opera sono molteplici e la dettagliata conoscenza di ognuno di essi sarebbe complicata.

Ulteriore aiuto al manutentore può venire dall'utilizzo di robot antropomorfi per lo svolgimento di operazioni pericolose (è infatti da considerare che spesso gli interventi di manutenzione richiedono l'elusione dei sistemi di sicurezza normalmente attivi). In questo modo ad esempio è stato possibile verificare la stabilità strutturale di alcuni edifici colpiti dal terremoto di Amatrice utilizzando dei robot anziché esporre delle persone al pericolo di crollo.[Cervelli et al., 2017]

Le stesse tecnologie che permettono di segnalare un futuro guasto prima che esso si verifichi possono portare grandi benefici anche per quanto riguarda l'assistenza post vendita. L'azienda è in grado infatti di programmare gli interventi di assistenza, di ritiro o sostituzione di prodotto prima ancora che l'eventuale rottura si verifichi.

Inoltre il monitoraggio continuo del funzionamento del prodotto, in grado di effettuare delle auto-diagnosi, permette di individuare se il prodotto è stato utilizzato o meno in maniera corretta, e quindi se la garanzia sia o meno stata invalidata. Questi esempi dimostrano come ci siano vantaggi sia per i clienti che per l'azienda produttrice.

1.3 Tecnologie abilitanti

Come detto in precedenza l'industria 4.0 non indica l'utilizzo di una nuova tecnologia innovativa, ma bensì la contemporanea applicazione, con conseguenti nuove modalità di utilizzo, di tecnologie che sono già esistenti.

Per questo motivo si può identificare un mosaico di tecnologie abilitanti che permettono alle aziende di sviluppare nuovi modelli di business, o migliorare l'efficienza di quelli esistenti, rientrando così nel nuovo paradigma tecnologico.

Il report di PriceWaterHouseCooper "Industry 4.0: Building the digital enterprise" fornisce un'ottima panoramica delle tecnologie abilitanti all'industria 4.0, che tuttavia possono essere ricondotte al grande cambiamento portato dal nuovo paradigma industriale: il dato, e l'analisi dati, diverranno le nuove core capabilities, fondamentali per saper analizzare vari aspetti del business.

Per questi motivi alcune delle tecnologie cosiddette abilitanti sono per l'appunto tutte quelle che permettono di raccogliere, inviare ed analizzare i più disparati dati [Geissbauer et al., 2017].

- Sensori Smart
- Devices mobili
- Profilazione della clientela
- Analisi di Big Data e algoritmi avanzati
- Tecnologie per la localizzazione
- Tecnologie per l'autenticazione
- IoT
- Cloud Computing
- Wearable devices

Oltre a queste tecnologie poi si possono considerare anche altri strumenti che consentono di modificare le metodologie di produzione e di progettazione dei prodotti. Per la progettazione ad esempio sta prendendo sempre più piede l'utilizzo della realtà virtuale, che permette di immergere il potenziale cliente in un ambiente virtuale dove è possibile osservare in modo quanto più reale possibile il prodotto.

La produzione invece sta adottando tecnologie relative alla cosiddetta Additive Manufacturing, quali la stampa 3D. Questo approccio è un cambiamento sostanziale rispetto alle lavorazioni adottate finora, che comportano lo spreco di parte

del materiale iniziale (es. trucioli). L'additive manufacturing utilizza un approccio inverso, in cui il pezzo finale è ottenuto tramite l'aggiunta graduale di materiale, senza quindi avere sprechi.

Capitolo 2

Industria 4.0 in Europa

Il capitolo precedente introduce quelli che sono i grandi vantaggi che l'industria 4.0 può portare non solo alle aziende ma all'intera società. È quindi naturale che attorno all'argomento già da alcuni anni ci sia molto interesse e molti investimenti. Il focus di questo documento sarà sul panorama 4.0 presente in Italia e in Europa, che permette di evidenziare la situazione attuale delle imprese italiane e confrontarle con i loro competitors dei vari stati Europei. In questo capitolo si discuteranno i piani nazionali di investimento per l'industria 4.0 e ci sarà una panoramica della situazione europea con i risultati di vari studi e ricerche.

2.1 Piani nazionali di incentivi

La commissione europea ha pubblicato un report nel maggio 2017 contenente informazioni sui principali piani nazionali per l'industria 4.0. Si tratta di un elenco di quelli che vengono ritenuti i programmi di bandiera, e cioè i più importanti nazione per nazione. Il report *Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in Europe* presenta una tabella riassuntiva con le informazioni essenziali sui vari programmi nazionali. La tabella è la seguente:

Tabella 2.1. Panoramica principali iniziative europee per l'industria 4.0

Nazione	Nome programma	Risultati Raggiunti
Germania	Plattform Industrie 4.0	Trasformazione della ricerca in applicazioni pratiche; sviluppo di una architettura di riferimento e lancio della piattaforma con 150 membri
Francia	Alliance pour l'industrie du futur	>800 prestiti alle aziende; 3400 assessment per il rimodernamento della produzione; >300 esperti identificati
Spagna	Industria Conectada 4.0	Set-up di un programma di innovazione e ricerca nel giugno 2016, e pilot del programma di supporto alle imprese
Regno Unito	HMV Catapult (HVMC)	Valore del lavoro di innovazione ha rappresentato il 123% del target previsto: ogni 1£ di investimento pubblico ha generato 17£
Olanda	Smart Industry	Sviluppo Fondazione di 14 laboratori di applicazioni pratiche
Svezia	Produktion 2030	Finanziamento di 30 progetti, coinvolti oltre 150 attività, creato un dottorato (PhD school)

L'obiettivo generale che accomuna tutti questi piani nazionali è di rafforzare la competitività e la modernizzazione industriale della propria nazione. Il focus è rivolto all'ottenere una maggiore efficienza e produttività.

Ma altri obiettivi supplementari e complementari sono quelli di sviluppare le nuove tecnologie (UK), sviluppare prodotti e nuovi processi produttivi (Germania), fornire supporto alle piccole medie imprese per innovazione e commercializzazione (UK, Francia e Spagna).

Si tratta di ricerche finalizzate all'applicazione pratica di nuove soluzioni in ambito industriale. L'unica nazione che presenta una propensione alla ricerca e sviluppo

più di carattere generale è l'Italia, con il piano "Fabbrica Intelligente". Un approfondimento sull'Italia verrà però affrontato nel prossimo capitolo.

Poichè la tendenza di queste iniziative nazionali è quella di focalizzarsi su tecnologia e infrastrutture, lo sviluppo delle nuove abilità richieste in ambito industria 4.0 è messo in secondo piano. Le uniche due nazioni che tengono in considerazione questo aspetto sono la Svezia con l'istituzione di un Graduate School Program e la Repubblica Ceca con un approccio simile.

Per quanto riguarda il finanziamento di questi piani, che chiaramente richiedono onerosi investimenti, la principale provenienza dei fondi è pubblica. Unica eccezione è il piano francese "L'industries du futur" che è finanziato alla maggiore da fondi privati.[Klitou et al., 2017]

2.2 Situazione delle imprese europee in ambito 4.0

Molte ricerche sono state svolte a livello europeo (e non solo) in merito all'industria 4.0. Gli aspetti considerati sono molteplici, dalle aspettative che gli imprenditori ripongono in essa, agli investimenti previsti o già effettuati in ambito 4.0, alla abilità delle varie nazioni europee di saper cogliere l'opportunità del nuovo paradigma tecnologico ecc ecc.

Un'interessante analisi è quella proposta dalla società Roland Berger nel loro report *INDUSTRY 4.0: The new industrial revolution. How Europe will succeed*. In base ai loro studi gli stati europei vengono suddivisi in 4 categorie, in base alla loro abilità nel ricevere e sfruttare la nuova rivoluzione industriale. I 4 cluster sono ottenuti posizionando ogni stato all'interno di un piano cartesiano che presenta agli assi la percentuale che le aziende manifatturiere occupano sul PIL totale, e sull'asse verticale il "Roland Berger Industry 4.0 Readiness index".

Le quattro categorie individuate sono:

- Potentialists: Belgio, Danimarca, Olanda, Regno Unito e Francia
- Frontrunners: Svezia, Austria, Germania e Irlanda
- Traditionalists: Repubblica Ceca, Slovenia, Ungheria, Lituania
- Hesitators: Spagna, Portogallo, Croazia, Bulgaria, Polonia, Estonia ed Italia

Le nazioni definite Frontrunners sono caratterizzate da una forte base industriale molto moderna, con businesses orientati all'innovazione e con tecnologie avanzate.

I tradizionalisti sono principalmente nazioni dell'est Europa che stentano a lanciare iniziative per modernizzare l'industria.

Gli Hesitators, di cui fa parte anche l'Italia, secondo questo report sono nazioni che non hanno una base industriale affidabile

Il cluster Potentialist invece racchiude quelle nazioni il cui apparato industriale è andato via via indebolendosi negli ultimi anni, ma presentano degli spunti innovativi e un mindset propositivo.[Blanchet et al., 2014]

Lo studio probabilmente più diffuso è il survey sulla industria 4.0 svolto da PriceWaterhouseCoopers nel 2016. Lo studio *Industry 4.0: Building the digital enterprise* ha avuto infatti diffusione a livello globale, con dati raccolti su più di 2000 aziende localizzate in 26 Paesi diversi. Come già detto il nuovo paradigma tecnologico avrà ripercussione su ogni settore produttivo, e per questo motivo il questionario è stato rivolto ad aziende di ogni settore. La maggioranza comunque sono aziende manifatturiere (21%), edili ed ingegneristiche (19%), chimiche (11%), elettroniche (10%) e trasporto e logistica (10%).

Le oltre 2000 aziende intervistate si aspettano una crescita dei ricavi nei prossimi anni del 2,9% con una contemporanea riduzione dei costi del 3,6%.

Non solo, considerando l'impatto dell'industria 4.0 sul mercato e sul rapporto con i clienti il 72% delle aziende intervistate prevede un incremento delle "customer relationships" e della "customer intelligence" lungo tutta il ciclo di vita del prodotto. Risultati del genere, che stimano una crescita del fatturato di 493 miliardi di dollari annui e risparmi pari a 421 miliardi annui richiedono grandi investimenti, stimati in 907 miliardi di dollari.

Alcune di queste 2000 imprese avevano già iniziato ad investire nella industria 4.0, il 4% di esse presentava già un tipo di industria compatibile con il nuovo paradigma. Il principale ostacolo secondo gli intervistati è la mancanza di una chiara visione delle digital operations e la mancanza di supporto e collegamento con il top management aziendale. Inoltre molte aziende non hanno ancora chiaro quali possano essere i reali benefici di una innovazione in chiave 4.0, e quali investimenti sia opportuno effettuare. Tuttavia le aziende intervistate si aspettano che il loro livello di digitalizzazione raddoppi nei prossimi 5 anni.

Ciò è anche necessario per la raccolta e l'analisi dati, fondamentale in chiave 4.0. Si stima che l'83% delle aziende intervistate arriverà ad usare i big data per i loro processi decisionali entro 5 anni, soprattutto per scopi di ottimizzazione della pianificazione e del controllo della produzione.

Infine da un paragone tra aziende del continente americano, asiatiche ed europee si è evidenziato come attualmente le aziende più digitalizzate siano quelle asiatiche (nonostante la conferma che la Germania sia un dei first mover). Tuttavia l'Asia è anche il continente che prevede un minor aumento della digitalizzazione, con Europa e America che con una crescita della digitalizzazione prevista del 41% e 42%

arriveranno nei prossimi 5 anni a livelli di digitalizzazione del 71% e 74%. [Geissbauer et al., 2017]

La società di consulenza McKinsey nel 2015 ha pubblicato in un report i risultati di un questionario indirizzato a 300 aziende tra USA, Giappone e Germania, che nel 2015 e tuttora oggi a due anni di distanza sono i Paesi più avanzati nella corsa all'industria 4.0.

Anche in questo caso l'industria 4.0 si prospetta come portatrice di aumento di efficienza e produttività, con l'aggiuntiva offerta di nuovi business model.

Le aziende intervistate hanno infatti espresso di aspettare dal nuovo paradigma tecnologico un aumento della produttività del 26%, dovuta all'integrazione di tutti gli elementi della catena produttiva, dalle materie prima alla consegna del lavoro. Interessante è che l'adeguamento alle nuove tecnologie richiederà il ricambio di circa il 40-50 % dei macchinari. Considerando che si tratta di una nuova rivoluzione industriale, e che ad esempio la prima rivoluzione richiese un ricambio totale dei macchinari e la terza rivoluzione di circa l'80-90% dell'hardware il nuovo paradigma permetterà un buon riciclo dei macchinari già esistenti.

Per quanto riguarda invece l'offerta di nuovi modelli di business il report cita la "nuova" possibilità offerta dall'industria 4.0 del cosiddetto "as-a-serving offering". Si tratta cioè dell'utilizzo di macchinari o attrezzature industriali su servizio, che quindi non rientrano più nelle spese di capitale ma bensì fanno parte delle spese operative.

Per entrare più nel dettaglio il report presenta poi una analisi di come le varie funzioni aziendali, secondo le aziende, verranno impattate dall'industria 4.0.

Un 45-55% di aumento della produttività nelle professioni tecniche è un indicatore del forte cambiamento che si avrà nelle mansioni lavorative. Inoltre si riuscirà ad ottenere una riduzione del 30-50% del tempo di fermo macchina e una riduzione del 20-50% del costo per il mantenimento del magazzino.

Si otterranno livelli di qualità più alti con un costo inferiore (circa il 10-20% in meno) e si riusciranno a portare nuovi prodotti sul mercato in tempi molto più brevi. La riduzione del time to market stimata si aggira attorno al 20-50%.

Come precedentemente indicato una delle criticità dell'industria 4.0 sarà la cyber security. Questo aspetto è percepito anche dalle aziende. Dal questionario emerge infatti la preoccupazione per quanto riguarda l'outsourcing delle infrastrutture IT. Tra le 3 nazioni in particolare le aziende tedesche sono quelle meno predisposte all'outsourcing dei sistemi informativi a livello globale(solo il 15%). Ciò è dato dalla mancanza, o meglio della non certezza riguardo alla presenza di standard

di sicurezza informatica in paesi esteri. Se infatti dal 2018 all'interno dell'Unione Europea entrerà in vigore la GDPR con un conseguente standard per la sicurezza informatica, tale certezza di sicurezza non è possibile in paesi extra unione europea.

Infine dall'analisi degli investimenti di queste aziende si evince il fatto che le imprese tedesche sono restie ad investire in ricerca e sviluppo in ottica 4.0, nonostante i ricavi derivanti da essa inizino ad essere importanti. Se la quota dei guadagni derivanti dall'industria 4.0 si attesta sul 19% solo il 15% della spesa per ricerca e sviluppo è dedicata all'industria 4.0. Simili risultati si attestano per le aziende giapponesi, mentre le statunitensi investono quasi il 30% della ricerca e sviluppo per la 4.0. [Bauer et al., 2015]

I trend esposti in precedenza sono confermati anche per quanto riguarda le aziende del regno unito. Nel report *The Manufacturer Industry 4.0 UK Readiness Report* redatto da Oracle in collaborazione con "The Manufacturer" si riporta che i principali investimenti effettuati o previste dalle aziende manifatturiere inglesi sono a livello di produzione, logistica, sistemi informativi, manutenzione mentre poche aziende prevedono di effettuare i principali investimenti nel settore vendite o finanziario. [Bentley]

Tuttavia un report simile, che indaga l'approccio al 4.0 in UK ma redatto da KPMG esprime anche che nonostante le imprese abbiano l'intenzione e stiano già investendo, spesso le reali implicazione dell'industria 4.0 e cosa essa comporti a livello organizzativo e gestionale è ancora una materia poco chiara.

Un aspetto interessante analizzato da questo report è la possibile risposta delle aziende inglesi alla brexit.

Le aziende intervistate infatti hanno espresso le loro perplessità riguardo l'impatto economico della brexit, e hanno dichiarato la loro possibile intenzione di spostare impianti produttivi. Molti di essi (46%) ha dichiarato di valutare la possibilità di un trasferimento degli impianti in UE. [Cooper, 2017]

Il motivo è sia quello di evitare eventuali "dazi" derivanti dalla brexit, sia quello di mantenere comunque la produzione in un'area con determinati standard per la sicurezza informatica.

L'industria 4.0 con la sua integrazione digitale di tutte le componenti della catena del valore può permettere una forte decentralizzazione della produzione, senza intaccare la qualità, l'efficienza e la produttività, e rendendo quindi questo processo transitorio meno oneroso.

Tuttavia è bene sottolineare come questi scenari siano solo ipotetici, basati su possibili conseguenze della brexit e su possibili reazioni delle aziende inglesi.

2.3 Italia

La scelta di trattare separatamente l'Italia rispetto al resto dell'Europa deriva dal fatto che questa tesi di laurea si inserisce nel contesto di un progetto portato avanti dal Politecnico di Torino e dal Digital Innovation Hub di Torino.

Tale progetto, di cui si tratteranno i dettagli più avanti, è nato proprio come effetto del piano italiano per lo sviluppo dell'industria 4.0.

Il sistema di incentivi e di agevolazioni per le imprese che si vogliono affacciare all'industria 4.0 è il cosiddetto "Piano Nazionale industria 4.0".

Il piano presenta una serie di misure che puntano a favorire gli investimenti per l'innovazione e la competitività.

Le misure elencate sono complementari, e cioè le imprese potrebbero potenzialmente accedere a tutti i vantaggi del Piano (qualora risultino idonee per i vari incentivi).

Il Piano Nazionale Industria 4.0 mira non solo a favorire gli investimenti in ambito 4.0 ma anche a incrementare la competitività delle aziende italiane.

Per questo motivo è suddivisa in 2 macroaree, con un totale di 9 iniziative. Cinque sono indirizzate all'innovazione, 4 alla competitività.

Per lo scopo di questa tesi verranno considerate solamente le prime, atte ad incentivare gli investimenti.

Iper e Super Ammortamento

Si tratta di una misura utile a supportare e incentivare le imprese che investono in beni strumentali nuovi, in beni materiali e immateriali (software e sistemi IT) 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 alla trasformazione in 4.0 acquistati o in leasing.

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

Tutte le aziende italiane possono accedere a iper e super ammortamento, in maniera automatica al momento della redazione del bilancio. Per i beni di valore superiore ai 500.000 € è inoltre necessaria una perizia tecnica.

Il bene per essere ritenuto idoneo deve scambiare informazioni con sistemi interni (ERP, software gestionali ecc.) e/o sistemi esterni (clienti, fornitori ecc.). Inoltre è necessario che il bene sia identificato univocamente (tramite IP).

Nuova Sabatini

Serve a sostenere le imprese che richiedono finanziamenti bancari per investimenti in nuovi beni strumentali, macchinari, impianti, attrezzature di fabbrica a uso produttivo e tecnologie digitali. Si tratta di un contributo parziale a copertura degli interessi (da 2,75% a 3,57%) su finanziamenti bancari di importo compreso tra 20.000 e 2.000.000 di euro.

Il contributo è indirizzato a tutte le micro, piccole e medie imprese.

In questo caso il contributo non è erogato automaticamente, ma deve essere presentata richiesta di finanziamento a una banca o a un ente intermediario e la domanda di accesso al contributo.

Credito d'imposta R&S

L'obiettivo di questa agevolazione è stimolare la spesa in Ricerca e Sviluppo.

Il credito di imposta del 50% viene riconosciuto fino a un massimo annuale di 20 milioni di €/anno per beneficiario.

La misura è applicabile per tutte le spese di ricerca e sviluppo che saranno sostenute nel periodo 2017-2020.

Sono agevolabili tutte le spese relative a ricerca fondamentale, ricerca industriale e sviluppo sperimentale: 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 privative industriali.

In questo caso l'agevolazione è valida anche per imprese residenti all'estero ma con stabile organizzazione sul territorio italiano che svolgono attività di ricerca e sviluppo.

L'accesso al credito è automatico, indicando in fase di redazione del bilancio le spese di ricerca e sviluppo.

Patent Box

Lo scopo in questo caso è di rendere il mercato italiano maggiormente attrattivo per gli investimenti nazionali ed esteri, proponendo una tassazione agevolata su redditi derivanti dall'utilizzo della proprietà intellettuale.

Per cui sui redditi derivanti da brevetti industriali, marchi registrati, disegni e modelli industriali, knowledge, know-how e software protetto da copyright si offre

una riduzione delle aliquote IRES e IRAP del 50% dal 2017 in poi.

L'agevolazione comprende i redditi che derivano sia dall'utilizzo diretto che indiretto (licenza) dei beni immateriali.

Il contributo è dato a patto che il contribuente conduca attività di R&S connesse al mantenimento e allo sviluppo dei beni immateriali.

L'agevolazione è valida 5 anni dal momento della presentazione, e può essere rinnovata per ulteriori 5 anni.

Startup e PMI Innovative

Questa misura vuole sostenere le imprese innovative in tutte le fasi del loro ciclo di vita.

Questo supporto è dato da una serie di incentivi, agevolazioni e servizi che le imprese idonee possono avere.

Il principale vantaggio è ottenere detrazioni fiscali fino al 30% per investimenti in capitale di rischio.

Il contributo è indirizzato a start-up e PMI innovative, che devono presentare perciò determinate caratteristiche per essere definite tali.

Start-up: per essere considerata innovativa una startup deve presentare almeno uno dei tre seguenti requisiti:

- Il 15% dei costi annui riguarda attività di R&S.
- 2/3 laureati oppure 1/3 dottori/dottorandi.
- Titolarità di brevetto o software.

PMI: i requisiti necessari affinché una PMI sia considerata innovativa sono:

- il 3% dei costi annui riguarda attività di R&S.
- 1/3 laureati oppure 1/5 dottori/dottorandi.
- titolarità di brevetto o software.

Anche in questo caso l'accesso non è automatico, ma è necessario compilare un'autocertificazione online attestando di possedere i requisiti richiesti.

Il regime agevolativo per le startup dura 5 anni dal momento della loro costituzione.

Capitolo 3

Panoramica dei modelli di assessment

L'industria 4.0 avrà quindi un grandissimo impatto non solo a livello economico, ma varie applicazioni delle sue tecnologie abilitanti influenzeranno i più disparati aspetti della società.

Questo pesante impatto è dimostrato dalla grande attenzione posta all'argomento negli ultimi anni.

Piani nazionali pensati e preparati dai governi mondiali hanno lo scopo di guidare e facilitare il passaggio all'industria 4.0 delle aziende, oltre che raccogliere le informazioni necessarie e creare gli standard delle nuove tecnologie.

Allo stesso modo le società di consulenza e le associazioni di categorie hanno compiuto e stanno compiendo negli ultimi anni studi per comprendere questa nuova rivoluzione industriale in tutti i suoi aspetti. Altro aspetto su cui i report si soffermano è la percezione che le aziende europee e non solo hanno di questo nuovo paradigma tecnologico, quanto credano in esso e quanto e come siano disposte ad investire.

Tutti questi studi e queste analisi sono l'introduzione a quello che è l'argomento principale di questa tesi. Lo step successivo è infatti valutare se l'azienda sia pronta o meno ad entrare nell'industria 4.0.

Gli strumenti di assessment per valutare l'adeguatezza di una impresa al paradigma 4.0 sono al giorno d'oggi diffusissimi e ciò dimostra il forte interesse delle aziende per questo nuovo approccio all'industria. Le aziende sono interessate a conoscere il proprio livello di preparazione, i loro punti di forza e le loro debolezze, e gli investimenti necessari a colmare le lacune.

Gli strumenti di assessment disponibili sono molto vari. Può variare il tipo di istituzione o società che li elabora e li diffonde, il tipo di supporto che utilizzano, il

loro grado di dettaglio, il costo, la persona interna all'azienda a cui sono indirizzati e altri aspetti.

Altra differenza fondamentale tra i vari tipi di assessment, che determina poi le altre caratteristiche, è l'obiettivo che questi strumenti si prefiggono. Dall'analisi di molti strumenti disponibili al giorno d'oggi ha permesso di identificare 3 macro-tipi di strumenti di assessment, come esposto nella tabella sottostante

Tabella 3.1. Categorizzazione degli strumenti di assessment

Tipologia	Ente sviluppatore	Scopo dello strumento
Strumento per Audit	Università, Confindustria e altre associazioni di categoria	Lo scopo di questo tipo di strumenti è di preparare e/o accompagnare la visita di auditors in azienda
Strumento per indagine di ricerca	Società di consulenza, associazioni di categoria	Lo scopo di questi strumenti è quello di raccogliere dati ai fini di indagini di ricerca.
Strumenti introduttivi all'industria 4.0	Società di consulenza, fornitori di ERP	Sono strumenti finalizzati al marketing, per attirare potenziali clienti verso i servizi offerti dall'impresa sviluppatrice

Prima di proseguire nell'analisi delle 3 categorie di assessment, è necessario premettere come l'accesso a questi strumenti sia difficoltoso.

Il problema non sussiste qualora si tratti di questionari usati come strumenti di marketing, in quanto una delle loro caratteristiche, per essere efficaci, è proprio quello di essere fruibili a chiunque gratuitamente e facilmente.

Tutt'altro discorso invece per gli strumenti di assessment con finalità di auditing. Poichè sono lo strumento su cui si effettua un servizio a pagamento per l'azienda, svolto da professionisti, il loro contenuto è spesso riservato, per motivi di proprietà intellettuale.

I questionari creati per indagini di ricerca si collocano nel mezzo: sebbene sia difficile ottenere una copia del questionario, in quanto solitamente è inviato e condiviso solo con aziende selezionate, i risultati dei questionari, e cioè i report finali sono disponibili online. In questi casi però la raccolta dei dati è già terminata, e il questionario è difficilmente accessibile online.

Per questi motivi l'analisi degli strumenti di assessment si è basata spesso su un'analisi retroattiva, che dai dati pubblicati sui report o sui documenti di presentazione dei risultati, ha permesso di capire e individuare il tipo di domande che venivano sottoposte alle aziende.

Tuttavia, poichè questo lavoro di tesi si inserisce in un progetto di collaborazione tra Politecnico di Torino e il Digital Innovation Hub per la creazione di uno strumento di assessment proprietario, è stato possibile analizzare alcuni questionari di supporto agli auditors preparati da altre associazioni.

3.1 Strumenti di introduzione alle tematiche dell'industria 4.0

Approcciarsi all'industria 4.0 è un processo complesso. Si tratta di integrare all'interno del processo produttivo molte tecnologie.

Non solo, è necessario anche integrare con opportuni sistemi informativi l'intera supply chain, sia a monte (fornitori) che a valle (clienti e distributori).

Questo processo di adeguamento all'industria 4.0, soprattutto per le piccole e medie imprese, richiede il supporto di parti esterne, che aiutino in questo passaggio delicato ma fondamentale per il successo futuro dell'impresa.

Per questo motivo moltissime società di consulenza, o società esperte nella digitalizzazione dei processi produttivi, hanno sviluppato degli strumenti in grado di valutare il grado di digitalizzazione delle imprese.

L'obiettivo di questi strumenti non è quello di analizzare dettagliatamente l'impresa bensì è semplicemente quello di fornire uno strumento veloce e rapido da utilizzare, che tramite una superficiale analisi di alcune caratteristiche dell'azienda fornisca una approssimativa indicazione della preparazione di quest'ultima all'industria 4.0.

Questo serve alle aziende creatrici dello strumento di assessment per introdurre potenziali clienti alle problematiche riguardanti l'industria 4.0, o meglio alle problematiche riguardanti la sua implementazione.

Ciò serve come primo step per attirare i clienti verso i servizi di consulenza o di digitalizzazione offerti dalle aziende responsabili dell'assessment, che possono fornire aiuto in questo processo di adeguamento del business.

Le aziende che offrono questo tipo di strumento sono solitamente società di consulenza, che mirano appunto ad offrire i loro servizi in una eventuale scelta del cliente di investire per passare al nuovo paradigma.

L'altro tipo di fornitore di questi strumenti di assessment sono aziende provider di soluzioni ERP, o altri software per la gestione aziendale che avranno un ruolo chiave nel controllo del business 4.0.

3.1.1 Caratteristiche

Di seguito vengono riportate alcune delle caratteristiche tipiche riscontrate negli assessment di questo tipo.

Dati anagrafici e di base delle imprese: è la prassi iniziare i questionari con questa richiesta di informazioni riguardanti l'azienda, quali nome, ragione sociale, localizzazione, dimensione ecc.

Conoscenza iniziative e incentivi 4.0: Chiedere se i rispondenti siano a conoscenza delle iniziative e degli incentivi statali offerti dallo Stato in ambito 4.0 è un metodo per attirare e sensibilizzare i potenziali clienti che volessero avvicinarsi al nuovo paradigma

Velocità di compilazione: Sono questionari molto veloci che non richiedono solitamente più di 15 minuti di tempo per essere compilati

Forma digitale: Questi questionari sono compilabili digitalmente, solitamente tramite un form presente sul sito dell'azienda sviluppatrice

Superficiale analisi delle applicazioni 4.0 in azienda: Non si indagano approfonditamente le varie aree aziendali. Ciò che si chiede è solitamente solo se determinate tecnologie sono o meno presenti

Risultati immediati: La modalità di consegna dei risultati è solitamente lo score totalizzato dall'azienda, magari accompagnato dal livello di digitalizzazione che esso comporta, e da dei semplici radar chart che ne permettano la facile visualizzazione. I risultati sono elaborati e comunicati istantaneamente al rispondente, o direttamente su internet alla fine del questionario o tramite email

Gratuiti: Chiaramente uno strumento finalizzato ad avvicinare i clienti ad altri servizi offerti dall'azienda sviluppatrice del questionario è gratuito.

Nessuno standard di riferimento: Questi questionari solitamente non seguono le direttive di nessuno standard, come invece accade per i questionari più complessi.

3.1.2 Esempi

Altea Digital Check

Questo rapido questionario online è fornito dall'azienda milanese Altea Federation, che si occupa di consulenza aziendale ed è inoltre fornitrice di software per la gestione aziendale, come ERP, CRM, e-commerce, PLM ed HCM.

Il questionario è disponibile gratuitamente a questo indirizzo web:

<http://industry4-0.alteafederation.it/#check-up>

Le domande di questo questionario sono molto basilari. Oltre a una fase "anagrafica" iniziale, in cui si chiedono informazioni sull'azienda quali settore, fatturato, dimensione ecc si chiede se ci sia o meno coscienza del Piano Nazionale Industria 4.0 e i suoi contenuti.

Si indaga poi anche quali siano stati gli investimenti effettuati e quali siano quelli previsti nei prossimi 5 anni. Non si tratta però di domande quantitative (€ investiti) ma solamente per comprendere in quali aree si sia investito o si intende investire.

Per quanto riguarda le domande sul livello di digitalizzazione, esse sono molto superficiali. Si chiede solamente il grado di implementazione (più o meno profondo) di alcune tecnologie quali cloud computing, big data analytics, cyber security, augmented reality, advanced manufacturing solutions, industrial and consumer IOT, simulation, additive manufacturing.

Si chiede poi quali sistemi informatici siano presenti in azienda, tra i vari MES, ERP, PLM, PDM, PPS, PDA, MDC, CAD, SCM.

Infine c'è un piccolo approfondimento per capire il livello di integrazione delle informazioni generate nelle varie aree aziendali, sia internamente tra i vari dipartimenti che esternamente con i partners.

Bryan Web Agency

Questo check-up di autovalutazione può rientrare sia in questa categoria che in quella degli assessment con finalità di raccogliere dati per indagini di ricerca.

Il questionario è infatti sviluppato in collaborazione con l'API (Associazione Piccole e medie Industrie), Dama (Digital arts & manufacturing academy) e altri enti.

I dati raccolti dal questionario inoltre verranno condivisi con l'Osservatorio regionale che si occupa di raccogliere e documentare casi di studio sull'industria 4.0.

Si tratta di un brevissimo questionario che non richiede più di 10 minuti per la compilazione.

Anche in questo caso il livello di approfondimento è basso, con solo una rapida panoramica delle eventuali tecnologie presenti in azienda, se si utilizzano soluzioni cloud computing, sensori RFID, monitoraggio e analisi dei dati ecc.

Il questionario è disponibile al seguente indirizzo:

<https://bryan.it/checkup-fabrication-40/>

3.2 Strumenti di assessment per indagini di ricerca

Nel capitolo precedente, dove veniva illustrata la situazione europea riguardo l'industria 4.0 si è citato spesso report o studi pubblicati da società di consulenza o associazioni di categoria che riassumevano la situazione di imprese italiane, europee o addirittura globale.

Questi report si basavano su dati raccolti tramite questionari e diffusi a un grande numero di aziende, ai fini di ricerca.

Spesso le aziende che partecipano a quest report sono selezionate dai creatori del questionario stesso, per avere un campione di aziende adeguato ai loro fini di ricerca.

Il survey condotto da McKinsey nel 2015, ad esempio, ha visto la selezione di 100 imprese per ognuno dei seguenti 3 stati: Giappone, USA e Germania.[Bauer et al., 2015].

Anche il questionario condotto da PWC tra il 2015-2016 era mirato ad un pool di aziende di 26 Stati diversi, cercando di rappresentare tutti i settori industriali con la giusta proporzione. [Geissbauer et al., 2017].

Altre volte però il questionario è ad accesso libero, ciò è utile nel valutare per esempio quali settori industriali siano più inclini ad approfondire le tematiche della industria 4.0 e quali siano i più restii. È il caso del questionario diffuso dalla Bryan web Agency di Milano. Nonostante il suddetto strumento di assessment sia stato inserito nella categoria di strumenti finalizzati al marketing, il fatto che Bryan Agency collabori con l'Osservatorio di Milano, chiarisce come i dati raccolti vengano utilizzati per ottenere informazioni sulla situazione delle aziende lombarde.

Principalmente questi tipi di questionario sono sviluppati da associazioni di imprese (ad esempio in Italia Federmeccanica), o grandi società di consulenza che sono costantemente attive nell'effettuare indagini di mercato (le società leader della consulenza come Ernst & Young, Deloitte, Pwc, Kpmg, McKinsey ecc.).

Tuttavia, visto il grosso interesse che l'argomento industria 4.0 sta riscontrando al giorno d'oggi sempre più enti stanno sviluppando questionari e facendo indagini di mercato di questo tipo.

Per questo motivo è possibile trovare questionari sviluppati anche da Università, Istituti di ricerca e organizzazioni governative, oltre alle già citate società di consulenza e associazioni di imprese.

Questi questionari offrono una metodologia più rigorosa nel valutare e posizionare le imprese in base al loro livello di digitalizzazione. Il questionario è infatti spesso strutturato in diverse aree di analisi, e la categorizzazione delle aziende è definita secondo specifici criteri.

Il dettaglio di queste metologie verrà analizzato durante la descrizione di ognuno di essi.

3.2.1 Caratteristiche

Di seguito verranno elencate in maniera schematico caratteristiche riscontrabili in questa tipologia di assessment

Domande di tipo anagrafico più dettagliate: In questo tipo di questionari raccogliere informazioni più dettagliate sull'anagrafica risulta fondamentale per poter clusterizzare le aziende ai fini della costruzione del report.

Livello di approfondimento molto variabile: Data la diversità e il differente raggio d'azione delle società o aziende redattrici del questionario, il livello di complessità può essere variabile. Si può andare da questionari molto basilari come quello sviluppato da alcune università, a questionari più complessi sviluppati da alcune società di consulenza o associazioni di imprese. Charamente la velocità di compilazione è proporzionata al livello di dettaglio ricercato. In generale però il livello di dettaglio è più basso dei questionari finalizzati al supporto dell'auditing.

Gratuti: Questa caratteristica rispecchia la natura del questionario, non indirizzata alle imprese come possibili clienti ma solo come elementi parte di un campione di indagine.

Indagine sugli obiettivi delle imprese: Sebbene sia presente anche in alcuni dei questionari finalizzati al marketing, questo aspetto è approfondito in questo tipo di assessment. Molte delle indagini effettuate hanno infatti come obiettivo, o comunque cercano di considerare, il valutare la propensione delle aziende ad investire e ad adeguarsi al nuovo paradigma tecnologico. Per questo motivo molti dei questionari cercano di quantificare gli investimenti effettuati dalle imprese, ma anche gli investimenti che l'azienda ha come obiettivo nel futuro prossimo.

Collocazione dell'azienda rispetto ai competitors: Un'aspetto che alcuni di questi questionari trattano (essendo così variabili è difficile trovare delle caratteristiche che si applichino a tutti i casi considerati) è, al momento della restituzione dei risultati, la collocazione dell'azienda intervistata rispetto ai suoi competitors per quanto riguarda la preparazione all'industria 4.0. L'obiettivo di questi questionari è proprio quello di analizzare i trend presenti nel mercato, creando dei cluster di aziende, individuando le più avanzate e le più arretrate, e comunicando ai rispondenti la propria posizione relativa.

3.2.2 Esempi

Impuls

Questo strumento di assessment è stato commissionato dalla Impuls, fondazione della VDMA (Associazione tedesca di ingegneria), e condotto da IW Consulting (una sussidiaria dell'Istituto di Ricerca Economico di Colonia) e il dipartimento di Management Industriale della Aachen University.

Si tratta di uno strumento di self assessment molto ben sviluppato, con una metodologia rigorosa nella categorizzazione delle aziende e nella suddivisione dell'azienda in aree funzionali.

Lo strumento è disponibile online al seguente indirizzo:

<https://www.industrie40-readiness.de/?sid=62931&lang=en>

Lo strumento analizza l'azienda su 6 dimensioni, che sono:

- Strategy and Organization
- Smart factory
- Smart operations
- Smart products
- Datadriven services
- Employees

Nell'immagine 3.1 è presente un grafico preso dal report finale di Impuls in cui vengono schematizzate le aree coperte dal questionario.

Alla fine del questionario ad ognuna di queste aree viene assegnato un punteggio, calcolato tramite un maturity index. Il punteggio finale dell'azienda è una media pesata di questi 6 fattori, che colloca l'azienda in 6 possibili livelli:

- **Level 0:** Outsider
- **Level 1:** Beginner
- **Level 2:** Intermediate
- **Level 3:** Experienced
- **Level 4:** Expert
- **Level 5:** Top Performer



Figura 3.1. Argomenti questionario Impuls [Lichtblau et al., 2015]

Questi 5 livelli vengono poi raggruppati in 3 distinte categorie:

- Newcomers
- Learners
- Leaders

Nell'immagine sottostante è presentato uno schema grafico della categorizzazione, presa dal report di Impuls.

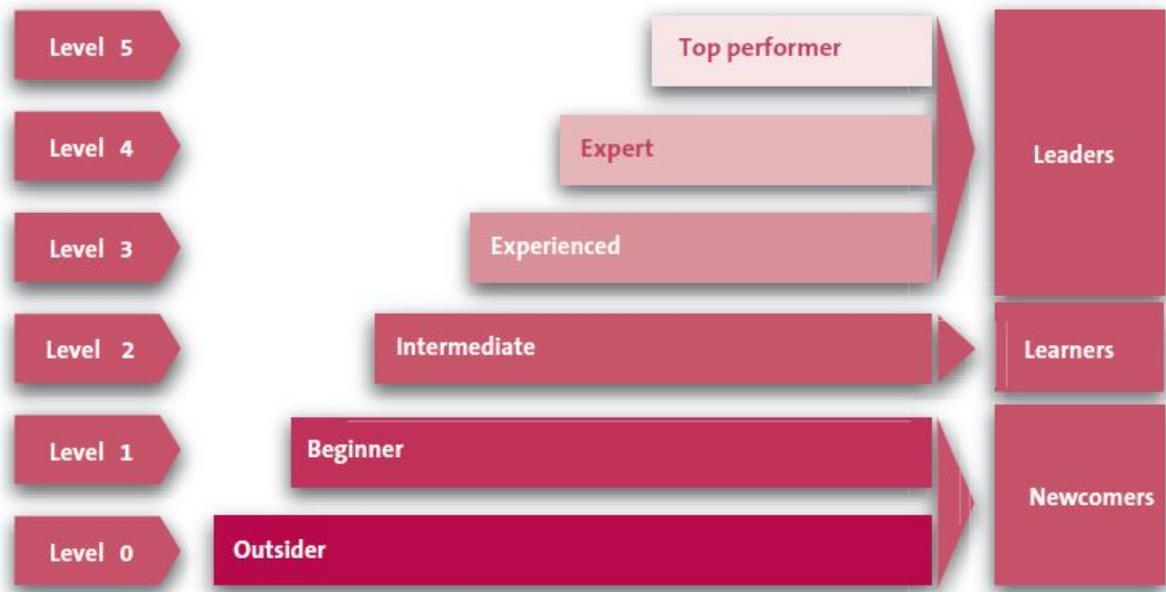


Figura 3.2. Categorizzazione aziende secondo Impuls [Lichtblau et al., 2015]

Il questionario Impuls, a differenza di altri analizzati finora e che saranno presentati più avanti è indirizzato esclusivamente ad aziende manifatturiere, in particolare di ingegneria meccanica o di impiantistica, e quindi esclude le aziende fornitrici di servizi.

I risultati di questo self-assessment vengono restituiti tramite un report digitale, in cui per ognuna delle 6 aree di interesse sono riportati i risultati con una spiegazione delle ragioni dietro tale punteggio, e viene offerto anche un paragone con i competitors diretti, appartenenti allo stesso settore e con caratteristiche simili (dimensione aziendale). Inoltre nel presentare le ragioni di tale valutazioni vengono presentate alcune misure che l'azienda potrebbe adottare per intraprendere un percorso di innovazione e digitalizzazione.

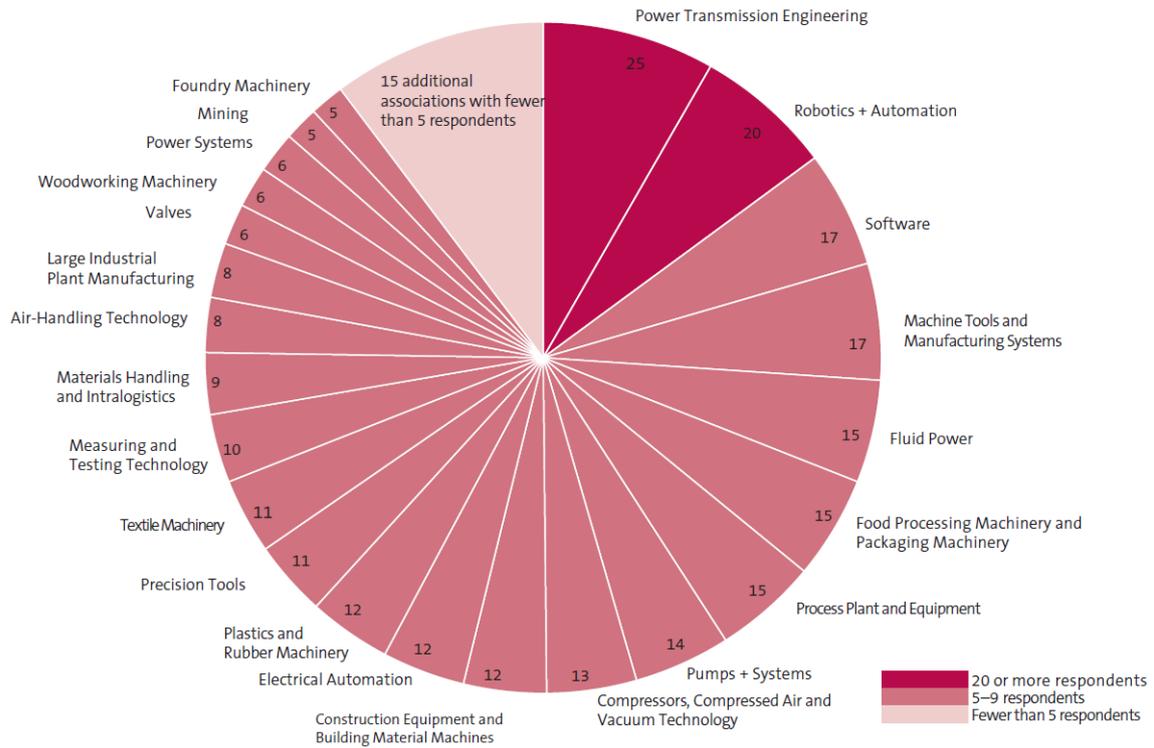


Figura 3.3. Settori di appartenenza delle aziende rispondenti [Lichtblau et al., 2015]

Federmeccanica

Lo scopo di questo questionario è conoscere lo stato di avanzamento delle imprese metalmeccaniche con riferimento al fenomeno della Industria 4.0.

Il questionario è composto da 35 domande, che comprendono:

- Anagrafica
- Organizzazione e strategia aziendale
- Tecnologie implementate
- Investimenti effettuati e pianificati
- Risorse umane
- Aspettative sull'industria 4.0

Le industria a cui è stato inviato il questionario, che sono 527, chiaramente sono principalmente legate al settore metalmeccanico, anche se ci sono alcune eccezioni. il 16% dei rispondenti infatti forniscono settori non metalmeccanici.

Un particolarità di questo studio è che separa le aziende intervistate in solamente due gruppi: adopters e non adopters.

Vengono identificate come adopters quelle aziende che abbiano implementato anche solo una delle 11 tecnologie analizzate.

In particolare queste tecnologie sono:

1. Meccatronica
2. Robotica
3. Robotica collaborativa
4. IoT
5. Big data
6. Cloud computing
7. Sicurezza informatica
8. Stampa 3D
9. Simulazione
10. Nanotecnologie
11. Materiali intelligenti

Fraunhofer Institute

Di questo assessment non si hanno a disposizione le domande del questionario. Il fraunhofer institute infatti condivide determinati documenti solamente con i propri partners (es. Studio Base Consulenza), a cui chiede di non diffondere questi ultimi per motivi di confidenzialità e proprietà intellettuale.

Tuttavia è disponibile un articolo scientifico in cui si espone il modello di calcolo della maturità digitale di una azienda manifatturiera proposta dal Fraunhofer Institute.

Quindi come citato anche nell'articolo scientifico questo metodo è indirizzato ad aziende manifatturiere, che producono prodotti fisici, tangibili.[Schumachera et al., 2016]

In questa sezione verranno esposte le aree di analisi, mentre la matematica dietro al calcolo del livello di maturità digitale verrà esposta nel capitolo dedicato.

Il modello sviluppato dall'istituto tedesco suddivide l'azienda in un totale di 62 elementi per valutare la maturità digitale, che vengono raggruppati in 9 dimensioni aziendali [Schumachera et al., 2016]. Gli elementi sono:

1. **Strategia:** implementazione di roadmap I4.0, disponibilità di risorse per la realizzazione ecc.
2. **Leadership:** Propensione dei leaders, capacità del management, esistenza di un coordinamento centrale per I4.0 ecc.
3. **Clienti:** utilizzo dei dati dei clienti, digitalizzazione delle vendite/servizi ecc.
4. **Prodotti:** individualizzazione dei prodotti, digitalizzazione dei prodotti, integrazione dei prodotti con altri sistemi ecc.
5. **Operations:** decentralizzazione dei processi, modellazione e simulazione, collaborazioni interdipartimentale ecc.
6. **Cultura:** condivisione della conoscenza, open-innovation e collaborazione attraverso l'azienda, ecc.
7. **Persone:** competenze informatiche dei dipendenti, apertura di questi ultimi alle nuove tecnologie, autonomia dei dipendenti ecc.
8. **Governance:** Legislazioni di lavoro 4.0, conformità agli standard tecnologici, protezione della IP ecc.
9. **Tecnologia:** esistenza di moderni sistemi informativi, utilizzo di devices mobile, utilizzo di machine-to-machine communication ecc.

I dati sull'azienda anche in questo caso vengono raccolti tramite questionario, con una serie di possibili risposte disposte su una scala Likert che va da 1 a 5.

All'azienda viene restituito un report di 11 pagine, con una panoramica iniziale del livello di maturità dell'azienda, e una spiegazione dei diversi livelli di maturità. Il livello di maturità viene rappresentato anche qui con un radar chart, in cui ogni asse corrisponde a uno delle 9 aree aziendali indagate dal questionario.

Warwick University

L'università di Warwick fornisce un rapido questionario online che dopo una iniziale raccolta di dati anagrafici dell'azienda pone dei quesiti distribuiti sulle seguenti aree:

- Prodotto e servizio
- Produzione
- Strategia e organizzazione
- Supply Chain
- Business Model
- Considerazioni legali

In particolare l'ultima area riguarda le problematiche legate alla cybersecurity che emergono dall'utilizzo di grandi quantità di dati, riguardanti anche i clienti. Il questionario proposto da Warwick è uno dei pochi ad affrontare questa problematica.

Il questionario è disponibile online al seguente indirizzo:

https://warwickwmg.eu.qualtrics.com/jfe/form/SV_703ovIWlTCu90uF

PwC

Nel 2016 la società di consulenza PwC ha redatto un questionario con l'obiettivo di individuare quale fosse la situazione attuale delle aziende riguardo l'industria 4.0.[Geissbauer et al., 2017]

Il questionario ha coinvolto più di 2000 aziende, sparse in 26 Paesi del mondo, rendendo questo lo studio più ampio sull'argomento. Solitamente il focus è infatti a livello nazionale o continentale, mentre il survey in esame ha diffusione globale.

Pwc inoltre rende disponibile al seguente indirizzo web un questionario di self-assessment

<https://i40-self-assessment.pwc.de/i40/landing/>

I dettagli sui temi trattati da questo strumento di assessment sono già stati discussi nel capitolo precedente, dove si analizzavano i trend europei.e

3.3 Strumenti di supporto all'audit in azienda

La terza categoria di strumenti di assessment riguarda quei questionari che fungono da supporto agli auditors al momento delle visite aziendali.

Si tratta di questionari pensati per guidare le domande degli auditors, in modo da standardizzare le visite aziendali. Ciò è infatti fondamentale per garantire che l'analisi delle aziende sia uniforme, e che i risultati siano comparabili.

Gli strumenti di assessment presentati finora erano indirizzati a chiunque, con rispondenti più o meno interessati all'affrontare il processo di digitalizzazione.

Ora le aziende a cui ci si rivolge sono invece propense e pronte ad affrontare questo processo, disposte a investire in una consulenza professionale per avere una guida durante la digitalizzazione.

Questi assessment non sono autocompilati da dei rappresentanti delle aziende. Sono infatti auditors esterni che durante delle visite aziendali raccolgono le informazioni con cui compilare i questionari.

Gli auditors sono pertanto dei professionisti esperti di digitalizzazione, processi produttivi e tutti gli aspetti rilevanti per valutare il livello di preparazione dell'impresa all'industria 4.0.

Il livello di dettaglio di questi assessment è elevatissimo. Se alcuni strumenti visti precedentemente indagavano solo quali tecnologie fossero impiegate all'interno dell'attività, ora si scompone l'azienda nelle sue varie funzioni.

Per ogni funzione aziendale si considerano poi non solo quali tecnologie siano impiegate, ma anche il come esse vengano utilizzate, considerando vari livelli diversi di utilizzo.

Questo aspetto è fondamentale, in quanto come abbiamo visto l'industria 4.0 non è definita dalla presenza o meno di una nuova tecnologia, ma dall'integrazione e dal co-funzionamento di più tecnologie. Di conseguenza avere macchinari 4.0 o software potenzialmente molto efficienti ma usati in maniera limitata non classifica il business come 4.0.

Con il livello di indagine di questi assessment si va esattamente a verificare come le tecnologie vengano utilizzati, e non solo se esse siano o meno presenti.

Un'analisi così dettagliata richiede chiaramente molto tempo per essere performata, e le visite aziendali degli auditors possono essere prolungate su più giornate lavorative.

Questi assessment sono offerti come servizi alle aziende da dei professionisti, e di conseguenza hanno un costo. Ciò però ha anche il lato positivo di garantire

da parte dell'azienda rispondente il massimo impegno per fornire informazioni agli auditors quanto più dettagliate possibili.

Avere a disposizione degli auditors le persone più adatte da intervistare per ogni funzione aziendale è fondamentale affinché le informazioni condivise siano corrette.

Anche in questo caso gli enti che sviluppano questi strumenti possono essere di diversa natura.

Chiaramente le società di consulenza possiedono dei questionari per guidare le loro analisi aziendali. Tuttavia, trattandosi del loro business, questi questionari sono esclusivamente ad uso interno, e non vengono resi pubblici per motivi di proprietà intellettuale.

Nel capitolo precedente è stato esposto il programma italiano per l'innovazione "Piano Nazionale Industria 4.0", che prevede anche la creazione dei cosiddetti Digital Innovation Hub: dei veri e propri centri per la guida alla digitalizzazione delle imprese.

Tra le varie attività di questi organismi di Confindustria, molti stanno sviluppando degli strumenti di assessment per le aziende.

È questo il caso del Politecnico di Torino e del Digital Innovation Hub e del loro progetto all'interno del quale si inserisce anche questo lavoro di tesi.

Non si tratta dell'unico caso di strumento sviluppato dalla collaborazione di università e altri enti. Esempi di questo verranno esposti in uno delle prossime sezioni.

3.3.1 Caratteristiche

Di seguito verranno riportate le principali caratteristiche di questa categoria di strumenti

Questionario non autocompilativo: A differenza delle categorie viste precedentemente questi strumenti non sono forniti alle aziende per fruizione autocompilativa. Fungono da supporto alle visite degli auditors.

Scomposizione dell'azienda nelle sue varie funzioni: L'azienda viene scomposta secondo la catena del valore. Ognuno di questi aspetti è poi analizzato in dettaglio, intervistando persone chiave per ogni area aziendale.

Indagine sul livello di implementazione di tecnologie 4.0: Questi assessment non si fermano al determinare quali tecnologie siano presenti nell'azienda. Si cerca di capire anche come esse vengano implementate e il loro livello di integrazione con altri macchinari o software gestionali. Se ne valuta in poche parole l'effettivo utilizzo in modalità 4.0.

Servizi a pagamento: Questi strumenti sono offerti da professionisti, e ciò comporta che non siano gratuiti ma a pagamento.

Necessità di visite aziendali: Questo tipo di analisi richiede che gli auditors si rechino in visita alle aziende. Ciò a volte avviene anche per più giornate lavorative, e coinvolge diverse persone all'interno dell'azienda.

Analisi SWOT restituita alle aziende: Gli strumenti visti finora riconsegnavano alle aziende uno score, a volte accompagnato da una superficiale analisi dei punti di forza e delle debolezze, che però semplicemente consideravano le risposte date ai vari punti. Inoltre le eventuali "guide" sugli step da seguire per intraprendere un percorso di digitalizzazione sono una serie di regole generali e che non hanno nessuna correlazione con l'azienda intervistata. Ora invece lo strumento serve per consigliare alle aziende una strategia per implementare il nuovo paradigma tecnologico. Per questo motivo i risultati, dopo una attenta rielaborazione, vengono riconsegnati all'azienda con una SWOT analisi per identificare punti di forza e di debolezza. Su questa SWOT si potrà poi basare un personalizzato piano di investimenti e di modifiche alla gestione aziendale per adeguarsi all'industria 4.0

3.3.2 Esempi

Politecnico di Milano & Assoconsult

Lo strumento di assessment sviluppato dal Politecnico di Milano ed Assoconsult (facente parte di Confindustria) è uno dei più completi disponibili al momento. Sulla base del questionario in questione è stato sviluppato lo strumento di assessment del politecnico di Torino.

Lo strumento in questione viene offerto online sotto forma di questionario digitale. Il tempo richiesto per la compilazione è di circa 90 minuti e ciò indica il grande dettaglio dell'analisi offerta da questo strumento.[Taisch et al.]

Il questionario analizza 8 aree funzionali, su 4 aspetti:

1. Esecuzione
2. Monitoraggio e controllo
3. Tecnologie
4. Organizzazione

Le 8 aree analizzate sono:

- Progettazione & Ingegneria

- Produzione
- Qualità
- Manutenzione
- Logistica
- Supply Chain
- Risorse Umane
- Marketing, Customer Care e Vendite

Come si vedrà nella seconda parte di questo documento lo strumento del politecnico di Torino segue la linea guida fornita da questo questionario.

Alla fine del questionario all'azienda viene restituito un livello di digitalizzazione compreso tra 1 a 5, in cui ogni livello corrisponde alla seguente descrizione:

Maturity Level 1: Iniziale

Maturity Level 2: Gestito

Maturity Level 3: Definito

Maturity Level 4: Integrato e Interoperabile

Maturity Level 5: Orientato alla Digitalizzazione

Si inserisce il questionario di assoconsult in questa categoria perchè esso può essere compilato online, ma una visita in azienda può essere effettuata se richiesta dall'impresa stessa. In questo modo si può ottenere anche una strategia personalizzata per incrementare il livello di digitalizzazione dei processi.

I dati raccolti dal questionario online verranno comunicati anche al DIH così da creare un database con la situazione delle imprese del territorio

Acatech Maturity Index

Acatech è l'accademia nazionale tedesca di scienze ed ingegneria.

Nel 2013 il loro working group riguardo l'industria 4.0 ha presentato una serie di raccomandazioni per entrare nella nuova età industriale. Sulla base di queste raccomandazioni la "Platform Industrie 4.0"(piano nazionale tedesco per l'industria 4.0) è stata lanciata per sviluppare la Germania come leader industriale mondiale.

Acatech ha successivamente sviluppato un modello che si scompone in 3 fasi successive, e che non comprende solo una misurazione della maturità digitale delle aziende ma anche una roadmap con suggerimenti per incrementare il loro livello di digitalizzazione.

Stage 1: Misura dell'attuale predisposizione all'industria 4.0 Questa prima fase si occupa di identificare il livello di maturità attuale dell'azienda, attraverso un'analisi delle aree funzionali, e assegnando un punteggio finale che descrive la maturità. Questo primo stage verrà approfondito in seguito.

Stage 2: Identificazione delle capacità che da sviluppare Ciò che rende interessante questo modello è che l'azienda può identificare il livello di digitalizzazione richiesto, ponderando costi e benefici. Una volta fatto questo viene misurato il gap presente tra l'attuale livello di maturità e il livello richiesto per raggiungere l'obiettivo aziendale.

Stage 3: Identificazione di misure concrete Lo step finale consiste nell'elaborare una roadmap di possibili azioni e misure da intraprendere affinché l'azienda colmi il gap individuato nello stage precedente e raggiunga il proprio obiettivo di maturità digitale.

Approfondimento sullo stage 1:

Il modello acatech propone una misurazione del livello di maturità digitale dell'azienda che come in altri casi avviene tramite risposta a un questionario, le cui domande sono a risposta multipla che sono collegate ai sei possibili livelli di digitalizzazione dell'azienda.[Schuh et al., 2017]

Acatech suggerisce infatti una successione di stages di maturità, che vanno dall'azienda non digitalizzata fino all'azienda che possiede tutte le caratteristiche dell'industria 4.0.

I primi due livelli non possono ancora identificare l'azienda come 4.0, e vengono pertanto indicati come facenti parte del percorso di digitalizzazione. Dal terzo al sesto step invece si è in ambito 4.0.

I sei step sono i seguenti:

1. **Computerizzazione**
2. **Connettività:** questi primi step sono la base per l'industria 4.0, in cui si hanno sistemi informatici connessi.
3. **Visibilità:** da questo step si è in fase 4.0. In questa fase si adottano i sensori per la raccolta di dati e la loro analisi
4. **Trasparenza:** si tratta della creazione di un "doppio digitale" della situazione attuale dell'azienda

5. **Capacità predittiva:** In questa fase l'"ombra digitale" dell'azienda creata nello step precedente viene utilizzata per simulare differenti scenari futuri e identificare i più plausibili, oltre che per studiare eventuali contromisure.
6. **Adattabilità:** La capacità predittiva è fondamentale per automatizzare azioni e decisioni. L'adattamento continuo permette a un'azienda di delegare certe decisioni ai sistemi informativi così che ci si possa adattare ai cambiamenti il più velocemente possibile.

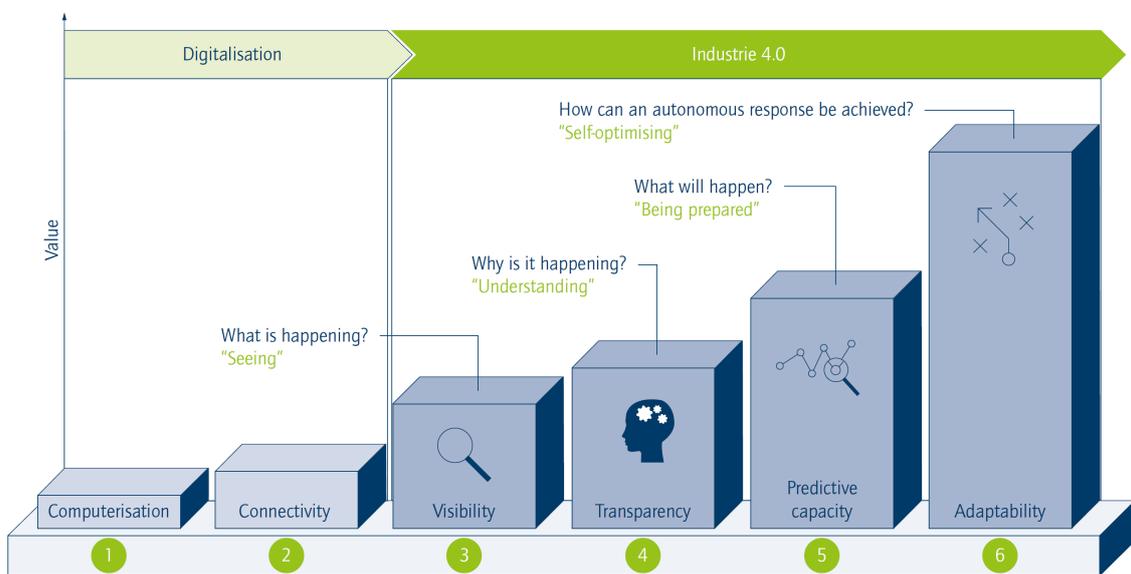


Figura 3.4. Schema dei 6 livelli di maturità digitale secondo il modello acatech [Schuh et al., 2017]

Il modello acatech suddivide l'azienda nelle 4 macro-aree *Risorse, Sistemi Informativi, Cultura e Struttura organizzativa*.

L'assessment per la misurazione del livello di maturità analizza poi 5 aree funzionali, che sono:

1. Sviluppo
2. Produzione
3. Logistica
4. Servizi

5. Marketing & Vendite

Il procedimento è, una volta raccolte le risposte al questionario, di analizzare ognuna di queste 5 aree funzionali secondo le 4 macro-aree indicate prima. Si ha così che ogni funzione viene scomposta su 4 assi, ognuno valutato singolarmente. Il punteggio finale su ogni funzione aziendale è dato dall'aggregazione dei punteggi su ogni asse.

I risultati finali vengono consegnati all'azienda tramite radar chart, che risultano essere il metodo più immediato ed esaustivo per segnalare i punti di forza e debolezza.

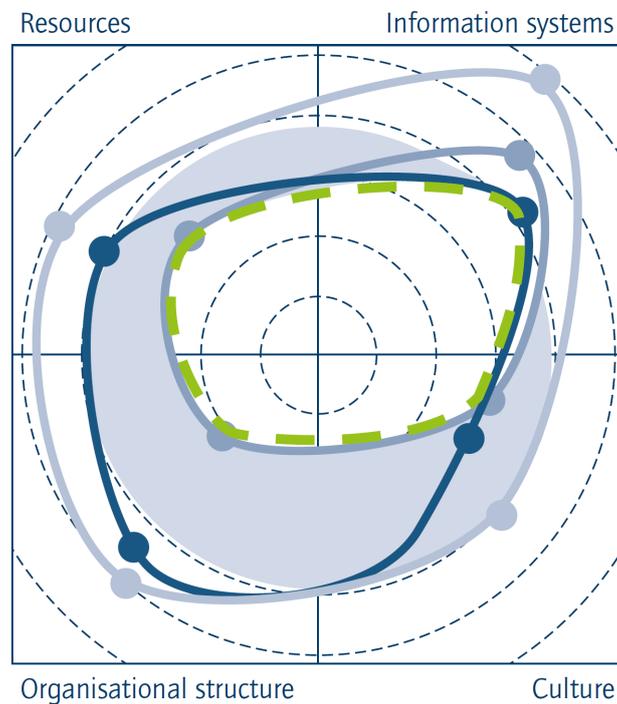


Figura 3.5. Esempio di radar chart del modello acatech [Schuh et al., 2017]

Università di Pisa & Regione Toscana

Il modello in esame è uno degli strumenti di assessment più completi in circolazione, ed è stato sviluppato dal team di ricerca del Dipartimento di ingegneria civile e industriale dell'Università di Pisa, dal team di ricerca del Dipartimento di Ingegneria Informatica e Matematica dell'Università di Siena, con il supporto dell'IRPET (Istituto Regionale per la Programmazione Economica della Toscana), all'interno dell'accordo di collaborazione scientifica che vede come capofila proponente l'attività di ricerca e collettore dei risultati finali la Regione Toscana.

L'attività di ricerca è mirata alla "Progettazione di questionario di pre-valutazione semplificato, di un assessment strutturato e di un audit tecnologico finalizzati ad elaborare un quadro conoscitivo dell'impatto dei processi di digitalizzazione sul sistema produttivo regionale, sul comportamento delle imprese e sul loro modello di business". [Fantoni et al., 2017]

Come anticipato dalla descrizione dell'attività di ricerca, questo studio ha portato alla creazione di 3 modelli di assessment, complementari e che si adattano alle esigenze di ogni azienda.

Lo strumento prevede infatti una pre-valutazione, un assessment e infine uno strumento di audit.

Lo scopo del modello di valutazione è quello di fornire una visione statica, "fotografica" dell'azienda, si vuole cioè costruire uno strumento in grado di misurare lo stato reale e attuale, congelato al momento della rilevazione dei dati.

Una visione invece più dinamica e prospettica (progettuale) è invece demandata all'audit su un'area dell'azienda nella quale la direzione intende investire. [Fantoni et al., 2017]

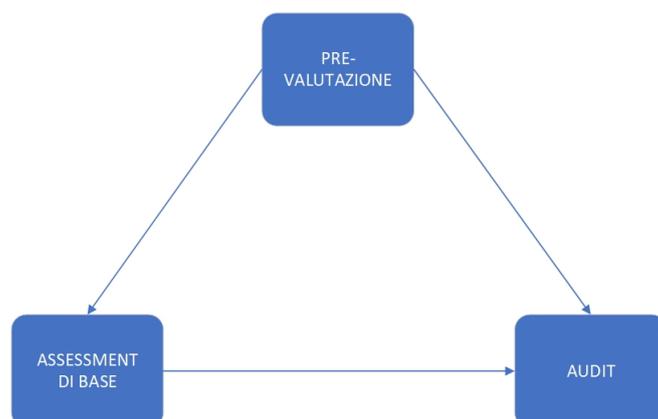


Figura 3.6. Schema dei tre step valutativi dell'assessment di Pisa

I tre step sono quindi i seguenti:

1) Pre-valutazione: ha lo scopo di fornire alle aziende un primo generale bilancio sul loro livello di maturità digitale, tramite un breve report. Si tratta di un breve questionario online che l'azienda compila in autonomia, e che richiede circa 20-30 minuti di tempo per la compilazione. Le domande presenti sul questionario online comprendono:

- Anagrafica
- Organizzazione
- Competenze e profili 4.0
- Capacità di effettuare investimenti
- Tecnologie presenti

2) Assessment: Se l'azienda è interessata ad approfondire la propria situazione chiederà ad un consulente un assessment, che ha lo scopo di fornire una fotografia dello stato attuale dell'azienda. Può essere svolto anche da personale interno all'azienda.

3) Audit: In questo terzo step un secondo consulente, solitamente esperto nell'area che si intende trasformare e le relative tecnologie, approfondirà l'area aziendale in esame e ne evidenzierà criticità, per poi ipotizzare un percorso di sviluppo.

Data la complessità e il grande livello di dettaglio che caratterizzano sia l'assessment che l'audit, una loro analisi approfondita verrà proposta qui di seguito.

Assessment

L'università di Pisa e gli altri fautori dello strumento in esame hanno seguito la suddivisione dell'analisi aziendale utilizzata dal modello acatech. Quest'ultimo si suddivide in 4 aree: struttura organizzativa, cultura, risorse e sistemi informativi.

L'assessment in esame contiene una serie di domande sul modo di lavorare dell'azienda in riferimento a due livelli fondamentali:

1. Livello Organizzativo (corrispondente ai due quadranti "Struttura organizzativa" e "Cultura" di acatech)
2. Livello Operativo (corrispondente ai due quadranti "Risorse" e "Sistemi informativi" di acatech)

Per rispondere alle domande è necessaria una visita in azienda di almeno 4 ore che comprende una prima intervista a un dirigente seguita da una visita nella parte operativa dell'azienda.

Il punteggio assegnato ad ognuna delle domande a risposta multipla può andare da un minimo di 0 ad un massimo di 1 punto (dove 1 è il grado massimo di digitalizzazione)

Questa scala di voto da 0 a 1 viene poi diviso in 6 intervalli, ciascuno corrispondente a un livello di digitalizzazione diversa.

In questo caso l'assessment fa riferimento alla nomenclatura proposta da Impulse:

- Outsider
- Beginner
- Intermediate
- Experienced
- Expert
- Top Performer

Il report riconsegnato all'azienda contiene una iniziale spiegazione della metodologia, e una successiva presentazione dei risultati partendo dalla valutazione complessiva dell'azienda nei due livelli organizzativo e operativo.

Successivamente il report scende nel dettaglio delle quattro aree strutturali, a cui a ognuna viene attribuito un punteggio da 1 a 6.

Anche qui la scelta è di utilizzare il radar chart per offrire una interpretazione immediata.

Il report continua poi il livello di approfondimento, fornendo radar chart per ogni area, scomponedola nei suoi 8 assi ed assegnando un punteggio ad ognuno di essi.

Audit

In questa seconda analisi dell'azienda si fornisce una visione più dinamica e prospettica(progettuale). Per questo motivo il questionario audit contiene una serie di domande più strategiche, tattiche, progettuali che indagano le volontà di adeguamento e le intenzioni documentate di intraprendere un percorso di crescita nel livello di maturità su 4.0 [Fantoni et al., 2017]

Si approfondiscono due aspetti:

1. Readiness aziendale
2. Valutazione delle tecnologie presenti

Anche in questo caso lo strumento di assessment si basa su metodologie già comprovate. Il questionario è stato concepito ispirandosi al modello dell'*European Foundation for Quality EFQM*.

In questo modo le domande hanno una range di risposta che va da 0 a 100, con scarti di 5 (5,10,15,20 ecc. ecc.).

La scala viene poi suddivisa nei 6 livelli di digitalizzazione presi da Impulse.

Anche in questo caso l'audit indaga le 4 aree proposte dal modello acatech, scomposte nei loro 8 assi.

Il report finale contiene una prima parte di di analisi dei dati rilevati, ma una seconda parte più prospettica che contiene i possibili interventi.

Bussola Digitale

Il Polo tecnologico di Pordenone, in coordinamento con il DIH, Digital Innovation Hub, a cui afferiscono soggetti istituzionali come l'Unione Industriali di Pordenone, la LEF, Lean Experience Factory joint venture con McKinsey, ed altri numerosi partners ha messo a punto una metodologia di analisi per le PMI che sinteticamente chiamano Bussola digitale.

La bussola è uno strumento che con una serie di 18 domande, più o meno articolate, permettono a uno o due auditors (solitamente) di analizzare l'azienda e di

valutarne punti di forza e debolezza.

La bussola analizza l'azienda secondo 4 quadranti, e le 18 domande sono suddivise su questi quadranti

1. **Quadrante nord:** Mercato/clienti
 - Prosumer
 - Big Data Clienti
2. **Quadrante ovest:** Piattaforme tecnologiche
 - Big data analytics
3. **Quadrante Sud:** Processi produttivi
 - Production One-to-One
 - Simulazione/Digital Twin/Product & Process
 - Product ONE TO ONE
 - Cybersecurity
 - Tecnologie abilitanti
 - IoT
 - Additive Manufacturing 3D
 - VR & wearable devices
4. **Quadrante Est:** Supply chain
 - Digital Muda
 - Robot e cobot
 - E-commerce & e-procurement
 - Risorse umane
 - Sensori smart
 - Co-progettazione virtuale
 - AI Artificial Intelligence

Come si vede questo approccio si discosta parecchio da quanto analizzato finora. Solitamente infatti l'approccio standard è quello di suddividere l'azienda in aree funzionali, e per ognuna di essa analizzare le tecnologie implementate, le modalità di implementazione, il livello di digitalizzazione ecc.

In questa bussola digitale invece si alternano domande su tecnologie ritenute abilitanti per l'industria 4.0 a informazioni sul tipo di processo presente in azienda,

sulle risorse umane, sul tipo di clienti ecc.

L'assessment viene svolto con visite aziendali che in base alla dimensione della stessa possono andare dalle 2 alle 4 ore.

Durante queste visite, condotte da uno o due auditors, è necessaria la presenza di una parte rappresentativa della dirigenza aziendale.

Per questo motivo prima di effettuare la visita le 18 domande vengono fornite all'azienda, in modo da poter offrire la disponibilità delle persone più adatte a rispondere.

Ad ognuna delle 18 domande viene dato un punteggio che va da 1 a 10.

Il risultato dell'assessment è un radar chart che permette una panoramica immediata di quelli che sono i punti di forza e di debolezza dell'azienda.

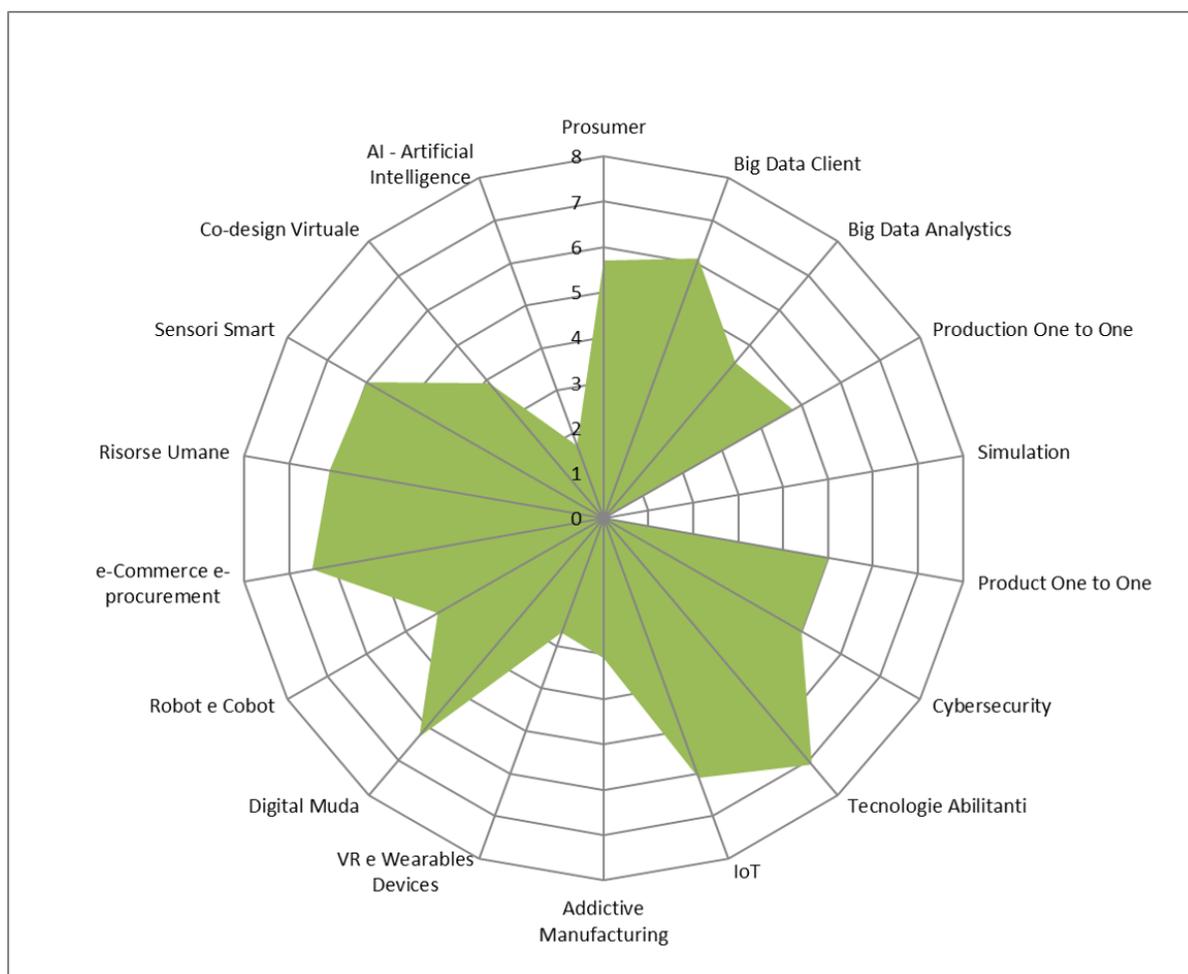


Figura 3.7. Bussola digitale con i dati aggregati delle aziende rispondenti

Nella figura 3.7 si può vedere un esempio del radar chart fornito all'azienda. In questo caso i dati rappresentati sono la media dei dati delle aziende rispondenti al questionario.

È bene evidenziare il fatto che la restituzione dei risultati avviene tramite un'ulteriore visita in azienda per spiegare il punteggio ottenuto e discuterne insieme ai dirigenti aziendali; lo scopo è infatti quello di creare dei progetti di innovazione.

Lo strumento offerto dal Polo tecnologico di Pordenone ha un costo di 1500 €. Tuttavia, per le aziende iscritte a confindustria 1100 € possono venire finanziati attraverso il voucher.

Di conseguenza la bussola digitale viene a costare all'azienda solamente 400 €.

Per la semplicità di questo assessment, e il suo costo limitato, esso sta avendo grande successo. Su circa 80 aziende che hanno richiesto il servizio, ben 32 hanno poi intrapreso un progetto di innovazione tecnologica studiato ad hoc dagli esperti del polo tecnologico.

Questo è lo scopo di questa categoria di strumenti di assessment, e i risultati della bussola digitale sono ragguardevoli.

Per questo motivo a fine gennaio 2018 si è tenuto un incontro facente parte del cosiddetto *Trilateral Cooperation Act* tra Italia, Francia e Germania per discutere la possibilità di rendere la bussola digitale uno standard europeo.

Studio Base Consulenza

La società Studio Base offre un servizio di consulenza per le imprese che vogliono entrare nel mondo dell'industria 4.0.

Non sono disponibili documenti o dati riguardanti le domande dell'assessment, per motivi di proprietà intellettuale e contrattuali.

Tuttavia i loro auditor vengono formati presso il Fraunhofer Institute, per cui si presume che le metodologie di assessment e il maturity index utilizzato per misurare la readiness aziendale sia analogo a quello sviluppato dall'istituto austriaco.

Particolarità della società studio base è che alla fine dell'assessment non si elabora insieme all'azienda un piano di investimento o una strategia per l'implementazione di nuove tecnologie, come avviene invece ad esempio per la bussola digitale.

Ciò che si propone all'azienda sono dei percorsi formativi per apprendere e comprendere le potenzialità della nuova industria, e i passi da svolgere per avvicinarsi ad essa.

3.4 Struttura modelli di riferimento

Riassumendo quanto esposto nel capitolo precedente, e focalizzandosi solamente sulla categoria di assessment più dettagliati, emerge come ci sia una tendenza comune a sviluppare questi strumenti suddividendo l'azienda su due assi differenti.

Il primo asse è quello della catena del valore. I questionari visti finora infatti considerano i vari processi che costituiscono il business, da monte a valle, e cercano di assegnare uno score ad ognuna di queste sezioni. Tuttavia il numero di aree analizzate varia da strumento a strumento. Il secondo asse considerato è costituito da quegli aspetti che vengono valutati per ogni area funzionale (ad esempio strategia, organizzazione, tecnologia ecc). Anche in questo caso il numero varia a seconda del questionario, tuttavia lo standard è di 3/4 aspetti valutativi che vengono considerati. Nella seguente tabella 3.2 vengono riassunte le caratteristiche dei questionari visti finora.

Come si vedrà nel capitolo successivo il Politecnico di Torino ha sviluppato il proprio modello di assessment prendendo spunto dai 4 modelli di riferimento esposti nella tabella 3.2. Infatti si utilizza l'approccio dell'analisi su due assi del Politecnico di Milano e del modello Acatech. Tuttavia fra le aree funzionali vengono aggiunte anche delle sezioni sulla cultura aziendale, strategia e strategia R&D come domande di contesto.

Assessment	1° Asse		2° Asse	
	N. aree funzionali	Aree funzionali	N. Aspetti valutativi	Aspetti valutativi
Politecnico Milano	8	Prog. & Ingegneria, Produzione, Qualità, Manutenzione, Logistica, Supply Chain, Risorse Umane, Marketing & Customer care	4	Esecuzione, Monitoraggio e controllo, Tecnologie, Organizzazione
Acatech Study	5	Sviluppo, Produzione, Logistica, Servizi, Marketing & Vendite	4	Risorse, Sistemi Informativi, Struttura Organizzativa e Cultura
Università di Pisa	N.d.	N.d.	2(4)	Organizzativo (Struttura Organizzativa e Cultura), Operativo (Risorse e Sistemi Informativi)
Fraunhofer Institute	N.d.	N.d.	9	Strategia, Leadership, Clienti, Prodotti, Operations, Cultura, Persone, Governance, Tecnologia

Tabella 3.2. Resoconto della struttura dei modelli di riferimento

3.5 Maturity index

Le modalità di calcolo della maturità digitale degli strumenti di riferimento non sono accessibili, in quanto strumenti professionali e offerti spesso come servizio a pagamento.

L'unico strumento di cui si conoscono le metodologie di calcolo è lo strumento del fraunhofer institute, che ha pubblicato un articolo scientifico a riguardo. Come visto nella sezione precedente il modello Fraunhofer analizza 9 "dimensioni di maturità", ognuna delle quali contiene una serie di domande chiamate "maturity

item". L'approccio è di calcolare il livello di maturità digitale per ogni sezione tramite una media pesata. I pesi ad ogni domanda vanno da 1 a 4 e sono assegnati specificatamente per ogni azienda rispondente al questionario.[Schumachera et al., 2016]

La formula per calcolare la maturità di ognuna delle 9 aree è:

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

Dove D=dimensione di maturità, I=domanda, g=peso della domanda ed n=numero di domande.

Il politecnico di Torino utilizza un approccio simile, in cui non viene restituito un punteggio globale di maturità ma bensì un punteggio per ogni area funzionale dell'impresa.

Nonostante non siano disponibili le modalità di calcolo degli altri assessment di riferimento, è possibile osservare quali siano i livelli di maturità digitale che tali strumenti assegnano alle imprese. Si noterà come la tendenza sia di assegnare solitamente 5 livelli di maturità digitale differente. Tale approccio è stato seguito anche dal Politecnico di Torino.

Politecnico di Milano 5 livelli di maturità digitale: iniziale, gestito, definito, integrato e interoperabile, orientato alla digitalizzazione

Acatech study e Università di Pisa 6 livelli di maturità digitale. Tuttavia i primi due livelli non vengono ancora ritenuti industria 4.0, ma bensì processi di digitalizzazione necessari. Per cui i primi due livelli potrebbero essere paragonabili al livello 1 del Politecnico di Milano (e, come si vedrà nei capitoli seguenti, del Politecnico di Torino)

Bussola digitale di Pordenone 10 livelli di maturità. Questo è lo strumento che più si discosta da quelli che paiono essere gli standard emergenti in questo settore, non solo per quanto riguarda la struttura dello strumento, ma anche per i punteggi finali.

Fraunhofer Institute 5 livelli di maturità digitale, pari alla scala di ognuna delle domande poste ai rispondenti.

Impuls 6 livelli di maturità digitale, con scala da 0 a 5

Capitolo 4

Analisi della maturità digitale di 25 aziende locali

4.1 Strumento Politecnico di Torino

Il politecnico di Torino insieme al Digital Innovation Hub di Torino ha sviluppato uno strumento di assessment proprietario per valutare la situazione attuale delle imprese del territorio in merito all'industria 4.0. La presente tesi di laurea si inserisce quindi all'interno di questo contesto e per la realizzazione sono stati utilizzati dati forniti dai dottorandi del politecnico che si sono occupati di creare lo strumento di assessment in esame.

Per motivi di proprietà intellettuale il contenuto del questionario non è divulgabile, in quanto è ancora in fase di sperimentazione e si tratta di uno strumento che sarà poi venduto come servizio alle aziende. Tuttavia è possibile riportare che si tratta di un questionario sviluppato sul modello del Politecnico di Milano e Assoconsult, e che comprende le seguenti 14 aree:

1. Autocompilazione
2. Struttura, organizzazione e strategia
3. Strategie di ricerca, sviluppo, e innovazione
4. Cultura aziendale
5. Progettazione ed ingegneria
6. Smart product
7. Produzione
8. Supply chain

9. Logistica interna
10. Qualità
11. Manutenzione
12. Risorse umane
13. Marketing, customer care e vendite
14. Sistemi informativi

Come si può notare la prima parte del questionario consiste nella cosiddetta auto-compilazione, consistente in una serie di domande che vengono fornite all'azienda prima della visita di auditing. Ciò permette di raccogliere delle prime informazioni e dare un'idea all'azienda di quali saranno gli argomenti trattati.

Dopodichè avviene la visita di auditing, che raccoglie informazioni più dettagliate sulle aziende. La visita richiede la presenza di almeno due auditors, e l'impegno richiesto all'azienda è di circa 2 giornate uomo, che possono essere suddivise in base alla disponibilità dell'azienda stessa.

Durante le visite auditing si richiede la partecipazione di alcune figure chiave della struttura aziendale, che siano in grado di fornire risposte precise e corrette alle domande loro poste. Il tempo totale di raccolta ed elaborazione dati, quindi considerando anche il lavoro di backoffice necessario a calcolare il maturity index di ogni azienda è di circa 4/5 giornate uomo.

La modalità di restituzione dei risultati è un aspetto peculiare di questo strumento, che lo differenzia dagli altri esaminati finora.

L'approccio comune infatti, è quello di calcolare alla fine dell'analisi data un punteggio di maturità digitale, che posizioni l'azienda su di un determinato livello di digitalizzazione. Questo è sicuramente un metodo efficace, tuttavia risulta essere poco informativo su quello che davvero è la maturità digitale dell'azienda. Considerare infatti tutte le aree funzionali con la stessa importanza per ogni business è un approccio errato. Oltretutto il punteggio globale permette di confrontare potenzialmente tutte le imprese tra loro. Anche questo, come facilmente intuibile, è incorretto.

Per queste ragioni lo strumento del politecnico di Torino non restituisce alle aziende un punteggio globale, bensì fornisce una panoramica dei punteggi ottenuti nelle varie aree funzionali, e soprattutto suddivisi su 3 assi (che verranno esposti in seguito). Ciò permette di capire più nel dettaglio quali aspetti all'interno di ogni area funzionale debbano essere migliorati.

Oltre a questa panoramica, al momento della restituzione, ogni area funzionale verrà identificata con un livello di importanza relativa (Alta, media, bassa), cosicchè i responsabili delle imprese possano agire solamente sulle aree critiche per il business.

Per quanto riguarda la modalità di restituzione, ai clienti viene offerta una presentazione digitale, dove oltre alla panoramica dei punteggi ottenuti ed i relativi radar chart, vengono fornite delle analisi swot con suggerimenti su potenziali linee di azione. Oltre a questa presentazione è possibile, qualora l'azienda lo richieda, esporre i risultati attraverso una visita aziendale conclusiva.

Questo assessment è quindi uno strumento professionale offerto alle aziende, ed è offerto loro come servizio a pagamento. Il prezzo non può venire comunicato per motivi di privacy.

4.2 Aziende Contattate

Lo strumento sviluppato dal Politecnico di Torino e dal DIH è ancora in fase di sperimentazione. 25 aziende piemontesi sono state contattate per testare lo strumento e i primi risultati raccolti ed elaborati costituiscono un buon punto di partenza per un'analisi del sistema industriale piemontese e di come esso si approcci all'industria 4.0.

Anche in questo caso i dati e l'identità delle aziende devono rimanere anonimi per motivi confidenziali. Tuttavia i dati raccolti verranno analizzati e le conclusioni riportate di seguito.

Nella tabella 4.1 sono raccolte le 25 aziende del campione, delle quali è stato valutato l'andamento negli ultimi 5 anni, calcolando il Compounded Average Growth Rate (CAGR) e il calo o aumento della redditività. Per calcolare il CAGR si è utilizzata la seguente formula

$$(1 + r_{t_n t_0}) = (1 + CAGR_{t_n t_0})^{t_n - t_0}$$

che opportunamente invertita ci rende l'espressione per il calcolo del CAGR:

$$CAGR_{t_n t_0} = (1 + r_{t_n t_0})^{1/(t_n - t_0)} - 1$$

dove

$$r_{t_n t_0} = \frac{V_{t_n} - V_{t_0}}{V_{t_0}}$$

e V_{t_n} , V_{t_0} sono i fatturati delle aziende negli anni $n, 0$.

Per l'analisi dei risultati aziendali si sono considerati gli anni 2012-2016. Il motivo è che i dati di bilancio sono stati raccolti utilizzando il portale AIDA, messo a disposizione del Politecnico di Torino e sviluppato dalla società Moody's

Azienda	CAGR	Calo/crescita red.	Dipendenti	Dimensione
Azienda 1	0.091%	2.91%	37	Piccola
Azienda 2	1.276%	-9.31%	311	Grande
Azienda 3	6.919%	-5.54%	206	Media
Azienda 4	-1.724%	-5.02%	494	Grande
Azienda 5	17.768%	2.75%	137	Media
Azienda 6	10.970%	-0.49%	102	Media
Azienda 7	8.196%	1.51%	108	Media
Azienda 8	13.037%	7.75%	193	Media
Azienda 9	7.145%	2.73%	31	Piccola
Azienda 10	14.229%	-1.12%	323	Grande
Azienda 11	-3.895%	-0.06%	101	Media
Azienda 12	6.208%	3.62%	38	Piccola
Azienda 13	-4.758%	6.06%	3976	Grande
Azienda 14	-2.833%	-2.13%	138	Media
Azienda 15	3.449%	19.33%	69	Media
Azienda 16	-0.110%	4.39%	525	Grande
Azienda 17	12.035%	3.17%	92	Media
Azienda 18	5.126%	3.81%	50	Media
Azienda 19	-3.826%	-12.13%	202	Media
Azienda 20	1.157%	1.54%	88	Media
Azienda 21	12.157%	5.04%	96	Media
Azienda 22	-0.406%	-1.76%	59	Media
Azienda 23	5.502%	3.76%	60	Media
Azienda 24	9.834%	-7.20%	43	Piccola
Azienda 25	-1.675%	0.85%	366	Grande

Tabella 4.1. Andamento delle aziende del campione negli ultimi 5 anni

Ad oggi soltanto alcune delle aziende considerate presentano i dati di bilancio dell'anno 2017, pertanto la scelta è stata di considerare i dati fino al 2016 affinché l'analisi fosse il più corretta possibile.

Queste aziende, se disposte su di un piano i cui assi sono costituiti da calo o crescita della redditività, e dal CAGR, presentano andamenti molto diversificati. Nell'immagine 4.1 tutte le 25 aziende sono disposte sul piano cartesiano.

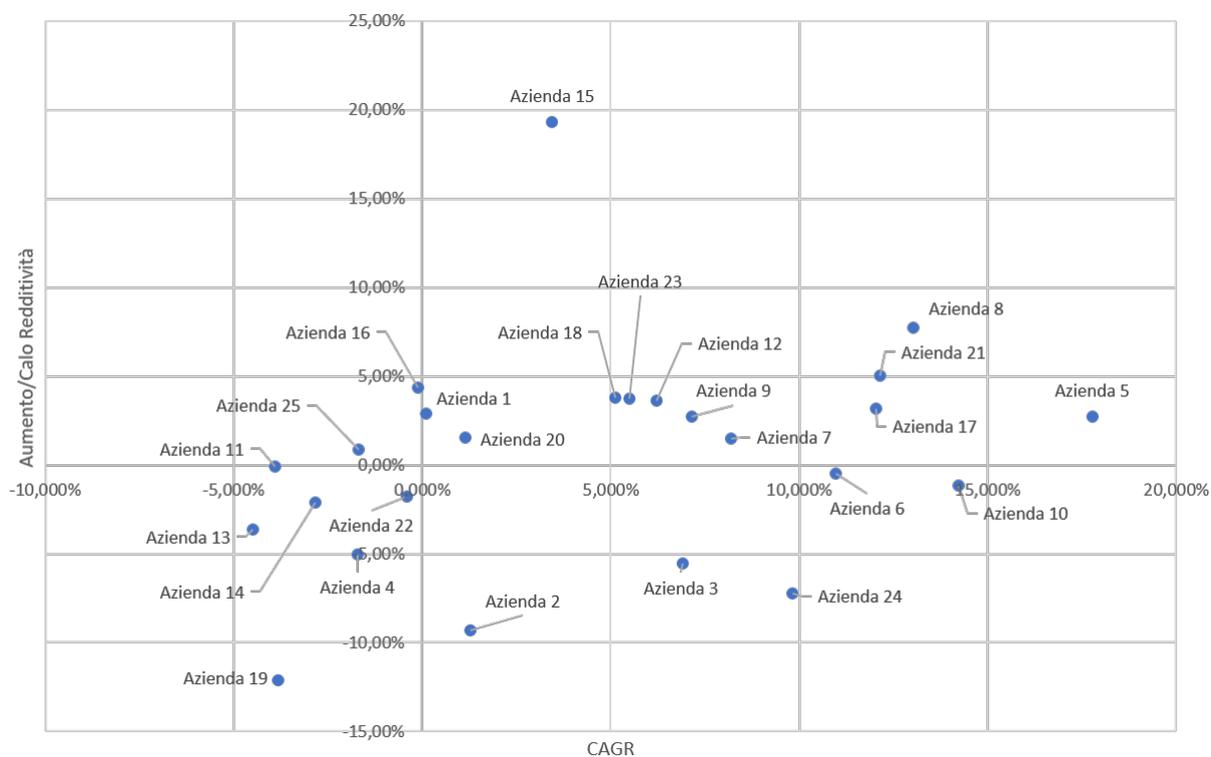


Figura 4.1. Posizionamento aziende ultimi 5 anni

4.2.1 Descrizione del campione

Il campione di aziende contattate e selezionate per questo progetto è costituito da 25 aziende del territorio piemontese, molto diversificate tra loro sia per dimensione e struttura che per tipo di attività. Se infatti si osserva il codice ateco delle imprese del campione solamente 4 coppie di aziende hanno lo stesso codice ateco.

Ciò significa che il campione non è un campione statistico, e condurre delle analisi statistiche non condurrebbe a risultati significativi. Per questo motivo le considerazioni che verranno espone in questo capitolo e nel successivo devono intendersi come un'analisi qualitativa delle tendenze delle imprese del campione, e un primo tentativo di individuare dei pattern comuni di digitalizzazione.

L'eterogeneità del campione comporta anche l'impossibilità di creare dei benchmark per l'analisi della maturità digitale delle aziende (siano esse parte di questo campione o ipotetiche imprese che verranno analizzate in futuro con questo strumento di assessment). Confrontare business molto diversi da loro non avrebbe validità analitica, in quanto ogni attività commerciale ha delle caratteristiche intrinseche che possono influenzare vari aspetti relativi alla maturità digitale, quali

l'attuale presenza di tecnologie o il loro bisogno, così come la complessità di certi processi, eventuali vincoli relativi alla domande e molti altri fattori.

Per dare un'idea dell'eterogeneità del campione di seguito vengono esposti alcuni dei settori in cui operano le imprese in esame.

- Accessori e pezzi di ricambio per autoveicoli
- Fibre tessili, prodotti della filatura e simili
- Fabbricazione di attrezzature per cablaggio
- Fabbricazione di robot industriali
- Macchinari per lavorazioni meccaniche e macchine utensili
- Prodotti alimentari
- Prodotti farmaceutici
- Produzione di vernici e altri prodotti chimici
- Prodotti finiti in metallo & utensileria
- Azienda di trasporti urbano
- Stampa digitale di fatture per conto terzi

4.3 Modalità di calcolo della maturità digitale

Durante le visite di audit i rappresentanti delle aziende hanno risposto a una serie di domande che hanno permesso di raccogliere i dati relativi alle varie aree del questionario.

Le risposte al questionario, che vengono assegnate dagli auditors, sono state raccolte su un database online, e sono la base su cui sono calcolati i punteggi delle aziende del campione.

Metodologia utilizzata nel calcolo dei punteggi

Per il calcolo del maturity index il primo fondamentale step è stato quello di selezionare le domande del questionario che avessero una correlazione logica con i concetti dell'industria 4.0, e le cui risposte indicassero diversi livelli di digitalizzazione.

Sono state per questa ragione escluse tutte quelle domande che vengono definite di contesto, necessarie ad individuare le caratteristiche dell'azienda, ma che non indicano una maggiore o minore digitalizzazione della stessa. Rientrano in questa

categorie le domande relative all'anagrafica dell'azienda (fondazione, localizzazione, fatturato, mercati principali ecc.) e quelle atte ad individuare altri fattori del business quali logica di risposta al prodotto, just-in-time o su forecasting ecc.). Inoltre non viene calcolato un punteggio per le sezioni relative alla struttura, strategia e cultura aziendale.

La maggior parte delle domande del questionario presenta una scala di risposta che va da 1 a 5, con la possibilità di indicare la non idoneità della domanda per quell'azienda segnando la casella "Non applicabile- N.a."

Per questo motivo si è deciso di calcolare il maturity index con un punteggio che va da 1 a 5, scala che viene utilizzata anche da altri assessment europei. Questa scelta consente quindi di avere un approccio uniforme a ciò che si sta sviluppando a livello europeo.

Il primo step necessario è stato quello di uniformare tutte le varie risposte del questionario. Se infatti la maggiorparte sono già nella scala ottimale (da 1 a 5), alcune risposte presentano una scala diversa.

L'approccio in questo caso è stato utilizzare un fattore di conversione per ognuna delle scale presenti e diverse dalla scala ottimale. Il fattore di conversione è calcolato con la seguente formula:

$$f = \frac{V_{max} - V_{min}}{N_{max} - N_{min}}$$

dove V_{max} e V_{min} sono rispettivamente il punteggio massimo e minimo nella scala da convertire, mentre N_{max} e N_{min} sono i punteggi massimo e minimo della scala desiderata. In questo caso quindi saranno sempre 5 e 1, e cioè il denominatore sarà costante 4.

Il fattore di conversione, che chiameremo fattore di aumento della scala, indica la quantità da sommare al valore unitario, e poi di conseguenza ad ogni step della scala, affinché la conversione copra l'intervallo 1-5

Alcuni esempi di conversione sono proposti nelle tabelle sottostanti.

Tabella 4.2. Conversione da scala 1-4 a 1-5

Scala 1-4	Scala 1-5
1.00	1.00
2.00	2.33
3.00	3.67
4.00	5.00
fattore di aumento di 1.3	

Tabella 4.3. Conversione da scala 1-6 a 1-5

Scala 1-6	Scala 1-5
1.00	1.00
2.00	1.80
3.00	2.60
4.00	3.40
5.00	4.20
6.00	5.00
fattore di aumento di 0.8	

Il secondo passo fondamentale è stato quello di suddividere le domande, e di conseguenza ogni area funzionale su 3 assi:

- Organizzativo
- Tecnologico
- Gestionale

Si è ritenuto necessario effettuare questa separazione in quanto un punteggio aggregato non avrebbe portato a informazioni soddisfacenti, mentre la separazione su tre assi permette di avere una visione più dettagliata di quali siano i punti di forza o di debolezza delle aziende per ogni area.

Alcune domande sono inoltre state considerate su più assi, in quanto il loro contenuto può essere correlato a due aspetti (gestionale, organizzativo o tecnologico) simultaneamente.

Si ottengono così 3 differenti punteggi per ogni area funzionale, dati dalla media delle risposte alle domande del questionario riguardanti quell'area funzionale. I risultati sono riportati nelle tabelle sottostanti.

Nome azienda	Progettazione			Produzione			Supply Chain		
	org	tech	gest	org	tech	gest	org	tech	gest
Azienda 1	3.00	2.86	2.25	2.67	2.60	1.95	N.a.	1.50	2.50
Azienda 2	3.50	1.67	3.67	3.96	3.40	3.95	N.a.	1.33	2.50
Azienda 3	2.84	1.00	2.84	3.93	2.60	3.62	N.a.	1.25	3.00
Azienda 4	2.84	1.91	2.25	3.17	1.80	2.81	N.a.	1.58	2.00
Azienda 5	3.50	3.07	3.77	3.17	5.00	3.14	N.a.	1.83	3.00
Azienda 6	3.00	2.71	3.02	2.97	4.20	3.24	N.a.	1.83	3.00
Azienda 7	2.17	2.89	3.98	3.94	3.40	3.67	N.a.	2.33	4.00
Azienda 8	2.67	2.74	3.12	2.67	4.20	3.05	N.a.	1.25	4.00
Azienda 9	2.67	3.04	2.50	2.77	2.60	2.44	N.a.	1.00	1.50
Azienda 10	3.84	2.89	3.47	3.84	3.40	3.43	N.a.	1.50	3.00
Azienda 11	3.50	3.54	3.56	4.00	3.40	3.93	N.a.	1.83	3.00
Azienda 12	1.67	2.00	2.20	1.60	2.60	2.24	N.a.	1.25	2.50
Azienda 13	-	-	-	-	-	-	N.a.	-	-
Azienda 14	3.67	2.05	2.08	3.84	3.40	2.24	N.a.	1.83	3.00
Azienda 15	1.67	1.52	1.83	2.44	1.80	1.52	N.a.	1.92	2.00
Azienda 16	1.00	2.64	3.89	-	-	3.75	N.a.	2.50	3.00
Azienda 17	2.84	3.34	2.61	1.50	2.60	2.05	N.a.	1.25	1.00
Azienda 18	3.50	2.64	3.47	3.84	4.20	3.38	N.a.	3.00	3.50
Azienda 19	-	-	-	-	-	-	N.a.	-	-
Azienda 20	4.50	2.33	3.42	2.87	4.20	3.76	N.a.	2.00	3.00
Azienda 21	3.34	2.23	3.56	4.34	4.20	4.90	N.a.	2.33	5.00
Azienda 22	2.17	3.24	3.45	4.50	3.40	3.10	N.a.	2.92	2.50
Azienda 23	2.17	2.64	2.73	1.92	3.40	2.67	N.a.	1.25	1.50
Azienda 24	3.34	3.34	3.60	2.17	3.40	3.10	N.a.	2.58	2.50
Azienda 25	3.50	3.57	4.07	4.70	4.20	4.24	N.a.	3.00	5.00
MEDIE	2.91	2.60	3.10	3.22	3.36	3.14	N.a.	1.87	2.87
		2.87			3.24			2.37	

Tabella 4.4. Punteggi aziende su Progettazione, Produzione e Supply Chain

Una precisazione è necessaria per la tabella 4.6. Si può osservare che le aree funzionali Risorse Umane, Marketing & Vendite, Sistemi Informativi comprendono domande relative a un solo asse, rispettivamente organizzativo e gestionale. Ciò dipende chiaramente dal tipo di domande presenti nelle sezioni in esame.

Le sezioni dedicate a Sistemi Informativi e a Marketing, Customer Care & Vendite comprende domande di natura gestionali, quali informazioni sugli investimenti ICT, moduli utilizzati nel ERP, come si effettuano le stime di vendita e i benchmark della concorrenza ecc.

Nome azienda	Logistica Interna			Qualità			Manutenzione		
	org	tecn	gest	org	tecn	gest	org	tecn	gest
Azienda 1	1.50	1.00	1.50	2.63	3.66	2.80	2.60	-	1.44
Azienda 2	4.00	3.00	4.25	4.40	3.66	3.69	3.60	4.33	3.66
Azienda 3	3.00	2.00	2.50	3.79	3.67	3.77	3.10	1.50	2.50
Azienda 4	1.50	1.00	1.25	3.17	2.33	2.51	2.80	1.00	2.55
Azienda 5	1.50	1.00	2.25	4.88	3.66	4.20	4.10	1.67	2.44
Azienda 6	2.00	2.00	1.75	3.58	2.33	4.63	1.80	1.00	1.39
Azienda 7	2.50	1.00	2.25	3.92	2.33	4.67	3.30	1.50	2.95
Azienda 8	4.50	5.00	4.25	2.88	2.33	3.40	3.10	1.50	2.39
Azienda 9	2.00	3.00	1.75	3.00	3.67	3.13	3.20	1.00	1.56
Azienda 10	4.00	3.00	3.50	3.58	3.67	4.20	3.70	-	2.67
Azienda 11	4.00	3.00	3.25	4.10	2.33	4.15	4.10	1.50	2.44
Azienda 12	2.00	2.00	1.67	1.71	1.00	2.24	3.50	2.50	1.56
Azienda 13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azienda 14	1.00	2.00	2.00	3.38	2.33	3.02	2.30	1.00	1.89
Azienda 15	2.00	5.00	2.50	1.50	2.33	1.47	3.70	3.00	2.50
Azienda 16	4.50	5.00	4.00	1.50	2.33	2.30	-	-	-
Azienda 17	1.50	1.00	1.00	1.96	1.00	1.98	-	-	1.00
Azienda 18	3.00	1.00	2.00	3.88	2.33	2.90	2.30	1.00	1.83
Azienda 19	-	-	-	-	-	-	N.a.	-	-
Azienda 20	3.00	3.00	2.50	4.50	3.67	4.05	2.70	1.50	1.39
Azienda 21	2.50	2.00	2.75	4.38	1.00	4.91	5.00	3.34	3.72
Azienda 22	1.50	2.00	1.50	3.71	2.33	3.11	3.60	1.67	2.44
Azienda 23	1.50	1.00	1.00	1.71	2.33	1.35	3.40	1.00	1.58
Azienda 24	2.50	2.00	2.25	1.58	3.67	2.00	1.00	1.00	1.67
Azienda 25	5.00	1.00	3.33	4.21	3.67	4.31	4.60	5.00	3.87
MEDIE	2.63	2.26	2.39	3.21	2.68	3.25	3.32	1.71	2.25
		2.43			3.05			2.47	

Tabella 4.5. Punteggi delle aziende su Logistica Interna, Qualità e Manutenzione

L'area risorse umane invece comprende solamente domande di carattere organizzativo, come la comunicazione inter funzionale e la presenza o meno di principi lean. La sezione riguardante la supply chain è invece analizzata solamente su due assi, poichè non ci sono domande di carattere organizzativo.

Le altre sezioni vengono scomposte su tutti e tre gli assi.

Nome azienda	Risorse Umane	Marketing, C. Care e Vendite	Sist. Informativi
	Organizzativo	Gestionale	Gestionale
Azienda 1	2.70	3.00	2.17
Azienda 2	4.00	3.20	4.22
Azienda 3	2.89	3.80	3.65
Azienda 4	3.56	3.53	3.74
Azienda 5	3.22	2.27	4.44
Azienda 6	2.78	3.00	4.60
Azienda 7	3.44	3.40	3.16
Azienda 8	3.25	3.33	2.70
Azienda 9	3.10	2.07	3.70
Azienda 10	4.54	3.07	4.08
Azienda 11	4.16	3.00	3.73
Azienda 12	1.78	2.60	1.51
Azienda 13	4.00	4.40	-
Azienda 14	2.56	1.87	2.41
Azienda 15	1.96	2.93	2.41
Azienda 16	2.28	2.67	3.51
Azienda 17	3.33	3.60	3.03
Azienda 18	3.25	2.27	4.39
Azienda 19	-	-	-
Azienda 20	3.03	3.80	3.62
Azienda 21	2.97	4.40	4.08
Azienda 22	3.76	2.80	2.13
Azienda 23	2.14	2.07	1.83
Azienda 24	3.17	2.27	2.41
Azienda 25	3.98	4.80	3.52
MEDIE	3.16	3.09	3.26

Tabella 4.6. Punteggi delle aziende su Risorse Umane, Marketing e Sistemi Informativi

Questa prima fase del progetto del Politecnico ha come data di chiusura la fine di Aprile 2018. In questo momento due aziende non hanno ancora avuto la visita di auditing, che verrà effettuata nel prossimo futuro. Per questo motivo i punteggi di due aziende sono mancanti.

Capitolo 5

Analisi dei risultati

In questo capitolo verranno analizzati i risultati dei rilevamenti effettuati dagli auditors, e si cercherà di descrivere la situazione attuale delle imprese del campione.

5.1 Maturità digitale del campione

Il punteggio assegnato a ciascun asse di ciascuna area funzionale va da 1 a 5, in cui 5 rappresenta il massimo livello di digitalizzazione, o di predisposizione all'industria 4.0, poichè non si considera solo la presenza o meno di tecnologie adatte ma anche la gestione e l'organizzazione dell'impresa.

Il primo focus è sui punteggi raccolti per ogni area funzionale. Se si osservano le medie degli score raccolti dalle varie imprese si osservano i seguenti risultati:

- Progettazione e ingegneria: 2.87
- Produzione: 3.24
- Supply Chain: 2.37
- Logistica interna: 2.43
- Qualità: 3.05
- Manutenzione: 2.47
- Risorse Umane: 3.16
- Marketing, Customer Care & Vendite: 3.09
- Sistemi Informativi: 3.26

Le aree con punteggi migliori (superiori al 3) sono ben 5, anche se tra queste 3 sono "complementari" all'attività produttiva, come qualità, risorse umane e sistemi informativi. Tuttavia la produzione è una delle aree in cui si registra il punteggio più alto, 3.24, inferiore solamente al 3.26 ottenuto nei sistemi informativi. Ciò conferma la tendenza delle imprese di concentrarsi in primis sull'efficientamento della produzione piuttosto che sul customer care o sulle vendite. Tale tendenza era stata analizzata nello studio "On the contingent value of IT-based capabilities for the competitive advantage of SMEs: Mechanisms and empirical evidence" di Neirotti e Raguseo, in cui si concludeva che le PMI preferiscono inizialmente concentrarsi sulle capacità di IT interne (efficientamento della produzione) piuttosto che sulle capacità IT cosiddette esterne, e cioè indirizzate al marketing e ai clienti [Neirotti and Raguseo, 2016].

Logistica interna, Manutenzione e Supply Chain sono le aree con i punteggi minori, seguiti da Progettazione.

È interessante osservare i punteggi suddivisi nei 3 assi. Anche in questo caso i punteggi medi sono raccolti a piè delle tabelle sovrastanti.

In tutte le aree funzionali che comprendono aspetti tecnologici, gestionali e organizzativi, l'asse che ottiene un punteggio più basso è quello tecnologico. L'unica sezione in cui l'asse tecnologico non registra il punteggio più basso è nella produzione. Anche questo è un indicatore che conferma la tendenza ad investire prima nelle capacità IT orientate internamente.

I punteggi medi registrati dai tre assi sono:

- Organizzativo: 3.06
- Gestionale: 2.91
- Tecnologico: 2.47

Questi risultati evidenziano come il problema principale delle PMI italiane sia la mancanza di una adeguata tecnologia che supporti i propri processi aziendali. Molto spesso una buona gestione e un'organizzazione adeguata non sono accompagnate da una tecnologia che ne possa digitalizzare le procedure, automatizzare i processi o analizzare grandi quantità di dati che talvolta non vengono nemmeno raccolti per mancanza di sensori adeguati.

Il risultato potrebbe sorprendere se si pensa che il principale scopo del Piano Nazionale Industria 4.0 è proprio quello di stimolare l'acquisto di nuovi macchinari o strumenti 4.0 usufruendo di incentivi.

La spiegazione a questo punteggio basso è quindi riconducibile a due fattori: per prima cosa gli investimenti effettuati in tecnologia ancora non sono sufficienti per

ottenere imprese 4.0. In secondo luogo i macchinari e attrezzature acquistati devono anche essere utilizzati in maniera smart, oltre che dover essere supportati e integrati all'interno di un sistema informativo esteso all'intera azienda. Questo problema è molto diffuso, ed è stato esposto anche durante un incontro di Fondo Dirigenti in cui i rappresentanti di confindustria hanno evidenziato come molte PMI acquistino macchinari 4.0, adatti quindi a ricevere le agevolazioni del piano nazionale, per poi però utilizzarli in maniera non smart, e non 4.0. Il problema è quindi quello di sostituire i macchinari senza però adeguare il business alle nuove capacità offerte dal parco macchine rinnovato.

Se si osservano i punteggi ottenuti dalle aziende, per il momento facendo una semplice media degli score di ogni area funzionale, si ottengono i punteggi della tabella 5.1.

Si può notare come le aziende siano distribuite nel seguente modo:

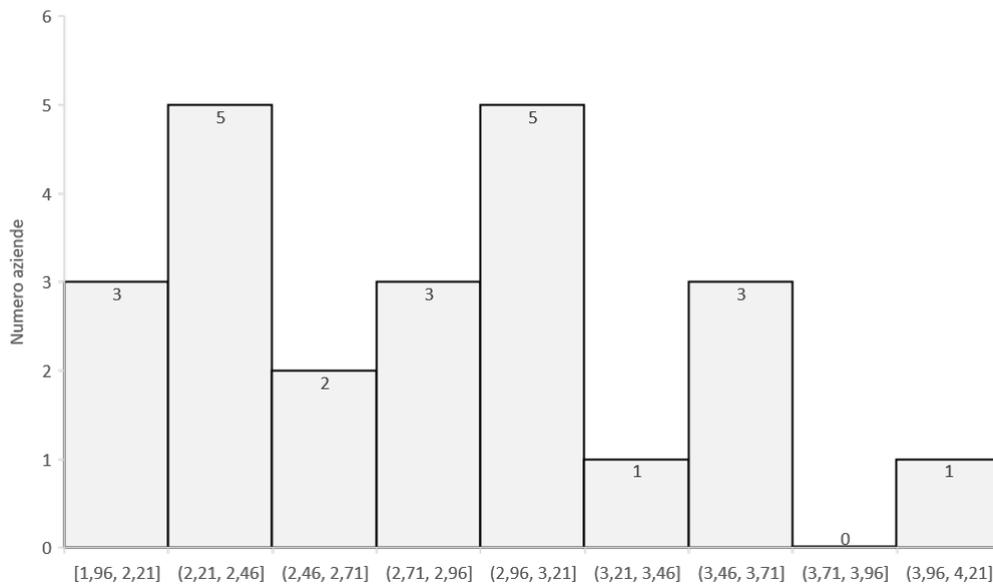


Figura 5.1. Distribuzione imprese in base allo score medio ottenuto

Dal grafico 5.1 si nota come il 32% delle aziende presenti un punteggio basso (sotto la soglia del 2.50), contrapposte a un 16% che dimostrano un buon livello di maturità digitale con punteggi superiori al 3,50. Tuttavia nessuna azienda riesce a superare la soglia del 4.00, con il massimo punteggio ottenuto pari a 3.98. Ciò dimostra come nel campione non esistano casi estremi, con nessuna azienda senza

Tabella 5.1. Score medio delle aziende

Nome azienda	Score Medio
Azienda 1	2.33
Azienda 2	3.52
Azienda 3	2.86
Azienda 4	2.37
Azienda 5	3.05
Azienda 6	2.58
Azienda 7	3.04
Azienda 8	3.16
Azienda 9	2.35
Azienda 10	3.55
Azienda 11	3.35
Azienda 12	2.01
Azienda 13	-
Azienda 14	2.33
Azienda 15	2.30
Azienda 16	3.04
Azienda 17	2.03
Azienda 18	2.88
Azienda 19	-
Azienda 20	3.14
Azienda 21	3.55
Azienda 22	2.79
Azienda 23	1.96
Azienda 24	2.53
Azienda 25	3.98

alcuna digitalizzazione, ma contemporaneamente nessun caso di maturità digitale avanzata in tutte o molte aree funzionali.

Analisi dei punteggi

In questa sezione si analizzeranno le cause che hanno portato a ottenere punteggi presentati nelle tabelle della sezione precedente.

Le sezioni di autocompilazione è stata esclusa dal calcolo di punteggi in quanto non fa parte del questionario compilato dagli auditors, che va ad approfondire tutte le aree aziendali trattate anche nell'autocompilazione.

Sono state escluse dal calcolo di punteggi anche le sezioni riguardanti la Struttura, organizzazione e strategia; la sezione sulle strategie di sviluppo e infine le domande

sulla cultura aziendale. Queste tre sezioni servono infatti a fornire informazioni di contesto sull'azienda, piuttosto che analizzare e misurare la propria maturità digitale.

Progettazione & Ingegneria

In questa sezione le aziende hanno ottenuto un buon punteggio sull'asse gestionale (3.10), dovuto a un buon riutilizzo di dati relativi a progetti passati (almeno il 25% di dati riutilizzati) e ad una buona gestione delle modifiche sul progetto (ECN) che vengono identificate da un indice di modifica automatico. Inoltre si tiene conto di come il processo produttivo viene progettato (bilanciamenti, virtual commissioning ecc.)

Di contro il punteggio tecnologico è basso, perchè c'è una generale mancanza di prototipazione virtuale o sistemi IT specifici che supportino le attività di progettazione, quali per esempio sistemi CAD, CAx, PDM, PLM ecc. Inoltre si riscontra una scarsa digitalizzazione del passaggio della distinta base tra progettazione e produzione.

Questo ultimo aspetto, esteso in generale a un'integrazione tra progettazione e produzione è ciò che determina il punteggio organizzativo.

Produzione

La produzione è l'area che registra un punteggio medio più elevati. Inoltre è l'unica area in cui l'asse più sviluppato è quello tecnologico, in controtendenza con il resto delle funzioni aziendali che invece sono penalizzate proprio da uno scarso supporto IT. L'aspetto tecnologico prende in considerazione i vari sistemi informativi (se presenti) che supportano la produzione, e dal questionario è emerso che in media le PMI sono dotate di sistemi ERP, spesso con moduli MES.

Le domande di questa sezione sono per lo più di carattere gestionale, ed evidenziano un'ottima disponibilità di informazioni per redarre il piano aggregato di produzione, così come la pianificazione del fabbisogno di materiali eseguita con procedure standard MRP. Anche l'utilizzo di dati è di buon livello, sia dal punto di vista produttivo che per l'analisi costi. Di contro le aziende del campione tendono a valutare la capacità produttiva solo considerando quella nominale o teorica e il lancio degli ordini non segue euristiche di scheduling, basandosi spesso sull'esperienza degli operatori.

Altro aspetto da evidenziare è come l'approccio lean della produzione sia mediamente elevato (3/5), considerando vicinanza dei macchinari in celle produttive, flusso continuo, rilevamento immediato di errori .

Supply chain

In ambito supply chain, che per natura stessa della funzione viene analizzata solo in chiave tecnologica e gestionale, il gap tra gestione del processo e sistema IT a

supporto dello stesso è molto netta. A un 2.87 riscontrato in gestione va contrapposto infatti un 1.87 riscontrato in tecnologia. Il motivo principale è dovuto alla scarsissima integrazione sia con i fornitori che con i distributori. I contatti con il resto della filiera sono ancora effettuati principalmente tramite canali tradizionali (telefonate, fax, email, documenti di consegna cartacei, fatture emesse via fax ecc.). Inoltre vi è un basso tracciamento dei flussi fisici in supply chain che porta i punteggi medi riscontrati su queste domande a non superare la soglia del 2 su 5.

Logistica Interna

La logistica interna è una delle due aree con punteggio più basso, e dimostra come le PMI del campione siano molto poco digitalizzate su questo aspetto, in termini gestionali, tecnologico e organizzativo. Nessuno dei 3 assi infatti riesce a superare la soglia del 2.70. Nota particolarmente negativa si ha per quanto riguarda le tecnologie a supporto, che risultano essere pari a un livello 2.26. Il motivo è lo scarso apporto di tecnologie operative di magazzino che monitorino la posizione dei materiali, il loro spostamento e la situazione inventariale.

Anche gli aspetti gestionali quali dimensionamento e riorganizzazione delle attrezzature di stoccaggio e movimentazione, misurazioni della prestazioni della logistica e approcci lean non vengono implementate a dovere o con cadenza regolare. Si tratta per lo più di procedimenti effettuati una tantum senza processi e logiche formalizzate.

Qualità

Il punteggio organizzativo della qualità è pari a 3.21, dovuto mediamente a un ottimo approccio lean, in cui gli operatori seguono procedure formali per rilevare problemi nei processi e migliorarli, tramite la discussione in gruppo e la proposizione di idee. Si pone inoltre una buona attenzione alla riduzione degli sprechi.

L'asse gestionale registra in questa sezione il punteggio più alto, pari a 3.25. Si riscontra infatti una presenza di sistemi e procedure per la gestione della qualità, insieme a un'analisi dei rischi che andrebbero a compromettere la qualità. Tuttavia meno presenti sono procedure per l'analisi dei guasti e dei problemi di qualità, che vengono ancora affidati all'esperienza del personale.

La gestione della qualità però non è supportata da sistemi informativi che traccino e raccolgano dati sulla qualità e sui problemi di qualità. Per questo motivo l'asse tecnologico riscontra il punteggio più basso anche in questa sezione, pari a 2.68.

Manutenzione

L'aspetto prevalente nella manutenzione è l'ottimo approccio organizzativo, che con una ottima integrazione con la produzione, ottiene un punteggio di 3.21.

La gestione è più bassa, 2.25, e ciò dipende dall'assenza di manutenzione predittiva (la tendenza è effettuare la manutenzione post-guasto o al massimo preventiva) e su condizione (non ci sono analisi dati approfondite). Anche le politiche per la

gestione dei materiali di ricambio non sono formalizzate.

L'asse tecnologico riscontra un basso 1.71 dovuto alla mancanza di software specifici per l'analisi di dati (ad esempio per effettuare manutenzione su condizione) e, qualora presenti, la loro scarsa integrazione in rete con altri stabilimenti.

Risorse Umane

La sezione risorse umane contiene solamente domande di tipo organizzativo, e il punteggio ottenuto è 3.16. Il buon livello riscontrato è dovuto principalmente a una tendenza delle aziende del campione a permettere scambi di informazioni tra dipendenti appartenenti a diverse funzioni aziendali, mentre è meno diffusa la cultura del miglioramento continuo (kaizen), della rotazione delle mansioni e del coinvolgimento degli operatori di assemblaggio e produzione nello sviluppo prodotto.

Marketing, Customer care & Vendite

Il punteggio riscontrato in quest'area è 3.09, ed è di puro carattere gestionale. Le aziende del campione presentano in media una buona conoscenza del mercato e sviluppano strategie mirate per raggiungere i loro clienti; inoltre le aziende basano le stime delle vendite sia su dati storici che su dati e analisi di settore. Tuttavia le imprese del campione non hanno spesso politiche per la riattivazione di alcuni clienti, così come l'analisi della concorrenza è fatta saltuariamente senza procedure fisse.

Sistemi Informativi

In quest'area non si analizza la tipologia di tecnologie implementate, ma la gestione dei sistemi presenti. Per questo motivo le domande sono di carattere gestionale.

Il punteggio alto di questa sezione è il più alto riscontrato (3.26) e ciò è dovuto a una buona attenzione alla sicurezza informatica (analisi rischi, piani di disaster recovery ecc.) e una attenta analisi dei bisogni delle aree funzionali prima di un investimento in ICT. Migliorabile è invece il livello di integrazione dei vari software e sistemi informativi impiegati nelle diverse aree funzionali dell'impresa.

Smart Product

Solamente 10 aziende del campione hanno risposto a questa sezione, spesso saltando alcune domande. Ciò dimostra come gli smart product siano ancora poco diffusi, anche se in parte ciò è dovuto al tipo di business delle aziende.

In questa sezione i punteggi sono di 2.80 sia per gli aspetti tecnologici sia per quelli gestionali. Tuttavia le aziende che presentano smart product hanno punteggi mediamente molto alti in questa sezione. Tecnologicamente si indagano quali funzioni siano inglobate nello smart product, mentre dal punto di vista gestionale si valuta la velocità ed efficienza con cui i dati raccolti dal prodotto vengono trasmessi, elaborati ed analizzati.

5.2 Correlazione tra performance aziendali e maturità digitale

Dopo aver analizzato i motivi che hanno portato ad ottenere determinati punteggi dalle aziende del campione, è interessante osservare se ci sia una correlazione tra i suddetti punteggi e l'andamento delle aziende.

L'approccio utilizzato consiste nel suddividere le aree aziendali dell'azienda su tre livelli di importanza che le diverse funzioni hanno in relazione al business dell'impresa. A tal proposito si è chiesto agli auditors di assegnare solo qualitativamente un livello di importanza delle aree funzionali, tra le tre opzioni Alto, Medio e Basso. Risulta necessario ottenere queste informazioni dagli auditors in quanto per determinare l'importanza relativa di ogni area funzionale si deve avere una dettagliata conoscenza del business di ogni impresa. Al momento questi pesi sono stati assegnati solamente a poche aziende; i pesi mancanti verranno comunicati dagli auditors nel prossimo futuro.

Per questo motivo è difficile affermare con certezza se ci sia una correlazione tra maturità digitale e performance aziendali; tuttavia le prime tendenze emerse dal campione possono essere analizzate e riportate di seguito.

Per prima cosa nella tabella 5.2 sono riportate, seppur disponibili per poche aziende, quali sono le aree funzionali più o meno importanti, e i punteggi di maturità digitale medi (considerando gli aspetti gestionale, organizzativo e tecnologico) ottenuti in quelle sezioni.

Azienda	ALTA				MEDIA				BASSA
	Prog. Prod.	S. Chain	Qual.	Log. Int.	Man.	Mark.	Sist. Inf.		
Azienda 4	2.33	2.59 MEDIA: 2.35	2.67	1.25	2.12	3.53 MEDIA: 2.66	3.74		
Azienda 5	3.45	3.77 MEDIA: 3.47	4.25	1.58	2.74	2.27 MEDIA: 2.76	4.44		
Azienda 6	2.91	3.47 MEDIA: 3.08	3.51	1.92	1.40	3.00 MEDIA: 2.73	4.60	S. Prod. 3.58 MEDIA: 3.58	
Azienda 8	2.84	3.30 MEDIA: 3.09	3.33	3.58	4.58	2.33 MEDIA: 3.30	2.70		
Azienda 14	3.16			2.60				S. Chain 2.42 MEDIA: 2.42	
Azienda 17	2.93	2.05 MEDIA: 2.21	1.64	1.13	1.17	3.60 MEDIA: 2.23	3.03		
Azienda 18	3.81	3.04 MEDIA: 3.24		4.39	3.20	3.25 MEDIA: 2.91	2.27	Log. Int. 2.00 MEDIA: 2.00	
Azienda 23	2.51	2.66 MEDIA: 2.32		1.38	1.17	2.07 MEDIA: 1.61	1.83		

Tabella 5.2. Punteggi con aree funzionali suddivise su 3 diversi livelli di importanza relativa

Nella tabella 5.2 per ogni azienda si è calcolata la media dei punteggi delle funzioni di alta, media e bassa importanza. In secondo luogo le aziende appartenenti allo stesso quadrante della tabella 4.1 sono state raggruppate in due cluster: uno per le aziende del primo quadrante (risultati operativi positivi) e uno per le aziende del terzo quadrante (risultati operativi negativi).
 Aggregando in questo modo le imprese, si può calcolare il punteggio medio di ogni cluster nelle sezioni ad alta, media e bassa importanza.

Primo Quadrante			
	ALTA	MEDIA	BASSA
Azienda 8	3.09	3.30	
Azienda 17	2.21	2.23	
Azienda 18	3.24	2.91	2.00
Azienda 6	3.08	2.73	3.58
Azienda 5	3.47	2.76	
Azienda 23	2.32	1.61	
MEDIA	2.90	2.59	2.79
Punteggio Pesato	2.80		

Tabella 5.3. Punteggio globale delle imprese con risultati operativi positivi

Terzo Quadrante			
	ALTA	MEDIA	BASSA
Azienda 4	2.35	2.66	
Azienda 14	3.16	2.60	2.42
MEDIA	2.75	2.63	2.42
Punteggio Pesato	2.68		

Tabella 5.4. Punteggio globale delle imprese con risultati operativi negativi

Ciò che si può estrapolare da queste tabelle, nonostante chiaramente il numero di aziende non consenta di effettuare analisi statistiche appropriate, è che il cluster delle imprese del primo quadrante ha un punteggio maggiore di quelle appartenenti al terzo quadrante.

Le aree ad alta importanza infatti riportano un punteggio di 2.90 per le aziende con risultati migliori, ed un punteggio di 2.75 medio per il terzo quadrante. Il discorso è invece invertito per le aree ad importanza media, che riportano un punteggio medio maggiore per le imprese del terzo quadrante.

Ciò pare conferma anche le aziende che hanno una maturità digitale maggiore nelle aree critiche siano quelle che riescono ad ottenere risultati operativi migliori.

In generale se si assegna dei pesi alle aree funzionali alte, medie e basse si può calcolare un punteggio globale di maturità digitale per le imprese di ognuno dei due cluster. La scelta è quella di assegnare un peso pari a 1 alle funzioni critiche; un peso di 0.5 per le aree ad importanza media; ed un peso pari a 0.15 per le aree poco importanti per il business. Calcolando così una media pesata appare evidente come lo score globale medio delle imprese più performanti sia maggiore rispetto alle imprese con risultati operativi peggiori.

Il primo quadrante ottiene quindi un punteggio di maturità digitale globale pari a 2.80. Il terzo quadrante invece contiene imprese con un coefficiente di maturità digitale più basso, pari a 2.68.

Tuttavia, osservando le tabelle 5.3 e 5.4, si può osservare come nel primo quadrante siano presenti imprese con punteggi digitali molto bassi, e nel terzo quadrante imprese con punteggi alti. Ciò dimostra come la numerosità del campione non sia sufficiente a condurre un'analisi adeguata, che invece potrà venire effettuata in futuro, quando le imprese analizzate saranno maggiori.

Capitolo 6

Conclusioni

Lo studio esposto in questo documento può quindi essere suddiviso in due parti, una prima analisi delle metodologie di assessment già esistenti, con una ricerca di eventuali similitudini che possano indicare una possibile nascita di un design dominante.

Ciò è utile per verificare se lo strumento del Politecnico di Torino, ancora in una fase beta di test, necessita di alcune modifiche o se sia invece già in linea con gli altri strumenti europei.

La seconda parte della tesi invece mira a misurare ed analizzare la maturità digitale delle imprese del campione, cercando di identificare delle tendenze comuni, così come eventuali punti comuni di debolezza o di forza.

Dalla prima analisi delle metodologie di assessment esistenti emerge come la tendenza generale, seppur non seguita dalla totalità degli strumenti analizzati, sia di misurare la maturità digitale delle imprese secondo due assi di indagine. Il primo asse infatti riguarda la suddivisione dell'impresa nelle sue aree funzionali. Il numero di aree non è costante, e dipende dai vari strumenti, tuttavia lo strumento del Politecnico di Torino, con le sue 13 sezioni (senza contare l'autocompilazione) risulta uno degli strumenti più dettagliati.

Il secondo asse invece stabilisce quali fattori vengano considerati nell'analizzare le varie aree funzionali. Anche in questo caso l'assessment del Politecnico risulta in linea con quelle che paiono essere le tendenze emergenti, che considerano solitamente 3 o 4 aspetti valutativi. In particolare il Politecnico analizza le aziende, e di conseguenza calcola i punteggi di maturità digitale secondo i 3 assi Organizzativo, Gestionale e Tecnologico.

Un aspetto che differenzia lo strumento del Politecnico rispetto agli altri esaminati è la metodologia di calcolo della maturità digitale. Se infatti quasi tutti gli strumenti analizzati restituiscono all'azienda un punteggio globale di maturità digitale,

l'assessment torinese assegna un punteggio per ogni asse di ogni area funzionale. Ciò deriva dal fatto che non tutte le aree funzionali hanno la stessa importanza per il business, e quindi un punteggio globale sarebbe poco significativo. Il politecnico restituisce alle aziende una panoramica di quelli che sono i punteggi delle varie aree, così che ci sia una visione immediata di quale sia la situazione nelle aree funzionali più critiche per il business.

Infine un punteggio globale renderebbe possibile confrontare le imprese del campione, che invece risultano troppo diverse l'una dall'altra per essere paragonate.

L'eterogeneità del campione, e la scarsa numerosità, è il principale motivo per cui non è possibile condurre un'analisi statistica su queste 25 imprese. Di conseguenza nella seconda parte di tesi si è tentato di condurre un'analisi qualitativa sui risultati dei 25 assessment, cercando di individuare aspetti comuni a tutte le aziende ed eventuali correlazioni tra performance finanziarie e livello di maturità digitale.

Dai risultati dei 25 assessment emerge come le aree in cui le aziende riscontrino un punteggio maggiore siano qualità, risorse umane, marketing e customer care, sistemi informativi e produzione. Le aree peggiori sono invece progettazione e ingegneria, supply chain, logistica interna e manutenzione.

In particolare l'alto punteggio riscontrato in produzione, che con 3.24 è una delle due aree più digitalizzate, conferma la tendenza (già evidenziata da precedenti studi) delle PMI di investire in sistemi informativi per aumentare l'efficienza produttiva e ridurre i costi, piuttosto che con finalità "esterne" di analisi dei mercati, sviluppo prodotti e CRM.

Il secondo aspetto emerso è che l'asse che riscontra il punteggio peggiore è l'asse tecnologico. Questo è vero per quasi tutte le aree funzionali, tranne la produzione, a conferma di quanto detto sopra.

Questo basso punteggio tecnologico dimostra come le PMI facciano ancora affidamento a strumenti cartacei o tradizionali (excel, email, supporti cartacei) piuttosto che software specifici per le varie funzioni. Inoltre un altro motivo che porta il punteggio tecnologico ad essere particolarmente basso è la scarsa integrazione dei sistemi informativi locali, che appaiono quindi poco efficaci per la gestione globale dell'impresa.

Infine se si analizzano le aziende suddividendo le aree funzionali in base alla loro importanza per il business (alta, media o bassa) si può verificare come sembri esserci una correlazione tra maturità digitale e risultati economici dell'azienda.

Se infatti si misurano i punteggi medi riscontrati dalle aziende nelle aree critiche, e cioè con importanza relativa alta, la media dei punteggi riscontrati sono maggiori per quelle imprese che hanno anche risultati economici migliori. Ciò può significare che una maggiore digitalizzazione delle funzioni critiche porti a un efficientamento e a un miglioramento generale della gestione di queste aree che possono comportare

migliori risultati finanziari.

Tuttavia è necessario ribadire come questo risultato sia una prima tendenza emersa basandosi sui dati di solamente 8 imprese, che rappresentano una numerosità troppo bassa per affermare una tendenza sicura.

Se questa fase beta dello strumento di assessment sviluppato dal Politecnico di Torino avrà esito positivo, l'analisi potrà venire estesa a più imprese. Una numerosità maggiore permetterà di creare dei cluster di imprese appartenenti al medesimo settore, e quindi iniziare a creare dei benchmark per il confronto tra le imprese. Inoltre un campione più numeroso permetterà di confermare o meno le prime tendenze emerse, grazie ad analisi statistiche più complete e dettagliate.

Bibliografia

Harald Bauer, Cornelius Baur, Gianluca Camplone, and Katy George. How to navigate digitization of the manufacturing sector, 2015.

Callum Bentley. The manufacturer industry 4.0 uk readiness report.

Max Blanchet, Thomas Rinn, Georg Von Thaden, and Georges De Thieulloy. Industry 4.0: The new industrial revolution. how europe will succeed, 2014.

Gloria Cervelli, Simona Pira, and Leonello Trivelli. *Industria 4.0 Senza Slogan*. Towel Publishing S.r.l.s. Pisa, second edition, February 2017. ISBN 9788894901061.

Stephen Cooper. Rethink manufacturing. designing a uk industrial strategy for the age of industry 4.0, 2017.

Gualtiero Fantoni, Gloria Cervelli, Simona Pira, Leonello Trivelli, Chiara Mocenni, Roberto Zingone, and Tommaso Pucci. *Impresa 4.0: Siamo pronti alla quarta rivoluzione industriale?* Towel Publishing S.r.l.s. Pisa, first edition, July 2017.

Reinhard Geissbauer, Jesper Vedso, and Stefan Schrauf. Industry 4.0: Building the digital enterprise - global industry 4.0 survey, 2017. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>.

Demetrius Klitou, Johannes Conrads, Morten Rasmussen, Laurent Probst, and Bertrand Pedersen. Key lessons from national industry 4.0 policy initiatives in europe, Maggio 2017.

Karl Lichtblau, Volker Stich, Roman Bertenrath, Matthias Blum, Martin Bleider, Agnes Millack, Katharina Schmitt, Edgar Schmitz, and Moritz Schröter. Industrie 4.0 readiness, 2015.

Paolo Neirotti and Elisabetta Raguseo. On the contingent value of it-based capabilities for the competitive advantage of smes: Mechanisms and empirical evidence. 05 2016.

Günther Schuh, Reiner Anderl, Jürgen Gausemeier, Michael ten Hompel, and Wolfgang Wahlster, editors. *Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies*. acatech Studie. Utz, München, 2017. ISBN 978-3-8316-4613-5. <http://www.acatech.de/de/publikationen/empfehlungen/acatech/detail/artikel/industrie-40-maturity-index-die-digitale-transformation-von-unternehmen-gestalten.html>.

Andreas Schumachera, Selim Erolb, and Wilfried Sihna. A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. 2016.

Marco Taisch, Marco Macchi, Sergio Terzi, Giovanni Miragliotta, Carlo Capè, Giovanni Benedetto, and Anna De Carolis. Industria 4.0 - verso la digitalizzazione. URL <https://www.testindustria4-0.com/>.