



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI "M.FANNO"

CORSO DI LAUREA TRIENNALE

TESI DI LAUREA

**"IMPATTO ECONOMICO-FINANZIARIO
DI INDUSTRY 4.0 E OPERATIONAL EXCELLENCE"**

RELATORE:

CH.MO PROF. ANDREA FURLAN

LAUREANDO: ALESSIO FIORESE

MATRICOLA N. 1135987

ANNO ACCADEMICO 2018 – 2019

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	5
1.1 Le Operations.....	5
1.2 Industry 4.0	6
1.2.1 IoT.....	7
1.2.2 Big Data.....	8
1.2.3 Cloud Computing.....	9
1.2.4 Fabbriche Intelligenti (Smart Factories).....	10
1.2.5 Robot Autonomi, veicoli a guida autonoma (AGVs) e Co-bot.....	11
1.2.6 Realtà Aumentata.....	12
1.2.7 Stampanti e Scanner 3D.....	13
1.3 Operational Excellence.....	13
1.4 Lean Management.....	14
1.5 Tecniche Lean.....	16
1.5.1 5S.....	17
1.5.2 TPM (Total Productive Maintenance).....	18
1.5.3 VSM (Value Stream Mapping).....	19
1.5.4 SMED (Single Minute Exchange of Die).....	20
1.5.5 Kanban.....	20
1.5.6 Heijunka.....	21
1.5.7 Poka-Yoke.....	21
1.5.8 Andon.....	22
2. LA RICERCA.....	23
2.1 Introduzione.....	23
2.2 Statistiche descrittive.....	24
2.2.1 Regione di attività.....	24

2.2.2	Fatturato.....	25
2.2.3	Numero di addetti.....	25
2.2.4	Dimensione	26
2.2.5	Tipologia di attività	27
2.2.6	Adozione di tecnologie dell'Industry 4.0.....	28
2.2.7	Implementazione tecniche Lean.....	29
3.	L'ANALISI.....	30
3.1	Introduzione.....	30
3.2	Svolgimento	33
3.2.1	Primo modello di regressione.....	34
3.2.2	Secondo modello di regressione.....	34
3.2.3	Verifica delle assunzioni.....	35
	CONCLUSIONI.....	37
	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	40
	SITOGRAFIA.....	42

CAPITOLO 1: INTRODUZIONE

1.1 Le Operations

Ogni organizzazione crea e distribuisce prodotti o servizi. Per farlo, svolge delle *operations*, cioè un insieme di processi interconnessi, che rappresenta il modo in cui l'azienda realizza e consegna il valore ai propri clienti. (Slack, 2016)

A livello elementare, le operations sono l'insieme di attività che trasforma un set di input in output, attraverso un processo di trasformazione. Gli input sono composti da “risorse da trasformare” (*transformed resources*) e “risorse trasformanti” (*transforming resources*).

Le prime sono tutte quelle risorse che vengono lavorate, modificate e trasformate nel processo e possono essere di tre tipi: materie, informazioni e clienti.

Le seconde agiscono sulle transformed resources, e sono composte da *staff* (le persone che operano nel processo) e *facilities* (edifici, strumenti, macchinari, impianti, dispositivi).

Per quest'ultime, il livello tecnologico impiegato gioca un ruolo fondamentale; infatti, la qualità e modernità delle tecnologie di processo sono state a lungo utilizzate come fattori migliorativi dello svolgimento delle operations (Carvalho et al., 2017), nell'ottica di affinare i cinque obiettivi di performance operativa (*operational performance objectives*) (Slack et al., 2016) :

- qualità, cioè produrre in conformità alle migliori aspettative del cliente;
- velocità, cioè il più breve tempo possibile tra la richiesta del cliente e il suo soddisfacimento;
- affidabilità, cioè “mantenere le promesse”, consegnando prodotti e servizi in tempo;
- flessibilità, cioè essere in grado di modificare il processo, realizzando nuovi prodotti/servizi o un mix di questi, mutare i volumi di produzione o il tempo di consegna;
- costo, cioè ridurre al minimo le spese, massimizzando la produttività.

Il perseguimento di questi obiettivi di performance nelle operations mette l'impresa nelle condizioni idonee alla creazione di un vantaggio competitivo.

1.2 Industry 4.0

Nel corso del tempo l'evoluzione tecnologica ha portato radicali cambiamenti nelle tecnologie di processo, attraverso vere e proprie rivoluzioni in grado di modificare non solo il tessuto produttivo, ma l'intero sistema economico mondiale.

Con la prima rivoluzione industriale, avvenuta a partire dalla seconda metà del '700 e durata fino a metà '800, venne introdotto l'uso della macchina a vapore, che mutò profondamente il settore tessile e quello metallurgico trasformando un'economia basata sull'agricoltura ad una incentrata sull'industria.

Durante la seconda rivoluzione industriale, protratta tra il 1870 e i primi decenni del '900, si assiste all'introduzione dell'energia elettrica, del petrolio e di nuovi paradigmi produttivi quali il Fordismo e il Taylorismo.

Dopo la seconda guerra mondiale e fino all'inizio del nuovo millennio si diffondono nuove tecnologie informatiche ed elettroniche, che portano alla computerizzazione delle imprese e segnando il passaggio dall'analogico al digitale. Inoltre, i processi produttivi divengono sempre più automatizzati e sfruttano nuove fonti energetiche, quali il nucleare e le energie rinnovabili.

Ad oggi l'ultima frontiera, in tema di evoluzioni tecnologiche, è rappresentata dall'Industry 4.0. Il termine Industry 4.0 è utilizzato per fare riferimento alla quarta rivoluzione industriale. Una rivoluzione ancora in atto e che poggia le sue fondamenta sull'integrazione tra tecnologie e ambiente circostante.

Si è diffusa una tendenza all'interconnessione dei processi produttivi e allo scambio di dati, che ha portato fino alla comunicazione e cooperazione tra macchine, persone e prodotti.

Ha investito in particolar modo le imprese manifatturiere, cioè le organizzazioni che svolgono attività di trasformazione fisica o chimica di materiali, sostanze o componenti, provenienti dall'agricoltura, silvicoltura, pesca, estrazione di minerali oppure da altre attività manifatturiere, in nuovi prodotti, finiti o semilavorati. (Codice Ateco, 2019).

L'elemento chiave alla base della nascita dell'Industry 4.0 sta nel potenziale tecnologico superiore, sviluppato nel tempo e divenuto disponibile e applicabile dalle aziende.

Le tecnologie dell'Industry 4.0 consentono di controllare e comprendere meglio ogni aspetto delle operations e, attraverso l'interconnessione e la cooperazione tra tutte le risorse e lo sfruttamento di dati istantanei, aumentare la produttività, rendere più efficienti i processi e favorire la crescita.

Le principali tecnologie potenzialmente in grado di sconvolgere la catena del valore delle aziende manifatturiere possono essere raggruppate in quattro categorie (McKinsey and Company, 2015):

- Dati, potenza di calcolo e connettività (IoT, Big Data, Tecnologie Cloud)
- Analytics and Intelligence (Fabbriche intelligenti, Robot autonomi)
- Interazione uomo-macchina (Co-bot, Realtà Aumentata)
- Conversione al mondo fisico (Stampanti e scanner 3D)

1.2.1 IoT

Il termine *Internet of Things* indica una rete di dispositivi, connessi a Internet, in grado di elaborare e scambiare dati provenienti dall'ambiente e da altri oggetti. (SAS Institute, 2019) Ciò è reso possibile dall'integrazione di componenti tecnologiche dotate di capacità computazionale all'interno degli oggetti, mentre il trasferimento delle informazioni avviene generalmente attraverso una connessione wireless, anche se non è escluso l'utilizzo di cavi. In questo modo, qualsiasi oggetto può diventare un apparato connesso alla rete in grado di comunicare, ricevere informazioni ed elaborarle, ragion per cui le applicazioni di questa tecnologia spaziano dagli utilizzi in fabbrica fino all'offerta di oggetti "intelligenti" e di servizi aggiuntivi, ma sono possibili anche soluzioni che uniscano prodotti fisici e servizi digitali. (Fleisch et al., 2014) Nelle sue applicazioni commerciali, l'IoT apre ad opportunità senza precedenti per lo sviluppo di nuovi prodotti e servizi, permette di generare nuove esperienze per gli utenti e offre trasparenza nelle transazioni.

L'Industrial Internet of Things, anche noto con l'acronimo I-IoT, rappresenta l'applicazione delle tecnologie IoT ai processi produttivi del settore industriale.

Più precisamente, riguarda il collegamento di macchinari e attrezzature industriali con i sistemi informativi e i processi aziendali. (Sisinni et al., 2018)

Le aziende possono così plasmare processi produttivi composti da macchine completamente interconnesse tra loro e con gli operatori, in grado di manipolare dati e di consentire la conoscenza di informazioni in tempo reale. L'I-IoT interessa tutta la catena del valore ed è un requisito delle cosiddette Smart Factories. (Sisinni et al., 2018)

I benefici si riscontrano nell'ampliamento delle possibilità di automazione dei processi, nella riduzione dei costi del lavoro e degli sprechi, in una maggior efficienza della produzione e della consegna dei prodotti, nell'aumento della produttività, in miglioramenti dei processi decisionali e nella risoluzione di problemi critici. (Barrett et al., 2015)

Spesso non è ben definita la differenza tra Internet of Things e Cyber Physical Systems (CPS), in quanto le due tecnologie presentano ampie aree di intersezione che ne rendono difficoltosa un'univoca distinzione.

Un CPS è un sistema di componenti elaborativi che collaborano per la gestione di elementi fisici. I CPS vanno oltre la semplice identificazione e controllo di un oggetto singolo, riguardando l'interconnessione tra numerosi oggetti e la condivisione di loro informazioni al fine di realizzare uno specifico obiettivo con maggiore efficienza. Le più frequenti applicazioni di Cyber Physical Systems si riscontrano nelle interconnessioni tra sensori e nei sistemi autonomi di comunicazione.

Un sistema IoT, invece, ha a che vedere con il livello singolo. Infatti, ogni oggetto è individuato utilizzando un univoco identificatore globale e, attraverso la connessione alla rete Internet, è raggiungibile in ogni momento anche da sistemi decentralizzati.

Se numerosi oggetti appartenenti ad un sistema IoT sono collegati tra loro per realizzare una gestione coordinata, il sistema IoT si avvicina in maniera molto forte al CPS.

1.2.2 Big Data

Big Data è un termine che individua un'ampia raccolta di dati e informazioni il cui volume e complessità non permettono ai software di elaborazione tradizionali di acquisire, gestire ed elaborare i dati in un ragionevole lasso di tempo. (McKinsey Global Institute, 2011)

Non è definito un ammontare di terabyte (equivalenti a mille gigabyte) oltre i quali un database è considerato "big", perché si assume che con l'avanzamento della tecnologia nel corso del tempo, crescerà anche la dimensione delle raccolte dati. (McKinsey Global Institute, 2011) (Sheng et al., 2017)

I Big Data, per definizione, richiedono tecnologie e metodi specifici al fine di estrapolare, analizzare e mettere in relazione dati molto eterogenei, la cui complessità nasce dal fatto che, grazie alle nuove tecnologie, è divenuto possibile raccogliere informazioni in qualsiasi formato: foto, video, registrazioni audio, testi scritti, tracciamenti GPS, dati dei sensori, attività sui social network. In passato, i dati erano limitati a fogli di calcolo in cui tutto ciò che non era facilmente organizzabile in righe e colonne veniva ignorato. (MetaDati.it, 2018)

Più precisamente, i principali fattori di identificazione dei Big Data sono volume, varietà e velocità (note anche come le tre V dei Big Data) (Sheng et al., 2017), ampliabili con l'aggiunta di valore, variabilità e veridicità. (Gandomi e Haider, 2015)

La caratteristica del volume implica semplicemente che i Big Data siano composti da enormi quantità di dati; quella della varietà nasce dai diversi formati dei dati, che possono essere strutturati (rispettano uno schema preciso di organizzazione), semi-strutturati (non rispettano

schemi ma hanno una logica di organizzazione) e non strutturati (nessun riferimento logico); il terzo fattore, quello della velocità, fa riferimento alla frequenza con cui sono generate le informazioni e al tempo necessario alla loro raccolta, elaborazione e analisi.

In base alle tre V dei Big Data, è possibile darne una definizione più completa, secondo la quale sono risorse informative ad alto volume, ad alta velocità e ad alta varietà che richiedono forme innovative ed economiche di elaborazione, in modo tale da consentire una visione approfondita e la valutazione di alternative. (Gartner Inc., 2019)

Infatti, i Big Data per essere di *valore* devono essere utilizzabili per prendere decisioni aziendali. Inoltre, sono soggetti a variazioni nel tempo della portata del flusso di dati generati (variabilità) e devono provenire da fonti affidabili di informazione (veridicità). (Gandomi et al., 2015)

L'utilizzo di questi dati all'interno delle aziende prende il nome di Big Data Analytics ed è utilizzato a supporto sia di decisioni ad indirizzo strategico che in *real time*.

1.2.3 Cloud Computing

Il termine Cloud Computing descrive un modello di distribuzione per le risorse di calcolo attraverso una vasta rete di server remoti ubicati in diversi luoghi, collegati tra loro e che operano come un unico ecosistema. I server sono in grado di archiviare e gestire dati, eseguire applicazioni o distribuire contenuti, e questi servizi sono offerti attraverso la rete Internet. (Microsoft, 2019)

In altre parole, questa tecnologia rende possibile l'accesso a risorse IT (Information Technology) attraverso la rete, senza la necessità di dotarsi di programmi, licenze o elementi hardware.

Fondamentalmente, esistono tre modelli di servizio con cui può operare il Cloud Computing: Infrastructure as a Service (IaaS), Platform as a Service (PaaS) e Software as a Service (SaaS). (Gorelik, 2013)

Con il primo modello i clienti trasferiscono verso il Cloud la propria infrastruttura fisica, composta da server (cioè unità di elaborazione), archiviazione, rete e strumenti di gestione dell'infrastruttura stessa. In altre parole, si ottiene la “virtualizzazione” dell'hardware, che il cliente può utilizzare ovunque si trovi e per il quale non deve preoccuparsi della manutenzione e degli aggiornamenti.

Attraverso il modello PaaS, il provider Cloud fornisce una piattaforma applicativa configurabile, che include software preinstallati. In questo modo, le aziende dispongono di un ambiente di sviluppo, principalmente utilizzato per la creazione di nuovi software.

Infine, con il terzo modello, quello del Software as a Service, le aziende fruiscono di software, installati su un server remoto e resi disponibili nel Cloud. Al cliente è visibile solamente l'interfaccia del software, rimanendo nascosta sia l'infrastruttura che la piattaforma. Attraverso queste tecnologie le imprese ottengono importanti vantaggi (Microsoft, 2019) (Zanetta, 2014):

- riduzione dei costi: eliminazione dei costi interni di supporto IT e di manutenzione, l'utente paga una tariffa pay per use, commisurata ai servizi utilizzati e alla durata. (Malik et al., 2018) Inoltre, evita gli impieghi pluriennali di capitale;
- flessibilità: i servizi di Cloud computing sono forniti in modalità self-service e su richiesta, quindi è possibile dotarsi di grandi quantità di risorse di calcolo in un brevissimo lasso di tempo, non rendendosi necessaria una precisa pianificazione della capacità; (Microsoft, 2019)
- scalabilità: capacità di aumentare o diminuire le prestazioni in base all'effettivo utilizzo del cliente;
- alta resilienza, sicurezza, prestazioni: i componenti hardware e software dei provider Cloud sono più affidabili e potenti rispetto a quelli comunemente utilizzati dalle imprese;
- condivisione delle informazioni: possibilità di accesso a dati e programmi da remoto, necessitando solamente di una connessione internet .

Comunque queste tecnologie non sono esenti anche da svantaggi e punti deboli, come la perdita del pieno controllo dei dati aziendali e l'estrema dipendenza dal fornitore. (Zanetta, 2014)

1.2.4 Fabbriche Intelligenti (Smart Factories)

La diffusione delle tecnologie appartenenti all'Industry 4.0 ha fatto emergere un nuovo concetto di fabbrica: la Smart Factory. La "fabbrica intelligente" costituisce un passo in avanti dalla tradizionale automazione, in quanto integra le nuove tecnologie in un sistema sensibile al contesto e in grado di aiutare le persone e le macchine a svolgere i loro compiti grazie a informazioni provenienti sia dal mondo fisico che virtuale. (Mabkhot et al., 2018)

Le macchine acquistano la capacità di conoscere e valutare le proprie condizioni operative e di registrare gli eventi dell'ambiente circostante, prendendo decisioni sulla base dei risultati di un procedimento inferenziale.

Per riuscire a fare ciò, una Smart Factory sfrutta le connessioni con IoT e CPS per acquisire, trasferire, interpretare e analizzare le informazioni e controllare i processi produttivi. Il risultato è una struttura completamente connessa e flessibile, in grado di gestire

autonomamente interi processi produttivi e di auto-ottimizzare le proprie prestazioni, attraverso l'adattamento automatico e imparando in tempo reale dalle nuove condizioni. Infatti, può sfruttare un flusso costante di dati, generati dalla connessione con le operations e dai sistemi di produzione, per migliorare e adattarsi alle nuove esigenze. (Deloitte, 2017) Questa configurazione permette alle imprese di migliorare prestazioni, qualità, controllabilità e trasparenza dei processi produttivi, quindi di rispondere in maniera tempestiva ai cambiamenti del mercato, velocizzando la produzione e adattandola alle richieste specifiche dei clienti, oltre che ottimizzare i processi, riducendo gli sprechi. Il potenziale di risparmio e innovazione in questi sistemi di produzione è enorme. (Hozdic, 2015)

1.2.5 Robot Autonomi, veicoli a guida autonoma (AGVs) e Co-bot

I Robot Autonomi sono macchine programmate all'esecuzione di uno o più compiti con minimo o nessun bisogno dell'intervento e dell'interazione umana; sono in grado di riconoscere l'ambiente circostante, imparare dagli eventi e prendere decisioni autonomamente. (Deloitte, 2017)

In passato, i robot erano utilizzati per lo svolgimento di operazioni molto semplici e ripetitive, ma con l'avanzamento tecnologico e la diffusione di IoT, CPS e Intelligenza Artificiale è divenuta possibile la realizzazione di attività più complesse.

L'introduzione di robot autonomi nei processi produttivi manifatturieri può potenzialmente portare a:

- incremento dell'efficienza e della produttività: possono lavorare 24/7, in maniera costante ed affidabile, con maggiore velocità rispetto a qualsiasi lavoratore umano e costando meno (BCG, 2015);
- migliore qualità: estrema precisione ed accuratezza nelle lavorazioni;
- riduzione degli errori, dei blocchi di produzione: non temono stanchezza ed emotività, non sono soggetti a distrazioni, i loro compiti sono standardizzabili;
- maggiore sicurezza: svolgono compiti in cui sussistono potenziali pericoli per la salute umana, azzerando il rischio di infortuni.

La programmazione e la connessione dei robot con un server centrale permette di coordinare le loro azioni in modo orchestrato, collegandole eventualmente anche con quelle svolte dagli AVGs, veicoli a guida autonoma in grado di trasportare materiali evitando ostacoli e identificando in tempo reale dove si rende necessaria la loro presenza. (Melanson, 2018)

L'utilizzo dei veicoli a guida autonoma è diffuso nel trasporto orizzontale di qualsiasi genere di materiale all'interno degli stabilimenti manifatturieri e i percorsi seguiti da queste

macchine sono predeterminati, altamente ripetitivi e studiati in maniera tale da ottimizzarne l'utilizzo. I principali benefici si riscontrano nella riduzione dei costi del lavoro, nella maggiore sicurezza e nell'incremento dell'efficienza logistica.

Una particolare categoria di robot, spesso impiegati nei processi industriali, è quella dei Collaborative Robot, detti anche Co-bot. La principale caratteristica che li distingue dalle altre tipologie di robot è quella della stretta collaborazione con l'operatore umano. Infatti, un Co-bot ha lo scopo di assistere i lavoratori, cooperando con loro, condividendo lo spazio di lavoro e, talvolta, supportandoli attraverso un contatto diretto.

Lavorando a stretto contatto con l'uomo si è resa necessaria l'implementazione di tecnologie volte ad assicurare pieno supporto all'operatore e a garantire la massima sicurezza: tecnologie hand-guiding, sensori per lo stop immediato della macchina, limitatori di forza e potenza e sistemi di regolazione della velocità.

1.2.6 Realtà Aumentata

La realtà aumentata, nota anche come AR (dall'acronimo di Augmented Reality), è l'insieme delle tecnologie che permettono lo sfruttamento nel mondo reale delle informazioni generate da computer. (Ekren et al., 2017)

Più precisamente, ha a che vedere con la sovrapposizione al mondo reale di uno o più livelli informativi, elaborati graficamente da un computer; (Silva et al., 2017) (Dondi, 2017) possono essere fornite informazioni sotto forma di testo, immagini, audio, video, tracking gps. L'utente non perde la percezione di ciò che è reale, ed è proprio questa caratteristica a distinguere la AR dalla realtà virtuale (VR), la quale è “una simulazione completa e multisensoriale di un mondo virtuale” in cui l'utente non percepisce più il mondo reale. (Dondi, 2017)

Le tecnologie AR possono avere sia utilizzi commerciali che in ambito industriale. Nelle imprese manifatturiere, la realtà aumentata è applicata con successo nel supportare il montaggio e la manutenzione di macchinari complessi o la formazione e l'addestramento dei lavoratori.

La principale applicazione si ha negli *smart glasses*, occhiali che permettono la visione del mondo reale “aumentata” di uno o più livelli informativi. Grazie all'utilizzo di questi speciali occhiali, un manutentore può visualizzare istruzioni, video-guida oppure connettersi con un esperto, situato magari dall'altra parte del globo, che possa aiutarlo nel montaggio o nell'individuazione di guasti, il tutto avendo le mani libere di operare.

Diminuendo il carico mentale degli addetti, riduce il rischio di errori, nel contempo lascia immutata o addirittura velocizza l'esecuzione delle operazioni, rendendo i lavoratori più efficienti. (Zhu et al., 2017)

1.2.7 Stampanti e Scanner 3D

Il nome Additive Manufacturing, identifica tecnologie di produzione in cui non si effettua un'operazione sottrattiva sul materiale grezzo, bensì additiva, realizzata attraverso un'aggiunta di materiale strato su strato. (Gibson et al., 2015) Gli strumenti che effettuano queste lavorazioni prendono il nome di stampanti 3D.

Il primo passo della produzione additiva è la creazione di un prototipo dell'oggetto che si intende creare, che in seguito ad una scansione con uno scanner 3D sarà convertito in un modello digitale, utilizzabile dalla stampante per realizzare il prodotto.

Il grande punto di forza di queste tecnologie sta nella complessità dei prodotti ottenibili, di gran lunga maggiore rispetto a quanto possibile con lavorazioni sottrattive, e nella quasi totale eliminazione di sfridi e scarti di produzione.

Inoltre, l'adozione di stampanti e scanner 3D apre alle imprese la possibilità di realizzare prodotti "make to order", cioè creare oggetti su specifico ordine del cliente, che indica determinate caratteristiche tecniche da rispettare.

1.3 Operational Excellence

Al giorno d'oggi possedere tecnologie d'avanguardia rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente per l'ottenimento di un vantaggio competitivo solido nei confronti della concorrenza. Infatti, l'adozione delle tecnologie più innovative presenti sul mercato è facilmente replicabile dai competitors.

Ecco perché le migliori imprese a livello globale adottano un modello di gestione volto al raggiungimento dell'eccellenza operativa, una filosofia con l'obiettivo di ottimizzare la creazione di valore in un'azienda attraverso continui miglioramenti in tutte le aree di attività. Questa prende il nome di Operational Excellence (OpEx) e rappresenta una base reale per un vantaggio di lungo termine. (Sadun et al., 2017).

Più precisamente, con Operational Excellence si intendono "tutti gli sforzi e le azioni che un'impresa mette in atto, attraverso processi standardizzati, nel realizzare e fornire al cliente il prodotto o il servizio richiesto nel momento richiesto, al minor costo possibile e al prezzo che il cliente è disposto a pagare per questo". (Van Nieuwenhove, 2017).

Questa filosofia pone al centro i bisogni dei clienti, si basa sul Continuous Improvement (CI), prevede il potenziamento delle responsabilità degli addetti e si focalizza sulle condizioni ambientali, di salute e sicurezza. (Govindsamy, 2014) L'idea di miglioramento continuo può rappresentare una fonte di vantaggio competitivo.

Per realizzare a pieno le sue potenzialità è necessaria la diffusione, a tutti i livelli di un'impresa, di una cultura aperta al cambiamento, che percepisca a fondo e faccia propri i principi dell'OpEx.

L'Operational Excellence si basa sull'utilizzo di un modello di gestione, il Lean Management, e degli strumenti correlati..

1.4 Lean Management

Il Lean Management non si basa sull'introduzione di nuove tecnologie, ma sulla riorganizzazione dei processi produttivi, e non è semplicemente un insieme di tecniche, ma una filosofia per l'impresa nella sua totalità.

Prende piede dal Toyota Production System (TPS), ideato da Taiichi Ohno negli stabilimenti Toyota tra gli anni '50 e '70.

Il TPS si fonda sulla piena considerazione della forza lavoro e sulla riduzione dei costi attraverso l'eliminazione degli sprechi, in base all'assunzione che materiale, componenti, strumenti e lavoro eccedenti la minima quantità strettamente essenziale all'aggiunta di valore alla produzione costituisce un inutile surplus che fa aumentare i costi. Taiichi Ohno individuò sette categorie di sprechi, in giapponese chiamati *muda*:

- Sovraproduzione (overproduction), cioè produrre in quantità superiore o con eccessivo anticipo rispetto a quanto richiesto dal cliente finale o dall'operazione successiva del processo. Ciò causa uno spreco di risorse relativo all'utilizzo in eccesso di macchinari e lavoratori, al trasporto e all'immagazzinaggio, all'impiego di capitale in materie e merci e, non per ultimo, nel rischio di obsolescenza dei prodotti. Rappresenta lo spreco più grave perché spesso è all'origine di tutti gli altri tipi.
- Attesa (waiting), qualsiasi periodo



Immagine 1- I sette tipi di spreco (Metodi e strumenti per il Fiat Auto Production System, 2007)

di assenza o rallentamento dell'attività di risorse costose, non strettamente necessario al processo produttivo. Questo spreco è causato da processi non sincronizzati, inaffidabili, cioè spesso soggetti a blocchi, ritardi e riassettaggi, o in cui sono presenti colli di bottiglia che limitano la capacità complessiva del processo. Per esempio: degli operatori o macchinari in attesa del completamento dell'operazione precedente o della risoluzione di un guasto, l'attesa di materiali o per l'attrezzaggio macchina.

- Trasporto (transporting), tutti gli spostamenti di materiali o prodotti non necessari, in quanto eliminabili attraverso la riorganizzazione del flusso produttivo. L'operazione di trasporto costituisce uno spreco, dato non solo dal costo del lavoro dell'operatore e dal funzionamento della macchina, ma anche dall'incremento dei rischi di danneggiamento dei prodotti e dall'utilizzo di spazio.
- Movimentazioni (motion), fanno riferimento all'inutile movimento di persone, che non aggiunge valore al prodotto finale; le conseguenze sono una riduzione dell'efficienza del processo e un maggior rischio di infortuni. Questo spreco può essere ridotto al minimo attraverso un re-design del processo.
- Eccesso di operazioni (overprocess), significa eseguire lavorazioni sul prodotto in eccesso rispetto a quanto ordinato dal cliente, aggiungendo valore per il quale non è disposto a pagare. Ciò è causato da specifiche di prodotto o livelli qualitativi non ben delineati, oltre che da una non-standardizzazione dei processi.
- Scorte (inventory), fanno riferimento a giacenze eccessive di materiali e prodotti, che non rappresentano un valore per il cliente e non producono guadagno ma solo incremento di costi, legato allo spazio fisico necessario, al lavoro di persone e macchine, all'impiego di capitale e alle procedure amministrative. Spesso questo spreco è causato da processi sbilanciati, con la conseguente creazione di accumuli di semilavorati, o da creazioni di scorte di sicurezza. La principale soluzione è il JIT, acronimo di Just In Time, metodo di gestione delle scorte che pianifica l'arrivo del materiale esattamente nel momento in cui il processo ne necessita.
- Difetti (defects), cioè errori nella produzione, che rendono necessarie successive rilavorazioni o portano allo scarto del prodotto. Ovviamente, ogni lavorazione aggiuntiva ha un costo, che non è composto semplicemente dalle componenti tangibili del processo, ma anche dall'allungamento dei tempi di produzione, dalla sua riprogrammazione e dalla perdita di fiducia dei clienti.

Esiste anche un ottavo spreco, cioè quello della creatività umana. (Liker, 2004) Consiste nel non coinvolgere i lavoratori nella progettazione e innovazione del luogo di lavoro, non sfruttando le loro idee e soluzioni pratiche.

I muda si dividono in due tipologie: muda di tipo I, cioè attività che non generano valore ma sono necessarie a quelle che lo fanno (es. contabilità, controllo qualità, manutenzione); muda di tipo II, cioè attività che non creano valore e non sono di supporto ad altre (sprechi “puri”). L’obiettivo della gestione snella sarà quindi quello di minimizzare i muda di tipo I ed eliminare ogni muda di tipo II.

Nella Lean oltre esistono anche altre due tipologie di sprechi, *muri* e *mura*, che vanno a formare le cosiddette tre M del Lean Manufacturing; tra di loro sussiste una stretta interconnessione, potendo la presenza di una portare alla nascita dell’altra.

Muri sta ad indicare il sovraccarico di lavoratori o macchinari, con conseguenze come guasti, rotture e infortuni.

I *mura* fanno riferimento alle irregolarità e fluttuazioni della domanda, che possono portare ad eccessivo sfruttamento delle risorse, generando *muri*, o a un sottoutilizzo, alla base di alcuni *muda*.

La “gestione snella” nasce con l’intento di eliminare gli sprechi attraverso continui miglioramenti (definiti *Kaizen*), ma alla sua base vi sono anche altri concetti, nel loro insieme indicati come i cinque principi del Lean Management (Womack e Jones, 2008) :

1. Definire il valore, cioè identificare per che caratteristiche il cliente è disposto a pagare.
2. Identificare il flusso del valore, cioè mappare il flusso delle attività svolte nel condurre il prodotto al cliente, distinguendo tra quelle a valore aggiunto e quelle a non valore aggiunto. individuando ed eliminando gli sprechi (*muda*, *muri*, *mura*).
3. Far scorrere il flusso, cioè assicurarsi che il processo si svolga senza interruzioni, riducendo al minimo il tempo di attraversamento del materiale (*lead time*).
4. Implementare un sistema *pull*, cioè un sistema “tirato” dal mercato, e non “spinto” (*push*) dall’impresa; in questo modo, i processi si attivano solo quando c’è un’effettiva domanda da parte del cliente.
5. Ricercare la perfezione, cioè mirare al miglioramento continuo, tendendo senza fine alla completa eliminazione degli sprechi.

1.4 Tecniche Lean

La “House of Lean” è una rappresentazione dei concetti fondamentali della gestione snella e delle tecniche che, nella pratica, consentono di raggiungere gli obiettivi prefissati.

Le fondamenta sono formate dalla stabilità, ritenuta condizione imprescindibile per lo sviluppo di qualsiasi sistema Lean.

Al suo ottenimento contribuiscono in particolare due tecniche: TPM e 5S.

Alla base dei pilastri si pongono due concetti fondamentali: la standardizzazione e il miglioramento continuo (Kaizen).

Poi ci sono i due pilastri del Lean, formati dal Just in Time (JIT) e l'autonomazione (Jidoka) e da tutte le tecniche specifiche.

Il primo è un sistema di gestione finalizzato alla massima riduzione del livello delle scorte, attraverso un'attivazione "tirata" dalla domanda.

Il secondo è quello del Jidoka, cioè di quel concetto che secondo un proverbio diffuso in Toyota: "ferma la produzione in modo che la produzione non si fermi mai". Infatti, l'autonomazione, termine coniato dalla fusione tra autonomia e automazione, si basa sulla possibilità per gli operatori di arrestare la macchina in qualsiasi momento, permettendo di riscontrare difetti e anomalie.

Al centro dei pilastri si pone la piena considerazione della forza lavoro, caratteristica fondamentale per ogni modello Lean: coinvolgere i dipendenti nelle scelte e nei miglioramenti, sfruttando anche i loro consigli ed opinioni, oltre che garantire condizioni ambientali, di salute e sicurezza.

L'intero modello deve ambire alla completa eliminazione degli sprechi, ottenendo il massimo valore dal cliente, che lo percepisce sotto forma di qualità, costo e tempo.

➤ 5S

La metodologia 5S si propone di ottimizzare gli standard di lavoro, focalizzandosi sull'ordine e la pulizia dell'ambiente di lavoro.

Le cinque S corrispondono a cinque termini giapponesi, che rappresentano le fasi principali della metodologia:

- Seiri, scegliere e separare. Il primo passo consiste nello scegliere cosa è utile nella postazione di lavoro e cosa no, separando gli oggetti in base alla frequenza di utilizzo: alta, media o bassa.
- Seiton, sistemare e organizzare. Gli oggetti ad alta frequenza di utilizzo saranno tenuti nella postazione, quelli a media frequenza in prossimità, mentre quelli a bassa frequenza devono essere spostati in un altro luogo, così da non essere di intralcio. Successivamente,



Immagine 2- House of Lean, elaborazione personale

gli strumenti, le attrezzature e i materiali devono essere sistemati in modo efficiente, assegnando ad ognuno una precisa posizione, comoda per l'operatore.

- Seison, splendere. L'ambiente di lavoro deve essere tenuto pulito e in ordine, facilitando l'identificazione di problemi e la loro eliminazione alla fonte, oltre che rendendo più gradevole il lavoro.
- Seiketsu, standardizzare e migliorare. E' importante la creazione di procedure di routine per il mantenimento dell'ordine e della pulizia creati, tendendo ad un miglioramento attraverso la ripetizione delle fasi.
- Shitsuke, sostenere il sistema. Diffondere a tutti i livelli aziendali questo modo di agire, per mezzo della comunicazione e collaborazione tra gli operatori.

I benefici dall'implementazione di questa metodologia sono molteplici. Masaaki Imai, teorico del kaizen, sostiene che: "Come regola generale, l'introduzione di una buona organizzazione dell'area riduce i difetti di processo del 50%". Inoltre, riduce il tempo perso nella ricerca degli strumenti, rende più salubre e sicuro il luogo di lavoro e consente una gestione a vista dei processi (visual management), evidenziando i problemi e i difetti.

➤ **TPM (Total Productive Maintenance)**

Tecnica che ha l'obiettivo di ridurre al minimo i blocchi e guasti degli impianti produttivi e altre complicazioni che possono influire sulla loro efficienza ed efficacia, attraverso un approccio di manutenzione preventiva. Nello specifico, punta a minimizzare le possibili perdite da produzione, composte da perdite per inattività (blocchi, fermi, guasti, riattrezzaggi), perdite per velocità (rallentamenti, controlli) e perdite per qualità (rilavorazioni, scarti). (Arcidiacono e Calabrese, 2014)

Il TPM coinvolge ogni componente dell'azienda, dal management fino agli operatori della produzione, nonché ovviamente manutentori e supervisori. Non è circoscritto solamente alle macchine, ma riguarda anche lo sviluppo del personale e attività riguardanti l'ambiente di lavoro e la qualità, infatti gli otto pilastri del TPM sono: (Idris et al., 2015)

1. manutenzione autonoma, cioè quelle attività manutentive di routine messe in atto dal personale di prima linea per preservare l'operatività degli impianti;
2. manutenzione programmata, cioè la manutenzione degli impianti da parte dei manutentori, decisa in base a precedenti analisi;
3. manutenzione per la qualità, cioè incorporare la prevenzione di ogni deterioramento all'interno dello svolgimento del processo produttivo, eliminando all'origine ogni possibile causa di perdita di qualità, come materiali difettosi o strumenti usurati;

4. manutenzione specifica, che consiste nel creare piccoli gruppi di lavoratori che collaborino proattivamente per ottenere miglioramenti nella gestione dello specifico macchinario;
5. formazione e addestramento, cioè il miglioramento delle competenze e abilità degli operatori, necessarie per un completo raggiungimento degli obiettivi TPM;
6. gestione dello start-up degli impianti; in quanto spesso i macchinari necessitano di un periodo di avviamento, nel quale non possono operare al massimo livello, diversamente andrebbero incontro a rotture e guasti;
7. gestione dell'ambiente e della sicurezza, con particolare riguardo agli sprechi energetici;
8. applicazione dei principi TPM anche negli uffici.

L'indicatore più importante nel valutare i risultati introdotti tramite il TPM è l'OEE (Overall Equipment Effectiveness), utilizzato per misurare le performance dell'impianto e che riassume tre grandi componenti: disponibilità, efficienza e qualità. E' dato dal prodotto tra i tre elementi, $OEE = \text{Disponibilità} \times \text{Efficienza} \times \text{Qualità}$.

La disponibilità è misurata come rapporto tra tempo operativo e tempo disponibile, l'efficienza come rapporto tra produzione effettiva e produzione potenziale, mentre la qualità come rapporto tra materiale effettivo (inteso come non difettoso) e materiale prodotto in totale.

➤ **VSM (Value Stream Mapping)**

Tecnica che consiste nella mappatura grafica dei processi, identificando le attività a valore aggiunto, cioè le attività che generano valore per il cliente, e quelle a non valore aggiunto, suddivise in flussi fisici, informativi e temporali. Viene realizzata da un team, coinvolgendo anche chi è effettivamente impiegato nella produzione, e ha luogo nel *gemba*, lo spazio fisico in cui avvengono le lavorazioni, attraverso l'utilizzo di simboli e rappresentazioni standard. Così facendo, si ottiene una mappa chiara e leggibile, che porta all'identificazione di ogni spreco e di tutti i punti di forza e debolezza dei processi, tenendo sotto controllo costantemente il flusso del valore, più che il singolo processo. Una volta determinato lo stato attuale dei processi, è possibile creare anche una VSM dello stato futuro, che permette all'azienda di individuare gli obiettivi da raggiungere e che interventi porre in atto per raggiungere il miglioramento continuo.

➤ **SMED (Single Minute Exchange of Die)**

Alla base del JIT si pone una produzione diversificata con lotti quanto più ristretti possibile, attivata dalla domanda dei clienti (sistema pull); queste caratteristiche rendono necessari frequenti riattrezzaggi delle macchine.

Lo SMED è una pratica Lean che si fonda sulla riduzione dei tempi di setup dei macchinari, rappresentando questa un'attività che dev'essere minimizzata, essendo a valore nullo ma necessaria per lo svolgimento di attività a valore aggiunto.

Il riattrezzaggio si divide in due tipologie: (Antognazza e Cunzi, 2009)

- OED (Outside Exchange of Die), cioè le attività esterne, eseguibili anche con il macchinario in funzione;
- IED (Inside Exchange of Die), cioè le attività interne, eseguibili solamente a impianto fermo.

La pratica SMED richiede in primo luogo l'individuazione di tutte le attività interne ed esterne; successivamente, si cercherà di convertire quante più possibile attività IED in OED, anche attraverso modifiche al processo.

Verranno quindi spostate durante lo svolgimento della produzione tutte le attività esterne, mentre le interne (non convertibili) dovranno essere semplificate al massimo, in maniera tale da essere eseguite nel minor tempo possibile. Una volta attuate queste modifiche, anche le attività esterne rimanenti saranno semplificate e svolte in maniera più rapida, risparmiando tempo utile ad altre attività. (Costa et al., 2013)

Tutto ciò porta ad un notevole risparmio di costi, una migliore reattività alla domanda dei clienti, più piccole dimensioni minime dei lotti e una maggiore flessibilità. (Antognazza e Cunzi, 2009)

➤ **Kanban**

La tecnica del kanban, che deriva dalla fusione dei termini "kan", che significa "segnale" e "ban", che significa "visuale", sta alla base del Just in Time e costituisce la massima espressione del sistema pull. Consiste in un sistema di cartellini che controllano i flussi di materiale e di produzione.

Può essere utilizzato in diverse tipologie di attività: (Q&O Consulting, 2019)

- Produzione, attraverso kanban, provenienti da valle, che indicano a monte che prodotti ottenere e in che quantità;
- Movimentazione, attraverso kanban di prelievo che segnalano lo spostamento di materiali verso un altro processo;

- Acquisto, attraverso kanban aventi la funzione di ordinare automaticamente un determinato fattore produttivo.

L'obiettivo è quello di ridurre al massimo livello le scorte, velocizzare la risposta ai cambiamenti del mercato e apportare benefici alla produttività, ottenendo un flusso continuo.

➤ **Heijunka**

Passando da una produzione a grandi lotti ad una che cerchi di minimizzare la loro dimensione ma aumentarne la frequenza, si possono eliminare costi e complicazioni dovute a sovraccarichi e sottoutilizzi, cioè muri, che possono essere alla fonte anche di muri e muda (*si veda sopra*).

Il Heijunka, termine giapponese, indica una pratica che porta al livellamento della produzione, impostando un corretto e regolare flusso produttivo.

Esistono due livellamenti da mettere in atto:

- livellamento della produzione per volume, cioè della quantità di ogni prodotto;
- livellamento della produzione per tipo di prodotto, si cerca cioè di coordinare la produzione dei vari articoli, determinando la sequenza di lavorazione bilanciando l'utilizzo degli impianti e del personale.

Per realizzare il livellamento si usa il cosiddetto "heijunka box", cioè una tabella in cui ad ogni riga corrisponde un prodotto e ad ogni colonna un dato intervallo temporale; in ogni cella sono contenuti i kanban indicanti le quantità da produrre, che vengono utilizzati all'ora indicata dalla colonna. Questo strumento permette un controllo del livellamento di volume attraverso le colonne e del livellamento del mix di produzione attraverso le righe.

Il metodo Heijunka permette di migliorare la stabilità della produzione, fondamentale per il corretto funzionamento dell'intero sistema, oltre che di ottimizzare il lavoro del personale e delle macchine ed evitare sprechi.

Infatti, procedure standardizzate e una produzione "livellata" portano stabilità, che come rappresentato nella Lean House, è l'elemento che sta alla base della gestione snella.

➤ **Poka-Yoke**

Questo termine è stato coniato da Shigeo Shingo, un ingegnere che ha ricoperto un ruolo fondamentale nella creazione del Toyota Production System. Letteralmente significa "a prova di errore" e fa riferimento agli strumenti che costringono l'utilizzatore di un macchinario ad un corretto uso dello stesso, ponendo limiti automatici allo svolgimento dell'operazione.

Così facendo, si rende estremamente difficile se non impossibile la presenza di errori e difetti, in primis nella produzione, ma anche nella gestione degli ordini.

I sistemi poka-yoke devono essere semplici ed intuitivi, oltre che estremamente economici; inoltre, devono essere presenti dall'origine del flusso produttivo fino all'ultima lavorazione, in maniera tale da presidiare ogni operazione.

Esistono tre metodi di applicazione per questi sistemi: (Shingo, 1989)

- Metodo del contatto, attraverso il quale sono le caratteristiche fisiche dell'oggetto stesso a impedire o limitare errati montaggi, posizionamenti, assemblaggi;
- Metodo del valore fisso, agisce attraverso un controllo del numero di operazioni svolte; se non coincide con un valore fisso pre-impostato, un segnale luminoso o sonoro avvisa l'operatore;
- Metodo delle fasi di lavoro, consiste in strumenti che consentono un controllo dell'esecuzione di ogni fase di lavoro e del loro ordine.

➤ **Andon**

Pratica a supporto degli operatori, che consiste in uno strumento che dà la possibilità ad ogni lavoratore di fermare la produzione in qualsiasi momento, qualora si accorga di anomalie o altri problemi qualitativi. In genere è formato semplicemente da una cordicella o una pulsantiera, che se azionate danno avvio ad un segnale luminoso e ad uno stop della produzione, con conseguente intervento degli operatori del controllo qualità.

Questo sistema rappresenta nella sua forma più pratica il concetto di autonomazione, insito nel Jidoka.

Inoltre, in un ottica di miglioramento continuo, è possibile utilizzare un database che abbia la funzione di memorizzare tutte le attivazioni Andon, permettendo analisi statistiche delle aree più frequentemente soggette a problemi e delle tempistiche di risoluzione.

CAPITOLO 2: LA RICERCA

2.1 Introduzione

In questo capitolo presento la ricerca e alcune statistiche descrittive, utili a dare un'idea complessiva delle aziende che compongono il campione.

L'indagine, svolta in collaborazione tra il Dipartimento di Economia e Management dell'Università degli Studi di Padova e CUOA Business School, ha avuto inizio nell'aprile del 2017 ed è nata con lo scopo di studiare la diffusione delle pratiche di Operational Excellence e delle tecniche di Lean Management e il loro impatto sulle performance economico-finanziarie delle imprese.

Il punto di partenza è stato il database AIDA (Analisi Informatizzata delle Aziende Italiane), che raccoglie informazioni complete sulle società di capitali italiane, obbligate a redigere il bilancio, cioè circa un milione di imprese. E' stata estrapolata una lista di aziende manifatturiere (Codice ATECO 2007 da C10 a C33), in attività (non in liquidazione) e con l'esclusione di quante avessero meno di 10 addetti, in maniera da escludere le attività di dimensioni molto ridotte. In seguito, ha preso piede l'attività di contatto, via e-mail o telefono, per la compilazione del questionario online (creato su SurveyMonkey.com), suddiviso in due sezioni:

- Anagrafica e caratteristiche, per raccogliere dati generici relativi all'azienda e alle tecnologie adottate;
- Tecniche e soluzioni adottate, per conoscere il grado di applicazione e diffusione delle tecniche Lean, se implementate.

Dopo il ricevimento delle risposte è stata avviata un'attività di controllo ed eliminazione di quante risultassero false o incomplete; le restanti sono state convertite in un file excel.

Si è arrivati quindi alla creazione di un database contenente informazioni su 454 imprese (ultimo dato di agosto 2019) sparse nel territorio nazionale.

E' stato necessario un ulteriore controllo, operato mediante formule excel su dati estrapolati da AIDA, volto ad eliminare le aziende con un numero di dipendenti inferiore a 10, per scelta escluse dalla ricerca. Infatti alcune imprese, avendo preso parte all'indagine nel suo primo periodo, hanno subito modifiche nel corso del tempo che non le rendevano più idonee alla partecipazione alla ricerca. Il campione si è ridotto quindi a 439 unità.

2.2 Statistiche descrittive

In questa sezione, presento delle statistiche descrittive allo scopo di dare un'immagine complessiva del campione di imprese.

Le caratteristiche oggetto di descrizione sono:

- regione di attività;
- fatturato;
- numero di addetti;
- dimensione (piccole, medie, grandi);
- attività svolta, in base alle divisioni ATECO di riferimento;
- adozione di tecnologie dell'Industry 4.0;
- implementazione tecniche Lean.

2.2.1 Regione di attività

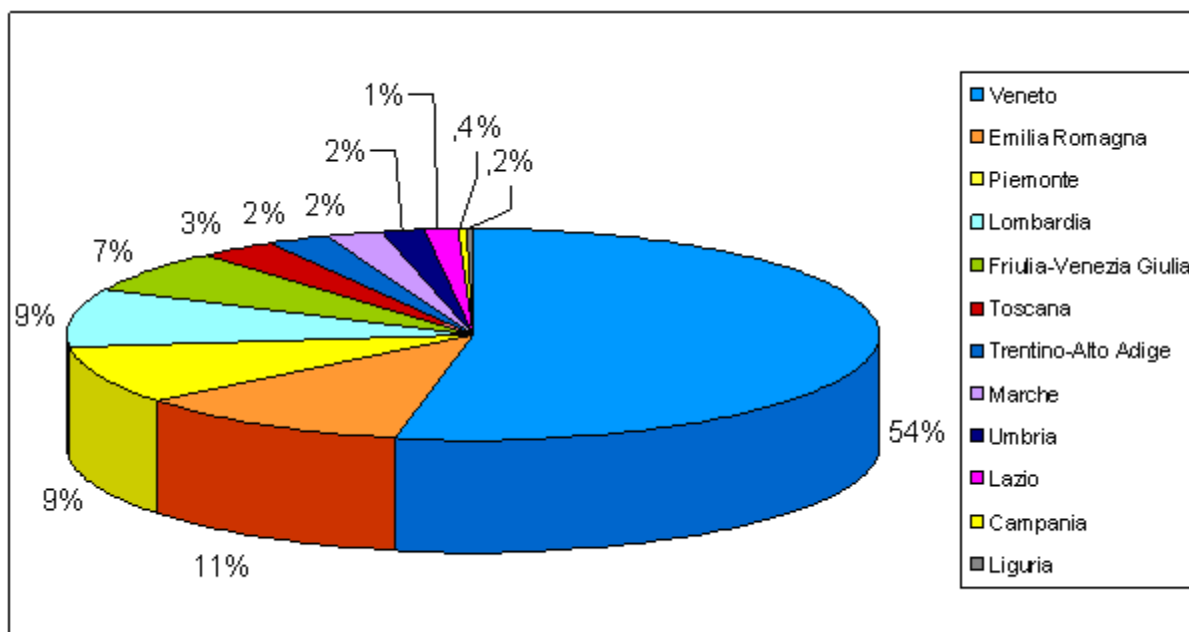


Grafico 1 – Regione di attività (n = 439)

Il grafico presenta la proporzione di imprese operanti in ogni regione, indicate in maniera decrescente.

Com'è evidente, la regione con una forte prevalenza di aziende è il Veneto, con 233 osservazioni, pari al 54%. Seguono Emilia Romagna, Piemonte, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia, con un ampio margine di differenza. E' possibile intuire che la grande maggioranza è localizzata nel Nord Italia, complessivamente pari al 91% del campione.

Questo aspetto sicuramente è dovuto all'influenza sul tasso di partecipazione data dalla prossimità territoriale dell'Università di Padova, oltre che dalla più forte concentrazione di imprese nel Nord Italia.

2.2.2 Fatturato

In questo grafico il fatturato (espresso in milioni di euro) è posto sull'asse delle ascisse, calcolato in scala logaritmica. Sulle ordinate troviamo invece la frequenza.

Le tre aree colorate corrispondono ad uno dei criteri di suddivisione tra piccole, medie e grandi imprese; infatti per determinare la dimensione di un'impresa si tiene conto del fatturato, oltre che del numero dipendenti o totale attività.

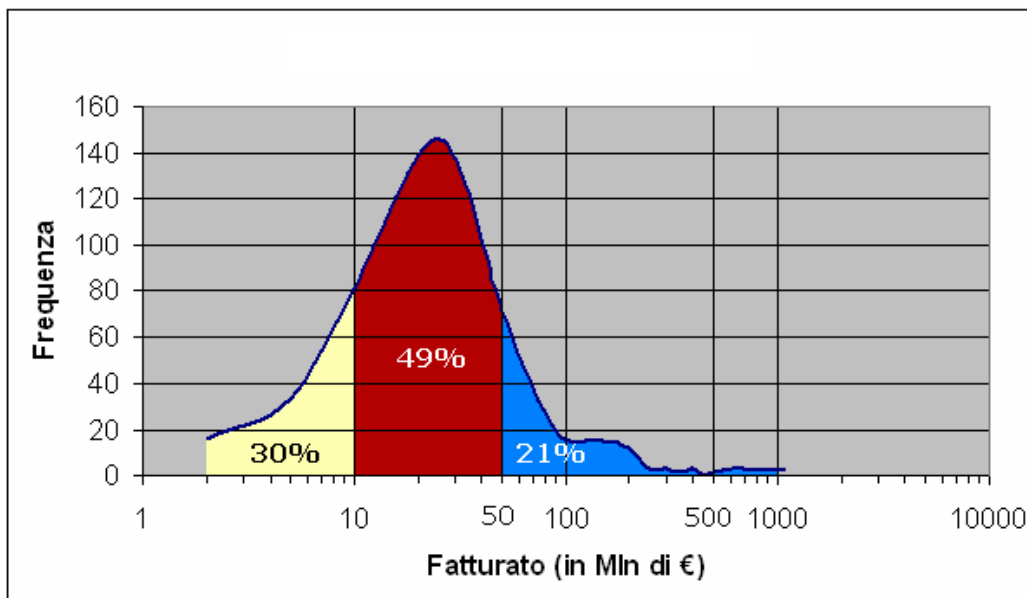


Grafico 2- Distribuzione per fatturato (n=439)

Come è possibile osservare, la maggior parte delle imprese si posiziona tra 10 e 50 milioni di fatturato (nello specifico, 217 imprese su 439, pari al 49%).

Il 30% del campione è formato da imprese con un fatturato inferiore ai 10 milioni, mentre solo un'azienda su cinque fattura più di 50 milioni.

2.2.3 Numero di addetti

Il numero di dipendenti è compreso tra un estremo inferiore di 10 unità - ricordiamo che dalla ricerca sono state escluse le imprese con un numero inferiore di addetti- e un massimo di 1621.

Anche qui si è tenuto conto di uno dei parametri per la determinazione della dimensione delle imprese.

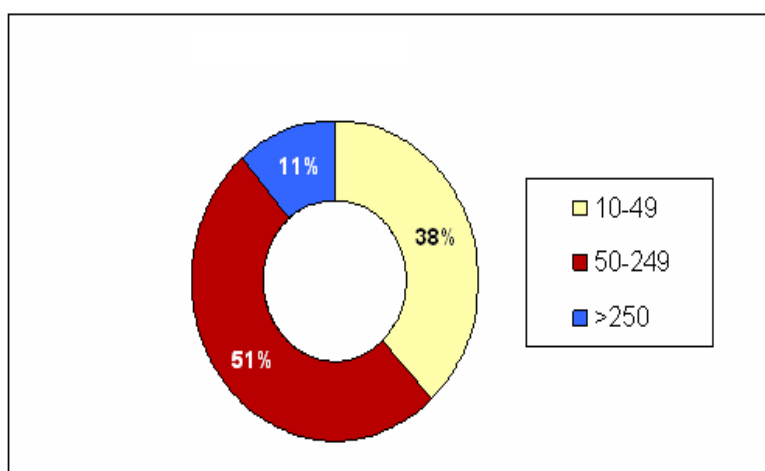


Grafico 3- Numero di addetti (n=439)

Oltre metà del campione si posiziona nella fascia che va da 50 a 249 dipendenti, il 38% si trova nella fascia inferiore (da 10 a 49), mentre solo l'11% ha un alto numero di addetti, superiore a 250.

2.2.4 Dimensione

Ora vado ad incrociare i risultati ottenuti nelle due statistiche precedenti, ottenendo un'evidenza sulla suddivisione delle imprese per dimensione. Secondo le norme comunitarie, i parametri che identificano la dimensione sono numero dipendenti e fatturato o totale attivo di bilancio. Semplificando terrò conto solo del numero di dipendenti e del fatturato.

Nello specifico si qualificano come:

- microimprese (escluse da questa ricerca) se il numero dei dipendenti è inferiore a 10, il fatturato è inferiore a 2 milioni;
- piccole imprese se il numero dei dipendenti è inferiore a 50, il fatturato è inferiore a 10 milioni;
- medie imprese se il numero dei dipendenti è inferiore a 250, il fatturato è inferiore a 50 milioni;
- grandi imprese, se superano i precedenti parametri.

In base a questi criteri ottengo questa rappresentazione, che per motivi di comprensione grafica ha entrambi gli assi convertiti in scala logaritmica.

Com'è possibile notare, la maggioranza delle imprese si qualifica come di media dimensione (area rossa), pari al 54% del campione.

Seguono le piccole imprese (area gialla) con il 24% ed infine le imprese di grande dimensione (area blu), formando il 22% delle osservazioni.

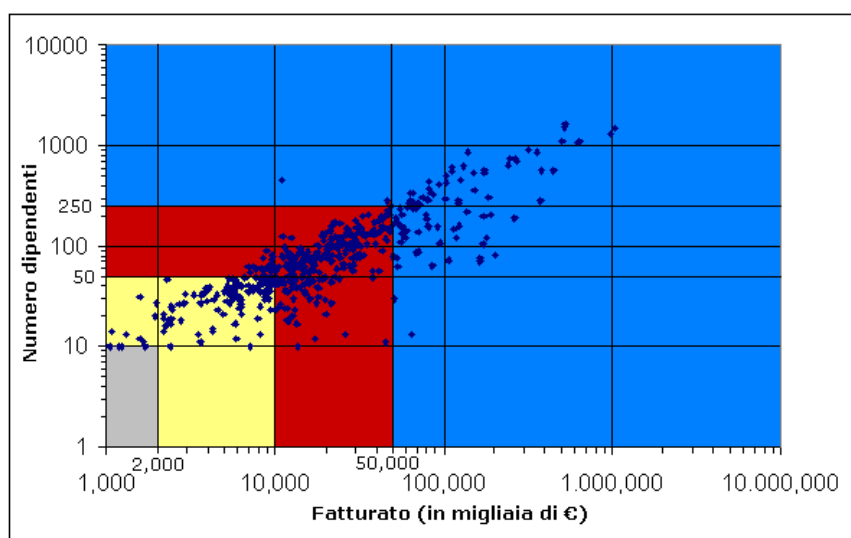


Grafico 4- Dimensione (n=439)

2.2.5 Tipologia di attività

La tipologia di attività svolta dalle imprese è facilmente identificabile mediante il codice ATECO 2007, una combinazione alfanumerica in cui le lettere individuano il macro-settore economico di attività mentre i numeri rappresentano le articolazioni degli stessi. (Codice ATECO, 2019)

La ricerca, fin dall'origine, è stata riservata alle sole imprese manifatturiere, contenute nella sezione C del codice ATECO 2007, che qui riporto in ordine di frequenza:

28	fabbricazione di macchinari ed apparecchiature nca		
25	fabbricazione di prodotti in metallo (esclusi macchinari e attrezzature)	16	industria del legno e dei prodotti in legno e sughero (esclusi i mobili); fabbricazione di articoli in paglia e materiali da intreccio
27	fabbricazione di apparecchiature elettriche ed apparecchiature per uso domestico non elettriche	17	fabbricazione di carta e di prodotti di carta
22	fabbricazione di articoli in gomma e materie plastiche	13	industrie tessili
32	altre industrie manifatturiere	11	industria delle bevande
10	industrie alimentari	18	stampa e riproduzione di supporti registrati
20	fabbricazione di prodotti chimici	26	fabbricazione di computer e prodotti di elettronica e ottica; apparecchi elettromedicali, apparecchi di misurazione e di orologi
31	fabbricazione di mobili	29	fabbricazione di autoveicoli, rimorchi e semirimorchi
23	fabbricazione di altri prodotti della lavorazione di minerali non metalliferi	14	confezione di articoli di abbigliamento; confezione di articoli in pelle e pelliccia
24	metallurgia	15	fabbricazione di articoli in pelle e simili
30	fabbricazione di altri mezzi di trasporto	21	fabbricazione di prodotti farmaceutici di base e di preparati farmaceutici

Tabella 1- Codice ATECO 2007

Ho analizzato quindi la distribuzione delle aziende in base al codice divisione (prime due cifre dopo la lettera C), che ne identifica la macro-categoria.

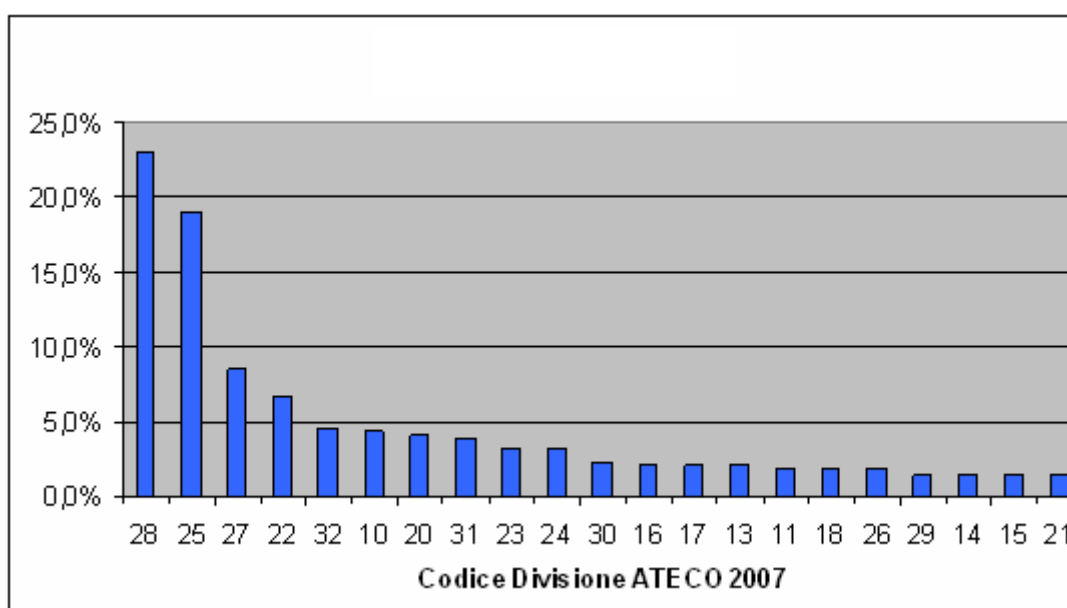


Grafico 5- Tipologia di attività (n = 439)

E' evidente che sono due le tipologie di attività più comunemente svolte dal campione di imprese. Quella principale (pari al 23%) è rappresentata dalla “fabbricazione di macchinari ed apparecchiature NCA”, categoria che racchiude la produzione di macchine e attrezzature che eseguono operazioni su materiali, compresi i loro componenti meccanici. (NACE Rev.2)
 Il 19% del campione svolge attività di “fabbricazione di prodotti in metallo, esclusi macchinari e attrezzature”, cioè la lavorazione di prodotti in metallo, solitamente con una funzione statica (come parti, contenitori e strutture). (NACE Rev.2)

2.2.6 Adozione di tecnologie dell'Industry 4.0

Nel questionario era chiesto alle imprese di indicare se e che tipo di tecnologie dell'Industry 4.0 adottassero. Tenendo conto solo di quante avessero risposto a questa sezione, le osservazioni si riducono da 439 a 285.

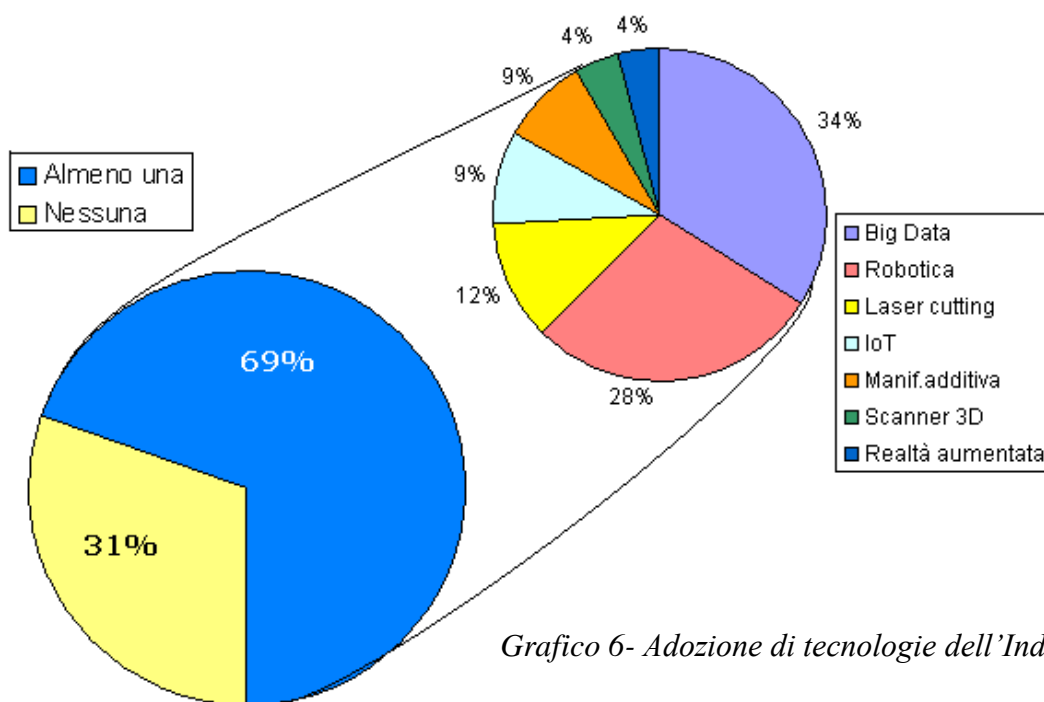


Grafico 6- Adozione di tecnologie dell'Industry 4.0 (n= 285)

Il 69% del campione (pari a 198 unità) applica almeno una tecnologia dell'Industry 4.0; nell'altro grafico a torta è indicata la proporzione delle specifiche tecnologie adottate dalle imprese, tenendo conto che molte ne impiegano più di una tipologia.

2.2.7 Implementazione tecniche Lean

Poco più di metà del campione adotta tecniche Lean. Andando ad indagare sulle motivazioni che portano alla sua non applicazione, risulta che la causa principale sia la scarsa conoscenza del tema, seguita dalla mancanza di competenze interne; entrambe queste mancanze possono essere risolte attraverso la formazione.

Va rilevato che buona parte di chi non mette in pratica tecniche Lean afferma di star valutando la loro introduzione, mentre è interessante osservare che le motivazioni strettamente economiche si classificano nelle ultime posizioni.

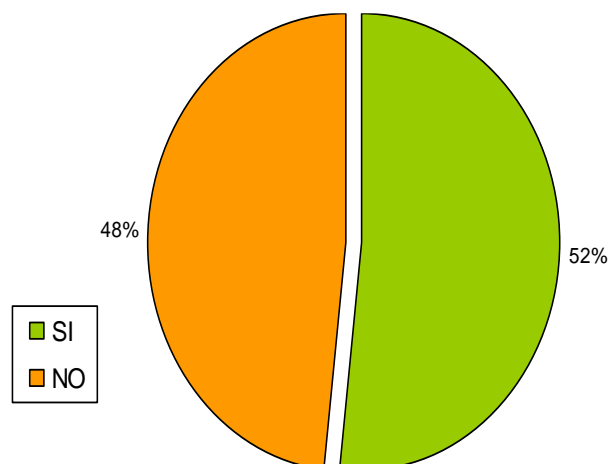


Grafico 7- Implementazione tecniche Lean (n=438)

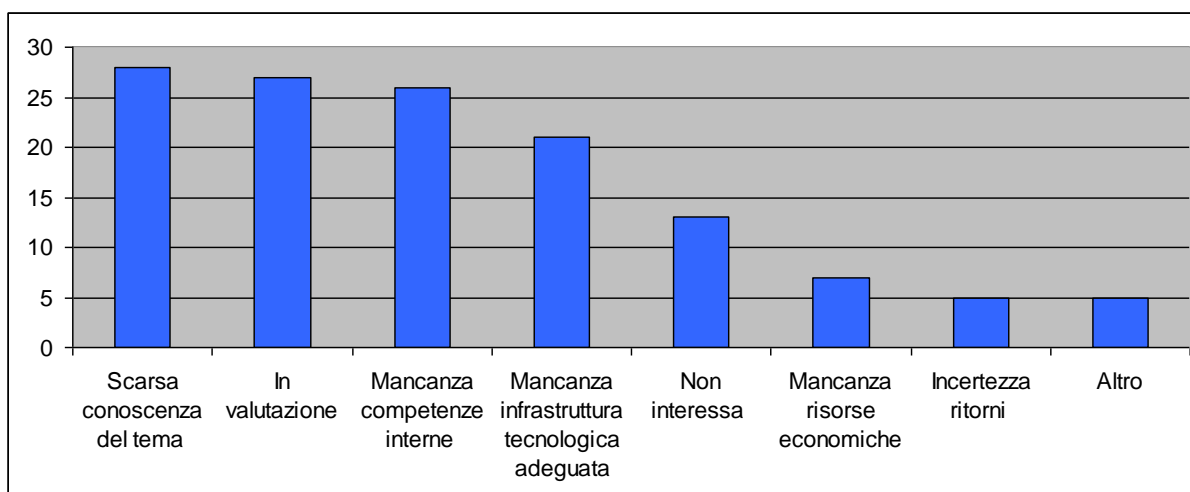


Grafico 8- Motivi non implementazione Lean (n=78)

CAPITOLO 3: L'ANALISI

Lo scopo di questa sezione è di introdurre il metodo utilizzato per l'analisi e, in seguito, di utilizzarlo per stimare l'impatto economico-finanziario scaturente dall'adozione di tecnologie dell'Industry 4.0 e di pratiche di gestione volte all'Operational Excellence. L'analisi è stata condotta utilizzando Excel, servendosi del database di imprese e di indici di bilancio estrapolati da AIDA.

3.1 Introduzione

Nell'analisi di due o più caratteri si può ricercare una funzione che descriva nel miglior modo possibile come una o più variabili (dette variabili indipendenti) modificano un'altra variabile (detta variabile dipendente). Per la ricerca della relazione statistica si utilizzerà un modello di regressione semplice se la variabile indipendente è una, multipla se sono due o più. (Borra e Di Ciaccio, 2014)

Nella mia analisi impiegherò un modello di regressione log-lineare, cioè un modello in cui la variabile dipendente ha subito una trasformazione logaritmica. Si è reso necessario l'utilizzo di questo modello per assicurare la condizione di omoschedasticità dei residui, altrimenti non soddisfatta.

Il modello è così specificato: (Levine et al., 2010)

$$\text{Log}(y_i) = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \beta_2 X_{2i} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

in cui :

- $\text{Log}(y_i)$ è la trasformazione logaritmica della variabile dipendente;
- β_0 è il logaritmo della media geometrica di y quando X_1, X_2, \dots, X_k sono pari a 0;
- β_1 è la variazione percentuale di y per una variazione unitaria della variabile X_1 , mantenendo costante il valore di X_2, \dots, X_k ;
- β_2 è la variazione percentuale di y per una variazione unitaria della variabile X_2 , mantenendo costante il valore di X_1, \dots, X_k ;
- β_k è la variazione percentuale di y per una variazione unitaria della variabile X_k , mantenendo costante il valore di X_1, X_2, \dots ;

- ε_i è l'errore causale in y per l'osservazione i .

Più precisamente, la variazione percentuale in y espressa dal valore dei coefficienti è data da:

$$[\text{Exp}(\beta_k) - 1] * 100 . \text{ (Ford, 2018)}$$

L'utilizzo di questo modello si basa su alcune assunzioni, che verificherò a posteriori, cioè:

- assenza di multicollinearità esatta;
- il valore atteso degli errori dev'essere pari a zero;
- la varianza degli errori dev'essere costante (omoschedasticità);
- gli errori devono essere indipendenti dai valori predetti;
- gli errori devono avere una distribuzione normale.

Disponendo, ovviamente, solo di un campione della popolazione totale di imprese, potrò calcolare i coefficienti di regressione campionari b_0, b_1, \dots, b_k , che poi saranno utilizzati come stimatori dei corrispondenti parametri della popolazione $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$.

Per ottenere il valore dei coefficienti di regressione campionari farò ricorso al metodo dei minimi quadrati (OLS – Ordinary Least Squares), il quale minimizza la somma dei quadrati degli scarti, cioè delle differenze tra i dati osservati e quelli stimati.

Successivamente, calcolando il coefficiente di determinazione, posso valutare la bontà dell'approssimazione lineare del modello di regressione stimato. Nei casi di regressione con predittori multipli si rende più opportuno l'utilizzo dell' R^2 corretto, che tiene conto del numero di variabili esplicative e misura la frazione di varianza “spiegata” dalla variabile esplicativa X :

$$\bar{R}^2 = 1 - \left(\frac{ESS}{TSS} \right) \frac{n - 1}{n - p - 1} \quad \text{in cui } \begin{array}{l} p = \text{numero delle variabili esplicative} \\ n = \text{dimensione del campione} \end{array}$$

$$\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \quad \text{ESS= devianza spiegata dal modello} \quad \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad \text{TSS= devianza totale}$$

Quanto più il suo valore si avvicina a 1 tanto migliore è l'adattamento del modello ai dati, viceversa all'avvicinarsi allo 0, ma può assumere anche valori negativi.

L' R^2 corretto (così come anche l' R^2) non dice nulla riguardo alla significatività statistica della relazione tra variabile dipendente e variabili esplicative. Per valutare quest'aspetto con riferimento all'intero modello, si utilizza una verifica di ipotesi in cui

$$H_0: \beta_0 = \beta_1 = \dots = \beta_k = 0$$

H_1 : almeno un $\beta_k \neq 0$

Questa verifica di ipotesi verrà risolta mediante un test F, in cui la statistica F è pari a

$$F = \frac{\text{media dei quadrati della regressione (MQR)}}{\text{media dei quadrati dell'errore (MQE)}}$$

che si distribuisce come una F di Fisher con k-1 e n-k-1 gradi di libertà.

Rifiutare H_0 ad un dato livello di significatività indica che vi è una relazione lineare tra almeno una variabile esplicativa e la variabile dipendente.

Per valutare invece la significatività statistica delle singole variabili farò ricorso ad un'altra verifica di ipotesi. Prendendo ad esempio la variabile k:

$H_0: \beta_k = 0$

$H_1: \beta_k \neq 0$

$$t = \frac{b_k}{S_{bk}}$$

La statistica test per la verifica è

In cui S_{bk} è l'errore standard del coefficiente di regressione b_k . Questa statistica test segue una distribuzione t di Student con n-p-1 gradi di libertà. (Levine et al., 2010)

Nella definizione delle variabili esplicative va tenuto conto che l'adozione di tecnologie dell'Industry 4.0, così come l'introduzione di pratiche Lean, rappresentano importanti cambiamenti interni, che spesso richiedono un certo periodo di tempo per manifestarsi esternamente. Per questa ragione, ho incluso variabili che tenessero conto di questo *lag*, ritenendo un periodo di tre anni adatto ad apprezzarne gli effetti. Pertanto, le variabili indipendenti dei modelli sono:

- *Tech_3anni*, dummy che esprime se l'azienda ha introdotto le tecnologie dell'Industry 4.0 da tre anni o più (1) oppure no (0);
- *Lean_3anni*, dummy che assume valore 1 se le pratiche Lean sono state avviate da più di tre anni, 0 se viceversa.

cui si aggiungono le seguenti variabili di controllo:

- *fatturato*, ricavi delle vendite e prestazioni dell'ultimo anno disponibile;
- *impresa_familiare*, dummy che esprime se l'azienda si caratterizzi come familiare o meno;
- *età*, anni di attività dell'impresa dalla data di fondazione;
- *dipendenti*, numero di lavoratori;
- *nord_Italia*, dummy che esprime se l'azienda si localizza nel Nord Italia (valore 1) oppure nel centro-sud (0).

Per quanto riguarda le variabili dipendenti, queste sono rappresentate da indici e valori estrapolati dai bilanci, analizzati singolarmente.

In questa mia analisi ne ho individuati due di significativi: il valore aggiunto e il rapporto di indebitamento.

Il primo è ottenuto tramite la riclassificazione del Conto Economico civilistico nella configurazione “a valore della produzione e valore aggiunto”; il valore aggiunto rappresenta la capacità dell’azienda di creare ricchezza per remunerare i fattori produttivi e i diversi stakeholders, e si ottiene dalla differenza tra ricavi operativi e costi operativi, sostenuti per l’acquisto di risorse esterne. (Furlani, 2016)

Il rapporto di indebitamento (detto anche *leverage*), risultante dal rapporto tra Totale Fonti di finanziamento e Patrimonio netto, permette di misurare quanto l’azienda ricorra al debito come fonte di finanziamento. Può assumere un valore minimo di 1, situazione nella quale l’azienda non ha fatto alcun ricorso a capitale di terzi; un valore compreso tra 1 e 2, l’azienda ha debiti ma questi sono inferiori rispetto al capitale proprio; valori superiori a 2, indicando che i debiti sono superiori al capitale di rischio.

3.2 Svolgimento

Il database di 439 imprese è stato ridotto di quante non avessero indicato l’anno di introduzione delle tecnologie e/o delle pratiche Lean, fondamentale per lo svolgimento dell’analisi. Le informazioni sulle 203 unità rimanenti sono state ampliate con indici e valori ricavati da AIDA, calcolati in maniera automatica sui bilanci presentati. Per alcune aziende (5 in totale) non è stato possibile reperire questi dati, quindi sono state escluse, residuando 196 unità.

Successivamente, per ogni impresa ho elaborato due serie di dati che, prendendo a riferimento la data dell’ultimo bilancio disponibile, assumessero valore positivo se fosse successiva di almeno 3 anni dall’introduzione delle tecnologie dell’Industry 4.0 e delle pratiche Lean; valore nullo se fosse trascorso meno o se non ne avessero introdotto nessuna.

Infine, ho calcolato il valore medio degli ultimi due anni delle variabili di output (valore aggiunto e rapporto di indebitamento), in maniera tale da ridurre le variazioni dovute ad eventi eccezionali.

Ho quindi condotto le seguenti due regressioni.

3.2.1 Primo modello di regressione

Variabile dipendente: Logaritmo del Valore aggiunto (in migliaia di euro) calcolato come media degli ultimi due anni disponibili

R al quadrato corretto	0,595093			
Significatività F	3,16E-35			
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	P-value
Intercetta	3,110478	0,090855	34,23577	1,03E-82
fatturato	-4,3E-08	6,83E-07	-0,06363	0,949329
impresa_familiare	-0,00621	0,05251	-0,11824	0,906007
età	-0,00049	0,001522	-0,31934	0,749826
dipendenti	0,002523	0,00037	6,826527	1,16E-10
nord_italia	0,109813	0,067971	1,615585	0,107861
Lean_3anni	0,0902347	0,048648	4,159373	4,85E-05
Tech_3anni	0,069565	0,05144	3,10194	0,002219

Questo modello “spiega” il 59,51 % della variabilità del valore aggiunto, sintomo di una buona adattabilità del modello ai dati. Guardando alla significatività della statistica F, emerge che il modello è significativo ad un livello pari a zero, quindi sicuramente almeno uno dei predittori ha una relazione lineare con la variabile risposta. Inoltre, andando ad osservare il p-value delle variabili indipendenti di interesse, ottenuto in seguito a test t, si nota che entrambe sono significative ad un livello 0,01.

Il valore del coefficiente della variabile Lean_3anni indica che, ferme le altre variabili esplicative, una sua variazione unitaria comporta una variazione del 9,4 % nella variabile risposta. Per l'altra variabile di interesse, Tech_3years, la variazione causata è del 7,2%.

3.2.2 Secondo modello di regressione

Variabile dipendente: Logaritmo del Rapporto di indebitamento calcolato come media degli ultimi due anni disponibili

R al quadrato corretto	0,260319
------------------------	----------

Significatività F	1,13E-06			
	Coefficienti	Errore standard	Stat t	P-value
Intercetta	0,70454	0,070182	10,03877	2,93E-19
fatturato	7,71E-07	5,28E-07	1,461318	0,145597
impresa_familiare	0,040772	0,040562	1,005186	0,316099
età	-0,00243	0,001176	-2,06621	0,04018
dipendenti	-0,00037	0,000285	-1,3023	0,194408
nord_italia	-0,03147	0,052505	-0,59946	0,549585
Lean_3anni	-0,11259	0,037579	-3,52817	0,000526
Tech_3anni	-0,04066	0,039736	-2,78496	0,005901

In questo caso il coefficiente di determinazione assume un valore più basso, ma comunque considerevole. Come nel caso precedente, il modello è estremamente significativo, così come le singole variabili di interesse, ad un livello 0,01.

Il coefficiente della prima variabile di interesse, Lean_3anni, indica una variazione del -10,6% per un suo incremento unitario, rispetto al rapporto di indebitamento. Per l'altra variabile oggetto di studio, l'effetto si attesta a circa -4%.

3.2.3 Verifica delle assunzioni

Per entrambi i modelli procedo alla verifica delle assunzioni fondamentali.

Per prima cosa, verifico che il valore medio dei residui sia uguale a 0 mediante formule su Excel; la condizione risulta soddisfatta:

Media(Residui1)	-2,05E-15
Media(Residui2)	-1,34E-16

Per testare l'incorrelazione tra valori predetti e residui conduco un'analisi di correlazione:

	Previsto Log Valore Aggiunto	Residui1
Previsto Log Valore Aggiunto	1	
Residui1	-1,1E-16	1

	Previsto Log Rapp.Indebitamento	Residui2
Previsto Log Rapp.Indebitamento	1	
Residui2	-1,37063E-16	1

Appare evidente un'assoluta incorrelazione.

Ora costruisco il diagramma di dispersione dei residui, che consente di attestare la presenza di omoschedasticità.

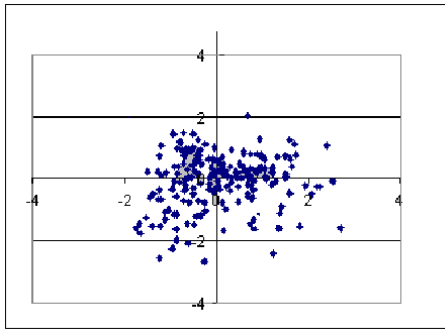


Diagramma di dispersione-Primo modello

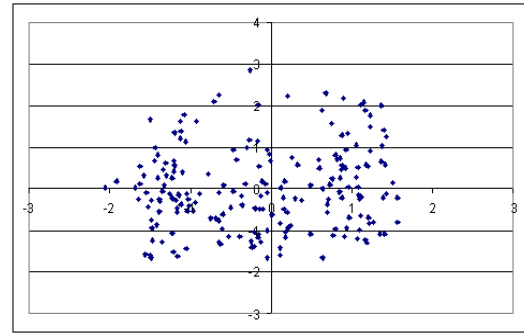
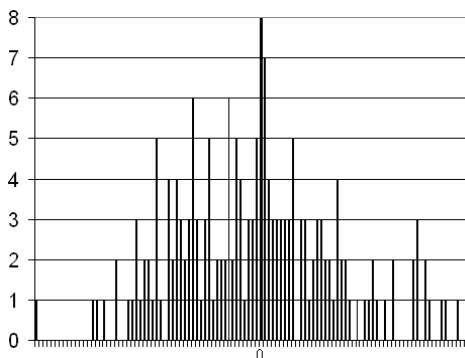
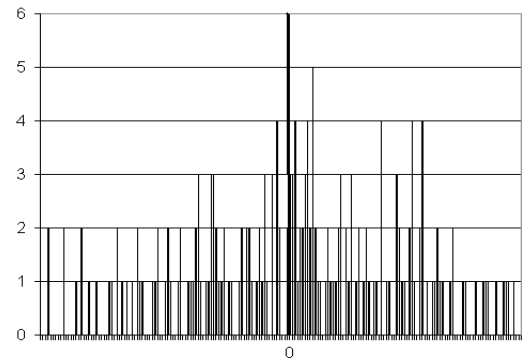


Diagramma di dispersione-Secondo modello

Successivamente costruisco l'istogramma dei residui, che mi permette di verificare la normalità della distribuzione:



Distribuzione dei residui - Primo modello



Distribuzione dei residui - Secondo modello

Infine, per verificare l'assenza di multicollinearità controllo il valore dell'indice VIF

(Variance Infactor Factors) : $VIF = 1/(1 - r^2)$

in cui r^2 è il coefficiente di determinazione di x_1 contro le altre x_k

Variabili indipendenti	r^2	VIF	
fatturato	0,740228	VIF ₁ =	3,849522465
impresa_familiare	0,002888	VIF ₂ =	1,002896078
età	0,046558	VIF ₃ =	1,048831982
dipendenti	0,76685	VIF ₄ =	4,289086955
nord	-0,01999	VIF ₅ =	0,98040348
Lean_3anni	0,254315	VIF ₆ =	1,341048493
Tech_3anni	0,1796	VIF ₇ =	1,218917669

Come regola generale, per il corretto funzionamento del modello il VIF non dovrebbe assumere valori superiori a 10. (Taufer, 2015)

Anche questa condizione risulta ampiamente soddisfatta.

CONCLUSIONI

Con questa tesi, era mia intenzione valutare l'impatto di due elementi a disposizione delle attività manifatturiere per il miglioramento delle condizioni operative: l'Operational Excellence e le tecnologie dell'Industry 4.0. Due elementi che, come si è constatato, non sono alla portata di tutte le imprese a causa di limiti non tanto economici, quanto di competenze nel management e di conoscenza delle potenzialità. Effettivamente, ciò che emerge dalla teoria e dalle analisi è che queste componenti possano costituire la base per la creazione di un vantaggio competitivo stabile o un suo rafforzamento, in special modo se implementate in modo integrato.

La loro introduzione porta importanti cambiamenti interni all'azienda che trovano applicazione nel "cuore" delle attività – le operations- e i cui effetti si ripercuotono, entro i confini dell'organizzazione sull'intera catena del valore, ed esternamente verso gli stakeholders e in particolare i clienti.

Negli ultimi anni il settore manifatturiero italiano sta vivendo una profonda crisi, testimoniata solo nell'ultimo periodo da 13 mesi consecutivi di declino della produzione e degli ordini. (dato ad agosto 2019, IHS Markit)

Per contrastare questo declino, che ha le sue origini nella crisi del 2008, sono necessari interventi rapidi e radicali da parte del policy maker, ma è fondamentale anche la trasformazione delle imprese, con particolare riguardo al miglioramento dell'efficienza produttiva. (Bankitalia, 2013)

Proprio l'efficiente sfruttamento delle risorse è un obiettivo perseguibile con l'introduzione delle più avanzate tecnologie e rappresenta un caposaldo dell'Operational Excellence e delle tecniche Lean.

Come si evince dall'analisi presentata, esiste senza ombra di dubbio un impatto migliorativo degli oggetti di studio sugli indicatori di valore aggiunto e di indebitamento.

In particolare, dal primo modello di analisi, sono emersi dati estremamente favorevoli: il Lean porta a tre anni dall'introduzione un valore aggiunto in media del 9,4 % superiore rispetto a chi non lo applica; l'adozione delle tecnologie dell'Industry 4.0 è alla base di un valore aggiunto del 7,2 % superiore. L'innesto di una nuova tecnologia porta, per esempio, a nuovi mix produttivi, risparmio di costi, o una più elevata qualità, flessibilità e ad altre migliorie che incrementano il valore aggiunto, migliorando l'economicità dell'impresa e costituendo quelle risorse utilizzate per remunerare i diversi portatori di interesse.

Similmente, perseguire i principi dell'Operational Excellence conduce a enormi riduzioni negli sprechi e negli errori, oltre che ad una maggior attenzione al cliente, con implicazioni immediate sull'indicatore economico. Ma va considerato anche che il Lean, sebbene si riferisca in senso stretto alla riorganizzazione dei processi produttivi, si propaghi a tutti i livelli dell'impresa, diffondendo una vera e propria filosofia.

Il secondo modello di analisi, utilizzato per valutare l'impatto finanziario, segnala a distanza di tre anni un miglioramento dell'indicatore. Nello specifico, una diminuzione del 10,6% per le imprese che scelgono di abbracciare la filosofia Lean, del 4% per l'adozione dell'Industry 4.0. Questo risultato segnala la riduzione del capitale di terzi rispetto al capitale proprio, cioè l'impresa risulta meno esposta finanziariamente. Potrebbe sembrare un controsenso, considerando che l'introduzione delle due componenti richiede spesso un ingente impegno finanziario. Ma dobbiamo tenere a mente che i risultati fanno riferimento ad una situazione temporalmente distante da tre a più anni, cioè un tempo consono al raggiungimento della massima efficienza dei cambiamenti introdotti. E' possibile che le imprese, perseguendo migliori risultati economici, abbiano ottenuto il corrispondente flusso di cassa, ottimizzando la loro situazione finanziaria e riducendo quindi il leverage.

In conclusione, i risultati emersi dall'analisi indicano che esiste una via solida per il miglioramento delle condizioni operative, con effetti positivi su aspetti economici e finanziari, percorribile per investire, o perlomeno alleviare, la deriva del nostro apparato produttivo, ormai in corso da più di un decennio.

(Totale parole = 9'783)

Riferimenti bibliografici

- Antognazza, A., Cunzi, V., 2009. “La riduzione dei set-up e l’impatto sulla produzione snella”, *Logistica Management*, s.10/09, pp.55-58
- Arcidiacono, G., Calabrese, C., Yang, K., 2014. “Governare i processi per governare l’impresa: Lean Six Sigma”, *Sprinter*, 1, pp.233-236
- Bankitalia, 2013. “Il sistema industriale italiano tra globalizzazione e crisi”, *Questioni di economia e finanza*, s.193 07/13, p. 11
- Barrett, M., Davidson, E., Prabhu, J., Vargo, S., 2015. “Service Innovation in the Digital Age: Key Contributions and Future Directions”, *MIS Quarterly*, 39, pp.136-140
- Borra, S., Di Ciaccio, A., 2014. “Statistica: metodologie per le scienze economiche e sociali”, *McGraw Hill*, 3, pp.369-379
- Carvalho, A.M., Sampaio, P., Rebentisch, E., Saraiva, P., 2017. “Operational excellence as a means to achieve an enduring capacity to change”, *MESIC*, 13, pp.1328-1335
- Costa, E., Sousa, R., Bragança, S., Alves, A., 2013. “An industrial application of the SMED methodology and other Lean Production tools”, *Conference Paper 3927*, pp.3-5
- Deloitte University Press (Burke, R., Mussomeli, A., Laaper, S., Hartigan, M., Sniderman, S.), 2017. “The smart factory . Responsive, adaptive, connected manufacturing”, pp.5-6
- Ekren, G., Oberer, B., Erkollar, A., 2017. “Augmented reality in Industry 4.0: enabling technologies and the potential for SMEs”, *International Symposium on Production Research*, 09/17, pp.1-3
- Fleisch, E., Weinberger, M., Wortmann, F., 2014. “Business Models and the Internet of Things”, *Bosch IoT Lab. Gallen, HSG*, pp. 8-10

- Gandomi, A., Haider, M., 2015. "Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics", *International Journal of Information Management*, s. 35, pp. 138-140
- Gibson, I., Rosen, D.W., Stucker, B., 2015. "Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing", Springer, 2, p. 20
- Gorelik, E., 2013. "Cloud Computing Models", Composite Information Systems Laboratory, Massachusetts Institute of Technology (MIT), pp. 19-22
- Hozdic, E., 2015. "Smart Factory for Industry 4.0: a review", *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, 7, p.28
- Idris, I., Ibrahim, I., Sari, A.R., 2015. "Implementation of eight pillars: the Total Productive Maintenance at Water supply company", 1, pp.239-244
- Levine D. M., Krehbiel T. C., Berenson M. L., 2010. "Statistica", V ed., Pearson Education Italia, 5, pp. 2-39
- Liker, J., 2004. "The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer", McGraw –Hill, p.44
- Malik M., Wani, S., Rashid, A., 2018. "Cloud Computing Technologies", *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 9, pp.379-381
- Sadun, R., Bloom, N., Van Reenen, J., 2017. "Why Do We Undervalue competent Management?", *Harvard Business Review*, 5, pp.120-127
- Sheng, J., Amankwah-Amoah, J., Wang, X., 2017. "A multidisciplinary perspective of big data in management research", *International Journal of Production Economics*, pp.98-99
- Shingo, S., 1989. "A study of the Toyota Production System", Productivity Press, Rev. Ed., pp.21-25

- Silva, R., Oliveira, J.C., Giraldi, G. A., 2017. "Introduction to Augmented Reality", National Laboratory for Scientific Computation, pp.2
- Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., Gidlund, M., 2018. "Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions", IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10, pp.2-7
- Slack, N., Brandon-Jones, A., Johnston, R., 2016. "Operations Management", Pearson, 8, pp.4-28
- Van Krevelen, D. W. F., Poelman, R., 2010. "A survey of augmented reality technologies, applications and limitations", International Journal of Virtual Reality, 2, pp.1-20
- Womack, J.P., Jones, D.T., 2008. "Lean Thinking. Banish waste and create wealth in your corporation", 2, pp.1-4
- Zhu, Z., Branzoi, V., Wolverton, M., Murray, G., Vitovitch, N., Yarnall, L., Acharya, G., Samarasekera, S., Kumar, R., 2014. "AR-mentor: Augmented reality based mentoring system," IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR), pp.1-8

Sitografia

- Boston Consulting Group (Sirkin, H., Zinser, M., Rose, J.), 2015. "How Robots will redefine Competitiveness"
Disponibile su www.bcg.com
[Data di accesso 03 agosto 2019]
- Codice ATECO, 2019. Sezione C.
Disponibile su www.codiceateco.it
[Data di accesso 11 luglio 2019]
- Deloitte Development LCC, 2017. "Using autonomous robots to drive supply chain innovation"

Disponibile su www.deloitte.it
[Data di accesso 08 agosto 2019]

Dondi, P., 2017. “Introduzione alla realtà aumentata”, Università degli Studi di Pavia
Disponibile su <https://vision.unipv.it>
[Data di accesso 04 agosto 2019]

Di Medio, P., 2019. “Gestione delle Operations”.
Disponibile su www.organizzazioneaziendale.net
[Data di accesso 15 luglio 2019]

Ford, C., 2018. “Interpreting Log Transformations in a Linear Model”, University of Virginia
Library, Research Data
Disponibile su www.virginia.edu
[Data di accesso 27 agosto 2019]

Furlani, F., 2016. “La riclassificazione del conto economico”, Euroconference.
Disponibile su www.ecnews.it
[Data di accesso 25 agosto 2019]

Gartner Inc., 2019. Gartner IT Glossary, “Big Data”.
Disponibile su www.gartner.it
[Data di accesso 20 luglio 2019]

Govindsamy, N., 2014. “A critical review of Operations Excellence programs: A
petrochemical company as case study”, Potchefstroom Campus, North-West University
Disponibile su
<https://pdfs.semanticscholar.org/566d/846801ab3dfdfdd4cd5e9d9fad6bccb4df9e.pdf>
[Data di accesso 07 agosto 2019]

IHS Markit, 2019. “Financial trend analysis”
Disponibile su www.ihsmarkit.com
[Data di accesso 28 agosto 2019]

Mabkhot, M., Al-Ahmari, A., Salah, B., Alkhalefah, H., 2018. “Requirements of the Smart Factory System: A Survey and Perspective”, MDPI

Disponibile su www.mdpi.com

[Data di accesso 03 agosto 2019]

McKinsey&Company, 2015. “How to navigate digitization of the manufacturing sector”.

Disponibile su www.mckinsey.com

[Data di accesso: 12 luglio 2019]

McKinsey Global Institute, 2011. “Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity”.

Disponibile su www.mckinsey.com

[Data di accesso: 28 luglio 2019]

Melanson, T., 2018. “What Industry 4.0 means for Manufacturers”, Aethon

Disponibile su www.aethon.it

[Data di accesso 04 agosto 2019]

MetaDati.it, 2018. “Big Data, cosa sono? Una spiegazione facile per tutti”.

Disponibile su www.metadati.it

[Data di accesso 30 luglio 2019]

Microsoft Azure, 2019. “Che cos’è il Cloud?”

Disponibile su www.microsoftazure.com

[Data di accesso 01 agosto 2019]

Nagy, J., Oláh, J., Erdei, E., Máté, D., Popp, J., 2018. “The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain”, MDPI

Disponibile su www.MDPI.com

[Data di accesso 10 luglio 2019]

Q&O Consulting, 2019. “Gestione e impostazione el sistema kanban”, Lean Company.

Disponibile su www.leancompany.com

[Data di accesso 13 agosto 2019]

Rezzani, A., 2018. “Le tre V dei Big Data”.

Disponibile su www.dataskills.it

[Data di accesso 21 luglio 2019]

SAS Institute Inc., 2019. “Internet of Things (IoT). What it is and why it matters”

Disponibile su www.sas.com

[Data di accesso 03 agosto 2019]

SAS Institute Inc., 2019. “Big Data, cosa sono e perché sono importanti”.

Disponibile su www.sas.com

[Data di accesso 21 luglio 2019]

Taufer, E., 2015. “Multicollinearità. Strumenti quantitative per la gestione”

Disponibile su <http://www.cs.unitn.it/~taufer/Handout-pdf/3c%20MC.pdf>

[Data di accesso 27 agosto 2019]

Van Nieuwenhove, K., 2017. “Introduction to Operational Excellence”, Pauwels Consulting Academy

Disponibile su www.slideshare.net/PauwelsConsulting/

[Data di accesso 10 agosto 2019]

Zanetta, L., 2014. “Il Cloud Computing: uno strumento per migliorare il business”,

Uniontrasporti

Disponibile su <http://www.va.camcom.it/>

[Data di accesso 22 luglio]