

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

DIGITAL SUPPLY CHAIN: ANALISI DI TREND EVOLUTIVI



Relatori:

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Prof. Giulio Mangano

Candidato:

Paolo Cantamessa

Anno Accademico 2019/2020

Indice

Introduzione	7
Capitolo 1. La Digital Supply Chain	9
1.1 La Supply Chain.....	9
1.2 L'industria 4.0	11
1.2.1 I Big Data	13
1.2.2 L' Internet of Things	15
1.2.3 Il Cloud Computing.....	16
1.2.4 Il Cloud Manufacturing.....	18
1.2.5 La Blockchain.....	20
1.2.6 I Cyber Physical Systems	21
1.2.7 I Collaborative Robots	23
1.2.8 Gli Unmanned Vehicles	24
1.2.9 L' Additive Manufacturing.....	26
1.2.10 L' Artificial Intelligence	28
1.2.11 L' Augmented Reality	29
1.3 La Digital Supply Chain	31
1.3.1 I Big Data per la Supply Chain	32
1.3.2 L'Internet of Things per la Supply Chain	33
1.3.3 Il Cloud Computing per la Supply Chain.....	34
1.3.4 Il Cloud Manufacturing per la Supply Chain.....	35
1.3.5 La Blockchain per la Supply Chain.....	35
1.3.6 I Cyber Physical Systems per la Supply Chain	36
1.3.7 I Collaborative Robots per la Supply Chain	37

1.3.8	Gli Unmanned Vehicles per la Supply Chain.....	38
1.3.9	L'Additive Manufacturing per la Supply Chain.....	39
1.3.10	L'Artificial Intelligence per la Supply Chain	39
1.3.11	L'Augmented Reality per la Supply Chain	40
1.4	Il Research Gap	41
Capitolo 2. Il Dataset.....		43
2.1	L'approccio all'analisi	43
2.2	La variabile risposta	44
2.2.1	Il criterio di selezione dei progetti	45
2.3	Le variabili indipendenti	51
Capitolo 3. L'analisi dei dati.....		58
3.1	La Factor Analysis.....	58
3.2	L'Analisi di Regressione	63
3.3	L'interpretazione dei risultati	69
3.3.1.	Le possibili ragioni macroeconomiche	71
Capitolo 4. Le conclusioni.....		73
4.1	Le implicazioni per il mondo aziendale e pubblico.....	73
4.2	Le limitazioni della ricerca.....	75
4.3	I potenziali sviluppi.....	76
Bibliografia		78
Sitografia		86
Appendice		95

Indice delle Figure

Figura 1: Schema di una semplice Supply Chain [1]	10
Figura 2: Le 3 V dei Big Data [4]	14
Figura 3: Rappresentazione schematica dell'IoT [5]	16
Figura 4: Rappresentazione schematica del Cloud Computing [6]	17
Figura 5: Rappresentazione schematica del Cloud Manufacturing (Simeone et al., 2019)	19
Figura 6: Rappresentazione schematica funzionamento Blockchain [8]	21
Figura 7: Rappresentazione schematica CPS [9]	22
Figura 8: Diverse tipologie di Collaborative Robots [10]	24
Figura 9: Diverse tipologie di Unmanned Vehicles [11]	25
Figura 10: Un esempio di Additive Manufacturing [12]	27
Figura 11: Panorama applicativo dell'Artificial Intelligence [13]	29
Figura 12: Applicazione Smart Glasses in magazzino [14]	30
Figura 13: I paesi presenti nel Dataset	47
Figura 14: Distribuzione del numero di città per il numero di incroci pari a 1	48
Figura 15: Equazione di Regressione	64
Figura 16: Coefficienti della Regressione	64
Figura 17: Sommario della Regressione	64
Figura 18: Equazione di Regressione, seconda iterazione	65
Figura 19: Coefficienti della Regressione, seconda iterazione	66
Figura 20: Sommario della Regressione, seconda iterazione	66
Figura 21: Equazione di Regressione, terza iterazione	66
Figura 22: Coefficienti della Regressione, terza iterazione	67
Figura 23: Sommario della Regressione, terza iterazione	67

Indice delle Tabelle

Tabella 1: Un estratto della Matrice Città-Tecnologia	44
Tabella 2: Numero di corrispondenze per ciascuna tecnologia.....	46
Tabella 3: Numero di città selezionate per nazione	47
Tabella 4: Numero di città per continente	48
Tabella 5: Numero incroci per paese e per città media nel paese	49
Tabella 6: Le variabili indipendenti selezionate.....	52
Tabella 7: Principali statistiche descrittive delle variabili indipendenti.....	57
Tabella 8: I Loadings associati a ciascuna tecnologia	59
Tabella 9: I pesi percentuali di ciascuna tecnologia	60
Tabella 10: I DSCI associati alle città	62
Tabella 11: Le variabili significative ed i rispettivi beta	69

Introduzione

L'Industria 4.0 rappresenta una delle principali innovazioni tecnologiche degli ultimi decenni. A riguardo, la letteratura accademica ha discusso diffusamente ed il mondo industriale sembra aver iniziato ad accorgersi dei benefici che questa può apportare. Le tecnologie che costituirebbero la quarta rivoluzione industriale sono state puntualmente analizzate dal punto di vista tecnico-teorico.

Tuttavia, molta enfasi si è concentrata attorno all'applicazione di tali tecnologie al settore produttivo, meno ad altri, quali la logistica, che avrebbero forse le potenzialità per ricavarne eguale beneficio.

In questo scenario si inserisce il presente lavoro di Tesi, che mira a rilevare la presenza di relazioni tra contesto socio-economico-demografico e l'applicazione delle tecnologie dell'Industria 4.0 alla Supply Chain. Definendo un indice su base cittadina, il DSCI (Digital Supply Chain Index), si è tentato di riassumere l'informazione riguardante il livello di presenza delle tecnologie della Digital Supply Chain in tale area. Si sono quindi individuate alcune variabili, ancora su base geografica, rappresentative delle citate condizioni socio-economico-demografiche della zona. Infine, mediante un'Analisi di Regressione, si è tentato di estrapolare eventuali relazioni tra il DSCI ed il contesto locale, discutendone possibili ragioni ed implicazioni.

Come si vedrà, un basso Tasso di disoccupazione, un breve Tempo richiesto per iniziare un nuovo business e un alto Tasso d'inflazione sembrano correlarsi ad elevati tassi di implementazione di tali tecnologie. Data la rilevazione di tali relazioni, chi scrive si augura che il presente lavoro possa rappresentare un passo in avanti nel campo della ricerca empirica in tema di Digital Supply Chain, al fine di rappresentare un punto di partenza per ulteriori sviluppi in merito, dei quali se ne suggeriscono alcuni in calce al testo.

Nel corso del primo capitolo si è fornita una contestualizzazione teorica dell'argomento, svolta grazie ad un'approfondita analisi della letteratura in materia.

Il secondo capitolo è poi costituito da una presentazione del dataset utilizzato per effettuare l'analisi. Si discute qui il procedimento seguito per selezionare, estrarre ed organizzare le informazioni rilevanti per lo studio.

Si descrivono quindi le elaborazioni svolte sui dati nel terzo capitolo, oltre che un'interpretazione dei risultati ottenuti.

Infine, nel corso dell'ultimo capitolo sono discusse le implicazioni che i risultati potrebbero avere per il mondo aziendale e pubblico, alcune limitazioni del lavoro ed i citati potenziali sviluppi futuri.

In appendice è poi riportata una breve descrizione di ciascuno dei progetti inseriti nell'analisi.

Quanto emerge dal presente lavoro indica che, dal punto di vista delle entità statali, impegnarsi nella riduzione del Tasso di disoccupazione e nel Tempo richiesto per iniziare un nuovo business nel Paese, oltre che verso un moderato incremento del Tasso d'inflazione, rappresenti un efficace sforzo nell'incentivazione di progetti di Digital Supply Chain nel proprio territorio.

Dal punto di vista dell'innovatore, specularmente, operare in territori che presentino queste tre condizioni, potrebbe risultare una scelta proficua.

Capitolo 1. La Digital Supply Chain

Obiettivo del presente capitolo è la contestualizzazione teorica degli argomenti cardine del lavoro di Tesi. Tale obiettivo si è perseguito attraverso una profonda analisi della letteratura riguardante i temi presentati.

Nel primo paragrafo è definito il concetto di Supply Chain. Nel secondo paragrafo sono descritte le caratteristiche dell'Industria 4.0, con una breve trattazione delle peculiarità delle più importanti tecnologie che la compongono. Nel terzo paragrafo si delinea quindi la nozione di Digital Supply Chain. Nel quarto ed ultimo paragrafo si illustra il Research Gap che emerge in letteratura a riguardo del tema Digital Supply Chain.

1.1 La Supply Chain

Christopher (2011) definisce la Supply Chain come “una rete di organizzazioni connesse ed interdipendenti che lavorano mutuamente e cooperativamente per controllare, gestire e migliorare il flusso di materiali ed informazioni dai fornitori agli utilizzatori finali”.

Kumar et al. (2016) sostengono che il Supply Chain Management non riguarda soltanto la gestione di tali flussi, in quanto una Supply Chain può essere vista come una rete su cui si intrecciano “flussi di valore multipli”, sottolineando il valore aggiunto al prodotto intermedio in ciascuno step.

In Figura 1 è riportato uno schema semplificato dei flussi che costituiscono una generica catena distributiva.

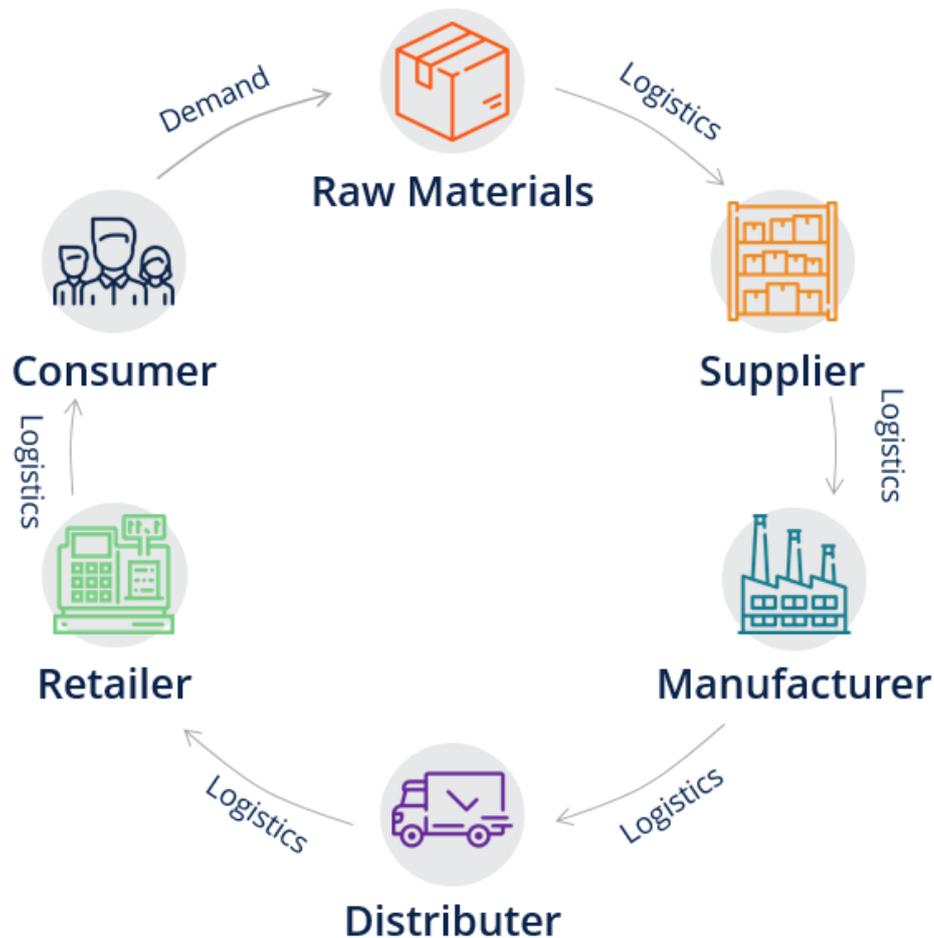


Figura 1: Schema di una semplice Supply Chain [1]

Il nome Supply Chain non deve ingannare, infatti questa si potrebbe immaginare come una sequenza in cui ogni anello, da monte a valle, rappresenti un elemento della catena del valore del bene/servizio. Tipicamente il primo anello rappresenta l'azienda che fornisce la materia prima che sarà necessaria per la produzione del bene e come ultimo il cliente finale. Nel mezzo si hanno tutti gli attori che provvedono alla trasformazione ed alla movimentazione dei materiali. Se questa immagine può risultare utile per una prima modellizzazione della Supply Chain ne rappresenta tuttavia una semplificazione. Per ogni anello della catena passano infatti più catene, in altre parole ogni attore avrà, tipicamente, più di un cliente e più di un fornitore. La struttura è quindi quella di una rete, più che di una catena.

Compito di chi si occupa di Supply Chain Management è quindi quello di far sì che il flusso di materiali ed informazioni attraverso tale rete risulti il più efficiente, efficace,

economico e rapido possibile. Si evince che una delle prerogative di chi si occupa di Supply Chain Management sia quella di coordinare ed allineare, per quanto possibile, gli interessi, e quindi gli incentivi, dei diversi attori della rete, al fine di massimizzare la fluidità dei flussi che vi transitano.

Qualsiasi decisione presa in un certo punto della rete creerà un effetto di propagazione potenzialmente sull'intera rete (Smith e Laage-Hellman, 1992).

C'è chi sostiene inoltre che la complessità delle Supply Chain sia andata aumentando nel corso degli ultimi decenni: secondo Snyder et al. (2016), ad esempio, "l'adozione del Lean Management e della filosofia Just In Time, nella produzione e nella logistica, ha sì incrementato l'efficienza, ma ha anche lasciato le Supply Chain maggiormente esposte ad eventi avversi, con meno margine di errore e tempo per cambiare".

A sottolineare poi la crescente attenzione verso il mondo Supply Chain da parte della letteratura e non solo, Christopher (2005) sostiene che la competizione non avviene tra le imprese, ma tra le rispettive Supply Chain, in quanto un'azienda competitiva deve inserirsi in una Supply Chain perfettamente allineata con i propri obiettivi e le proprie strategie per rimanere tale. Una filiera ben coordinata è infatti in grado di rispondere alle variazioni di domanda più velocemente e con costi inferiori.

1.2 L'industria 4.0

Il termine Industria 4.0 è dovuto all'interpretazione secondo la quale le tecnologie che la compongono rappresentino la quarta rivoluzione industriale.

L'invenzione del termine si attribuisce convenzionalmente ad un gruppo di lavoro appartenente al Ministero dell'Istruzione e della Ricerca Tedesco, nel corso di un convegno a tema economico-scientifico ad Hannover, nel 2011. Il termine, oltre a sottolineare il carattere innovativo del concetto, voleva rappresentare un traguardo da raggiungere per l'industria tedesca, che mirava a migliorare la propria competitività internazionale (Kagermann et al., 2013).

Lasi et al. (2014) sostengono che da sempre i progressi tecnologici in campo industriale abbiano portato ad importanti cambi di paradigma: oggi chiamiamo tali cambiamenti rivoluzioni industriali. Ciascuna rivoluzione industriale è caratterizzata dall'introduzione di una particolare tecnologia:

- La prima rivoluzione industriale ebbe luogo nella seconda metà del diciottesimo secolo e la tecnologia che ne segnò l'inizio fu la macchina a vapore, e più in generale la meccanizzazione della produzione.
- La seconda rivoluzione industriale, collocata temporalmente nella seconda metà del diciannovesimo secolo, riguardò l'utilizzo industriale dell'energia elettrica.
- La terza rivoluzione industriale ebbe luogo nella seconda metà del ventesimo secolo e fu caratterizzata dalla diffusione del digitale.
- La quarta rivoluzione industriale sarebbe in corso proprio ora, e sarebbe caratterizzata da un'avanzata digitalizzazione delle fabbriche e dall'utilizzo di Internet combinato ai cosiddetti "smart objects", includenti sia macchinari sia prodotti.

Di seguito sono elencate e brevemente descritte le 11 tecnologie dell'Industria 4.0 che sono state incluse nella successiva analisi, ovvero:

- Big Data
- Internet of Things
- Cloud Computing
- Cloud Manufacturing
- Blockchain
- Cyber Physical Systems
- Collaborative Robots
- Unmanned Vehicles
- Additive Manufacturing
- Artificial Intelligence
- Augmented Reality

La selezione di tali tecnologie è avvenuta a seguito dell'analisi della letteratura riguardante i concetti di Industria 4.0 e Digital Supply Chain, che ne ha evidenziato la preponderanza in materia.

1.2.1 I Big Data

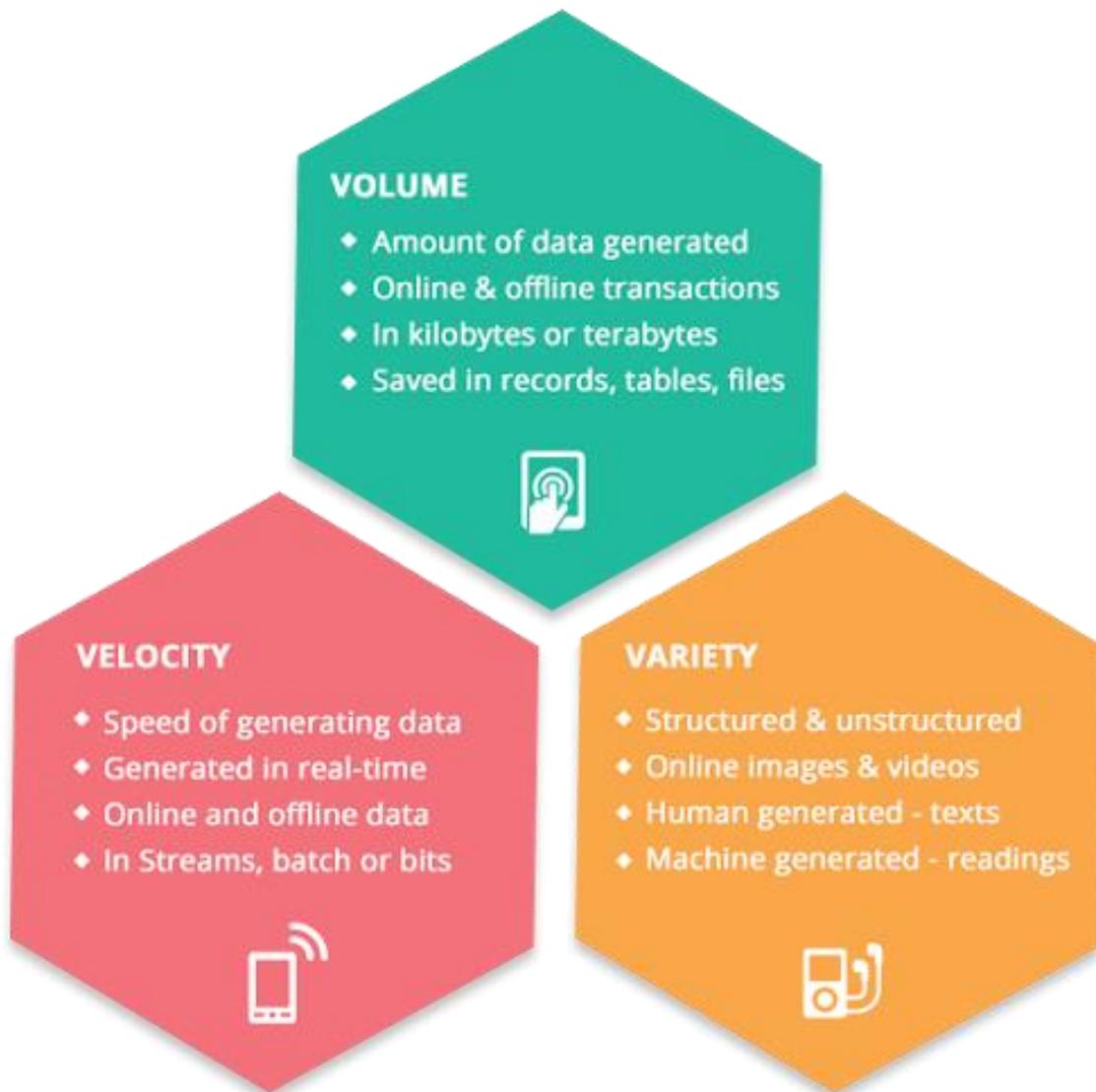
L'analisi dei Big Data è il processo attraverso cui, per mezzo di opportuni metodi statistici, si analizza un qualsiasi tipo di informazione digitale, tra cui ad esempio messaggi, notizie, immagini, rilevamenti da sensori e segnali GPS (McAfee e Brynjolfsson, 2012), disponibile in grandi quantità. Tipicamente l'analisi ha come fine l'identificazione di patterns esistenti tra i dati (Shmueli e Koppius, 2011).

Il primo modello a definire precisamente il fenomeno emergente dei Big Data è quello di Doug Laney, che nel 2001, nel suo "3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety" definisce le tre V dei Big Data (Patgiri e Ahmed, 2016):

- Volume: la V di volume fa evidentemente riferimento alla grande quantità di dati necessaria affinché tali dati possano essere definiti "Big", è qui importante notare che non è mai stata definita una soglia oltre la quale si possa parlare di Big Data. In genere si parla quindi di Big Data quando la mole di dati è tanto ampia da richiedere una qualche evoluzione tecnologica al fine di essere trattata in tempi ragionevoli (Snijders et al., 2012). Ciò consegue peraltro dalla famosa prima legge di Moore, per cui l'evoluzione tecnologica garantisce la gestione di dataset di dimensioni sempre crescenti nel tempo (De Mauro, 2019).
- Velocità: La seconda V fa riferimento sia alla velocità con cui i dati sono generati, sia alla velocità con cui i dati sono trasmessi. Appare evidente che con la crescita del volume dei dati sia necessario anche un avanzamento tecnologico nella velocità con cui tali dati sono trasmessi, e con cui sono generati (Patgiri e Ahmed, 2016).
- Varietà: La terza ed ultima V del modello fa riferimento alla Varietà. Questa è definita da (Laney, 2001; Khan et al., 2014; [1], [2]) come l'insieme delle diverse forme in cui i dati si presentano. Nello specifico si possono avere dati di tipo strutturato e dati di tipo non strutturato: i primi comprendono ad esempio log data e dati in XML, i secondi includono video, immagini e generiche informazioni di carattere scientifico.

In Figura 2 sono illustrate le principali caratteristiche delle 3 V dei Big Data.

THE 3Vs OF BIG DATA



www.whishworks.com

Figura 2: Le 3 V dei Big Data [4]

1.2.2 L' Internet of Things

L' internet delle cose (o IoT da Internet of Things) è una tecnologia in grado di connettere dispositivi ed attrezzature diffuse con il fine principale di fornire un servizio efficiente per qualsiasi tipo di utenza, in qualsiasi momento ed in qualsiasi luogo (Athreya e Tague, 2013; López et al., 2013). Secondo Atzori et al.(2018) poi, l'IoT può essere considerato come un'estensione di Internet, nel senso che nell'IoT diverse reti cooperano ed interagiscono scambiandosi informazioni (Al-Fuqaha et al., 2015; Miraz et al., 2015). Stankovic (2014) e Tan e Koo (2014) sostengono poi che ciò che è connesso nell'IoT potrebbe anche andare oltre agli oggetti puramente fisici, comprendendo ad esempio i comportamenti umani.

Per Khan et al.(2012) "l'IoT incorpora l'intelligenza in oggetti interconnessi al fine di comunicare, scambiare informazioni, prendere decisioni, compiere azioni e fornire servizi."

Ancora Khan et al. (2012) sottolineano che i dispositivi connessi in rete sono in rapida crescita. Connettere tali dispositivi l'un l'altro in un enorme rete ha il potenziale di portare a nuove interessanti applicazioni, in grado di garantire benefici tanto nella vita privata degli utenti quanto al mondo industriale (Li et al., 2011).

In Figura 3 si illustra una rappresentazione schematica dell'Internet of Things.

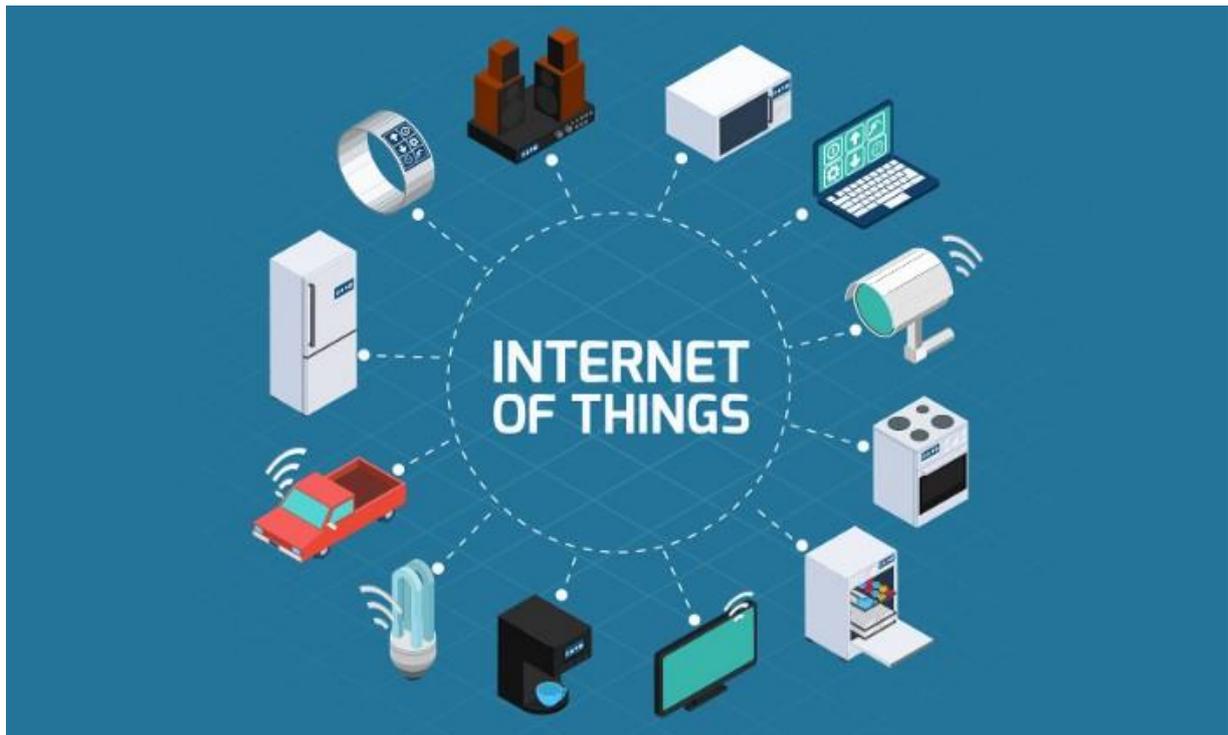


Figura 3: Rappresentazione schematica dell'IoT [5]

1.2.3 Il Cloud Computing

Il Cloud Computing prevede la possibilità, per chiunque, di utilizzare software e servizi IT senza la necessità di acquistarli, ma pagandone soltanto l'utilizzo ad un service provider. Ciò porta con sé diversi vantaggi per l'utilizzatore, quali incrementata scalabilità e più efficienti economie di scala, la possibilità di chiedere assistenza in qualsiasi istante al provider, la possibilità di esternalizzare attività non-core e un'incrementata flessibilità (Meva, 2014).

Armbrust et al. (2010) forniscono una distinzione tra cloud pubblico e cloud privato: in un cloud pubblico chiunque può accedere al servizio ed usufruirne; un cloud di tipo privato è invece un cloud "chiuso", a disposizione soltanto dell'organizzazione o azienda che ne usufruisce.

Dal punto di vista hardware ci sono almeno tre aspetti che rendono questa tecnologia estremamente innovativa per Armbrust et al. (2010):

- La possibilità di usufruire, secondo la necessità, di risorse di calcolo potenzialmente illimitate e praticamente immediatamente.

- La possibilità per le aziende di incrementare gradualmente il proprio impegno economico in risorse hardware, evitando quindi inefficienze dovute all'incertezza.
 - La possibilità per gli utenti di pagare soltanto per la capacità di calcolo utilizzata, pagando, ad esempio, l'utilizzo di processori per ora e quello di memoria per giorno.
- In Figura 4 è riportata una rappresentazione schematica del funzionamento del Cloud Computing.

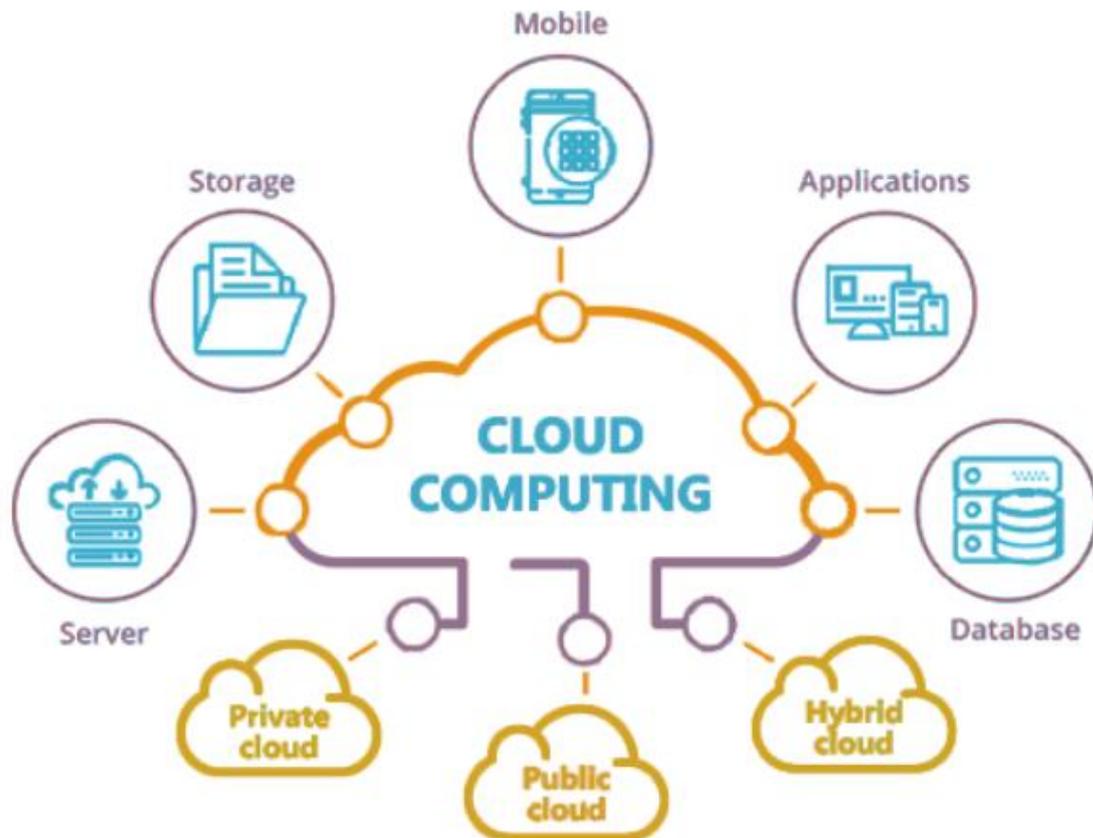


Figura 4: Rappresentazione schematica del Cloud Computing [6]

1.2.4 Il Cloud Manufacturing

Secondo Xu (2012) “In un’architettura Cloud Manufacturing risorse distribuite sono racchiuse all’interno di servizi cloud e sono gestite in modo centralizzato [...]. Gli utenti possono richiedere al provider servizi che spaziano dal design di prodotto, alla produzione, al testing, alla gestione, e a tutte le altre fasi del ciclo di vita del prodotto.” Si potrebbe quindi definire il Cloud Manufacturing come un modello in cui l’utente può usufruire, on demand, di un insieme di risorse (software e non) per la produzione di un bene, ovunque e con costi accessibili. Possiamo poi valutare il Cloud Manufacturing anche in un’ottica multidisciplinare, pensandola come una tecnologia che annida al suo interno altre tecnologie, quali il Network Manufacturing, la Manufacturing Grid, il Virtual Manufacturing, l’Agile Manufacturing, l’IoT, oltre che il Cloud Computing.

Sempre Xu (2012) definisce inoltre un modello di Cloud Manufacturing in quattro livelli:

- Manufacturing resource layer: riguarda l’insieme di risorse impiegate per la fase di sviluppo prodotto, tali risorse possono essere strumenti fisici o capabilities.
- Manufacturing virtual service layer: qui le risorse necessarie per la produzione del bene sono individuate, “virtualizzate” ed impacchettate sotto forma di servizio.
- Enterprise requirements-Global Service Layer: qui le risorse necessarie vengono reperite e quindi allocate. Se ne calcola inoltre il prezzo e se ne gestisce il funzionamento.
- User requirements-Application Layer: qui ha sede l’interfaccia tra l’utente e le risorse fornite in cloud.

In Figura 5 è illustrata una rappresentazione schematica del funzionamento del Cloud Manufacturing.

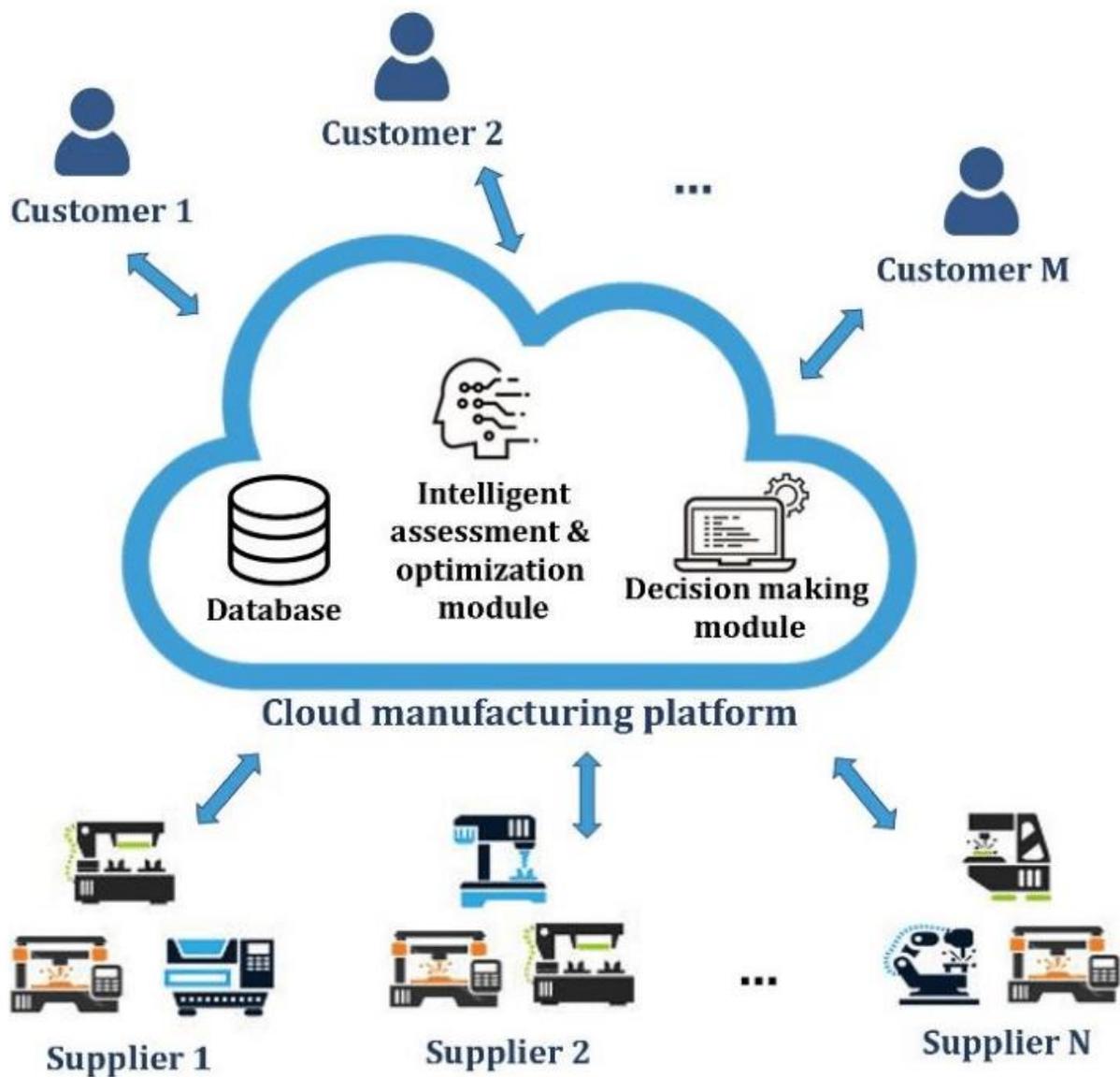


Figura 5: Rappresentazione schematica del Cloud Manufacturing (Simeone et al., 2019)

1.2.5 La Blockchain

Una puntuale definizione del concetto di Blockchain si ha in [7]: “La Blockchain è una sottofamiglia di tecnologie in cui il registro è strutturato come una catena di blocchi contenenti le transazioni e la cui validazione è affidata a un meccanismo di consenso[...]”.

In altre parole, la Blockchain è definibile come un registro pubblico in cui qualsiasi transazione avvenga è immagazzinata in un blocco. Diversi blocchi, collegati tra loro, formano una catena di blocchi, la Blockchain. Ogni volta che si crea un nuovo blocco, contenente una o più transazioni, questo è “appeso” alla catena. Ogni scambio di informazioni è cifrato attraverso un sistema di crittografia asimmetrica, per garantire la sicurezza di ogni utente. Altra caratteristica fondamentale di questa tecnologia è il sistema di consenso distribuito, che garantisce la consistenza dei dati (Zheng et al., 2017).

Ancora per Zheng et al. (2017) qualsiasi Blockchain deve avere le seguenti 4 caratteristiche fondamentali:

- Decentralizzazione: non c'è, come accade per i convenzionali registri, un server centrale attraverso cui devono transitare tutti i dati. In una Blockchain ciascun utente possiede una copia aggiornata del registro e si parla dunque di un registro distribuito. Ciò non solo porta ad evitare costosi colli di bottiglia sul server centrale, ma elimina la necessità di fare riferimento ad una “trusted agency”, come ad esempio una Banca, che nei sistemi tradizionali ha la responsabilità di validare le transazioni. Tale necessità è eliminata grazie al già citato ricorso agli algoritmi di consenso distribuito.
- Persistenza: è sostanzialmente impossibile rimuovere una transazione una volta che questa sia stata inserita all'interno del registro.
- Anonimità: l'utente che utilizza la Blockchain vi accede attraverso un codice generato automaticamente, che ne protegge l'identità. È però importante sottolineare che l'assoluta certezza del mantenimento della privacy non può essere garantita.
- Verificabilità: ciascuna transazione appesa alla catena deve fare riferimento ad una precedente transazione già inserita, secondo il modello UTX-O (Unspent Transaction Output). Ciò rende qualsiasi transazione all'interno della catena facilmente tracciabile, oltre che verificabile (Nakamoto, 2009).

In Figura 6 è riportata una rappresentazione schematica del funzionamento della Blockchain.

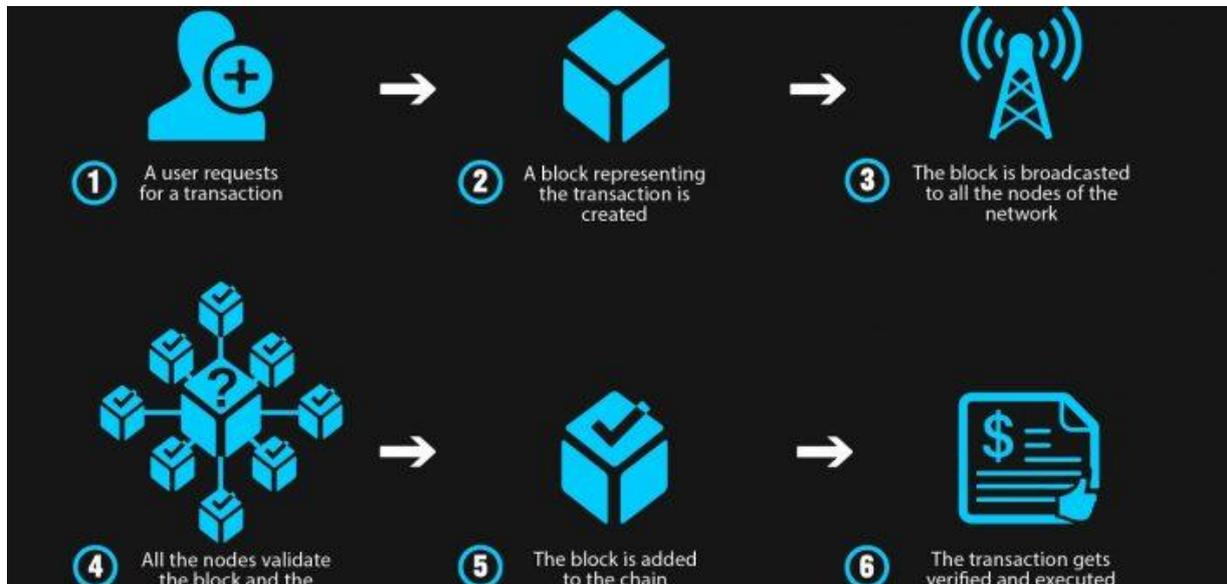


Figura 6: Rappresentazione schematica funzionamento Blockchain [8]

1.2.6 I Cyber Physical Systems

I Cyber-Physical Systems (CPS) sono caratterizzati dalla compresenza di un sistema dotato di capacità di calcolo e di processi fisici. Si crea un loop di feedback tra il computer integrato ed i processi fisici, attraverso il quale l'uno controlla l'altro e viceversa.

Le potenziali applicazioni di tali sistemi sono vaste ed ancora da esplorare, alcuni esempi sono: dispositivi medici avanzati, sistemi di controllo del traffico, advanced automotive systems, robotica distribuita e sistemi per il controllo ambientale (Lee, 2008).

Ragunathan et al. (2010) definiscono i CPS come “sistemi fisici ed ingegnerizzati le cui operazioni sono monitorate, coordinate, controllate ed integrate da un core computazionale e comunicativo”.

Gli stessi autori immaginano un parallelismo tra l'impatto avuto da internet e quello che potrebbero avere i CPS: se internet ha modificato radicalmente come gli uomini comunicano ed interagiscono tra loro, allo stesso modo i CPS potrebbero trasformare il modo in cui l'uomo si relaziona con il mondo fisico che lo circonda.

López et al. (2011) forniscono poi un elenco di cinque caratteristiche comuni a tutti i CPS:

- Identità ed informazione: l'oggetto deve essere identificabile univocamente e deve essere in grado di immagazzinare informazione.
- Rilevamento: l'oggetto è in grado, autonomamente, di registrare informazioni riguardanti il proprio stato e l'ambiente in cui si trova.
- Decisione: il sistema è in grado di prendere decisioni basandosi sulle informazioni a disposizione.
- Comando: l'oggetto inserito nel sistema è in grado di ricevere e/o inviare comandi.
- Networking: gli oggetti facenti parte del sistema devono essere connessi tra loro.

In Figura 7 è illustrata una rappresentazione schematica del funzionamento dei Cyber-Physical Systems.

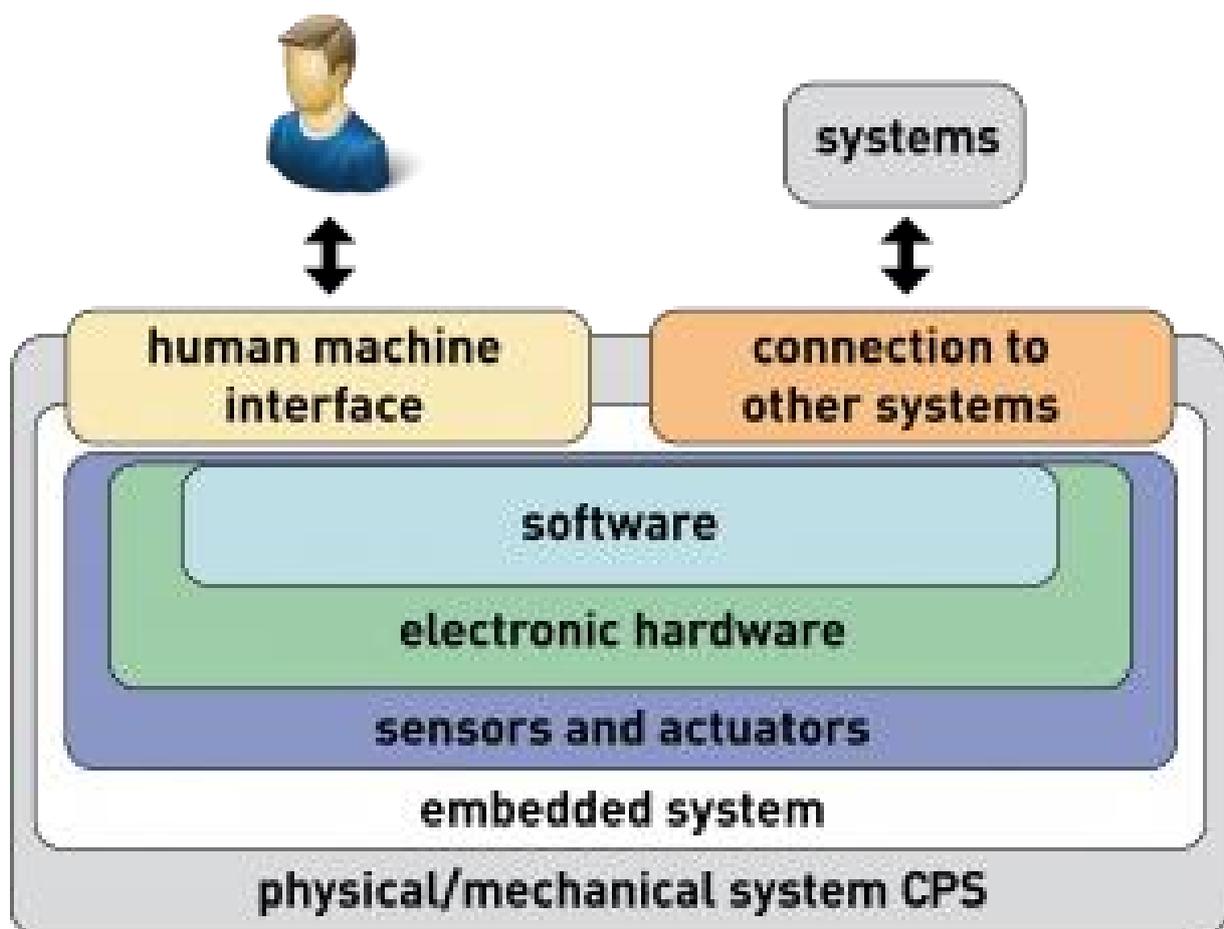


Figura 7: Rappresentazione schematica CPS [9]

1.2.7 I Collaborative Robots

Il successo dei Collaborative Robots, anche detti Cobots, è considerato da molti come uno dei più importanti drivers della quarta rivoluzione industriale. La principale differenza rispetto ai tradizionali robot industriali risiede nell'elevato grado di cooperazione tra Cobots ed essere umano. Questi sono infatti appositamente pensati per lavorare fianco a fianco con l'uomo, condividendone appieno lo spazio di lavoro, garantendo poi elevate mobilità e flessibilità.

I robot industriali "tradizionali" sono tipicamente grossi, pesanti e "specializzati". Sono pensati per svolgere attività che per l'uomo sarebbero estremamente difficili e/o pericolose e di solito operano soltanto nella propria area di lavoro, separata da quella dell'operatore, soprattutto per ragioni di sicurezza.

Si comprende quindi perché una delle questioni maggiormente evidenziate nell'implementazione dei Cobots sia la sicurezza. Un Cobot, dovendo lavorare a strettissimo contatto con l'uomo, deve poter garantire standard di sicurezza elevatissimi. Alcune tecnologie implementate nei Cobots al fine di garantire tali standard sono (Sherwani et al.,2020):

- Il Safety Rated Stop Monitoring: il cobot si ferma istantaneamente nel momento in cui rileva la presenza di un umano nel suo spazio di lavoro.
- Speed and Separation Monitoring: il cobot, rilevata la presenza dell'umano all'interno del proprio spazio di lavoro, rallenta il suo movimento e ne varia la direzione al fine di evitare il contatto con l'operatore.
- Power and Force Limitation (Ferraguti et al., 2017): rilevata la presenza dell'umano nel proprio spazio di lavoro, il cobot limita la forza con cui svolge la propria task, al fine di evitare di ferire l'operatore nel caso in cui vi venga a contatto.

In Figura 8 sono riportate immagini esemplificative di diverse tipologie di Collaborative Robots.



Figura 8: Diverse tipologie di Collaborative Robots [10]

1.2.8 Gli Unmanned Vehicles

Un Unmanned Vehicle (UV) è un veicolo privo di pilota a bordo. In questa categoria sono quindi inseriti tutti quei “mezzi” in grado di muoversi autonomamente, indipendentemente dallo spazio in cui operano e dalle loro dimensioni.

A riguardo dei veicoli autonomi operanti su strada, ovvero automobili e tir, (Howard e Dai, 2013) sostengono che questi, rispetto ai veicoli dotati di equipaggio, portino ad un decremento dei costi e ad un incremento dell’efficienza e della sicurezza nei trasporti. Secondo Iftikhar et al.(2017) i veicoli autonomi sono in grado di acquisire informazioni in tempo reale sul traffico, connettersi via cloud con gli altri veicoli, ed elaborare queste ed altre informazioni al fine di scegliere e modificare continuamente il percorso ottimo. Questo può portare evidentemente forti benefici dal punto di vista della riduzione dell’inquinamento e del traffico.

Dal punto di vista della sicurezza poi, (KPMG, 2012) sostiene che se, come ampiamente dimostrato in letteratura, gran parte degli incidenti sono imputabili all’errore umano, rimuovere questo fattore può portare ad un incremento della sicurezza decisamente rilevante.

In Figura 9 sono illustrate immagini esemplificative di diverse tipologie di Unmanned Vehicles.



Figura 9: Diverse tipologie di Unmanned Vehicles [11]

1.2.9 L' Additive Manufacturing

La stampa 3D può essere definita come una delle tecniche dell'Additive Manufacturing. La stampa avviene per strati, ciascuno dei quali è sovrapposto a quello precedente, fino a comporre l'oggetto finito. Il primo a ideare questo tipo di produzione fu Charles Hull nel 1986: allora al processo fu dato il nome di Stereolitografia. A questa tecnica ne succedettero poi altre, tra cui ricordiamo la Powder Bed Fusion, il Fusion Deposition Modelling, l'Inkjet Printing ed il Contour Crafting (Ngo et al.,2018).

Il termine Additive Manufacturing deriva dal fatto che in questo tipo di produzione il materiale viene aggiunto ("Added") invece che essere rimosso dal grezzo come previsto nei più tradizionali metodi produttivi.

Berman (2012) sostiene che non bisogna confondere l'Additive Manufacturing con la cosiddetta Mass Customization. Se è vero infatti che in entrambi il lot size può essere economicamente ridotto e quindi la customizzazione è favorita, le tecnologie produttive e le implicazioni logistiche dei due metodi sono del tutto differenti. La Mass Customization si basa sull'assemblaggio di semilavorati che possono essere combinati in modi differenti per ottenere un risultato customizzato. Al contrario l'Additive Manufacturing si fonda sulla fusione di diversi materiali, quali polimeri, ceramiche e resine. È quindi evidente che l'input del produttore che fa Additive Manufacturing è un materiale grezzo, a differenza di quello che fa Mass Customization. Di qui le evidenti differenze in tema di Supply Chain dei due metodi.

Di seguito una breve descrizione dei principali metodi Additive Manufacturing utilizzati (Ngo et al.,2018):

- Fused Deposition Modelling (FDM): un polimero termoplastico, sotto forma di filamento, è riscaldato nell'ugello e quindi estruso direttamente sulla piattaforma, o sullo strato precedente, ad uno stato semiliquido.
- Powder Bed Fusion: sottili strati di polvere sono diffusi ed "impacchettati" sulla piattaforma o sullo strato precedente, quindi gli strati sono fusi tra loro con un laser o un legante.
- Inkjet Printing: uno dei metodi più utilizzati per produrre oggetti ceramici, una sospensione ceramica stabile viene depositata in gocce sulla piattaforma o sullo strato precedente. Le gocce formano dunque una struttura continua che subito solidifica.

- Contour Crafting (CC): molto simile all'Inkjet Printing con questo metodo si depositano cemento o terreno sotto forma di impasto su strati successivi. Viene utilizzato per la costruzione di edifici.
- Stereolithography (SLA): un fascio di raggi ultravioletti o di elettroni dà il via ad una reazione su di uno strato depositato di resina o di una soluzione monomerica. Avviene quindi la radicalizzazione dei monomeri con la loro conversione in catene di polimeri. Quindi la struttura solidifica nella forma desiderata. La resina in eccesso viene quindi rimossa al termine del processo.
- Direct energy deposition (DED): un raggio laser o un fascio di elettroni fonde il materiale grezzo. Il materiale fuso è quindi depositato e, una volta rimossa la fonte di energia, solidifica (Gibson et al., 2015). La differenza con l'FDM risiede nella mancanza del letto di polvere nel DED e nel fatto che il grezzo è fuso prima di essere depositato.
- Laminated Object Manufacturing (LOM): fogli o rotoli di materiale sono tagliati e laminati strato su strato. I diversi strati possono essere prima tagliati e quindi uniti (form-then-bond) o viceversa (bond-then-form).

In Figura 10 è riportato un esempio di Additive Manufacturing.

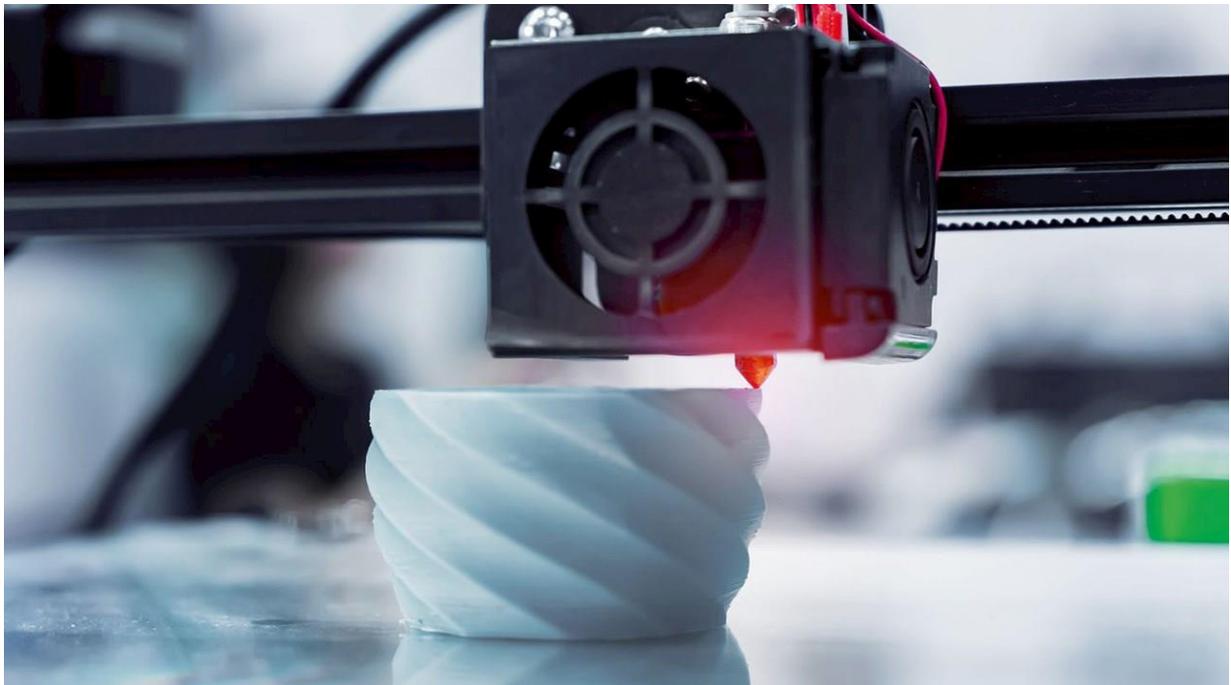


Figura 10: Un esempio di Additive Manufacturing [12]

1.2.10 L' Artificial Intelligence

L'Intelligenza Artificiale (AI) è un'intelligenza simulata da un computer il quale è in grado di imitare gli schemi di pensiero e comportamento dell'uomo. Il computer è in grado di compiere calcoli, processare dati, risolvere problemi ed imparare (Luo e Xiang, 2014).

Il concetto di Intelligenza Artificiale fu proposto per la prima volta negli anni '50, allora tuttavia il suo utilizzo, a causa del limitato sviluppo tecnologico del tempo, si limitava ad algoritmi inferenziali e traduzioni automatiche. Con il successivo sviluppo della computer technology l'Intelligenza Artificiale è stata gradualmente in grado di risolvere problemi più complessi. Per molti autori l'anno in cui l'Intelligenza Artificiale come la pensiamo oggi debutta sul mercato è il 2016, anche grazie all'interazione con altre tecnologie di grande impatto quali il Cloud Computing ed i Big Data (Wei, 2018).

Considerabile come un'importante branca dell'Intelligenza Artificiale è il Machine Learning: come dice il termine in questo caso la macchina non è soltanto intelligente, ma è anche in grado di imparare autonomamente. La macchina, processando nuove informazioni, è in grado di migliorare le proprie performance analitico/decisionali, ad esempio imparando ad individuare pattern ricorrenti tra i dati (Bini, 2018; Naylor, 2018). In Figura 11 è illustrato il panorama applicativo dell'Artificial Intelligence.

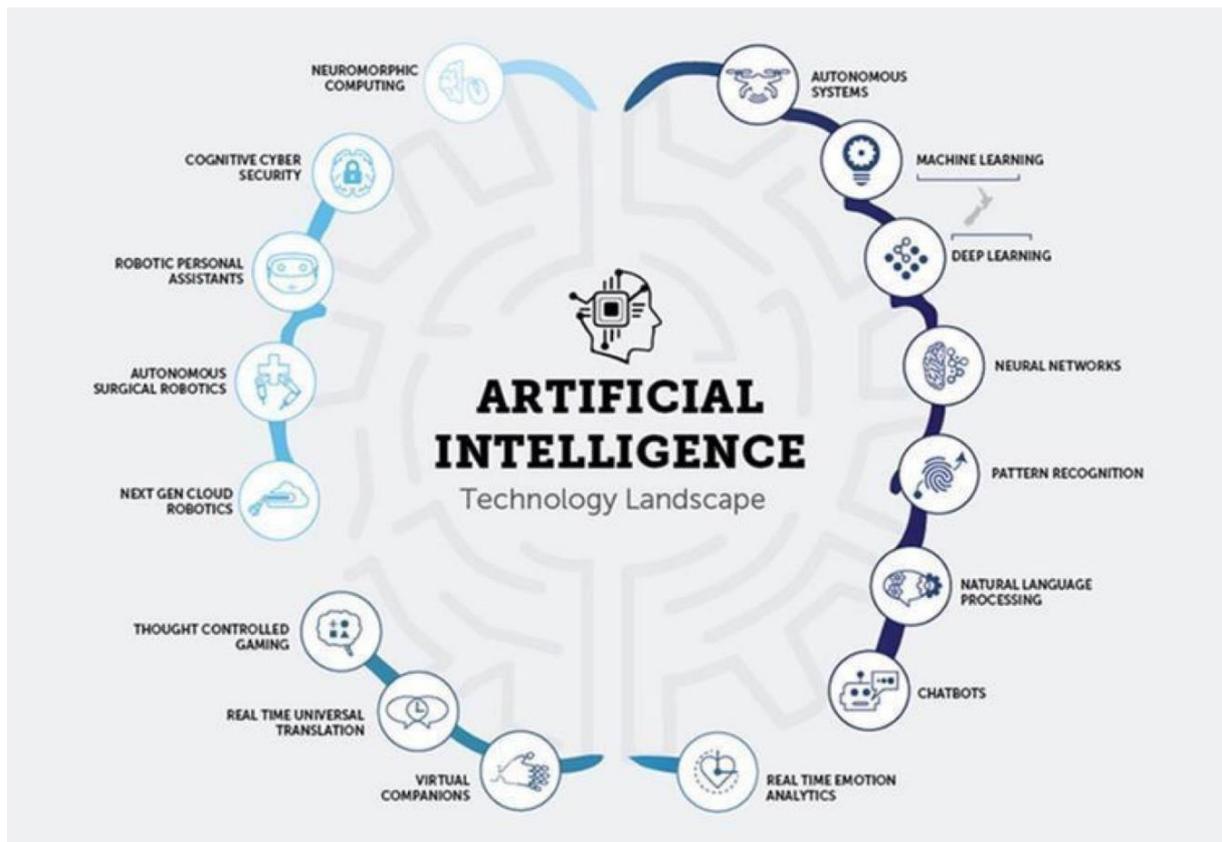


Figura 11: Panorama applicativo dell'Artificial Intelligence [13]

1.2.11 L' Augmented Reality

La Realtà Aumentata è una tecnologia che combina informazioni provenienti dal mondo digitale con il mondo reale. All'interno di questa tecnologia si intrecciano diverse altre tecnologie, tra le quali il multimediale, la modellazione 3D, il tracciamento in real time, i sensori e l'interazione intelligente. L'informazione proveniente dal mondo virtuale è sovrapposta alla visione del mondo reale, sotto forma di testo, immagini, musica, video o modelli in 3D. Spesso l'informazione completa ed aumenta quella carpibile dalla sola visione del mondo reale, da qui il nome Realtà Aumentata (Tianyu et al., 2017).

La ricerca scientifica sul tema ha portato ad importanti progressi nella teorizzazione e applicazione della tecnologia, anche grazie allo sviluppo tecnologico software e hardware. L'idea alla base è quella di creare un ponte tra il mondo digitale e quello

reale, fornendo all'utente una visione di ciò che lo circonda in un modo del tutto nuovo (Fan e Liang, 2012).

I principali progressi tecnologici nel campo dell'Intelligenza Artificiale hanno riguardato la precisione nel tracciamento, le performance del display di visione ed il livello di interazione uomo-computer. La maggior parte delle applicazioni, industriali e non, di questa tecnologia, si concentra nei cosiddetti "smart glasses", ovvero dispositivi wearable che aggiungono l'informazione sullo schermo sovrapponendola alla vista del mondo reale (Chen et al., 2019).

In Figura 12 è riportato un esempio di applicazione della tecnologia Augmented Reality in operazioni di magazzino.

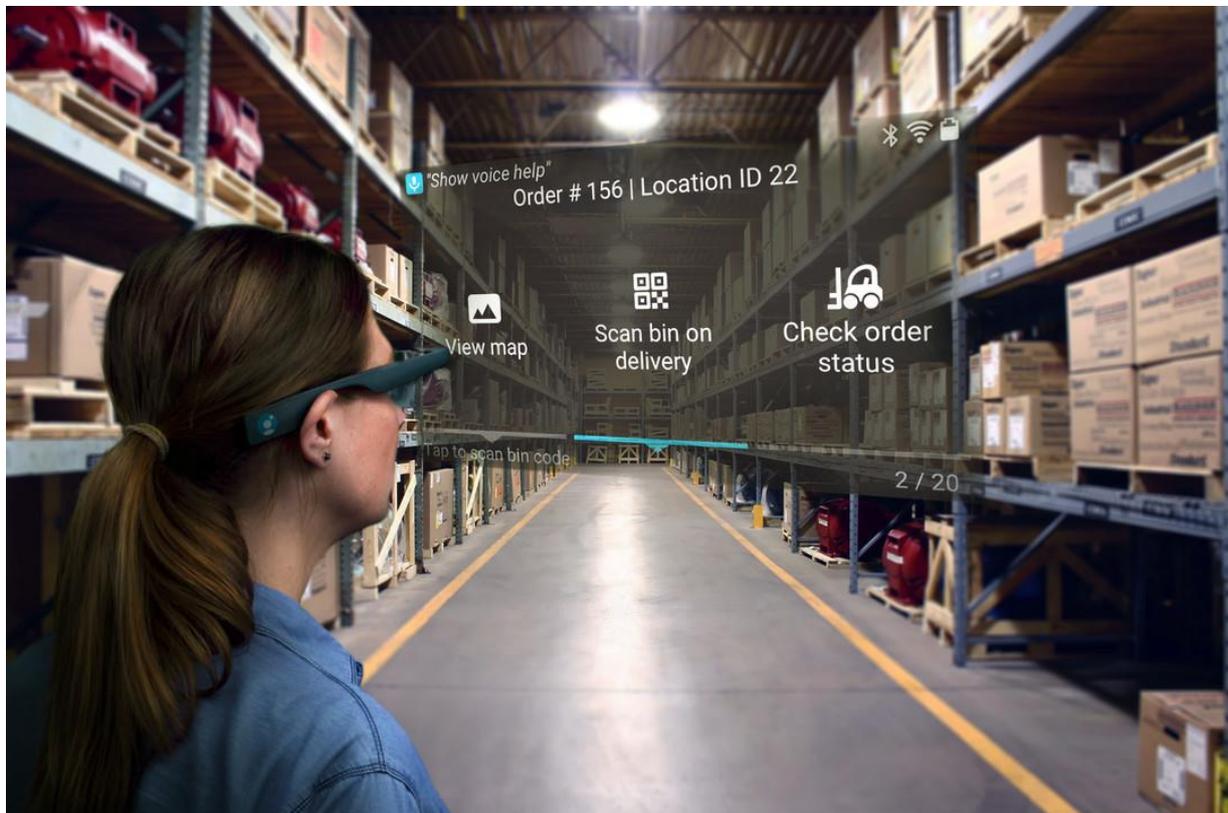


Figura 12: Applicazione Smart Glasses in magazzino [14]

1.3 La Digital Supply Chain

La Digital Supply Chain, anche chiamata Smart Supply Chain o Supply Chain 4.0, può essere definita come una Supply Chain interconnessa in cui si abbia una presenza sistematica di tecnologie quali Internet of Things, macchine intelligenti e infrastrutture intelligenti e capabilities quali elevata interconnettività, raccolta di dati, comunicazione in real-time attraverso tutti gli stadi della filiera e processi altamente reattivi alla domanda (Wu et al., 2016).

Per Büyüközkan e Göçer (2018) una Supply Chain consiste in un insieme di punti isolati tra loro. La trasformazione in Digital Supply Chain tenta di rompere tale isolamento, rendendo la rete un sistema più integrato e in grado di essere percorso in modo più fluido.

Secondo Pfohl et al. (2015) le tecnologie della quarta rivoluzione industriale possono essere efficacemente applicate all'intera Supply Chain, nella quale, formando la Digital Supply Chain, interagiscono tra loro e cooperano ad incrementare la digitalizzazione, la trasparenza, la mobilità e la collaborazione intra-rete.

Secondo Manavalan e Jayakrishna (2018) poi le tecnologie dell'Industria 4.0 applicate alla Supply Chain consentono una più rapida risposta alla domanda lungo la rete. Inoltre, concorrono ad incrementare la produttività dell'intera rete e permettono di prendere decisioni più velocemente lungo di essa.

Di seguito sono brevemente elencate e commentate le peculiarità delle 11 tecnologie dell'Industria 4.0 selezionate applicate alla Supply Chain.

1.3.1 I Big Data per la Supply Chain

La letteratura sembra concordare riguardo alle potenzialità dell'utilizzo dei Big Data in ambito Supply Chain. Tuttavia, traspare anche l'idea che tali potenzialità non siano state ancora sfruttate a pieno dal mondo industriale. La domanda che spesso ci si pone è: "quali conclusioni posso trarre dai dati?". Il punto critico nella possibile svolta di questa tecnologia sembra quindi posizionarsi a valle della raccolta ed organizzazione dei dati, nella fase di analisi.

L'utilizzo dei Big Data in ambito Supply Chain sembra svilupparsi in due importanti campi, quello decisionale e quello previsionale.

Secondo Hofmann (2015) la V più importante delle tre definite da Laney nel suo modello (3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety), in campo Supply Chain, risulta essere la Velocità. Ciò significa che, se i dati riescono ad essere registrati, processati e trasferiti lungo la rete molto rapidamente, questo può aiutare a risolvere importanti problematiche di disallineamento tipiche della letteratura riguardante la Supply Chain, tra tutti il famoso Bullwhip Effect.

Si evidenzia quindi non soltanto la necessità che i dati possano essere rapidamente collezionati ed analizzati ma, forse più importante, che questi possano essere raccolti e condivisi in modo affidabile lungo l'intera rete, affinché possano essere efficacemente sfruttati.

Tale problema cresce chiaramente al crescere del numero di "stage" della catena/rete, vale a dire che una catena composta da più livelli avrà più problemi di coordinamento/condivisione delle informazioni, ed allo stesso tempo vedrà maggiori potenzialità nell'efficace utilizzo dei Big Data.

Secondo Addo-Tenkorang e Helo (2016), in ambito previsionale, i Big Data possono offrire vantaggi rilevanti nella previsione della domanda, e dunque nella pianificazione del magazzino. La raccolta delle informazioni può ad esempio avvenire utilizzando i social network.

Alcune potenziali barriere all'introduzione in azienda dei Big Data elencate da Schoenherr e Speier-Pero (2015) sono poi: probabile inesperienza del personale, con conseguenti costi di formazione, mancanza di integrabilità con i sistemi in uso ed investimenti recenti in sistemi alternativi.

1.3.2 L'Internet of Things per la Supply Chain

Per Abdel-Basset et al. (2018) potenziali impatti dell'utilizzo delle tecnologie IoT in ambito Supply Chain sono:

- Migliore gestione del magazzino: è possibile avere informazioni in real time della situazione corrente del magazzino. Le informazioni, grazie ad esempio all'utilizzo della tecnologia RFID (Radio-Frequency Identification), si aggiornano automaticamente, evitando costosi errori.
- Gestione in real time della catena: l'informazione può diffondersi contemporaneamente sull'intera rete, in tempo reale, senza dover passare da un attore all'altro per arrivare da un capo all'altro.
- Incrementata trasparenza della logistica: qualsiasi informazione riguardante i prodotti in movimento è visibile, potenzialmente, a qualsiasi membro della rete, in qualsiasi momento.

In base allo studio degli stessi autori prima menzionati, le caratteristiche innovative apportate dall'IoT in ambito Supply Chain sarebbero:

- Informazioni generate automaticamente
- Interconnessione dei prodotti
- Ottimizzazione delle decisioni grazie all'informazione diffusa
- Automatizzazione dei processi
- Incrementata collaborazione intra-filiera
- Nuove soluzioni scaturite da nuove necessità

L'IoT è in grado di portare la Supply Chain ad un livello comunicativo superiore: i prodotti, ma anche i pezzi e più in generale tutto ciò che fluisce attraverso la filiera, "comunicano" autonomamente con gli attori che la compongono. I dati acquisiti dagli smart objects hanno la potenzialità di incrementare la visibilità di ogni aspetto della catena, fornendo per esempio avvisi tempestivi in caso di problemi imminenti, garantendo incrementata reattività (Ben-Daya et al., 2017).

1.3.3 Il Cloud Computing per la Supply Chain

L'utilizzo del Cloud Computing in ambito Supply Chain porta alla condivisione delle informazioni di magazzino e vendita tra diversi attori della filiera distributiva. Inoltre, si ha la possibilità di variare agilmente l'utilizzo della capacità computazionale e la scalabilità risulta incrementata.

Tuttavia, l'implementazione del Cloud Computing presenta alcune problematiche da tenere in considerazione. Il provider dei servizi in cloud potrebbe esporre l'utente al rischio di lock-in. Inoltre, è da valutare l'entità degli switching costs derivanti dal cambio di paradigma per l'intera filiera ed i rischi riguardanti la sicurezza dei dati e la privacy (Cao et al., 2017).

Secondo Rai et al. (2006), l'integrazione del Cloud Computing in una filiera porta all'integrazione del flusso dei materiali, delle informazioni oltre che finanziario.

Infatti, può essere condivisa la gestione dei livelli di magazzino di raw materials, semilavorati e prodotti finiti.

Inoltre, le decisioni di tipo operativo, tattico e strategico possono essere prese tenendo in considerazione le istanze di tutti gli attori della filiera.

Nella gestione dei flussi finanziari poi un componente della Supply Chain può supportare o essere supportato, a valle o a monte, da uno o più altri attori, a seconda della necessità del momento, rendendo le operazioni meno vincolate.

L'integrazione del Cloud Computing può inoltre portare ad un rilevante incremento della collaborazione intra filiera, permettendo la condivisione di informazioni rilevanti in tempo reale (Abedi et al., 2013; Schniederjans et al., 2016; Schniederjans e Hales, 2016)

1.3.4 Il Cloud Manufacturing per la Supply Chain

Zhou e Lin (2019) affermano che l'utilizzo del Cloud Manufacturing potrebbe portare a superare alcuni degli attuali limiti in ambito Supply Chain, permettendo di attuare una produzione di tipo collaborativo anche tramite la condivisione delle risorse.

Chen et al. (2018) sostengono che il Cloud Manufacturing consiste in una struttura cloud autonoma, razionale ed intelligente formata dalla combinazione di servizi on demand, i quali hanno come fine la condivisione, ottimizzazione e coordinazione delle risorse produttive, con risultati quali la riduzione del costo delle stesse e la crescita dell'efficienza nel loro utilizzo.

Per Jinqi et al. (2017) il Cloud Manufacturing applicato in ambito Supply Chain porta ad un incremento della comunicazione, e quindi della trasparenza, all'interno della rete. Ogni agente della rete ha quindi a disposizione più informazioni nel prendere le proprie decisioni, con conseguenti evidenti benefici.

Wu et al. (2014) affermano poi che i sistemi di Cloud Manufacturing permettono la condivisione di dati ed informazioni rilevanti raggiungibili ovunque ed in qualsiasi momento.

1.3.5 La Blockchain per la Supply Chain

Riguardo all'impatto dell'utilizzo della Blockchain in ambito Supply Chain i due concetti fondamentali che sembrano emergere dalla letteratura sono quello della sicurezza e quello della tracciabilità.

Saberi et al. (2019) affermano infatti che una Supply Chain "fondata" sulla tecnologia Blockchain sarebbe basata su registri condivisi, sicuri e decentralizzati, oltre che da contratti autonomi (i cosiddetti smart contracts), portando alla creazione di reti estremamente affidabili.

Saberi et al. (2019) sostengono poi che un ulteriore vantaggio apportato dall'utilizzo della Blockchain in ambito Supply Chain sarebbe la facilitazione dei pagamenti, mediante l'utilizzo delle cripto valute. Queste garantirebbero, rispetto ai tradizionali metodi di pagamento, minori tempi di attesa e minori commissioni.

Abeyratne e Monfared (2016) affermano poi che l'utilizzo della Blockchain in ambito Supply Chain apporterebbe maggiore trasparenza, imparzialità, affidabilità e sicurezza a ciascun agente facentene parte.

Molte delle problematiche che emergono in una rete distributiva sono poi, in ultima analisi, dovute ad errori di comunicazione. Una comunicazione efficiente attraverso la rete porta quindi ad una rete più fluida. Se la tecnologia Blockchain è in grado di risolvere tali problemi comunicativi è allora in grado di dare vita ad una rete più fluida (Kshetri, 2018).

La tracciabilità garantita dall'utilizzo della Blockchain fornisce poi un utile mezzo per controllare la qualità di un prodotto durante il suo trasporto. Per esempio, anche mediante l'accostamento delle tecnologie IoT alla Blockchain, è possibile sapere dove e per quanto tempo si sia trovato il prodotto, oltre che ad esempio a quale temperatura o livello di umidità (Kshetri, 2018).

1.3.6 I Cyber Physical Systems per la Supply Chain

Secondo Ivanov et al. (2019) i passi necessari per introdurre i Cyber-Physical-Systems (CPS) in una Supply Chain, al fine di incrementarne le performance, sono:

- Identificazione degli "oggetti fisici" presenti all'interno di ogni processo della catena distributiva
- Identificazione dei punti deboli e definizione di target di performance
- Definizione dei requisiti funzionali del nuovo sistema
- Raccolta delle informazioni necessarie all'implementazione
- Valutazione dei criteri di supporto alle decisioni

Per il resto la famiglia dei Cyber Physical Systems comprende altre tecnologie citate all'interno del presente lavoro, posizionandosi rispetto a queste su un livello tassonomico superiore. Per definizione infatti gli Unmanned Vehicles ed i Collaborative Robots fanno parte dei CPS; per questa ragione si rimanda ai rispettivi paragrafi per considerazioni più specifiche riguardo a vantaggi e limiti nell'implementazione di questi in ambito Supply Chain.

1.3.7 I Collaborative Robots per la Supply Chain

Applicazioni dei Collaborative Robots (Cobots) in ambito Supply Chain comprendono i cobot per il piccolo trasporto interno al magazzino, quelli per l'assistenza al picking, quelli in grado di eseguire il picking autonomamente, dotati quindi di braccio intelligente, e quelli per il packing (Wen et al., 2018).

La collaborazione tra umano e robot è sempre più oggetto d'interesse in ambiti quali il manufacturing e la logistica; le capabilities dei cobot sono sviluppate appositamente per risultare complementari a quelle umane: se l'uomo ha capacità di ragionamento e di adattamento i robot sono invece perfetti per svolgere compiti precisi e ripetitivi (Music e Hirche, 2017). Si intende quindi l'interesse per l'implementazione di robot collaborativi che possano garantire alti standard di sicurezza pur lavorando fianco a fianco con l'uomo.

Una delle principali applicazioni dei Robot Collaborativi in ambito Supply Chain è quindi rappresentato dalla movimentazione per brevi tratti di parti o prodotti finiti. Ciò può avvenire tra l'impianto produttivo ed il magazzino, all'interno del magazzino o tra l'area di stoccaggio e quella di spedizione (Mahadevan e Narendran, 1990; Berman e Edan, 2002).

Altre applicazioni dei Robot Collaborativi vedono poi il loro utilizzo per mansioni di Shelf Monitoring in magazzino o in punto vendita.

1.3.8 Gli Unmanned Vehicles per la Supply Chain

Bechtsis et al. (2017) affermano che la transizione da una Supply Chain tradizionale ad una Digital Supply Chain avente prerogative di sostenibilità non può prescindere da un'implementazione efficiente dei Veicoli Autonomi (Unmanned Vehicles), ad ogni livello della catena distributiva.

L'attenzione verso forme sostenibili di movimentazione delle merci è peraltro fortemente sottolineata in letteratura: Koloz et al. (2013) ad esempio evidenziano l'importanza di un forte sviluppo tecnologico nel campo del coordinamento dei veicoli autonomi, che, se ottimizzata, sarebbe in grado di garantire una riduzione non soltanto dei costi di trasporto, ma anche delle emissioni e del consumo di carburante, oltre ad un incremento della sicurezza.

Si parla di Connected and Autonomous Vehicles (CAVs) quando gli Unmanned Vehicles sono interconnessi tra loro e quindi in grado di coordinarsi.

Wadud (2017) sostiene che l'adozione dei cosiddetti CAVs sarà essenzialmente profit-driven. In altre parole, un'azienda deciderà di implementare questa tecnologia se l'efficienza garantita dagli Autonomous Trucks, attivi potenzialmente 24 ore al giorno 7 giorni alla settimana, più che controbilancerà, in termini di risparmio, i suoi costi di implementazione e mantenimento.

Fonti lampanti di risparmio sarebbero l'assenza del guidatore e del relativo salario ed il minor quantitativo di carburante necessario grazie al coordinamento intelligente dei mezzi. Ad esempio, grazie al cosiddetto Truck Platooning, tecnica che utilizza camion intelligenti incolonnati, questi beneficiano di una riduzione rilevante di resistenza dell'aria, portando, coeteris paribus, ad un risparmio nei consumi.

Altra interessante applicazione si ha nella consegna via droni di beni. Questa risulta particolarmente rilevante in due contesti opposti: in zone remote quali l'alta montagna o il deserto ed in città densamente popolate. Una zona isolata è infatti difficilmente raggiungibile con altri mezzi, mentre in un contesto urbano il trasporto su gomma può risultare inefficiente a causa del traffico.

Si hanno poi i droni per l'inventario di magazzino, in grado di mappare le scorte presenti rilevando i tag apposti su ciascun pezzo. Questi garantiscono un tasso di errore nettamente inferiore a quello di un operatore umano, oltre ad una maggiore rapidità.

1.3.9 L'Additive Manufacturing per la Supply Chain

Un'integrazione di hub attrezzati per la Manifattura Additiva (AM) all'interno di una Supply Chain porterebbe alla centralizzazione delle risorse produttive. Ciò significa che, seppure il costo elevato delle attrezzature necessarie per l'AM possa sembrare proibitivo se comparato al costo di quelle impiegate nelle più tradizionali tecniche produttive, la struttura stessa di una Supply Chain pensata per una produzione in AM permetterebbe di centralizzare e quindi condividere tali costi, che includono anche quelli di formazione del personale, manutenzione e ricerca e sviluppo (Strong et al., 2018).

Durach et al. (2017) svolgono un'interessante analisi riguardo a quali, tra i più citati impatti che lo sviluppo delle tecnologie AM potrebbero avere in ambito Supply Chain in letteratura, potrebbero verificarsi nel prossimo futuro e quali invece potrebbero rimanere soltanto materiale teorico ancora per molto: scenari quali l'"home fabrication", la customizzazione di massa ed un'ingente riduzione dei livelli di magazzino sono ritenuti ancora lontani. Scenari quali la diffusione di provider di servizi di stampa 3D ed in generale di una produzione maggiormente decentralizzata sono ritenuti più vicini.

1.3.10 L'Artificial Intelligence per la Supply Chain

Galindo e Tamayo (2000) evidenziano come il Machine Learning potrebbe essere utilizzato per automatizzare alcuni processi e decisioni in ambito Supply Chain, trasformando le modellazioni di questa da statiche a dinamiche. Si può per esempio pensare ad algoritmi in grado di estrapolare pattern all'interno dei dati relativi ad un processo.

In ambito di Supply Chain Risk Management, ad esempio, sarebbe possibile stimare e quindi prevedere e mitigare rischi futuri analizzando le serie storiche.

D'altro canto, nonostante l'entusiasmo del mondo accademico, appare una certa resistenza all'interno dei contesti aziendali. Ciò può essere spiegato con la tendenza degli attori industriali ad investire in campi più conosciuti, vedendo il mondo dell'Intelligenza Artificiale come ancora troppo incerto. Ciò può anche essere attribuito

alla minore esposizione che tecniche quali il machine learning, e l'Automate Reasoning hanno avuto nel campo della Supply Chain rispetto ad altri ambiti.

Ciononostante, la ricerca, anche in ambito industriale, andrebbe indirizzata maggiormente verso il mondo dell'Artificial Intelligence applicata alla Supply Chain, che dimostra di costituire un valido strumento di supporto alle decisioni (Baryannis et al., 2018).

1.3.11 L'Augmented Reality per la Supply Chain

L'applicazione di tecnologie di Augmented Reality (AR) in ambito Supply Chain porta alla riduzione del tasso di errore: l'operatore non deve ricordarsi l'elenco delle operazioni da svolgere, che vengono riportate direttamente dal device. Ciò riduce la probabilità di dimenticanze. Si incrementa inoltre la flessibilità, infatti l'operatore può utilizzare entrambe le mani in quanto tutte le informazioni necessarie allo svolgimento del suo compito sono riportate dal device. Inoltre, tali informazioni possono essere visualizzate in qualsiasi punto dello spazio di lavoro ed in qualsiasi momento.

La rapidità di svolgimento delle operazioni di picking è incrementata, perché riducendo il tasso di errore si riduce la necessità di correzione e di conseguenza si incrementa la velocità. Inoltre, l'operatore non deve spostarsi presso un device fisso per ricercare nuove informazioni ogniqualvolta ne necessita, quindi si riducono i tempi.

Affidabilità e sicurezza risultano poi aumentate, in quanto un problema riscontrato può essere riportato immediatamente a chi di competenza tramite uno screenshot. L'operatore ha le mani libere non avendo necessità di maneggiare altri device durante lo svolgimento del proprio compito e l'AR può fornire avvisi di pericolo all'operatore.

Riguardo l'accoglienza della tecnologia un fattore positivo potrebbe essere il probabile entusiasmo per l'innovatività dell'AR. Dall'esterno peraltro l'azienda che implementa tale nuova tecnologia potrebbe essere percepita come al passo con i tempi.

Tuttavia, sono da considerare i vincoli legati all'Hardware ed al Software. I device attualmente in commercio potrebbero garantire prestazioni più elevate rispetto all'AR, per esempio la rapidità di scansione di codici QR attraverso device in AR potrebbe non reggere il confronto con quella degli scanner più tradizionali. Inoltre, c'è un tradeoff tra durata della batteria e peso del device. Sarebbe poi fondamentale che sui device fossero installati programmi in grado di rispondere a nuove esigenze, ad esempio

modificare autonomamente la luminosità dello schermo in base alla luminosità dell'ambiente.

Esistono anche dubbi riguardo la praticità dei device e l'accoglienza da parte degli operatori. La latenza del segnale potrebbe causare malessere, alcuni operatori potrebbero indossare occhiali da vista, rendendo problematica la sovrapposizione di smart glasses. Il peso del device, già citato, potrebbe essere un problema se eccessivamente elevato. Inoltre, alcune operazioni risultano largamente più rapide se svolte con un device tenuto in mano piuttosto che montato sul volto. Peraltro, videocamera e microfono costantemente accesi potrebbero creare problemi legati alla privacy dell'operatore e di chi opera nel suo ambiente di lavoro, oltre al rischio di catturare informazioni aziendali confidenziali

Resta poi da considerare il problema costo, che rimane significativo, considerando tra l'altro la probabile necessità di acquistare un device per ciascun operatore per ragioni di igiene (Stoltz et al., 2017).

1.4 Il Research Gap

In letteratura è ampia la trattazione di argomenti inerenti l'Industria 4.0, non soltanto dal punto di vista teorico ma anche da quello applicativo. Si nota tuttavia una certa scarsità di studi riguardo agli impatti delle tecnologie dell'Industria 4.0 sulla Supply Chain (Da Silva et al., 2019).

Alcune questioni che, secondo Frederico et al. (2019), il mondo accademico dovrebbe porsi a riguardo comprendono: l'individuazione delle tecnologie 4.0 più impattanti in ambito Supply Chain, come il livello di attenzione mediatico in fatto di Supply Chain 4.0 ne influenza l'implementazione, quali sono le chiavi per ottenere il livello di coordinamento necessario affinché una Supply Chain 4.0 sia implementata efficacemente, quali sono le competenze richieste agli attori di una filiera perché le tecnologie 4.0 vi siano implementate con successo, quali sono i benefici per i fornitori, quali quelli per i clienti, qual è l'impatto sulla profittabilità dell'intera catena.

Altro quesito, posto da Ivanov et al. (2019) e Ivanov et al. (2018), riguarda la vulnerabilità provocata in una filiera dall'introduzione delle tecnologie dell'industria 4.0. Resta quindi compito di chi introduce tali tecnologie, oltre che di chi fa ricerca in merito,

individuare e sviluppare efficaci contromisure in grado di incrementare la resilienza della catena nei confronti di tali vulnerabilità.

Frederico et al. (2019) sottolineano poi che, oltre alla ricerca in campo teorico, sarebbe utile che il mondo accademico sviluppasse, di concerto con quello industriale, studi di carattere empirico quali casi studio e surveys sul campo.

In questo contesto si inserisce il presente lavoro di Tesi, il quale rappresenta un'analisi empirica del contesto applicativo della Digital Supply Chain a livello internazionale. Proponendosi di ricavare eventuali relazioni tra peculiarità socio-economico-demografiche e presenza di progetti relativi alle tecnologie discusse, il lavoro tenta poi di darne un'interpretazione teorica.

Se è vero poi che non si è voluto misurare l'impatto e l'efficacia di tali progetti, e quindi delle tecnologie, è anche vero che, dapprima selezionando le 11 tecnologie (Big Data, Internet of Things, Cloud Computing, Cloud Manufacturing, Blockchain, Cyber Physical Systems, Collaborative Robots, Unmanned Vehicles, Additive Manufacturing, Artificial Intelligence e Augmented Reality) e quindi misurandone l'applicazione al mondo Supply Chain, si è delineata una preponderanza di alcune di queste su altre, le cui ragioni non sono però argomento del presente lavoro. In altre parole, i progetti selezionati includenti tecnologie quali l'Artificial Intelligence e la Blockchain, risultano in numero nettamente superiore ai progetti che coinvolgono tecnologie quali il Cloud Manufacturing e l'Additive Manufacturing. Ciò, pur non misurando direttamente l'impatto delle citate tecnologie, potrebbe tuttavia suggerire una tendenza del mondo industriale nel prediligere le prime sulle seconde.

Riguardo inoltre ai potenziali benefici per fornitori e clienti, è un quesito a cui si è in parte risposto, mediante l'analisi della letteratura, nel presente capitolo, analizzando più in generale i benefici dell'implementazione delle tecnologie sull'intera filiera, o sul singolo attore.

Infine, in considerazione dell'impatto sulla profittabilità, l'analisi della letteratura ha evidenziato elementi di potenziale risparmio derivanti dall'introduzione delle tecnologie, quanto potenziali costi aggiuntivi, individuandone le principali ragioni.

Capitolo 2. Il Dataset

Nel presente capitolo è riportata una presentazione ragionata del Dataset utilizzato nell'analisi. Nel primo paragrafo si presenta una breve descrizione del metodo di ricerca utilizzato, seguono nel secondo e terzo paragrafo rispettivamente un'illustrazione della Matrice Città-Tecnologia, punto nevralgico del lavoro, e una panoramica delle variabili socio-economico-demografiche su base geografica.

2.1 L'approccio all'analisi

Lo scopo ultimo del presente lavoro è l'individuazione di eventuali tendenze, su scala globale, nell'adozione di tecnologie 4.0 in ambito Supply Chain.

Si è quindi scelto di adottare un'ottica di tipo geografico, verificando se la più o meno elevata concentrazione di progetti di questo tipo in differenti città potesse rivelare delle relazioni di dipendenza con variabili locali, quali ad esempio il PIL del paese che ospita il progetto o la popolazione della città in cui questo ha luogo.

Si è quindi deciso di effettuare un'analisi di regressione, dettagliata nel capitolo seguente, per stabilire l'eventuale relazione tra tale concentrazione e le variabili selezionate, presentate e discusse nel paragrafo 2.3.

La variabile risposta, ulteriormente definita nel paragrafo 3.1, rappresenta il tentativo di descrivere tale concentrazione. Le variabili indipendenti hanno invece quello di fotografare, pur parzialmente, le condizioni economico-demografico-sociali della città ospitante il progetto.

Ciascun progetto selezionato è poi brevemente descritto nell'Appendice.

2.2 La variabile risposta

La necessità era quindi quella di estrarre, dall'osservazione e registrazione dei progetti, un indice (di qui DCSI: Digital Supply Chain Index) che potesse rappresentare la citata concentrazione di progetti in ciascuna città selezionata.

Il primo passo è stato quello di costruire una Matrice Città-Tecnologia, in cui nella generica posizione ij è riportato un 1 se nella città i si è registrato un progetto riguardante la tecnologia j , uno 0 altrimenti.

Il processo di selezione e registrazione della presenza dei progetti è di tipo puramente dicotomico, non si registrano quindi variabili quali la dimensione o l'impatto del progetto, ma soltanto la sua presenza.

In Tabella 1 è mostrato un estratto della Matrice Città-Tecnologia.

Tabella 1: Un estratto della Matrice Città-Tecnologia

Nazione	Città	BigData	IoT	CC	CM	Blockchain	CPS	Cobots	UV	AM	AI	AR
Australia	Melbourne	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0
Australia	Newman	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
Australia	Perth	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
Australia	Sydney	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
Australia	Warwick	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0

La computazione finale dell'indice, a partire dalla Matrice Città-Tecnologia, è stata poi eseguita per mezzo di una Factor Analysis, dettagliata nel capitolo seguente.

Le 11 tecnologie costituenti le colonne, le stesse descritte nel capitolo 1, sono state selezionate a seguito di uno studio della letteratura in merito, come le più rappresentative del grado di sviluppo in ambito Digital Supply Chain.

2.2.1 Il criterio di selezione dei progetti

Un progetto viene conteggiato nell'analisi indipendentemente dal proprio stato di avanzamento. In altre parole, un progetto verrà conteggiato tanto in fase di pilot quanto se in fase di svolgimento già da diversi anni.

Un progetto, per essere considerato valido, deve sempre avere un qualche risvolto applicativo nel mondo reale, vale a dire che non sono ammesse, ad esempio, modellazioni teoriche svolte in ambito accademico che non abbiano avuto un riscontro in quello industriale.

Nei casi di più progetti riguardanti la tecnologia j riscontrati nella città i il valore della casella ij rimane ugualmente pari a 1. È poi importante segnalare che il numero di progetti trovati non corrisponde al numero di 1 all'interno della matrice, ma ne è inferiore, in quanto spesso un progetto coinvolge più di una tecnologia.

Per la ricerca di progetti si è utilizzato esclusivamente il motore di ricerca Google, digitando, in una prima fase, due differenti input:

- "nome tecnologia" "supply chain"
- "nome tecnologia" "supply chain" "projects"

Per ognuna delle undici tecnologie selezionate.

In entrambi i casi si sono consultate tutte le prime 30 pagine web fornite come risposta dal motore di ricerca. Nel caso in cui una pagina fosse già stata analizzata nell'ambito della stessa o di un'altra tecnologia veniva comunque conteggiata. In altre parole, l'analisi si è sempre fermata al termine delle prime 3 pagine fornite dal motore di ricerca (circa 10 pagine web per pagina fornita dalla ricerca) indipendentemente da quante tra queste fossero già state analizzate in una ricerca precedente.

L'analisi di una pagina web è consistita non soltanto nella ricerca di progetti validi al suo interno ma anche nell'esplorazione di altre pagine collegate tramite link presenti al suo interno.

In alcuni casi inoltre, se nella pagina web si faceva riferimento a un possibile progetto valido ma non ne erano specificati sufficientemente i dettagli, si è provveduto ad investigare a riguardo, sempre utilizzando il motore di ricerca Google.

Possibili errori sistematici nella selezione dei progetti, difficilmente eliminabili, possono essere causati dalla lingua utilizzata per la ricerca, l'inglese, dal paese da cui si

effettuava la ricerca, l'Italia, ed in generale dalla probabile tendenza ad estrarre progetti più "pubblicizzati" sul web.

In altri termini risulta evidente che se un progetto di applicazione di tecnologie 4.0 in ambito Supply Chain esiste, ma non è sufficientemente pubblicizzato o non contiene le parole chiave utilizzate nella presente ricerca, questo non verrà rilevato e quindi incluso.

Una volta terminata questa prima fase il database si costituiva di 106 città per 208 incroci pari a 1.

Nella seconda fase si è provveduto, sempre tramite l'utilizzo del motore di ricerca Google, a svolgere un nuovo round di ricerche, questa volta utilizzando le parole chiave "città" "supply chain" "tecnologia" per tutti quegli incroci città-tecnologia pari a 0. In questa fase, dato il più elevato numero di ricerche, si sono analizzate soltanto le prime cinque pagine web presentate dal motore di ricerca, sempre conteggiando anche quelle già analizzate. Al termine della seconda e ultima fase il numero di incroci pari a 1 era di 270.

In Tabella 2 è riportato il numero totale di corrispondenze per ciascuna tecnologia.

Tabella 2: Numero di corrispondenze per ciascuna tecnologia

BigData	IoT	CC	CM	Blockchain	CPS	Cobots	UV	AM	AI	AR
9	30	11	3	55	42	19	37	2	57	5

Si nota quindi come le tecnologie maggiormente riscontrate siano l'Artificial Intelligence e la Blockchain, mentre quelle meno riscontrate siano l'Additive Manufacturing ed il Cloud Manufacturing, con una media di circa 24,5 estrazioni per tecnologia.

Le 106 città selezionate sono suddivise su 33 diverse nazioni, con una media di circa 3,2 città per nazione.

In Figura 13 è illustrata una mappa in cui sono evidenziate le nazioni presenti nello studio.

Tabella 4: Numero di città per continente

Africa	4	Europa	49	Oceania	6
Asia	12	Nord America	34	Sud America	1

Per ciascun progetto si è inoltre tenuto traccia dell'anno di avvio. In generale la quasi totalità dei progetti registrati vede il proprio avvio nel corso dell'ultimo decennio, il che è comprensibile data l'innovatività della materia.

Con un numero totale di incroci pari a 1 di 270 ed un totale di 106 città incluse nell'analisi si ricava una media di 2,55 incroci non nulli per città.

Il minimo è di 1 incrocio non nullo, casistica ritrovata in 42 città, il massimo è dato dalla città di Pechino, con 9 incroci pari a 1. In Figura 14 è illustrato un grafico a barre che evidenzia la distribuzione del numero delle città (ordinata) per il numero di incroci non nulli in esse riscontrato (ascissa).

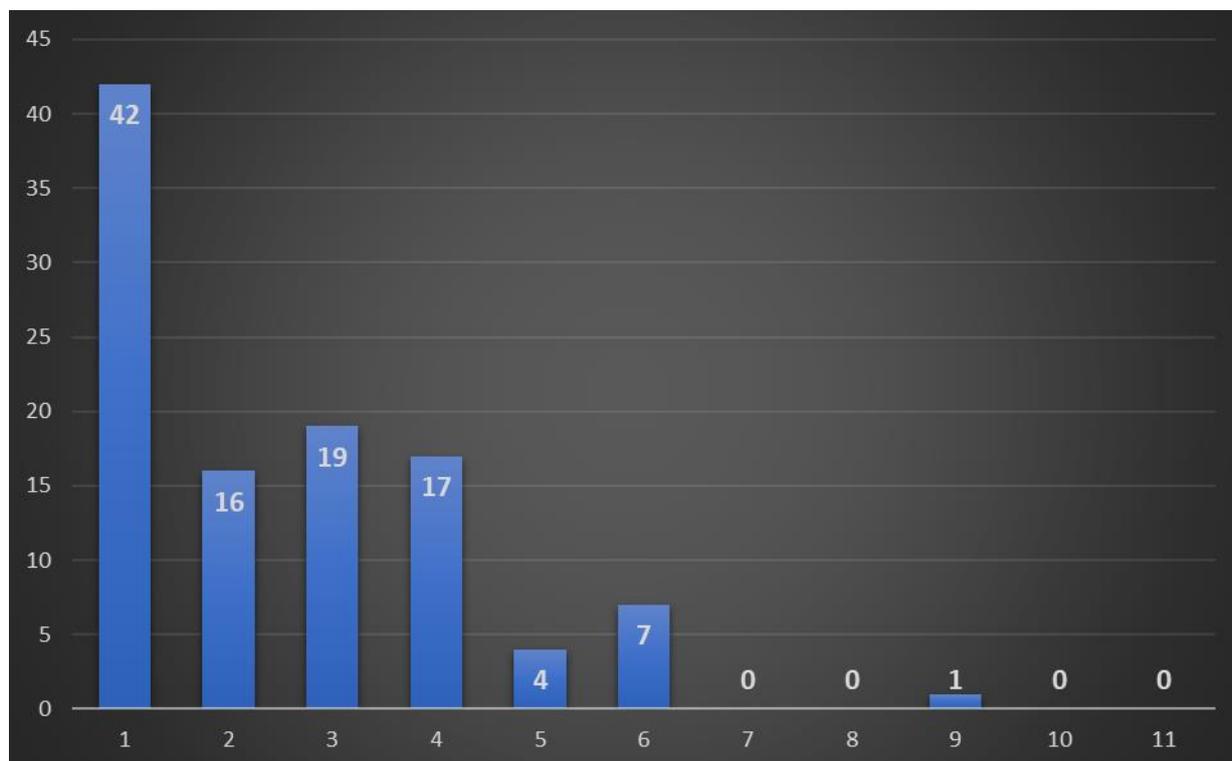


Figura 14: Distribuzione del numero di città per il numero di incroci pari a 1

È poi interessante valutare il numero di incroci totali per paese ed il numero medio di incroci per città per ciascun paese, riportati in Tabella 5. Ad esempio, l'Australia vede

un totale di 21 incroci non nulli ed una città australiana vede in media 4,2 incroci non nulli.

Tabella 5: Numero incroci per paese e per città media nel paese

Paese	Numero incroci pari a 1	Numero di corrispondenze medie per città nel paese
Australia	21	4,2
Austria	2	2,0
Belgium	5	1,7
Canada	4	1,3
China	20	6,7
Czech Republic	4	4,0
Denmark	3	3,0
Estonia	4	4,0
Finland	2	2,0
France	11	1,4
Germany	34	3,1
Hong Kong SAR, China	5	5,0
India	3	3,0
Italy	8	1,1
Japan	2	2,0
Korea, Rep.	2	2,0
Malawi	3	3,0
New Zealand	5	5,0
Norway	2	2,0
Peru	1	1,0
Philippines	1	1,0
Rwanda	3	3,0
Singapore	6	6,0
Spain	1	1,0
Sweden	2	1,0
Switzerland	7	1,4
Taiwan	1	1,0
Uganda	1	1,0
United Arab Emirates	1	1,0
United Kingdom	16	2,7
United States	88	2,8
Vietnam	1	1,0
Zambia	1	1,0

È qui interessante notare come i paesi con le città più densamente rappresentate si trovino tutti in Asia e Oceania.

Si elencano ora brevemente le principali applicazioni riscontrate per ciascuna tecnologia:

- Big Data: registro dati su pezzi o prodotti finiti in transito, registro dati e-commerce
- IoT: raccolta dati su pezzi o prodotti finiti in transito, comunicazione dati a Blockchain e geolocalizzazione di pezzi e prodotti finiti.
- Cloud Computing: piattaforme di SCM in cloud e condivisione dati lungo la filiera.
- Cloud Manufacturing: piattaforme di cloud manufacturing intra filiera.
- Blockchain: incremento tracciabilità lungo supply chain, incremento sicurezza dati, incremento integrità dati.
- CPS: cobot su ruote o su rotaia di assistenza al picking, autonomous trucks, droni per la consegna di prodotti, droni per inventario di magazzino e negozio, nastri trasportatori intelligenti, cobot dotati di braccio per il picking e last mile delivering robots.
- Cobots: cobot su ruote o su rotaia di assistenza al picking e cobot dotati di braccio per il picking
- Unmanned Vehicle: autonomous trucks, droni per la consegna di prodotti, droni per inventario di magazzino e negozio e last mile delivering robots.
- Additive Manufacturing: piattaforme di cloud additive manufacturing intra-filiera.
- Artificial Intelligence: AI per cobots, machine learning per l'analisi di dati filiera, AI per droni, AI applicata al demand forecasting, AI per predictive analytics, AI per automous trucks, elaborazioni su big data per analisi dei flussi di materiale.
- Augmented Reality: applicazioni per smartphone per tracciare provenienza prodotto e smart glasses per il picking.

Il numero totale di progetti registrati è di 155, con Pechino, città con più progetti selezionati, che ne conta 5. La città media registra 1,46 progetti ed il numero di differenti tecnologie impiegate per il progetto medio è di 1,74.

2.3 Le variabili indipendenti

Le variabili indipendenti rivestono il ruolo di rappresentare il più possibile fedelmente le peculiarità di ciascuna città inserita nell'analisi, in modo da poter successivamente estrapolare, tramite l'analisi di regressione, un'eventuale relazione funzionale esistente tra l'applicazione delle tecnologie dell'industria 4.0 in ambito Supply Chain in una città e le condizioni economico-demografico-sociali della stessa.

Innanzitutto, si vedeva necessario decidere se ricorrere a variabili cittadine, nazionali, o di entrambe le tipologie. La scelta è infine ricaduta su un mix di 3 variabili su base cittadina ed 11 su base nazionale.

È infatti evidente che se la città x si trova nel paese y allora una variabile V di carattere nazionale riguardante la nazione y risulta rappresentativa di tutte e sole le città x facenti capo al paese y . In altre parole, ciascuna città del paese y avrà lo stesso valore v per tale variabile nazionale V .

Se è evidente che disporre di sole variabili cittadine avrebbe garantito una maggiore rappresentatività delle peculiarità del luogo risulta allo stesso tempo innegabile che la gran parte degli indici economici, sociali e demografici su base geografica esistenti prendono in considerazione territori nazionali più che cittadini.

È inoltre da considerare la difficoltà nel reperire informazioni riguardanti città anche molto piccole come alcune tra quelle inserite nell'analisi.

In Tabella 6 sono elencate le 14 variabili indipendenti utilizzate nell'analisi, ciascuna corredata di unità di misura e breve descrizione, oltre che della definizione dell'arco temporale su cui sono applicate e dell'entità geografica che interessano (Tipo).

Tabella 6: Le variabili indipendenti selezionate

Variabile	Tipo	Arco Temporale	UDM	Descrizione
Popolazione	Città		#	Rappresenta il numero di abitanti.
Densità	Città		#/km ²	Rappresenta il numero di abitanti su chilometro quadrato.
Livello di inquinamento	Città	Anno	µg/m ³	Rappresenta la concentrazione media annua di particelle PM2,5 nell'aria.
GDP	Nazione	Anno	US\$	Rappresenta il Prodotto Interno Lordo.
Investimenti pubblici in istruzione	Nazione	Anno	%	Rappresenta il livello di investimenti pubblici in istruzione, in percentuale sul GDP.
Tasse imprese sui profitti	Nazione	Anno	%	Rappresenta la percentuale di tasse pagate dalla imprese sui profitti.
Tasso di disoccupazione	Nazione	Anno	%	Rappresenta la percentuale di popolazione disoccupata, ma in cerca di lavoro, sulla forza lavoro.
Quota di reddito detenuto da Top 10%	Nazione	Anno	%	Rappresenta la percentuale del reddito totale percepito dal 10% della popolazione che percepisce il reddito più alto.
Tempo richiesto per iniziare un nuovo business	Nazione	Anno	#	Rappresenta il numero di giorni necessari per avviare una nuova attività imprenditoriale.
Investimenti in R&D	Nazione	Anno	%	Rappresenta il livello di investimento in Ricerca e Sviluppo in percentuale sul GDP.
Articoli scientifici pubblicati	Nazione	Anno	#	Rappresenta il numero di articoli pubblicati in un anno sul territorio nazionale.
Spesa pubblica	Nazione	Anno	%	Rappresenta il livello della spesa pubblica in percentuale sul GDP.
Tasso d'inflazione	Nazione	Anno	%	Rappresenta il tasso d'inflazione, calcolato come deflatore del PIL.
Tasso d'interesse reale	Nazione	Anno	%	Rappresenta il tasso d'interesse sui prestiti, aggiustato per l'inflazione.

Si passa quindi ad una breve analisi delle ragioni che hanno portato alla selezione delle variabili ed al tipo di correlazione con il DSCI che ci si aspetta da ciascuna di queste. La popolazione della città potrebbe racchiudere una discreta quantità di informazione a riguardo dell'industrializzazione della stessa. Se una città ha più di 1 milione di abitanti la si può considerare una grande realtà, all'interno della quale è lecito aspettarsi più imprese e progetti rispetto ad una realtà che conti qualche decina di migliaia di abitanti. Ci si aspetta dunque che la correlazione tra popolazione e DSCI sia positiva. Similmente la densità abitativa di una città potrebbe racchiudere informazioni interessanti per l'analisi in oggetto. Si fa riferimento, ad esempio, ad i numerosi progetti selezionati nei quali droni sono utilizzati per effettuare consegne commerciali. Se è vero che tali applicazioni sembrano polarizzarsi tra contesti ad alta densità abitativa e realtà remote e difficili da raggiungere, l'impressione è che il secondo caso rappresenti l'eccezione più che la regola. Per questa ragione ci si aspetta una correlazione positiva tra DSCI e Densità abitativa.

Riguardo al livello di inquinamento cittadino, sembra lecito attendersi che questo racchiuda informazioni riguardo al livello di industrializzazione della realtà. Tuttavia, come emerge dall'analisi delle statistiche descrittive delle variabili, illustrata in Tabella 7, si ha una distribuzione di tale variabile estremamente asimmetrica. I Paesi in via di sviluppo dell'Est, Cina e India, riportano infatti valori di PM 2,5 di quasi un ordine di grandezza superiori rispetto a quelli delle altre città presenti nel dataset.

In ogni caso sembra ragionevole attendersi una correlazione positiva tra Livello di inquinamento e DSCI, non soltanto per quanto detto riguardo la probabile correlazione con il livello di industrializzazione della località, ma anche perché è possibile ipotizzare che le aree maggiormente inquinate abbiano un incentivo in più ad innovare, proprio per risolvere tale problema. È tuttavia da considerare anche che le città più inquinate si trovino in zone meno sviluppate tecnologicamente, il che potrebbe portare ad una correlazione negativa.

Inserendo il GDP tra le variabili si è voluto studiare se la "dimensione economica" del Paese potesse risultare rilevante per spiegare il livello di implementazione di tecnologie di Digital Supply Chain. Ci si aspetta che Paesi con un GDP maggiore abbiano più possibilità di sviluppare efficacemente progetti di Digital Supply Chain. Rimane però da considerare che il GDP è fortemente influenzato dalla dimensione della Nazione cui fa riferimento; per ovviare a tale bias si sarebbe potuto ricorrere al GDP Pro Capite, tale opzione è stata però esclusa perché più che con il benessere del singolo cittadino

sembrava interessante correlare il DSCI alla ricchezza del Paese nel suo insieme, considerando anche il ruolo spesso di primo piano rivestito dalle entità statali nei progetti inclusi nell'analisi. Infine, se il GDP rappresenta un forte predittore della dimensione del Paese, si potrebbe ipotizzare che tale fattore possa costituire di per sé un incentivo ad innovare maggiormente nel campo della Supply Chain: banalmente Stati più estesi necessitano di infrastrutture logistiche maggiormente sviluppate.

Per quanto riguarda l'inserimento tra le variabili del livello di investimenti pubblici nell'istruzione, tale scelta è giustificata dalla volontà di valutare se un più alto livello di istruzione della popolazione potesse correlarsi positivamente allo sviluppo di progetti tecnologici innovativi quali quelli inclusi nell'analisi. La risposta sembrerebbe scontata, e infatti ci si attende una correlazione positiva con l'indice, tuttavia è da valutare quanto tale livello possa fotografare puntualmente il livello di istruzione di un Paese. Nazioni con una forte importanza del privato nel settore dell'istruzione, quali ad esempio gli Stati Uniti, potrebbero falsare tale misura. D'altra parte, ciò potrebbe offrire la possibilità di valutare se tali Nazioni, più orientate al privato, possano in realtà portare ad un'innovazione tecnologica maggiore, se la correlazione dovesse risultare negativa.

Riguardo alla percentuale di tasse pagate dalle imprese sui propri profitti risulta evidente che Paesi nei quali l'imprenditore, e quindi l'innovatore, debba rinunciare ad una fetta minore del proprio utile tendano ad attrarlo maggiormente. Rimane tuttavia da valutare che, se lo Stato impone meno tasse alle imprese, dovrà bilanciare tale ammanco o riducendo la propria spesa o imponendo altre tipologie di tassazione, più o meno efficienti per l'andamento dell'economia nazionale. L'effetto attrattivo rimane comunque, per chi scrive, il più importante, e ci si attende dunque una correlazione negativa.

Il Tasso di Disoccupazione è stato incluso come misura dell'efficienza del Paese. Uno Stato economicamente efficiente ha livelli di disoccupazione involontaria estremamente bassi. Risulta inoltre evidente che, un Paese più efficiente, e quindi più in salute, dovrebbe tendere ad attrarre ed incentivare maggiormente innovazioni quali quelle considerate nell'analisi. Ci si attende dunque una correlazione fortemente negativa tra questa variabile ed il DSCI.

Per quanto riguarda la quota di reddito detenuta dal 10% della popolazione che percepisce redditi più alti si è voluto tentare di misurare, con questa, il livello di disparità economica del Paese. Tuttavia, la misura non tiene ovviamente conto dei patrimoni detenuti, ed è quindi solo parzialmente rappresentativa di tale disuguaglianza.

I Paesi con maggiore disparità sembrano tutti far parte delle aree meno economicamente sviluppate del mondo. Basti considerare che delle 33 nazioni inserite nel dataset tutti i Paesi che presentano un valore per tale variabile superiore al 31% si trovano in Africa, in Sud America ed in Asia. Felici eccezioni sono rappresentate dalla Korea del Sud e dagli Emirati Arabi, che si posizionano per tale valore tra i più efficienti Stati del nord Europa. Per quanto detto, considerando un basso valore di tale variabile quale un valido driver del benessere economico del Paese, ci si attende una correlazione negativa tra questo ed il DSCI. Rimane tuttavia da considerare l'importanza di progetti di Digital Supply Chain di carattere umanitario, quindi situati in zone più arretrate, che potrebbe influire nel senso opposto.

Si è inserito poi il Tempo richiesto per avviare un nuovo business come misura dell'efficienza dell'apparato burocratico di una Nazione, e quindi come driver dell'attrattività della stessa per investitori ed imprenditori esteri e locali. Ci si attende di conseguenza una correlazione fortemente negativa con il DSCI.

La variabile Investimenti in ricerca e sviluppo ha l'obiettivo di catturare l'informazione riguardante l'attenzione di uno Stato nei confronti dell'innovazione tecnologica. Includendo tale variabile tanto gli investimenti pubblici quanto quelli privati non si dovrebbero ravvisare bias relativi alla preponderanza del pubblico piuttosto che del privato nei vari Paesi. Risulta dunque evidente che ci si attende una forte correlazione positiva tra questa variabile ed il DSCI.

Con la variabile Articoli scientifici pubblicati in un anno si vuole includere nell'analisi una misura del vigore del sistema Universitario del Paese. Tale misura non dovrebbe risultare influenzata dalla già citata maggiore o minore preponderanza del pubblico sul privato, in quanto non c'è ragione di pensare che un'Università pubblica debba avere un vantaggio o uno svantaggio in questo senso rispetto ad una privata. Potrebbe risultare interessante inoltre valutare il segno della correlazione di questa variabile con il DSCI e quello della correlazione tra investimenti in ricerca e sviluppo e lo stesso indice. Se tali segni dovessero risultare discordi si potrebbe ipotizzare una maggiore influenza del settore universitario su quello aziendale nell'implementazione di tecnologie di Digital Supply Chain, o il contrario.

Per quanto detto ci si attende quindi una forte correlazione positiva tra la variabile Articoli scientifici pubblicati in un anno ed il DSCI.

Con la variabile Spesa Pubblica si è voluto verificare se una Nazione più o meno improntata verso il liberismo economico possa o meno, e se sì in quale verso,

influenzare l'attuazione di progetti innovativi in ambito Supply Chain nel proprio territorio. Data l'eterogeneità della suddivisione tra Paesi più e meno inclini alla Spesa e la complessità di implicazioni e cause derivanti da un tale posizionamento, non risulta agevole pronosticare l'impatto di tale variabile sul DSCI.

Il Tasso di Inflazione è stato incluso in quanto importante variabile macroeconomica per un Paese. Tipicamente si considera come ottima un'Inflazione attorno ai 2 punti percentuali. Analizzando il Dataset si evidenzia un valore medio delle osservazioni di poco inferiore a tale valore. Inoltre, si ha un solo importante outlier nell'osservazione della sola città del Malawi selezionata, ovvero Nkhata Bay.

Da un punto di vista macroeconomico si evidenzia che un incremento dell'inflazione possa essere dovuto ad un incremento della domanda dei consumatori. Inoltre, un incremento dell'inflazione tende ad essere associato ad un incremento dei profitti delle imprese. Un innalzamento dei profitti potrebbe poi essere associato ad un incremento degli investimenti delle imprese e quindi dell'occorrenza di progetti innovativi nell'area. È peraltro da considerarsi che, ancora secondo la teoria macroeconomica, se un'economia è in salute si tende ad avere un basso tasso di disoccupazione; ciò può costringere le imprese ad alzare i salari dei lavoratori. Ciò accade perché essendoci pochi disoccupati involontari un'impresa in cerca di lavoro è costretta ad alzare il livello salariale per "convincere" il lavoratore a lavorare di più. Infine, la crescita dei salari rappresenta un incremento dei costi per le imprese che sono dunque costrette a rivalersene sui consumatori, incrementando i prezzi. Si ha quindi la crescita del tasso d'inflazione. Come si evince, entro i limiti evidenziati, un buon livello di inflazione rappresenta un segnale di salute economica per il Paese, oltre a rappresentare un driver per la stessa per i periodi futuri. Per entrambe queste ragioni è ragionevole attendersi una correlazione moderatamente positiva tra la variabile e l'indice.

Infine, si è introdotta la variabile Tasso di interesse reale come ulteriore misura della direzione economica del Paese. In particolare, tale variabile ha, ancora secondo la teoria macroeconomica, un forte impatto sul livello di investimenti delle imprese.

Tanto la teoria Neoclassica quanto quella Keynesiana concordano sulla relazione inversa tra tasso d'interesse e livello degli investimenti delle imprese (pur non concordando sulla forma di tale curva). Infatti, per accedere ai fondi necessari ad effettuare alti livelli di investimenti l'imprenditore è tipicamente costretto ad indebitarsi. Alti tassi d'interesse disincentivano quindi l'imprenditore ad investire, e viceversa. Per questo ci si attende una correlazione fortemente negativa tra questa variabile e l'indice.

Per quanto riguarda la raccolta dei dati, questi sono stati acquisiti mediante le seguenti fonti: [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23], [24].

È poi importante considerare che il dato preso in considerazione per la variabile indipendente x sulla città i è sempre l'ultimo disponibile in rete.

Tabella 7: Principali statistiche descrittive delle variabili indipendenti

Variabile	Media	Std. Dev.	Minimo	Q1	Mediana	Q3	Massimo
GDP	7,89,E+12	9,06,E+12	7,67,E+09	7,03,E+11	2,77,E+12	2,14,E+13	2,14,E+13
Investimenti pubblici in istruzione	4,90%	1,13%	1,11%	4,80%	4,96%	5,27%	7,98%
Tasse imprese sui profitti	41,67%	11,64%	15,60%	36,50%	36,60%	48,80%	60,70%
Tasso di disoccupazione	4,85%	2,34%	1,03%	3,68%	3,78%	5,56%	13,96%
Quota di reddito detenuto da Top 10%	27,85%	3,95%	21,40%	25,10%	26,80%	30,50%	44,40%
Tempo richiesto per iniziare un nuovo business	7,5	7,0	0,5	4,2	4,2	8,5	42,0
Investimenti in R&D	2,34%	0,87%	0,13%	1,72%	2,84%	2,84%	4,81%
Articoli scientifici pubblicati	175.514	180.703	170	21.379	84.461	422.808	528.263
Spesa pubblica	39,08%	9,01%	14,62%	35,14%	36,66%	44,57%	56,04%
Tasso d'inflazione	1,68%	1,06%	-1,90%	1,23%	1,74%	1,91%	8,17%
Tasso d'interesse reale	3,81%	3,48%	-1,30%	1,85%	3,48%	4,35%	24,02%
Popolazione	1.567.876	4.043.273	204	31.752	189.388	1.217.085	29.863.300
Densità	3.442	4.966	9	808	1.510	3.626	26.513
Livello di inquinamento	16,7	17,3	5,0	8,0	11,5	16,0	104,0

Capitolo 3. L'analisi dei dati

Obiettivo principale del presente lavoro di Tesi è quello di identificare, attraverso una ricerca di tipo empirico, eventuali trend esistenti nell'applicazione di progetti di Digital Supply Chain a livello mondiale.

A seguito della raccolta dei dati si analizza quindi in questo capitolo l'analisi di questi, ovvero il tentativo di estrapolare una relazione tra le variabili socio-economico-demografiche appena presentate e la presenza di tale categoria di progetti.

Innanzitutto, si è ricorso alla Factor Analysis, descritta nel primo paragrafo del presente capitolo, per definire un Digital Supply Chain Index, ovvero un indice, compreso tra 0 e 1, in grado di racchiudere l'intera informazione relativa all'applicazione di progetti nella città i .

Nel secondo paragrafo del capitolo è poi descritta l'Analisi di Regressione, avente come variabile dipendente, per ragioni in seguito discusse, il logaritmo naturale del DSCI " $\ln(\text{DSCI})$ " e, come variabili indipendenti, le 14 descritte nel precedente capitolo. Infine, sono trattate, nel terzo paragrafo del capitolo, le possibili implicazioni scaturenti dai risultati dell'Analisi di Regressione.

3.1 La Factor Analysis

Secondo [25] principale funzione della Factor Analysis (Analisi Fattoriale) è quella di generare un certo numero di fattori che siano in grado di riassumere l'informazione presente in un più elevato numero di variabili.

Nel nostro caso si è utilizzato il metodo della massima verosimiglianza per estrarre due fattori, a partire dalla Matrice Città-Tecnologia.

A ciascuna delle 11 categorie di tecnologia sono stati quindi assegnati i cosiddetti "loadings", per entrambi i fattori. Quindi alla tecnologia t è assegnato, per il fattore f , il loading L_{tf} , con $t \in (\text{Big Data, IoT, Cloud Computing, Cloud Manufacturing, Blockchain, CPS, Cobots, Unmanned Vehicles, Additive Manufacturing, Artificial Intelligence, Augmented Reality})$ e $f \in (1, 2)$.

Il loading L_{tf} rappresenta il coefficiente di correlazione tra la tecnologia t ed il fattore f e mostra quindi la varianza spiegata dalla tecnologia t sul fattore f [25].

In tabella 8 sono riportati i loadings:

Tabella 8: I Loadings associati a ciascuna tecnologia

Tecnologia	Fattore 1	Fattore 2
Big Data	0,097	0,166
IoT	0,129	0,253
Cloud Computing	0,138	0,096
Cloud Manufacturing	0,132	-0,598
Blockchain	0,192	0,313
CPS	-0,943	-0,034
Cobots	-0,539	-0,021
Unmanned Vehicles	-0,965	0,007
Additive Manufacturing	0,107	-0,574
Artificial Intelligence	-0,686	0,095
Augmented Reality	-0,131	0,022

Si è quindi calcolato il quadrato di ciascuno dei loadings L_{it}^2 . Ciò ha la doppia funzione di incrementare il peso dei loadings più alti e di eliminare il segno negativo. Si calcolano quindi le somme dei loadings S_f e la grande somma SS :

$$S_1 = \sum L_{t1}^2$$

$$S_2 = \sum L_{t2}^2$$

$$SS = S_1 + S_2$$

Si sono poi calcolati i pesi delle variabili sul totale W_{t1} e W_{t2} :

$$W_{t1} = \frac{L_{t1}^2}{S_1} \quad \forall t$$

$$W_{t2} = \frac{L_{t2}^2}{S_2} \quad \forall t$$

È infine possibile calcolare il peso percentuale PW_t di ciascuna tecnologia come:

$$PW_t = W_{t1} + W_{t2} \quad \forall t$$

Il PW_t è il peso che verrà assegnato alla tecnologia t nel calcolo del DCSI di ciascuna città.

In tabella 9 sono elencati i PW_t :

Tabella 9: I pesi percentuali di ciascuna tecnologia

Tecnologia	PW
Big Data	1,02%
IoT	2,24%
Cloud Computing	0,78%
Cloud Manufacturing	10,40%
Blockchain	3,74%
CPS	24,69%
Cobots	8,07%
Unmanned Vehicles	25,82%
Additive Manufacturing	9,45%
Artificial Intelligence	13,30%
Augmented Reality	0,49%

Si avrà quindi, per la generica città c :

$$DCSI_c = \sum PW_t M_{ct}$$

Dove M_{ct} vale 1 se nella città c si è riscontrato un progetto che sfrutta la tecnologia t , 0 altrimenti.

Nella Tabella 10 sono elencati, in ordine decrescente, i DSCI di tutte le città incluse nell'analisi:

Tabella 10: I DSCI associati alle città

Nazione	Città	DSCI	Nazione	Città	DSCI
China	Beijing	0,8015	France	Courbevoie	0,1432
Australia	Melbourne	0,7785	Belgium	Aalter	0,1330
China	Shanghai	0,7785	Canada	Caledon	0,1330
Singapore	Singapore	0,7785	Germany	Herzogenaurach	0,1330
United States	Atlanta	0,7664	United States	Ann Arbor	0,1330
United States	Chattanooga	0,7610	United States	Chestertown	0,1330
Hong Kong	Hong Kong	0,7561	United States	Cincinnati	0,1330
Germany	Ingolstadt	0,7188	United States	Houston	0,1330
Germany	Unna	0,7188	United States	Richardson	0,1330
United Kingdom	Sunderland	0,7188	United States	Round Rock	0,1330
United States	Chambersburg	0,7188	United States	Redwood City	0,1118
United States	East Rutherford	0,7188	Italy	Gioia del Colle	0,1040
United States	Englewood	0,7188	Sweden	Stockholm	0,0945
United States	Indianapolis	0,7188	Denmark	Copenhagen	0,0700
United States	Pleasanton	0,7188	India	Surat	0,0700
United States	Rochester	0,7188	Germany	Munchen	0,0676
Australia	Sydney	0,7057	Finland	Kouvola	0,0597
China	Hangzhou	0,6978	France	Marseille	0,0597
New Zealand	Auckland	0,6978	Korea, Rep.	Seoul	0,0597
United States	Bentonville	0,6882	Switzerland	Genève	0,0597
Germany	Stuttgart	0,6755	Switzerland	Romanshorn	0,0597
United Kingdom	London	0,6755	United States	Los Gatos	0,0597
United States	San Francisco	0,6755	Belgium	Antwerp	0,0555
United States	Scottsdale	0,6755	United Kingdom	Nottingham	0,0404
United States	Los Angeles	0,6604	Canada	Vancouver	0,0374
Czech Republic	Mladá Boleslav	0,6430	France	Boulogne-Billancourt	0,0374
Estonia	Tallinn	0,6430	France	Chennevières-sur-Marne	0,0374
Australia	Newman	0,6381	France	Paris	0,0374
Australia	Warwick	0,6381	Italy	Casalecchio di Reno	0,0374
Germany	Reit im Winkel	0,6381	Italy	Roma	0,0374
Malawi	Nkhata Bay	0,6381	Italy	San Vito al Tagliamento	0,0374
Rwanda	Nyamabuye	0,6381	Peru	Lima	0,0374
United Kingdom	Cambridge	0,6381	Philippines	Muntinlupa City	0,0374
United States	Fort Collins	0,6381	Sweden	Sigtuna	0,0374
United States	Madras	0,6381	Switzerland	Castel San Pietro	0,0374
United States	Phoenix	0,6381	Switzerland	Vevey	0,0374
United States	Stockton	0,6381	Taiwan	Taichung	0,0374
Germany	Niedernberg	0,3276	Uganda	Kampala	0,0374
Japan	Sugito	0,3276	Utd. Arab Emirates	Abu Dhabi	0,0374
United States	Hatfield	0,3276	United Kingdom	Durham	0,0374
Germany	Braunschweig	0,2469	United States	Glen Allen	0,0374
United Kingdom	Andover	0,2469	United States	Morrisville	0,0374
Germany	Hamburg	0,2108	United States	San Diego	0,0374
Germany	Bonn	0,2006	United States	Tempe	0,0374
Italy	Lecce	0,1985	Vietnam	Cần Thơ	0,0374
Australia	Perth	0,1927	Zambia	Lusaka	0,0374
United States	Seattle	0,1927	Belgium	Ghent	0,0224
Germany	Wolfsburg	0,1782	France	Villeneuve-d'Ascq	0,0224
United States	Armonk	0,1782	Italy	Torino	0,0224
Austria	Vienna	0,1704	Italy	Tremezina	0,0224
Canada	Toronto	0,1704	Spain	Jerez	0,0224
France	Levallois-Perret	0,1553	Switzerland	Baar	0,0224
Norway	Trondheim	0,1553	France	Thouars	0,0102

3.2 L'Analisi di Regressione

La regressione è un modello statistico, ovvero uno strumento quantitativo cui si ricorre per descrivere una grandezza Y , detta variabile risposta o dipendente, in termini di una o più grandezze X_1, X_2, \dots, X_n , dette variabili indipendenti (o variabili esplicative o predittori).

Si ha quindi:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \varepsilon$$

Dove ε è una variabile casuale, detta variabile errore o errore casuale, che rappresenta lo scostamento dalla realtà, ignota, del modello.

Nel nostro caso si è utilizzato un modello di regressione logaritmico-lineare multiplo, con 14 variabili indipendenti ($n=14$).

Si avrà quindi:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_{14} X_{14} + \varepsilon$$

Dove β_0 rappresenta l'intercetta del modello, mentre gli altri β sono i coefficienti angolari associati a ciascuna delle 14 variabili indipendenti (Vicario e Levi, 2008).

Obiettivo era quindi quello di stimare, attraverso il metodo dei minimi quadrati, i coefficienti β , in modo da estrapolare la relazione tra le variabili indipendenti ed il DSCI. I "veri" coefficienti beta rimangono infatti incogniti, ciò che otteniamo minimizzando le somme dei quadrati sono i loro stimatori, per semplicità indicati con lo stesso simbolo β in seguito.

Data la non normalità della distribuzione dell'indice, verificata utilizzando il software statistico Minitab, si è dovuto ricorrere ad una sua trasformazione logaritmica prima di eseguire l'analisi.

Con $Y = \text{DSCI}$ di avrà quindi $\ln(Y) = \ln(\text{DSCI})$, con quest'ultimo sempre negativo ricordando che DSCI è sempre compreso tra 0 e 1.

La generica città i presenterà quindi un proprio valore $\ln(y_i) = \ln(\text{DSCI}_i)$ ed i 14 valori delle 14 variabili indipendenti $x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{14i}$.

Si riportano quindi gli output dell'analisi di regressione svolta con il software Minitab.

In Figura 15 si ha l'equazione stimata di regressione. In Figura 16 sono elencati i coefficienti beta, lo Standard Error dei coefficienti beta, il T-Value, il P-Value ed il VIF per ciascuna variabile X. In Figura 17 si ha un sommario dell'analisi.

$$\begin{aligned} \ln(\text{DSCI}) = & -1,66 - 21,0 \text{ Investimenti pubblici in istruz} + 1,47 \text{ Tasse imprese sui profitti} \\ & - 26,46 \text{ Tasso di disoccupazione} + 4,74 \text{ Quota di reddito detenuto da To} \\ & - 0,0610 \text{ Tempo richiesto per iniziare un} + 5,7 \text{ Investimenti in R\&D} \\ & + 0,000002 \text{ Articoli scientifici pubblicati} + 46,2 \text{ Tasso inflazione} \\ & - 1,54 \text{ Tasso interesse reale} + 0,000000 \text{ Città.Popolazione} \\ & + 0,000003 \text{ Città.Densità} \\ & - 0,0095 \text{ Città.inquinamento} - 0,000000 \text{ GDP} - 0,24 \text{ Spesa pubblica} \end{aligned}$$

Figura 15: Equazione di Regressione

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1,66	1,95	-0,85	0,396	
Investimenti pubblici in istruz	-21,0	15,4	-1,36	0,176	3,34
Tasse imprese sui profitti	1,47	1,57	0,94	0,351	3,70
Tasso di disoccupazione	-26,46	6,85	-3,86	0,000	2,85
Quota di reddito detenuto da To	4,74	5,47	0,87	0,389	5,19
Tempo richiesto per iniziare un	-0,0610	0,0183	-3,33	0,001	1,82
Investimenti in R&D	5,7	17,0	0,33	0,739	2,41
Articoli scientifici pubblicati	0,000002	0,000005	0,32	0,746	87,59
Tasso inflazione	46,2	12,6	3,68	0,000	1,99
Tasso interesse reale	-1,54	4,21	-0,37	0,715	2,38
Città.Popolazione	0,000000	0,000000	0,75	0,455	3,36
Città.Densità	0,000003	0,000023	0,15	0,883	1,46
Città.inquinamento	-0,0095	0,0108	-0,88	0,380	3,87
GDP	-0,000000	0,000000	-0,38	0,706	88,53
Spesa pubblica	-0,24	3,13	-0,08	0,938	8,83

Figura 16: Coefficienti della Regressione

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,972061	49,72%	41,98%	27,17%

Figura 17: Sommario della Regressione

In figura 16 si è evidenziato il valore del coefficiente VIF della variabile GDP. Il VIF (Variance Inflation Factor) rappresenta “il rapporto tra la varianza del modello con variabili indipendenti multiple e la varianza dello stesso modello con quella sola variabile” (James et al., 2017).

In altre parole, il VIF misura l’entità della multicollinearità tra la variabile in oggetto e le altre inserite nel modello (Snee, 1981).

Un VIF maggiore di 5 indica quindi che la variabile è molto correlata con le altre e risulta quindi superflua nell’analisi.

Si è quindi provveduto ad effettuare nuovamente l’analisi rimuovendo la variabile con $VIF > 5$ maggiore, ovvero il GDP, avente VIF, come evidenziato in Figura 16, pari a 88,53.

Di seguito sono riportati gli output della seconda analisi.

In Figura 18 si ha quindi la nuova equazione di regressione, in Figura 19 si hanno i coefficienti ed in Figura 20 il sommario dell’analisi.

$$\begin{aligned} \ln(\text{DSCI}) = & -1,63 - 22,3 \text{ Investimenti pubblici in istruz} + 1,49 \text{ Tasse imprese sui profitti} \\ & - 26,24 \text{ Tasso di disoccupazione} + 4,40 \text{ Quota di reddito detenuto da To} \\ & - 0,0600 \text{ Tempo richiesto per iniziare un} + 6,0 \text{ Investimenti in R\&D} \\ & - 0,000000 \text{ Articoli scientifici pubblicati} + 48,0 \text{ Tasso inflazione} \\ & - 2,28 \text{ Tasso interesse reale} + 0,000000 \text{ Città.Popolazione} \\ & + 0,000003 \text{ Città.Densità} \\ & - 0,00779 \text{ Città.inquinamento} - 0,06 \text{ Spesa pubblica} \end{aligned}$$

Figura 18: Equazione di Regressione, seconda iterazione

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1,63	1,94	-0,84	0,402	
Investimenti pubblici in istruz	-22,3	15,0	-1,49	0,141	3,19
Tasse imprese sui profitti	1,49	1,56	0,95	0,342	3,70
Tasso di disoccupazione	-26,24	6,79	-3,86	0,000	2,83
Quota di reddito detenuto da To	4,40	5,37	0,82	0,415	5,05
Tempo richiesto per iniziare un	-0,0600	0,0180	-3,32	0,001	1,78
Investimenti in R&D	6,0	16,9	0,36	0,723	2,41
Articoli scientifici pubblicati	-0,000000	0,000001	-0,24	0,813	3,40
Tasso inflazione	48,0	11,6	4,14	0,000	1,71
Tasso interesse reale	-2,28	3,71	-0,62	0,540	1,86
Città.Popolazione	0,000000	0,000000	1,44	0,153	1,69
Città.Densità	0,000003	0,000023	0,11	0,912	1,44
Città.inquinamento	-0,00779	0,00972	-0,80	0,425	3,16
Spesa pubblica	-0,06	3,07	-0,02	0,985	8,61

Figura 19: Coefficienti della Regressione, seconda iterazione

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,967525	49,64%	42,52%	29,05%

Figura 20: Sommario della Regressione, seconda iterazione

Come si nota in Figura 19 si hanno ancora 2 variabili con VIF > 5, ovvero la Quota di reddito detenuta dal Top 10% e la Spesa pubblica. Si procede quindi con una terza iterazione rimuovendo la variabile con VIF maggiore, ovvero la Spesa Pubblica.

Sono di seguito riportati gli output della terza analisi. In Figura 21 si ha l'Equazione di Regressione, in Figura 22 i coefficienti ed in Figura 23 il sommario.

$$\begin{aligned}
 \ln(\text{DSCI}) = & -1,65 - 22,4 \text{ Investimenti pubblici in istruz} + 1,47 \text{ Tasse imprese sui profitti} \\
 & - 26,30 \text{ Tasso di disoccupazione} + 4,45 \text{ Quota di reddito detenuto da To} \\
 & - 0,0599 \text{ Tempo richiesto per iniziare un} + 6,0 \text{ Investimenti in R\&D} \\
 & - 0,000000 \text{ Articoli scientifici pubblicati} + 48,0 \text{ Tasso inflazione} \\
 & - 2,29 \text{ Tasso interesse reale} + 0,000000 \text{ Città.Popolazione} \\
 & + 0,000002 \text{ Città.Densità} \\
 & - 0,00780 \text{ Città.inquinamento}
 \end{aligned}$$

Figura 21: Equazione di Regressione, terza iterazione

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1,65	1,64	-1,01	0,316	
Investimenti pubblici in istruz	-22,4	13,1	-1,71	0,091	2,46
Tasse imprese sui profitti	1,47	1,21	1,21	0,229	2,27
Tasso di disoccupazione	-26,30	5,87	-4,48	0,000	2,13
Quota di reddito detenuto da To	4,45	4,50	0,99	0,325	3,59
Tempo richiesto per iniziare un	-0,0599	0,0177	-3,39	0,001	1,73
Investimenti in R&D	6,0	16,7	0,36	0,721	2,38
Articoli scientifici pubblicati	-0,000000	0,000001	-0,24	0,807	3,31
Tasso inflazione	48,0	11,5	4,18	0,000	1,69
Tasso interesse reale	-2,29	3,65	-0,63	0,532	1,83
Città.Popolazione	0,000000	0,000000	1,49	0,140	1,61
Città.Densità	0,000002	0,000022	0,11	0,912	1,39
Città.inquinamento	-0,00780	0,00965	-0,81	0,421	3,15

Figura 22: Coefficienti della Regressione, terza iterazione

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,962311	49,64%	43,14%	30,72%

Figura 23: Sommario della Regressione, terza iterazione

Dalla Figura 22 risulta evidente che nessuna delle 12 variabili indipendenti presenta un VIF > 5.

Si passa quindi alla valutazione dei P-Value p delle variabili.

Il P-Value rappresenta “la probabilità di ottenere risultati uguali o meno probabili di quello osservato durante il test, supposta vera l'ipotesi nulla” (Wasserstein e Lazar, 2016; [26]). Nel nostro caso il test è proprio l'analisi di regressione mentre l'ipotesi nulla è rappresentata dalla nullità del coefficiente beta, ovvero dall'ipotesi che la variabile associata a tale coefficiente non abbia alcun effetto sulla variabile dipendente.

In altri termini, il P-Value evidenzia se la differenza tra il risultato osservato e quello ipotizzato sia da imputarsi alla casualità introdotta dalla selezione della popolazione campionaria, oppure se tale differenza sia statisticamente significativa. Una variabile X è considerata significativa per il test se $p_x > \alpha$.

Ponendo un livello di significatività $\alpha = 0,05$ si ha che una variabile è significativa quando presenta un P-Value maggiore del 5%.

Nel nostro caso le variabili significative risultano quindi: il Tasso di disoccupazione, il Tempo richiesto per iniziare un nuovo business ed il Tasso d'inflazione.

Valutando i coefficienti beta delle tre variabili si evince quindi che il Tasso di disoccupazione ed il Tempo richiesto per iniziare un nuovo business sembrano avere una correlazione negativa con la variabile dipendente, mentre il Tasso di inflazione una positiva.

Risulta inoltre importante analizzare l'R-quadro adjusted ($R\text{-sq}(\text{adj})$) della regressione. L'R-quadro, o indice di determinazione multipla, misura "la frazione della variabilità totale dei dati sperimentali rispetto al loro valore medio spiegata dal modello di regressione" (Vicario e Levi, 2008).

L'R-quadro adjusted ha lo stesso significato statistico dell'R-quadro; tuttavia, mentre il secondo cresce sempre all'aumentare del numero di variabili indipendenti introdotte nel modello, il primo "tiene conto nella spiegazione della parte della variabilità anche del numero di predittori usati [...]" (Vicario e Levi, 2008).

In altre parole, l'R-quadro adjusted rappresenta la percentuale di variabilità spiegata dal modello. Nel nostro caso si ha un R-quadro adjusted pari al 43,14%, che, considerando la natura della ricerca, si è considerato un valore sufficientemente alto.

3.3 L'interpretazione dei risultati

Si discutono qui possibili motivazioni ed implicazioni dei risultati dell'Analisi di Regressione.

Si riportano, per comodità, i valori dei coefficienti delle tre variabili significative in Tabella 11.

Tabella 11: Le variabili significative ed i rispettivi beta

Variabile indipendente	β
Tasso di disoccupazione	-26,30
Tempo richiesto per iniziare un nuovo business	-0,0599
Tasso di inflazione	48,00

Per valutare l'effetto che ciascuna variabile porta al DSCI, è necessario ricordare che si è effettuata una trasformazione logaritmica al fine di normalizzare la variabile risposta.

Si deve quindi esaminare come una variazione della variabile X influenzi la variabile Y DSCI.

Considerando una regressione log-lineare semplice:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Ed incrementando il valore di X di un ΔX si ha:

$$\ln(Y + \Delta Y) = \beta_0 + \beta_1(X + \Delta X)$$

Sottraendo quindi questa dalla prima si ottiene:

$$\ln(Y + \Delta Y) - \ln(Y) = \beta_1 \Delta X$$

Da cui, per piccole ΔX :

$$\beta_1 \cong \frac{\Delta Y/Y}{\Delta X}$$

Si ha allora che, considerando che $100 \times \frac{\Delta Y}{Y}$ rappresenta la variazione percentuale della variabile risposta, una variazione unitaria di X ($\Delta X = 1$) si traduce in una variazione di Y pari a $100\beta_1\%$ (Stock e Watson, 2007).

Nel nostro caso si avrà quindi che, a parità di altre condizioni, un incremento di un punto percentuale del Tasso di disoccupazione porta ad una variazione del DSCI pari a:

$$0,01 \times 100 \times (-26,3)\% = -26,3\%$$

Un incremento pari ad un giorno del Tempo richiesto per iniziare un nuovo business porterà, a parità di altre condizioni, ad una variazione del DSCI:

$$100 \times (-0,0599)\% = -5,99\%$$

Infine, un incremento di un punto percentuale del Tasso di inflazione si tradurrà, a parità di altre condizioni, in una variazione del DSCI pari a:

$$0,01 \times 100 \times (48)\% = 48\%$$

3.3.1. Le possibili ragioni macroeconomiche

Il segno dei coefficienti delle tre variabili significative può essere oggetto di una speculazione di natura economica, al fine di verificare ulteriormente la solidità del metodo adoperato.

Il DSCI presenta una correlazione negativa con il Tasso di disoccupazione.

Un alto Tasso di disoccupazione è indice di bassa efficienza del sistema economico del Paese. È quindi verosimile che ad esso si associ un periodo di difficoltà generalizzato per l'impresa media, che tende a ridurre gli investimenti, soprattutto in tecnologie avanguardistiche e quindi intrinsecamente rischiose quali quelle trattate nel presente lavoro. Il DSCI sarebbe quindi inferiore in Paesi che presentino alti Tassi di disoccupazione in quanto in tali contesti l'investimento in tecnologie avanguardistiche risulta minore, con un conseguente ridotto numero di progetti applicativi di tali tecnologie. È qui evidente l'assunzione secondo cui l'investimento delle imprese in tecnologie di Digital Supply Chain sia quota direttamente proporzionale all'investimento totale delle stesse.

Si consideri inoltre il Tasso di disoccupazione come un segnale per l'imprenditore/innovatore estero dello stato di salute economica del Paese. Assumendo che ciò non differisca per lo specifico imprenditore/innovatore estero che operi nel campo della Digital Supply Chain, e che lo stato di salute economica di un Paese rappresenti un fattore di attrattività per questo, si ha un'ulteriore conferma delle ragioni per cui DSCI e Tasso di disoccupazione risultino negativamente correlate.

Negativa risulta anche la correlazione tra il DSCI ed il Tempo richiesto per iniziare un nuovo business.

È verosimile che un Paese nel quale i tempi richiesti per svolgere le pratiche burocratiche per avviare una nuova attività siano ridotti tenda a risultare maggiormente attrattivo per gli investitori. Inoltre, un basso valore di questa variabile indica probabilmente condizioni in generale più favorevoli per le imprese. In questo caso sarebbe evidente che, come per altri tipi di impresa, un'impresa attiva nel campo della Digital Supply Chain verrebbe attratta da tale Paese più che da un altro.

Se ciò fosse vero rimarrebbe da considerare che un ambiente maggiormente agevole per l'impresa costituirebbe di per sé un vantaggio competitivo per questa rispetto ad un'impresa operante in condizioni più avverse, ampliando quindi, doppiamente, il

divario tra i due DSCI (del Paese a basso Tempo richiesto per iniziare un nuovo business e di quello ad alto)

Con l'espressione "doppiamente" si intende che il DSCI è maggiore in prima battuta perché l'impresa/l'investitore è maggiormente attratto verso quel territorio, in seconda perché in tale territorio trova condizioni più agevoli.

Infine, il Tasso d'inflazione presenta una correlazione positiva con il DSCI.

Come anticipato nel corso del capitolo precedente tale evidenza sembra in linea con le teorie macroeconomiche riguardanti la relazione tra investimenti, e quindi investimenti in tecnologie in campo Digital Supply Chain, e Tasso d'inflazione.

Un'economia in salute tende a presentare un basso Tasso di disoccupazione, correlato negativamente con il Tasso d'inflazione secondo la legge di Okun (Ravazzi, 1993). A causa del basso livello di disoccupazione involontaria l'impresa, in cerca di lavoro, è costretta ad incrementare i salari per "convincere" i lavoratori a lavorare di più. La crescita dei salari rappresenta un incremento dei costi per le imprese che sono dunque costrette a rivalersene sui consumatori, incrementando i prezzi. Si ha quindi la crescita del Tasso d'inflazione. Quindi un buon livello di inflazione, segnalando un basso Tasso di disoccupazione, rappresenta un segnale di salute economica per il Paese, oltre a rappresentare un driver per la stessa, e quindi per gli investimenti tecnologici, a propria volta drivers della creazione di progetti di Digital Supply Chain, per i periodi futuri.

Infine, si può considerare la relazione tra gli investimenti nel Paese ed il Tasso di inflazione anche nel senso inverso. Un Paese nel quale le imprese hanno investito fortemente in tecnologie avanguardistiche potrebbe essere colpito da un incremento dell'inflazione perché le imprese riverserebbero i costi derivanti dai nuovi investimenti sui prezzi al consumatore. Considerando, come detto, l'investimento in tecnologie di Digital Supply Chain come una porzione direttamente proporzionale all'investimento totale, ne consegue la relazione positiva tra Tasso d'inflazione ed implementazione delle stesse.

Capitolo 4. Le conclusioni

Nel presente capitolo si vogliono fornire alcune riflessioni riguardo ai risultati ed alla metodologia utilizzata nel lavoro di Tesi.

Nel primo paragrafo sono discusse alcune implicazioni, scaturenti dagli esiti dell'analisi, per i settori pubblico e privato. Il secondo paragrafo è poi dedicato all'esame delle possibili limitazioni del presente lavoro. Infine, si propongono, nel terzo ed ultimo paragrafo, eventuali ulteriori direzioni verso cui si potrebbe rivolgere la ricerca in questo campo.

4.1 Le implicazioni per il mondo aziendale e pubblico

Come si è visto, le variabili significative, tra quelle selezionate, nell'implementazione di progetti di Digital Supply Chain sono: il Tasso di disoccupazione, il Tempo richiesto per avviare un nuovo business ed il Tasso di inflazione.

Trattandosi di variabili di carattere nazionale risulta interessante fornire alcune interpretazioni riguardo ai possibili spunti che le amministrazioni statali potrebbero trarre da tali risultati, al fine di incentivare investitori ed imprenditori ad innovare in questo campo nel proprio Paese.

Inoltre, sono discussi i percorsi che un'impresa o un'organizzazione potrebbe valutare di intraprendere così da incontrare condizioni maggiormente favorevoli per i propri progetti futuri.

Se un basso Tasso di disoccupazione è già, come noto, una delle prime prerogative delle politiche economiche di un governo (decrementi del Tasso di disoccupazione portano verosimilmente ad un incremento della soddisfazione dell'elettorato, oltre a ridurre la spesa in misure di sostentamento dei cittadini involontariamente disoccupati, efficientare l'economia del Paese e ridurre il tasso di criminalità (Jawadi et al., 2019)),

l'evidenziata correlazione negativa di questo con la presenza di progetti di Digital Supply Chain rappresenta un ulteriore vantaggio nel perseguire tale obiettivo.

Per quanto riguarda il tempo richiesto ad un imprenditore per avviare una nuova attività, risulta evidente che tale misura è diretta conseguenza del livello di burocratizzazione del Paese e di come la macchina burocratica svolge il proprio lavoro. In questo campo molto bene sembrano fare i paesi dell'Oceania, di cui forse, un governo di una Nazione non altrettanto efficiente, potrebbe tentare di imitare il modello, al fine di attrarre imprenditori, innovatori e investitori esteri, e disincentivare la fuga di quelli locali verso aree più propizie.

Infine, come in parte anticipato, il tema del tasso d'inflazione non è altrettanto banale. Un tasso compreso tra l'1 e il 2% può essere considerato un buon compromesso, e la questione non è agevole come per gli altri due indici proprio perché di compromesso si parla. Se dall'analisi svolta risulta che un alto tasso d'inflazione sia correlato con un buon DSCI, è d'altra parte necessario interpretare cosa si intenda per alto.

Esclusa una delle 106 osservazioni prese a studio, i valori più alti d'inflazione del dataset si aggirano attorno al 3,5%, valore considerabile ancora accettabile in un'economia reale. La conseguenza è che sembra importante valutare con attenzione ciò che i risultati evidenziano per questo indice, prendendo comunque atto della forte significatività statistica del beta associato alla variabile. In altre parole, è evidente che tassi d'inflazione eccessivamente elevati portino più costi che benefici.

Dal punto di vista delle imprese i risultati dell'analisi suggeriscono all'imprenditore/innovatore, non avendo questo un ruolo diretto nella determinazione dei tre indici, che spetta come detto all'economia politica, una ricerca delle condizioni locali più agevoli. Innovare quindi in campo Digital Supply Chain in un Paese con bassi livelli di disoccupazione, burocrazia rapida e tassi d'inflazione moderatamente alti sembra essere, dati i risultati del lavoro, la scelta ottima.

4.2 Le limitazioni della ricerca

La ricerca si è sviluppata attorno alla variabile dicotomica riguardante la presenza di progetti di Digital Supply Chain. Tale variabile, come ovvio, non è però in grado di catturare informazioni quali l'impatto del progetto sull'area interessata o il ritorno economico scaturitone per chi ha finanziato o applicato il progetto.

Un limite è inoltre da riscontrare nel processo di selezione di tali progetti. Infatti, è verosimile che il luogo dal quale è stata effettuata la ricerca, l'Italia, e la lingua in cui sono state digitate le parole chiave, l'inglese, abbiano costituito dei bias. Risulta inoltre evidente che progetti meno "pubblicizzati" sul web, sia per ragioni di confidenzialità che di disinteresse da parte dei media, avessero poca o nessuna possibilità di essere selezionati. Formalmente, la casualità del processo di estrazione e la rappresentatività del campione non si possono considerare perfette. In ogni caso, si sono ritenuti, questi, come errori sistematici difficilmente scongiurabili.

Altro limite è stato rappresentato dalla difficile reperibilità di alcuni dei dati riguardanti le variabili indipendenti, in particolare per i Paesi meno sviluppati e le città di dimensioni più ridotte, com'era pronosticabile. Ciò ha portato a dover utilizzare, in alcuni rari casi, informazioni piuttosto datate.

A riguardo, c'è inoltre da sottolineare che il DSCI fornisce, per sua costruzione, un'informazione aggregata riguardo ai progetti riscontrati, ciascuno dei quali ha una propria collocazione temporale, che viene persa nel processo di aggregazione. Tale problema è di difficile risoluzione, non solo per l'incremento del livello di complessità che assumerebbe l'analisi, quanto e soprattutto per la difficoltà nel reperire le informazioni costituenti le variabili indipendenti, per ogni anno e per ciascuna osservazione.

4.3 I potenziali sviluppi

Per quanto riguarda lo studio delle tecnologie della Digital Supply Chain, successivi sforzi potrebbero concentrarsi sull'investigazione degli impatti delle singole tecnologie sul contesto locale in cui vengono applicate. Interessante sarebbe poi analizzare l'efficacia tecnico-economica dell'applicazione di tali progetti in contesti diversi.

Un'ulteriore possibile direzione potrebbe riguardare lo studio dei benefici e delle problematiche scaturenti dalle diverse combinazioni tra le varie tecnologie discusse, e le relative ragioni. Alcune di queste potrebbero presentare importanti sinergie, beneficiando le une della presenza delle altre, come lascia intuire il frequente utilizzo simultaneo verificatosi in molteplici contesti.

In tema di sinergie, sarebbe poi interessante valutare quali siano le imprese/organizzazioni che tendono ad applicare più efficacemente tali tecnologie, individuandone i fattori comuni.

Riavvicinandosi agli scopi del presente lavoro potrebbe risultare rilevante effettuare un simile studio per ciascuna delle tecnologie, al fine di rilevare eventuali discrepanze con i risultati ottenuti con l'indice aggregato DSCI.

Un'ulteriore direzione d'investigazione potrebbe riguardare la durata degli effetti dei progetti ed un esame dell'impatto di lungo periodo sulla profittabilità degli attori coinvolti. Tali direzioni di ricerca risultano però attualmente premature a causa dell'innovatività delle tecnologie trattate.

Bibliografia

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., & Mohamed, M. (2018), "Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems", *Future Gener. Comput. Syst.*, Vol. 86, pp. 614-628.
- Abedi, M., Fathi, M. S., & Rawai, N. M. (2013), "The impact of cloud computing technology to precast supply chain management", *International Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 2, No. 4A, pp. 13–16.
- Abeyratne, S. A., and R. P. Monfared. (2016), "Blockchain Ready Manufacturing Supply Chain Using Distributed Ledger", *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 5, No. 9, pp. 1–10.
- Addo-Tenkorang, R. & Helo, P. (2016), "Big Data Applications in Operations/Supply-Chain Management: A Literature Review", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 101.
- Ahmad, I., Md. Noor, R., Ali, I., Imran, M. & Vasilakos, A. (2017), "Characterizing the role of vehicular cloud computing in road traffic management", *International Journal of Distributed Sensor Networks*, Vol. 13.
- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M. & Ayyash, M. (2015), "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols and Applications", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 17.
- Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A, Stoica, I. & Zaharia, M, (2010), "A view of cloud computing", *Commun. ACM*, Vol. 53, pp. 50–58.
- Athreya, A. & Tague, P. (2013), "Network self-organization in the Internet of Things", in *IEEE International Conference on Sensing, Communications and Networking, SECON 2013*, IEEE, New Orleans, LA, pp. 25-33.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010), "The Internet of Things: A survey", *Computer Networks*, Vol. 54, pp. 2787-2805.
- Baryannis, G., Validi, S., Dani, S. & Antoniou, G. (2018), "Supply Chain Risk Management and Artificial Intelligence: State of the Art and Future Research Directions", *International Journal of Production Research*, Vol. 10.

- Bechtsis, D., Moisiadis, V., Tsolakis, N., Bochtis, D., Vlachos, D. (2017), "Scheduling and control of unmanned ground vehicles for precision farming: A real-time navigation tool", in *CEUR Workshop Proceedings*, pp. 180-187.
- Ben-Daya, M., Hassini, E. & Bahroun, Z. (2017), "Internet of things and supply chain management: a literature review", *International Journal of Production Research*, Vol. 57, pp. 1-24.
- Berman S. & Edan Y. (2002), "Decentralized autonomous AGV system for material handling", *International Journal of Production Research*, Vol. 40, No. 15, pp. 3995–4006.
- Berman, B. (2012), "3-D printing: The new industrial revolution", *Business Horizons*, Vol. 55.
- Bini S.A. (2018), "Artificial intelligence, machine learning, deep learning, and cognitive computing: what do these terms mean and how will they impact health care?", *Journal of Arthroplasty*, Vol. 33, No.8, pp. 2358- 2361.
- Büyüközkan, G. & Göçer, F. (2018), "An Extension of ARAS Methodology under Interval Valued Intuitionistic Fuzzy Environment for Digital Supply Chain", *Applied Soft Computing*, Vol. 69.
- Cao, R., Schniederjans, D. & Schniederjans, M. (2017), "Establishing the use of cloud computing in supply chain management", *Operations Management Research*, Vol. 10.
- Chen, C.C., Hung, M.H., Li, P.Y., Lin, Y., Liu, Y., & Cheng, F. (2018), "A Novel Automated Construction Scheme for Efficiently Developing Cloud Manufacturing Services", *IEEE Robotics & Automation Letters*, Vol. 99, pp. 1-10.
- Chen, Y., Wang, Q., Chen, H., Song, X., Tang, H. & Tian, M. (2019), "An overview of augmented reality technology", *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1237.
- Christopher, M. (2005), *Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks*, Financial Times Prentice Hall, Dorchester.
- Christopher, M. (2011), *Logistics and Supply Chain Management*, Financial Times Prentice Hall, London.
- Da Silva, V., Kovaleski, J. & Pagani, R. (2019), "Technology transfer in the supply chain oriented to industry 4.0: a literature review", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 31, pp. 546-562.
- De Mauro, A. (2019), *Big data analytics: guida per iniziare a classificare e interpretare dati con il machine learning*, Apogeo, Milano.

- Durach, C., Kurpjuweit, S. & Wagner, S. (2017), "The impact of additive manufacturing on supply chains", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 47, pp. 954-971.
- Ethirajan, M. & Kandasamy, J. (2018), "A review of Internet of Things (IoT) embedded Sustainable Supply Chain for Industry 4.0 requirements", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 127, pp. 925-953.
- Fan, W. & Liang, Z. (2012), "An overview of the development and application of augmented reality technology", *Computer Knowledge and Technology*, Vol. 34.
- Ferraguti, F., Talignani Landi, C., Secchi, C., Fantuzzi, C., Nolli, M. & Pesamosca, M. (2017), "Walk-through Programming for Industrial Applications", *Procedia Manufacturing*, Vol. 11, pp. 31-38.
- Frederico, G., Garza-Reyes, J. A., Anosike, A. & Kumar, V. (2019), "Supply Chain 4.0: Concepts, Maturity and Research Agenda", *Supply Chain Management*, Vol. 25, pp. 262-282.
- Galindo, J., & Tamayo, P. (2000), "Credit Risk Assessment Using Statistical and Machine Learning: Basic Methodology and Risk Modeling Applications", *Computational Economics*, Vol. 15, No.1, pp. 107–143.
- Gibson, I., Rosen, D. & Stucker, B. (2015), *Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing, second edition*, Springer, Boston, MA.
- Hofmann, E. (2015), "Big data and supply chain decisions: the impact of volume, variety and velocity properties on the bullwhip effect", *International Journal of Production Research*, pp. 1-19.
- Howard, D., Danielle, D. (2013), "Public Perceptions of Self-driving Cars: The Case of Berkeley, California", in *Transportation Research Board 93rd Annual Meeting*.
- Ivanov, D., Das, A. & Choi, T. (2018), "New flexibility drivers for manufacturing, supply chain and service operations", *International Journal of Production Research*, pp. 1-10.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B. & Ivanova, M. (2019), "Intellectualization of control: cyber-physical supply chain risk analytics", *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 52, pp. 355-360.
- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B. (2019), "The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics", *International Journal of Production Research*, Vol. 57, No.3, pp. 829–846.

Ivanov, D., Hosseini, S. & Dolgui, A. (2019), "Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis", *Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review*, Vol. 125, pp. 285-307.

James, G., Witten, D., Hastie, T. & Tibshirani, R. (2017), *An Introduction to Statistical Learning (8th ed.)*, Springer, New York.

Jawadi, F., Mallick, S., Cheffou, K. & Augustine, A. (2019). "Does Higher Unemployment Lead to Greater Criminality? Revisiting the Debate over the Business Cycle", *Journal of Economic Behavior & Organization*.

Jinqi, P., Taiyang, P. & Lei, R. (2017), "The Supply Chain Network on Cloud Manufacturing Environment Based on COIN Model with Q-Learning Algorithm", in *2017 5th International Conference on Enterprise Systems (ES)*, IEEE, Beijing, pp. 52-57.

Kagermann, H., Johannes, H., Ariane, H. & Wolfgang W. (2013), "Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the Future of German Manufacturing Industry", in *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, Acatech, Frankfurt, pp.1-84.

Khan, M., Uddin, M. & Gupta, N. (2014), "Seven V's of Big Data understanding Big Data to extract value", in *Proceedings of the 2014 Zone 1 Conference of the American Society for Engineering Education*, IEEE, Bridgeport, CT, pp. 1-5.

Khan, R., Khan, S., Zaheer, R. & Khan, S. (2012), "Future Internet: The Internet of Things Architecture, Possible Applications and Key Challenges", in *2012 10th International Conference on Frontiers of Information Technology*, IEEE, Islambad, pp. 257-260.

Koloz, B., Grant-Muller, S. & Djemame, K. (2013), "Modelling uncertainty in the sustainability of Intelligent Transport Systems for highways using probabilistic data fusion", *Environmental Modelling and Software*, Vol. 49, pp. 78-97.

KPMG, (2012) "Self-driving cars: The next revolution", Center for Automotive Research, New York, pp. 1-36.

Kshetri, Nir. (2018), "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives", *International Journal of Information Management*, Vol. 39, pp. 80-89.

Kumar, M., Graham, G., Hennelly, P. & Srail, J. (2016), "How will smart city production systems transform supply chain design: a product-level investigation", *International Journal of Production Research*, pp. 1-12.

Laney, D. (2001), "3D Data Management: Controlling Data Volume, Velocity, and Variety", *META Group*.

- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T. & Hoffmann, M. (2014), "Industry 4.0", *Business & Information Systems Engineering*, Vol. 6, pp. 239-242.
- Lee, E. A. (2008), "Cyber physical systems: Design challenges", in *11th IEEE Symposium on Object/Component/Service-Oriented Real-Time Distributed Computing, ISORC 2008*, IEEE, Orlando, FL, pp. 363-369.
- López, P., Fernández, D., Jara, A.J. & Skarmeta, A.F. (2013), "Survey of Internet of Things Technologies for Clinical Environments", in *27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, Barcelona, 2013*, IEEE, Barcelona, pp. 1349-1354.
- López, T.S., Ranasinghe, D.C., Patkai, B. & McFarlane, D. (2011), "Taxonomy, technology and applications of smart objects", *Information Systems Frontiers*, Vol. 13, pp. 281–300.
- Mahadevan, B. & Narendran T.T. (1990), "Design of an automated guided vehicle-based material handling system for a flexible manufacturing system", *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 9, pp. 1611–1622.
- McAfee, A. & Brynjolfsson, E. (2012), "Big Data: the management revolution", *Harvard Business Review*, Vol. 90, No. 10, pp. 60-66.
- Meva, D. (2014), "Issues and Challenges of Security in Cloud Computing Environment".
- Miraz, M.H., Ali, M., Excell, P.S. & Picking, R. (2015), "A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT)", in *2015 Internet Technologies and Applications (ITA)*, IEEE, Wrexham, pp. 219-224.
- Nakamoto, S. (2009). "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", *Cryptography Mailing list at <https://metzdowd.com>*.
- Naylor, C.D. (2018), "On the prospects for a (deep) learning health care system", *Journal of American Medical Association*, Vol. 320, No. 11, pp. 1099–1100.
- Ngo, T., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. & Hui, D. (2018), "Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges", *Composites Part B Engineering*, Vol. 143.
- Patgiri, R., & Ahmed, A. (2016), "Big Data: The V's of the Game Changer Paradigm", in *2016 IEEE 18th International Conference on High Performance Computing and Communications*, IEEE, Sydney, NSW, pp. 17-24.

- Pfhol, H.Ch., Yahsi, B. & Kurnaz T. (2015), "The impact of Industry 4.0 on the supply chain", in *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, HICL, Hamburg, pp.1-30.
- Ragunathan, R., Insup L., Lui, S. & Stankovic, J. (2010), "Cyber-physical systems: the next computing revolution", in *Proceedings of the 47th Design Automation Conference (DAC '10)*, Association for Computing Machinery, New York, NY, pp. 731–736.
- Rai, A., Patnayakuni, R., & Seth, N. (2006), "Firm performance impacts of digitally enabled supply chain integration capabilities", *MIS Quarterly*, Vol. 30, No. 2, pp. 225–246.
- Ravazzi, P. (1993), *Il sistema economico. Teoria micro e macroeconomica*, La Nuova Italia Scientifica, Roma.
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J. & Shen, L. (2019), "Blockchain Technology and Its Relationships to Sustainable Supply Chain Management.", *International Journal of Production Research*, Vol. 57, No. 7, pp. 2117–2135.
- Schniederjans, D.G. & Hales, D.N. (2016), "Cloud Computing and its impact on economic and environmental performance: A transaction cost economics perspective", *Decision Support Systems*, Vol. 86, pp. 73–82.
- Schniederjans, D.G., Ozpolat, K., & Chen, Y. (2016), "Humanitarian supply chain use of cloud computing", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 21, No. 5, pp. 569–588.
- Schoenherr, T. & Speier-Pero, C. (2015), "Data Science, Predictive Analytics, and Big Data in Supply Chain Management: Current State and Future Potential", *Journal of Business Logistics*, Vol. 36.
- Sherwani, F., Asad, M.M. & Ibrahim, B.S.K.K. (2020), "Collaborative Robots and Industrial Revolution 4.0 (IR 4.0)", in *2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies, ICETST 2020*, IEEE, Karachi, pp. 1-5.
- Shmueli, G. & Koppius, O. (2011), "Predictive analytics and information systems research", *MIS Quarterly*, Vol. 35 No. 3, pp. 553-572.
- Simeone, A., Caggiano, A., Boun, L. & Deng, B. (2019), "Intelligent cloud manufacturing platform for efficient resource sharing in smart manufacturing networks", *Procedia CIRP*, Vol. 79, pp. 233-238.
- Smith, P.C. & Laage-Hellman, J. (1992), *Small Group Analysis in Industrial Networks*, Routledge, London.

Snee, R. (1981), *Who Invented the Variance Inflation Factor?*, Snee Associates, Newark

Snijders, C., Matzat, U. & Reips, U.D. (2012), ““Big Data”: Big Gaps of Knowledge in the Field of Internet Science”, *International Journal of Internet Science*, Vol. 7, pp. 1-5.

Snyder, L. V., Atan, Z., Peng, P., Rong, Y., Schmitt, A.J. & Sinssoyal, B. (2016), “OR/MS Models for Supply Chain Disruptions: A Review”, *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, Vol. 48, No.2, pp. 89–109.

Stankovic, J. (2014), “Research Directions for the Internet of Things”, *Internet of Things Journal*, Vol. 1, pp. 3-9.

Stock, J. H., & Watson, M. W. (2007), *Introduction to econometrics*, Pearson/Addison Wesley, Boston.

Stoltz, M.H., Giannikas, V., Mcfarlane, D., Strachan, J., Um, J. & Srinivasan, R. (2017), “Augmented reality in warehouse operations: Opportunities and challenges”, *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 50.

Strong, D., Kay, M., Conner, B., Wakefield, T. & Manogharan, G. (2018), “Hybrid manufacturing – integrating traditional manufacturers with additive manufacturing (AM) supply chain”, *Additive Manufacturing*, Vol. 21.

Tan, J. & Koo, S. (2014), “A Survey of Technologies in Internet of Things”, in *Proceedings - IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, DCOSS 2014*, IEEE, Dubrovnik, pp. 269-274.

Vicario, G. & Levi, R. (2008), *Metodi statistici per la sperimentazione*, Esculapio, Bologna.

Wadud, Z. (2017), “Fully automated vehicles: A cost of ownership analysis to inform early adoption”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 101, pp. 163-176.

Wasserstein, R.L. & Lazar, N.A. (2016), “The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose”, *The American Statistician*, Vol. 70, No. 2, 7, pp. 129–133.

Wei, J. (2018), “Research Progress and Application of Computer Artificial Intelligence Technology”, *MATEC Web of Conferences*, Vol. 176.

Wen, J., He, L. & Zhu, F. (2018), “Swarm Robotics Control and Communications: Imminent Challenges for Next Generation Smart Logistics”, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 56, pp. 102-107.

Wu, D., Rosen, D.W., Wang, L. & Schaefer, D. (2014), “Cloud-based manufacturing: old wine in new bottles?”, *Procedia CIRP*, Vol. 17, pp. 94–99.

Wu, L. & Yue, X. & Jin, A. & Yen, D. (2016), "Smart supply chain management: A review and implications for future research", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 27, pp. 395-417.

Xu, X. (2012), "From cloud computing to cloud manufacturing", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 28, pp. 75-86.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H.N., Chen, X. & Wang, H. (2017), "An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends", in *2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, IEEE, Honolulu, HI, pp. 1-8.

Zhou, J. & Lin, Z. (2019), "Collaboration mechanisms of cloud manufacturing service platform for supply chain", in *ICCIP '19: Proceedings of the 5th International Conference on Communication and Information Processing*, Association for Computing Machinery, New York, NY, pp. 149-153.

Sitografia

- [1]<https://www.landmark.solutions/Portals/0/LMSDocs/Whitepapers/The7pillarsofBigDataWhitepaper.pdf>
- [2]<http://dataconomy.com/seven-vs-big-data/>
- [3]<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/strategy/supply-chain/>
- [4]<https://u3035560internetmarketing.wordpress.com/2018/09/18/what-is-big-data-3vs/>
- [5]<https://towardsdatascience.com/iot-in-action-a8b7fac83619>
- [6]https://medium.com/@colinbaird_51123/a-primer-on-cloud-computing-9a34e90303c8
- [7] <https://www.blockchain4innovation.it/esperti/blockchain-perche-e-cosi-importante/>
- [8]<https://101blockchains.com/ultimate-blockchain-technology-guide/>
- [9]<http://addi-data.com/cps-cyber-physical-systems/>
- [10]<http://robotglobe.org/global-collaborative-robot-market-worth-us95-0-bn-2024/>
- [11]https://www.freepik.com/free-vector/automated-robot-delivery-isometric-icons-collection-with-cute-remote-controlled-humanoid-quadruple-drone-unmanned-vehicles-illustration_6870891.htm#page=1&query=unmanned&position=15
- [12]<https://new.abb.com/news/detail/56908/additive-manufacturing>
- [13]<http://www.as-map.com/2017/09/17/artificial-intelligence-landscape/>
- [14]<https://www.linkedin.com/pulse/augmented-reality-enriching-experience-shop-floor-workers-ballard/>
- [15]<https://www.worldbank.org/>
- [16]<https://www.wikipedia.org/>
- [17]<https://tradingeconomics.com/>
- [18]<http://www.herdata.org/>
- [19]<https://taxsummaries.pwc.com/>
- [20]<https://www.cia.gov/index.html>
- [21]<https://leanpub.com/>
- [22]<http://www.taipeitimes.com/>
- [23]<https://www.statista.com/>
- [24]<https://www.statista.com/>

- [25]<https://www.statisticssolutions.com/factor-analysis-sem-factor-analysis/#:~:text=Factor%20analysis%20is%20a%20technique,this%20score%20for%20further%20analysis.>
- [26]<https://fivethirtyeight.com/features/not-even-scientists-can-easily-explain-p-values/>
- [27]<https://www.opengovasia.com/milk-supply-chain-project-uses-iot-to-boost-australias-dairy-industry/>
- [28]<https://www.coindesk.com/bhp-billiton-blockchain-mining-company-supply-chain>
- [29]<https://www.sdexec.com/warehousing/press-release/21130559/ceva-logistics-ceva-logistics-deploys-automated-mobile-robots-at-its-melbourne-supersite>
- [30]<https://www.mining-technology.com/features/featurerio-tinto-rolling-out-the-worlds-first-fully-driverless-mines-4831021/>
- [31]<https://www.australfisheries.com.au/news/2018/austral-partner-with-wwf,-bcgdv-to-launch-opensc>
- [32]<https://www.iothub.com.au/news/combining-iot-and-blockchain-for-supply-chain-tracking-492501>
- [33]<https://tracxn.com/d/companies/supplylite.com>
- [34]<https://pando.com/2013/10/14/zookal-starts-world-first-delivery-by-drone-service-in-sydney/>
- [35]<https://www.abc.net.au/news/2014-08-29/google-project-wing-drone-delivery-test-warwick-queensland/5707034>
- [36]https://static1.squarespace.com/static/58f7bc39bebafb94498d25bf/t/59cdf9a61ecc2fc87854/1506672579921/VC_RC_press.pdf
- [37]<https://www.prewave.ai/about-us>
- [38]<https://www.element61.be/en/resource/optimising-supply-chain-artificial-intelligence-microsoft-azure>
- [39]<https://www.dpworldantwerp.com/newsletters/port-of-antwerp-launches-big-data-platform-nxtport>
- [40]<https://t-mining.be/news1/2018/1/4/secure-container-relase>
- [41]<https://www.simac.be/en/news-old/volvo-car-ghent-supply-chain-efficiency-iot-solution-simac-and-sensolus>
- [42]<https://www.supplychaindigital.com/technology/nulogy-partners-canadian-governments-scaleai-launch-intelligent-supply-chain-project>
- [43]<https://medium.com/insolar/uranium-one-and-insolar-join-forces-to-research-possible-improvements-in-supply-chain-and-41f4c0d7245>

- [44]<https://nulogy.com/news-events/nulogy-news/first-ai-powered-capability/>
- [45]<http://www.metalsnews.com/Metals+News/GlobeNewswire/GlobeNewswire+Newswire/MNNEWS1226869/Kutchocopper+launches+MineHub+Technologies+with+Industry+Partners.htm>
- [46]http://www.xinhuanet.com/english/2018-01/21/c_136913185.htm
- [47]<https://futureiot.tech/jd-com-opens-5g-powered-iiot-logistics-park-in-beijing/>
- [48]<https://bravenewcoin.com/insights/walmart-ibm-and-tsinghua-university-to-use-a-blockchain-for-food-supply-chain-tracking-in-china>
- [49]<https://www.linkedin.com/company/geekplusrobotics/about/>
- [50]<https://www.transparency-one.com/carrefour-launch-visual-trust/>
- [51]https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=mWVA1BUc9IY
- [52]<https://www.ccn.com/alibaba-subsi-dary-reports-successful-use-blockchain-technology-logistics-data/>
- [53]http://www.ehangzhou.gov.cn/2019-10/18/c_269295.htm
- [54]<https://medium.com/@vechainofficial/vechain-partners-with-shanghai-gas-and-enn-to-pilot-blockchain-enabled-liquified-natural-gas-5b6f517b22d9>
- [55]<https://roboticsandautomationnews.com/2017/12/04/suning-launches-basically-unmanned-automated-warehouse-with-plans-to-use-1000-robots/15272/>
- [56]<https://www.youtube.com/watch?v=5giiug2T-bU>
- [57]<https://www.skoda-storyboard.com/en/press-releases/skoda-auto-tests-video-mapping-augmented-reality-helps-when-loading-pallets-in-logistics/>
- [58]<https://www.rfid-im-blick.de/en/201704103883/maersk-improves-the-entire-cold-chain-with-iiot-solutions.html>
- [59]<https://www.nepcon.org/newsroom/fraud-certified-products-blockchain-answer>
- [60]<https://blockchain-expo.com/global/partners/skyfchain/>
- [61]<http://warehousenews.co.uk/2011/09/vision-system-achieves-100-error-free-picking/>
- [62]<https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/logistics-blockchain/>
- [63]<https://actforfood.carrefour.it/Perche-agire/BLOCKCHAIN>
- [64]<https://blog.ambrosus.com/in-depth-the-madagascar-bourbon-vanilla-supply-chain-on-amb-net-7f42ab0f5c9e>
- [65]<https://www.gefco.net/en/newsroom/detail/news/al-awards-stories-1-artificial-intelligence-and-big-data-gefco-takes-the-plunge/>
- [66]<https://tech.sncf.com/en/dossier/autonomous-trains/>

- [67]<http://www.cma-cgm.com/news/2565/cma-cgm-is-ordering-50-000-traxens-trackers-increasing-its-offer-of-connected-containers>
- [68]<https://www.ledgerinsights.com/port-of-marseille-blockchain/>
- [69]<https://www.milanofinanza.it/news/lvmh-lancia-la-prima-blockchain-che-traccia-il-mercato-del-lusso-201905161954346027>
- [70]<https://www.talend.com/resources/big-data-supply-chain/>
- [71]<https://www.businesswire.com/news/home/20151123005095/en/Checkpoint-Systems-Chosen-DECATHLON-Extend-RFID-Source>
- [72]<https://www.computerworld.com/article/2499862/dhl-wireless-locator-device-tracks-its-location-in-a-box-of-cargo.html>
- [73]<https://media.blueyonder.com/2020/06/24/dhl-supply-chain-launches-software-platform-with-blue-yonder/>
- [74]<https://www.dhl.com/global-en/home/press/press-archive/2018/dhl-and-accenture-unlock-the-power-of-blockchain-in-logistics.html>
- [75]<https://www.retaildive.com/news/dhl-taps-alexa-to-deliver-package-status-updates/442459/>
- [76]<http://www.biba.uni-bremen.de/en/news/article/celluveyor-success-story-with-dhl.html>
- [77]<https://ecommercenews.eu/german-ecommerce-company-otto-uses-ai-reduce-returns/>
- [78]<https://www.forbes.com/sites/stevebanker/2016/04/01/the-hamburg-port-authoritys-impressive-iot-project/#68445e176c64>
- [79]<https://news.sap.com/france/2014/08/port-of-hamburg-expands-cloud-application/>
- [80]<https://www.hamburg-news.hamburg/en/innovation-wissenschaft/how-hamburgs-logistics-sector-uses-blockchain>
- [81]<https://which-50.com/machine-learning-helps-adidas-recast-its-supply-chain-so-customers-can-co-create/>
- [82]<https://www.youtube.com/watch?v=tYNCDwWrOkE>
- [83]<https://www.controleng.com/articles/automotive-company-using-the-iot-to-improve-warehouse-productivity/>
- [84]<http://www.logisticamente.it/Articoli/12765/bmw-punta-su-blockchain-e-cloud-per-monitorare-la-supply-chain-logistica/>
- [85]<https://www.swisslog.com/it-it/casi-di-successo-e-referenze/casi-di-successo/2016/07/gries-deco-company>

- [86]<https://aircargoworld.com/news/equipment/aircraft/dhl-parcelcopter-3-0-gets-james-bond-treatment-in-bavaria-video/>
- [87]<https://www.daimler.com/sustainability/resources/blockchain-pilot-project-supply-chain.html>
- [88]<https://www.swarmlogistics.net/>
- [89]https://www.dhl.com/en/press/releases/releases_2016/all/logistics/dhl_employs_robot_as_pickers_best_companion.html
- [90]<https://www.corrierecomunicazioni.it/digital-economy/volkswagen-sposta-le-fabbriche-sul-cloud-alleanza-con-amazon-per-innovare-la-supply-chain/>
- [91]<https://www.volkswagen-newsroom.com/en/press-releases/from-mine-to-factory-volkswagen-makes-supply-chain-transparent-with-blockchain-4883>
- [92]<https://www.300cubits.tech/>
- [93]<https://www.youtube.com/watch?v=3iFEuORrJYo>
- [94]<https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/608/htm>
- [95]<https://timesofindia.indiatimes.com/city/surat/city-based-diamond-cos-begin-to-adopt-blockchain-technology/articleshow/63152427.cms>
- [96]<https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/alleanza-coop-ibm-ecco-la-blockchain-per-la-tracciabilita-delle-uova/>
- [97]<https://digithon.it/startups/mink>
- [98]<https://www.amsacloudmanufacturing.it>
- [99]<https://agronotizie.imagelinenetwork.com/agricoltura-economia-politica/2018/04/19/enology-la-blockchain-pubblica-e-gratuita-a-garanzia-del-vino/58387>
- [100]<https://www.blockchain4innovation.it/mercati/agrifood/blockchain-per-il-frozen-food-bofrost-traccia-merluzzo-e-carciofi/>
- [101]<https://www.waynet.it/internet-of-things-iot/geolocalizzazione-trasporto-merci/>
- [102]<https://www.claind.it/it/claind4you/>
- [103]<https://roboticsandautomationnews.com/2019/03/20/righthand-robotics-partners-with-paltac-to-further-automate-supply-chain-operations/21405/>
- [104]<https://www.investinblockchain.com/supply-chain-blockchain-projects/>
- [105]<https://www.ghsupplychain.org/index.php/key-initiatives/unmanned-aerial-vehicles-health-commodity-transportation-and-delivery>
- [106]<http://www2.cio.co.nz/article/658294/mainfreight-uses-iot-locate-hazardous-goods/>

- [107]<https://www.iod.org.nz/resources-and-insights/news-and-articles/the-blockchain-game-changer/#>
- [108]<https://techcrunch.com/2016/08/26/flirtey-flies-pies-for-dominos-in-new-zealand/>
- [109]<https://microsoft.github.io/techcasestudies/iot/2016/11/29/Powel.html>
- [110]<https://andina.pe/ingles/noticia-peru-google-minsur-work-on-mineral-traceability-project-for-technological-industries-778786.aspx>
- [111]<https://www.the-blockchain.com/2018/03/12/openport-and-xvc-logistics-partner-to-solve-real-time-shipment-tracking-in-asia/>
- [112][https://en.wikipedia.org/wiki/Zipline_\(drone_delivery\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Zipline_(drone_delivery))
- [113]<https://aircargoworld.com/news/dhl-supply-chain-launches-smart-warehouse-in-singapore>
- [114]https://www.ey.com/en_gl/news/2019/11/ey-blockchain-platform-supports-blockchain-wine-pte-ltd-to-launch-tattoo-wine-marketplace-across-asia-pacific
- [115]<https://www.automotivelogistics.media/17440.article>
- [116]<https://www.greyorange.com/news/greyorange-launched-ai-powered-butler-pickpal-to-revolutionise-autonomous-fulfilment-in-logistics-centers/>
- [117]<https://www.zetes.com/en/warehouse-solutions/inbound-logistics/azucarera-opts-for-rfid-solution-to-enhance-product>
- [118]<https://www.fleetowner.com/technology/article/21703539/shipchain-scanlog-team-on-blockchain-program>
- [119]<https://www.stralfors.com/news-room/press-releases-and-news/2018/postnord-launches-3d-portal-for-on-demand-3d-solutions/>
- [120]<https://www.iot-now.com/2017/10/04/68185-arviem-launches-real-time-container-monitoring-tracking-service-shipments/>
- [121]<https://www.prnewswire.com/news-releases/peer-ledger-and-pamp-announce-a-comprehensive-and-inclusive-solution-for-optimal-management-of-global-supply-chain-risks-300706213.html>
- [122]<https://www.supplychaindive.com/news/msc-50k-smart-containers-iot-sensors/539890/>
- [123]https://fintechnews.ch/blockchain_bitcoin/swiss-made-blockchain-platform-to-trace-the-coffee-supply-chain/30793/
- [124]<https://modum.io/news/modum-goes-live>
- [125]<https://www.nestle.com/media/pressreleases/allpressreleases/nestle-open-blockchain-pilot>

- [126]<https://morpheus.network/>
- [127]<https://goexplorer.org/blockchain-powered-coffee-bext360/>
- [128]<https://www.worldoil.com/news/2018/12/10/adnoc-has-implemented-ibm-blockchain-technology-to-streamline-daily-transactions>
- [129]<https://www.dezeen.com/2018/06/06/video-ocado-warehouse-shopping-robots-movie/>
- [130]<https://www.wsj.com/articles/amazon-conducts-first-commercial-drone-delivery-1481725956>
- [131]<https://blog.foodlogiq.com/blockchain-plot>
- [132]<https://www.forbes.com/sites/rachelarthur/2017/05/10/garment-blockchain-fashion-transparency/#51a4f4ec74f3>
- [133]<https://www.theguardian.com/business/2017/jun/27/ocados-self-drive-vehicle-makes-deliveries-in-first-uk-trials>
- [134]https://www.nweurope.eu/media/6621/slides-by-reamit-partners-for-kick-off-meeting_16may19.pdf
- [135]<https://internetofbusiness.com/iiot-motion-nissans-autonomous-vehicles/>
- [136]<https://llamasoft.com/demand-guru/>
- [137]<https://www.scmr.com/article/how-they-did-it-moving-ibms-smarter-supply-chain-to-the-cloud>
- [138]<https://www.ibm.com/it-it/blockchain/solutions/food-trust>
- [139]https://www.ame.org/files/presentation_ibm.pdf
- [140]<https://blogs.wsj.com/cio/2018/07/17/ups-it-chief-says-ambitious-analytics-project-will-improve-logistics-planning/>
- [141]<https://multichannelmerchant.com/operations/ups-looks-solve-supply-chain-issues-blockchain-patent/>
- [142]<https://roboticsandautomationnews.com/2020/05/26/ups-unveils-new-smart-warehouse-system-which-integrates-amrs-from-locus-robotics/32449/>
- [143]<https://www.wsj.com/articles/amazon-foes-walmart-and-microsoft-deepen-tech-partnership-1531800060>
- [144]https://medium.com/@infopulseglobal_9037/blockchain-in-supply-chain-management-key-use-cases-and-benefits-6c6b7fd43094
- [145]<https://fortune.com/2016/06/02/walmart-drones-warehouses/>
- [146]<https://www.linkedin.com/company/oculogx/about/>
- [147]https://www.mwpvl.com/html/kiva_systems.html

- [148]<https://www.bita.studio/>
- [149]<https://www.timesfreepress.com/news/breakingnews/story/2019/oct/08/kenco-innovation-lab-robots-augmented-reality/505356/>
- [150]<https://www.logility.com/press-release/dixon-valve-and-coupling-company-llc-implements-logility-voyager-solutions-as-platform-for-global-sales-and-operations-planning/>
- [151]<https://www.e2open.com/e2open-accelerates-demand-planning-at-leading-global-companies/>
- [152]<https://6river.com/case-study/healing-hands-doubles-productivity/>
- [153]<https://www.prnewswire.com/news-releases/bleum-announces-warehouse-and-logistics-robotic-system-300564490.html>
- [154]<https://www.wired.com/2016/10/ubers-self-driving-truck-makes-first-delivery-50000-beers/>
- [155]<https://www.leewayhertz.com/blockchain-supply-chain/>
- [156]<https://www.mdciautomation.com/blog>
- [157]<https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-in-supply-chain-management-current-possibilities-and-applications/>
- [158]https://geodis.com/pl//sites/default/files/2018-08/20180306_pr%20geodis_indianapolis1612577896683659828.pdf
- [159]<https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/22051778/advancing-nations-supply-chains-at-ports-includes-iot>
- [160]<https://www.automotivelogistics.media/17793.article>
- [161]<https://www.businesswire.com/news/home/20190717005161/en/Procurant-Introduces-IoT-Edge-Gateway-Food-Industry>
- [162]<https://www.suku.world/>
- [163]<https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-Trucks-tests-truck-platooning-on-public-highways-in-the-US.xhtml?oid=29507091>
- [164]<https://digiforest.io/en/blog/5-blockchain-logistics-cases-part2>
- [165]<https://www.parcelandpostaltechnologyinternational.com/news/automation/ups-and-waymo-make-driverless-deliveries-in-phoenix.html>
- [166]<https://www.youtube.com/watch?v=Bpd3s7CER7U>
- [167]<http://www.oracle.com/us/products/applications/supply-chain-management/scm-cloud-plan-to-produce-brief-2811102.pdf>

- [168]<https://www.supplychainbrain.com/articles/22966-predicting-the-unpredictable-lennox-takes-a-new-approach-to-demand-modeling-1>
- [169]<https://www.youtube.com/watch?v=HqYqYFBm7I8&feature=youtu.be>
- [170]<https://logisticsviewpoints.com/2012/11/19/dell-uses-artificial-intelligence-at-global-command-centers/>
- [171]<https://news.sap.com/2019/03/bumble-bee-foods-sap-create-blockchain-track-fish/>
- [172]<https://www.prnewswire.com/news-releases/chronicled-and-the-linklab-announce-the-mediledger-project-a-revolutionary-blockchain-backed-system-to-safeguard-the-pharmaceutical-industry-300522426.html>
- [173]<https://www.linkedin.com/company/marble/about/>
- [174]<https://blog.sweetbridge.com/>
- [175]<https://www.eft.com/technology/kroger-launches-its-first-unmanned-delivery-service>
- [176]<https://www.youtube.com/watch?v=NrmMk1Myrxc&feature=youtu.be>
- [177]<https://www.computerworld.com/article/3393211/from-coffee-bean-to-cup-starbucks-brews-a-blockchain-based-supply-chain-with-microsoft.html>
- [178]<https://www.pepsico.com/news/press-release/pepsicos-hello-goodness-snackbot-is-off-to-college01032019>
- [179]<https://medium.com/zetochain/zeto-announce-circle-k-as-first-trial-customer-for-blockchain-platform-c2357a9947a6>
- [180]<https://medium.com/te-food/can-tho-city-implements-te-food-to-control-the-african-swine-fever-epidemic-f0741af88c9c>
- [181]<https://banqu.co/press-coverage/banqu-and-blockchain-are-helping-farmers-get-paid/>

Appendice

1. Grazie all'utilizzo dell'Internet of Things la Swinburne University of Technology ha ideato un progetto che ha come fine l'efficientamento dell'industria casearia australiana. Il progetto consiste nel monitoraggio via tecnologie IoT di tutta la catena del latte, da chi lo munge a chi lo distribuisce fino ai produttori di formaggio [27].
2. BHP Billiton, una delle principali compagnie minerarie al mondo, ha rivelato che utilizzerà la tecnologia Blockchain al fine di registrare e tenere traccia degli spostamenti di materiale e di incrementare la sicurezza dei dati real-time relativi alle consegne [28].
3. La società CEVA Logistics ha implementato, all'interno di un suo magazzino a Melbourne, l'utilizzo di cobot su ruote di assistenza al picking. La società ha dichiarato che a seguito dell'innovazione le tempistiche operative all'interno del magazzino si sono ridotte del 400% [29].
4. La società anglo-australiana Rio Tinto ha dichiarato di aver realizzato la prima miniera al mondo con movimentazione del ferro completamente automatizzata, utilizzando dei camion a guida autonoma [30].
5. OpensSC, nata da una partnership tra Austral, WWF e BCGDV, è una piattaforma che permette di scannerizzare codici QR sui prodotti utilizzando la telecamera dello smartphone. Il dispositivo indicherà quindi la provenienza del prodotto, come è stato prodotto ed il suo percorso lungo la catena di fornitura [31].
6. Ultimo Digital Technologies, una società con sede a Sydney, ha sviluppato un sistema che integra la tecnologia IoT con la blockchain. Il primo progetto si chiama UCOT (Ubique Chain of Things) utilizza queste due tecnologie per tracciare e monitorare i prodotti durante il trasporto, garantendo inoltre di stabilirne con sicurezza la provenienza [32].
7. Supplylite è una piattaforma cloud che fornisce soluzioni software per il procurement e la gestione della Supply Chain. L'utente può tracciare qualsiasi bene fluisca attraverso la SC. Esempi di applicazione sono nel settore petrolifero e minerario [33].
8. Zookal offre un servizio di consegna di libri di testo via drone a Sydney [34].
9. Project Wing è un Sistema di consegna di prodotti alimentari via droni sviluppato da Google X [35].
10. RIDDLE&CODE ha sviluppato un sistema che sfrutta la tecnologia blockchain per tracciare la provenienza, l'autenticità e la proprietà di importanti opere d'arte [36].

11. Prewave utilizza l'intelligenza artificiale per determinare ed arginare i Supply Chain Risks analizzando i dati disponibili sui social media [37].
12. Meat&More, società attiva nella commercializzazione di cibi pronti a base di carne, si serve di un sistema basato sull'intelligenza artificiale per il Demand Forecasting [38].
13. NxtPort è una piattaforma cloud che raccoglie e analizza Big Data in tutte le fasi di movimentazione di merci nel Porto di Anversa. Attraverso l'utilizzo della piattaforma il porto potrà beneficiare di un'incrementata condivisione dei dati tra gli attori interessati, oltre che di una superiore trasparenza ed efficienza delle operazioni [39].
14. T-Mining, startup con sede ad Anversa, ha sviluppato una soluzione blockchain per l'incremento della sicurezza dei dati dei diversi attori coinvolti nelle operazioni relative al trasporto merci via container attraverso il porto [40].
15. Volvo ha sviluppato un progetto, attraverso una partnership con Sensolus e Simac, che utilizza la tecnologia IoT per localizzare ogni suo veicolo dal momento in cui esce dalla fabbrica. Questo permette alla casa produttrice di efficientare le operazioni di Reverse Supply Chain in caso di problemi ai veicoli [41].
16. Nulogy, compagnia canadese con sede a Toronto, utilizza l'intelligenza artificiale per efficientare la customizzazione di prodotti di diverse compagnie, tra cui Mars Canada. In particolare, l'azienda, specializzata in prodotti alimentari, mira a ridurre gli sprechi ed incrementare la propria agilità negli ultimi tratti della filiera distributiva [42].
17. Uranium One e Insolar hanno dato vita ad una partnership con il fine di regolare il complicato mercato energetico attraverso l'uso della blockchain. Obiettivo principale del progetto è la standardizzazione dei contratti [43].
18. Nulogy utilizza tecnologie facenti parte della famiglia dell'Artificial Intelligence, quali il Predictive Analytics, per ottimizzare il flusso di materiali tra produttori, "packagers" e fornitori terzi di servizi logistici [44].
19. Kutcho Copper ha creato la MineHub Technologies, società che si occuperà di introdurre la tecnologia Blockchain nell'industria mineraria canadese. L'obiettivo è quello di incrementare il livello di sicurezza e tracciabilità del flusso di materiali dalla miniera fino a chi smaltisce i rifiuti, oltre a snellire le operazioni [45].
20. La Beijing Municipal Commission of Commerce ha dato vita a un progetto che, utilizzando tecnologie tra le quali big data e cloud, si pone l'obiettivo di incrementare il livello di sicurezza del cibo consumato nella capitale cinese. Il sistema prevede un attento tracciamento di tutti i movimenti del cibo prima che questo giunga sulla tavola del consumatore [46].

21. JD.com, gigante dell'e-commerce cinese, ha lanciato un progetto che mira ad utilizzare in sincronia il 5G e l'IoT nei propri magazzini. La bassa latenza del segnale e la possibilità di connettere un grande numero di dispositivi danno la possibilità di monitorare i movimenti di ciascun pallet [47].
22. Walmart, IBM e la Tsinghua University hanno collaborato per migliorare il modo in cui il cibo viene movimentato in Cina, attraverso l'utilizzo della Blockchain. Il progetto garantirà una maggiore tracciabilità dei prodotti, più trasparenza e più controllo [48].
23. Geek+ è una compagnia, con sede a Pechino, che si occupa di fornire soluzioni logistiche innovative per i propri clienti. Tra le altre la Geek+ è specializzata in soluzioni che utilizzano l'advanced robotics e l'AI [49].
24. Carrefour, Transparency-One e SGS hanno lanciato Visual Trust, una soluzione che permette al cliente di verificare la qualità e l'origine dei prodotti che acquista, semplicemente scannerizzando il codice presente sul prodotto con il proprio smartphone [50].
25. La Hangzhou Century, con sede nell'omonima città, ha sviluppato un sistema di monitoraggio dei flussi di materiale lungo la Supply Chain tramite tecnologia RFID [51].
26. La Lynx International, subsidiary del gigante cinese Alibaba, ha integrato la tecnologia blockchain nelle proprie operazioni logistiche. Tutte le informazioni relative alla produzione, al trasporto e alla qualità dei propri prodotti in entrata saranno così più facilmente tracciate [52].
27. La città di Hangzhou ha annunciato che sta implementando l'utilizzo di droni per la consegna commerciale all'interno della propria area urbana. I droni consegneranno dai prodotti alimentari ai medicinali, oltre a pacchi postali [53].
28. VeChain Partners, in collaborazione con la Shanghai Gas e la ENN ha dato vita ad un progetto che permetterà di tracciare più efficacemente, grazie alle sinergie tra la tecnologia blockchain e l'IoT, i movimenti di gas naturale attraverso il Paese [54].
29. Il Gruppo Suning ha creato un sistema di gestione delle movimentazioni interne al magazzino totalmente automatizzato, mediante l'utilizzo di AGVs (Automated Guided Vehicles). Il magazzino è sito a Shanghai e dispone di circa 200 robot autonomi [55].
30. Il Gruppo Skoda Auto ha collaborato con la produttrice ceca di droni Robodrone, al fine di implementare l'utilizzo di droni autonomi nelle proprie attività logistiche. Il drone è in grado di localizzare e contare i containers, assistendo gli operatori nel proprio compito [56].

31. Il Gruppo Skoda Auto sta testando l'utilizzo della realtà aumentata nelle operazioni di carico dei pallet. Proiezioni laser indicano all'operatore l'esatta posizione in cui il pezzo deve essere posizionato sul pallet. Inoltre, informazioni sotto forma di testo, immagini o video, quali le procedure da eseguire, vengono fornite all'operatore dal dispositivo [57].
32. Maersk, gigante del trasporto via mare, ha implementato un sistema di monitoraggio e tracciamento dei container refrigerati. Grazie alle sinergie scaturenti nella combinazione di IoT e Big Data Analytics la compagnia è in grado di monitorare in tempo reale condizioni fondamentali per i prodotti all'interno dei container refrigerati, quali la temperatura ed il tasso di umidità [58].
33. L' European Blockchain Center ha sviluppato un sistema blockchain in grado di registrare e tracciare prodotti certificati più efficacemente, al fine di limitare l'incorrere in frodi, frequenti in questo settore [59].
34. SKYFchain produce droni cargo autonomi per il trasporto. Il primo messo sul mercato dalla compagnia ha un'autonomia di volo di 8 ore per 400kg di carico utile [60].
35. KNAPP ha sviluppato un sistema di visione in realtà aumentata di supporto al picking, il KiSoft Vision. L'operatore è guidato dalle indicazioni che appaiono sul dispositivo che si applica direttamente sul campo visivo (Smart Glass). Il dispositivo indica ad esempio il prossimo pezzo da prelevare evidenziandolo a schermo [61].
36. La Kouvola Innovations ha creato un sistema che combina le tecnologie IoT e blockchain per monitorare, tracciare e registrare diversi tipi di dati relativi alle condizioni dei containers in viaggio [62].
37. Carrefour ha sviluppato un sistema di registro dei dati relativi alla storia di alcuni dei suoi prodotti alimentari su blockchain con il fine di incrementarne la tracciabilità lungo la filiera e di offrire un servizio più sicuro al consumatore [63].
38. La società Ambrosus ha collaborato con la Premium Goods per mettere a punto un sistema di tracciamento blockchain della produzione e del trasporto della vaniglia Bourbon del Madagascar [64].
39. La società Gefco ha implementato un sistema di raccolta di Big Data riguardanti i flussi di merci in Europa e li ha poi analizzati utilizzando l'Intelligenza Artificiale con il fine di ottimizzare le proprie rotte commerciali [65].
40. La TECH SNCF ha messo a punto un sistema di raccolta dati, tramite tecnologie IoT, riguardanti una grande quantità di informazioni sull'ambiente circostante ad un

treno. Mediante l'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale il treno è in grado di interpretare tali informazioni e muoversi in maniera autonoma [66].

41. La CMA CMG utilizza la tecnologia IoT per monitorare diverse tipologie di dati su containers. Tali containers, forniti dalla start-up con sede a Marsiglia Traxens, sono in grado di monitorare in tempo reale la posizione, la temperatura interna, l'apertura delle porte ed eventuali urti di ogni singolo container [67].

42. Il Porto di Marsiglia ha implementato un sistema blockchain per registrare e tracciare tutte le informazioni più importanti relative ai flussi di merce nel porto [68].

43. LVMH ha creato una piattaforma blockchain in grado di provare l'autenticità di prodotti del lusso. I primi marchi che aderiranno alla piattaforma sono Louis Vitton e Christian Dior [69].

44. Lœul & Pirirot, azienda francese specializzata nella commercializzazione della carne di coniglio, ha implementato un sistema di registro e analisi di Big Data lungo tutti gli step della Supply Chain dei propri prodotti. Ciò garantisce all'azienda di incrementare notevolmente la tracciabilità dei propri prodotti lungo la filiera [70].

45. Decathlon ha adottato un sistema di geolocalizzazione dei propri prodotti presenti nei punti vendita utilizzando la tecnologia RFID [71].

46. DHL ha implementato un sistema di tracciamento dei propri pacchi in transito utilizzando la tecnologia IoT, il sensore è in grado inoltre di registrare dati quali temperatura a cui è esposto il pacco, umidità, eventuali urti e vibrazioni [72].

47. DHL, in collaborazione con Blue Yonder, ha sviluppato una piattaforma che utilizza il cloud per favorire l'adozione di robotica avanzata nei magazzini [73].

48. DHL, in collaborazione con Accenture, ha implementato un sistema blockchain per incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati riguardanti i prodotti che fluiscono lungo una Supply Chain [74].

49. DHL ha lanciato una nuova applicazione per l'Intelligenza Artificiale di Amazon Alexa, in grado di fornire all'utente aggiornamenti sui pacchi in arrivo [75].

50. DHL utilizza, nel proprio magazzino di Braunschweig in Germania, il nastro trasportatore omnidirezionale sviluppato dalla Cellumation [76].

51. La compagnia tedesca Otto Group utilizza la raccolta di Big Data e l'analisi degli stessi via Artificial Intelligence al fine di ridurre i resi dei prodotti venduti online [77].

52. Il Porto di Amburgo ha implementato l'utilizzo della tecnologia IoT al fine di monitorare e quindi efficientare le operazioni portuali [78].

53. Il Porto di Amburgo utilizza la tecnologia cloud fornita da SAP per condividere con i diversi attori interessati le informazioni relative alle operazioni portuali, al fine di efficientarne lo svolgimento [79].
54. IBM, in collaborazione con il gigante del trasporto via mare Maersk, ha sviluppato una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati relativi al trasporto su nave [80].
55. Adidas utilizza il Machine Learning al fine di individuare più agevolmente le tendenze di acquisto dei propri clienti al fine di incrementare reattività ed efficienza lungo la propria Supply Chain [81].
56. Saturn utilizza Qopius, un robot in grado di muoversi autonomamente all'interno del punto vendita e di localizzare i prodotti presenti a scaffale, e verificarne quindi la disponibilità [82].
57. La nota casa automobilistica BMW ha implementato un sistema di monitoraggio IoT nel magazzino del proprio centro riparazioni a Monaco. Ciò ha permesso di velocizzare le operazioni di localizzazione dei veicoli all'interno del magazzino e quindi di processarli più rapidamente [83].
58. BMW ha sviluppato un registro blockchain in cloud in grado di tenere traccia, monitorare e condividere con tutti gli attori interessati i dati relativi alle parti che fluiscono lungo la propria Supply Chain [84].
59. Gries Deco Company utilizza CaddyPick, un robot sviluppato da Swisslog in grado di incrementare l'efficienza delle operazioni di picking riducendo drasticamente il tasso di errore [85].
60. DHL ha implementato l'utilizzo del Parcelcopter 3.0, un drone autonomo in grado di effettuare consegne commerciali anche in condizioni estreme, con una velocità che può raggiungere i 70 chilometri l'ora [86].
61. Mercedes-Benz ha implementato un sistema blockchain che permette di tenere traccia delle emissioni di CO2 all'interno della propria Supply Chain, con il fine di ridurre l'entità [87].
62. Swarm Logistics è una compagnia che sviluppa sistemi di trasporto autonomo per la Supply Chain, tra i quali camion, automobili e robot per la consegna [88].
63. DHL ha adottato nei propri magazzini l'utilizzo dell'Effi-Bot, un cobot di assistenza al picking in grado di seguire l'operatore autonomamente all'interno dello spazio di lavoro [89].

64. Volkswagen ha trasferito tutti i dati relativi alla propria Supply Chain sul Cloud con il fine di condividerli facilmente con tutti gli attori interessati. Ha inoltre implementato l'utilizzo del Machine Learning per ricavare da tali dati informazioni utili [90].
65. Volkswagen ha introdotto un sistema blockchain in grado di tracciare e rendere più trasparente la propria Supply Chain di parti derivanti dall'industria mineraria [91].
66. La 300cubits offre una soluzione blockchain per l'incremento della tracciabilità ed il registro sicuro dei dati lungo la Supply Chain [92].
67. Geek+, in collaborazione con la DSV, ha sviluppato un robot per la movimentazione di pezzi in magazzino in grado di spostarsi autonomamente all'interno dello spazio di lavoro e di assistere l'operatore nelle operazioni di picking [93].
68. La Surat Milk Union Limited ha implementato un sistema che utilizza l'IoT per raccogliere grandi moli di dati lungo la Supply Chain casearia dell'area con il fine di efficientarne le operazioni [94].
69. La Dharmanandan Diamonds, in collaborazione con la Hari Krishna Exports, ha sviluppato un sistema blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain dei diamanti nell'area di Surat, India [95].
70. COOP Italia ha implementato, grazie alla collaborazione con IBM, una soluzione blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la filiera distributiva delle uova che vende nei propri supermercati [96].
71. Mink, start-up italiana con sede a Gioia del Colle, ha sviluppato una piattaforma di Cloud Manufacturing che permette di progettare, personalizzare e ordinare un prodotto, avviandone la produzione da remoto [97].
72. AMSA ha sviluppato una piattaforma di Cloud Additive Manufacturing che permette di produrre parti personalizzate in piccoli lotti e da remoto, utilizzando la stampa 3D [98].
73. Enology ha implementato l'utilizzo di un sistema blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain del vino italiano [99].
74. Bofrost utilizza un sistema blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain dei carciofi e del merluzzo surgelati [100].
75. W.A.Y. è un'impresa con sede a Torino che fornisce soluzione IoT per la Supply Chain. I dispositivi sono in grado di geolocalizzare il pezzo, oltre che dati quali il suo orientamento nello spazio, eventuali urti e accelerazioni [101].

76. La Claind, azienda italiana produttrice di generatori di idrogeno, azoto e aria zero, ha implementato un sistema IoT per il monitoraggio delle condizioni dei propri generatori after sales, in modo da poter garantire un'assistenza più efficiente al cliente [102].
77. La PalTac utilizza un cobot per il picking con braccio intelligente fornito dalla RightHand Robotics [103].
78. Waltonchain è un progetto Coreano-Cinese che mira a sviluppare un sistema IoT in grado di registrare dati dai chip RFID applicati ai prodotti e trasferirli su blockchain [104].
79. Il Nkhata Bay District Hospital ha introdotto l'utilizzo di un drone autonomo per la consegna ed il trasporto di prodotti sanitari in zone remote del Malawi. Il trasporto è bidirezionale, infatti anche i pazienti possono inviare campioni all'ospedale tramite il drone [105].
80. Mainfreight ha sviluppato un sistema IoT per tracciare più efficacemente i propri trasporti via gomma di beni pericolosi, al fine anche di incrementare la sicurezza pubblica [106].
81. Vector e Power Ledger hanno sviluppato una piattaforma blockchain che permette di effettuare transazioni di surplus energetici prodotti da pannelli solari e batterie tra utenti [107].
82. Flirtey ha testato un drone in grado di consegnare autonomamente le pizze della famosa catena Domino's ai clienti ad Auckland, Nuova Zelanda [108].
83. Powel ha sviluppato un sistema IoT per il monitoraggio delle acque che fluiscono nella città di Trondheim, Norvegia. Il sistema utilizza poi il Machine Learning per elaborare i dati e identificare eventuali anomalie al fine di ridurre le perdite [109].
84. La Minsur, società mineraria operante in Perù, ha introdotto l'utilizzo di una piattaforma blockchain, sviluppata da Google, che permette di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati della filiera mineraria [110].
85. OpenPort, in collaborazione con XVC Logistics, ha utilizza una piattaforma blockchain in grado di registrare e comunicare in real-time gli aggiornamenti riguardanti le movimentazioni di merci [111].
86. Zipline ha implementato l'utilizzo di un drone autonomo per la consegna di sangue in zone remote del Rwanda, altrimenti difficilmente raggiungibili [112].
87. DHL, in collaborazione con Tetra-Pak, ha sviluppato un sistema IoT per monitorare le condizioni dei beni deperibili presenti a magazzino [113].

88. Blockchain Wine Pte. Ltd. ha dato vita, grazie al supporto del gigante della consulenza Ernst & Young, a TATTOO Wine, un marketplace basato su blockchain che permette di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain del vino nell'area dell'Asia Pacifica [114].
89. Toyota in collaborazione con Scania, subsidiary di Volkswagen, ha sviluppato un progetto di Truck Platooning a Singapore [115].
90. GreyOrange ha creato un cobot di assistenza al picking in grado di muoversi autonomamente all'interno dello spazio di lavoro trasportando pezzi [116].
91. La Azucarera Ebro Guadalete, azienda spagnola specializzata nella raffinazione dello zucchero, in collaborazione con Zetes, ha introdotto un sistema IoT in grado di tracciare più efficacemente i prodotti in uscita [117].
92. Shipchain ha sviluppato un sistema blockchain in grado di registrare dati provenienti da camion in transito con il fine di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati [118].
- 93 Postnord ha creato una piattaforma che accorpa parte della Supply Chain. Dall'ideazione del prodotto alla sua produzione, in Additive Manufacturing, tutto avviene su tale piattaforma facilitando le sinergie tra diversi attori [119].
94. Arviem ha ideato un sistema IoT per il monitoraggio delle condizioni dei beni all'interno di un container. L'utente riceve, in real time, dati quali la temperatura e l'umidità all'interno del container in viaggio [120].
95. Peer Ledger, in collaborazione con il gigante della raffinazione di metalli PAMP, ha sviluppato una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain mineraria [121].
96. Il gigante del trasporto via mare MSC ha implementato l'utilizzo di container dotati di sensori in grado di registrare le condizioni al loro interno in real time [122].
97. Farmer Connect, start-up con sede a Ginevra, ha sviluppato un sistema blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain del caffè [123].
98. Modum ha creato un sistema blockchain su cui è possibile eseguire smart contracts lungo la Supply Chain di prodotti farmaceutici. Inoltre, il sistema, grazie alla tecnologia IoT, è in grado di registrare la temperatura a cui sono esposti i prodotti durante i trasferimenti, garantendo maggiore sicurezza per il cliente finale [124].

99. Il gruppo Nestlé ha implementato l'utilizzo di un sistema blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la filiera dei propri prodotti alimentari [125].
100. Morpheus è una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain degli attori che vi interagiscono [126].
101. Bext360 ha ideato una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain del caffè. La prima applicazione si è avuta con il tracciamento dei chicchi di caffè provenienti dall'Uganda e diretti negli Stati Uniti [127].
102. La Abu Dhabi National Oil Company ha implementato l'utilizzo di una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la propria Supply Chain petrolifera [128].
103. La Ocado ha creato un magazzino per prodotti alimentari totalmente automatizzato. Robot si muovono autonomamente su un piano sotto il quale sono stoccati, a diversi livelli, i prodotti, prelevandoli quando necessario [129].
104. Amazon ha sviluppato e testato a Cambridge il suo primo drone per la consegna commerciale, Amazon Prime Air [130].
105. FoodLogiQ ha sviluppato una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain del cibo [131].
106. Il marchio francese del lusso Martine Jarlgaard ha implementato l'utilizzo di una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la Supply Chain dei vestiti di lusso [132].
107. Ocado, in collaborazione con Oxbotica, ha testato a Londra un furgoncino autonomo in grado di effettuare consegne commerciali al cliente finale [133].
108. Il REAMIT è un progetto che, attraverso l'utilizzo di tecnologie quali Big Data, IoT e Cloud punta ad efficientare la Supply Chain del cibo con il fine di ridurre gli sprechi [134].
109. Nissan ha implementato l'utilizzo di cobot su ruote in grado di spostarsi autonomamente all'interno dello stabilimento movimentando i pezzi da un punto al successivo [135].
110. La U.S. Force, in collaborazione con Llamasoft, utilizza l'Artificial Intelligence con il fine di automatizzare ed ottimizzare la pianificazione della domanda [136].

111. IBM, grazie all'utilizzo del cloud, è riuscita ad efficientare le proprie operazioni di fatturazione, la gestione delle parti critiche e a migliorare la qualità nella propria Supply Chain [137].

112. IBM Food Trust è un progetto che mira, attraverso l'uso della blockchain, ad incrementare la fiducia del consumatore nella Supply Chain del cibo. Ad esempio, monitorando il pescato dal punto in cui viene catturato fino allo scaffale del supermercato, o al tavolo del ristorante [138].

113. IBM ha sviluppato un sistema di raccolta e analisi via Artificial Intelligence di dati di natura atmosferico/ambientale con il fine di prevedere e scongiurare potenziali rischi sulla Supply Chain, e quindi efficientarla [139].

114. UPS, gigante della gestione e spedizione di pacchi, ha introdotto un sistema di raccolta di grandi moli di dati con il fine di migliorare la gestione dei flussi. La compagnia ha dichiarato che il sistema analizza oltre un miliardo di data point al giorno [140].

115. UPS ha implementato l'utilizzo di una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati riguardanti le movimentazioni di pacchi lungo la propria filiera [141].

116. UPS ha presentato un nuovo magazzino intelligente all'interno del quale cobot su ruote, prodotti dalla Locus Robotics, si muovono autonomamente e assistono gli operatori al picking [142].

117. Walmart e Microsoft hanno dato vita ad una partnership che permetterà al gigante del retail di utilizzare la tecnologia cloud sviluppata dal colosso informatico con il fine di condividere i dati tra tutti gli attori all'interno della propria Supply Chain [143].

118. Walmart e IBM, mediante un accordo di partnership, hanno implementato una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati riguardanti i prodotti alimentari del grande distributore [144].

119. Walmart ha cominciato ad utilizzare droni in grado di muoversi autonomamente all'interno del magazzino e di eseguire l'inventario dei pezzi a scaffale [145].

120. Oculogx ha sviluppato degli Smart Glasses che, mediante l'Augmented Reality, sono in grado di supportare l'operatore durante le operazioni di picking in magazzino, incrementandone la produttività [146].

121. La Kiva Systems, subsidiary di Amazon, ha creato un cobot su ruote in grado di spostarsi autonomamente all'interno del magazzino e di assistere l'operatore nella movimentazione dei pezzi [147].

122. La Blockchain in Transport Alliance (BiTA) è un'organizzazione che si occupa, mediante la cooperazione con diverse imprese, di incoraggiare lo sviluppo delle piattaforme blockchain nell'ambito del trasporto di beni [148].

123. Kenco Logistics, società che si occupa di third party logistics, ha implementato l'utilizzo di cobot su ruote in grado di spostarsi autonomamente all'interno del magazzino e di assistere l'operatore nella movimentazione dei pezzi. Inoltre, è stato testato l'utilizzo di Smart Glasses dotati di Augmented Reality per l'assistenza al picking [149].

124. Logility ha sviluppato una piattaforma che utilizza l'Artificial Intelligence per analizzare dati provenienti dall'intera Supply Chain con il fine di sincronizzarne maggiormente gli attori ed ottenere migliori previsioni riguardo alle fluttuazioni della domanda [150].

125., Procter & Gamble, in collaborazione con E2open, azienda specializzata nella creazione di software per la Supply Chain, ha implementato l'utilizzo di un programma che utilizza l'Artificial Intelligence per analizzare i dati derivanti dall'intera filiera ed automatizzare il demand forecasting [151].

126. La Healing Hands Scrubs, azienda che produce abbigliamento medico, utilizza cobot su ruote sviluppati dalla 6 River Systems in grado di muoversi autonomamente all'interno del magazzino supportando le operazioni di picking [152].

127. La Bleum Robotics sviluppa e produce cobot su ruote di assistenza al picking. Il cobot si muove autonomamente all'interno del magazzino trasportando i pezzi richiesti dal sistema [153].

128. Uber ha presentato un camion in grado di viaggiare autonomamente anche in contesti trafficati. La prima consegna è stata documentata e ha riguardato 50 mila lattine della nota produttrice di birra Budweiser [154].

129. LeewayHertz, società di sviluppo software, ha avviato un progetto che mira ad utilizzare la tecnologia blockchain per incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati lungo la filiera distributiva di prodotti destinati ad emergenze umanitarie [155].

130. MDCI Automation ha sviluppato un cobot, il Quick Deployment Kit (QDK), in grado di svolgere operazioni di picking e packing ad alta velocità [156].

131. La Mahindra, colosso indiano dell'automotive, utilizza il Machine Learning per elaborare i dati derivanti dalla filiera produttiva del settore trattori, per ridurre i costi. Un esempio è la combinazione di spedizioni in maniera efficiente [157].

132. La Geodis ha introdotto dei cobot su ruote di assistenza al picking in grado di muoversi autonomamente all'interno del magazzino. La società ha dichiarato che ora l'80% delle SKUs sono movimentate dai cobot [158].
133. Il porto di Los Angeles, in collaborazione con la USC Marshall, ha introdotto un sistema di monitoraggio via IoT al fine di efficientare le operazioni portuali ed i flussi di merci che transitano per il porto [159].
134. Volvo Trucks, in collaborazione con la University of California, ha avviato un progetto di Autonomous Truck Platooning: due o più tir a guida autonoma comunicano tra loro e viaggiano incolonnati, ciò permette ad esempio di risparmiare carburante [160].
135. Procurant, start-up con sede nella Silicon Valley, ha sviluppato una piattaforma che utilizza l'IoT per monitorare informazioni relative a tutti gli stadi della filiera distributiva del cibo con il fine di incrementare la sicurezza per il consumatore [161].
136. Suku ha dato vita ad una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati provenienti da tutti gli stadi della filiera distributiva [162].
137. La Daimler ha avviato con successo un progetto di Autonomous Truck Platooning: due o più tir a guida autonoma comunicano tra loro e viaggiano incolonnati, ciò permette ad esempio di risparmiare carburante [163].
138. IBM ha collaborato con Chainyard per dare vita a Trust Your Supplier, un progetto che mira, attraverso l'impiego della blockchain, ad incrementare la trasparenza e la sicurezza delle informazioni all'interno di una Supply Chain [164].
139. UPS ha collaborato con la compagnia tecnologica Waymo, al fine di realizzare una flotta di veicoli autonomi in grado di effettuare consegne nell'area urbana. Il primo test è stato effettuato con successo a Phoenix, USA [165].
140. Adept Lynx è un cobot su ruote sviluppato dalla Omron, compagnia tecnologica giapponese. Il cobot può muoversi autonomamente all'interno di spazi di lavoro congestionati e supportare l'operatore durante le operazioni di picking [166].
141. Oracle ha creato una piattaforma per il Supply Chain Management che utilizza il Cloud per incrementare la trasparenza delle informazioni all'interno di una filiera. All'interno della piattaforma sono state inoltre introdotte funzionalità per il Cloud Manufacturing [167].

142. La Lennox, multinazionale del settore del condizionamento, utilizza il Machine Learning per analizzare dati provenienti dalla propria Supply Chain al fine di estrapolarne pattern che individuino tendenze di stagionalità della domanda [168].
143. La IAM Robotics ha progettato un cobot su ruote in grado di spostarsi autonomamente all'interno del magazzino e di eseguire operazioni di picking sfruttando un braccio intelligente [169].
144. La Dell, colosso nella produzione di personal computer, ha implementato l'utilizzo del Machine Learning per analizzare dati provenienti dalla filiera distributiva al fine di migliorare i processi di previsione della domanda [170].
145. Bumble Bee Foods ha collaborato con SAP per sviluppare ed implementare una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati riguardanti il pesce che distribuisce. Il pescato è tracciato dal momento in cui viene catturato al momento della vendita, incrementando la sicurezza per il cliente finale [171].
146. Chronicled, in collaborazione con The LinkLab, ha dato vita al MediLedger Project, che mira ad incrementare la tracciabilità dei prodotti farmaceutici lungo la Supply Chain utilizzando la tecnologia blockchain [172].
147. Marble progetta e realizza robot su ruote per il last mile delivering. Questi sono in grado di raggiungere autonomamente il cliente anche in contesti urbani densamente trafficati [173].
148. Sweetbridge è una piattaforma blockchain che permette agli attori di una Supply Chain di incrementare la tracciabilità lungo la filiera oltre che la sicurezza dei dati da essa derivanti [174].
149. Kroger ha lanciato un servizio di home delivery attraverso un mezzo autonomo sviluppato dalla Nuro. Il primo test è stato svolto con successo a Scottsdale, USA [175].
150. Amazon ha presentato Amazon Go, un'applicazione che utilizza la tecnologia IoT e l'Artificial Intelligence al fine di automatizzare i pagamenti all'interno di un negozio. Un tag è applicato su ogni prodotto, quando il cliente esce dal negozio con il prodotto il prezzo gli viene addebitato automaticamente [176].
151. Starbucks, mediante una partnership con Microsoft, ha implementato l'utilizzo di una piattaforma blockchain in grado di incrementare la tracciabilità e la sicurezza dei dati relativi alla filiera del caffè che vende nei propri negozi, a partire dalla coltivazione del chicco [177].

152. La PepsiCo, nota produttrice di bevande zuccherate utilizza SnackBot, un robot in grado di muoversi autonomamente e di consegnare snacks ordinati via app nelle vicinanze. La prima applicazione ha avuto luogo nel campus della University of the Pacific, a Stockton, USA [178].

153. Circle K, catena internazionale di minimarket e stazioni di servizio, utilizza la blockchain sviluppata da Zeto per incrementare la tracciabilità dei carburanti che distribuisce lungo l'intera Supply Chain [179].

154. TE-FOOD, è una piattaforma basata sulla tecnologia blockchain in grado di tracciare il percorso di un prodotto alimentare per tutto il suo percorso lungo la filiera. La piattaforma è stata utilizzata dal governo Vietnamita nella città di Can Tho, con il fine di ostacolare la crescente epidemia di influenza suina nell'area, mediante un miglior tracciamento della carne di maiale [180].

155. BanQu, società di sviluppo software, ha creato una piattaforma blockchain attraverso la quale è possibile tracciare più trasparentemente la provenienza di prodotti da agricoltura. In particolare, ciò ha permesso a piccoli agricoltori dello Zambia di essere retribuiti in maniera più equa [181].