

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale

In Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

CITY LOGISTICS 4.0

Analisi empirica di progetti applicativi e fattori abilitanti



Relatrice:

Prof.ssa Anna Corinna Cagliano

Correlatore:

Prof. Giulio Mangano

Candidata:

Beatrice Gerlotto

Anno Accademico 2019/2020

*Ai miei Nonni,
Maria, Giuseppe, Elvira e Carlo*

INDICE

Introduzione.....	1
1. Contestualizzazione teorica.....	3
1.1. La logistica urbana.....	3
1.1.1. Definizione	3
1.1.2. Origini.....	5
1.1.3. Obiettivi.....	7
1.1.4. Ambiti di applicazione.....	9
1.2. L'industria 4.0.....	10
1.2.1. Definizione	10
1.2.2. Origini.....	13
1.2.3. Obiettivi.....	15
1.2.4. Tecnologie.....	17
1.3. Analisi e classificazione della letteratura sulla logistica urbana	21
1.3.1. Metodo di ricerca.....	21
1.3.2. Risultati	22
2. Stato dell'arte delle tecnologie 4.0.....	30
2.1. Premessa	30
2.2. Tecnologie 4.0	31
2.2.1. Additive manufacturing	31
2.2.2. Advanced Human Machine Interface	32
2.2.3. Artificial Intelligence	33
2.2.4. Big data & Analytics	34
2.2.5. Blockchain	36
2.2.6. Cloud computing.....	38
2.2.7. Cyber Physical System.....	39
2.2.8. Internet of Things.....	41
2.2.9. Realtà aumentata e realtà virtuale	44

2.2.10. Robotica avanzata	45
2.3. Tecnologie di supporto.....	48
2.3.1. Cyber security	48
2.3.2. ICT.....	48
2.3.3. Integrazione sistemica verticale e orizzontale.....	49
2.3.4. Sensori.....	50
2.3.5. Strumenti di identificazione	51
2.3.6. Tecnologie basate sull'informatica	51
3. Analisi empirica delle tecnologie 4.0 applicate alla logistica urbana	52
3.1. Presentazione del <i>dataset</i> e delle relative applicazioni.....	52
3.2. Descrizione dell'analisi empirica	62
3.2.1. Analisi di regressione	62
3.3. Interpretazione dei risultati	67
3.3.1. Bontà della regressione	67
3.3.2. Retta di regressione	68
4. Conclusione.....	72
4.1. Analisi dei benefici dell'elaborato	72
4.2. Analisi delle limitazioni del lavoro di tesi	73
4.3. Sviluppi futuri della ricerca.....	73
Appendice A: Elenco delle applicazioni incluse nel <i>dataset</i>	76
Bibliografia	97
Sitografia	117
Allegato A: Dataset completo (presente su file Excel)	
Allegato B: Dataset regressione finale (presente su file Excel)	

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Progresso industriale in prospettiva storica [72, 73].	10
Figura 2: <i>Framework</i> della <i>Value Chain</i> simile al modello di Porter [130].	18
Figura 3: Flusso di informazioni in una <i>supply chain</i> internazionale [165].	37

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1: Percentuale della popolazione che vive nelle aree urbane in tutto il mondo dal 1950 al 2050, per gruppi di reddito del paese [II].	5
Grafico 2: Quota di <i>e-commerce</i> sul totale delle vendite al dettaglio globali dal 2015 al 2023 [III].	6
Grafico 3: Frequenza con la quale ogni tecnologia viene inclusa nelle classificazioni di tecnologie 4.0 considerate.	20
Grafico 4: Distribuzione degli articoli di logistica urbana a seconda dell'anno di pubblicazione. *Vengono considerati solo i primi 5 mesi del 2020.	22
Grafico 5: Distribuzione degli articoli in base all'argomento trattato.	24
Grafico 6: Numerosità degli articoli riguardati ciascuna tecnologia.	25
Grafico 7: Numero applicazioni per Paese.	58
Grafico 8: Numero di applicazioni per anno.	59
Grafico 9: Numero di applicazioni per tecnologia.	59
Grafico 10: Ambito delle applicazioni IoT.	60
Grafico 11: Ambito di applicazione della robotica avanzata.	60
Grafico 12: Distribuzione dei valori degli investimenti.	62
Grafico 13: Distribuzione dei valori del logaritmo naturale degli investimenti.	63

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1: Piani di implementazione di <i>Industry 4.0</i> in diverse nazioni con il rispettivo anno di pubblicazione [96, 97, 69, 98].	14
Tabella 2: Riepilogo delle classificazioni delle tecnologie 4.0 per ogni autore.	19
Tabella 3: Tematiche analizzate dalla letteratura relativamente alle applicazioni di tecnologie 4.0 in logistica urbana.	28
Tabella 4: Tematiche analizzate dalla letteratura relativamente alle applicazioni di tecnologie di supporto all' <i>Industria 4.0</i> in logistica urbana.	29
Tabella 5: Identificazione delle tecnologie 4.0 e delle tecnologie di supporto.	30
Tabella 6: <i>Output</i> dell'analisi di regressione.	66
Tabella 7: Elenco delle applicazioni di tecnologie 4.0 alla logistica urbana.	96

ABBREVIAZIONI E SIGLE

ADV: *Autonomous Driving Vehicle*

AHMI: *Advanced Human-Machine Interface*

AI: *Artificial Intelligence*

AR: *Augmented reality*

CL: *City Logistics*

CPPS: *Cyber-physical production system*

CPS: *Cyber-physical system*

HMI: *Human-Machine Interface*

ICL: *Interconnected City Logistics*

ICT: *Information and Communications Technology*

IoE: *Internet of Everything*

IoP: *Internet of People*

IoS: *Internet of Services*

IoT: *Internet of Things*

ITS: *Intelligent Transport Systems*

LM: *Last Mile*

LML: *Last Mile Logistics*

LTI: *Logistica Territoriale Integrata*

LU: *Logistica Urbana*

M2M: *Machine-to-Machine*

PI: *Physical Internet*

RFID: *Radio-frequency identification*

SC: *Supply Chain*

SDV: *Self-driving Vehicles*

UL: *Urban Logistics*

UAV: *Unmanned Aerial Vehicles*

VIF: *Variance Inflation Factor*

VR: *Virtual Reality*

Introduzione

La crescente urbanizzazione e la diffusione dell'*e-commerce* hanno causato un incremento delle operazioni logistiche nei centri delle città, con il conseguente peggioramento delle condizioni di congestione del traffico, inquinamento ambientale e acustico e di usura delle infrastrutture e del patrimonio artistico urbano.

La necessità di limitare tali impatti negativi, unita alle esigenze di massimizzare l'efficienza dell'ultimo miglio (che da solo costituisce quasi il 30% dei costi totali di consegna [1]) e di migliorare il servizio al cliente, sempre più esigente in termini di tempi e condizioni di consegna, ha spinto i diversi attori coinvolti, ovvero vettori, spedizionieri e autorità pubbliche, a investire risorse per raggiungere risultati sempre migliori nel rispetto delle esigenze di tutti gli *stakeholder*. Nasce così il concetto di *City Logistics*, inteso come "qualsiasi prestazione di servizi che contribuisca a una gestione ottimizzata della circolazione delle merci nelle città" [2].

A tal fine, sono state adottate diverse strategie e tecnologie. Tra queste, le tecnologie 4.0 assumono un ruolo importante in termini di digitalizzazione e automatizzazione dei processi, interconnessione tra i vari attori della *supply chain* e raccolta, memorizzazione e analisi di grandi quantità di dati che permettono di formulare previsioni e modelli, consentendo di ottimizzare il servizio.

Il presente elaborato ha l'obiettivo di approfondire questo tema, ovvero l'applicazione dell'*Industria 4.0* alla logistica urbana e, nello specifico, di determinare quali fattori socioeconomici impattino sulla scelta di investire in tali tecnologie.

Il lavoro è strutturato come segue: nel Capitolo 1 vengono analizzate le tematiche di *Logistica Urbana* e *Industria 4.0* e viene eseguita una revisione della letteratura per analizzare lo stato attuale degli studi sull'argomento.

In seguito, nel Capitolo 2, vengono descritte le tecnologie 4.0 e le relative tecnologie di supporto, intese come quelle innovazioni necessarie per lo sviluppo e l'implementazione delle applicazioni 4.0, ma che, individualmente, non possiedono i requisiti necessari per poter essere definite 4.0, evidenziando le loro possibili applicazioni nel settore logistico e, in particolare, relative all'ultimo miglio.

Il Capitolo 3, invece, espone l'analisi empirica effettuata al fine di comprendere le relazioni tra investimenti in applicazioni di *city logistics* 4.0 e caratteristiche socioeconomiche delle regioni

geografiche di implementazione. Dopo la descrizione del procedimento di raccolta dei dati e dei dati stessi, si presenta lo svolgimento dell'analisi di regressione e la conseguente interpretazione dei risultati.

Infine, il Capitolo 4 riporta le conclusioni, analizzando i benefici che l'elaborato porta alla letteratura di riferimento, le limitazioni del lavoro e i possibili sviluppi futuri della ricerca.

1. Contestualizzazione teorica

Per poter trattare il tema della *City Logistics 4.0*, è necessario conoscere bene i concetti di *logistica urbana* e *Industria 4.0*. Questo primo capitolo mira, quindi, a fornire un quadro dettagliato sulle due tematiche, per poi analizzare lo stato attuale della letteratura sull'argomento delle tecnologie 4.0 applicate alla logistica urbana.

1.1. La logistica urbana

1.1.1. Definizione

In letteratura sono presenti molteplici definizioni di *logistica urbana* (LU), anche nota con i termini inglesi *city logistics* (CL) e *urban logistics* (UL).

Alcuni autori attribuiscono al termine LU un significato molto generico, riferendosi semplicemente al trasporto di merci nelle aree urbane [3, 4]. Per Qui et al. [5], essa comprende le attività associate al trasporto, come lo stoccaggio di beni e lo scambio di informazioni, mentre Trivilino et al. [6] includono anche attività di fornitura dei servizi. Secondo McDermott [4], tuttavia, si può parlare di CL esclusivamente per aree urbane con una popolazione di almeno 50.000 abitanti.

La maggior parte degli autori, invece, descrivono la LU come quella parte della logistica che si occupa di pianificare e ottimizzare il trasporto delle merci nelle aree urbane, tenendo conto delle esternalità che essa produce [7, 8, 2, 9, 10, 11, 12, 13]: Taniguchi e Thompson [8] identificano la LU come "il processo per ottimizzare le attività logistiche e di trasporto da parte di aziende private con il supporto di sistemi informativi avanzati nelle aree urbane, considerando il rapporto del traffico con l'ambiente, la congestione del traffico, la sicurezza del traffico e il risparmio energetico nel contesto di un'economia di mercato". Dablanc [2], invece, indica con LU "qualsiasi prestazione di servizi che contribuisca a una gestione ottimizzata della circolazione delle merci nelle città". Inoltre, secondo Franzese [9], "la City Logistics può essere definita come l'attività che tende alla razionalizzazione e ottimizzazione della distribuzione delle merci in ambito urbano con lo scopo di perseguire obiettivi di efficienza ed efficacia nel trasporto, nel vincolo-obiettivo del rispetto dell'ambiente", dove con razionalizzazione si intende l'impiego ottimale dei mezzi, la pianificazione dei viaggi e la scelta migliore tra le varie modalità di trasporto. L'importanza di

soluzioni efficienti ed efficaci, sempre considerando anche gli effetti delle esternalità, è anche evidenziata dalle definizioni di LU proposte da Savelsbergh Van Woensel [14], Rafele [15] e Rodrigue e Dablanc [16].

Secondo questo punto di vista, il termine UL è, talvolta, considerato sinonimo di Last Mile Logistics (LML), intendendo con Last Mile (LM) la fase finale della supply chain (ultimo miglio). Tuttavia, nonostante molti aspetti in comune, i due concetti hanno significati distinti. Infatti, secondo Taniguchi [17], mentre la LU mira ad aumentare la sua efficacia per ridurre le esternalità e, di conseguenza, aumentare la sostenibilità sociale soprattutto in termini di vivibilità, la LML mira ad aumentare l'efficienza per contribuire alla sostenibilità economica in termini di riduzione dei costi e aumento dei profitti. Quindi, mentre lo studio della LML è interesse soprattutto per gli attori privati, quello della UL è condotto principalmente da attori pubblici [18].

Alcuni autori, inoltre, poiché la LU può riguardare anche il primo segmento della catena di fornitura, includono nella sua definizione anche il concetto di *Reverse Logistics* (RL), o Logistica di ritorno [6, 7, 19, 20, 21], identificata come la "Gestione del ciclo logistico inverso: dalla gestione dei materiali, imballaggi e prodotti di fine vita o di scarico, dei prodotti riciclabili o riutilizzabili, del trasporto verso i centri di trattamento dei rifiuti" [15] "al fine di ottenere un ritorno economico attraverso il riutilizzo, il riciclaggio o la rigenerazione" [22].

Infine, altre definizioni preferiscono limitare il concetto di UL alla semplice identificazione di strutture di consolidamento a ridosso della città [10, 23], quali centri di distribuzione urbana [7], terminal merci urbani [2], villaggi di distribuzione [24] e centri di consolidamento del trasporto urbano (hub urbani) [25].

In questo studio, si adotterà la definizione di LU elaborata da Dablanc [2] ("qualsiasi prestazione di servizi che contribuisca a una gestione ottimizzata della circolazione delle merci nelle città"), la cui genericità permette di includere nell'ottimizzazione il maggior numero di variabili, compresa la sostenibilità economica, e di accorpate nel concetto la RL.

1.1.2. Origini

Nonostante il tema della logistica urbana sia molto antico (già nel I secolo a.C. Giulio Cesare affrontò la congestione urbana annunciando un editto per vietare le consegne commerciali durante il giorno [26]), le prime pubblicazioni in materia risalgono al 1971 [23]. In seguito, a cominciare dagli anni '80, la *Urban Transport Economics* è divenuta oggetto di insegnamento autonomo nelle Università statunitensi [I]. Tuttavia, l'interesse per lo studio dell'argomento è aumentato in modo esponenziale nel tempo, con il 75% delle pubblicazioni avvenuta negli ultimi cinque anni [18].

L'analisi e lo sviluppo del tema, infatti, sono diventati sempre più rilevanti a causa di alcuni fattori che incrementano l'importanza e la complessità dell'ultimo miglio rispetto all'intera catena distributiva:

- **Urbanizzazione:** la crescita demografica e l'incremento dell'occupazione hanno comportato la crescita di grandi aree urbane (Grafico 1), la quale origina un aumento del volume del traffico individuale e merci [27, 28, 29, 1, 30, 31, 21]. Si stima, infatti, che la popolazione urbana globale supererà il 60% nel 2030 e il 68% nel 2050, arrivando quasi al 90% nelle aree ad alto reddito [II];

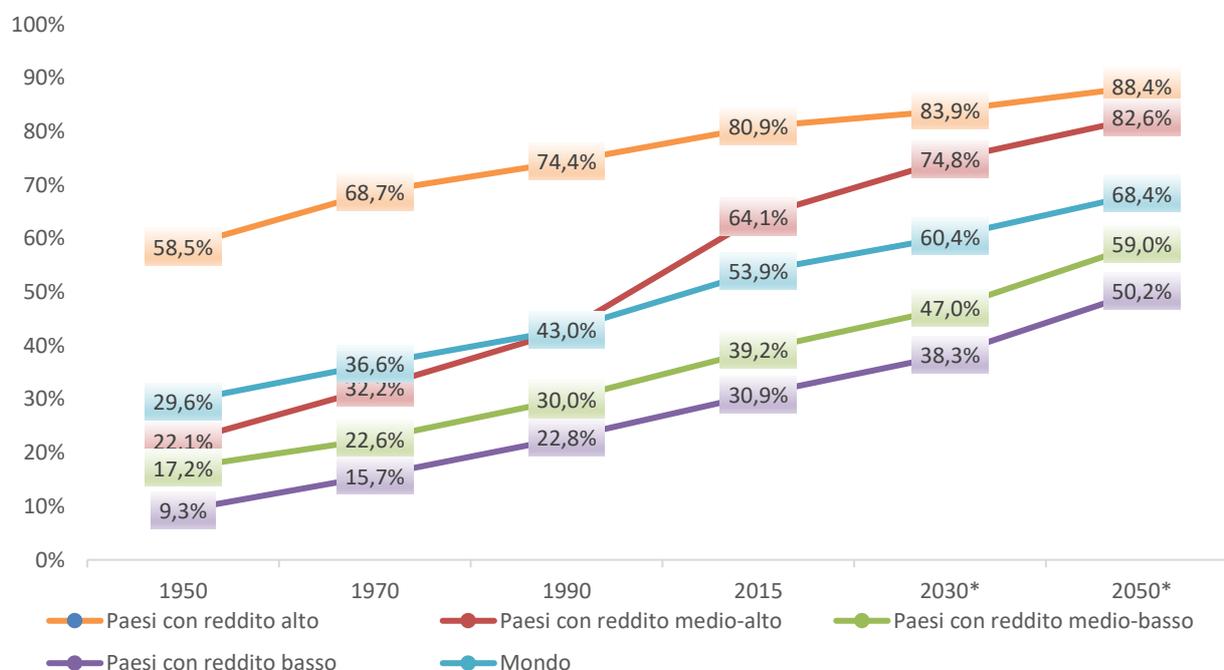


Grafico 1: Percentuale della popolazione che vive nelle aree urbane in tutto il mondo dal 1950 al 2050, per gruppi di reddito del paese [II].

- *E-commerce*: il commercio online determina un aumento delle consegne a domicilio, provocando l'intensificazione dei movimenti di merci nelle aree urbane [9, 14, 23, 1, 30, 32, 33, 34, 35, 36]. Come mostrato nel Grafico 2, si tratta di un settore nettamente in crescita: per il 2020, [III] prevede che le vendite via e-commerce rappresenteranno il 16,1% delle vendite al dettaglio in tutto il mondo, con un numero di acquirenti digitali di 2,05 miliardi [IV] (26,3% della popolazione) e un fatturato complessivo di 4.206 trilioni di dollari [V] (+19% rispetto al 2019, [VI]);

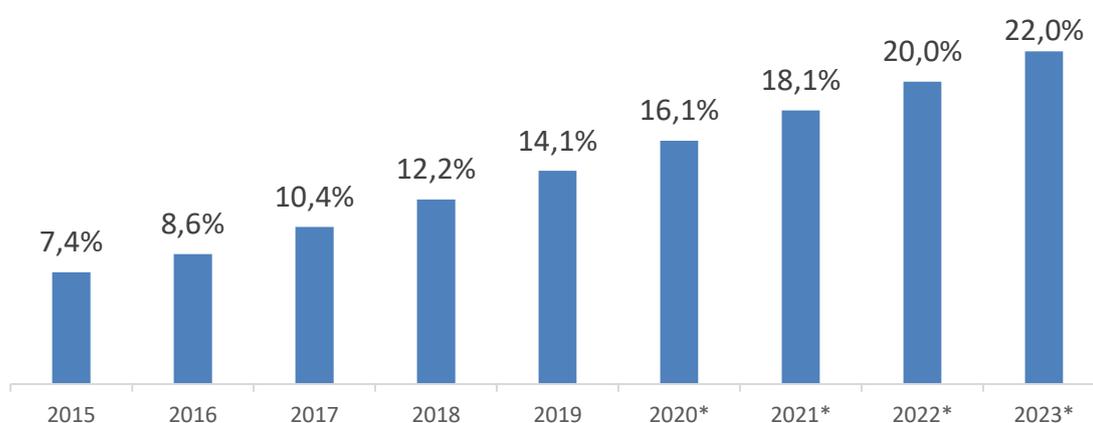


Grafico 2: Quota di e-commerce sul totale delle vendite al dettaglio globali dal 2015 al 2023 [III].

- *Valore ambientale*: il trasporto è una delle principali cause di inquinamento ambientale, inteso come inquinamento atmosferico e acustico, alterazione del paesaggio naturale e corrosione del patrimonio storico monumentale [37], oltre che disturbi visivi o problemi di vibrazione causati da grandi veicoli di consegna [23]. In città questi problemi sono accentuati dalla congestione e dalla possibile insufficienza di infrastrutture. Infatti, sebbene la percentuale del tratto di trasporto urbano sia piuttosto bassa rispetto al percorso totale (dal 10% al 15%), esso contribuisce in modo significativo all'emissione di inquinanti atmosferici (dal 16% al 50%, a seconda dell'inquinante) [2, 38]. L'aumento di consapevolezza dell'importanza della sostenibilità ambientale ha, quindi, introdotto nuovi vincoli nella LU, determinando un potenziamento degli studi sull'argomento [14, 23, 31, 39, 40];
- *Livello di servizio al cliente*: poiché è una caratteristica che determina una quota sempre più rilevante del valore del prodotto, consegne rapide e puntuali ad orari prestabiliti e possibilità di reso risultano requisiti imprescindibili per rimanere competitivi sul mercato. Diventano

quindi necessarie strategie di rifornimento continuo [41, 42] e viaggi frequenti, che impattano quindi maggiormente sulle esternalità urbane [43, 44, 45].

È contemporaneamente all'evolversi di questi fattori che si è registrato uno sviluppo delle pubblicazioni riguardo alla LU.

1.1.3. Obiettivi

L'obiettivo della logistica urbana, così come quello della logistica in generale, è il raggiungimento delle cosiddette "sette condizioni giuste", le quali prevedono sei requisiti di efficacia, ovvero la necessità di garantire la consegna al giusto cliente del prodotto giusto, nelle giuste quantità e condizioni, al posto e al momento giusti, e uno di efficienza, ossia che la consegna avvenga al minor costo possibile [46, 47, 48]. Tuttavia, nell'ambito urbano, tale intento è più complesso a causa della quasi impossibilità di utilizzare modalità di trasporto diverse da quella stradale, del traffico e degli ordini frammentati e non coordinati (dovuti alla diffusione polverizzata degli esercizi commerciali, alla diffusione di politiche just in time e allo sviluppo dell'e-commerce) che comportano un basso fattore di carico dei veicoli, una maggiore distanza percorsa, maggiori costi di sistema e minore produttività [49, 21, 9, 13]. Si stima, infatti, che l'ultimo miglio determini fino al 28% del costo totale di consegna [1].

Contemporaneamente, per gli stessi motivi, questa fase genera elevati costi esterni, anche detti esternalità negative o diseconomie, definiti come "gli effetti negativi e l'eventuale incremento nei costi che un'azione o un comportamento intrapresi da un soggetto economico comportano per lo stesso soggetto, per altri soggetti o anche per l'intera collettività" [VII]. In letteratura vengono identificate molteplici diseconomie causate dalla LU [23, 18, 21, 50, 51, 52]:

- inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici;
- inquinamento acustico;
- congestione;
- incidenti stradali;
- usura delle infrastrutture;
- usura di edifici e monumenti;

- uso inefficiente della terra;
- utilizzo a bassa capacità;
- ostacoli fisici;
- spreco di energia;
- aumento dei costi logistici e, quindi, del prezzo dei prodotti.

L'obiettivo finale della LU, dunque, è trovare il giusto trade-off tra la massimizzazione di efficacia ed efficienza e la minimizzazione della generazione di tali esternalità [21, 53, 15, 54, 55, 56].

Per ottimizzare il processo, quindi, la LU si propone diverse sfide quali la pianificazione logistica a lungo termine delle città, la gestione e cooperazione delle parti interessate, il miglioramento della gestione dei dati e delle informazioni, la creazione di nuovi modelli e servizi di business per l'integrazione di flussi fisici ed informatici e lo sviluppo di aree di ricerca relative, ad esempio, all'efficienza energetica, alla riduzione del rumore e dell'inquinamento atmosferico e ad aumentare la sicurezza e la protezione di persone e merci [57].

In particolare, possono essere individuati cinque gruppi di *stakeholder*, ognuno con obiettivi specifici [23, 58]:

- Vettori: società pubbliche o private che eseguono la distribuzione verso destinazioni all'interno della città per conto degli spedizionieri, con l'obiettivo di fornire il miglior servizio possibile ai prezzi più competitivi;
- Spedizionieri: spediscono merci verso il centro di una città, servendosi di un corriere da loro selezionato in base al livello di servizio e al costo;
- Ricevitori: proprietari di negozi nel centro città oppure cittadini privati clienti di siti di e-commerce. Richiedono il miglior livello di servizio possibile;
- Residenti: persone che vivono nell'area urbana e desiderano una città sostenibile e attraente con il minor inquinamento ecologico, sociale ed economico possibile;
- Autorità pubbliche: possono essere locali, regionali, nazionali o internazionali. Il loro interesse principale è ridurre gli effetti negativi dei trasporti per garantire una città

attraente per visitatori e abitanti, offrendo allo stesso tempo buone condizioni economiche per le società situate nelle aree urbane.

1.1.4. Ambiti di applicazione

La *city logistics*, come chiaramente specificato dal nome, è la fase della catena distributiva che riguarda l'ambito urbano. Questo, solitamente, coincide con l'ultimo miglio, ovvero la consegna al cliente finale [59, 60], tuttavia, può corrispondere anche al primo tratto della *supply chain*, nel caso in cui i magazzini dei venditori siano situati in città o nel caso della *reverse logistics* (resi commerciali, raccolta dei rifiuti) [1].

Per [15], inoltre, la LU appartiene all'ambito della Logistica Territoriale Integrata (LTI), intesa come “un insieme di nodi in grado di contenere, alle diverse scale, funzioni differenti di trasporto e intermodalità, di produzione e servizi alla produzione, di trattamento delle merci, di distribuzione e vendita, con un forte radicamento e valorizzazione, soprattutto ambientale, del territorio”.

In riferimento alle transazioni commerciali, invece, la LU comprende sia quelle B2B, sia quelle B2C, e include tutti i tipi di canali, sia tradizionali (negozi *brick and mortar*), sia digitali (*e-commerce*) [18].

Infine, la LU riguarda il flusso di ogni genere di materiale, come pacchi [60], generi alimentari [61, 62, 63], materiali da costruzione, pezzi di ricambio e rifiuti [64]. In particolare, [6] individua sette settori o filiere che compongono la logistica urbana:

- Retail;
- Corrieri e Poste;
- HoReCa;
- Costruzione;
- Gestione dei Rifiuti Solidi Urbani;
- Logistica di ritorno;
- Farmaceutico.

1.2. L'industria 4.0

1.2.1. Definizione

Il termine *Industria 4.0*, noto anche con l'espressione inglese *Industry 4.0* e con i termini *produzione intelligente*, *internet industriale* o *industria integrata* [65, 66], è utilizzato per identificare la quarta rivoluzione industriale, ovvero la trasformazione in atto del sistema produttivo e socioeconomico [67]. Essa avviene, infatti, dopo altre tre rivoluzioni (Figura 1): la prima introdusse gli impianti di produzione meccanica a partire dalla seconda metà del XVIII secolo e si intensificò per tutto il XIX secolo. A partire dal 1870, l'elettrificazione e la divisione del lavoro (Taylorismo) portarono alla seconda rivoluzione industriale. La terza, chiamata anche *rivoluzione digitale*, ebbe inizio intorno agli anni '70, quando l'elettronica avanzata e la tecnologia dell'informazione svilupparono ulteriormente l'automazione dei processi produttivi. Infine, la quarta, si basa sullo sviluppo di una produzione completamente automatizzata e intelligente, in grado di comunicare autonomamente con i principali attori aziendali [65, 68, 69, 70, 71].

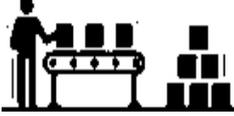
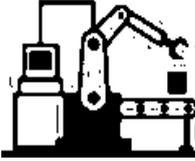
INDUSTRIA 1.0	INDUSTRIA 2.0	INDUSTRIA 3.0	INDUSTRIA 4.0
			
Forza dell'acqua Forza del vapore Meccanizzazione	Elettricità e petrolio Catena di montaggio Produzione di massa	Informatica Elettronica Automazione	Insieme di tecnologie per Produzione automatizzata e interconnessa
1784	1870	1969	2011

Figura 1: Progresso industriale in prospettiva storica [72, 73].

Nonostante in letteratura siano presenti molti studi sull'argomento, una definizione universalmente accettata di Industry 4.0 non è ancora stata definita. [71] identifica sei categorie di definizioni:

- Definizioni tecniche: basate sul funzionamento e/o sui componenti. Ad esempio, Alekseev et al. [74] forniscono una definizione generale di Industria 4.0 affermando che "Industria 4.0 è la totalità delle sfere dell'economia in cui i processi di produzione completamente automatici si basano sull'intelletto artificiale e Internet crea nuove macchine senza

partecipazione umana". Allo stesso modo, Pan et al. [75] sostengono che "l'Industria 4.0 rappresenta la capacità dei componenti industriali di comunicare tra loro" e Kovacs et al. [76] dichiarano che "l'essenza della concezione di Industry 4.0 è l'introduzione di sistemi intelligenti collegati in rete, che realizzano una produzione autoregolante: persone, macchine, attrezzature e prodotti comunicheranno tra loro". Burritt e Christ, [77] propongono di considerare Industry 4.0 come "un termine generico usato per descrivere un gruppo di progressi tecnologici connessi che forniscono una base per una maggiore digitalizzazione del business". Sanders et al. [78], d'altra parte, introducono il tema dell'impatto dell'Industria 4.0 sulla dinamica di produzione e affermano che "L'*Industria 4.0* influenza in modo significativo l'ambiente di produzione con cambiamenti radicali nell'esecuzione delle operazioni. Contrariamente alla convenzionale pianificazione della produzione basata sulle previsioni, *Industry 4.0* consente la pianificazione in tempo reale dei piani di produzione, insieme all'auto-ottimizzazione dinamica". Prause et al. [79], confermano che Industry 4.0 rappresenta la quarta rivoluzione industriale, che comprende la stampa 3D, i *Big data*, l'*Internet of Things* e l'Internet dei servizi, ovvero tutti gli ingredienti necessari per facilitare i processi di produzione e logistica intelligenti".

- Definizioni basate sulla *Value Chain*: si concentra sulla creazione e sulla struttura della catena del valore, sottolineando come le innovazioni introdotte dalla quarta rivoluzione industriale influenzano globalmente tutti i processi e le dinamiche aziendali. Ad esempio, Kinzel [80] afferma che "*Industria 4.0* è la nuova parola d'ordine nel settore manifatturiero. Comprende l'intero processo della catena del valore nella produzione di beni e nella fornitura di servizi". Prause et al. [79], dichiarano che "L'*Industria 4.0* fornirà maggiore flessibilità e robustezza e le catene del valore relative all'industria 4.0 saranno costruite con strutture aziendali flessibili e adattabili, in possesso della capacità permanente di sviluppi evolutivi interni al fine di far fronte a un ambiente aziendale in evoluzione". Kagermann et al. [81], inoltre, definiscono *Industry 4.0* come "un nuovo livello di organizzazione e gestione della catena del valore nell'intero ciclo di vita dei prodotti", mentre Hermann et al. [65] come "un termine collettivo per tecnologie e concetti di organizzazione della catena del valore".

- Definizioni incentrate sul tema della *Smart Factory*: sottolineano la flessibilità e l'adattività caratteristiche dell'*Industria 4.0*. Ad esempio, Preuveneers et al. [82], sostengono che "queste rivoluzioni tecnologiche trasformeranno i processi produttivi e logistici in ambienti di *smart factory*, aumentandone la produttività e l'efficienza", mentre Weyer et al. [83] ritengono l'*Industria 4.0* "sinonimo di trasformazione delle fabbriche odierne in fabbriche intelligenti, che intendono affrontare e superare le attuali sfide legate a cicli di vita più brevi dei prodotti, prodotti altamente personalizzati e una forte concorrenza globale".
- Definizioni fondate sulla competitività delle innovazioni: ad esempio Navickas et al. [84] definiscono *Industry 4.0* come uno strumento necessario per mantenere la competitività delle imprese; Gerlitz [85], invece, la considera come uno strumento innovativo per generare competitività aziendale, indicando il suo valore come un fattore critico di successo per lo sviluppo e la forza delle imprese nel loro insieme. Infine, Müller et al. [86] affermano che l'*Industria 4.0* consente di salvaguardare la competitività delle imprese a lungo termine.
- Definizioni basate sulla componente strategica: Johansson et al. [87] ritengono la quarta rivoluzione industriale "una strategia modellata dal governo tedesco nel 2013", mentre Strange et al. [88] "una strategia ad alta tecnologia proposta dal governo tedesco, e ora è comunemente usato per fare riferimento al sviluppo di sistemi cyber-fisici e processi dinamici di dati che utilizzano enormi quantità di dati per guidare macchine intelligenti".
- Sinonimo di *Internet of Things*: Kiel et al. [89] affermano che "*Industry 4.0*, noto anche a livello internazionale come l'*IoT* industriale, si riferisce all'integrazione delle tecnologie dell'*IoT* nella creazione di valore industriale che consenta ai produttori di sfruttare catene del valore interamente digitalizzate, connesse, intelligenti e decentralizzate".

Pertanto, secondo [71], una definizione più completa di *Industria 4.0* può essere formulata unendo alle descrizioni tecniche l'importanza del ruolo strategico dell'evoluzione: "*Industria 4.0* si riferisce all'integrazione delle tecnologie di *Internet of Things* nella creazione di valore industriale che consente ai produttori di sfruttare catene del valore interamente digitalizzate, connesse, intelligenti e decentralizzate" [79] in grado di "offrire maggiore flessibilità e robustezza alla competitività dell'azienda e consentire loro di costruire strutture commerciali flessibili e adattabili,

acquisendo l'abilità permanente per gli sviluppi evolutivi interni al fine di far fronte a un contesto economico in evoluzione come risultato di una strategia appositamente formulata attuata nel tempo” [90].

1.2.2. Origini

Il termine *Industria 4.0* fu utilizzato per la prima volta nel 2011 alla fiera di Hannover [70, 91, 92, 69] da un'associazione di rappresentanti di imprese, politica e del mondo accademico, la quale proponeva un'iniziativa (chiamata *Industrie 4.0*) volta a rafforzare la competitività tedesca nell'industria manifatturiera [69, 93]. Il Governo tedesco sostenne l'idea annunciando che l'*Industria 4.0* sarebbe stata parte integrante della propria iniziativa *High-Tech Strategy 2020 for Germany*, la quale mirava alla *leadership* dell'innovazione tecnologica dell'economia tedesca, e finanziò con 200 milioni di euro le iniziative di ricerca nel settore [94]. In seguito, l'*Industrie 4.0 Working Group* sviluppò le prime indicazioni per l'implementazione, pubblicate nell'aprile 2013 [81] dalla Accademia Nazionale Tedesca delle Scienze e dell'Ingegneria (Acatech) [95].

Successivamente, anche molti altri Paesi hanno adottato strategie ispirate a quella tedesca per cogliere le opportunità create dalla rivoluzione industriale, come mostrato in Tabella 1:

ANNO	PAESE	INIZIATIVA
2011	Germania	<i>Industrie 4.0</i>
2012	Danimarca	<i>Made</i>
2012	USA	<i>Advanced manufacturing partnership</i>
2013	Australia	<i>Next wave of manufacturing</i>
2013	Belgio	<i>Made different</i>
2014	India	<i>Make in India</i>
2014	Paesi Bassi	<i>Smart industry</i>
2014	Regno Unito	<i>High value manufacturing</i>
2014	Svezia	<i>Produktion 2030</i>
2015	Canada	<i>Smart manufacturing, industrie 4.0</i>
2015	China	<i>Made in China 2025</i>
2015	Corea del Sud	<i>Manufacturing industry innovation</i>
2015	Francia	<i>Industrie du futur</i>
2015	Giappone	<i>Industrial value chain initiative</i>
2015	Spagna	<i>Industrie Conectada 4.0</i>
2016	Italia	<i>Fabbrica Intelligente</i>
2016	Taiwan	<i>2017-2020 National Development Plan</i>
2016	Turchia	<i>Piano di sviluppo di tecnologie smart</i>
2016	Unione Europea	<i>Factories of the Future. Horizon 2020</i>

Tabella 1: Piani di implementazione di *Industry 4.0* in diverse nazioni con il rispettivo anno di pubblicazione [96, 97, 69, 98].

Dal 2011 in poi, infatti, la rilevanza dell'innovazione 4.0 è progressivamente aumentata, fino a diventare argomento principale nell'agenda del *World Economic Forum 2016* [66]. Questo successo è dovuto principalmente alla costante crescita della complessità e dei requisiti nel settore manifatturiero che hanno reso le tecniche preesistenti non più adatte in termini di efficienza, flessibilità, adattabilità, stabilità e sostenibilità [66]. Tale sviluppo è stato causato dall'evolversi di molteplici fattori, tra i quali [99, 100]:

- concorrenza internazionale;
- volatilità del mercato;
- domanda di prodotti altamente personalizzati (*batch size one*);

- necessità di minori *time to market*.

In secondo luogo, il rapido progresso tecnologico ha aperto una serie di nuove opportunità commerciali [100], le quali permettono di estendere *l'industria 4.0* a maggiori applicazioni e contesti:

- aumento della meccanizzazione e dell'automazione: supportano il lavoro fisico umano e consentono soluzioni autonome che controllano e ottimizzano in modo indipendente la produzione in varie fasi;
- digitalizzazione e collegamento in rete: comportano la registrazione di una quantità crescente di dati, di attori e di sensori a supporto di funzioni di controllo e analisi e di nuove tecnologie come simulazione, *cyber security* e realtà aumentata;
- miniaturizzazione: consente nuovi campi di applicazione, soprattutto nel contesto della produzione e della logistica.

1.2.3. Obiettivi

L'obiettivo della quarta rivoluzione industriale è quello di far conseguire al settore manifatturiero una maggiore competitività, non solo mediante l'innovazione tecnologica, la digitalizzazione, l'automatizzazione e l'interconnessione, ma anche attraverso nuovi modelli di business e processi gestionali a grande valore aggiunto [71, 101, 91, 80, 102, 103, 104, 105, 81, 106] [107]. Infatti, *l'Industry 4.0* apporta molteplici benefici rispetto all'industria tradizionale:

- maggiore flessibilità attraverso la produzione di piccoli lotti ai costi della grande scala e alla modularità [97, 108, 109, 106, 107, 69, 110, 100];
- maggiore velocità dal prototipo alla produzione in serie mediante tecnologie innovative [108, 111, 112, 113, 97, 67];
- maggiore produttività attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermi macchina, grazie alla possibilità di avviare processi di manutenzione predittiva [97, 108];

- migliore qualità e minori scarti mediante sensori che monitorano la produzione in tempo reale, anche grazie alla virtualizzazione (i CPS sono in grado di monitorare i processi fisici attraverso modelli virtuali e di simulazione creati con i dati rilevati dai sensori) e alla tracciabilità del flusso delle materie prime [97, 106, 107, 114, 100, 108];
- maggiore competitività del prodotto grazie a maggiori funzionalità derivanti dall'*IoT*, dalla customizzazione di massa e orientamento al servizio: è un prodotto smart, che interagisce con gli utenti attraverso interfacce comunicative e che raccoglie informazioni su di esso, consentendo la personalizzazione atta a soddisfare i suoi bisogni e le sue necessità prima, durante e dopo l'acquisto [97, 108, 114, 111, 115, 68, 106, 107, 116, 70]
- decentralizzazione dei sistemi produttivi, accompagnati da una scomposizione della gerarchia produttiva classica, che favoriscono l'auto-organizzazione (i CPS sono in grado di assumere decisioni autonomamente) [100, 108, 114, 79, 117, 118, 119, 120, 106, 107];
- maggiore responsabilità sociale dell'impresa, la quale focalizza la progettazione dei propri processi anche sui concetti di efficienza e sostenibilità (*clean manufacturing*) [121, 67].

Grazie a queste caratteristiche, *Industry 4.0* introduce cambiamenti dirompenti lungo tutta la catena del valore, dall'approvvigionamento di materie prime fino al servizio post-vendita [121, 67, 122], consentendo una maggiore crescita industriale e il raggiungimento di livelli superiori di efficienza [65, 123, 124, 111, 109, 115, 125, 126] ed efficacia operativa [81, 127, 100]. Questo è reso possibile anche dalla maggiore quantità di dati disponibili, i quali permettono di ottimizzare l'impiego delle risorse materiali, energetiche e umane e semplificando il riciclo e riutilizzo degli scarti [108, 128, 111, 129], nonché di aumentare la sicurezza operativa e di ridurre i rischi operativi [108]. Alcuni studi mostrano un incremento fino al 50% della produttività e un aumento dell'efficienza in più dell'80% delle aziende esaminate che utilizzano tecnologie 4.0 [121], prevedendo un aumento dei ricavi, dell'occupazione e degli investimenti [71].

1.2.4. Tecnologie

In letteratura non esiste una classificazione di tecnologie 4.0 unanimemente accettata.

Il governo francese [98], sostiene che siano necessarie 47 tecnologie per sviluppare l'industria 4.0, mentre quello italiano ne elenca 39 [130]. Tuttavia, esse possono essere raggruppate in categorie o essere incluse in tecnologie chiave. Secondo [67, 131, 132, 97, 133], infatti, l'Industria 4.0 si basa su nove tecnologie pilastro: manifattura additiva, robot autonomi, realtà aumentata, *cloud computing*, simulazione, *Internet of things* industriale, *Big data and analytics*, *cyber security* e integrazione sistemica verticale e orizzontale. [69], invece, oltre a manifattura additiva, realtà aumentata, *cloud computing*, *Internet of things* industriale, *Big data and analytics* (e algoritmi avanzati) e *cyber security*, include nella classificazione anche i dispositivi mobili, le tecnologie di rilevamento della posizione, l'interfaccia avanzata uomo-macchina (HMI), i sensori *smart* e l'interazione con i clienti a più livelli e la loro profilazione. Le classificazioni di [134, 135] risultano simili, ma comprendono anche l'intelligenza artificiale e *CPS*. Per [70], invece, le tecnologie chiave sono *CPS*, *IoT*, *IoS*, *IoP*, *IoE* e *fog computing*. Altre classificazioni includono nelle tecnologie 4.0 anche la *smart factory* [136, 91], la *blockchain* [137] e l'*ICT* [68]. Le stesse tecnologie sopra elencate, ma raggruppate in modo diverso, compaiono nelle classificazioni di [138, 139, 71, 140, 141, 142]. Chiarello et al. [130], invece, individuano oltre 1200 termini corrispondenti a tecnologie 4.0 e li raggruppano in 11 cluster: *Big Data*, Transazioni/certificazione digitale/valuta digitale, linguaggi di programmazione, *Computing*, Sistemi integrati, *Intel*, *IoT*, Protocolli e Architetture, Reti e infrastrutture di comunicazione, Produzione e Identificazione. Infine, [143] considera cinque grandi categorie: risorse, rete, *cyber security*, *big data and analytics* e simulazione. La Figura 2 mostra come tali classi (e le tecnologie in esse annoverate) possono essere applicate a tutta la catena del valore.

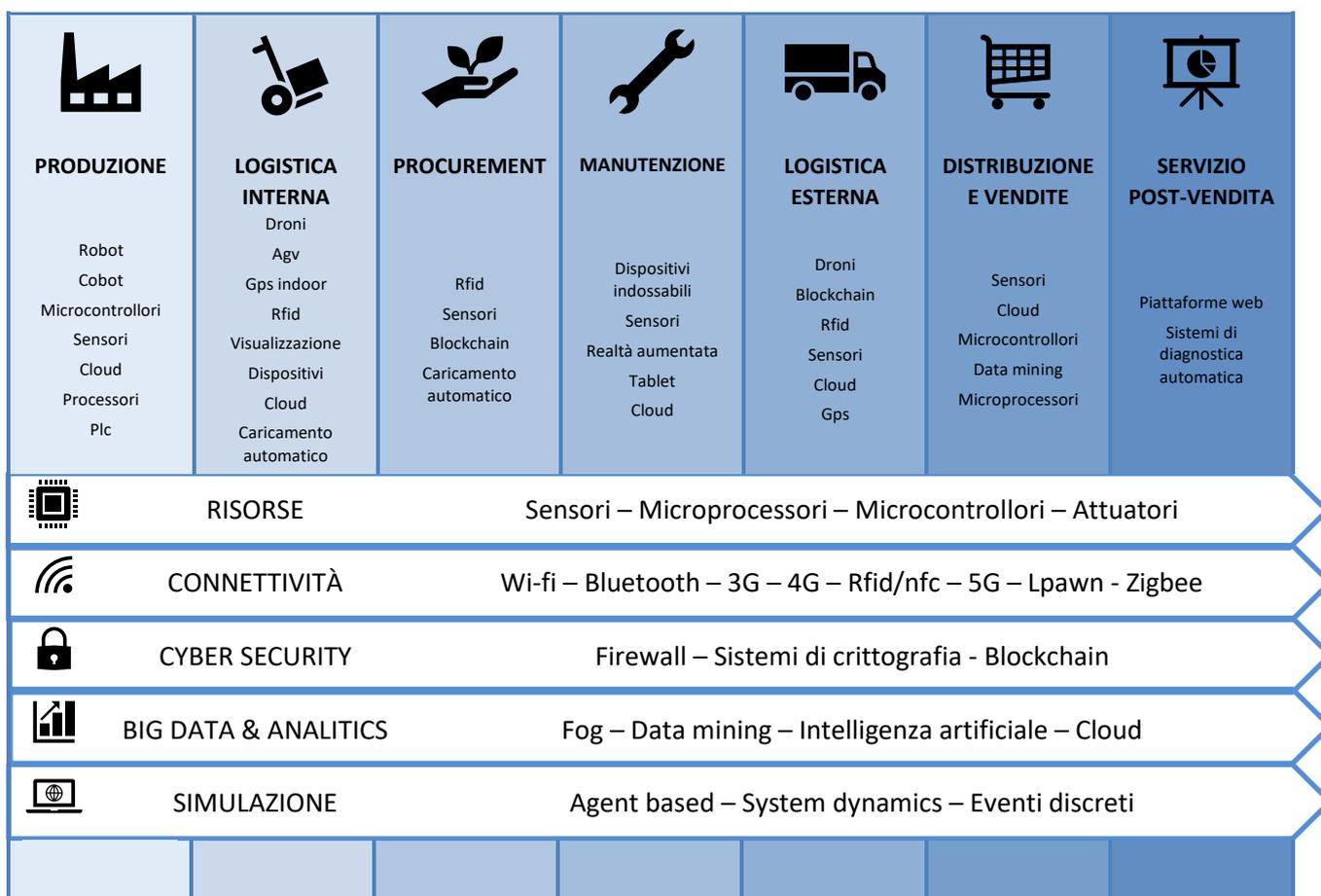


Figura 2: Framework della Value Chain simile al modello di Porter [130].

La Tabella 2 riepiloga le 21 classificazioni considerate specificando, per ogni autore, le tecnologie da questi ritenute 4.0, includendo sia le tecnologie 4.0 in senso stretto, sia le tecnologie di supporto. Il Grafico 3, invece, mostra la frequenza con il quale ogni tecnologia viene citata.

	Additive manufacturing	Advanced Human Machine Interface (AHMI)	Big data and analytics	Blockchain/Cyber security	Cloud computing	Cyber Physical System (CPS)	ICT	Integrazione sistemica verticale e orizzontale	Intelligenza artificiale/Machine Learning	Internet of Things	Realità aumentata e realtà virtuale/	Robotica avanzata (Robotica collaborativa / Droni / Veicoli autonomi / Smart factory)	Sensori	Strumenti di identificazione e altre tecnologie basate sull' informatica
[67]	X		X	X	X			X		X	X	X		
[97]	X		X	X	X			X		X	X	X		
[131]	X		X	X	X			X		X	X	X		
[132]	X		X	X	X			X		X	X	X		
[133]	X		X	X	X			X		X	X	X		
[69]	X	X	X	X	X					X	X		X	X
[134]	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X	
[135]	X		X			X			X	X		X		
[70]					X	X				X				
[65]						X				X		X		
[91]			X		X	X				X		X		X
[137]	X			X					X	X		X		
[68]			X		X	X	X	X		X				
[71]	X			X					X	X		X		X
[138]	X	X	X		X					X	X	X		
[139]					X	X		X		X				
[140]			X		X	X				X	X	X		
[142]	X	X	X		X					X		X		
[141]	X		X		X			X					X	X
[130]			X	X	X		X	X		X				X
[143]			X	X			X							X

Tabella 2: Riepilogo delle classificazioni delle tecnologie 4.0 per ogni autore.

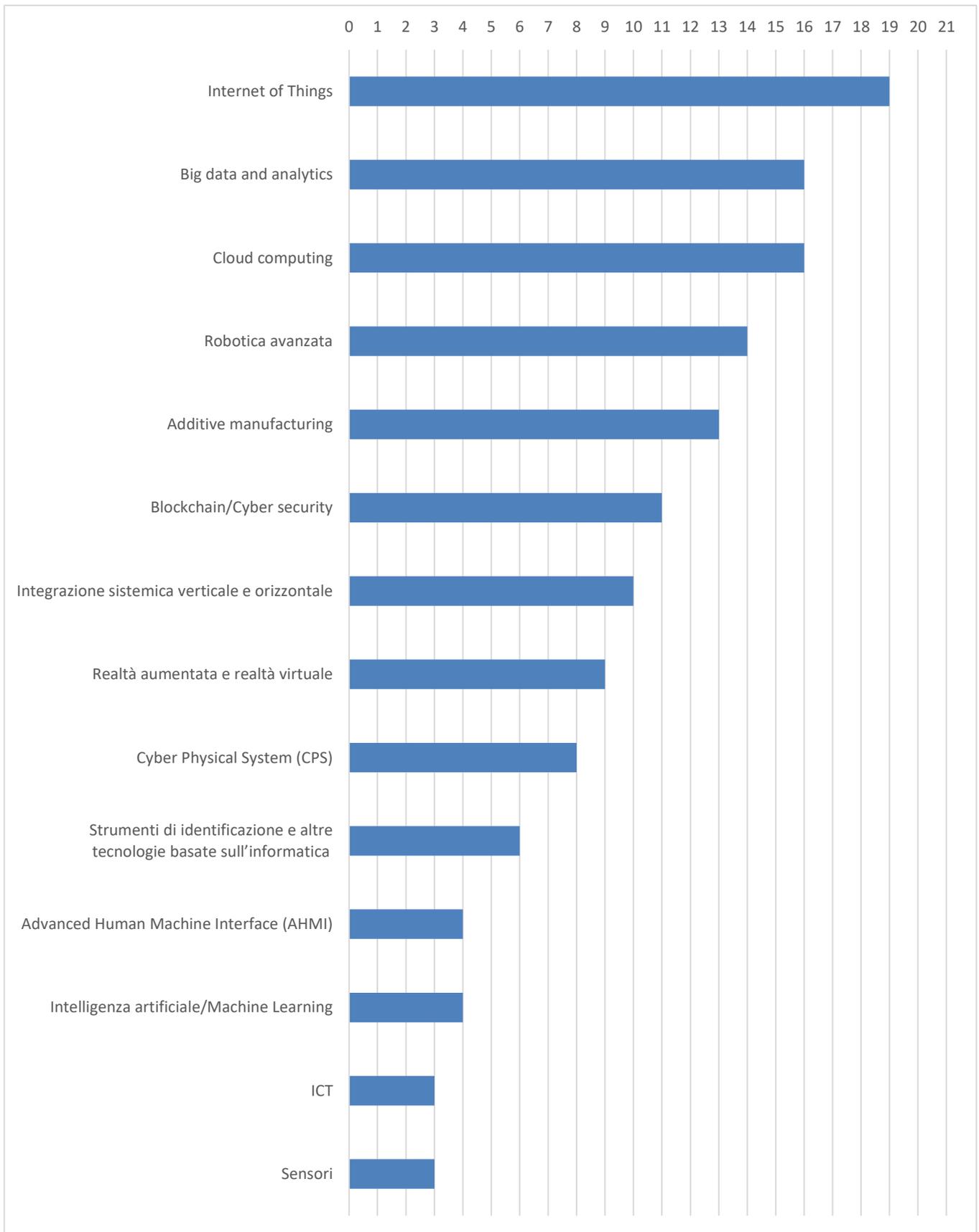


Grafico 3: Frequenza con la quale ogni tecnologia viene inclusa nelle classificazioni di tecnologie 4.0 considerate.

1.3. Analisi e classificazione della letteratura sulla logistica urbana

1.3.1. Metodo di ricerca

Per l'analisi della letteratura, si è scelto di utilizzare il *database Scopus* (adatto al lavoro accademico per la vasta disponibilità di pubblicazioni scientifiche di riconosciuta autorevolezza, in gran parte di libero accesso agli studenti del Politecnico di Torino), limitando la ricerca a quattro parole chiave: *city logistics*, *urban logistics*, *last mile logistics* e *last mile*. Sono state selezionate *keyword* generiche, in modo da comprendere nella ricerca il maggior numero possibile di aspetti caratteristici della logistica urbana e poter realizzare un quadro generale delle pubblicazioni riguardo al tema.

Ogni parola chiave è stata inserita nella barra di ricerca principale, per la selezione dei documenti in base a titolo, estratto e parole chiave. In seguito, la ricerca è stata limitata agli articoli di rivista già pubblicati aventi come *subject area* quella ingegneristica e come *keyword* quella precedentemente inserita nella barra di ricerca. Le quattro ricerche così effettuate hanno prodotto rispettivamente 144, 60, 5 e 95 risultati. In seguito, sono stati rimossi gli articoli doppi (15), e, successivamente, sono stati esclusi gli articoli che risultavano non pertinenti all'argomento di interesse (49). I 240 articoli rimanenti sono quindi stati classificati in base all'anno di pubblicazione e al tema trattato (o in base ai temi trattati, qualora gli articoli ne analizzassero più di uno), attraverso la lettura del titolo, dell'*abstract* e, se necessario, dell'intero articolo. In questa fase sono stati scartati altri due articoli, in quanto l'argomento trattato non era chiaramente deducibile da titolo e *abstract* e il testo integrale non era accessibile. I risultati si basano quindi sull'analisi di 238 documenti.

1.3.2. Risultati

L'analisi dei documenti ha messo in evidenza come la logistica urbana sia un tema piuttosto recente in letteratura (Grafico 4): tutti gli articoli risalgono al XXI secolo e, in particolare, agli ultimi cinque anni. Infatti, dal 2015 ad oggi, sono stati pubblicati il 75,2% degli articoli totali, con un picco di 46 documenti (19,3% del totale) nel 2018.

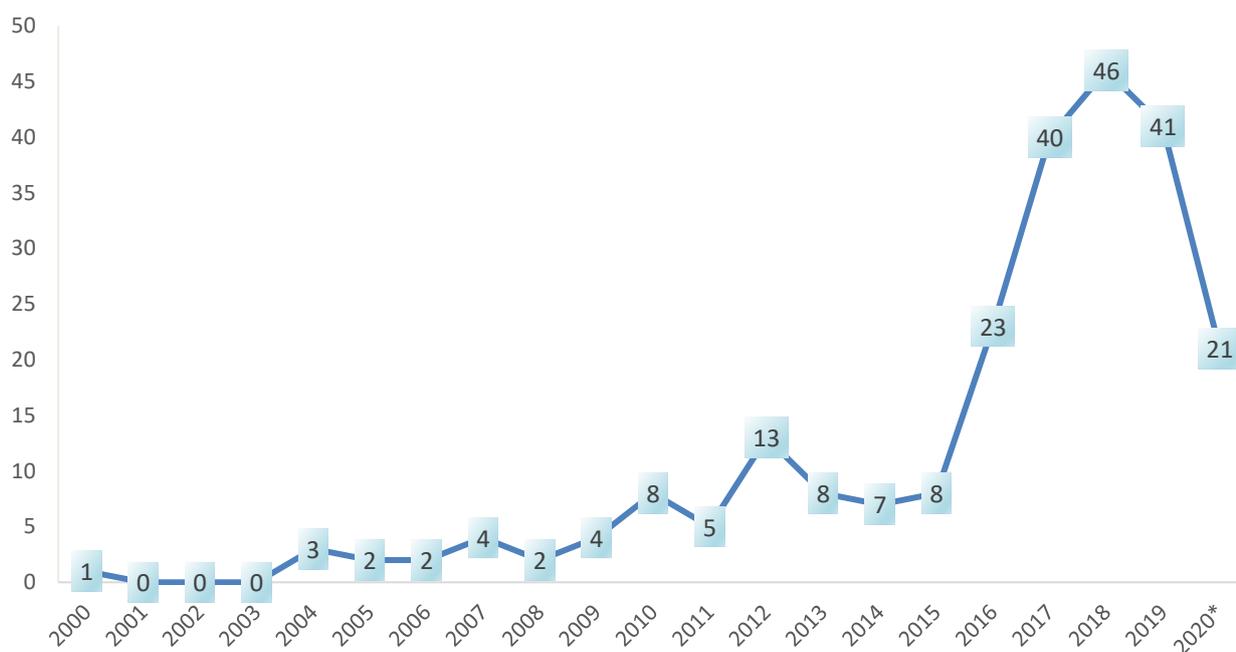


Grafico 4: Distribuzione degli articoli di logistica urbana a seconda dell'anno di pubblicazione. *Vengono considerati solo i primi 5 mesi del 2020.

Per quanto riguarda invece la classificazione in base all'argomento di studio degli articoli, sono state individuate nove macrocategorie:

- *Progettazione della rete logistica*: riguarda gli studi relativi a posizionamento e dimensionamento delle infrastrutture e dei nodi logistici quali centri di consolidamento, aree di carico e scarico, aree di sosta, *hub* e punti di consegna, oltre ad analisi relative al layout delle interazioni tra gli attori, come la condivisione o l'assegnazione di determinate aree.
- *Tecnologie*: comprende tutti gli articoli che mirano ad introdurre una nuova tecnologia nell'ambito della logistica urbana, quali veicoli innovativi, *parcel locker*, *crowdshipping* o tecnologie informatiche.

- *Ottimizzazione dei processi*: include tutti gli articoli che costruiscono modelli matematici mirati a suggerire l'adozione di pratiche efficienti (ad esempio la pianificazione della flotta di consegna, le consegne fuori orario, la collaborazione tra gli attori, il trasporto intermodale), ma anche modelli decisionali che consentono la scelta di soluzioni ottimali e modelli di previsione della domanda, che consentono di migliorare il processo di consegna.
- *Modelli di routing*: comprende gli articoli che analizzano modelli matematici e algoritmi che determinano un *routing* efficace ed efficiente, al fine di risparmiare risorse, limitare le esternalità e permettere la consegna rapida di prodotti deperibili.
- *Descrizione del sistema logistico AS-IS*: include documenti che analizzano il sistema logistico allo stato attuale, attraverso modelli matematici, casi studio o questionari, studiando punti di forza e debolezza di alcune operazioni oppure gli impatti di alcuni comportamenti.
- *Sostenibilità*: riguarda gli articoli che studiano impatti ambientali ed economici delle operazioni di logistica urbana, quali le emissioni inquinanti, il rumore, il traffico e i consumi energetici.
- *Politiche*: include gli articoli che studiano l'efficacia di diverse politiche di regolazione dei trasporti urbani, quali le limitazioni di tempo e spazio imposte ai veicoli merci o meccanismi di prezzo e incentivi.
- *Valutazione impatti*: comprende i documenti che analizzano gli impatti derivati dall'adozione di determinate tecnologie, dall'implementazione di politiche, dalla selezione del *routing* oppure dalla scelta di specifiche strategie organizzative o di disegno della rete logistica.
- *Valutazione delle prestazioni logistiche*: riguarda gli articoli che propongono modelli matematici o metodi per misurare l'efficienza delle operazioni di logistica urbana.

Il Grafico 5 mostra la numerosità di articoli per ogni macrocategoria.

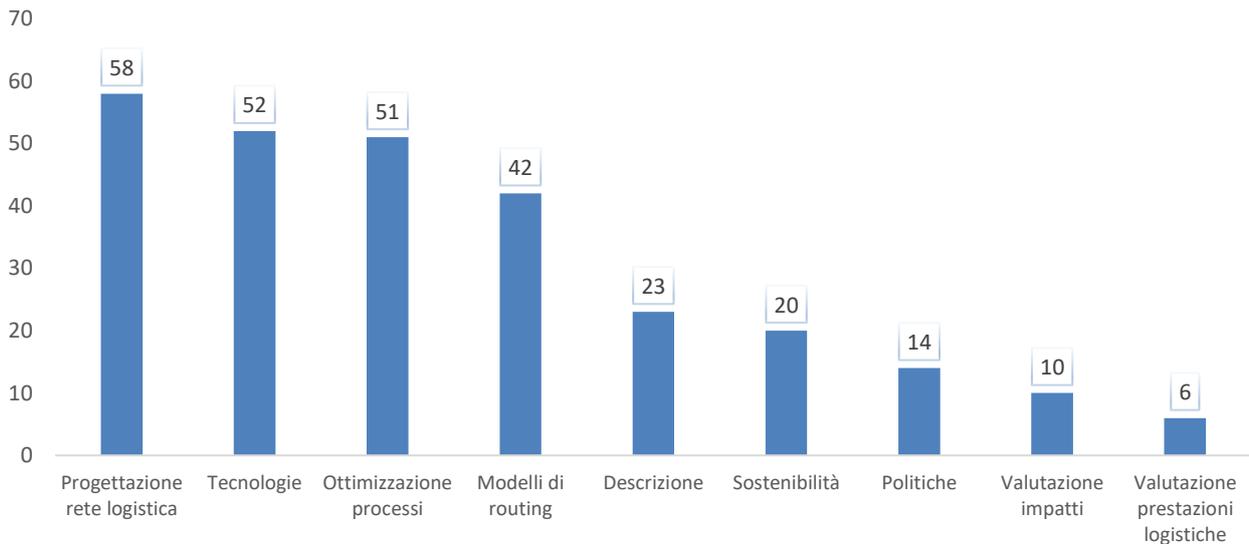


Grafico 5: Distribuzione degli articoli in base all'argomento trattato.

In seguito, poiché l'obiettivo della revisione della letteratura è quello di indagare lo stato attuale delle pubblicazioni di argomenti tecnologici in logistica urbana, sono stati analizzati approfonditamente gli articoli della categoria *Tecnologie*. Due articoli sono stati esclusi, in quanto il testo integrale dell'articolo non è disponibile tramite il database *Scopus*. Come mostra il Grafico 6, dall'analisi dei documenti è stato possibile individuare la trattazione di sette temi tecnologici:

- *Veicoli elettrici*: racchiude documenti che analizzano prospettive, funzioni, caratteristiche, emissioni di tale tecnologia o studi di implementazione e sviluppo, ma anche modelli matematici di ottimizzazione del *routing*, del fattore di carico e dei metodi di ricarica, oltre che ad analisi di confronto con i veicoli tradizionali;
- *Tecnologie 4.0*: comprende le tecnologie che, secondo la letteratura, sono peculiari o di supporto all'*Industria 4.0* (Paragrafo 1.2.4);
- *Parcel locker*: comprende articoli che analizzano la progettazione, il dimensionamento e la collocazione degli armadietti oppure la riduzione di emissioni e l'aumento dell'efficienza dei processi logistici che deriva dal loro utilizzo;
- *Ciclogistica*: comprende i documenti che studiano la possibilità di effettuare l'ultimo meglio delle consegne mediante biciclette da carico;

- *Crowdshipping*: racchiude gli articoli che descrivono metodi di consegna effettuati dalla “folla”, attraverso modelli matematici o casi studio;
- *ITS*: riguarda articoli che studiano le ricerche e le applicazioni implementate in logistica urbana e il loro potenziale di fornire dati in tempo reale sulle condizioni del traffico, utili a migliorare i routing dei mezzi;
- *Veicoli ad idrogeno*: include articoli che ne analizzano la gestione e le emissioni.

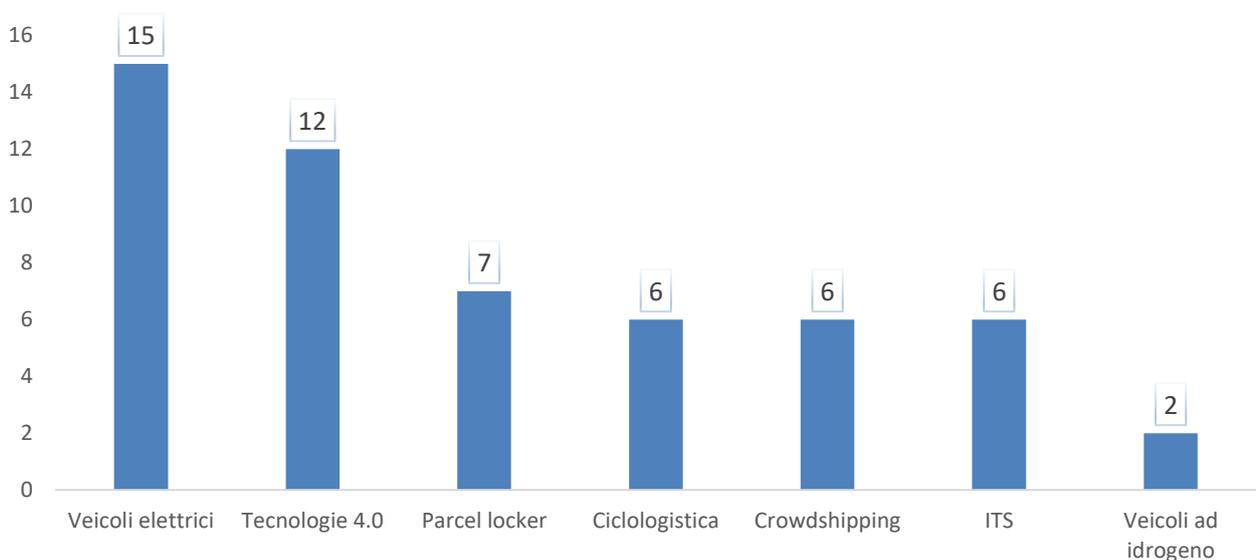


Grafico 6: Numerosità degli articoli riguardati ciascuna tecnologia.

Di particolare interesse per questo studio sono le *Tecnologie 4.0* e le relative tecnologie di supporto. I rispettivi articoli vengono quindi descritti dettagliatamente.

Il 50% di tali articoli è dedicato a studi su droni o veicoli autonomi: Salama e Srinivas [144], analizzando le distribuzioni *last mile* effettuate da flotte di droni in combinazione con un veicolo tradizionale, sviluppano un modello matematico per ottimizzare il *routing* di tutto il sistema dei mezzi di consegna. Un argomento simile è analizzato da Schermer, Moeini e Wendt [145], che studiano un modello di ottimizzazione del routing di una flotta di droni utilizzata in combinazione con una flotta di automezzi. Swanson [146], invece, utilizzando strumenti di simulazione su dati reali estrapolati da un caso studio, sviluppa un modello che replica l'interazione dinamica delle variabili e il loro impatto totale sul tempo di consegna totale, dimostrando che, a parità di

condizioni, i droni presentano vantaggi decrescenti rispetto ai veicoli di superficie all'aumentare della distanza da percorrere. Anche Aurambout et al. [147] analizzano l'utilizzo dei droni per le consegne, ma dal punto di vista della fattibilità economica e della posizione ottimale degli *alveari di droni* nell'UE. Studiando i dati prodotti dalla piattaforma di modellizzazione territoriale *LUISA* del Centro comune di ricerca della Commissione europea e proponendo diversi scenari, gli autori osservano che una scelta economica sarebbe quella di collocare gli alveari nel Regno Unito e in Germania, Francia e Italia, ma sottolineano la necessità di affrontare le implicazioni politiche in termini di sicurezza, disturbo ambientale, pianificazione urbana, traffico aereo, logistica della città e occupazione nel settore delle consegne.

Riguardo ai veicoli autonomi, invece, Mitrea e Kyamakya [148], ne analizzano scenari e prospettive, indicando come scenario più realistico quello di AV con conducente, il quale può temporaneamente sospendere l'attività di guida per dedicarsi ad altre operazioni lavorative, mentre Kapsler e Abdelrahman [149] si concentrano sui fattori che determinano l'accettazione di questa tecnologia o il suo rifiuto, al fine di progettare, sviluppare e promuovere gli ADV come valida alternativa ai mezzi tradizionali in Germania. Quindi, attraverso la somministrazione di un questionario ad un campione di utenti, determinano che sei fattori sono statisticamente significativi per la diffusione della tecnologia: sensibilità al prezzo, aspettative di prestazione, agevolazioni, influenza sociale, motivazione edonica e rischio percepito.

Il restante 50% dei documenti, invece, si focalizzano su tecnologie differenti.

He et al. [150] sviluppano un modello di *joint distribution*, un nuovo paradigma di servizio logistico *green* per l'*e-commerce* basato sulla *sharing economy* che permette di integrare le risorse e le capacità delle parti interessate in una piattaforma *smart* finalizzata a fornire servizi personalizzati, efficienti e di alta qualità. Dopo la descrizione delle caratteristiche del modello e il confronto con i modelli precedenti, gli autori indicano come tecnologie chiave l'integrazione dei sistemi, l'*IoT*, l'*ICT* e i sistemi di *cyber security*.

Ben Mohamed et al. [151] si dedicano alla logistica urbana interconnessa (ICL) basata sul concetto di *Physical Internet* (PI). Tale tecnologia si fonda sull'incapsulamento delle merci in *container* PI standard, modulari, intelligenti e riutilizzabili instradati attraverso reti di distribuzione aperte. Attraverso un modello euristico, evidenziano l'efficienza dell'innovazione e dimostrano che, in

situazioni in cui è stata aumentata la dimensione della rete, la molteplicità degli *hub* e la loro interconnettività migliorano le prestazioni globali del sistema di logistica urbana.

Pan et al. [152] propongono un algoritmo per ottimizzare il *routing* dei veicoli di distribuzione che sfrutta i dati del cliente (quali consumo di acqua e energia elettrica per fasce orarie o dati storici su precedenti consegne) disponibili su piattaforme elettroniche oppure ottenibili dai dispositivi di *IoT*. In questo modello, i *big data* permettono un aumento della probabilità di trovare il cliente a casa nel momento della consegna, riducendo così la distanza percorsa del 3-20% e il tasso di consegna al primo giro di circa il 18-26%.

Mangano et al. [153] analizzano i fattori che favoriscono la diffusione di una piattaforma elettronica per la gestione dei servizi logistici, al fine di sviluppare processi più sostenibili. Utilizzando il metodo *System Dynamics*, dimostrano come questa tecnologia venga fortemente richiesta qualora permetta operazioni logistiche più efficienti (ad esempio l'ottimizzazione del *routing*), sia appoggiata da incentivi pubblici e sia sostenuta da campagne di marketing.

Rai et al. [154] approfondiscono il tema dell'omnicanalità, individuando le strategie che i diversi attori devono adottare al fine di adattarsi a questa necessità sempre più rilevante. Gli autori ritengono, a tal proposito, che sia fondamentale adottare strategie per migliorare il servizio al cliente, implementando *information technology* quali "RFID e codici a barre, *software* di pianificazione del *routing*, *cloud computing*, *big data*, *GPS* e applicazioni per telefoni cellulari" che "consentono ai consumatori di ricevere informazioni in tempo reale e di avere la flessibilità dell'ultimo minuto in termini di tempi di consegna, posizione e metodologia" e "permettono agli utenti di diventare vettori di merci o di rendere le loro case il punto di ritiro locale dei pacchi per i vicini".

Infine, Laseinde e Mpofu [155] analizzano le prestazioni dei servizi postali e, attraverso l'erogazione di un questionario agli utenti, raccolgono le caratteristiche che i consumatori ricercano con maggiore rilevanza in un servizio logistico. In base ai risultati ottenuti determinano così le tecnologie principali che un operatore postale deve implementare: oltre all'utilizzo di mezzi di trasporto ecologici (a metano, idrogeno o elettrici), individua come applicazioni chiave i *parcel locker* e le *smart mail box*, i sistemi integrati di telecomunicazione (SMS, *e-mail*, notifiche da

applicazioni), il miglioramento delle reti ICT e l'impiego dell'intelligenza artificiale come strumento di pianificazione del routing di consegna.

La Tabella 3 e la Tabella 4 riassumono le tecnologie 4.0 trattate dalla letteratura e i relativi obiettivi di ricerca:

TECNOLOGIE 4.0	APPLICAZIONI
<i>Artificial Intelligence</i>	Ottimizzazione servizio logistico [155]
<i>Big data</i>	Omnicanalità [154] Ottimizzazione <i>routing</i> [152]
<i>Cloud computing</i>	Omnicanalità [154]
Droni	Ottimizzazione <i>routing</i> [144, 145] Modelli per valutare i tempi di consegna dei droni applicati alla logistica <i>last mile</i> [146] Metodi per valutare la fattibilità economica dell'utilizzo di droni nella logistica <i>last mile</i> [147]
<i>IoT</i>	<i>Joint distribution</i> [150] <i>Smart packaging</i> [151] Ottimizzazione servizio logistico [155]
Veicoli autonomi	Analisi di diverse tipologie di SDV per la logistica <i>last mile</i> [148] Analisi dei fattori che determinano l'accettazione pubblica dell'utilizzo di SDV per la logistica urbana [149]

Tabella 3: Tematiche analizzate dalla letteratura relativamente alle applicazioni di tecnologie 4.0 in logistica urbana.

TECNOLOGIE DI SUPPORTO	APPLICAZIONI
<i>Cyber security</i>	<i>Joint distribution</i> [150]
<i>ICT</i>	<i>Joint distribution</i> [150] Ottimizzazione servizio logistico [153, 155]
Strumenti di identificazione (tag RFID e codici a barre) e altre tecnologie basate sull'informatica (dispositivi mobili)	Omnicanalità [154]

Tabella 4: Tematiche analizzate dalla letteratura relativamente alle applicazioni di tecnologie di supporto all'Industria 4.0 in logistica urbana.

L'analisi della letteratura evidenzia che il tema dell'applicazione delle tecnologie 4.0 alla logistica urbana è ancora immaturo e che, dunque, necessita di essere approfondito. Il presente lavoro di tesi mira quindi ad indagare in questo settore al fine di contribuire a ridurre il *research gap* presente in letteratura.

2. Stato dell'arte delle tecnologie 4.0

2.1. Premessa

Per poter eseguire analisi sulle applicazioni delle tecnologie di Industria 4.0 alla logistica urbana, è necessario avere come riferimento un insieme univoco di tecnologie 4.0. Quindi, considerando tutte le varie classificazioni esistenti in letteratura e sulla base delle peculiarità di ogni tecnologia, si sono distinte le *tecnologie 4.0* vere e proprie, le quali consentono di realizzare “catene del valore interamente digitalizzate, connesse, intelligenti e decentralizzate” [79], e le *tecnologie di supporto*, necessarie per lo sviluppo e l’implementazione delle applicazioni 4.0, ma che, individualmente, non possiedono i requisiti necessari per poter essere definite 4.0 (Tabella 5).

Tecnologie 4.0	Tecnologie di supporto
<i>Additive manufacturing</i> <i>Advanced Human Machine Interface</i> <i>Artificial Intelligence</i> <i>Big data & Analytics</i> <i>Blockchain</i> <i>Cloud computing</i> <i>Cyber Physical System (CPS)</i> <i>IoT</i> Realtà aumentata e realtà virtuale Robotica avanzata	<i>Cyber security</i> <i>ICT</i> Integrazione sistemica verticale e orizzontale Sensori Strumenti di identificazione e altre tecnologie basate sull’informatica

Tabella 5: Identificazione delle tecnologie 4.0 e delle tecnologie di supporto.

Le tecnologie definite 4.0 sono quindi analizzate e descritte nel seguito di questo capitolo.

2.2. Tecnologie 4.0

2.2.1. Additive manufacturing

Il termine *additive manufacturing*, anche noto come *stampa 3D*, si riferisce alla produzione di oggetti in tre dimensioni a partire da modelli virtuali, attraverso la sovrapposizione di strati di materiale polimerico, metallico, in forma di polveri, liquidi o combinazioni dei precedenti [67].

Il vantaggio competitivo offerto da questa tecnologia non deriva dalla scala di produzione, ma dall'alto valore aggiunto delle sue lavorazioni, in quanto permette di realizzare piccoli lotti di prodotti altamente customizzati con risparmi tra il 40% e il 60% [67]. In particolare, con la prototipazione rapida e la riduzione delle fasi produttive, si ottiene una diminuzione dei costi di progettazione, di attrezzaggio dei macchinari e di assemblaggio dei componenti. Inoltre, grazie al risparmio di materiali (del 25% rispetto alle tecniche di fusione), di manodopera, di superfici di magazzino per lo stoccaggio e del capitale immobilizzato, è possibile un'ulteriore riduzione dei costi. Infine, l'utilizzo del canale digitale per il trasferimento dei file CAD consente di evitare le tasse di importazione, oltre che i costi del trasporto primario. Infatti, i siti di produzione capillarmente diffusi sul territorio limitano i trasporti fisici al solo ultimo miglio, riducendo la merce movimentata e i tempi di consegna, oltre che le relative emissioni di CO₂ [156, 157].

Grazie a questi vantaggi, si prevede che il mercato della stampa 3D crescerà enormemente con alcune stime che prevedono che il settore varrà 550 miliardi di dollari entro il 2025 [156].

Inoltre, il MIT sta attualmente testando la stampa 4D che permette ai prodotti di autoassemblarsi e regolare la forma di fronte ad un cambiamento nel loro ambiente [157].

Tuttavia, l'*additive manufacturing* presenta ancora aspetti che ne possono ostacolare o ritardare la piena adozione, quali le restrizioni sui materiali e la velocità della stampa, l'incerta sicurezza dei progetti digitali che potrebbero essere hackerati e subire violazioni del *copyright* e la mancanza di regolamentazioni riguardo garanzie e responsabilità delle parti [156].

Date le caratteristiche, la tecnologia si adatta bene alla produzione di pezzi di ricambio: ad esempio, *Daimler Trucks* e *Kazzata* garantiscono ai clienti la rapida fornitura di ogni componente anche dopo diversi decenni, riducendone la necessità di stoccaggio.

Altre aziende come *PostNord Strålfors*, *Fast Radius*, *Mykita*, *Desamanea*, *TechShop*, *All3DP*, *Thingiverse*, *Shapeways*, *Sculpteo*, *3DTrust*, invece, hanno adottato l'*additive manufacturing* per creare un servizio di produzione e consegna *on demand* di articoli altamente personalizzati, la cui domanda è aumentata in seguito all'introduzione di scanner laser a basso costo e ad alta precisione con i quali i consumatori possono realizzare autonomamente il modello virtuale da riprodurre.

Infine, *Luxottica* e *Avio Aero* hanno adottato la stampa 3D per la maggiore qualità dei risultati, determinati dalla alta precisione dei dettagli e dall'uso di materiali innovativi, leggeri e resistenti [157].

2.2.2. Advanced Human Machine Interface

Il termine fa riferimento ai dispositivi indossabili avanzati e alle nuove interfacce uomo-macchina per l'acquisizione e/o la veicolazione di informazioni in formato vocale, visuale e tattile, attraverso i display *touch*, gli scanner 3D per la rilevazione gestuale, i visori per la realtà aumentata o i manuali tecnici interattivi, a supporto della formazione degli operatori [142].

Attraverso queste interfacce, il personale impartisce comandi alle macchine di propria iniziativa o agisce in risposta a determinati input derivanti dalla macchina. Ad esempio, il macchinario potrebbe comunicare all'operatore malfunzionamenti degli impianti: l'intuitività d'uso e la rapidità d'azione che queste interfacce permettono possono ridurre al minimo i tempi di intervento, riducendo i fermi macchina o prevenendo situazioni di rischio per i lavoratori.

Quindi, grazie a queste capacità, la AHMI permette un incremento dell'efficienza produttiva, della sicurezza e della qualità dei prodotti.

Infine, grazie alla diffusione dei dispositivi connessi, le HMI possono raccogliere più dati e diventare parte integrante della rete *IoT* [158].

2.2.3. Artificial Intelligence

L'intelligenza artificiale (AI), proposta da McCarthy presso la società di *Dartmouth* nel 1956, è una sintesi di varie discipline come l'informatica, la fisiologia, la psicologia, la linguistica, la biologia [159] e adotta metodologie e algoritmi ispirati alla natura per risolvere problemi impegnativi che coinvolgono sistemi che si comportano in modo intelligente, apprendendo in modo continuo (*deep learning*). La tecnologia è stata adottata in una serie di settori tecnici, tra cui robotica, riconoscimento vocale e testuale, analisi genetica. Le tecniche di intelligenza artificiale sono strumenti promettenti perché possono fornire soluzioni efficaci a problemi complessi in cui metodi matematici più tradizionali sono inefficaci o intrattabili. Le tecnologie di intelligenza artificiale sono organizzate in quattro categorie: *Artificial Neural Network* (ANN), *Fuzzy Logic*, *Swarm Intelligence* e *Support Vector Machine* (SVM) [160].

Inoltre, le prestazioni, l'accessibilità e i costi dell'AI continuano a migliorare grazie ai grandi progressi nei *big data*, nello sviluppo algoritmico, nella connettività, nel *cloud computing* e nella potenza di elaborazione [156]. Per quanto riguarda i *big data*, ad esempio, l'AI permette di sfruttare i dati non strutturati, trasformando in informazioni a valore aggiunto video, immagini, suoni [161].

In ambito logistico, l'AI trova impiego in molteplici applicazioni: nella logistica predittiva, che utilizza l'AI per pianificare spedizioni anticipate, nella gestione del magazzino, compiuta con soluzioni di robotica e sistemi di visione artificiale che migliorano operazioni come lo smistamento, la movimentazione e le ispezioni dei materiali, ma anche per tutta la fase di trasporto. Infatti, l'intelligenza artificiale permette di identificare in anticipo i possibili rischi, consentendo di intraprendere in anticipo azioni correttive ed evitare interruzioni. In riferimento all'ultimo miglio, invece, l'AI può essere sfruttata per l'ottimizzazione del routing in tempo reale, per la realizzazione di veicoli autonomi ed infine per il *customer service*, attraverso assistenti virtuali o altoparlanti intelligenti, i quali, sfruttando i dati rilevati, possono offrire prestazioni personalizzate.

2.2.4. Big data & Analytics

Il termine *big data* indica una grande raccolta di dati informativi che devono avere come caratteristiche le 5 V: volume, velocità, varietà, veridicità e valore [162]. Tuttavia, tale concetto è anche legato alla *Data Science*, ovvero l'insieme dei principi metodologici basati sul metodo scientifico e delle tecniche multidisciplinari volti ad interpretare ed estrarre conoscenza dai dati, che permette di trattare sia dati strutturati che non strutturati che combina una serie di tecniche statistiche, matematiche, di programmazione e *problem solving* [67]. Solo così le informazioni possono essere trasformate in valore commerciale, contribuendo a mostrare i legami tra fenomeni diversi e prevedere quelli futuri [163].

Grazie all'aumento della digitalizzazione dei processi e alla vasta diffusione di dispositivi connessi (automobili, *smartphone*, lettori RFID, *webcam*, telecamere, reti di sensori) è possibile acquisire quantità di dati da varie fonti, che possono essere combinati per ottenere un maggiore valore aggiunto.

Per quanto riguarda le applicazioni, i *big data* possono essere impiegati per effettuare analisi predittive, per migliorare l'esperienza del cliente, per ridurre i rischi e per creare nuovi modelli di business [163].

L'analisi predittiva aiuta a migliorare la visibilità della *supply chain* consentendo alle aziende di prendere decisioni gestionali informate. Ad esempio, i *big data* possono essere utilizzati per una previsione più intelligente della domanda (riducendo rischi di *stock out* o di merce invenduta), della capacità e della manodopera permettendo un'ottimizzazione significativa di pianificazione e utilizzo delle risorse, qualità e prestazioni del processo. Inoltre, l'analisi dei dati rende possibile compiere spedizioni anticipate: osservando i comportamenti di acquisto dei clienti, i venditori online possono prevedere un ordine prima che si verifichi, cominciando così a spostare merci in centri di distribuzione più vicini al cliente che probabilmente acquisterà i prodotti e potrà riceverli in giornata.

Le informazioni ottenute dai clienti (anche attraverso tecniche di estrazione del testo e analisi semantica compiute su social media, forum, blog), invece, possono essere utilizzate per valutare e vendere prodotti e servizi mirati e personalizzati, fidelizzando i consumatori. Ne sono esempi le vetrine e i cartelloni pubblicitari che cambiano contenuti a seconda dell'osservatore, così come le

offerte personalizzate ricevute sul proprio *smartphone*. Oppure, le stesse informazioni possono essere analizzate per identificare i nuovi trend di mercato e focalizzare più efficacemente gli investimenti.

Infine, la gestione del rischio *end-to-end* della catena di approvvigionamento può essere migliorata valutando le condizioni attuali con *pool* di dati esistenti. I *big data* possono essere utilizzati per mitigare i rischi rilevando, valutando e allertando tutte le potenziali interruzioni sulle principali rotte commerciali causate da eventi imprevisti. Ciò può essere ulteriormente migliorato attraverso l'integrazione dei dati dai dispositivi *IoT*. Ne è un esempio lo strumento *Resilience360* introdotto da *DHL*, il quale garantisce la continuità delle operazioni logistiche attraverso dati automaticamente estratti dai sistemi di gestione dei magazzini e dai sensori lungo la catena di trasporto [67]. *C.H. Robinson Worldwide*, invece, analizza i dati storici dei clienti con tecnologie di intelligenza artificiale per esaminare le minacce alla *supply chain*, come attacchi informatici, interruzioni del traffico o condizioni meteorologiche estreme, per prendere decisioni rapide su come evitare i problemi [VIII].

Per quanto riguarda la logistica urbana, i *big data* possono essere impiegati per l'ottimizzazione del *routing* in tempo reale in base alle condizioni del traffico attuali, al fine di ridurre tempi e costi di consegna ma anche le relative emissioni di CO₂. Inoltre, in riferimento ai processi di caricamento del veicolo di consegna, i dati rilevati dagli indirizzi di spedizione posti sugli articoli permettono un sequenziamento automatico di caricamento dei pacchi [163]. Infine, i dati del cliente possono essere utilizzati per migliorare l'efficienza di consegna, aumentando la probabilità di raggiungere l'indirizzo finale in un orario in cui il destinatario è a casa [164].

Secondo [143], lo sviluppo dell'*Industria 4.0* sarà possibile solo realizzando in tempo reale l'analisi e l'elaborazione intelligente di grandi moli di dati provenienti da molte sorgenti eterogenee. Tuttavia, tale tecnologia desta preoccupazioni riguardo la *privacy* e la protezione dei dati.

2.2.5. Blockchain

La *blockchain* è un libro mastro transnazionale sicuro, condiviso da tutte le parti che operano all'interno di una data rete distribuita di computer che registra e archivia tutte le transazioni che avvengono all'interno di un *network*, dove ogni nodo svolge un ruolo nella verifica delle informazioni, inviandole al successivo in una catena composta da blocchi. Così, ad ogni passaggio di proprietà, viene creata una cronologia permanente della transazione effettuata che non può essere modificata.

Presenta quattro caratteristiche chiave [165]:

- **Trasparenza dei dati:** comprende meccanismi accurati per garantire la memorizzazione nei registri, a prova di manomissione e riconducibili ad una fonte verificabile. Quindi, invece di più parti che mantengono (e possono alterare) copie del proprio set di dati, ora ogni *stakeholder* ha accesso ad un set di dati condiviso creando un'unica fonte di verità.
- **Sicurezza:** i meccanismi di sicurezza assicurano che le singole transazioni e messaggi siano firmati crittograficamente. Ciò garantisce un'accurata ed efficace gestione del rischio per affrontare i rischi di pirateria informatica, manipolazione dei dati e compromissione dei dati.
- **Gestione delle risorse:** può essere utilizzata per gestire la proprietà di risorse digitali e facilitare i trasferimenti di attività.
- **Smart contract:** sistema in grado di far rispettare automaticamente le regole e fasi del processo concordate alle parti interessate. Una volta stabiliti, i contratti intelligenti sono completamente autonomi: quando sono soddisfatte le condizioni contrattuali, le azioni prestabilite e concordate si verificano automaticamente.

Grazie alle sue caratteristiche di immutabilità, trasparenza e affidabilità, la blockchain risulta particolarmente adatta per le applicazioni logistiche, in quanto la *supply chain*, essendo molto frammentata (Figura 3), necessita di maggiore visibilità e sicurezza.



Figura 3: Flusso di informazioni in una *supply chain* internazionale [165].

Una SC basata su *blockchain* è promettente e affidabile in termini di tracciabilità e autenticazione (ad esempio per beni di lusso): permette di garantire la corretta conservazione di un bene oppure certificare la sostenibilità di tutta la filiera di un prodotto, oppure, ancora, se l'articolo è originale o se ha origini etiche.

La *blockchain*, inoltre, può aumentare le proprie potenzialità se combinata con altre tecnologie come l'IoT, l'intelligenza artificiale e la robotica. Le informazioni raccolte tramite sensori, infatti, possono essere immagazzinate irreversibilmente nella BC e automatizzare le transazioni attraverso l'uso di *smart contract*.

Infine, oltre alle risorse materiali, la *blockchain* può anche essere utilizzata per migliorare la sicurezza della protezione delle attività immateriali, ovvero le proprietà intellettuali o le informazioni commerciali importanti.

Grazie a queste caratteristiche, si stima che il mercato di questa tecnologia passerà da 411,5 milioni di dollari nel 2017 a 7,68 miliardi di dollari entro il 2022 [165].

Affinché la BC possa risultare veramente efficace, però, è necessario garantire degli standard operativi che favoriscano la regolamentazione e l'interoperabilità, oltre che la adozione da parte di tutto il settore, attraverso la cultura e la formazione del personale.

2.2.6. Cloud computing

La quantità sempre maggiore di dati che le imprese raccolgono e la loro elaborazione per il controllo di *business intelligence* non può essere gestita con i server tradizionali, ma richiede risorse di calcolo aggiuntive, disponibili in modo flessibile per evitare gli elevati costi di *overprovisioning*, e può essere soddisfatta attraverso soluzioni di *cloud computing*. Questo ambito tecnologico si avvale di un'aggregazione di infrastrutture informatiche remote e geograficamente distribuite, in genere virtualizzata su di una piattaforma, sulle quali i dati possono essere raccolti, elaborati e, successivamente, archiviati su supporti di memorizzazione e successive elaborazioni, senza il rischio di sovraccarico.

Il *cloud computing* non prevede solo la distribuzione della capacità computazionale scalabile ma, soprattutto, la fornitura di servizi via Internet. Tra le tipologie di offerta, si possono individuare tre categorie di servizi *cloud*: *Infrastructure-everything as-a-service* (IaaS), attraverso cui viene fornita un'infrastruttura di elaborazione costituita da un *hardware* virtualizzato, ossia da risorse di calcolo, di memorizzazione e di connettività; *platform-as-a-Service* (PaaS), che fornisce una piattaforma *web-based* per lo sviluppo di applicazioni e servizi e per plance di controllo delle applicazioni in esecuzione e infine *Software-as-a-Service* (SaaS) che mette a disposizione dei propri clienti software applicativi previo abbonamento [67].

Il *cloud* rappresenta un pilastro fondamentale dell'Industria 4.0, in quanto permette di esaltare le potenzialità di altre tecnologie come *big data & analytics*, *IoT*, manifattura additiva e realtà aumentata, grazie alle sue peculiarità che permettono la sincronizzazione tra più dispositivi, la standardizzazione che consente la comunicazione e l'interoperabilità tra diverse piattaforme *cloud* di vari fornitori, l'affidabilità e la qualità del servizio [166].

Queste caratteristiche lo rendono particolarmente interessante anche per le applicazioni in logistica, in quanto consente una migliore capacità di controllare i processi della catena di approvvigionamento attraverso sistemi digitalizzati e dati in tempo reale facilmente condivisi tra tutti gli *stakeholder* [156].

2.2.7. Cyber Physical System

I CPS sono sistemi su larga scala, interconnessi, complessi, eterogenei e collegati in rete le cui operazioni sono monitorate, coordinate, controllate e integrate mediante elaborazione, comunicazione e componenti che interagiscono con l'ambiente fisico [167].

L'applicazione dei CPS nei sistemi di produzione industriale sviluppa sistemi di produzione cyber-fisici (CPPS) [168]. Nei CPPS, gli impianti di produzione possono scambiare informazioni e agire in modo autonomo. Ciò migliora i processi di produzione in termini di tecniche di produzione, utilizzo delle risorse, *supply chain*, creazione di valore industriale e processo decisionale decentralizzato.

Infatti, i CPS promettono di trasformare l'industria manifatturiera con sistemi che possiedono le seguenti caratteristiche [169]:

- **Interoperabilità:** i sistemi informativi in un singolo CPS, così come tutti i CPS all'interno dello stesso impianto di produzione o di diverse imprese, sono in grado di connettersi, comunicare e scambiare informazioni, conoscenze, moduli e competenze tra loro attraverso Internet e cloud.
- **Virtualizzazione:** per convalidare l'intero processo di progettazione e produzione vengono create e simulate copie virtuali dell'impianto fisico e dei locali di vendita. In questo modo è possibile ottenere l'ottimizzazione delle risorse utilizzate, la stima dei costi di installazione e produzione, la valutazione del rischio e dell'impatto ambientale e le corrispondenti misure di sicurezza.
- **Modularità:** può essere definita come la capacità di decomporre i componenti del sistema e raggrupparli in sottosistemi indipendenti più piccoli ma interbloccati che possono essere combinati o riconfigurati di volta in volta facilmente e rapidamente utilizzando un semplice metodo *plug and play*. L'elevata modularità consente la rapida integrazione dei moduli per raggiungere gli obiettivi di produzione di prodotti o volumi diversi, consentendo al sistema di rispondere alle mutevoli dinamiche di mercato e alle preferenze dei clienti, migliorare la qualità del prodotto a un costo ridotto e un *time-to-market* più breve e superare errori interni e malfunzionamenti del sistema.

- Controllo distribuito: i dispositivi del sistema sono in grado di prendere decisioni autonomamente e scambiare informazioni per tracciare o aggiornare l'intero sistema in modo continuo sfruttando le capacità informatiche di *networking*, *scheduling*, elaborazione dei dati e capacità computazionale.
- Flessibilità: la linea di produzione modulare e l'integrazione dei diversi livelli gerarchici organizzativi rendono il processo di produzione flessibile e facilmente riconfigurabile. Ciò consente alle aziende manifatturiere di rispondere più rapidamente e in modo più efficiente alla domanda dinamica e in rapida evoluzione del mercato e alla corrispondente offerta di risorse, sfide e competizioni contemporanee o cambiamenti dell'ultimo minuto negli ordini dei clienti.
- Personalizzazione: il cliente partecipa alla progettazione, alla vendita e alla produzione o al miglioramento dei prodotti *on demand* fornendo idee, opinioni e *feedback*.
- Risposta in tempo reale: consente di personalizzare la progettazione del prodotto e il processo di fabbricazione in base alla richiesta del cliente o di intervenire istantaneamente in caso di malfunzionamento di qualsiasi dispositivo durante la produzione.
- Auto-manutenzione: l'autoapprendimento, l'autodiagnosi, l'auto-coordinamento e l'auto-aggiornamento rendono i CPS in grado di mantenere autonomamente le proprie prestazioni e la gestione dei fermi e dei guasti, riducendo i difetti e aumentando la qualità della produzione.

2.2.8. Internet of Things

Il termine *IoT* indica un concetto piuttosto ampio non univocamente identificato: molti lavori di ricerca hanno proposto definizioni per spiegarne il significato.

L'*Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)* l'ha definito "una rete di elementi, ciascuno incorporato con sensori, che sono collegati a Internet" [170]. Simile la definizione dell'*Organisation for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)* che lo descrive come un "Sistema in cui l'ID Internet è collegato al mondo fisico tramite sensori onnipresenti" [166].

Altre definizioni, invece, identificano *l'Internet of Things* come un'infrastruttura: secondo il progetto *CASAGRAS* (Coordinamento e azioni di supporto per le attività e la standardizzazione globali legate all'RFID), l'*IoT* è "un'infrastruttura di rete globale, che collega oggetti fisici e virtuali attraverso lo sfruttamento delle capacità di acquisizione e comunicazione dei dati. Questa infrastruttura include gli sviluppi esistenti e in evoluzione di Internet e delle reti. Offrirà specifiche capacità di identificazione degli oggetti, sensori e connessioni come base per lo sviluppo di servizi e applicazioni cooperativi indipendenti. Questi saranno caratterizzati da un elevato grado di acquisizione autonoma dei dati, trasferimento di eventi, connettività di rete e interoperabilità" [171].

Inoltre, nel progetto *CERP-IoT* (*Cluster of European Research Projects" sull'Internet of Things*) si legge che "*l'Internet of Things* è parte integrante di *Future Internet* e potrebbe essere definito come un'infrastruttura di rete globale dinamica con capacità di autoconfigurazione basata su protocolli di comunicazione standard e interoperabili in cui le "cose" fisiche e virtuali hanno identità, attributi fisici, e personalità virtuali e utilizzano interfacce intelligenti e si integrano perfettamente nella rete di informazioni. Nell'*IoT*, le cose dovrebbero diventare partecipanti attivi nei processi aziendali, informativi e sociali in cui sono abilitati a interagire e comunicare tra loro e con l'ambiente scambiando dati e informazioni "percepiti" sull'ambiente, reagendo autonomamente agli eventi del mondo reale/fisico e influenzandolo eseguendo processi che innescano azioni e creano servizi con o senza intervento umano diretto. Le interfacce sotto forma di servizi facilitano le interazioni con queste *smart things* su Internet, interrogano e cambiano il loro stato e qualsiasi informazione ad essi associata, tenendo conto dei problemi di sicurezza e privacy" [172]. Infine, l'*IERC* (*IoT European Research Cluster*), definisce l'*IoT* come

“un'infrastruttura di rete globale dinamica con capacità di autoconfigurazione basata su protocolli di comunicazione standard e interoperabili in cui le 'cose' fisiche e virtuali hanno identità, attributi fisici e personalità virtuali e usano interfacce intelligenti e sono perfettamente integrate nella rete di informazioni” [173].

L'*IoT*, dunque, consiste in un *network* di sistemi fisici che possono interagire e collaborare tra loro, permettendo il raggiungimento di obiettivi che dipendono fortemente dalla loro capacità di trasmettere ed elaborare informazioni, sfruttando anche altre tecnologie come il *cloud computing*, *big data* e *fog computing* [166].

Entro il 2020, *Cisco* stima che ci saranno oltre 50 miliardi di dispositivi connessi a Internet, anche grazie a sensori più affidabili ed economici e reti *wireless* più veloci [174], e che il settore raggiungerà un valore di 14.000 miliardi di dollari entro il 2022 [67].

Ad esempio, l'introduzione dell'*Internet of things* nelle imprese, consente la digitalizzazione dell'intera catena del valore, favorendo il decentramento del monitoraggio dei processi fisici e il controllo da remoto, oltre che un adattamento rapido ai cambiamenti.

In particolare, per quanto riguarda la logistica, l'*IoT* consente una visione sull'intera *supply chain*, con un conseguente aumento di trasparenza, tracciabilità e affidabilità delle operazioni logistiche, maggiore efficienza, anche grazie alle decisioni automatizzate in ambienti complessi, e migliore qualità del servizio di consegna, che può essere dinamico e personalizzato.

Ad esempio, nell'ambito dell'ultimo miglio, l'*IoT* può essere sfruttato per realizzare *smart mailbox* o *parcel locker* intelligenti: i sensori all'interno possono avvertire della presenza di posta (anche attraverso notifiche o SMS) e controllare le condizioni ambientali (ad esempio temperatura e umidità) per poter permettere la consegna di prodotti deperibili o sensibili. Tali armadietti si aprono digitando un codice associato alla spedizione o leggendo un *QR code* oppure, in alcuni casi innovativi, sono in grado di interagire con veicoli autonomi che effettuano le consegne, riducendo notevolmente i casi di mancata consegna.

I sensori possono anche essere applicati sugli imballaggi, realizzando *smart packaging* in grado di controllare le condizioni ambientali, garantendo così non solo la giusta conservazione del prodotto, ma anche di migliorare la saturazione e l'ingombro dei mezzi di trasporto.

Inoltre, l'*IoT* impiegato nei prodotti *smarthome* può permettere un miglior servizio al cliente: i sensori possono infatti rilevare quando un prodotto sta terminando, pianificando automaticamente il nuovo ordine. Ne è un esempio la macchina per il caffè *La Cimbali*, che programma il reintegro automatico delle scorte di caffè.

Nell'ambito della *sharing economy*, l'*IoT* è una tecnologia chiave: consente di condividere le risorse sfruttando la capacità inutilizzata. Un'applicazione è, ad esempio, la consegna basata sul *crowdshipping*, che implica la consegna di beni utilizzando corrieri occasionali che compierebbero comunque quel tragitto.

La diffusione di sensori può essere estesa fino a realizzare un'intera città intelligente: le *smart cities* consentono di avere informazioni riguardo condizioni di traffico, meteo, inquinamento, disponibilità di parcheggi, consentendo così l'ottimizzazione in tempo reale del percorso di consegna.

Tuttavia, la tecnologia presenta ostacoli che ne causano un rallentamento della diffusione: oltre all'*hardware* che necessita di rilevanti potenziamenti e i problemi di sicurezza e *privacy* dei dati, il settore logistico presenta un alto livello di frammentazione che non favorisce l'implementazione di uno standard *IoT* lungo tutta la catena.

2.2.9. Realtà aumentata e realtà virtuale

La realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) sono le due dimensioni che compongono la realtà digitale.

La realtà aumentata consiste in sistemi che attraverso dispositivi mobili, di visione, di ascolto o di manipolazione, riescono ad aggiungere informazioni multimediali alla realtà che l'uomo riesce a percepire naturalmente. La realtà virtuale, invece, isola l'utente dall'ambiente esterno, facendolo immergere in una realtà digitale parallela, che lo assorbe completamente [67].

Questa tecnologia è fruibile potenzialmente da ogni categoria di utente ed è principalmente utilizzata nel campo della visione 3D attraverso occhiali o lenti intelligenti. Non mancano tuttavia anche applicazioni per l'udito o la percezione tattile.

I sistemi basati sulla realtà aumentata possono trovare applicazione in diversi contesti, tra cui quelli della produzione, del controllo qualità e della logistica.

In riferimento a quest'ultimo settore, infatti, i dispositivi AR risultano particolarmente utili nelle funzioni di magazzino: gli *smart glasses* permettono il compimento a mani libere di varie attività come picking (il *Pick-by-Vision* offre il riconoscimento di oggetti in tempo reale, la lettura di codici a barre, la navigazione interna e la perfetta integrazione delle informazioni con il *Warehouse Management System*, riducendo gli errori fino al 40% [175]), imballaggio, selezione e assemblaggio del prodotto, oltre che per attività di progettazione del layout del magazzino. Con questa tecnologia, infatti, si possono creare concetti virtuali, tra cui simulazioni di produzione e pianificazione del *layout* digitale per siti fisici: i flussi di materiale, la pianificazione dell'infrastruttura, la simulazione di nuove attrezzature e i costi di installazione possono essere visualizzati e testati prima dell'implementazione, riducendo i costi di eventuali prove e riprogettazioni. Inoltre, l'AR può essere utilizzata per evidenziare virtualmente la sequenza ottimale di caricamento di un veicolo di ciascuna spedizione (tenendo conto del percorso, del peso, della fragilità, ecc.) o, ancora, per facilitare la documentazione commerciale e la gestione internazionale delle merci, controllandola e traducendola.

Per quanto riguarda le consegne dell'ultimo miglio, l'AR può sostituire i sistemi di navigazione con dispositivi di proiezione sul parabrezza, che possono indicare la strada ed evidenziarne i rischi per il conducente, o con *smart glasses* che permettono di individuare velocemente il giusto pacco da

consegnare (si stima che i conducenti trascorrono tra il 40% e il 60% del loro tempo per compiere questa operazione) o per individuare correttamente gli ingressi del destinatario [175].

Infine, l'AR può migliorare il servizio post-vendita al cliente, attraverso *software* di realtà digitale che aggiungono prestazioni al prodotto o che spiegano passo-passo come assemblarlo o ripararlo.

Anche in questo caso, tuttavia, occorre tener conto degli alti costi di implementazione della tecnologia, dei possibili problemi di prestazioni della rete e della batteria, delle regolamentazioni sulla *privacy* e della frammentazione degli *stakeholder*, a causa della quale può risultare difficile garantire la sincronizzazione della realtà digitale lungo tutta la *supply chain*.

2.2.10. Robotica avanzata

Con il termine *robotica avanzata* si intendono i robot di nuova generazione interconnessi e intelligenti, in grado di percepire le situazioni ambientali e imparare continuamente. In questa categoria sono inclusi i robot collaborativi, i sistemi di *bionic enhancement*, i veicoli autonomi e i droni.

Robot collaborativi

I robot collaborativi sono tecnologie che assistono il lavoratore, svolgendo tutti i compiti più pericolosi, noiosi e pesanti senza fatica e con precisione.

L'impiego dei robot da parte delle imprese può portare ad una completa digitalizzazione e automazione dei processi. Questo permette di migliorare la produttività e la qualità, anche tramite la riduzione dei difetti di produzione e la flessibilità della produzione, anche nel caso di piccoli lotti di produzione [176].

Tuttavia, le tecnologie di *advanced manufacturing* non influenzano solo la produzione e l'assemblaggio, ma comportano dei cambiamenti anche a livello di processi amministrativi, logistici e di gestione del magazzino. I miglioramenti nel campo dell'intelligenza artificiale applicata ai robot e, più nello specifico, il *deep learning*, infatti, stanno attribuendo loro ruoli più cognitivi, come il riconoscimento di oggetti, la supervisione e responsabilità nella gestione delle risorse

umane. La maggiore intelligenza dei robot deriva dalla dotazione di questi di sensori che permettono loro di percepire e *clusterizzare* l'ambiente attorno a sé e quindi di interagirvi in maniera molto più efficace [67]. La logistica interna, ad esempio, può essere gestita da robot autonomi e magazzini automatici che, non solo sono in grado di gestire maggiori carichi, ma anche riescono ad eseguire autonomamente le attività di controllo e pianificazione connesse ai processi logistici.

Bionic enhancement

Con *bionic enhancement* si intendono i dispositivi indossabili avanzati e gli esoscheletri che potenziano le capacità fisiche e cognitive degli esseri umani, consentendo agli operatori di lavorare in sicurezza e riducendo il rischio di infortuni sul lavoro. Alcuni esempi possono essere riscontrati nelle tute robotiche, che permettono di sollevare carichi notevoli riducendo la fatica, migliorando l'efficienza e la salute della risorsa umana, oppure le lenti a contatto intelligenti che, con l'utilizzo della realtà aumentata, ne espandono le abilità cognitive [156].

Veicoli a guida autonoma

I veicoli a guida autonoma (o *Self-driving Vehicles*) sono veicoli intelligenti in grado di muoversi senza conducente. Attualmente sono molto utilizzati per le operazioni di magazzino, ma molti test pilota li stanno sperimentando anche su strada. Tra i motivi che ne favoriscono lo sviluppo ci sono la maggiore efficienza, grazie alla regolazione ottimale della velocità, l'impiego di un *router* ottimizzato e, dunque, il minor impatto ambientale, il maggior comfort del conducente, che diventa un passeggero e può svolgere altre attività mentre il veicolo è in movimento, l'assenza dei limiti di tempo di guida imposti per legge ai camion merci e la maggiore sicurezza, in quanto permettono di evitare incidenti dovuti alla distrazione umana [177].

Inoltre, questi veicoli sono particolarmente indicati per le tratte urbane, in quanto, nonostante presentino maggiori ostacoli, permettono velocità ridotte.

Tuttavia, l'implementazione di tale tecnologia è ostacolata da alcuni fattori, quali la presenza di restrizioni legali applicate in alcuni Paesi e i problemi di sicurezza dovuti a potenziali *hacker* e *bug*

del *software*, i quali possono avere conseguenze molto gravi per gli utenti e per l'accettazione e la diffusione della tecnologia.

Droni

I droni, o *Unmanned Aerial Vehicles*, oltre ai benefici dei veicoli a guida autonoma, presentano l'enorme vantaggio di non richiedere l'infrastruttura stradale per potersi muovere: sono quindi particolarmente adatti per raggiungere destinazioni rurali pericolose o difficilmente raggiungibili su gomma oppure per le tratte urbane molto trafficate. Tuttavia, le restrizioni di normative per motivi di *privacy*, rumore e sicurezza, ne limitano notevolmente l'adozione [178]. Per ora, infatti, l'impiego di questa tecnologia è maggiore all'interno dei magazzini, per operazioni di intralogistica e sorveglianza. Tuttavia, diverse aziende (es. *Amazon, Google, DHL*) stanno implementando l'utilizzo dei droni per le consegne dell'ultimo miglio, grazie alla velocità e alla flessibilità che questa tecnologia garantisce. Il gruppo *Workhorse*, invece, ha costruito e testato la propria flotta di droni per la consegna combinata con automezzi: i droni sono collocati sopra al veicolo e, una volta caricati con la merce da consegnare, eseguono la scansione del codice a barre sul pacco, pianificano il percorso fino al punto di consegna tramite GPS e decollano verso la destinazione. Nel frattempo, il veicolo continua a circolare. Dopo una consegna riuscita, l'UAV torna sull'automezzo dove può ricaricare la batteria in modalità wireless per compiere la consegna successiva [IX].

2.3. Tecnologie di supporto

2.3.1. Cyber security

La crescente condivisione di dati tra *device* sempre più connessi ha evidenziato moltissime vulnerabilità, aumentando l'esigenza delle imprese di proteggere i sistemi di produzione e la rete informatica da potenziali minacce di manomissione o furto delle informazioni. Nel 2016 si è arrivati a contare più di 1 milione di attacchi informatici ogni giorno [179], i quali possono minare la *business continuity* e generare danni in termini di perdita di reputazione.

Il compito principale della *cyber security*, quindi, è la protezione e la tutela delle imprese dai rischi derivanti dal *cyberspace*, quel complesso ecosistema di interazione di persone, *software* e servizi con le tecnologie, i dispositivi e le reti Internet [180].

Il principale beneficio economico dell'introduzione di tecnologie di *cyber security*, invece, è legato agli elevati costi di non protezione derivanti dalla chiusura di impianti di produzione e dai danni reputazionali in caso di minacce informatiche reali o sospette che può compromettere l'esistenza stessa dell'impresa [67].

2.3.2. ICT

Con il termine *Information and Communications Technology* (ICT) si indica l'insieme dei metodi e delle tecniche utilizzate nella trasmissione, ricezione ed elaborazione di dati e informazioni [X].

Tali tecnologie possono essere raggruppate in:

- *tecnologie di rete*, quali telefonia fissa, banda larga, telefonia mobile e radiodiffusione circolare;
- *terminali*, che fungono da punto di accesso alla rete per gli utenti;
- *servizi*, quali la posta elettronica e i motori di ricerca oppure i più recenti servizi di e-commerce, online banking, tv digitale [X].

Dato il volume crescente di informazioni, le ICT sono una risorsa strategica, in quanto permettono la manipolazione dei dati tramite conversione, immagazzinamento, protezione, trasmissione e recupero sicuro dei dati.

Tuttavia, affinché tali tecnologie risultino efficaci, è necessario che garantiscano l'interoperabilità, la *privacy* e la sicurezza informatica e che siano resilienti, ovvero in grado di continuare a funzionare in condizioni normali anche in caso di guasto di sottocomponenti [181].

2.3.3. Integrazione sistemica verticale e orizzontale

Per *integrazione sistemica* si intende l'integrazione dei dati e dei sistemi lungo tutta la catena del valore. In particolare, l'*integrazione orizzontale* fa riferimento all'integrazione di diversi agenti, come partner commerciali e clienti, modelli di business e di cooperazione, quella *verticale*, invece, riguarda sistemi di produzione intelligenti, ad esempio *smart factory* e *smart product*, *networking* di logistica *smart*, produzione, commercializzazione e servizi. L'integrazione verticale di sottosistemi gerarchici porta alla creazione della *smart factory*, la quale a sua volta supporta l'integrazione orizzontale attraverso reti di valore [67].

Con l'integrazione orizzontale e verticale, macchine, sistemi, impianti, vengono connessi tra di loro e con clienti e fornitori formando un sistema autoorganizzato che può essere riconfigurato velocemente per adattarsi a diversi tipi di prodotto, facilitandone anche la personalizzazione [182]. Le grandi quantità di dati raccolti diventano una risorsa fondamentale per l'intero sistema-impresa. In particolar modo, le attività di logistica esterna vengono rese più efficaci dalla condivisione di dati che collegano l'impresa al cliente e al fornitore formando un unico flusso di informazioni tra tutti gli *stakeholder*, permettendo di conoscere in tempo reale eventuali guasti o ritardi a monte, facilitando la programmazione della produzione e garantendo un miglior servizio a valle [143].

2.3.4. Sensori

Un sensore è un dispositivo meccanico, elettronico o chimico, che in apparecchiature o meccanismi rileva i valori di una grandezza fisica e ne trasmette le variazioni a un sistema di misurazione o di controllo [134].

I sensori rappresentano una tecnologia fondamentale per il funzionamento ottimale dell'*Industria 4.0*: permettono il rilevamento di grandi quantità di informazioni in tempo reale che possono essere analizzate e sfruttate per la digitalizzazione e l'automatizzazione dei processi, attraverso l'intelligenza artificiale e la robotica avanzata, apportando sicurezza ed efficienza, oltre che una migliore qualità [156].

Inoltre, permettono l'interconnessione tra prodotti, operatori e impianti, favorendo il funzionamento ottimale di interfacce uomo-macchina, CPS, *IoT* e realtà digitale [183].

Ad esempio, in riferimento ai processi logistici, i sensori, oltre a migliorare le operazioni di magazzino, permettono il monitoraggio e la tracciabilità di tutta la *supply chain*, favorendo l'interoperabilità della rete e la condivisione di informazioni e risorse in tempo reale [184, 185].

Infine, per quanto riguarda la *blockchain*, i sensori possono consentire la rilevazione automatica delle transazioni, stipulando autonomamente *smart contract* che registrano le informazioni di deposito, trasporto, distribuzione e monitoraggio in modo permanente e non modificabile [186].

2.3.5. Strumenti di identificazione

Esempi di strumenti di identificazione sono i codici a barre, i *QR Code* e i *tag RFID*.

L'identificazione a radiofrequenza (RFID) è una tecnologia di comunicazione *wireless*, che può identificare obiettivi specifici e leggere e scrivere i dati relativi attraverso segnali radio, senza stabilire contatto meccanico o ottico tra sistema di riconoscimento e target specifici. I tag sono costituiti principalmente da chip e antenne accoppiate, mentre l'unicità dei tag RFID è dovuta al codice elettronico alfanumerico di 22 caratteri univoco unito agli oggetti da contrassegnare [187].

Può trovare impiego lungo tutto il processo logistico, ad esempio per lo sviluppo di magazzini automatici o semi-automatici e per la tracciabilità continua lungo tutta la *supply chain*. Il continuo monitoraggio della merce consente la gestione ottimale dell'inventario, l'analisi di difetti ed errori nelle varie fasi di produzione, la riduzione di perdite e furti e un miglior servizio al cliente, grazie alle maggiori informazioni a disposizione sul prodotto, che ne garantiscono origini e autenticità [188, 189, 190, 191].

2.3.6. Tecnologie basate sull'informatica

Con questo termine si sono indicate quelle tecnologie alla base di tecnologie più evolute e complesse, quali i programmi *CAD* e *CAM*, i componenti *Intel*, i protocolli e le architetture informatiche e linguaggi di programmazione. Tali strumenti possono essere intesi come un supporto alle tecnologie 4.0 in quanto, da soli, non contribuiscono una grande vantaggio operativo, mentre invece, nell'ambito di tecnologie più avanzate (ad esempio *artificial intelligence*, *additive manufacturing*, realtà digitale), costituiscono un indispensabile supporto strategico.

3. Analisi empirica delle tecnologie 4.0 applicate alla logistica urbana

Per comprendere quali fattori determinano uno sviluppo delle applicazioni di *City Logistics 4.0*, è stata eseguita un'analisi empirica. Dopo una prima fase di ricerca, le informazioni rilevanti sono state raccolte in un *dataset* e analizzate statisticamente al fine di osservare le variabili che influenzano significativamente l'investimento in tali tecnologie.

3.1. Presentazione del *dataset* e delle relative applicazioni

Per analizzare lo stato dell'arte della *city logistics 4.0*, è stato costruito un *dataset* che comprende le principali applicazioni di tecnologie 4.0 alla logistica urbana individuate su articoli di riviste scientifiche internazionali e siti internet (*Allegato A*). Inizialmente sono stati individuati gli articoli scientifici appropriati utilizzando il *database Scopus* e il motore di ricerca *Google Scholar* e inserendo come parole chiave le varie tecnologie 4.0 e i termini *city logistics* e *urban logistics*. In seguito, si è ampliata la ricerca analizzando i *report* e i documenti contenuti della bibliografia dei suddetti articoli. Infine, per integrare le informazioni, si sono consultati i siti web dedicati alle varie applicazioni e altri siti contenenti informazioni commerciali di aziende private e pubbliche, come ad esempio la piattaforma *CrunchBase* e il *database Pagan Research*.

Per ognuna delle osservazioni individuate, dopo aver analizzato attentamente il relativo progetto, è stato registrato il nome dell'applicazione, una sintetica descrizione, il Paese e l'anno di realizzazione, la fase di avanzamento (*proposta*, nel caso in cui ci fosse l'interesse ad applicare una nuova tecnologia, ma si sia ancora in fase di analisi preliminari di fattibilità, *test*, se il progetto fosse in fase di prototipazione o qualora se ne stesse sperimentando il funzionamento attraverso test pilota, oppure *reale*, nei casi in cui la tecnologia fosse già applicata nel contesto urbano), l'investimento effettuato per la realizzazione del progetto e la principale tecnologia 4.0 (o di supporto) impiegata. Per le applicazioni delle quali non era indicata la data esatta di implementazione, è stato utilizzato come *proxy* l'anno delle prime pubblicazioni che ne documentano l'adozione.

In seguito, poiché l'obiettivo dell'analisi è quello di stabilire le relazioni tra gli investimenti e altri fattori, le osservazioni di cui non era disponibile l'entità dell'investimento realizzato sono state

rimosse, mantenendo così 134 osservazioni. Per quanto riguarda invece le tecnologie sviluppate in più città di Paesi diversi, ma di cui era fornito solo l'ammontare dell'investimento totale, si sono adottate due strategie di divisione:

- nei casi di applicazioni di *food delivery*, per i quali è noto il numero di città in cui il servizio è attivo, si è ipotizzato un investimento suddiviso proporzionalmente al numero di città di ogni nazione rispetto al numero totale (ad esempio, se un servizio fosse attivo in 100 città, di cui 15 in Italia, all'Italia sarebbe attribuito il 15% dell'investimento);
- per le altre applicazioni per le quali non è noto il numero di città di implementazione del relativo progetto, ma soltanto i Paesi coinvolti, l'investimento è stato ipotizzato essere suddiviso in parti uguali tra le nazioni, non essendoci *driver* numerici significativi che permettessero una suddivisione più accurata.

Infine, con l'obiettivo di comprendere il contesto socioeconomico di ogni applicazione e la sua eventuale influenza sullo sviluppo dell'applicazione stessa, sono state individuate alcune variabili che potessero descrivere diversi aspetti delle diverse nazioni. Queste variabili sono state selezionate in modo da considerare tutti i possibili fattori che possono influenzare la scelta di investire in un determinato mercato, ovvero quelli economici, strategici e giuridici. Inoltre, dato il particolare ambito di ricerca in questione, ovvero quello urbano, si sono considerati anche indicatori che potessero descrivere l'aspetto demografico delle città di una determinata nazione, al fine di comprendere la possibile domanda del servizio.

È quindi stato consultato il *database World Bank* per indagare quali variabili fossero più adatte. Inoltre, per misurare la competitività e l'innovazione delle singole nazioni, si sono consultati i *Global Innovation Index Report* e i *Global Competitiveness Index Report* dei rispettivi anni di riferimento.

In seguito, sono riportati gli indicatori selezionati e le relative definizioni:

- *PIL (current US\$)*: somma del valore aggiunto lordo di tutti i produttori residenti della nazione aggiungendo eventuali tasse sui prodotti e rimuovendo eventuali sussidi non inclusi nel valore dei prodotti. È calcolato senza detrazioni per l'ammortamento dei beni fabbricati o per l'esaurimento e il degrado delle risorse naturali. I dati riportati nel dataset sono in dollari USA attuali. I dati in dollari per il PIL sono convertiti da valute nazionali

utilizzando i tassi di cambio ufficiali a un anno. Per alcuni paesi in cui il tasso di cambio ufficiale non riflette il tasso effettivamente applicato alle effettive transazioni in valuta estera, viene utilizzato un fattore di conversione alternativo [XI].

- *Tasso di crescita del PIL (% annuale)*: tasso di crescita percentuale annuo del PIL a prezzi di mercato basati su valuta locale costante [XII].
- *PIL pro capite nominale (current US\$)*: il PIL pro capite è il prodotto interno lordo diviso per la popolazione di metà anno. I dati sono in dollari USA attuali [XIII].
- *Esportazioni beni e servizi (% del PIL)*: rappresentano il valore di tutti i beni e altri servizi di mercato forniti da una nazione al resto del mondo. Includono il valore di merci, assicurazioni, trasporti, viaggi, royalties, diritti di licenza e altri servizi, quali servizi di comunicazione, edilizia, finanziari, informativi, commerciali, personali e governativi. Escludono i compensi per i dipendenti, le entrate da investimenti e trasferimenti pagamenti [XIV].
- *Importazioni beni e servizi (% del PIL)*: rappresentano il valore di tutti i beni e altri servizi di mercato ricevuti da una nazione dal resto del mondo. Includono il valore di merci, assicurazioni, trasporti, viaggi, royalties, diritti di licenza e altri servizi, come servizi di comunicazione, edilizia, finanziari, informativi, commerciali, personali e governativi. Escludono i compensi per i dipendenti, le entrate da investimenti e i trasferimenti [XV].
- *Investimenti diretti esteri (current US\$)*: si riferiscono ai flussi azionari di investimenti diretti in un'economia. È la somma del capitale azionario, del reinvestimento degli utili e di altro capitale. Sono una categoria di investimenti transfrontalieri associati a un residente in un'economia che ha il controllo o un grado significativo di influenza sulla gestione di un'impresa residente in un'altra economia. La proprietà del 10 per cento o più delle azioni ordinarie delle azioni con diritto di voto è il criterio per determinare l'esistenza di un rapporto di investimento diretto. Questa serie mostra deflussi netti di investimenti dall'economia segnalante al resto del mondo. I dati sono in dollari USA attuali [XVI].
- *Global Innovation Index*: indice che fornisce una classifica annuale dei Paesi in base alla loro capacità e al successo nell'innovazione, attraverso metriche dettagliate. Analizza ottanta

indicatori che vertono su diversi aspetti innovativi, tra cui l'ambiente politico, l'istruzione, le infrastrutture e la raffinatezza delle imprese [192].

- *Global Competitiveness Index*: valutare la competitività di ciascun Paese per il raggiungimento di produttività economica, crescita e una ricchezza. È ottenuto calcolando la media dei punteggi di dodici indicatori che misurano la competitività economica: istituzioni (pubbliche), infrastruttura, sviluppo macroeconomico, salute e istruzione primaria, istruzione superiore e formazione, efficienza del mercato dei beni, efficienza del mercato del lavoro, sviluppo del mercato finanziario, disponibilità tecnologica, dimensione del mercato, sofisticazione aziendale, innovazione [193].
- *Famiglie con accesso a internet (%)*: Percentuale di famiglie con accesso a Internet da casa [XVII].
- *Spese di ricerca e sviluppo (% del PIL)*: spese interne lorde in ricerca e sviluppo (R&S), espresse in percentuale del PIL. Includono sia le spese in conto capitale che quelle correnti nei quattro settori principali: impresa, governo, istruzione superiore e privato senza scopo di lucro. La ricerca e sviluppo copre la ricerca di base, la ricerca applicata e lo sviluppo sperimentale [XVIII].
- *Rapporto occupazione/popolazione, 15+, totale (%)*: proporzione della popolazione di un Paese che è occupata in un lavoro, ovvero le persone in età lavorativa che, durante un breve periodo di riferimento, sono impegnate in qualsiasi attività per produrre beni o fornire servizi a pagamento o per profitto. I 15 anni di età sono generalmente considerati la popolazione in età lavorativa [XIX].
- *Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, popolazione 25+, totale (%) (cumulativo)*: percentuale di popolazione di età pari o superiore a 25 anni che ha conseguito o completato la laurea o equivalente [XX].
- *Densità di popolazione*: popolazione di metà anno divisa per area terrestre in chilometri quadrati. Nella popolazione contano tutti i residenti indipendentemente dallo status giuridico o dalla cittadinanza, ad eccezione dei rifugiati non permanentemente insediati nel paese di asilo, che sono generalmente considerati parte della popolazione del loro Paese di

origine. L'area terrestre è l'area totale di un paese, ad esclusione dell'area coperta da corpi idrici interni, diritti nazionali verso l'area continentale e zone economiche esclusive. Nella maggior parte dei casi la definizione di corpi idrici interni comprende i principali fiumi e laghi [XXI].

- *Popolazione urbana*: si riferisce alle persone che vivono nelle aree urbane come definito dagli uffici statistici nazionali. I dati vengono raccolti e livellati dalla Divisione della Popolazione delle Nazioni [XXII].
- *Popolazione nella città più grande (% della popolazione urbana)*: percentuale della popolazione urbana di un paese che vive nella più grande area metropolitana di quel paese [XXIII].
- *Credito interno al settore privato (% del PIL)*: si riferisce alle risorse finanziarie fornite al settore privato dalle società finanziarie, ad esempio attraverso prestiti, acquisti di titoli di disuguaglianza, crediti commerciali e altri crediti, che stabiliscono una richiesta di rimborso. Per alcuni paesi queste affermazioni includono credito alle imprese pubbliche. Le società finanziarie comprendono autorità monetarie e banche di deposito di denaro, nonché altre società finanziarie di cui sono disponibili i dati (comprese le società che non accettano depositi trasferibili ma che si assumono tali passività come depositi di tempo e di risparmio). Esempi di altre società finanziarie sono società finanziarie e di leasing, istituti di credito, società assicurative, fondi pensione e società di cambio [XXIV].
- *Qualità normativa*: indica le percezioni sulla capacità del governo di formulare e attuare politiche e regolamenti solidi che consentano e promuovano lo sviluppo del settore privato [192].

È stato quindi raccolto, per ciascuna applicazione, il dato di ogni variabile di contesto relativo alla nazione e all'anno di sviluppo della tecnologia. Nei casi in cui il valore relativo allo specifico anno è mancante, è stato inserito il dato presente cronologicamente più vicino.

Per quanto riguarda la variabile *Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, popolazione 25+, totale (%) (cumulativo)*, invece, i dati relativi a dodici Nazioni non sono

disponibili, e sono quindi stati stimati attraverso il confronto con Nazioni economicamente, socialmente e geograficamente simili.

Inoltre, relativamente al *Global Competitiveness Index*, esso è riportato in scale differenti negli anni precedenti al 2018 (*range 1-7*) rispetto agli anni successivi (*range 1-100*), e sono quindi tutti i valori stati riportati in centesimi.

Tornando all'analisi delle applicazioni di tecnologie 4.0 alla *city logistics* contenute nel dataset (e riportate in Appendice A), nel Grafico 7 si può osservare come il maggior numero di osservazioni del dataset sia relativo a progetti implementati negli Stati Uniti (27), seguito da Francia, India e Regno Unito (6) e Brasile e Canada (4). Il numero così elevato di osservazioni rilevato negli Stati Uniti è principalmente legato alle numerose sperimentazioni di applicazioni di robotica avanzata (consegne mediante droni e veicoli autonomi) svolte in collaborazione con le università statunitensi e implementate in quartieri residenziali o campus universitari (ad esempio per il *food delivery* tramite robot agli studenti nell'orario del pranzo).

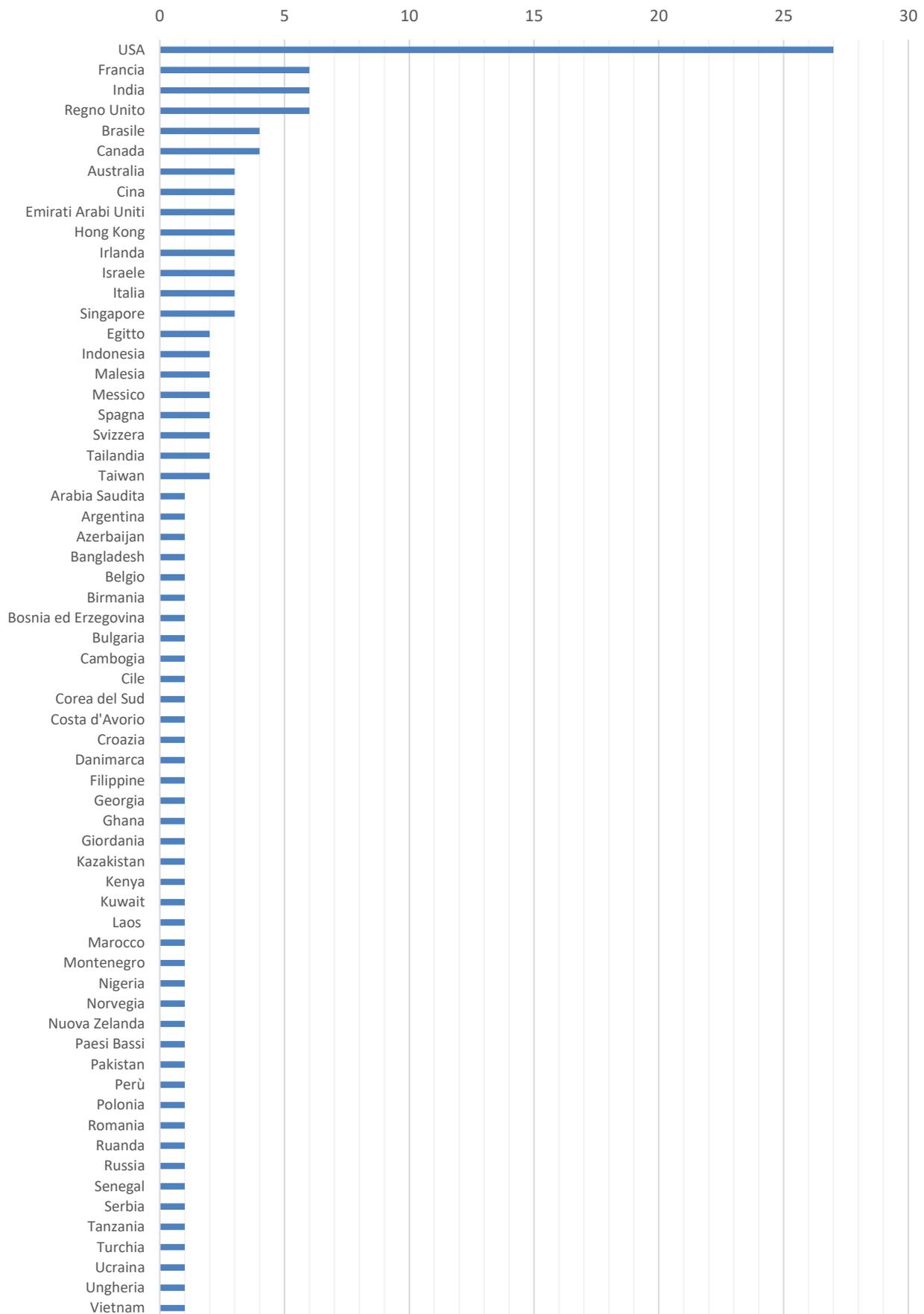


Grafico 7: Numero applicazioni per Paese.

Inoltre, gli anni con la prevalenza di osservazioni risultano essere il 2014 e 2015, a causa delle numerose implementazioni di *food delivery* verificatesi in questo biennio (Grafico 8).

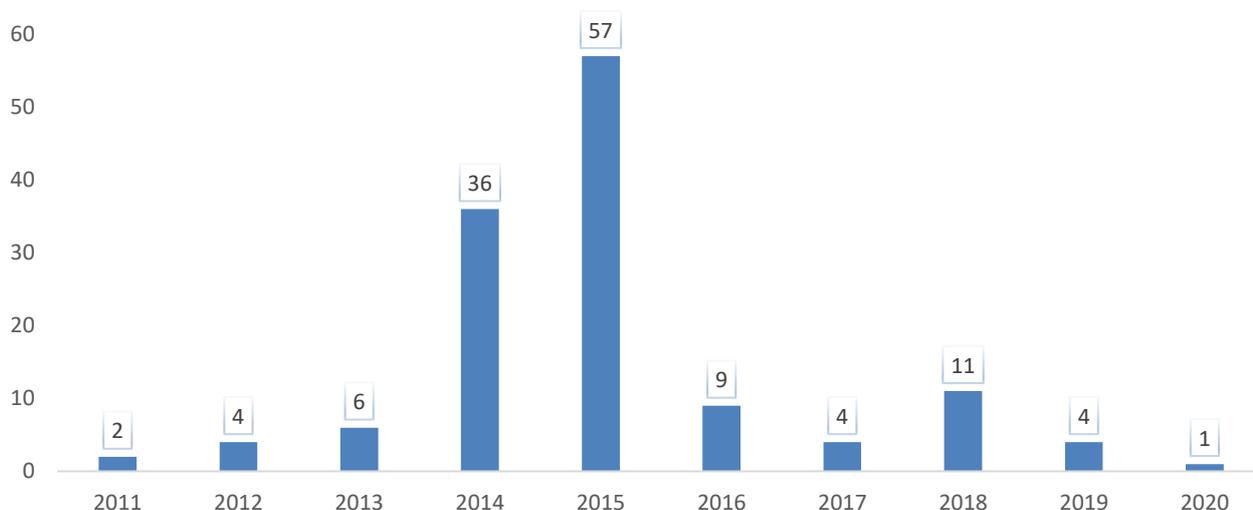


Grafico 8: Numero di applicazioni per anno.

Per quanto riguarda invece le tecnologie principali, la più applicata risulta essere l'*IoT* (83), seguita da robotica avanzata (21) e *cloud computing* (10), come evidenziato dal Grafico 9.

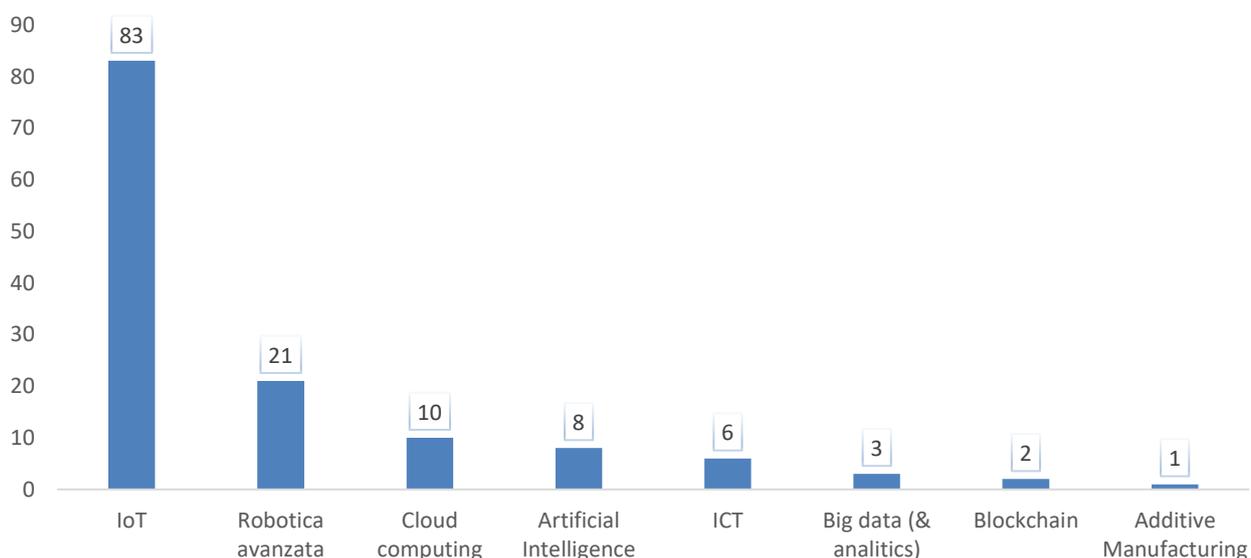


Grafico 9: Numero di applicazioni per tecnologia.

In particolare, le applicazioni dell'*IoT* riguardano principalmente la *sharing economy* (93%), con innovazioni mirate alla condivisione dei magazzini e dei veicoli di consegna (*capacità condivisa*) e al *crowdshipping*. Cinque applicazioni sono relative a dispositivi domestici come *smart mailbox* e

elettrodomestici interconnessi (ad esempio una macchina del caffè che monitora l'utilizzo delle scorte della materia prima e ne consente il reintegro attraverso ordini generati automaticamente). Solo un'applicazione, invece, è volta a garantire il monitoraggio della spedizione, al fine di assicurarne la completa tracciabilità da parte di tutti gli *stakeholder* e il mantenimento delle giuste condizioni ambientali (ad esempio temperatura e umidità) durante tutto il trasporto (Grafico 10).

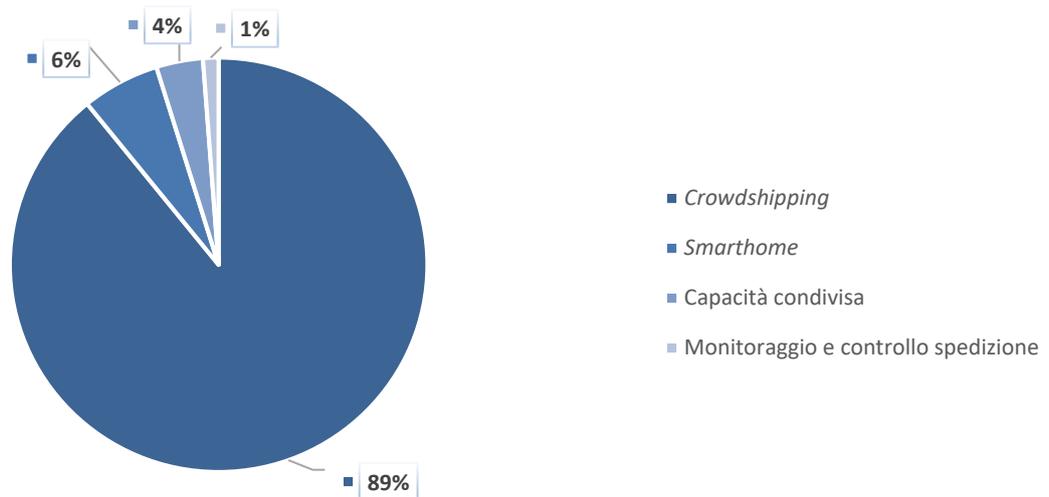


Grafico 10: Ambito delle applicazioni IoT.

Per quanto riguarda invece la robotica avanzata, undici applicazioni riguardano l'impiego di veicoli autonomi o robot per le consegne a domicilio, mentre dieci l'utilizzo di droni (Grafico 11).

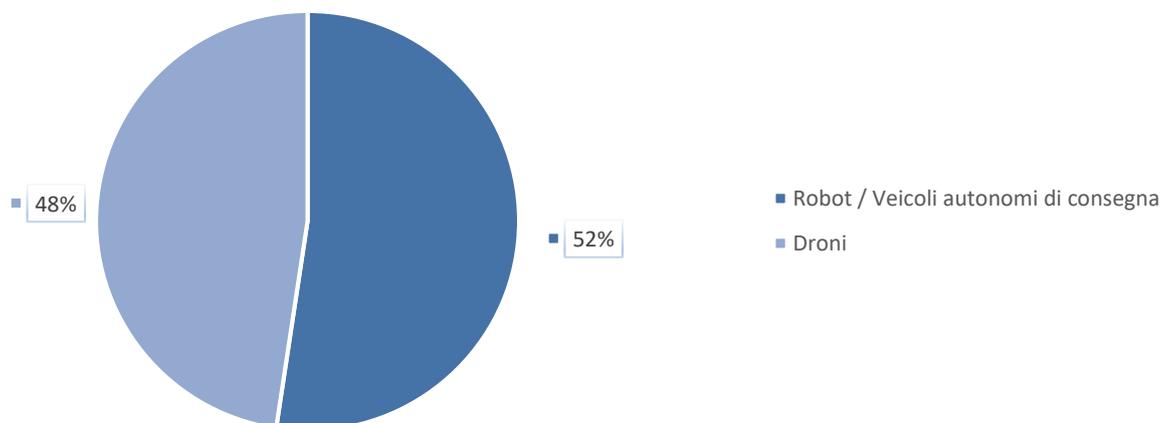


Grafico 11: Ambito di applicazione della robotica avanzata.

Le applicazioni di *cloud computing* e di *ICT*, invece, riguardano piattaforme o *app* mobili che offrono servizi logistici urbani (ad esempio, tramite *Urbaner* e *99motos* è possibile richiedere la consegna in giornata della merce, mentre sulle piattaforme di *Oxipio*, *Makespace* e *Knoxbox* è possibile richiedere lo stoccaggio della merce in centri di consolidamento urbani, prenotando il ritiro della merce e l'eventuale riconsegna), mentre, relativamente all'intelligenza artificiale, si osservano applicazioni di ottimizzazione dei processi logistici (ad esempio *BringgNow*) e servizi di assistenza virtuale che permettono al cliente di modificare le condizioni della consegna (ad esempio il *chatbot Jenny* di *Package.AI*).

Inoltre, sono presenti due applicazioni di *blockchain* alla logistica urbana, la quale consente di garantire le transazioni. *LivingPackets*, ad esempio, consegna la merce utilizzando un *packaging* intelligente che registra automaticamente e in modo permanente tutte le informazioni relative al trasporto e alla consegna, quali l'integrità del pacco, l'autenticità e le condizioni ambientali di trasferimento. *Pikme*, invece, registra nelle *blockchain* l'avvenuta ricezione della merce e dei relativi pagamenti

Infine, l'unica applicazione di *additive manufacturing* consiste nell'implementazione di un sito di produzione in stampa 3D in posizione strategica, che permette al fornitore logistico di produrre e consegnare ordini urgenti e altamente customizzati (ad esempio componenti di ricambio) in brevissimo tempo.

3.2. Descrizione dell'analisi empirica

Sulla base del dataset ottenuto, sono state eseguite analisi statistiche al fine di indagare eventuali relazioni tra le applicazioni di tecnologie in logistica urbana, i relativi investimenti e le variabili di contesto associate al Paese e all'anno dell'implementazione.

Data la netta diversità tra il numero di applicazioni per ogni tecnologia, non è stato possibile eseguire analisi ANOVA significative che studiassero eventuali relazioni tra tecnologie applicate e relativi investimenti oppure tra tecnologie e variabili di contesto.

Si è quindi realizzata un'analisi di regressione per capire quali indicatori economici e demografici incidessero in modo significativo sulle decisioni di investimento in progetti che applicano tecnologie 4.0 alla *city logistics* in una determinata nazione.

3.2.1. Analisi di regressione

Per eseguire l'analisi, si è scelto di utilizzare il software *Minitab 17*.

Inizialmente si sono osservati i dati relativi agli investimenti: come evidenziato dal Grafico 12, questi non seguono una distribuzione normale, e si è quindi ritenuto più opportuno, per l'analisi di regressione, utilizzare come variabile il logaritmo naturale dell'investimento (Grafico 13).

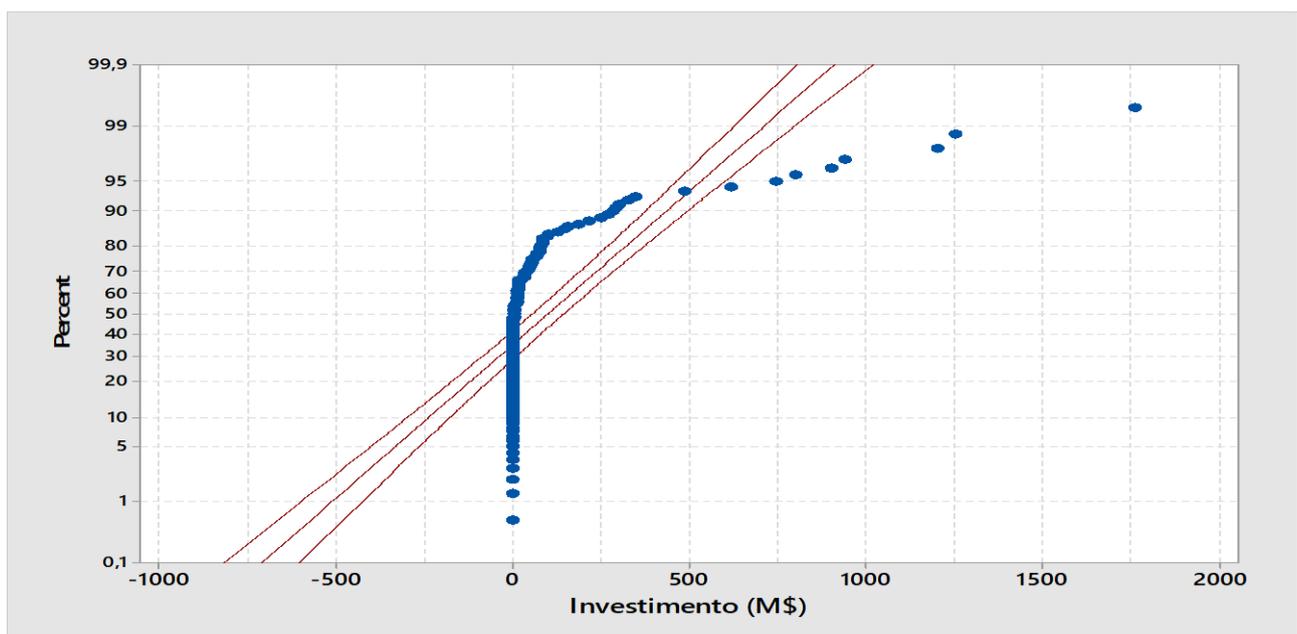


Grafico 12: Distribuzione dei valori degli investimenti.

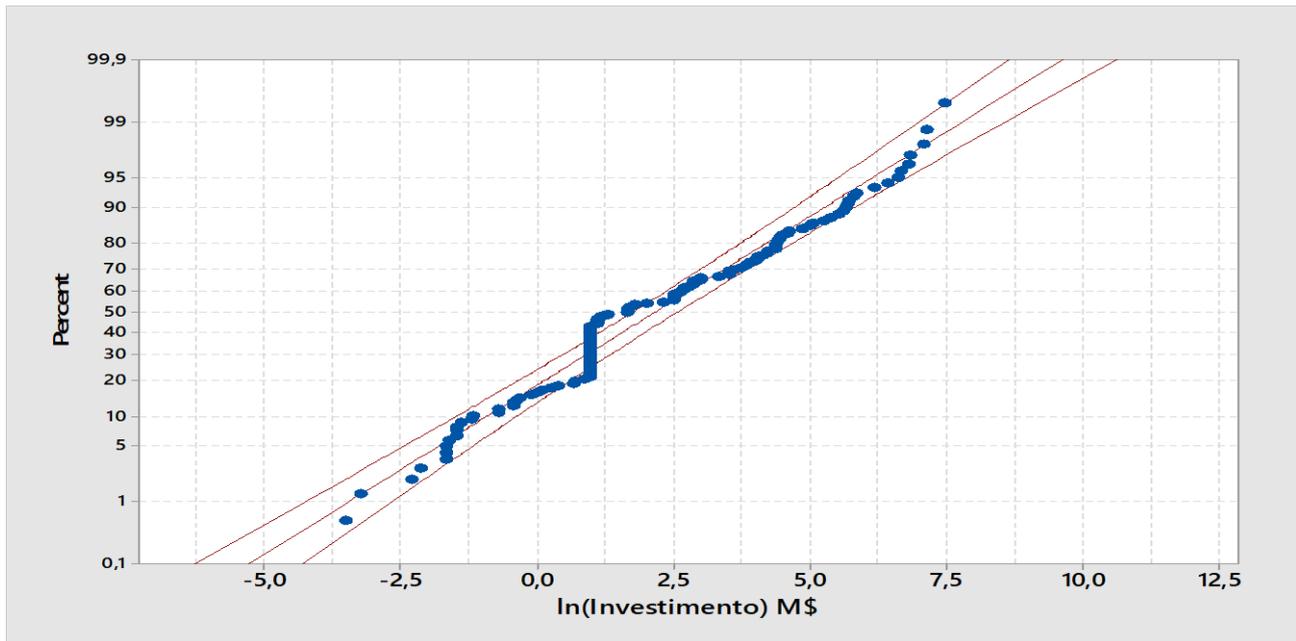


Grafico 13: Distribuzione dei valori del logaritmo naturale degli investimenti.

Si è quindi eseguita la regressione, impostando come variabile dipendente il logaritmo naturale degli investimenti e come variabili indipendenti le diciassette variabili di contesto.

Per evitare che la correlazione tra i diversi regressori distorcesse l'analisi, ad ogni lancio della regressione è stata rimossa la variabile che presentava il *variance inflation factor* (VIF) maggiore, fino ad ottenere esclusivamente valori di VIF minori di 5.

In particolare, sono state rimosse le seguenti variabili indipendenti:

- *Importazioni beni e servizi;*
- *Global Innovation Index;*
- *Global Competitiveness Index;*
- *Famiglie con accesso a internet;*
- *Qualità normativa;*
- *Esportazioni beni e servizi.*

In seguito, sono stati rimossi gli *outlier* indicati dal *software*, procedendo in sequenza da quello che, ad ogni esecuzione, presentava residuo maggiore. Per evitare un *overfitting* dei dati, ci si è limitati a rimuovere un numero di *outlier* che non superasse il 15% delle osservazioni totali.

Inoltre, non sono state considerate le osservazioni che presentavano investimenti diretti esteri negativi, in quanto, rappresentando dei disinvestimenti, non erano significativi al fine dell'analisi.

Si è così ottenuta una retta di regressione con un coefficiente di determinazione (R^2) pari al 43,09% avente come variabili significative ($p\text{-value} < 5$), oltre alla intercetta, il *PIL pro capite nominale*, gli *Investimenti diretti esteri*, le *Spese di ricerca e sviluppo*, il *Rapporto occupazione/popolazione* e la *Popolazione nella città più grande*. Tra queste, però, il coefficiente del regressore *Investimenti diretti esteri* risulta essere nullo, a causa della netta differenza tra gli ordini di grandezza del logaritmo naturale degli investimenti e dei valori degli investimenti diretti esteri. Dunque, al fine di capire la reale entità dell'influenza di questo indicatore sul valore dell'investimento nelle tecnologie di logistica urbana, è stata eseguita una regressione sostituendo alla variabile in oggetto il relativo logaritmo naturale.

Si è così ottenuta una nuova retta di regressione, che presenta però una variabile (*Popolazione nella città più grande*) con valore di VIF maggiore di 5 ($VIF=5,87$). Tale regressore è quindi stato rimosso, e, in seguito, è stata eseguita un'ulteriore analisi.

Poiché nell'*output* così ottenuto nessun regressore significativo presenta coefficiente nullo e non vi sono valori di VIF superiori a 5, questa ultima regressione è stata considerata valida per poter compiere osservazioni attendibili sui trend di applicazioni di *city logistics 4.0*.

Assumendo un intervallo di confidenza del 95%, però, solo cinque coefficienti su undici risultano essere significativamente diversi da zero ($p\text{-value} < 0,05$), ovvero quelli relativi a:

- *PIL pro capite nominale*;
- *ln(investimenti diretti esteri)*;
- *Spese di ricerca e sviluppo*;
- *Rapporto occupazione/popolazione*;
- *Popolazione urbana*.

In Tabella 6 è riportato l'output completo della regressione, mentre il dataset finale è riportato nell'Allegato B.

Regression Analysis: ln(Investime versus PIL (current US\$); Tasso di crescita del PIL (% annuale); PIL pro capite nominale (current US\$); ln(investimenti diretti esteri) (current US\$); Spese di ricerca e sviluppo (% PIL); Rapporto occupazione/popolazione (%); Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, popolazione 25+, totale (%); Densità di popolazione (persone/kmq); Popolazione urbana (%); Credito interno al settore privato (% PIL);

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	10	164,509	16,4509	5,52	0,000
PIL (current US\$)	1	7,804	7,8036	2,62	0,109
Tasso di crescita del PIL (% annuale)	1	0,000	0,0004	0,00	0,991
PIL pro capite nominale (current US\$)	1	11,938	11,9377	4,01	0,048
ln(investimenti diretti esteri) (current US\$)	1	14,757	14,7573	4,95	0,028
Spese di ricerca e sviluppo (% PIL)	1	16,870	16,8702	5,66	0,019
Rapporto occupazione/popolazione (%)	1	45,143	45,1430	15,16	0,000
Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, popolazione 25+, totale (%)	1	0,259	0,2587	0,09	0,769
Densità di popolazione (persone/kmq)	1	5,464	5,4640	1,83	0,179
Popolazione urbana (%)	1	17,402	17,4019	5,84	0,018
Credito interno al settore privato(% PIL)	1	0,720	0,7199	0,24	0,624
Error	94	279,977	2,9785		
Lack-of-Fit	72	239,401	3,3250	1,80	0,061
Pure Error	22	40,576	1,8444		
Total	104	444,486			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1,72583	37,01%	30,31%	19,91%

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	3,57	2,22	1,61	0,111	
PIL (current US\$)	0,000000	0,000000	1,62	0,109	2,95
Tasso crescita PIL (% annuale)	-0,0009	0,0784	-0,01	0,991	1,72
PIL pro capite nominale (current US\$)	0,000031	0,000016	2,00	0,048	4,93
ln(investimenti diretti esteri) (current US\$)	0,2103	0,0945	2,23	0,028	2,82
Spese di ricerca e sviluppo (% PIL)	-0,708	0,297	-2,38	0,019	3,05
Rapporto occupazione/popolazione	-0,0720	0,0185	-3,89	0,000	1,16
Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, popolazione 25+, totale (%)	0,0094	0,0320	0,29	0,769	3,87
Densità di popolazione (persone/kmq)	-0,000169	0,000125	-1,35	0,179	1,56
Popolazione urbana (%)	-0,0393	0,0163	-2,42	0,018	3,93
Credito interno al settore privato (%PIL)	0,00279	0,00568	0,49	0,624	4,19

Regression Equation

$\ln(\text{Investimento}) \text{ M\$} = 3,57 + 0,000000 \text{ PIL (current US\$)}$
 $- 0,0009 \text{ Tasso crescita PIL (\% annuale)}$
 $+ 0,000031 \text{ PIL pro capite nominale (current US\$)}$
 $+ 0,2103 \ln(\text{investimenti diretti esteri (current US\$)})$
 $- 0,708 \text{ Spese di ricerca e sviluppo (\% PIL)}$
 $- 0,0720 \text{ Rapporto occupazione/popolazione}$
 $+ 0,0094 \text{ Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente,}$
 $\text{popolazione 25+, totale (\%)}$
 $- 0,000169 \text{ Densità di popolazione (persone/kmq)}$
 $- 0,0393 \text{ Popolazione urbana (\%)}$
 $+ 0,00279 \text{ Credito interno al settore privato (\% PIL)}$

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	M\$	Fit	Resid	Std Resid	
46	4,372	0,917	3,455	2,10	R
74	0,970	0,840	0,131	0,09	X
89	-1,661	-1,032	-0,628	-0,45	X

R Large residual
 X Unusual X

Residual Plots for $\ln(\text{Investimento}) \text{ M\$}$

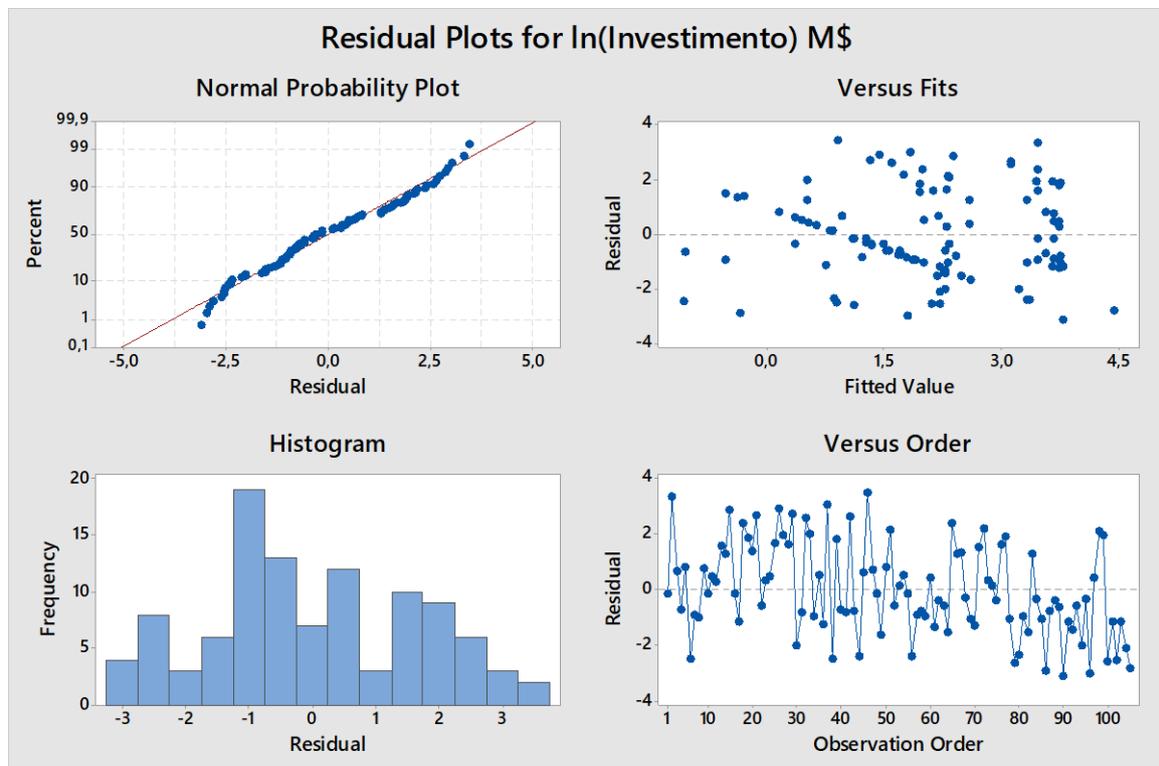


Tabella 6: *Output dell'analisi di regressione.*

3.3. Interpretazione dei risultati

3.3.1. Bontà della regressione

Innanzitutto, dall'*output* ottenuto si osserva che il *p-value* dell'analisi è prossimo allo zero. Dunque, adottando un intervallo di confidenza del 95% [194], si può dedurre che il modello di regressione utilizzato è adatto a descrivere il caso specifico.

Inoltre, come già segnalato (Paragrafo 3.2.1), non sono presenti regressori con *variance inflation factor* elevato (maggiore di 5 [195]) e, quindi, si può escludere la possibilità di distorsione dei risultati dovuta alla multicollinearità delle variabili.

Per quanto riguarda invece il valore di coefficiente di determinazione (R^2), si rileva un valore pari a 37,01%. Pur non essendo molto elevato, esso rientra nei *range* considerati accettabili per l'ottenimento di risultati significativi [196, 197].

Inoltre, i *residual plot* confermano l'accettabilità dell'analisi:

- il *Normal Probability Plot* e l'*Histogram* dimostrano che i residui sono verosimilmente distribuiti secondo una normale;
- il *Versus Fit* e il *Versus Order* indicano la casualità e l'indipendenza dei residui, nonostante mostrino un leggero trend riconducibile alla natura empirica dei dati e che, quindi, può essere ritenuto accettabile.

Infine, il *software* rileva la presenza di tre *outlier*, i quali non sono stati rimossi per evitare l'*overfitting*.

Nel complesso, dunque, l'analisi di regressione ottenuta può essere considerata affidabile.

3.3.2. Retta di regressione

La funzione di regressione ottenuta dall'analisi risulta essere:

$$\begin{aligned} \ln(\text{Investimento}) \text{ M\$} &= 3,57 \\ &+ 0,000000 \text{ PIL} \\ &- 0,0009 \text{ Tasso crescita PIL} \\ &+ \mathbf{0,000031 \text{ PIL pro capite nominale}} \\ &+ \mathbf{0,2103 \ln(\text{investimenti diretti esteri})} \\ &- \mathbf{0,708 \text{ Spese di ricerca e sviluppo}} \\ &- \mathbf{0,0720 \text{ Rapporto occupazione/popolazione}} \\ &+ 0,0094 \text{ Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, 25+} \\ &- 0,000169 \text{ Densità di popolazione} \\ &- \mathbf{0,0393 \text{ Popolazione urbana}} \\ &+ 0,00279 \text{ Credito interno al settore privato.} \end{aligned}$$

Le variabili significative sono state analizzate per comprendere l'entità e le ragioni delle relative influenze sul valore degli investimenti in applicazioni delle tecnologie dell'Industria 4.0 alla *city logistics*.

PIL pro capite nominale

La regressione indica che una variazione unitaria del PIL pro capite (+1 US\$) produce un aumento degli investimenti del 0,0031%.

Il coefficiente, dunque, indica che gli investimenti in tecnologie 4.0 nell'ambito della logistica urbana sono incoraggiati in Paesi con una popolazione con reddito medio pro capite maggiore.

Infatti, la maggiore disponibilità economica dei consumatori comporta maggiori possibilità di acquisto di beni e servizi (anche attraverso l'*e-commerce*), aumentando il numero di attività logistiche e rendendo quindi più convenienti gli investimenti.

Inoltre, le maggiori risorse finanziarie implicano anche maggiore disponibilità degli utenti a pagare per ottenere servizi migliori e customizzati, quali la consegna in giornata oppure il monitoraggio delle condizioni della merce lungo tutto il tragitto, al fine di garantirne l'integrità.

Investimenti diretti esteri

La regressione indica che una variazione dell'1% degli investimenti diretti esteri produce una variazione dello 0,2103% degli investimenti in tecnologie 4.0 per la logistica urbana.

Quindi, l'analisi suggerisce che i Paesi che stabiliscono un interesse duraturo o un controllo di gestione efficace su imprese in territori esteri investono maggiormente nella *city logistics 4.0*.

Questo risultato potrebbe indicare che molte tecnologie applicate in un determinato Paese, in realtà, siano gestite da società estere. Infatti, la digitalizzazione e l'interconnessione, tipiche della quarta rivoluzione industriale, favoriscono la decentralizzazione degli investimenti e il loro controllo da remoto.

Spese di ricerca e sviluppo

Contrariamente a quanto intuibile, la regressione mostra che una variazione unitaria delle spese di R&S (+1%) comporta una riduzione del 70,8% degli investimenti in tecnologie 4.0 applicate alla logistica last mile.

Questo risultato potrebbe essere correlato a quello relativo agli investimenti diretti esteri, ovvero potrebbe indicare che i Paesi che investono in ricerca e sviluppo applichino le soluzioni innovative in altri Stati, incoraggiati dai minori costi o dalle maggiori opportunità di mercato.

Un altro possibile fattore determinante potrebbe essere che, nonostante la *city logistics 4.0* sia un tema piuttosto recente, le tecnologie 4.0 in altri settori, primo fra tutti quello manifatturiero, sono già abbastanza diffuse, e, quindi, si possono sfruttare studi e sperimentazioni già eseguiti per adattarli al nuovo contesto.

Rapporto occupazione/popolazione, 15+, totale

L'analisi mostra che una variazione unitaria del rapporto occupazione/popolazione (+1%) produce una riduzione del 7,2% degli investimenti.

La correlazione negativa potrebbe indicare che gli investimenti siano maggiori in paesi con un maggiore livello di istruzione. Infatti, l'indicatore in esame diminuisce se i giovani proseguono gli studi oltre i 15 anni. Quindi, l'analisi suggerisce che il proseguimento degli studi oltre gli anni obbligatori, anche senza il conseguimento della laurea (in quanto la variabile *Titolo di studio, almeno Laurea triennale o equivalente, 25+* non è significativa), potrebbe favorire l'interesse verso l'utilizzo di strumenti tecnologici e innovativi.

Inoltre, un'altra possibile spiegazione potrebbe derivare dalle numerose applicazioni di *crowdshipping* considerate, che trovano maggiore disponibilità di offerta lavorativa laddove vi siano persone disposte ad accettare un lavoro, quello di *rider*, che al momento non garantisce elevate garanzie economiche e sicurezze personali e quindi, presumibilmente, abbiano difficoltà ad essere assunte per un impiego migliore.

Popolazione urbana

La regressione indica che una variazione unitaria della popolazione urbana (+1%) produce una riduzione del 3,93% degli investimenti.

Anche questo risultato è contrario a quanto prevedibile. Infatti, ci si aspetterebbero investimenti crescenti con l'aumentare della popolazione urbana e, quindi, della possibile domanda di servizi logistici.

Tuttavia, bisogna tenere conto di due aspetti: il primo è che non esiste uno standard coerente e universalmente accettato per la distinzione delle aree urbane da quelle rurali. La maggior parte dei Paesi utilizza una classificazione urbana correlata alle dimensioni o alle caratteristiche degli insediamenti; alcuni definiscono le aree urbane in base alla presenza di determinate infrastrutture e servizi; altri Paesi designano aree urbane basate su accordi amministrativi. Il secondo aspetto da considerare, invece, riguarda il fatto che si è considerato un valore percentuale: ad esempio, il

valore dell'indicatore della popolazione urbana in Cina, circa il 30%, è piuttosto ridotto, ma si rispecchia in valori assoluti decisamente elevati, con città che superano i 20 milioni di abitanti.

Dopo aver riportato tali premesse, il risultato dell'analisi suggerisce che città meno popolate possono risultare più favorevoli alle sperimentazioni di nuove tecnologie. Ad esempio, per quanto riguarda i veicoli autonomi e i droni, un traffico elevato (per i SDV) o una domanda eccessiva renderebbero tali tecnologie non adatte o non sostenibili per la consegna degli ordini.

Inoltre, un basso valore di popolazione urbana potrebbe indicare città meno sviluppate dal punto di vista delle infrastrutture. In tali circostanze, utilizzare tecnologie di ottimizzazione del *routing* e dell'uso delle risorse può apportare un valore aggiunto ancora più rilevante.

4. Conclusione

Quest'ultimo capitolo ha il fine di analizzare il presente lavoro di tesi per determinarne i benefici che esso porta alla letteratura di riferimento e agli *stakeholder* coinvolti nei processi di logistica urbana, oltre che le limitazioni a cui lo studio è soggetto e alle prospettive di sviluppo future della ricerca.

4.1. Analisi dei benefici dell'elaborato

Il presente elaborato contribuisce a colmare il *research gap* riguardo al tema delle tecnologie 4.0 applicate alla logistica urbana. Infatti, tale tematica è ancora piuttosto immatura in letteratura e questo studio, attraverso la comprensione del significato di *City Logistics 4.0* e la revisione della letteratura sulla logistica urbana, si offre come una buona base di partenza per approfondire l'argomento.

Inoltre, il presente lavoro può aiutare municipalità oppure imprese che desiderano investire in soluzioni di *city logistics* con l'obiettivo, ad esempio, di iniziare un'attività di *e-commerce* o di migliorare il servizio logistico già offerto, ad orientarsi tra le varie soluzioni 4.0. Infatti, l'elaborato consente di comprendere le opportunità che ogni tecnologia permette, i relativi vantaggi che essa reca in termini di efficienza e qualità del servizio e gli eventuali punti di debolezza, anche grazie all'osservazione di numerose applicazioni già implementate o in fase di sperimentazione.

Infine, l'analisi empirica eseguita introduce nuove osservazioni sui fattori abilitanti dell'implementazione di tali tecnologie, chiarendo quali condizioni socioeconomiche sono più favorevoli al loro sviluppo in ambito di *city logistics*. Ad esempio, il presente studio potrebbe aiutare imprese private o istituzioni pubbliche interessate ad implementare soluzioni di logistica urbana 4.0 a comprendere quale territorio sia più adatto o meno per tali progetti e, di conseguenza, a rendere più efficaci gli investimenti.

4.2. Analisi delle limitazioni del lavoro di tesi

Il presente elaborato è condizionato da alcuni limiti pratici.

Innanzitutto, per quanto riguarda l'analisi empirica, essa è influenzata dalla difficoltà di raccolta dei dati: la limitata disponibilità di informazioni, soprattutto relativamente alle entità degli investimenti, ha reso più difficile l'ottenimento di risultati significativi. Inoltre, i criteri adottati "a tavolino" per le suddivisioni degli investimenti tra i vari Paesi, così come quelli per stimare i dati mancanti (ad esempio anno di applicazione della tecnologia, indicatore di contesto di un Paese in un preciso anno) hanno portato ad un modello regressivo più approssimato. Infine, essendo la *City Logistics 4.0* un tema piuttosto attuale, il numero di applicazioni in questo settore risultano essere contenute, accentuando l'approssimazione dell'analisi empirica.

Inoltre, la diversa numerosità di osservazioni per ogni tecnologia non ha consentito di ottenere risultati statisticamente significativi riguardo alle analisi ANOVA implementate, le quali avrebbero permesso di determinare differenze significative tra le varie tecnologie 4.0 in termini di investimento effettuato o di fattori socioeconomici contestuali

Un'altra limitazione è determinata dalla disponibilità di un tempo di ricerca limitato, il quale ha costretto ad apportare alcune semplificazioni (ad esempio nella scelta delle parole chiave e dei filtri per selezionare gli articoli al fine di eseguire la classificazione della letteratura sulla logistica urbana).

4.3. Sviluppi futuri della ricerca

Il presente studio può rappresentare una buona base di partenza per indagare più dettagliatamente la tematica della *City Logistics 4.0*. Infatti, grazie alla comprensione del relativo concetto teorico e alla revisione degli studi pubblicati, l'elaborato può fungere da spunto per indagare nuove questioni inerenti. Ad esempio, può essere utile per sviluppare nuovi scenari di applicazioni dell'*Industry 4.0* alla logistica urbana, oppure eseguire analisi limitate a specifici ambiti della *city logistics*, come quelli della *reverse logistics* o della raccolta dei rifiuti, oppure limitatamente alle transazioni B2B o B2C.

Inoltre, grazie ai risultati raggiunti, il presente lavoro fornisce un valido supporto per sviluppare ed ampliare la ricerca iniziata. Ad esempio, potrebbe essere possibile migliorare l'analisi di regressione aggiungendo i dati di nuove applicazioni o considerando ulteriori variabili di contesto.

Un altro possibile sviluppo potrebbe consistere nell'implementare analisi relative alle singole tecnologie, al fine di determinare i fattori socioeconomici abilitanti per ciascuna di essa e, di conseguenza, comprendere come favorirne la diffusione. Ad esempio, potrebbero essere eseguite analisi *ANOVA* per determinare differenze significative tra le varie tecnologie 4.0 in termini di investimento effettuato o di fattori socioeconomici contestuali, integrando il dataset al fine di renderlo adeguato all'indagine.

Infine, si potrebbero compiere studi per valutare impatti economici ed ambientali derivati dallo sviluppo di progetti di logistica urbana 4.0, al fine di quantificarne benefici e esternalità. Infatti, essendo la *city logistics* un tema piuttosto recente, le ricerche volte a quantificare le conseguenze pratiche dei relativi progetti sono ancora carenti.

Ringraziamenti

Al termine di questo lavoro di tesi, desidero ringraziare tutti coloro che hanno contribuito al raggiungimento di questo importante risultato.

Innanzitutto, ringrazio la Professoressa Anna Corinna Cagliano per la grande disponibilità dimostrata nel supervisionare la stesura dell'elaborato e per la puntualità dei suoi suggerimenti e il Professor Giulio Mangano, per gli importanti consigli relativi all'analisi statistica svolta.

Allo stesso modo, ringrazio tutti i docenti che ho incontrato durante il mio percorso scolastico. Ognuno di loro, con i propri insegnamenti, ha contribuito al mio miglioramento personale e professionale.

Un altro enorme grazie lo rivolgo alla mia famiglia, che mi ha supportata economicamente e moralmente in questi anni: alla mia Mamma, al mio Papà, a Massi e Lory e alle piccole Nina e Mia. Sono anche molto grata ai miei amati Nonni, e desidererei tanto che oggi fossero tutti riuniti per festeggiare assieme a me.

Inoltre, un importante ringraziamento è rivolto ad Andrea, che con la sua infinita pazienza ha gestito i miei sbalzi d'umore e mi ha sostenuta in ogni momento.

Infine, ringrazio Stefi e Sara, i miei amici, i miei colleghi di università e le mie compagne di pallavolo per gli importanti momenti di svago e serenità che abbiamo condiviso.

Appendice A: Elenco delle applicazioni incluse nel *dataset*

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
1	<i>Matternet</i>	Droni per consegne in aree urbane	USA	2011	28,000	Robotica avanzata
2	<i>Postmates</i>	<i>Food delivery</i> basato su crowdshipping: tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	USA	2011	903	<i>IoT</i>
3	<i>BringgNow</i>	Applicazione che aiuta le aziende a misurare, automatizzare e massimizzare l'efficienza dei loro processi di gestione della logistica <i>back-end</i> con vari casi d'uso di consegna dell'ultimo miglio e <i>reverse logistics</i>	Israele	2012	17,667	<i>Artificial Intelligence</i>
4	<i>BringgNow</i>	Applicazione che aiuta le aziende a misurare, automatizzare e massimizzare l'efficienza dei loro processi di gestione della logistica <i>back-end</i> con vari casi d'uso di consegna dell'ultimo miglio e <i>reverse logistics</i>	Regno Unito	2012	17,667	<i>Artificial Intelligence</i>
5	<i>BringgNow</i>	Applicazione che aiuta le aziende a misurare, automatizzare e massimizzare l'efficienza dei loro processi di gestione della logistica <i>back-end</i> con vari casi d'uso di consegna dell'ultimo miglio e <i>reverse logistics</i>	USA	2012	17,667	Artificial Intelligence
6	<i>Deliv</i>	Applicazione che consente di ricevere a casa in giornata la merce acquistata su internet o in negozi fisici, attraverso consegne basate su <i>crowdshipping</i>	USA	2012	80,400	<i>IoT</i>
7	<i>99motos</i>	Piattaforma di logistica urbana <i>on demand</i> che fornisce un servizio di consegna in giornata per aziende e privati, in grado di massimizzare l'efficienza utilizzando una piattaforma <i>SaaS</i> basata su <i>cloud</i> e una rete di corrieri specializzata	Brasile	2013	0,204	Cloud computing
8	<i>Flirtey</i>	Droni per consegne di medicinali e articoli di <i>e-commerce</i>	USA	2013	16,000	Robotica avanzata

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
9	<i>Makespace</i>	Piattaforma che permette agli utenti di prenotare servizi di stoccaggio urbano di oggetti. Gli utenti possono programmare i ritiri a domicilio della merce e vedere nel catalogo <i>online</i> gli oggetti archiviati, per poter programmare in qualsiasi momento la riconsegna. Nel periodo di stoccaggio la merce viene monitorata costantemente	Canada	2013	3,650	<i>Cloud computing</i>
10	<i>Makespace</i>	Piattaforma che permette agli utenti di prenotare servizi di stoccaggio urbano di oggetti. Gli utenti possono programmare i ritiri a domicilio della merce e vedere nel catalogo <i>online</i> gli oggetti archiviati, per poter programmare in qualsiasi momento la riconsegna. Nel periodo di stoccaggio la merce viene monitorata costantemente	USA	2013	83,950	<i>Cloud computing</i>
11	<i>Saviok Relay</i>	Robot per consegna nell'edificio (hotel, ospedali)	USA	2013	34,000	Robotica avanzata
12	<i>Shyp</i>	Applicazione per spedizioni e <i>reverse logistics</i> con <i>crowdshipping</i> : gli utenti scattano una foto della merce da spedire e inseriscono le informazioni necessarie sull'app. i "corrieri" si recano al domicilio del cliente, imballano e ritirano il pacco, occupandosi della spedizione.	USA	2013	62,100	<i>IoT</i>
13	<i>Aethon TUG</i>	Robot per consegna nelle stanze degli ospedali (cibo, biancheria..)	USA	2014	56,800	Robotica avanzata
14	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Australia	2014	33,469	<i>IoT</i>
15	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Belgio	2014	36,511	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
16	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Emirati Arabi Uniti	2014	6,085	<i>IoT</i>
17	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Francia	2014	188,641	<i>IoT</i>
18	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Hong Kong	2014	3,043	<i>IoT</i>
19	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Irlanda	2014	12,170	<i>IoT</i>
20	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Italia	2014	349,899	<i>IoT</i>
21	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Kuwait	2014	3,043	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimen- to (M\$)	Tecnologie adottate
22	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Paesi Bassi	2014	45,639	<i>IoT</i>
23	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Regno Unito	2014	486,815	<i>IoT</i>
24	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Singapore	2014	3,043	<i>IoT</i>
25	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Spagna	2014	328,600	<i>IoT</i>
26	<i>Deliveroo</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Taiwan	2014	3,043	<i>IoT</i>
27	<i>Drone Delivery Canada</i>	Droni per consegna	Canada	2014	13,700	Robotica avanzata
28	<i>Fast Radius</i>	Fabbrica di stampa 3D a pochi minuti dall'hub aeroportuale UPS. Gli ordini possono essere prodotti fino all'orario di ritiro delle 1:00 ed essere consegnati ovunque negli Stati Uniti la mattina successiva	USA	2014	67,300	<i>Additive Manufacturing</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
29	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Australia	2014	1251,866	<i>IoT</i>
30	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Brasile	2014	619,929	<i>IoT</i>
31	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Canada	2014	53,287	<i>IoT</i>
32	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Danimarca	2014	78,805	<i>IoT</i>
33	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Francia	2014	1761,844	<i>IoT</i>
34	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Irlanda	2014	271,688	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
35	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Italia	2014	157,984	<i>IoT</i>
36	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Messico	2014	57,039	<i>IoT</i>
37	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Norvegia	2014	3,377	<i>IoT</i>
38	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Nuova Zelanda	2014	1,501	<i>IoT</i>
39	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Regno Unito	2014	302,084	<i>IoT</i>
40	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Spagna	2014	294,579	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
41	<i>Just eat</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Svizzera	2014	746,016	<i>IoT</i>
42	<i>LogiNext Mile</i>	Piattaforma che permette di pianificare, ottimizzare, tracciare e analizzare il movimento delle risorse nell'ultimo miglio in tempo reale	Emirati Arabi Uniti	2014	12,400	<i>Cloud computing</i>
43	<i>LogiNext Mile</i>	Piattaforma che permette di pianificare, ottimizzare, tracciare e analizzare il movimento delle risorse nell'ultimo miglio in tempo reale	India	2014	12,400	<i>Cloud computing</i>
44	<i>LogiNext Mile</i>	Piattaforma che permette di pianificare, ottimizzare, tracciare e analizzare il movimento delle risorse nell'ultimo miglio in tempo reale	Indonesia	2014	12,400	<i>Cloud computing</i>
45	<i>LogiNext Mile</i>	Piattaforma che permette di pianificare, ottimizzare, tracciare e analizzare il movimento delle risorse nell'ultimo miglio in tempo reale	USA	2014	12,400	<i>Cloud computing</i>
46	<i>Loji Logistics</i>	Applicazione che permette ai corrieri di ottimizzare le opportunità di consegna costruendo una rete intelligente che individua i migliori corrieri per la corrispondenza della domanda, integrando la capacità inutilizzata della flotta e la capacità di ritorno e migliorando l'efficienza del vettore	Cina	2014	129,000	<i>Big data & Analytics</i>
47	<i>Postybell Smart Mailbox</i>	<i>Smart mailbox</i> : sensore inserito nella buca delle lettere che rileva le condizioni della cassetta e la presenza di posta e invia notifiche allo <i>smartphone</i> dell'utente	Israele	2014	0,030	<i>IoT</i>
48	<i>Zipline</i>	Droni per consegne	USA	2014	251,000	Robotica avanzata
49	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Arabia Saudita	2015	2,639	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
50	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Azerbaijan	2015	2,639	<i>IoT</i>
51	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Bangladesh	2015	68,616	<i>IoT</i>
52	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Birmania	2015	5,278	<i>IoT</i>
53	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Bosnia ed Erzegovina	2015	2,639	<i>IoT</i>
54	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Brasile	2015	2,639	<i>IoT</i>
55	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Bulgaria	2015	79,173	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
56	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Cambogia	2015	5,278	<i>IoT</i>
57	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Costa d'Avorio	2015	2,639	<i>IoT</i>
58	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Croazia	2015	2,639	<i>IoT</i>
59	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Egitto	2015	2,639	<i>IoT</i>
60	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Emirati Arabi Uniti	2015	2,639	<i>IoT</i>
61	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Filippine	2015	87,090	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
62	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Georgia	2015	2,639	<i>IoT</i>
63	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Ghana	2015	2,639	<i>IoT</i>
64	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Giordania	2015	2,639	<i>IoT</i>
65	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Hong Kong	2015	2,639	<i>IoT</i>
66	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	India	2015	2,639	<i>IoT</i>
67	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Indonesia	2015	2,639	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
68	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Kazakistan	2015	2,639	<i>IoT</i>
69	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Kenya	2015	2,639	<i>IoT</i>
70	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Laos	2015	2,639	<i>IoT</i>
71	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Malesia	2015	150,428	<i>IoT</i>
72	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Marocco	2015	2,639	<i>IoT</i>
73	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Messico	2015	2,639	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
74	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Montenegro	2015	2,639	<i>IoT</i>
75	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Nigeria	2015	2,639	<i>IoT</i>
76	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Pakistan	2015	79,173	<i>IoT</i>
77	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Romania	2015	47,504	<i>IoT</i>
78	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Ruanda	2015	2,639	<i>IoT</i>
79	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Russia	2015	2,639	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
80	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Senegal	2015	2,639	<i>IoT</i>
81	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Serbia	2015	2,639	<i>IoT</i>
82	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Singapore	2015	2,639	<i>IoT</i>
83	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Tailandia	2015	97,646	<i>IoT</i>
84	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Taiwan	2015	50,143	<i>IoT</i>
85	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Tanzania	2015	2,639	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
86	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Ucraina	2015	2,639	<i>IoT</i>
87	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Ungheria	2015	2,639	<i>IoT</i>
88	<i>Foodpanda</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	Vietnam	2015	2,639	<i>IoT</i>
89	<i>Getir</i>	Applicazione che permette agli utenti di acquistare <i>online</i> prodotti dei centri commerciali della città e ricevere la merce entro 10 minuti, monitorando la spedizione	Turchia	2015	42,000	<i>ICT</i>
90	<i>Grubhub</i>	<i>Food delivery</i> basato su <i>crowdshipping</i> : tutti gli <i>stakeholder</i> sono interconnessi. I venditori ricevono gli ordini in tempo reale già schedulati in base agli orari di consegna e al tempo di preparazione e consegna. Gli utenti possono tracciare la consegna e comunicare con i <i>rider</i>	USA	2015	284,100	<i>IoT</i>
91	<i>Marble</i>	Flotta di robot intelligenti per trasportare in modo affidabile e sicuro le merci	USA	2015	15,000	Robotica avanzata

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
92	<i>Papukurier</i>	<p>Piattaforma di servizi complementari che consente ai ristoratori di avviare o migliorare il processo di consegna dei pasti al cliente.</p> <p>Consente di gestire il processo dall'accettazione dell'ordine alla consegna, grazie al modulo <i>E-restaurant</i> sul sito Web del ristorante e ad assistenti virtuali. Inoltre, fornisce la flotta di corrieri per distribuire in tutta la città e un'applicazione che ottimizza la consegna e facilita l'esecuzione degli ordini.</p>	Polonia	2015	0,250	ICT
93	<i>PetMate</i>	<p>Applicazione che permette di richiedere il trasporto urbano di animali domestici basato su <i>crowdshipping</i>. L'utente può programmare l'orario di ritiro a domicilio e la destinazione finale, tenendo traccia dell'autista per tutto il tragitto</p>	Hong Kong	2015	0,229	ICT
94	<i>PetMate</i>	<p>Applicazione che permette di richiedere il trasporto urbano di animali domestici basato su <i>crowdshipping</i>. L'utente può programmare l'orario di ritiro a domicilio e la destinazione finale, tenendo traccia dell'autista per tutto il tragitto</p>	Malesia	2015	0,229	ICT
95	<i>PetMate</i>	<p>Applicazione che permette di richiedere il trasporto urbano di animali domestici basato su <i>crowdshipping</i>. L'utente può programmare l'orario di ritiro a domicilio e la destinazione finale, tenendo traccia dell'autista per tutto il tragitto</p>	Singapore	2015	0,229	ICT
96	<i>PLAT.ONE</i>	<p>Piattaforma IoT per connessione apparecchiature industriali: es. <i>La Cimbali</i>: macchina del caffè connessa per rifornimento automatico <i>just in time</i> delle scorte di caffè</p>	Italia	2015	0,500	IoT
97	<i>PLAT.ONE</i>	<p>Piattaforma IoT per connessione apparecchiature industriali: es. <i>La Cimbali</i>: macchina del caffè connessa per rifornimento automatico <i>just in time</i> delle scorte di caffè</p>	USA	2015	0,500	IoT
98	<i>Qopius</i>	<p>Scaffali intelligenti per riordino automatico (logistica anticipatoria)</p>	Francia	2015	1,944	Artificial Intelligence

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
99	<i>Shadowfax</i>	Piattaforma che gestisce una rete logistica B2B dell'ultimo miglio: grazie alla tecnologia <i>IoT</i> , permette a commercianti urbani di utilizzare magazzini per l'inventario e liberi professionisti per le consegne multimodali (biciclette, moto, minivan, camion, aerei)	India	2015	100,800	<i>IoT</i>
100	<i>SimpliRoute</i>	<i>Software</i> che ottimizza il routing in tempo reale	Cile	2015	3,200	<i>Big data & analytics</i>
101	<i>Smartbox</i>	<i>Parcel locker</i> e <i>iBox</i> (per consegna assegni, carte di credito...)	India	2015	10,000	<i>IoT</i>
102	<i>Urbaner</i>	Piattaforma che consente alle aziende di accedere a una rete logistica <i>on demand</i> per ottimizzare la propria logistica e migliorare l'esperienza di consegna dei clienti. La piattaforma utilizza un modello <i>crowdsourcing</i> e una serie di algoritmi proprietari per ottimizzare il processo logistico	Perù	2015	0,040	<i>Cloud computing</i>
103	<i>Volans-i</i>	Droni VTOL ad ala fissa con un carico utile fino a 22 kg in grado di atterrare con precisione con 2,5 cm di precisione per applicazioni logistiche come la consegna di pezzi di ricambio e forniture mediche. Gli utenti possono richiedere e tracciare la consegna utilizzando l'apposita applicazione	USA	2015	20,000	Robotica avanzata
104	<i>Volans-i</i>	Drone a batteria completamente autonomo, in grado di trasportare un carico utile (fino a 4,5 kg) tra due posizioni a velocità elevate (fino a 650 km/h), adatto a servizi di consegna su richiesta per spedizioni critiche sensibili al tempo, come gli organi umani, ma anche a servizi di trasporto high-tech, medici e industriali	USA	2015	0,120	Robotica avanzata
105	<i>Vuux</i>	Vettore digitale che offre l'assunzione e la gestione di trasportatori di carichi autonomi o aggregati. Tramite il sito web è possibile indirizzare rapidamente le consegne, stimare il costo del viaggio e richiedere il veicolo. L'intero processo di allocazione, consegna e gestione delle ricevute è monitorato in tempo reale	Brasile	2015	1,000	<i>Cloud computing</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
106	<i>chatbot Jenny-Package.AI</i>	Assistenza al cliente tramite SMS durante il processo di consegna dell'ultimo miglio, tra cui il cambio di orario della consegna, la modifica di dettagli, l'annullamento dell'ordine. La piattaforma utilizza algoritmi avanzati di predizione e ottimizzazione del percorso per informare i consumatori	Australia	2016	0,190	<i>Artificial Intelligence</i>
107	<i>chatbot Jenny-Package.AI</i>	Assistenza al cliente tramite SMS durante il processo di consegna dell'ultimo miglio, tra cui il cambio di orario della consegna, la modifica di dettagli, l'annullamento dell'ordine. La piattaforma utilizza algoritmi avanzati di predizione e ottimizzazione del percorso per informare i consumatori	Israele	2016	0,190	<i>Artificial Intelligence</i>
108	<i>chatbot Jenny-Package.AI</i>	Assistenza al cliente tramite SMS durante il processo di consegna dell'ultimo miglio, tra cui il cambio di orario della consegna, la modifica di dettagli, l'annullamento dell'ordine. La piattaforma utilizza algoritmi avanzati di predizione e ottimizzazione del percorso per informare i consumatori	USA	2016	0,190	<i>Artificial Intelligence</i>
109	<i>Carry (Dispatch)</i>	Robot di consegna in grado di viaggiare sul marciapiede alla velocità di camminata umana, trasportando fino a 50 kg di pacchi, generi alimentari, lavanderia e altri oggetti. I destinatari possono sbloccare i vani del veicolo utilizzando le app per smartphone. Ha scomparti "multipli", che consentono di completare diverse consegne per viaggio.	USA	2016	2,000	Robotica avanzata
110	<i>Elroy Air</i>	Droni per consegne in aree urbane	USA	2016	14,000	Robotica avanzata
111	<i>Knoxbox</i>	Piattaforma che permette agli utenti di prenotare servizi di stoccaggio urbano di oggetti. Gli utenti possono programmare i ritiri a domicilio della merce e vedere nel catalogo online gli oggetti archiviati, per poter prenotare in qualsiasi momento la riconsegna. Nel periodo di stoccaggio la merce viene monitorata costantemente	Francia	2016	2,376	<i>ICT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
112	<i>Living-Packets</i>	Piattaforma di <i>packaging intelligente</i> che offre servizi quali garanzia di transazione, grazie all'utilizzo della <i>blockchain</i> . Richiedendo il ritiro della merce da consegnare, l'utente riceverà il corriere a domicilio il quale gli fornirà un <i>packaging</i> riutilizzabile provvisto di tutti i sensori necessari a garantire la tracciabilità e il monitoraggio del contenuto.	Francia	2016	5,400	<i>Blockchain</i>
113	<i>MailHaven</i>	<i>Smart mailbox</i> che protegge e traccia i pacchi, grazie all'app consente di gestire gli acquisti online e monitorare le spedizioni ricevendo notifiche alla consegna	USA	2016	0,100	<i>IoT</i>
114	<i>Oxipio</i>	Piattaforma che offre ai negozi e agli <i>e-shop</i> spazi di stoccaggio nel centro della città, nonché un servizio di consegna per un rapido rifornimento.	Francia	2016	1,296	<i>Cloud computing</i>
115	<i>CargoPods (Ocado)</i>	Veicoli di consegna a guida autonoma che completano l'ultimo miglio, i quali vengono riempiti con 8 pacchi e spediti per consegnare a domicilio. La tecnologia di visione artificiale di <i>Oxbotica</i> crea una mappa virtuale per il <i>CargoPod</i> da seguire, mentre gli scanner laser rilevano gli ostacoli	Regno Unito	2017	7,448	Robotica avanzata
116	<i>Fling</i>	Droni per consegne alimentari	Tailandia	2017	0,31	Robotica avanzata
117	<i>Halan</i>	Applicazione che offre servizi di consegna con biciclette e tuk-tuk basati su <i>crowdshipping</i>	Egitto	2017	20,000	<i>IoT</i>
118	<i>Robot Starship Technologies</i>	Robot elettrici per consegne locali a corto raggio che possono essere controllati a distanza. Utilizzano il rilevamento delle caratteristiche dei bordi e tecniche di mappatura per determinare l'idoneità del terreno. Sono dotati di telecamere, unità di misurazione inerziale GPS, sensori a ultrasuoni, radar e altoparlanti per comunicare con gli umani che incontrano.	Regno Unito	2017	85,000	Robotica avanzata
119	<i>DHL Smart Truck</i>	Tecnologia che permette ottimizzazione del <i>routing</i> in tempo reale, tracciabilità, controllo temperatura, affidabilità, efficienza	India	2018	216,000	<i>IoT</i>

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
120	<i>Loomo Go Segway</i>	Robot che trasporta oggetti all'interno dei grandi uffici. I suoi spostamenti sono gestiti mediante un sistema <i>cloud</i> . Questi è in grado di migliorare la "guida autonoma" del robot di volta in volta, in base ai suoi spostamenti nell'edificio. È munito di schermo LCD da 4,3", 5 microfoni, sensori per gli ostacoli e videocamera.	Cina	2018	0,650	Robotica avanzata
121	<i>Loomo Go Segway</i>	Robot che trasporta oggetti all'interno dei grandi uffici. I suoi spostamenti sono gestiti mediante un sistema <i>cloud</i> . Questi è in grado di migliorare la "guida autonoma" del robot di volta in volta, in base ai suoi spostamenti nell'edificio. È munito di schermo LCD da 4,3", 5 microfoni, sensori per gli ostacoli e videocamera.	USA	2018	0,650	Robotica avanzata
122	<i>Moova</i>	Piattaforma che collega le attività di e-commerce e vendita al dettaglio con una flotta di <i>Moovers</i> indipendenti che completano le consegne su biciclette, moto, auto o furgoni. Inoltre, sfrutta un <i>software</i> di ottimizzazione del percorso, tracciabilità in tempo reale e monitoraggio di siti di stoccaggio, permettendo l'utilizzo di spazi inutilizzati	Argentina	2018	0,685	<i>IoT</i>
123	<i>NewEase China</i>	Piattaforma di integrazione di infrastrutture logistiche urbane. Fornisce operazioni efficienti concentrando i suoi investimenti in hub aeroportuali e strutture urbane.	Cina	2018	800,000	<i>IoT</i>
124	<i>Pikme</i>	Piattaforma che permette di integrare le informazioni necessarie al monitoraggio e al controllo della flotta	USA	2018	0,300	<i>Blockchain</i>
125	<i>Robby 2</i>	Robot per consegne <i>last-mile</i> (memorizzano la strada, evitano gli ostacoli più facilmente, rilevano gli umani più velocemente e infine ottimizzano il processo di consegna dell'ultimo miglio)	USA	2018	5,500	Robotica avanzata

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimento (M\$)	Tecnologie adottate
126	<i>TaskRabbit</i>	Piattaforma che interconnette persone della stessa regione geografica in modo che possano scambiarsi reciprocamente servizi quali quelli di consegna dell'ultimo miglio	Canada	2018	0,725	<i>IoT</i>
127	<i>TaskRabbit</i>	Piattaforma che interconnette persone della stessa regione geografica in modo che possano scambiarsi reciprocamente servizi quali quelli di consegna dell'ultimo miglio	Regno Unito	2018	2,900	<i>IoT</i>
128	<i>TaskRabbit</i>	Piattaforma che interconnette persone della stessa regione geografica in modo che possano scambiarsi reciprocamente servizi quali quelli di consegna dell'ultimo miglio	USA	2018	34,075	<i>IoT</i>
129	<i>TeleRetail</i>	Robot di consegna urbana e suburbana, che possono essere prenotati dagli utenti per consegnare localmente prodotti in giornata. L'utente deve solo specificare i punti di ritiro e consegna sull'applicazione, il sistema informativo si occupa di tutti i seguenti passaggi e si assicura che la consegna sia completata come richiesto. La piattaforma <i>sensor-fusion</i> raccoglie i dati da diversi sensori sul robot come ricevitore GNSS, Lidar, Camera, ecc. E filtra i dati per verificare la posizione corrente del robot e per navigare il robot verso la destinazione. Tutti i dati vengono elaborati direttamente nel robot, consentendo una rapida reazione del robot in caso di ostacoli imprevisti.	Svizzera	2018	1,100	Robotica avanzata
130	<i>Bond</i>	Sistema operativo basato sulla tecnologia e i centri di nano-distribuzione (NDC): consente ai marchi D2C il controllo completo dell'ultimo miglio, incluso lo stoccaggio urbano, la consegna in giornata e i resi senza soluzione di continuità	Usa	2019	15,000	<i>Artificial Intelligence</i>
131	<i>Nuro (Kroger)</i>	Veicolo autonomo di consegna merci che contiene due scomparti. Il cliente può ordinare dall'app e ricevere la merce a domicilio in giornata, aprendo lo scomparto con il codice di accesso fornito	USA	2019	940,000	Robotica avanzata

N	Applicazione	Descrizione	Nazione	Anno	Investimen- to (M\$)	Tecnologie adottate
132	<i>Seul smart city</i>	<i>Smart city</i> : sistema di sensori che raccogliere dati e fornisce informazioni in tempo reale su trasporti pubblici, traffico urbano e incidenti, sulla qualità dell'aria e dell'illuminazione nelle varie aree, sulla necessità di taxi in diverse zone e sulla disponibilità di parcheggi pubblici	Corea del Sud	2019	1200,000	<i>Big data & Analytics</i>
133	<i>Zomato</i>	Droni per <i>food delivery</i>	India	2019	0,9096	Robotica avanzata
134	<i>Manna</i>	Droni per <i>food delivery</i>	Irlanda	2020	5,2	Robotica avanzata

Tabella 7: Elenco delle applicazioni di tecnologie 4.0 alla logistica urbana.

Bibliografia

- [1] L. Ranieri, S. Digiesi, B. Silvestri e M. Roccotelli, «A Review of Last Mile Logistics Innovations in an Externalities Cost Reduction Vision,» *Sustainability*, vol. 10, n. 3, 2018.
- [2] L. Dablanc, «Goods Transport in Large European Cities: Difficult to Organize, Difficult to Modernize.,» *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 41, n. 3, p. 280–285, 2007.
- [3] J. Barceló, H. Grzybowska e S. Pardo, «Combining Vehicle Routing Models and Microscopic Traffic Simulation to Model and Evaluating City Logistics Applications.,» in *Proc., European Transport Conference*, Strasbourg, France, 2005.
- [4] D. R. McDermott, «Urban Goods Movement: State of the Art and Future.,» *Transportation Journal*, vol. 20, n. 2, pp. 34-40, 1980.
- [5] W. Qiu, F. Yang e D. Yang, «City Logistics in China: An Overview.,» in *In Recent Advances in City Logistics*, New York, Elsevier, 2005, pp. 417-427.
- [6] R. Trivilino, E. Pastori, C. D. Bartolo, M. Saglietto e E. Boscherini, «Logistica Urbana Sostenibile. Studio sulla distribuzione delle merci in ambito urbano e sui veicoli per il trasporto integrato, verde e smart,» POLO INNOVAZIONE AUTOMOTIVE e ANFIA, 2015.
- [7] T. Crainic, N. Ricciardi e G. Storchi, «Models for Evaluating and Planning City Logistics Systems.,» *Transportation Science*, vol. 43, n. 4, pp. 432-454, 2009.
- [8] E. Taniguchi e R. G. Thompson, «Modeling City Logistics.,» *Transportation Research Record: Journal of the Transportation*, n. 1790, pp. 45-51, 2002.
- [9] G. Franzese, «City Logistics e servizi attivabili attraverso l'utilizzo di impianti fissi esistenti,» 2004.
- [10] D. Giampaolo, S. Andrea e J. Schweizer, *City logistics: trasporto merci in ambito urbano*, Bologna, 2010.

- [11] S. Behrends, «Recent Developments in Urban Logistics Research – A Review of the Proceedings of the International Conference on City Logistics 2009 – 2013,» *Transportation Research Procedia*, vol. 12, p. 278–287, 2016.
- [12] W. J. Rose, J. E. Bell, C. W. Autry e C. R. Cherry, «Urban Logistics: Establishing Key Concepts and Building a Conceptual Framework for Future Research,» *Transportation Journal*, vol. 56, n. 4, pp. 357-394, 2017.
- [13] A. C. Cagliano, A. DeMarco, G. Mangano e G. Zenezini, «Levers of logistics service providers' efficiency in urban distribution,» *Operations Management Research*, vol. 10, p. 104–117, 2017.
- [14] M. Savelsbergh e T. Van Woensel, «City logistics: Challenges and opportunities.,» *Transp. Sci.*, vol. 50, p. 579–590, 2016.
- [15] C. Rafele, «Logistica e Trasporti,» in *Slide del Corso di Supply Chain Management*, Politecnico di Torino, 2019.
- [16] J. Rodrigue e L. Dablanc, «Case Study City Logistics.,» *The Geography of Transport Systems*, vol. 3rd ed., pp. 219-225, 2013.
- [17] E. Taniguchi, «Concepts of City Logistics for Sustainable and Liveable Cities.,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 151, p. 310 – 317, 2014.
- [18] J. Olsson, D. Hellström e H. Pålsson, «Framework of Last Mile Logistics Research: A Systematic Review of the Literature,» Università di Lund, Svezia, 2019.
- [19] T. Zunder, P. Aditjandra, I. Zahurum, M. Tumas e B. Carnaby, «Urban freight distribution.,» in *Handbook on Transport and Urban Planning in the Developed World*, Cheltenham, UK, Edward Elgar Publishing, 2016, p. 106–129.
- [20] OECD, «Delivering Goods,» in *21st Century Challenges to Urban Goods Transport*, Parigi, Francia, 2003.

- [21] F. Russo e A. Comi, «A classification of city logistics measures and connected impacts,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n. 3, pp. 6355-6365, 2010.
- [22] S. Flapper, J. Van Nunen e L. Van Wassenhove, «Introduction,» in *Managing Closed-Loop Supply Chains*, Berlino, Germania, Springer, 2005, p. 3–18.
- [23] S. Wolpert e C. Reuter, «Status Quo of City Logistics in Scientific Literature. Systematic Review,» *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2012.
- [24] J. Drury, «Towards a National Distribution Policy.,» *International Journal*, vol. 9, n. 4, pp. 70-72, 1981.
- [25] E. Marcucci e R. Danielis., «The Potential Demand for an Urban Freight Consolidation Centre,» *Transportation*, vol. 35, n. 2, p. 269–284, 2008.
- [26] J. Holguín-Veras, «Necessary Conditions for Off-Hour Deliveries and the Effectiveness of Urban Freight Road Pricing and Alternative Financial Policies in Competitive Markets.,» *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 42, n. 2, p. 392–413, 2008.
- [27] T. Crainic, M. Gendreau e J. Potvin, «Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research.,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 17, n. 6, p. 541–557, 2009.
- [28] L. McCarthy e P. Knox, *Urbanization: An introduction to urban geography*, Pearson Prentice Hall, 2005.
- [29] Organisation for Economic Co-operation and Development, *Delivering the Goods: 21st Century Challenges to Urban Goods Transport*, Parigi, 2003.
- [30] G. Giuliano, S. Kang e Q. Yuang, «Using proxies to describe the metropolitan freight landscape.,» *Urban Studies*, vol. 55, p. 1346–1363, 2018.
- [31] E. Taniguchi, R. Thompson e T. Yamada, «Recent Trends and Innovations in Modelling City

Logistics.,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 125, p. 4–14, 2014.

- [32] K. Chwesiuk, K. Kijewska e S. Iwan, «Urban Consolidation Centres for Medium-Size Touristic Cities in the Westpomeranian Region of Poland,» *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n. 3, p. 6264–6273, 2010.
- [33] T. Goldman e R. Gorham, «Sustainable Urban Transport: Four Innovative Directions.,» *Technology in Society*, vol. 28, n. 1-2, p. 261–273, 2006.
- [34] K. H. Lai, E. W. Ngai e T. C. Cheng, «An empirical study of supply chain performance in transport logistics.,» *International Journal of Production Economics*, p. 321–331.
- [35] E. Morganti, S. Seidel, C. Blanquart, L. Dablanc e B. Lenz, «The impact of e-commerce on final deliveries: Alternative parcel delivery services in France and Germany.,» *Transportation Research Procedia*, vol. 4, p. 178–190, 2014.
- [36] S. Hamzaoui e O. Ben-Ayed, «Parcel distribution timetabling problem.,» *Operations Management Research*, vol. 4, p. 138–149, 2011.
- [37] A. Baratti, «Impatti della city logistics sulle strategie di gestione delle scorte lungo una supply chain,» Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, 2018.
- [38] L. Dablanc, «Urban Goods Movement and Air Quality Policy and Regulation Issues in European Cities.,» *Journal of Environmental Law*, vol. 20, n. 2, p. 245–266, 2008.
- [39] S. Behrends, M. Lindholm e J. Woxenius., «The Impact of Urban Freight Transport: A Definition of Sustainability from an Actor's Perspective,» *Transportation Planning and Technology*, vol. 31, n. 6, p. 693–713, 2008.
- [40] M. Lindholm, «A Sustainable Perspective on Urban Freight Transport: Factors Affecting Local Authorities in the Planning Procedures.,» *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n. 3, p. 6205–6216, 2010.
- [41] A. C. Regan e T. F. Golob., «Trucking Industry Demand for Urban Shared Use Freight

Terminals.,» *Transportation*, vol. 32, n. 1, p. 23–36, 2005.

- [42] D. J. Magalhães, «Urban Freight Transport in a Metropolitan Context: The Belo Horizonte City Case Study,» *Procedia: Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n. 3, p. 6076–6086, 2010.
- [43] F. Röllecke, A. Huchzermeier e D. Schröder, «Returning customers: The hidden strategic opportunity of returns management.,» *California Management Review*, vol. 60, p. 176–203, 2018.
- [44] C. Lojacono, *Ottimizzazione di un sistema collaborativo di Consegna dell'Ultimo Miglio: modelli ed euristiche*, Tesi di Laurea, Politecnico di Milano, 2017.
- [45] O. Bates, A. Friday, J. Allen, T. Cherrett, F. McLeod, T. Bektas, T. Nguyen, M. Piecyk, M. Piotrowska, S. Wise e N. Davies, «Transforming Last-Mile Logistics: Opportunities for more Sustainable Deliveries,» in *CHI '18 Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2018.
- [46] K. van Lopik, M. Schnieder, R. Sharpe, M. Sinclair, C. Hinde, P. Conway, A. West e M. Maguire, «Comparison of in-sight and handheld navigation devices toward supporting industry 4.0 supply chains: First and last mile deliveries at the human level,» *Applied Ergonomics*, vol. 82, 2020.
- [47] L. Barreto, A. Amarala e T. Pereira, «Industry 4.0 implications in logistics: an overview.,» *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1245-1252, 2017.
- [48] C. Rafele, «Introduction to supply chain,» in *Slide del Corso di Supply Chain Management*, Politecnico di Torino, 2019.
- [49] K. Dresner e P. Stone, «Multiagent traffic management: An improved intersection control mechanism,» *Proceedings of the fourth international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems*, pp. 471-477, 2005.
- [50] R. Friedrich e P. Bickel, *Environmental External Costs of Transport*, Berlino: Springer, 2001.

- [51] M. Maibach, C. Schreyer, D. Sutter, H. van Essen, B. Boon, R. Smokers, A. Schroten, C. Doll, B. Pawlowska e M. Bak, «Handbook on Estimation of the External Cost in the Transport Sector. Internalization Measures and Policies for All External Cost of Transport (IMPACT),» *CE Delft*, 2008.
- [52] A. Korzhenevych, N. Dehnen, J. Brocker, M. Holtkamp, H. Meier, G. Gibson, A. Varma e V. Cox, «Update of the Handbook on External Costs of Transport: final report for the European Commission: DG-MOVE,» 2014.
- [53] E. Maggi, *City logistic. Un approccio innovativo per la gestione del trasporto urbano delle merci.*, Milano: CUSL, 2003.
- [54] T. Crainic, N. Ricciardi e G. Storchi, «Advanced freight transportation systems for congested urban areas.,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 12, n. 2, pp. 119-137, 2004.
- [55] A. Benjelloun, T. G. Crainic e Y. Bigras, «Towards a taxonomy of City Logistics projects,» *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, p. 6217–6228, 2010.
- [56] H. Kuse, A. Endo e E. Iwao, «Logistics facility, road network and district planning: Establishing comprehensive planning for city logistics,» *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n. 3, pp. 6251-6263, 2010.
- [57] S. Rubio, B. Jiménez-Parra, A. Chamorro-Mera e F. J. Miranda, «Reverse Logistics and Urban Logistics: Making a Link,» *Sustainability*, vol. 11, 2019.
- [58] D. Tamagawa, E. Taniguchia e T. Yamada, «Evaluating city logistics measures using a multi-agent model,» *Procedia Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, p. 6002–6012, 2010.
- [59] A. Galderisi e A. Ceudech, «The City Logistics within the Transformation Process of East Naples,» *TeMA*, vol. 3, n. 2, 2010.
- [60] J. Allen, T. Bektas, T. Cherrett, A. Friday, F. McLeod, M. Piecyk, M. Piotrowska e M. Z. Austwick, «Enabling a Freight Traffic Controller for Collaborative Multidrop Urban Logistics.

Practical and Theoretical Challenges,» *SAGE journals*, vol. 2609, n. 1, pp. 77-84, 2017.

- [61] J. Orjuela-Castro, J. Orejuela-Cabrera e W. Adarme-Jaimes, «Last mile logistics in mega-cities for perishable fruits,» *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, n. 2, pp. 318-327, 2019.
- [62] J. Suraraksa e K. Shin, «Urban transportation network design for fresh fruit and vegetables using gis-the case of bangkok,» *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, n. 23, p. n. articolo 5048, 2019.
- [63] M. Flamini, M. Nigro e D. Pacciarelli, «Assessing the value of information for retail distribution of perishable goods,» *European Transport Research Review*, vol. 3, n. 2, pp. 103-112, 2011.
- [64] M. M. Baldi, D. Manerba, G. Perboli e RobertoTadei, «A Generalized Bin Packing Problem for parcel delivery in last-mile logistics,» *European Journal of Operational Research*, vol. 274, n. 3, pp. 990-999, 2019.
- [65] M. Hermann, T. Pentek e B. Otto, «Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios,» in *49th Hawaii International Conference on System Sciences*, Koloa, 2016.
- [66] E. Hofmann e M. Rüsçh, «Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics,» *Computers in Industry*, vol. 89, pp. 23-24, 2017.
- [67] C. Bagnoli, A. Bravin, M. Massaro e A. Vignotto, *Business Model 4.0. I modelli di business vincenti per le imprese italiane nella quarta rivoluzione industriale*, Venezia: Edizioni Ca' Foscari, 2018.
- [68] Y. Lu, «Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues,» *Journal of Industrial Information Integration*, vol. 6, pp. 1-10, 2017.
- [69] E. Oztemel e S. Gursev, «Literature review of Industry 4.0 and related technologies,» *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 31, p. 127–182, 2020.

- [70] M. Lom, O. Pribyl e M. Svitek, «Industry 4.0 as a part of smart cities,» in *2016 Smart Cities Symposium Prague (SCSP)*, Praga, 2016.
- [71] M. Piccarozzi, B. Aquilani e C. Gatti, «Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review,» *Sustainability*, vol. 10, 2018.
- [72] T. Menzani, «Intervista a Stefano Zamagni, Lavoro e quarta rivoluzione industriale: alcune riflessioni,» *Clionet. Per un senso del tempo e dei luoghi*, vol. 3, 2019.
- [73] AIRI-Associazione Italiana per la Ricerca Industriale, «Contributo alla strategia nazionale di Industria 4.0,» Agra Editrice srl, 2017.
- [74] A. Alekseev, S. Evdokimov, A. Tarasova, K. Khachatryan e A. Khachatryan, «Financial Strategy of Development of Industry 4.0 in the Countries with Developing Economy,» *Revista Espacios*, vol. 39, n. 12, p. 1, 2018.
- [75] M. Pan, J. Sikorski, C. Kastner, J. Akroyd, S. Mosbach, R. Lau e M. Kraft, «Applying Industry 4.0 to the Jurong Island Eco-industrial Park,» *Energy Procedia*, vol. 75, p. 1536–1541, 2015.
- [76] G. Kovacs e S. Kot, «New Logistics and Production Trends as the Effect of Global Economy Changes,» *Polish Journal of Management Studies*, vol. 14, p. 115–126, 2016.
- [77] R. Burritt e K. Christ, «Industry 4.0 and environmental accounting: A new revolution?,» *Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility*, vol. 1, p. 23–38, 2016.
- [78] A. Sanders, C. Elangeswaran e J. Wulfsberg, «Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing,» *Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 9, n. 3, p. 811–833, 2016.
- [79] G. Prause e S. Atari, «On sustainable production networks for Industry 4.0,» *Entrepreneurship and Sustainability Center*, vol. 4, n. 4, p. 421–431, 2017.
- [80] H. Kinzel, «Where Does This Leave the Human Factor?,» *Journal of Urban Culture Research*, vol. 15, p. 70–83, 2017.

- [81] H. Kagermann, J. Helbig, A. Hellinger e W. Wahlster, «Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group,» 2013.
- [82] D. Preuveneers e E. Ilie-Zudor, «The intelligent industry of the future: A survey on emerging trends, research challenges and opportunities in Industry 4.0.,» *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments*, vol. 9, n. 3, p. 287–298, 2017.
- [83] S. Weyer, M. Schmitt, M. Ohmer e D. Gorecky, «Towards Industry 4.0—Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems,» *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, n. 3, pp. 579-584, 2015.
- [84] V. Navickas, S. Kuznetsova e V. Gruzauskas, «Cyber–physical systems expression in industry 4.0 context,» *Financial and credit activity: problems of theory and practice*, vol. 2, n. 23, pp. 188-197, 2017.
- [85] L. Gerlitz, «Design management as a domain of smart and sustainable enterprise: Business modelling for innovation and smart growth in Industry 4.0,» *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, vol. 3, p. 244–268, 2016.
- [86] J. Müller, O. Buliga e K.-I. Voigt, «Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0.,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 132, p. 2–17, 2018.
- [87] J. Johansson, L. Abrahamsson, B. Kåreborn, Y. Fältholm, C. Grane e A. Wykowska, «Work and Organization in a Digital Industrial Context.,» *mrev management revue*, vol. 28, p. 281–297, 2017.
- [88] R. Strange e A. Zucchella, «Industry 4.0, global value chains and international business,» *Multinational Business Review*, vol. 25, p. 174–184, 2017.
- [89] D. Kiel, C. Arnold, M. Collisi e K. Voigt, «The Impact of the Industrial Internet of Things on Established Business Models,» in *Proceedings of the 25th International Association for Management of Technology (IAMOT) Conference*, Orlando, 2016.

- [90] R. Koether, Taschenbuch der Logistik, Carl Hanser Verlag GmbH Co KG., 2018.
- [91] V. Roblek, M. Meško e A. Krapež, «A Complex View of Industry 4.0,» *SAGE Open*, vol. 6, n. 2, 2016.
- [92] B. Vogel-Heuser e D. Hess, «Guest editorial Industry 4.0–prerequisites and visions,» *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 13, n. 2, pp. 411-413, 2016.
- [93] H. Kagermann, W. Lukas e W. Wahlster, «Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution,» *VDI nachrichten*, vol. 13, 2011.
- [94] A. H. R. Drath, «Industrie 4.0: Hit or Hype?,» *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 8, n. 2, pp. 56-58, 2014.
- [95] Acatech, «Acatech: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0,» *Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0*, 2013.
- [96] O. Iordache, *Implementing Polytope Projects for Smart Systems*, Springer, 2017, p. 141.
- [97] Ministero dello Sviluppo Economico, «PIANO NAZIONALE INDUSTRIA 4.0,» 2016.
- [98] Ministère de l'Economie et des Finances, *New Industrial France*, 2015.
- [99] D. Spath, O. Ganschar, S. Gerlach, M. Hämmerle, T. Krause e S. Schlund, *PRoduktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0*, Stoccarda: Fraunhofer Verlag, 2013.
- [100] H. Lasi, P. Fettke, H.-G. Kemper, T. Feld e M. Hoffmann, «Industry 4.0,» *Business & Information Systems Engineering*, vol. 6, p. 239–242, 2014.
- [101] E. Hozdić, «Smart factory for industry 4.0: A review,» *International Journal of Modern Manufacturing Technologies*, vol. 7, n. 1, p. 2067–3604, 2015.
- [102] C. Arnold, D. Kiel e K.-I. Voigt, «How The Industrial Internet of Things Changes Business Models In Different Manufacturing Industries,» *International Journal of Innovation Management*, vol. 20, n. 8, 2016.

- [103] L. Bonekamp e M. Sure, «Consequences of Industry 4.0 on human labour and work organisation,» *Journal of Business and Media Psychology*, vol. 6, n. 1, pp. 33-40, 2015.
- [104] F. Chromjakova, «Flexible man-man motivation performance management system for Industry 4.0,» *International Journal of Management Excellence*, vol. 7, p. 829–840, 2016.
- [105] T. D. Oesterreich e FrankTeuteberg, «Understanding the implications of digitisation and automation in the context of Industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry,» *Computers in Industry*, vol. 83, pp. 121-139, 2016.
- [106] S. Shafiq, C. Sanin, C. Toro e E. Szczerbicki, «Virtual Engineering Object (VEO): Toward Experience-Based Design and Manufacturing for Industry 4.0,» *Cybernetics and Systems*, vol. 46, n. 1-2, pp. 35-50, 2015.
- [107] S. I. Shafiq, C. Sanin, E. Szczerbicki e C. Toro, «Virtual Engineering Factory: Creating Experience Base for Industry 4.0,» *Cybernetics and Systems*, vol. 47, n. 1-2, pp. 32-47, 2016.
- [108] McKinsey & Company, «Industry 4.0: How to navigate digitization of the manufacturing sector,» 2015.
- [109] J. Franke, «A Look at Industry 4.0 – How the 4th Industrial Revolution could improve Efficiency in the Plastics Industry,» FAPS Institute for Factory Automation and Production Systems, Mannheim, 2015.
- [110] A. B. L. d. S. Jabbour, C. J. C. Jabbour, C. Foropon e M. G. Filho, «When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 132, pp. 18-25, 2018.
- [111] C. Burmeister, D. Lüttgens e F. Piller, «Business Model Innovation for Industrie 4.0: Why the "Industrial Internet" Mandates a New Perspective on Innovation,» *Die Unternehmung*, vol. 72, n. 2, pp. 124-152, 2016.

- [112] S. Correia, *Industry 4.0 Framework, Challenges and Perspectives*, Tesi di Laurea, Hochschule RheinMain, University of Applied Science, 2014.
- [113] M. L. Montanus, *Business Models for Industry 4.0. Developing a framework to determine and assess impacts on business models in the Dutch oil and gas industry*, Tesi di Laurea, Delft University of Technology, 2016.
- [114] Capgemini Consulting, *Industry 4.0 - The Capgemini Consulting View*, 2014.
- [115] M. Kans e A. Ingwald, «Business Model Development Towards Service Management 4.0,» *Procedia CIRP*, vol. 47, pp. 489-94, 2016.
- [116] H. W.Lin, S. V. Nagalingam, S. S. Kuik e T. Murata, «Design of a Global Decision Support System for a manufacturing SME: Towards participating in Collaborative Manufacturing,» *International Journal of Production Economics*, vol. 136, n. 1, pp. 1-12, 2012.
- [117] E. S. Ayse Nurefsan Yuksel, «The reflections of digitalization at organizational level: Industry 4.0 in Turkey,» *Journal of Business Economics and Finance*, vol. 6, n. 3, pp. 291-300, 2017.
- [118] F. Almada-Lobo, «The Industry 4.0 revolution and the future of Manufacturing Execution Systems (MES),» *Journal of Innovation Management*, vol. 3, n. 4, pp. 16-21, 2015.
- [119] V. Frolov, D. Kaminchenko, D. Kovylnkin, J. Alex e A. Alex, «The Main Economic Factors of Sustainable Manufacturing within the Industrial Policy Concept of Industry 4.0,» *Academy of Strategic Management Journal*, vol. 16, n. 2, pp. 1-11, 2017.
- [120] A. De Sousa Jabbour, C. Jabbour, C. Foropon e M. Godinho Filho, «When titans meet – Can industry 4.0 revolutionise the environmentally-sustainable manufacturing wave? The role of critical success factors,» *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 132, pp. 18-25, 2018.
- [121] A. Albers, B. Gladysz, T. Pinner, V. Butenko e T. Stürmlinger, «Procedure for defining the system of objectives in the initial phase of an industry 4.0 project focusing on intelligent quality control systems,» *Procedia*, vol. 52, pp. 262-267, 2016.

- [122] R. Schmidt, M. Möhring, R.-C. Härting, C. Reichstein, P. Neumaier e P. Jozinović, *Industry 4.0 - Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results*, Springer International Publishing, 2015, pp. 16-27.
- [123] A. H. R. Drath, «Industrie 4.0: hit or hype?[industry forum],» *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 8, n. 2, pp. 56-58, 2014.
- [124] L. Thames e D. Schaefer, «Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0,» *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 12-17, 2016.
- [125] A. Schumacher, S. Erol e W. Sihlab, «A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises,» *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 161-166, 2016.
- [126] R. Neugebauer, S. Hippmann, M. Leis e M. Landherr, «Industrie 4.0 - From the Perspective of Applied Research,» *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 2-7, 2016.
- [127] H. Kagermann, T. Bauernhansl, M. t. Hompel e B. Vogel-Heuser, «Chancen von Industrie 4.0 nutzen,» *Handbuch Industrie 4.0*, vol. 4, pp. 237-248, 2014.
- [128] F. Seghezzi, «Come cambia il lavoro nell'Industry 4.0?,» *Working Paper ADAPT*, vol. 172, 2015.
- [129] E. Sener e A. Yuksel, «The reflections of digitalization at organizational level: Industry 4.0 in Turkey,» *Pressacademia*, vol. 6, pp. 291-300, 2017.
- [130] F. Chiarello, L. Trivelli, A. Bonaccorsi e G. Fantoni, «Extracting and mapping industry 4.0 technologies using wikipedia,» *Computers in Industry*, vol. 100, pp. 244-257, 2018.
- [131] V. Alcácer e V. Cruz-Machado, «Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems,» *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 22, n. 3, pp. 899-919, 2019.
- [132] M. Rüßmann, M. Lorenz, P. Gerbert, M. Waldner, J. Justus, P. Engel e M. Harnisch, «Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries,» 2015.

- [133] Deloitte, *Italia 4.0: siamo pronti? Il percepito degli executive in merito agli impatti economici, tecnologici e sociali delle nuove tecnologie*, 2018.
- [134] V. Palmieri, *Industria 4.0. Fondamenti e opportunità*, Assolombarda Confindustria Milano Monza e Brianza, 2017.
- [135] H. Ahuett-Garza e T. Kurfess, «A brief discussion on the trends of habilitating technologies for Industry 4.0 and Smart manufacturing,» *Manufacturing Letters*, vol. 15, n. Parte B, pp. 60-63, 2018.
- [136] M. Hermann, T. Pentek e B. Otto, «Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review,» *Working Paper*, vol. 1, 2015.
- [137] C. S. Tang e L. P. Veelenturf, «The strategic role of logistics in the industry 4.0 era,» *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, vol. 129, pp. 1-11, 2019.
- [138] E. Tibaldi, *INDUSTRIA 4.0: processo di trasformazione aziendale. Il caso Number 1 Logistics Group S.p.A.*, Tesi di Laurea, Università Ca' Foscari Venezia, 2012.
- [139] L. D. Xu, E. L. Xu e L. Li, «Industry 4.0: state of the art and future trends,» *International Journal of Production Research*, vol. 56, n. 8, 2018.
- [140] A. C. Pereira e F. Romero, «A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept,» *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1206-1214, 2017.
- [141] L. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala e A. G. Frank, «The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance,» *International Journal of Production Economics*, 2018.
- [142] A. Perego, A. Sianesi e M. Taisch, *Industria 4.0: la rivoluzione si fa con le persone!*, Osservatorio Industria 4.0, Politecnico di Milano, 2019.
- [143] G. Cervelli, S. Pira, L. Trivelli e G. Fantoni, *INDUSTRIA 4.0 senza slogan*, Roma: Quaderni

Fondazione G. Brodolini, 2017.

- [144] M. Salama e S. Srinivas, «Joint optimization of customer location clustering and drone-based routing for last-mile deliveries,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 114, pp. 620-642, 2020.
- [145] D. Schermer, M. Moeini e O. Wendt, «A matheuristic for the vehicle routing problem with drones and its variants,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 106, pp. 166-204, 2019.
- [146] D. Swanson, «A Simulation-Based Process Model for Managing Drone Deployment to Minimize Total Delivery Time,» *IEEE Engineering Management Review*, vol. 47, n. 3, pp. 154-167, 2019.
- [147] J.-P. Aurambout, K. Gkoumas e B. Ciuffo, «Last mile delivery by drones: an estimation of viable market potential and access to citizens across European cities,» *European Transport Research Review*, vol. 11, n. 30, 2019.
- [148] O. Mitrea e K. Kyamakya, «(How) will autonomous driving influence the future shape of city logistics?,» *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 15, n. 1, pp. 45-52, 2017.
- [149] S. Kapser e M. Abdelrahman, «Acceptance of autonomous delivery vehicles for last-mile delivery in Germany – Extending UTAUT2 with risk perceptions,» *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 111, pp. 210-225, 2020.
- [150] Y. He, F. Zhou, M. Qi e X. Wang, «Joint distribution: service paradigm, key technologies and its application in the context of Chinese express industry,» *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 23, n. 3, pp. 211-227, 2020.
- [151] I. Ben Mohamed, W. Klibi, O. Labarthe, J.-C. Deschamps e M. Babai, «Modelling and solution approaches for the interconnected city logistics,» *International Journal of Production Research*, vol. 55, n. 9, pp. 2664-2684, 2017.
- [152] S. Pan, V. Giannikas, Y. Han, E. Grover-Silva e B. Qiao, «Using customer-related data to enhance e-grocery home delivery,» *Industrial Management and Data Systems*, vol. 117, n. 9,

pp. 1917-1933, 2017.

- [153] G. Mangano, G. Zenezini, A. C. Cagliano e A. D. Marco, «The dynamics of diffusion of an electronic platform supporting City Logistics services,» *Operations Management Research*, vol. 12, n. 3-4, pp. 182-198, 2019.
- [154] H. Rai, S. Verlinde e C. Macharis, «How Are Logistics Service Providers Adapting to Omnichannel retail?,» *IFAC-PapersOnLine*, vol. 51, n. 11, pp. 588-593, 2018.
- [155] O. Laseinde e K. Mporfu, «Providing solution to last mile challenges in postal operations,» *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 20, n. 5, pp. 475-490, 2017.
- [156] G. Chung, B. Gesing, K. Chaturvedi e P. Bodenbenner, *Logistics Trend Radar. Delivering insight today, creating value tomorrow*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2018/2019.
- [157] M. Heutger e M. Kückelhaus, *3D PRINTING AND THE FUTURE OF SUPPLY CHAINS. A DHL perspective on the state of 3D printing and implications for logistics*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2016.
- [158] J. Nuamah e Y. Seong, «Human machine interface in the Internet of Things (IoT),» in *12th System of Systems Engineering Conference (SoSE)*, Waikoloa, 2017.
- [159] L. Yang, «Research on Application of Artificial Intelligence Based on Big Data Background in Computer Network Technology,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 392, n. 6, 2018.
- [160] L. Wu, J. Gao, G. K. Venayagamoorthy e R. G. Harley, «On Artificial Intelligence Approaches for Contingency Analysis in Power System Security Assessment,» *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 2018.
- [161] B. Gesing, S. J. Peterson e D. Michelsen, *ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS. A collaborative report by DHL and IBM on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2018.

- [162] A. Bagozi, D. Bianchini, M. Garda, A. Marini e V. De Antonellis, «A Relevance-based approach for Big Data Exploration,» *Future Generation Computer Systems*, vol. 101, pp. 51-69, 2019.
- [163] M. Jeske, M. Grüner e F. Weiß, *Big Data in logistics. A DHL perspective on how to move beyond the hype*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2013.
- [164] J. v. Duin, W. d. Goffau, B. Wiegmans, L. Tavasszy e M. Saes, «Improving home delivery efficiency by using principles of address intelligence for B2C deliveries,» in *The 9th International Conference on City Logistics*, Tenerife, 17-19 June 2015.
- [165] M. Heutger e M. Kückelhaus, *BLOCKCHAIN IN LOGISTICS. Perspectives on the upcoming impact of blockchain technology and use cases for the logistics industry*, 2018.
- [166] A. Singh, A. Payal e S. Bharti, «A walkthrough of the emerging IoT paradigm: Visualizing inside functionalities, key features, and open issues,» *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 143, p. 111–151, 2019.
- [167] R. Rajkumar, I. Lee, L. Sha e J. Stankovic, «Cyber-Physical Systems: The Next Computing Revolution,» in *Design Automation Conference*, Anaheim, CA, 2010.
- [168] F. Pérez, E. Irisarri, D. Orive, M. Marcos e E. Estevez, «A CPPS Architecture Approach for Industry 4.0,» in *IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA)*, 2015.
- [169] D. Sinha e R. Roy, «Reviewing Cyber-Physical System as a Part of Smart Factory in Industry 4.0,» *IEEE Engineering Management Review*, vol. 48, n. 2, pp. 103-117, 2020.
- [170] B. Slates, «Internet of Things,» *HeinOnline*, vol. 59, n. 2, 2018.
- [171] EU CASAGRAS, *Fp7 Project, Rfid and the Inclusive Model for the Internet of Things*, 2012.
- [172] CERP-IoT, *Vision and Challenges for Realising the Internet of Things*, Bruxelles, 2010.
- [173] O. Vermesan e P. Friess, *Internet of Things-From Research and Innovation to Market Deployment*, River publishers Aalborg, 2014.

- [174] J. Macaulay, L. Buckalew e G. Chung, *INTERNET OF THINGS IN LOGISTICS. A collaborative report by DHL and Cisco on implications and use cases for the logistics industry*, 2015.
- [175] H. Glockner, K. Jannek, J. Mahn e B. Theis, *AUGMENTED REALITY IN LOGISTICS. Changing the way we see logistics-a DHL perspective*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2014.
- [176] M. Kückelhaus e D. C. Beckmann, *ROBOTICS IN LOGISTICS. A DPDHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2016.
- [177] M. Heutger, *SELF-DRIVING VEHICLES IN LOGISTICS. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2014.
- [178] M. Heutger e M. Kückelhaus, *UNMANNED AERIAL VEHICLES IN LOGISTICS. A DHL perspective on implications and use cases for the logistics industry*, DHL Customer Solutions & Innovation, 2014.
- [179] A. Pansa, M. Moretti, K. Gijbers e L. Rebuffi, *Cyber-security. Tra difesa e business*, 2016.
- [180] M. Hypponen e L. Nyman, «The Internet of (Vulnerable) Things: On Hypponen's Law, Security Engineering, and IoT Legislation,» *Technology Innovation Management Review*, vol. 7, n. 4, pp. 5-11, 2017.
- [181] A. Alikhanzadeh, C. S. Saunders, I. Pisica, P. M. Ashton e G. A. Taylor, «Impacts of ICT on the pan-European power system up to the 2050 time horizon,» *49th International Universities Power Engineering Conference (UPEC)*, pp. 1-6, 2014.
- [182] S. Wang, J. Wan, D. Li e C. Zhang, «Implementing smart factory of Industrie 4.0: An Outlook,» *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 12, n. 1, pp. 1-23, 2016.
- [183] Q. Ouyang, J. Zheng e S. Wang, «Investigation of the construction of intelligent logistics system from traditional logistics model based on wireless network technology,» *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 20, 2019.

- [184] Y. Kajiwara, T. Shimauchi e H. Kimura, «Predicting Emotion and Engagement of Workers in Order Picking Based on Behavior and Pulse Waves Acquired by Wearable Devices,» *Sensors (Basel)*, vol. 19, n. 1, 2019.
- [185] M. Melacini, «Customer Experience, Startup e 4.0: la Logistica spicca il volo!,» Osservatorio Contract Logistics "Gino Marchet", Politecnico di Milano, 2018.
- [186] S. Zhao, Z. Li e L. Zhou, «Construction of Logistics Network System Based on Internet+,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1176, n. 2, 2019.
- [187] R. Wang, W.-T. Tsai, J. He e C. Liu, «Logistics Management System Based on Permissioned Blockchains and RFID Technology,» in *Digital Society & Blockchain Laboratory*, Beihang University, Pechino, Cina, 2019.
- [188] «Upgrading of Intelligent Warehouse Management System Based on RFID Technology-Taking Company as an Example,» *International Journal of English Literature and Social Sciences (IJELS)*, vol. 4, n. 3, 2019.
- [189] E. Varese e A. C. Pellicelli, «The RFID technology for monitoring the supply chain and for fighting against counterfeiting: a fashion company case study,» in *Fashion Industry. An Itinerary Between Feelings and Technology*, Intechopen, 2019, pp. 1-14.
- [190] A. I. Ionescu, R.-A. Corboş, R. I. Popescu e A. Zamfir, «From the factory floor to the shop floor –improved supply chain for sustainable competitive advantage with item-level rfid in retail,» *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, vol. 50, n. 4, 2016.
- [191] E. Esposito, G. Romagnoli e S. Sandri, «Deploying RFID in the fashion and apparel sector: an “in the field” analysis to understand where the technology is going to,» XX Summer School "Francesco Turco" - Industrial Systems Engineering, 2015.
- [192] Johnson Cornell University; INSEAD; WIPO, «The Global Innovation Index Report,» 2011-2019.
- [193] World Economic Forum, «The Global Competitiveness Report,» 2011-2019.

- [194] A. Vexler, «Valid p-Values and Expectations of p-Values Revisited,» *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, 2020.
- [195] R. B. Kline, Principles and practice of structural equation modeling, New York, NY: The Guilford Press, 1998.
- [196] R. F. Falk e N. B. Miller, A primer for soft modeling, Akron, OH: The University of Akron Press, 1992.
- [197] W. W. Chin, «Commentary: Issues and Opinion on Structural Equation Modeling,» *MIS Quarterly*, vol. 22, n. 1, pp. vii-xvi, 1998.

Sitografia

- [I]. http://www.logisticaeconomica.unina.it/city_logistics.html
- [II]. <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/671044/change-in-urbanization-of-countries-worldwide-by-income-group/>
- [III]. <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/534123/e-commerce-share-of-retail-sales-worldwide/>
- [IV]. <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/251666/number-of-digital-buyers-worldwide/>
- [V]. <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/379046/worldwide-retail-e-commerce-sales/>
- [VI]. <https://www-statista-com.ezproxy.biblio.polito.it/statistics/288487/forecast-of-global-b2c-e-commerce-growt/>
- [VII]. <http://www.treccani.it/enciclopedia/diseconomia>
- [VIII]. <https://www.01net.it/le-quattro-tecnologie-che-trasformano-la-logistica-conto-terzi/>
- [IX]. <https://www.inc.com/will-yakowicz/electric-truck-company-drone-delivery.html>
- [X]. [https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnologie_dell%27informazione_e_della_comunicazione#:~:text=Le%20tecnologie%20dell'informazione%20e,informazioni%20\(tecnologie%20digitali%20comprese\).](https://it.wikipedia.org/wiki/Tecnologie_dell%27informazione_e_della_comunicazione#:~:text=Le%20tecnologie%20dell'informazione%20e,informazioni%20(tecnologie%20digitali%20comprese).)
- [XI]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD>
- [XII]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG>
- [XIII]. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>
- [XIV]. <https://data.worldbank.org/indicator/NE.EXP.GNFS.ZS?view=chart>
- [XV]. <https://data.worldbank.org/indicator/NE.IMP.GNFS.ZS?view=chart>

- [XVI]. <https://data.worldbank.org/indicator/BM.KLT.DINV.CD.WD>
- [XVII]. https://tcd360.worldbank.org/indicators/entrp.household.inet?country=BRA&indicator=3429&viz=line_chart&years=2012,2016
- [XVIII]. <https://data.worldbank.org/indicator/GB.XPD.RSDV.GD.ZS?view=chart>
- [XIX]. <https://data.worldbank.org/indicator/SL.EMP.TOTL.SP.ZS?view=chart>
- [XX]. <https://data.worldbank.org/indicator/SE.TER.CUAT.BA.ZS?view=chart>
- [XXI]. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.POP.DNST?view=chart>
- [XXII]. <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>
- [XXIII]. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.URB.LCTY.UR.ZS?view=chart>
- [XXIV]. <https://data.worldbank.org/indicator/FS.AST.PRVT.GD.ZS>