

# Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

## Literature review sistematica sul *Physical Internet*



### Relatori

Prof. Alberto De Marco

Dott. Giovanni Zenezini

### Candidato

Stefano Mancuso

Matricola: 244188

A.A. 2019/2020

*Ai miei genitori*

## Abstract

*Physical Internet* è un termine emergente che indica un concetto tanto futuristico quanto complesso che ha come obiettivo il raggiungimento di un sistema logistico aperto, collaborativo, interconnesso, iperconnesso, sostenibile e globale, attraverso l'implementazione di una serie di interfacce e di protocolli standard.

La prima proposta e lo sviluppo di quest'idea avveniristica avvenne nel 2011 grazie ad una prima formulazione del principio da parte del Dr. Benoit Montreuil, Professore in *Coca-Cola Material Handling & Distribution* alla Stewart School of Industrial and Systems Engineering of Georgia Tech.

Prendendo come ispirazione la gestione, l'univoca identificazione e la trasmissione dei pacchetti di informazione su scala mondiale delle nostre ormai comuni attività attraverso il *Digital Internet*, il *Physical Internet* viene proposto come strumento per trasportare i beni fisici con la stessa efficienza con cui avviene il trasferimento dati sul web. Il *Physical Internet* appare quindi come un'alternativa smart, intelligente e sostenibile volta all'efficientamento delle catene di distribuzione moderne. Esso affonda le sue radici nella modularità e standardizzazione dei container, nell'uniformità dei processi e dei mezzi, e nella condivisione di informazioni tra aziende diverse.

Questo elaborato, servendosi del metodo della *literature review*, si pone l'obiettivo di analizzare e descrivere in maniera sistematica la produzione scientifica riguardante il *Physical Internet* fino al termine dell'anno 2019. Questo studio ha quindi il fine di comprendere gli approcci e le metodologie che gli accademici hanno finora utilizzato, misurandone e valutandone le evoluzioni temporali e lo status ad oggi, e presentarne i risultati evidenziando sia i temi maggiormente trattati, sia eventuali lacune, per identificare possibili sviluppi futuri di ricerca.

## Sommario

1. Introduzione .....	8
1.1. Obiettivo della Tesi .....	8
1.2. Struttura della Tesi.....	8
2. Physical Internet.....	10
2.1. Definizione .....	10
2.2. Origini teoriche e contesto di applicazione .....	10
2.2.1. Logistica.....	11
2.2.2. Supply chains .....	12
2.2.2.1. Elementi costituenti.....	12
2.2.2.2. Trasporti .....	17
2.2.3. Criticità.....	18
2.3. Elementi costituenti ed implicazioni pratiche .....	20
2.3.1. Nodi logistici.....	21
2.3.2. Reti logistiche.....	22
2.3.3. Sistema di reti logistiche .....	23
2.4. Physical Internet in Europa.....	24
3. Metodologia .....	29
3.1. Raccolta dati e costruzione dataset.....	29
3.1.1. Criteri di inclusione/esclusione.....	29
3.1.2. Keywords .....	30
3.2. Analisi degli articoli .....	33
3.2.1. Overview .....	34
3.2.2. Analisi tematica.....	35
3.3. Uso del dataset.....	36
4. Risultati .....	38
4.1. Analisi descrittiva.....	38

4.1.1. Overview .....	38
4.1.2. Analisi dei contenuti .....	43
4.1.3. Analisi incrociata .....	47
4.2. Analisi cronologica.....	50
5. Discussioni.....	58
5.1. Main topics e interpretazioni .....	58
5.2. Research gaps e sviluppi futuri.....	63
6. Conclusioni .....	66
7. Bibliografia .....	67
8. Sitografia.....	67
9. Appendice .....	69
9.1. Literature review – articoli in analisi.....	69
9.2. Tabelle .....	77
9.3. Matrici .....	80
9.4. Grafici.....	83

## Indice delle figure

Figura 1 - Sistema logistico lineare .....	13
Figura 2 - Sistema logistico convergente.....	13
Figura 3 - Sistema logistico divergente .....	15
Figura 4 - Il modello della Piramide di Anthony.....	17
Figura 5 - Procedure standard automatizzate e connesse in nodi appartenenti a reti logistiche.....	22
Figura 6 - ALICE Roadmap .....	27
Figura 7 - Step di metodologia di ricerca .....	33
Figura 8 - Risultati per metodologia di analisi .....	38
Figura 9 - Metodo di studio in valori percentuali utilizzato in ricerca .....	39
Figura 10 - Risultati per livello di applicazione primario.....	41
Figura 11 - Risultati per livello di applicazione secondario .....	41
Figura 12 - Risultati per modello oggetto di studio.....	42
Figura 13 - Risultati per oggetto di studio .....	43
Figura 14 - Coinvolgimento dei main stakeholder in percentuale.....	44
Figura 15 - Ricorrenza delle keywords.....	46
Figura 16 - Livello di applicazione (%) in base al main stakeholder .....	48
Figura 17 - Livello di applicazione (%) in base al metodo di studio.....	49
Figura 18 - Evoluzione cronologica del numero di articoli per anno e relativa retta cumulata.....	50
Figura 19 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al livello di applicazione primario .....	51
Figura 20 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al livello di applicazione secondario.....	52
Figura 21 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base alla metodologia di analisi e relative rette cumulate .....	53
Figura 22 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al modello oggetto di studio e relative rette cumulate.....	54
Figura 23 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base all'oggetto di studio e relative rette cumulate .....	54
Figura 24 - Coinvolgimento main stakeholder per anno .....	55
Figura 25 - Metodi di studio per anno .....	56

## Indice delle tabelle

Tabella 1 - Risultati ricerca del termine Physical Internet .....	30
Tabella 2 - Numero di articoli correlati e contenenti il termine in riga, sul totale di articoli emersi dalla ricerca.....	32

## 1. Introduzione

In un mondo in cui la logistica è il fattore comune a qualsivoglia tipologia di impresa, l'attuale sistema logistico è insostenibile in termini di economia, ambiente e società, nonostante i più diversi paradigmi logistici innovativi siano stati proposti e intrapresi per invertire la situazione.

La gestione integrata di ogni aspetto legato alla gestione dei flussi è sempre più argomento di indagine da parte degli studiosi, con la volontà di correggere, migliorare e ottimizzare i processi.

Proprio con questo obiettivo nasce il *Physical Internet*, un paradigma emergente che dovrebbe raggiungere simultaneamente le tre dimensioni della sostenibilità: economia, ambiente e società su scala globale. Prendendo il *Digital Internet* come metafora, il *Physical Internet* è costruito verso un sistema logistico globale aperto fondato principalmente sull'interconnettività fisica, digitale e operativa, attraverso una serie standard di contenitori modulari, protocolli collaborativi e interfacce intelligenti, con l'obiettivo di raggiungere una maggiore efficienza e sostenibilità.

### 1.1. Obiettivo della Tesi

La volontà di questa tesi è innanzitutto di individuare e quantificare all'interno della vastità di articoli accademici o scientifici che ogni anno si producono, quelli che trattino in maniera diretta o indiretta il tema del *Physical Internet*.

Una volta individuati, lo scopo è analizzare come questi articoli studino il tema, in rapporto a diversi fattori e se e come questi fattori sono correlati tra loro. Importante è anche osservare se le modalità di indagine del *PI* subiscano variazioni nel tempo e in che modo.

### 1.2. Struttura della Tesi

Per arrivare ai risultati suddetti si procederà con un primo capitolo di inquadramento di scenario, per comprendere con una visione panoramica cos'è il mondo della logistica e quali sono le problematiche alle quali si cerca di rispondere con il *Physical Internet*.

Il secondo capitolo invece entrerà più specificatamente nel merito del *Physical Internet*, analizzandone la nascita, le applicazioni e i progetti in corso.

Si passerà poi con il capitolo terzo e quarto all'analisi vera e propria: il capitolo terzo sarà dedicato a descrivere la metodologia grazie alla quale si è potuta costruire e poi sviluppare l'analisi, mentre il quarto capitolo mostrerà le analisi svolte e, tramite dei grafici, i principali risultati.

Con il capitolo quinto si vogliono infine discutere i risultati principali emersi dalle analisi, soffermandosi sulle diverse correlazioni e interpretazioni che possono esistere tra i diversi livelli di analisi e fornendo spunti sulle motivazioni che le caratterizzano.

## 2. Physical Internet

### 2.1. Definizione

Il *Physical Internet*, o *Internet Fisico*, e spesso abbreviato *PI* o  $\pi$ , prende il nome dalle somiglianze concettuali che questa nuova concezione di modello logistico condivide con il *Digital Internet* e i suoi meccanismi essenziali. Nessuno pensa a dove vadano e cosa attraversino le e-mail, i pacchetti di dati con immagini, suoni e altri tipi di informazioni a cui possiamo accedere: il *Digital Internet* è una grande rete neurale composta da milioni di server e computer che fungono da trasmettitori e ricevitori di informazioni e da una moltitudine di reti, cavi e satelliti che consentono lo spostamento dei dati. Tutte le informazioni possono essere inviate da un computer/server “di partenza” e giungere al destinatario corretto senza problemi e senza alcun particolare intervento da parte degli utenti.<sup>1</sup>

Allo stesso modo, anche il *Physical Internet* si pone l’obiettivo di evolvere in un sistema logistico globale, anch’esso basato sull’interconnessione delle reti logistiche attraverso un insieme standardizzato di protocolli per collaborazione intelligente, contenitori e interfacce al fine di aumentare l’efficienza e la sostenibilità. Il *Physical Internet* può essere definito come il modo in cui gli oggetti fisici vengono gestiti, spostati, immagazzinati, prodotti, consegnati e utilizzati, con particolare attenzione all’efficienza logistica globale e alla sostenibilità, organizzando il trasporto di merci in modo simile al modo in cui i pacchetti di dati scorrono sul *Digital Internet*. L’obiettivo è trasformare, in questo modo, una industria logistica del trasporto merci estremamente frammentata, in un settore basato sulla logistica iper-connessa.<sup>2</sup>

### 2.2. Origini teoriche e contesto di applicazione

Il termine *Physical Internet* è stato utilizzato per la prima volta il 15 giugno 2006 come titolo della versione digitale della rivista britannica *The Economist* in cui sono stati pubblicati alcuni articoli sulla catena di approvvigionamento.

---

<sup>1</sup> Cervera Paz A., Lopez-Molina L., Rodriguez Cornejo V. M., “*Shifting foundations in logistics: the Physical Internet*”, in *Revista Dyna*, p. 1-8, 2018.

<sup>2</sup> Cervera Paz A., Lopez-Molina L., Rodriguez Cornejo V. M., “*Shifting foundations in logistics: the Physical Internet*”, in *Revista Dyna*, p. 1-8, 2018.

Questo testo ha ispirato un gruppo di ricercatori, guidati dal professor Montreuil, all'epoca Professore di *Operations and decisions systems* nella facoltà di Business Administration dell'Università Laval di Québec City, Canada, per studiare se fosse possibile organizzare il flusso di merci fisiche dal settore logistico allo stesso modo del flusso di dati prodotti su Internet.

Per poter comprendere però le ragioni che hanno spinto gli studiosi ad occuparsene e che cosa implica l'implementazione del *Physical Internet*, occorre fare un passo indietro e analizzare lo scenario all'interno del quale opera.

Il contesto nel quale muoviamo la nostra analisi è quello della logistica, concetto che oggi viene utilizzato nei più svariati campi e applicato alle più diverse realtà produttive e commerciali.

### 2.2.1. Logistica

Il termine *logistica* deriva dalla parola greca *logistikos* che significa "che ha senso logico", a sua volta derivato da *lógos*, "parola" o "ordine", per i greci infatti i due concetti erano strettamente collegati ed espressi con la stessa parola.

Il termine logistica viene utilizzato in primo luogo nel gergo militare, e solo dopo la Seconda guerra mondiale entra nel linguaggio comune e si estende al settore economico e industriale.

Attualmente il Council of Supply Chain Management Professionals, precedentemente conosciuto come Council of Logistics Management's (Associazione internazionale di professionisti della logistica), la definisce come:

*“Il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficiente ed efficace flusso e stoccaggio di materie prime, semilavorati e prodotti finiti e delle relative informazioni dal punto di origine al punto di consumo con lo scopo di soddisfare le esigenze dei clienti.”*

Una classificazione in grado di fornire un quadro chiaro ed esauriente delle aree specifiche normalmente individuate sotto la comune dizione di logistica è la seguente<sup>3</sup>:

---

<sup>3</sup> G. Vignati, *Manuale di Logistica*, ed. 2002, Hoepli

1. La logistica industriale (o *business logistics*), che in un'azienda industriale ha come obiettivo la gestione fisica, informativa ed organizzativa del flusso dei prodotti e delle informazioni dalle fonti di approvvigionamento ai clienti finali;
2. La logistica dei grandi volumi (o *bulk logistics*), che riguarda la gestione e la movimentazione di grandi quantità di materiali sfusi, generalmente materie prime (quali petrolio, carbone, cereali, ecc.);
3. La logistica di progetto (o *project logistics*), che riguarda la gestione ed il coordinamento delle operazioni di progettazione e realizzazione dei sistemi complessi (quali grandi opere e infrastrutture, centrali elettriche, ecc.);
4. La logistica di supporto (o *RAM logistics*), che riguarda la gestione di prodotti ad alta tecnologia (linee aeree con aerei ed elicotteri o altri sistemi complessi) per i quali siano essenziali affidabilità, disponibilità e manutenibilità.;
5. La logistica di ritorno o logistica inversa (o *reverse logistics*), che è il processo di pianificazione, implementazione e controllo dell'efficienza delle materie prime, dei semilavorati, dei prodotti finiti e dei correlati flussi informativi dal punto di recupero (o consumo), al punto di origine, con lo scopo di riguadagnare valore da prodotti che hanno esaurito il loro ciclo di vita;

Per ciò che riguarda il *Physical Internet* e l'intento di questa Tesi, ci soffermeremo ad indagare più da vicino il contesto della *business logistics*, che agisce più degli altri nell'ambito della gestione d'impresa.

## 2.2.2. Supply chains

### 2.2.2.1. Elementi costituenti

Alla base della logistica industriale si trovano i sistemi logistici, o *supply chains*.

Seguendo la descrizione del concetto riportata da Brandimarte P. e Zotteri G. in *Introduction to Distribution Logistics*, ed. 2007, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2007, da un punto di vista fisico, una supply chain consiste in diverse fasi dove gli articoli vengono prodotti, trasformati, assemblati, confezionati e distribuiti ai consumatori.

La struttura più semplice è illustrata nella Figura 1, dove vediamo una disposizione lineare di nodi ed ogni nodo in questa catena può essere più o meno complesso.

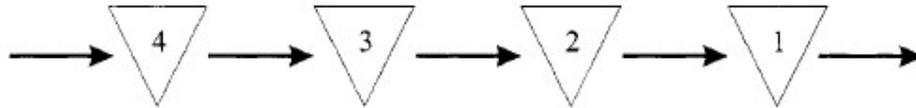


Figura 1 - Sistema logistico lineare<sup>4</sup>

Tuttavia, è un evento comune l'assemblaggio di componenti diversi in articoli finali. Quando ciò avviene, vengono assemblati elementi da fonti diverse e si ottiene una struttura convergente come quella illustrata nella Figura 2.

Ciò che viene rappresentato in Figura 2 è la struttura geografica della rete, dove i componenti possono essere prodotti in un continente e assemblati in un altro. In una rete convergente vediamo chiaramente la necessità di una corretta sincronizzazione nel flusso di materiale: se ne manca anche uno non possiamo assemblare il prodotto di cui abbiamo bisogno.

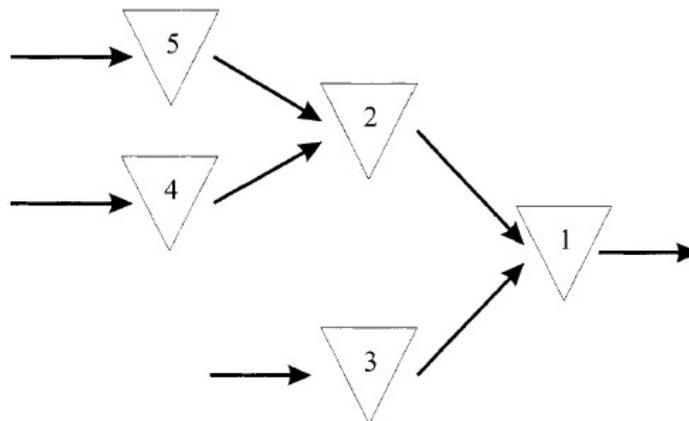


Figura 2 - Sistema logistico convergente<sup>5</sup>

Seguendo sempre lo schema e la descrizione proposti da Brandimarte P. e Zotteri G. nel manuale, la Figura 3 illustra una rete arborea (o divergente) tipica della distribuzione pura. Qui il nodo 1 potrebbe essere un grande magazzino situato

<sup>4</sup> Brandimarte P., Zotteri G., *Introduction to Distribution Logistics*, ed. 2007, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2007

<sup>5</sup> Brandimarte P., Zotteri G., *Introduction to Distribution Logistics*, ed. 2007, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2007

vicino a una fabbrica che produce un articolo, i nodi 2 e 3 potrebbero essere nodi regionali. I magazzini e i nodi rimanenti potrebbero essere negozi al dettaglio. In una rete di distribuzione pura, il prodotto è sempre lo stesso.

Ci si potrebbe chiedere perché siano necessarie fasi intermedie che, dopo tutto, sono un costo. Occorre notare che i nodi intermedi possono essere magazzini di distribuzione, ma possono anche essere semplici punti di transito senza possibilità di immagazzinare inventario; termini alternativi per l'ultimo caso sono "nodi di trasbordo" o "piattaforme cross-docking".

Brandimarte e Zotteri concludono affermando come le tre strutture illustrate siano in realtà solo modelli di base: una supply chain nella vita reale è un ibrido di tutti i modelli ed è costituito da molte varianti.

Nelle Figure 1, 2 e 3, si è visto come il materiale scorra a valle, ma attività comuni come il riciclaggio, la necessità di raccogliere i rifiuti e il crescente fenomeno di gestione dei resi, richiedono una gestione accurata ed equamente organizzata e pianificata di *reverse logistics*, poiché le crescenti preoccupazioni per l'ambiente rendono questi tipi di movimentazioni sempre più frequenti e rilevanti.

Infine, potremmo avere flussi di materiali peer-to-peer, cioè tra nodi che si trovano allo stesso livello nella rete.

Le attività che compongono la supply chain dunque si estendono sia a monte, partendo dalla trasformazione delle risorse naturali, delle materie prime e dei componenti, fino alla realizzazione di un prodotto finito, sia a valle, in quanto il prodotto deve essere reso disponibile agli utilizzatori e quindi la supply chain si estende all'utilizzatore finale del bene/servizio realizzato.

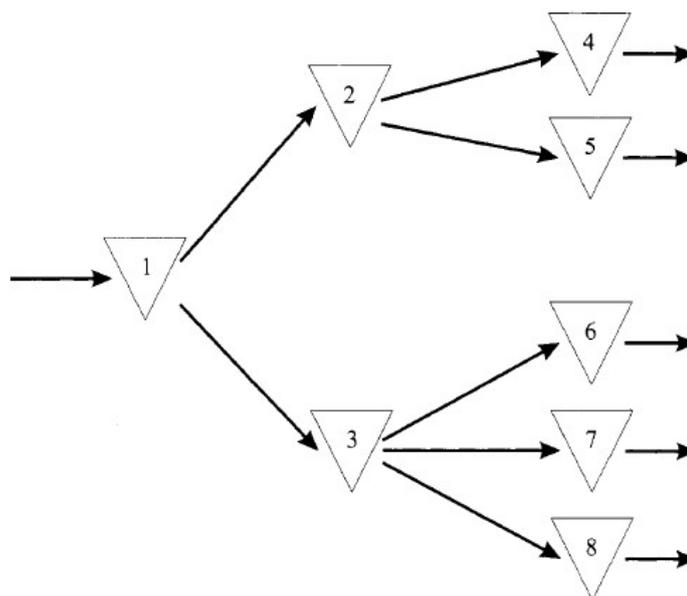


Figura 3 - Sistema logistico divergente<sup>6</sup>

Questo modo di vedere la catena logistica pone l'azienda al centro di un insieme di flussi, d'acquisto, di produzione e di vendita, che rende il coordinamento di queste attività estremamente complesso. Tale gestione viene detta *Supply Chain Management*.

Rientrano nella Supply Chain Management quindi tutto l'insieme di decisioni strategiche per la supply chain, che ha l'obiettivo di soddisfare il paradigma secondo il quale i beni (o servizi) giusti si trovino nel posto giusto, nel momento giusto, nel giusto assortimento, nella giusta quantità, nella giusta condizione di presentazione e al minimo costo<sup>7</sup>. Queste decisioni strategiche comprendono:

1. L'ubicazione e la capacità delle facilities;
2. Quali mercati fornire da quale nodo;
3. Le politiche sulla giacenza e i prodotti da fabbricare o immagazzinare nei differenti nodi;
4. Le modalità di trasporto;
5. I sistemi informativi;<sup>8</sup>

Per rispondere a questi obiettivi dunque occorre una gestione coordinata di tutta la catena logistica, che comprenda dalla gestione dei materiali, in funzione dei

<sup>6</sup> Brandimarte P., Zotteri G., *Introduction to Distribution Logistics*, ed. 2007, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2007

<sup>7</sup> <https://www.logisticaefficiente.it>

<sup>8</sup> <https://www.logisticaefficiente.it>

livelli di produzione, alla gestione della distribuzione in funzione del marketing. Si arriva pertanto a identificare il concetto di logistica integrata.

La logistica integrata considera gli aspetti di pianificazione, implementazione e controllo della rete logistica, la quale coinvolge un gran numero di attività, di decisioni, dal livello strategico a quello tattico e infine a quello operativo. Secondo la teoria classica dei processi decisionali aziendali e collegandoci alla rappresentazione in Figura 4 del modello della *Piramide di Anthony*, esse si caratterizzano come segue:

1. Le decisioni strategiche sono orientate al lungo termine, da uno a cinque anni o più. I dati che occorrono per prenderle sono molto più ampi, in quanto si estendono al di fuori dell'organizzazione e le informazioni che se ne traggono sono meno precise, meno aggiornate e più soggette a errori. Nel campo della logistica includono decisioni sul numero, localizzazione e capacità di magazzini e impianti, o sul flusso dei materiali all'interno della rete logistica;
2. Le decisioni tattiche hanno un effetto a medio termine, coprono alcune settimane o alcuni mesi e riguardano, ad esempio, il pricing di beni e servizi e i livelli di spesa per la pubblicità e il marketing. All'interno dell'ambito della logistica includono decisioni sugli acquisti delle materie prime, sulle politiche d'inventario, sulle strategie di trasporto;
3. Le decisioni operative sono quelle che vengono prese dal personale di front line. Hanno un effetto giornaliero. Nel loro insieme, gli operativi prendono ogni giorno migliaia di decisioni, in tempi rapidi e sulla base di informazioni concrete. Queste decisioni hanno, generalmente, una portata limitata e influenzano una gamma ristretta di attività.

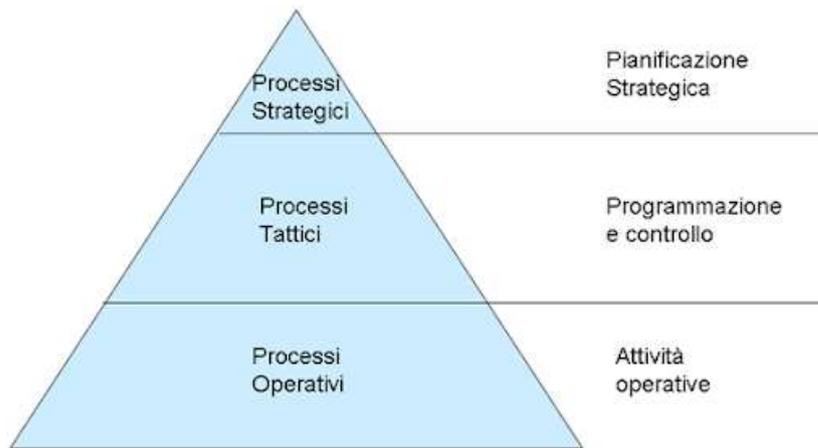


Figura 4 - Il modello della Piramide di Anthony

#### 2.2.2.2. Trasporti

I trasporti svolgono un ruolo essenziale all'interno della supply chain e soprattutto rappresentano una delle problematiche più ampie alla quale il *Physical Internet* cerca di rispondere.

Ma cosa si intende con sistema di trasporti? Il sistema dei trasporti comprende infrastrutture, veicoli e attività di gestione.

Le infrastrutture di trasporto sono costituite dagli impianti fissi. Comprendono quindi tutta la rete di trasporto (strade, autostrade, ferrovie, canali, condotte, etc.) e sono distinte nelle linee (o "infrastrutture lineari"), su cui viaggiano gli utenti del sistema (pedoni, animali e veicoli), e nei terminali (o "infrastrutture puntuali"), dove il viaggio ha origine e destinazione. Fanno parte delle linee le strade, le ferrovie, le vie di navigazione (corsi d'acqua e canali) e gli oleodotti, mentre tra i terminali si distinguono gli aeroporti, le stazioni ferroviarie, le stazioni degli autobus, gli autoporti merci, i porti fluviali e marittimi. I terminali possono essere utilizzati sia per l'interscambio di passeggeri e merci, anche tra veicoli operanti in modo differente (terminali intermodali e interporti), sia per la manutenzione dei veicoli<sup>9</sup>.

I veicoli sono parte integrante del sistema di trasporti, e si distinguono in autoveicoli, motoveicoli e treni, che viaggiano generalmente su una infrastruttura specifica, e aerei e navi che seguono rotte aeree e rotte navali.

<sup>9</sup> V. Torrieri, *Tecnica ed Economia dei Trasporti. Manuale introduttivo all'ingegneria dei trasporti*, Napoli-Roma, Edizioni Scientifiche Italiane, 2007

La gestione, o esercizio, di competenza dell'ingegneria dei trasporti, dell'ingegneria gestionale, dell'ingegneria dei sistemi e dell'economia dei trasporti, è finalizzata alla ricerca del miglior funzionamento dell'intero sistema dei trasporti e delle sue componenti, attraverso gli studi su controllo e sicurezza (segnali stradali, circolazione ferroviaria, controlli dei voli) nonché alla ricerca della più idonea gestione finanziaria, tramite ad esempio pedaggi stradali e ferroviari o l'imposizione di tasse sui carburanti<sup>10</sup>.

### 2.2.3. Criticità

Sottolineata la rilevanza del trasporto nella logistica e in generale nell'economia contemporanea, è doveroso soffermarsi su quanto ad oggi però questa tipologia di logistica non sia sostenibile a lungo termine.

Oggi i trasportatori, i fornitori di servizi logistici e i proprietari di beni utilizzano reti logistiche chiuse e nella maggior parte dei casi con l'unico scopo di spedire prodotti. L'obiettivo di queste reti chiuse è il controllo e l'ottimizzazione dei costi interni. Sfortunatamente, queste reti chiuse non si concentrano sull'ottimizzazione generale del sistema e come tali portano a inefficienze operative come il funzionamento a vuoto dei veicoli, il percorso di transito non ottimale, i costi complessivi più elevati e l'utilizzo delle risorse generalmente inefficiente. Altre questioni includono mancanza di trasparenza, scarsa selezione delle modalità, consolidamento limitato del carico, congestione, scarse prestazioni dell'ultimo miglio e impatti ambientali e sociali negativi.<sup>11</sup>

Per affrontare questi problemi è necessario sviluppare un sistema di protocolli operativi aperti in modo che le reti chiuse degli attuali operatori diventino gradualmente reti aperte che conducano all'ottimizzazione a livello di sistema, al bilanciamento del carico e delle risorse e alla riduzione degli impatti sociali e ambientali dei trasporti.

Infatti, le emissioni del trasporto merci e della logistica continuano a crescere, nonostante la lotta ai cambiamenti climatici sia una chiara priorità internazionale. L'ambizione è che l'Europa sia il primo continente neutro dal punto di vista climatico nel mondo entro il 2050. Questo obiettivo verrà raggiunto con un

---

<sup>10</sup> V. Torrieri, *Tecnica ed Economia dei Trasporti. Manuale introduttivo all'ingegneria dei trasporti*, Napoli-Roma, Edizioni Scientifiche Italiane, 2007

<sup>11</sup> *Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

approccio in due fasi, progettato per ridurre le emissioni di CO2 del 50%, se non del 55%, entro il 2030.<sup>12</sup>

#### Cambiamento climatico e salute

I trasporti rappresentano attualmente il secondo maggiore contributo ai cambiamenti climatici. Le città riconoscono i problemi causati dal trasporto merci e dalla logistica come l'inquinamento atmosferico, il rumore, il traffico, i danni alla salute umana e sono costrette a cercare un difficile equilibrio tra il mantenimento della linfa vitale della città - l'accessibilità di beni e servizi - e la qualità della vita degli abitanti.

Di conseguenza, molte città stanno legiferando per proteggere gli ambienti urbani implementando norme di accesso più rigorose e norme sui veicoli.

In Unione Europea i trasporti consumano un terzo di tutta l'energia finale e la maggior parte di questa energia proviene dal petrolio. Ciò significa che i trasporti sono responsabili di gran parte delle emissioni di gas a effetto serra nell'UE e contribuiscono in larga misura ai cambiamenti climatici. E se mentre gli altri settori economici, come quello della produzione di energia elettrica e l'industria, per lo più hanno ridotto le loro emissioni dal 1990, le emissioni da trasporto sono aumentate<sup>13</sup>.

Ciò rende il settore dei trasporti un grosso ostacolo alla realizzazione degli obiettivi dell'UE in materia di protezione del clima. Autovetture, furgoni, camion e autobus producono oltre il 70% delle emissioni di gas a effetto serra generate dai trasporti. La quota restante proviene principalmente dal trasporto marittimo e aereo. Secondo il report EEA Report No 10/2019 "Air Quality in Europe 2019", le emissioni derivanti dalle attività di trasporto aereo e marittimo internazionale sono ancora un problema importante in Europa.

Le attività di trasporto aereo emettono inquinanti atmosferici non solo durante il rullaggio, il decollo e l'atterraggio e la crociera in quota, ma anche dai numerosi servizi di supporto a terra, come il riscaldamento dell'aeroporto e il trasporto da e per gli aeroporti. Da parte sua, il contributo stimato della navigazione marittima internazionale nel 2017 aggiungerebbe il 20% alle emissioni totali di NOX

---

<sup>12</sup> *Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

<sup>13</sup> EEA Report No 10/2019, Air quality in Europe 2019

nell'UE-28, il 5% alle emissioni di PM10, il 7,5% alle emissioni di PM2,5 e il 22% alle emissioni di SOX<sup>14</sup>.

Attualmente i trasporti sono responsabili di oltre un quarto delle emissioni totali di gas a effetto serra nell'UE e non è prevista un'inversione di tendenza. Secondo l'Inventario annuale dei gas a effetto serra dell'Unione europea 1990-2017, il settore dei trasporti, insieme a quello della climatizzazione e refrigerazione, sono gli unici ad aver visto aumentare le proprie emissioni climalteranti. Come non bastasse i piani climatici presentati dai governi europei sono completamente inadeguati per raggiungere gli obiettivi di riduzione del 2030<sup>15</sup>.

Lo sviluppo di veicoli verdi, treni, chiatte e navi, e le tecnologie di supporto, che consentono un trasporto più rispettoso dell'ambiente, si prevede attualmente che sia troppo lento per raggiungere gli obiettivi di cambiamento climatico.

Sebbene l'inquinamento atmosferico provocato dai trasporti sia diminuito nell'ultimo decennio grazie all'introduzione di norme di qualità per i carburanti, alle norme EURO sulle emissioni dei veicoli e all'uso di tecnologie più pulite, le concentrazioni di inquinanti atmosferici sono ancora troppo elevate. L'inquinamento atmosferico è attualmente il rischio ambientale più importante per la salute umana ed è percepito come la seconda più grande preoccupazione ambientale per gli europei, dopo i cambiamenti climatici<sup>16</sup>.

Man mano che la lotta contro i cambiamenti climatici diventa sempre più prioritaria, aumenta la pressione sul settore della logistica per agire. Le aziende di logistica, i produttori e i rivenditori stanno lottando per garantire la riduzione delle emissioni pur rimanendo competitivi e garantendo un accesso e un valore adeguati ai propri clienti e società. I bassi margini di profitto combinati con l'alto costo delle tecnologie a basse emissioni scoraggiano gli investimenti in questo settore.

### 2.3. Elementi costituenti ed implicazioni pratiche

Sulla base del documento *Physical Internet Roadmap*, versione del 9 febbraio 2020, elaborato nell'ambito del progetto europeo SENSE, si definiscono e riportano di seguito le caratteristiche del *Physical Internet*.

---

<sup>14</sup> EEA Report No 10/2019, Air quality in Europe 2019

<sup>15</sup> EEA Report No 10/2019, Air quality in Europe 2019

<sup>16</sup> EEA Report No 10/2019, Air quality in Europe 2019

Il *PI* può essere suddiviso in tre diversi livelli o aree operative: i nodi logistici, le reti logistiche e il sistema di reti logistiche.

### 2.3.1. Nodi logistici

L'area dei nodi logistici si occupa dei diversi ruoli dei nodi, intesi come punti di trasbordo e movimentazione merci, e di modelli operativi esistenti o nuovi. I nodi logistici possono essere classificati come segue:

1. *PI-node* - Magazzino/deposito. Caratteristiche principali:
  - capacità di memoria;
  - consolidamento/deconsolidamento del carico;
2. *PI-node* - Terminale intermodale. Caratteristiche principali:
  - consolidamento/deconsolidamento del carico;
  - modifica della modalità di trasporto;
3. *PI-node* - Hub logistico intermodale/multimodale. Caratteristiche principali:
  - capacità di archiviazione, servizi a valore aggiunto;
  - consolidamento/deconsolidamento del carico;
  - modifica della modalità di trasporto;

Sulla base delle caratteristiche infrastrutturali e dei servizi offerti un nodo può appartenere a una delle tre tipologie di nodi logistici identificati. Molti servizi possono essere forniti su questi diversi nodi logistici come sdoganamento, co-imballaggio, personalizzazione, eccetera.

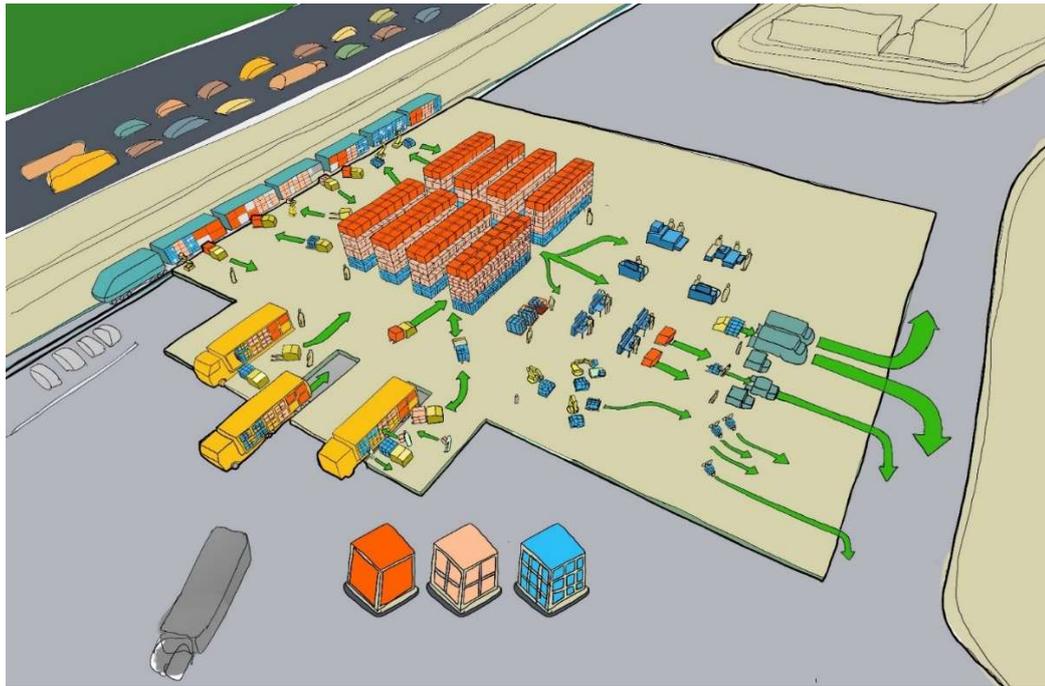


Figura 5 - Procedure standard automatizzate e connesse in nodi appartenenti a reti logistiche<sup>17</sup>

In relazione a questo livello operativo, il *Physical Internet* mira ad estendere il livello di standardizzazione delle unità modulari di carico, dei processi e delle procedure (anche automatiche) di trasporto, di condivisione delle informazioni garantendo piena visibilità e accessibilità digitale ai nodi di servizio, e alla identificazione e costruzione di modelli di business che supportino le interazioni automatiche dei nodi di servizio.<sup>18</sup>

### 2.3.2. Reti logistiche

Le reti logistiche sono quell'insieme di attività e di nodi attraverso i quali si concretizza la movimentazione, il trasporto, la distribuzione capillare dei prodotti. Lo sviluppo della rete logistica a cui mira il *Physical Internet* prevede un processo di miglioramento graduale delle capacità dell'attuale rete di trasporto.

Nel già citato documento *Physical Internet Roadmap* emerge come il primo fattore da implementare è la piena integrazione, visibilità, disponibilità e stato d'uso di tutti i mezzi e le risorse all'interno di una rete logistica e la creazione di reti sincromodali pienamente operative, attraverso operazioni sincronizzate verticalmente e orizzontalmente dei modi di trasporto. Questo concetto consente

<sup>17</sup> Roadmap to the Physical Internet, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

<sup>18</sup> Roadmap to the Physical Internet, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

di offrire servizi di trasporto porta a porta flessibili e reattivi agli spedizionieri di merci, garantendo un livello di prestazioni molto più elevato rispetto ad oggi.

Il secondo sviluppo chiave è una maggiore collaborazione tra i fornitori di servizi logistici, attraverso le loro reti attualmente separate. Questa collaborazione - attraverso accordi di governance, standard operativi, contratti di gestione o altro - è necessaria per consentire l'implementazione connessa della tecnologia di rete per gli utenti di tutto il mondo.

La direzione dominante del cambiamento nei servizi di rete è la disponibilità di intelligence a livello di rete, tra singole spedizioni, proprietari e spedizionieri, e il suo utilizzo per fornire ulteriore flessibilità nella configurazione dei movimenti di trasporto e prima e durante il trasporto. Lo scopo di questa flessibilità è di far fronte all'incertezza costante data dai cambiamenti nella domanda e nell'offerta, avendo a disposizione informazioni circa la specifica della domanda di servizi (origine, destinazione, orari, affidabilità richiesta, parametri di qualità ecc.), lo stato attuale delle reti e dei suoi utenti (localizzazione dei carichi, monitoraggio delle capacità delle modalità e livelli di congestione), previsioni sullo stato futuro prevedibile degli stati delle spedizioni e della rete nel suo insieme.

Una delle condizioni principali per la materializzazione del *Physical Internet* è l'integrazione di diverse reti esistenti, anche appartenenti ad una stessa società, ad esempio su una piattaforma. Poiché questi passaggi richiedono investimenti, riorganizzazione e allineamento significativi tra le organizzazioni, l'evoluzione dei servizi di rete logistica richiederà tempo e sarà piena di incertezza.<sup>19</sup>

### 2.3.3. Sistema di reti logistiche

Salendo ancora di un livello nella scala gerarchica degli elementi costituenti di questo nuovo paradigma logistico, si completa la visione di insieme del *Physical Internet* grazie al ruolo del sistema di reti logistiche.

Lo sviluppo di un unico, solido, interconnesso e accessibile sistema di reti logistiche richiede che sia necessario sviluppare alla base un sistema di protocolli operativi aperti in modo che le reti chiuse degli attuali operatori diventino gradualmente reti aperte che conducono all'ottimizzazione a livello di sistema, al

---

<sup>19</sup> *Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

bilanciamento del carico e delle risorse e alla riduzione degli impatti sociali e ambientali dei trasporti.

Il documento *Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020, descrive come il sistema di reti logistiche che si vuole raggiungere debba essere:

1. *Sicuro* - protocolli e servizi sviluppati da zero con sicurezza, privacy e fiducia come considerazione progettuale chiave per fornire sicurezza e fiducia agli utenti;
2. *Efficiente* - protocolli e servizi progettati per garantire l'efficienza operativa del movimento merci indipendentemente dalla modalità, dalle operazioni nodali e dalle caratteristiche del trasporto per aumentare l'efficienza e l'efficacia delle spedizioni;
3. *Estensibile* - protocolli e servizi progettati per essere estesi come nuovi modelli di business, usi e servizi vengono sviluppati in un futuro sconosciuto per accogliere modelli di trasporto e logistica innovativi;
4. *Accogliere beni, informazioni e flussi finanziari* - protocolli e servizi progettati per gestire non solo il flusso sicuro e continuo di beni fisici, ma anche il flusso di informazioni e pagamenti in modo end-to-end per consentire agli utenti di tracciare, analizzare, contrarre e ricevere il pagamento.

#### 2.4. Physical Internet in Europa

Già dalla prima metà dello scorso decennio anche i politici europei hanno riconosciuto sempre di più l'importanza dei problemi legati alle inefficienze della logistica e allo sviluppo sostenibile del trasporto.

Si sono sviluppati dunque negli ultimi anni diversi progetti europei, spesso in collaborazione anche con partner extra-continentali, nati con l'obiettivo di trovare soluzioni e nuove opportunità alla logistica in termini di efficienza e sostenibilità.

Tra i progetti più importanti si segnalano:

## ICONET

ICONET<sup>20</sup> esplorerà e creerà servizi innovativi di rete *Physical Internet* che ottimizzano i flussi di carico rispetto ai costi e alle prestazioni ambientali. Il progetto si baserà su politiche di governance e accordi sul livello di servizio e sarà costantemente e pienamente consapevole delle operazioni e dello stato della rete. ICONET creerà una *proof of concept* che consentirebbe l'analisi e la sperimentazione del *PI* e fungerà da riferimento per le future operazioni di *Physical Internet* che supportano l'iperconnettività aperta, la governance, il trail audit (o audit log), il commercio elettronico e la tracciabilità end-to-end per tutti gli aspetti della catena logistica. Il concetto verrà implementato in quattro Living Lab progettati per convalidare le *PI-capabilities* e riconoscere l'efficienza quantificabile e misurabile nei calcoli del percorso migliore, il flusso di pacchetti "end-to-end" attraverso la catena logistica e l'efficienza globale della pipeline. I risultati di ICONET saranno disponibili sotto forma di servizi cloud facilmente implementabili basati su tecnologie aperte e non proprietarie, un'architettura di riferimento *PI* basata su standard aperti e un case study *PI* dimostrativo che consente alle parti interessate di analizzare gli scenari chiave del *PI*.

## SENSE

SENSE<sup>21</sup> mira ad aumentare il livello di comprensione del concetto di *PI* e le opportunità che esso offre ai trasporti e alla logistica. Costruendo un sostegno più ampio di *Physical Internet* nell'industria, negli enti pubblici e nella ricerca, si può raggiungere un consenso che potrebbe consentire investimenti pubblici e privati strategici coordinati nella ricerca e nell'innovazione che abbracciano il *PI*, portando a un nuovo paradigma molto più efficiente e sostenibile.

SENSE mira a:

1. Valorizzare e stabilizzare un solido quadro per l'industria, la ricerca e gli enti pubblici per condividere progressi, barriere, opportunità e migliori pratiche relative all'implementazione delle *PI*;
2. Sensibilizzare e aumentare il consenso sulla Roadmap dettagliata verso il *PI* sviluppato nell'ambito del progetto;

---

<sup>20</sup> <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-transport/logistics/iconet>

<sup>21</sup> <https://trimis.ec.europa.eu/project/accelerating-path-towards-physical-internet>

3. Creare la piattaforma di conoscenza di riferimento in modo che la comunità *PI* abbia accesso a sviluppi recenti, tra cui: valutazione dei casi di attuazione *PI*; programmi e attività industriali; start-up correlate; progetti di ricerca e innovazione; iniziative e programmi pubblici;
4. Assistere e sostenere l'industria, la Commissione Europea, gli Stati membri e i governi regionali nel processo di definizione delle politiche di ricerca ad alto impatto per accelerare il *PI*.

I risultati di un esperimento di simulazione con i migliori rivenditori Carrefour e Casino in Francia (e i loro 100 migliori fornitori) passando dalla pratica effettiva a un "Modello Internet fisico" hanno mostrato un potenziale vantaggio economico del 32%, una riduzione del 60% delle emissioni di gas serra e un potenziale del 50% del volume spostato dalla strada alla ferrovia.

#### *ALICE*

*ALICE*<sup>22</sup> (Alliance for Logistics Innovation through Collaboration in Europe) nasce nel 2013 con uno specifico obiettivo: cercare di sviluppare una strategia di ricerca, innovazione e la diffusione sul mercato dell'innovazione logistica e di gestione della supply chain in Europa, ottenendo nuove opportunità di guadagni di efficienza nel trasporto merci e nella logistica.

Si prevede che lo spiegamento di veicoli, treni, chiatte, navi e aerei più ecologici e più puliti, nonché di altre tecnologie per una rete di trasporto più efficiente, sia comunque troppo lento per raggiungere gli obiettivi europei in materia di cambiamenti climatici. L'attenzione a breve termine, quindi, è sulla leva e sulla ricerca di nuove opportunità di guadagni di efficienza nel trasporto merci e nella logistica. Ecco perché è stata sviluppata una tabella di marcia dal titolo "Verso la logistica delle emissioni zero 2050" per definire chiaramente la sfida e la direzione, che guarda verso il *Physical Internet*.

---

<sup>22</sup> <https://www.etp-logistics.eu>

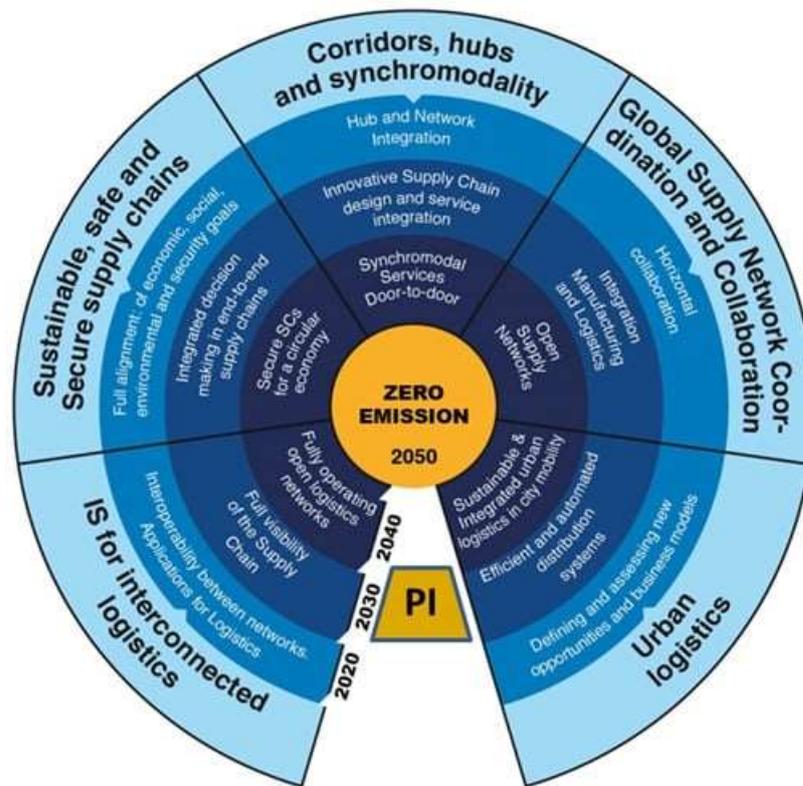


Figura 6 - ALICE Roadmap<sup>23</sup>

La tabella di marcia di ALICE ha l'obiettivo di ottenere un miglioramento del 30% in termini di efficienza e sostenibilità della logistica, con un approccio dal basso verso l'alto, identificando ricerca e innovazione, sfide e progressi e impatti previsti, in modo tale che i miglioramenti desiderati possano essere realizzati entro un termine massimo del 2050.

La realizzazione e l'implementazione delle roadmap ALICE porterebbero a un paradigma dunque allineato al concetto di *Physical Internet*. Considerando l'urgenza di raggiungere la sostenibilità per le catene di approvvigionamento, la realizzazione del *PI* è ora prevista per il 2030.<sup>24</sup>

#### MODULUSHCA

Il progetto MODULUSHCA (Modular Logistics Units in Shared Co-modal Networks) nasce nell'ottobre del 2012 con l'obiettivo di ottenere il primo vero contributo allo sviluppo della logistica interconnessa a livello europeo, in stretto

<sup>23</sup> <https://www.etp-logistics.eu>

<sup>24</sup> *Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

coordinamento con partner nordamericani e l'iniziativa internazionale per il *Physical Internet*.

Seguendo quanto descritto dal sito istituzionale della Commissione Europea nel *Final Report Summary - MODULUSHCA (Modular Logistics Units in Shared Co-modal Networks)*<sup>25</sup>, l'obiettivo del progetto è consentire di operare con unità logistiche iso-modulari sviluppate di dimensioni adeguate ai flussi reali modali e co-modal dei fast moving consumer goods (FMCG), fornendo una base per un sistema logistico interconnesso per il 2030.

MODULUSHCA integra cinque campi di lavoro correlati:

1. Sviluppare una visione che soddisfi le esigenze degli utenti per la logistica interconnessa nel dominio FMCG;
2. Sviluppare una serie di unità logistiche modulari intercambiabili (ISO) che forniscono un blocco di unità più piccole;
3. Stabilire l'inter-connettività digitale delle unità;
4. Sviluppare una piattaforma di operazioni logistiche interconnesse che porti ad una significativa riduzione dei costi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>;
5. Dimostrazione attraverso due progetti pilota per soluzioni interconnesse.

---

<sup>25</sup> <https://cordis.europa.eu/project/id/314468/reporting>

### 3. Metodologia

La *literature review* è un metodo di studio che esamina i testi scientifici rilevanti per un particolare problema, area di ricerca o teoria, e così facendo, fornisce una descrizione e una valutazione critica, presentando una panoramica delle fonti esplorate durante la ricerca.

Questo metodo di studio permette di posizionare ogni lavoro nel contesto di ricerca, di descrivere la relazione di ciascuna opera con le altre in esame, di individuare nuovi modi di interpretare la ricerca precedente e di dimostrarne le eventuali lacune, e, fondamentale, di individuare i possibili sviluppi della ricerca in quel preciso campo di studio.

#### 3.1. Raccolta dati e costruzione dataset

##### 3.1.1. Criteri di inclusione/esclusione

Il primo passo effettuato per familiarizzare con il concetto, seppur all'inizio molto astratto, di *Physical Internet*, è stato quello riguardante la ricerca bibliografica. La ricerca degli articoli è stata fatta sul portale scopus.com, un database che raccoglie riassunti e citazioni per articoli di pubblicazioni riguardanti la ricerca.

Il sito offre la possibilità di effettuare ricerche all'interno del titolo dell'articolo, delle keywords, degli abstract, per fonte e per autore, tramite l'inserimento di singole parole (es. *Internet*) o di più parole (es. *Physical Internet*). Quest'ultima modalità prevede che la ricerca delle parole inserite possa avvenire in due modi differenti.

Il primo effettua una ricerca delle parole indipendentemente dalla posizione di queste all'interno delle frasi, riportando come risultati quindi tutti i casi in cui trova le parole inserite: è facile immaginare come l'inserimento delle parole *Physical* e *Internet* possa in questo modo rendere fuorviante la ricerca (26.499 risultati), riportando ad ogni singolo articolo che le includa entrambe all'interno del titolo o dell'abstract.

Il secondo e più utile e raffinato metodo, invece, consiste nell'inserimento delle virgolette – “Physical Internet” – per trasformare la ricerca di più parole nella ricerca di un termine inteso come unico, non scindibile. Il search così impostato rende molto più selettiva l'azione di selezione da parte del motore di ricerca, che

riconosce come idonei solo i casi in cui effettivamente le due parole non siano separate.

Utilizzando questo accorgimento l'attività di ricerca bibliografica all'interno del database è potuta cominciare escludendo ogni volta un enorme numero di elementi che con il primo metodo, invece, sarebbe erroneamente rientrato nei risultati.

Nel tentativo di impostare un metodo sistematico di ricerca che fosse replicabile, il più "tracciabile" possibile e che portasse alla selezione di tutti i risultati di interesse si è preferito procedere ad una ricerca separata prima all'interno del titolo, poi delle keywords e successivamente dell'abstract, benché sul sito fosse possibile unire tutte e tre le sezioni in un'unica ricerca congiunta.

La prima ricerca di "Physical Internet" all'interno del campo Titolo ha portato a 77 risultati, 33 dei quali indicizzati come Articoli, 3 review, 1 come Editoriale, 1 book chapter e i restanti 39 classificati come Conference papers o Conference reviews e pertanto non considerati come vera fonte scientifica adatta all'analisi. La ricerca, di cui si riportano i risultati in Tabella 1, è poi proseguita seguendo la stessa logica per Keyword e poi all'interno dell'Abstract.

<b>Termine</b>	<b>Campo</b>	<b>Risultati</b>	<b>di cui articoli*</b>
<b>Physical Internet</b>	TITOLO	77	38
<b>Physical Internet</b>	KEYWORDS	111	57
<b>Physical Internet</b>	ABSTRACT	140	72
<b>Totale (Distinct)</b>		<b>167</b>	<b>88</b>

*Tabella 1 - Risultati ricerca del termine Physical Internet*

\*include Articoli, Articoli in stampa, Editoriali, Review, Book Chapters.

Grazie alla possibilità di creare e salvare delle liste che non ripetono il conteggio per i doppioni si è potuta definire una prima lista totale, data dall'unione delle tre elencate in Tabella 1, costituita da un totale di 167 elementi distinti, 88 dei quali identificabili come articoli o simili.

### 3.1.2. Keywords

In seguito ai risultati della prima ricerca si è pensato di effettuare una selezione delle keywords tra quelle riportate sul portale dalla lista di articoli ottenuti in precedenza. Tuttavia, a causa dell'eccessivo livello di genericità delle parole chiave in contesto logistico ("logistics", "supply chain", "containers", ecc.), fatta

eccezione per “Physical Internet” di cui si era già fatto utilizzo, si è deciso di costruire il secondo round di ricerca in un modo differente.

Vista la possibilità che il sito offre di visionare gli abstract di ogni articolo presente in una lista, si è optato per una prima e rapida lettura degli stessi e di quelli che rientravano nella categoria di conference paper, con l’intento di trovare delle parole che risultassero importanti e direttamente collegate al *Physical Internet*, ma che potessero non essere state indicizzate tra le keywords.

Dall’analisi delle porzioni di articolo sono infatti emersi termini molto specifici, utilizzati e probabilmente conosciuti proprio solo dagli studiosi di questo contesto scientifico, alcuni di questi caratterizzati dal prefisso “PI-” che descrive l’interfacciabilità tra sistemi ideati e congegnati ad hoc nel contesto del *Physical Internet*, che sono stati riportati nella Tabella 2.

Il metodo di ricerca si è quindi esteso all’utilizzo di ogni parola chiave seguendo la metodologia precedente per *Titolo, Keyword, Abstract*.

In Tabella 2 si riporta il numero di articoli - comprensivo di proceedings, conference papers e simili - utili tra tutti i risultati dell’indagine.

<b>Search</b>	<b><i>Title</i></b>	<b><i>Keyword</i></b>	<b><i>Abstract</i></b>
PI-enabled	-	-	8/22
PI-container	1/1	3/3	13/14
PI-hub	6/6	2/2	13/15
PI-node	-	0/2	3/30
PI-mover	-	-	2/2
PI-AS (Autonomous System)	-	1/2	-
PI-BGP	1/1	1/1	1/1
Hyperconnected distribution	1/1	1/1	1/1
Hyperconnected logistics	1/1	1/1	3/3
Hyperconnected city logistics	1/1	1/1	1/1

Interconnected logistics	4/4	3/3	7/8
Interconnected city logistics	1/1	-	1/1
Smart container	2/26	3/23	7/54
Modulushca	-	1/1	-
Modular container	2/6	0/4	8/34

Tabella 2 - Numero di articoli correlati e contenenti il termine in riga, sul totale di articoli emersi dalla ricerca

In questa seconda modalità di analisi e ricerca non si è fatto utilizzo dei seguenti termini, seppur correlati, perché considerati troppo fuorvianti dal concetto di *Physical Internet* o perché troppo generici e pertanto non direttamente e/o solamente applicabili al contesto di interesse:

- Multimodal Transport
- Sinchromodality
- Cross-dock
- Cyber-physical-systems (CPS)
- Cyber-physical logistic system
- Intelligent container
- Traceability

Mentre sono state escluse in partenza le keywords più frequenti il cui utilizzo avrebbe portato a un numero troppo elevato di risultati da esaminare, dato l'eccessivo livello di genericità dei termini stessi:

- Logistics
- Supply chains
- Containers
- Transportation
- Freight Transportation
- Logistics network
- Supply Chain Management
- Internet Of Things
- Optimization

Dopodiché si è proceduto ad aggiungere tutti gli articoli emersi tra i risultati agli 88 della prima lista che si era ottenuta raggiungendo 90 elementi distinti.

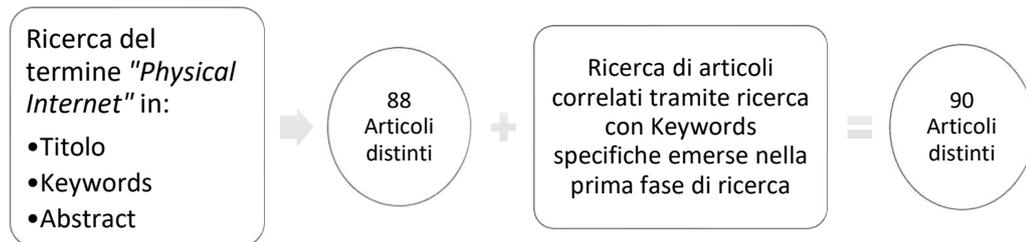


Figura 7 - Step di metodologia di ricerca

### 3.2. Analisi degli articoli

Un passo fondamentale per poter procedere nel lavoro di ricerca bibliografica ha previsto la lettura di tutti gli articoli, con l'obiettivo di identificare le principali caratteristiche metodologiche di ricerca e osservarne eventuali tendenze temporali.

Andando a considerare i 90 articoli si è proceduto ad una prima scrematura di 17 articoli che, nonostante l'attenta procedura di ricerca utilizzata, erano erroneamente rientrati tra i risultati di interesse, portando di fatto il conteggio a 73 articoli distinti.

Grazie alla possibilità di scaricare attraverso Scopus, seppur non in modo massivo, gran parte degli articoli selezionati nella prima parte di ricerca, il numero di articoli si è successivamente ristretto da 73 iniziali a 59 finali e oggetto di analisi per i seguenti motivi:

- 67 su 73 gli articoli per cui è stato possibile effettuare il download del documento;
- 62 su 67 sono risultati effettivamente coerenti nella trattazione di temi correlati al *Physical Internet*: la sola presenza del termine *Physical Internet* tra le keywords dei paper, senza successivo sviluppo di tematiche correlate, non è stata considerata sufficientemente valida come criterio di inclusione;

- 61 su 62 sono risultati essere in lingua inglese o in un'altra lingua straniera, ma traducibile online (1 pdf in tedesco non è stato oggetto dell'analisi);
- 59 su 61 sono risultati essere cronologicamente validi ai fini dell'analisi: nello specifico due articoli del 2006 sono stati scartati perché troppo lontani dal periodo di sviluppo della letteratura e perché nonostante il richiamo del termine *Physical Internet*, l'utilizzo dello stesso differiva molto da quello oggetto di studio in questa Tesi;

### 3.2.1. Overview

Per effettuare l'analisi degli articoli è stata predisposta una tabella su Excel (Appendice – Tabelle – Allegato A, Allegato B), che di seguito richiameremo come Tabella per comodità d'uso, che riportasse sulle righe i singoli articoli e sulle colonne una serie di caratteristiche, elencate di seguito, con le quali poter categorizzare e indicizzare ogni singolo articolo. La Tabella è stata così compilata attraverso la lettura di ogni articolo, con la seguente metodologia per caratteristica:

1. Anno → Anno di pubblicazione
2. Metodologia di studio
  - a. Qualitativa → 1, se la metodologia di presentazione dello studio è stata **prevalentemente** di tipo qualitativo; vuoto, in caso contrario;
  - b. Quantitativa → 1, se la metodologia di presentazione dello studio è stata **prevalentemente** di tipo quantitativo (matematico); vuoto, in caso contrario;
3. Metodo di studio → in base al metodo principale di studio citato come utilizzato dagli autori nel paper;
4. Livello di applicazione (seguendo il modello della Piramide di Anthony)
  - a. Strategico → 1, se il livello di applicazione dello studio effettuato è stato **prevalentemente** di tipo strategico; 2, se il livello di applicazione dello studio effettuato ha implicazioni strategiche, ma solo **secondariamente** ad un altro livello di applicazione; vuoto, in caso contrario;
  - b. Tattico → 1, se il livello di applicazione dello studio effettuato è stato **prevalentemente** di tipo Tattico; 2, se il livello di applicazione dello studio effettuato ha implicazioni tattiche, ma solo **secondariamente** ad un altro livello di applicazione; vuoto, in caso contrario;

- c. Operativo → 1, se il livello di applicazione dello studio effettuato è stato **prevalentemente** di tipo operativo; 2, se il livello di applicazione dello studio effettuato ha implicazioni operative, ma solo **secondariamente** ad un altro livello di applicazione; vuoto, in caso contrario;
5. Modello oggetto di studio
    - a. Predittivo → 1, se il modello di studio è stato **prevalentemente** di tipo predittivo; vuoto, in caso contrario;
    - b. Descrittivo → 1, se il modello di studio è stato **prevalentemente** di tipo descrittivo; vuoto, in caso contrario;
  6. Oggetto di studio
    - a. Infrastruttura Fisica → 1, se il contenuto dell'articolo riguardava principalmente un oggetto fisico e relativa movimentazione (containers, trucks, rotte stradali, ecc...);
    - b. Infrastruttura Informativa → 1, se il contenuto dell'articolo riguardava principalmente flussi informativi e relativi sistemi informativi;
    - c. Generico → 1, se il contenuto dell'articolo era di così alto livello da non poterlo attribuire a uno dei due oggetti di studio ai punti *a.* o *b.*
  7. Obiettivo del paper → Descrizione dell'obiettivo principale per cui è stato svolto lo studio presentato nell'articolo;
  8. Risultato del paper → Descrizione del/dei risultato/i ottenuti grazie allo studio;

### 3.2.2. Analisi tematica

La parte di Tabella dedicata invece ad un'analisi più in dettaglio del contenuto degli articoli ha invece incluso:

1. Coinvolgimento
  - a. Main stakeholder → Scelta del principale “attore” oggetto di studio;
  - b. Secondary stakeholder → Scelta di un eventuale “attore” secondario oggetto di studio;
2. Keywords → Le colonne dalla numero 9 alla numero 24 presentano invece in intestazione il nome delle keywords elencate in precedenza. Le rispettive celle sottostanti ad ogni keyword sono invece state compilate una ad una inserendo “1”, se il termine è presente nell'articolo; vuoto, se il termine non è presente nell'articolo;

### 3.3. Uso del dataset

Una volta completata la lettura di ogni articolo e la catalogazione in Tabella dello stesso in base alle caratteristiche che presentava, si è passati alla fase di utilizzo dei dati “costruiti” in precedenza, al fine di osservare, nella maniera più semplice possibile, quale sia lo stato attuale dello studio delle tematiche relative al *Physical Internet*.

Il metodo più immediato è stato quello che ha previsto la creazione dei grafici direttamente su Microsoft Excel. Per poter sfruttare al massimo le possibilità offerte dai grafici disponibili sul programma, la Tabella è stata prima di tutto trasformata da semplice insieme di celle ravvicinate a tabella vera e propria, ossia riconosciuta dallo strumento in quanto tale. Dopodiché, è stata aggiunta al modello di dati di Power Pivot, «*un componente aggiuntivo di Microsoft Excel che può essere usato per eseguire un'analisi potente dei dati e creare modelli sofisticati*»<sup>26</sup>. Nonostante la piccola mole di dati presenti nella Tabella non richiedesse uno strumento potente per l'analisi, il passaggio dall'interfaccia di Excel a quella di Power Pivot è stato effettuato per i seguenti motivi:

- Una pregressa conoscenza dello strumento aggiuntivo e dimestichezza nell'utilizzo;
- Per una questione di “sicurezza” dei dati ed evitare che questi potessero essere accidentalmente modificati nelle successive fasi di analisi. Il contenuto delle singole celle delle tabelle visualizzate in Power Pivot non è modificabile dall'utente direttamente dall'interfaccia di Power Pivot, ma è necessario apportare le modifiche alla Tabella di origine sul foglio Excel e successivamente aggiornare manualmente la Tabella anche su Power Pivot. Il foglio di Excel contenente la Tabella originale è stato quindi nascosto e si è potuto lavorare su un nuovo altro foglio Excel con la certezza che, anche in caso di maldestre modifiche, ci sarebbe stato un livello di sicurezza maggiore nel poter mantenere intatta l'origine dati da cui sarebbero dipesi i grafici;
- Per la possibilità di calcolare misure e formule avanzate con il linguaggio di Power Pivot DAX, *Data Analysis Expressions*, aggiungendo colonne di calcolo a piacere, senza comunque intaccare l'origine dati su Excel;

---

<sup>26</sup> <https://support.office.com/>

- Per sfruttare il task Grafico Pivot, collegato direttamente al modello di dati e ricreare visivamente i risultati delle analisi e di tutti gli elementi calcolati solo su Power Pivot.

Terminata la fase di modellazione dei dati e delle colonne su Power Pivot si è passati alla generazione dei grafici.

Per la creazione delle matrici di correlazione di cui si discuterà nei capitoli successivi, la Tabella è stata riadattata con valori che rispecchiassero il modo in cui erano stati classificati gli articoli, ma che fosse compatibile con l'utilizzo della funzione *CORRELAZIONE* di Microsoft Excel. Poiché con l'utilizzo della formula il valore 0 avrebbe generato errore, si è deciso di ricreare una scala da 1 a 10, facendo prima diventare i valori 1 della Tabella dei valori 10 e i valori vuoti dei valori 1. I valori 2, che invece rispecchiavano un aspetto secondario ma comunque influente, sono stati convertiti in valore 6, cioè quindi aventi un peso maggiore dal lato della scala che favorisce una correlazione positiva.

## 4. Risultati

### 4.1. Analisi descrittiva

#### 4.1.1. Overview

Seguendo l'ordine delle colonne della Tabella rappresentata dagli allegati A e B in Appendice, il primo grafico il Figura 8 riporta i risultati relativi al numero di articoli trattati per metodologia di analisi.

Da questo è possibile constatare come il numero di articoli che riportano una metodologia di analisi *quantitativa* sia quasi doppio rispetto al numero di articoli con metodologia *qualitativa*, precisamente l'81% in più.

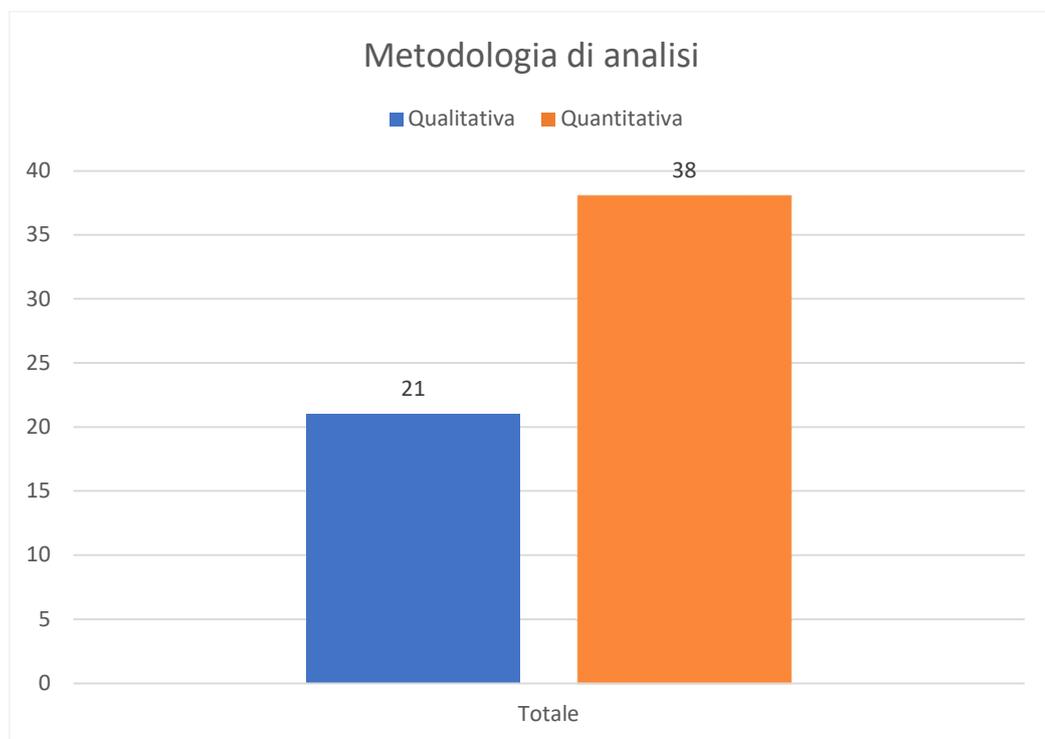


Figura 8 - Risultati per metodologia di analisi

Il passo successivo è stato quello di andare a misurare l'incidenza dei diversi metodi di studio sul totale dei paper. Il grafico che meglio ha potuto evidenziare questo tipo risultato è sicuramente il grafico a torta mostrato in Figura 9.

Dall'output in Figura 9 si evince che il metodo che in assoluto è stato preferito e maggiormente utilizzato come metodo principale di risoluzione scientifica dei problemi nei papers è il metodo di *ottimizzazione*, di cui viene fatto uso per ben il 34% degli articoli totali.

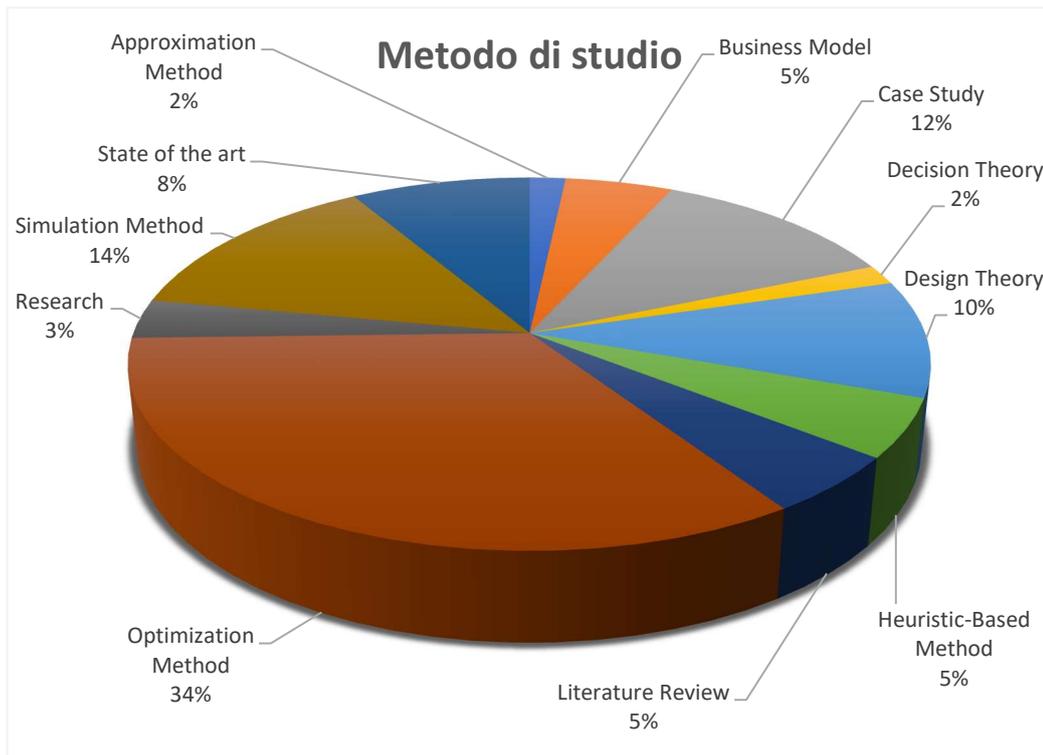


Figura 9 - Metodo di studio in valori percentuali utilizzato in ricerca

Segue poi il metodo di *simulazione*, per il 14% dei casi. Nei metodi di simulazione presentati, diversi accademici si sono serviti del software di analisi dei dati AnyLogic, «che permette di simulare ogni sistema o processo correlato al business o alla ricerca, dalle linee manifatturiere e logistiche fino a campagne marketing e cambiamenti sociali, in un ambiente visuale di tipo drag-and-drop»<sup>27</sup>, mentre altri hanno utilizzato un metodo di simulazione con un approccio analitico/matematico.

Seguono poi per importanza gli articoli con *casi studio*, per il 12%, e quelli in cui la soluzione è ottenuta con il metodo di *teoria del design*, ossia di creazione e delineazione di soluzioni progettuali.

Tutti gli altri metodi ricorrono con una frequenza inferiore al 10% e sono, in ordine decrescente: *stato dell'arte*, *ricerca bibliografica*, *metodi euristici*, *modelli di business*, *ricerca*, *metodi di approssimazione* e *teoria decisionale*.

Passando a considerare invece il livello di applicazione del contenuto degli articoli si è optato per una prima suddivisione dei risultati, andando a valutare

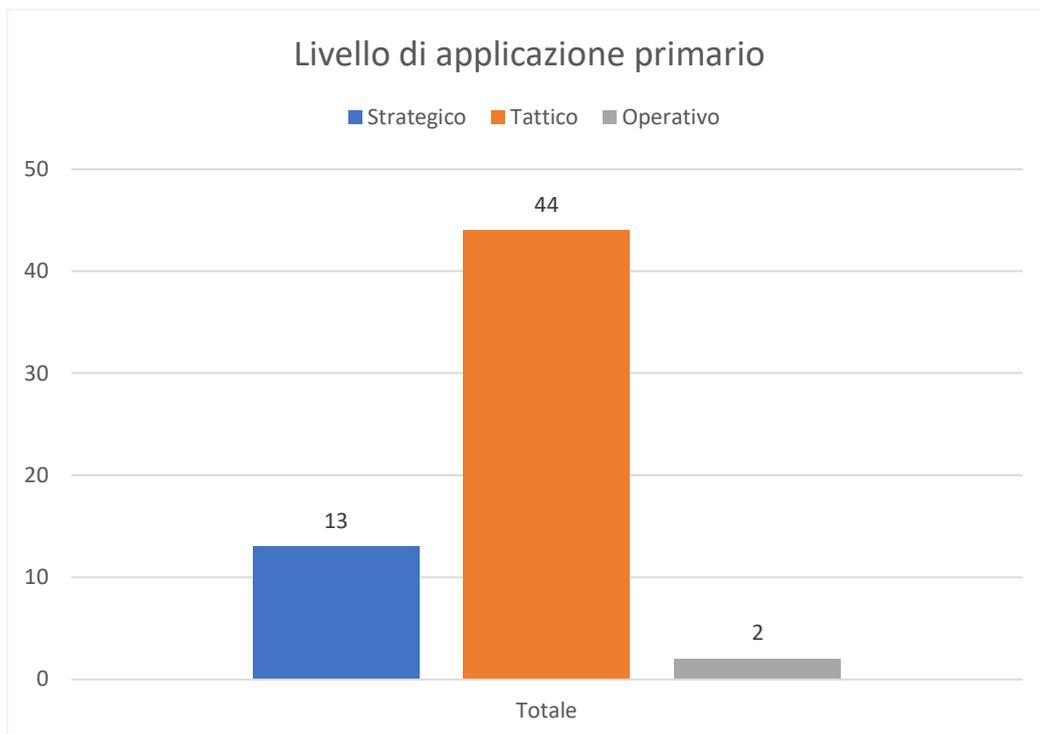
<sup>27</sup> <https://www.anylogic.com/features/>

separatamente quelli che erano stati definiti come livello di applicazione primario e livello di applicazione secondario per una maggiore comprensione.

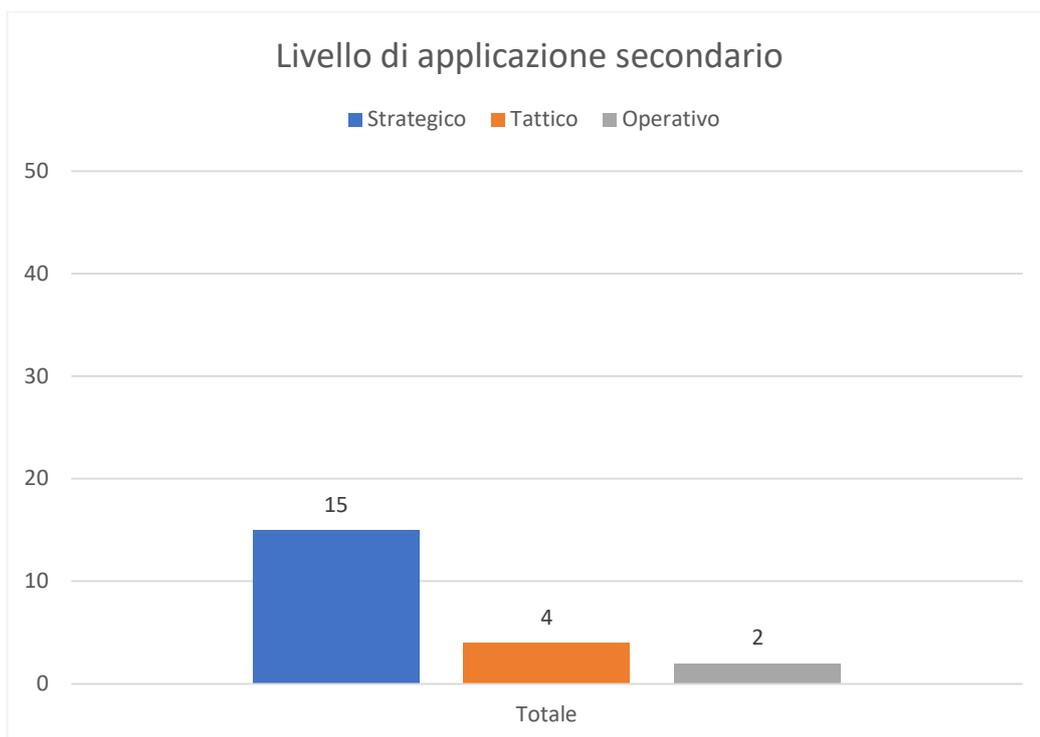
Il primo dei due grafici, quello in Figura 10, mostra chiaramente come il livello di applicazione primario studiato maggiormente dagli accademici sia quello riconducibile alle attività tattiche dell'azienda, seguito da quelle strategiche e di scelta degli obiettivi aziendali, e infine quelle operative. È opportuno notare come il livello *tattico* sia studiato principalmente per il 75% degli articoli in analisi, ma è bene ricordare che questo dato è comunque, in parte, ed inevitabilmente, influenzato dalla metodica di classificazione in una categoria o in un'altra, specialmente nella distinzione tra *tattico* e *operativo*, come descritto in precedenza.

Il secondo grafico, in Figura 11, mostra che il livello di applicazione secondario riscontrato maggiormente, oltre a essere in misura inferiore, non essendo sempre presente in ciascun articolo, è quello *strategico*. Questa evidenza è particolarmente utile per notare come all'incirca il 30-34% degli articoli che sono stati classificati come livello di applicazione primario *tattico*, facciano emergere degli aspetti strategici importanti o comunque non trascurabili in fase di classificazione.

Sebbene la scarsa presenza di articoli classificati come livello di applicazione secondario *operativo* possa sembrare in contrasto con l'affermazione precedentemente in cui si attesta la difficoltà di distinzione e classificazione tra *tattico* e *operativo*, il risultato che emerge dal secondo grafico conferma come anche a questo livello di classificazione sia stato fatto valere il principio per cui un articolo è di tipo *operativo* se nell'articolo è trattata la manualità dell'operatore ultimo e le sue azioni nel contesto lavorativo. Gli articoli che in fase di descrizione del modello in analisi descrivono la possibile futura conduzione a regime delle attività dell'organizzazione, ad esempio come debba avvenire la spedizione o la movimentazione di prodotti o container, non riportano la catalogazione di livello *operativo* perché l'operatività è intrinseca nello svolgere la grande maggioranza delle attività di tipo logistico, ma non la si può considerare come parte integrante dello studio.



*Figura 10 - Risultati per livello di applicazione primario*



*Figura 11 - Risultati per livello di applicazione secondario*

Proseguendo nella visualizzazione dei risultati per gli elementi caratterizzanti della Tabella, il grafico successivo è stato realizzato per osservare come si distribuiscano gli articoli in base alla classificazione collegata al modello oggetto dello studio.

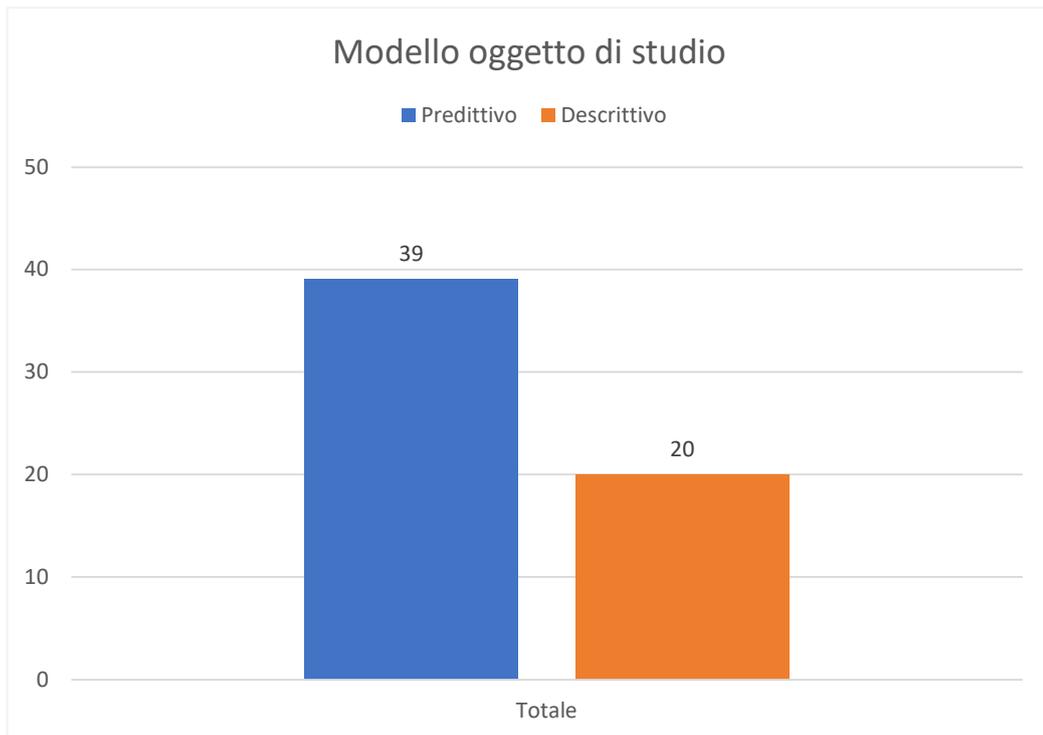


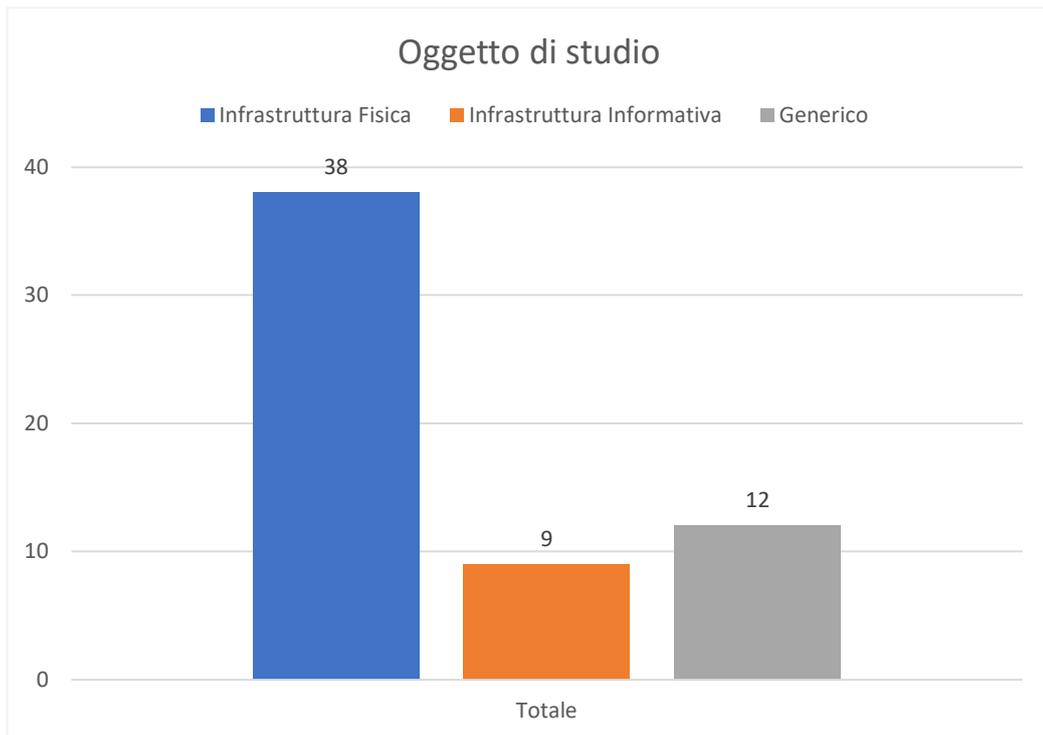
Figura 12 - Risultati per modello oggetto di studio

Si osserva dalla Figura 12 che il modello predominante sia quello di tipo *predittivo*, rispetto a quello *descrittivo*. Le numeriche che emergono non differiscono molto da quelle osservate in precedenza nel confronto tra analisi *quantitativa* e *qualitativa*, ad indicazione di un'elevata, seppur ovvia, correlazione a coppie tra le due coppie di caratteristiche.

La situazione che è stata ottenuta in fase di visualizzazione dei risultati relativi a quale sia il genere di oggetto maggiormente studiato dagli accademici nei paper collegati al *Physical Internet*, è quella riportata nella Figura 13.

Si evidenzia un predominio di studi che concernono le *infrastrutture fisiche*, probabilmente in relazione all'elevato numero di studi che trattano il trasporto dal punto di vista dei container e delle rotte, dato l'alto coinvolgimento di alcuni attori principali che identificheremo in seguito.

La carenza di studi riguardanti soluzioni e/o ricerca in ambito informativo è segnale di come gli accademici in questo momento si stiano focalizzando nel dimostrare la presenza di vantaggi nell'adottare soluzioni *PI-enabled* e conseguente fattibilità, prima di occuparsi di soluzioni che guidino il flusso informativo all'interno delle quotidiane attività aziendali.



*Figura 13 - Risultati per oggetto di studio*

Nel prossimo capitolo verrà presentata una matrice che esporrà il grado di correlazione tra le variabili finora visualizzate separatamente o per categoria, che meglio permetterà di capire come queste possano essere clusterizzate per identificare i filoni che potranno guidare le future analisi della ricerca.

#### 4.1.2. Analisi dei contenuti

Come presentato in precedenza, l'analisi degli articoli ha previsto anche la specifica in Tabella di quali fossero gli attori primari all'interno dei papers, intesi come i soggetti maggiormente coinvolti, maggiormente citati o anche i veri e propri oggetti di studio. Tuttavia, per coerenza di compilazione della Tabella, è stata fatta la scelta di indicarne solo uno come primario, ed eventualmente indicarne uno come secondario nella colonna adiacente. Occorre comunque precisare anche in questo caso come in alcune occasioni il contenuto degli articoli presentasse due o più possibili soggetti da poter segnalare come main stakeholder dell'articolo. Proprio a causa di ciò, in alcuni casi la scelta tra quale fosse il primario e quale il secondario non è stata immediata ed è stata oggetto di un'indagine più approfondita, per comprendere quale si ritenesse avere una maggior rilevanza se associato all'oggetto di studio dell'articolo.

In maniera del tutto simile al caso in cui si voleva evidenziare il metodo di studio, anche in questo caso si è deciso di far utilizzo di un grafico a torta in Figura 14, data la facilità di presentazione che garantisce con la molteplicità di elementi presenti sotto la caratteristica di main stakeholder.

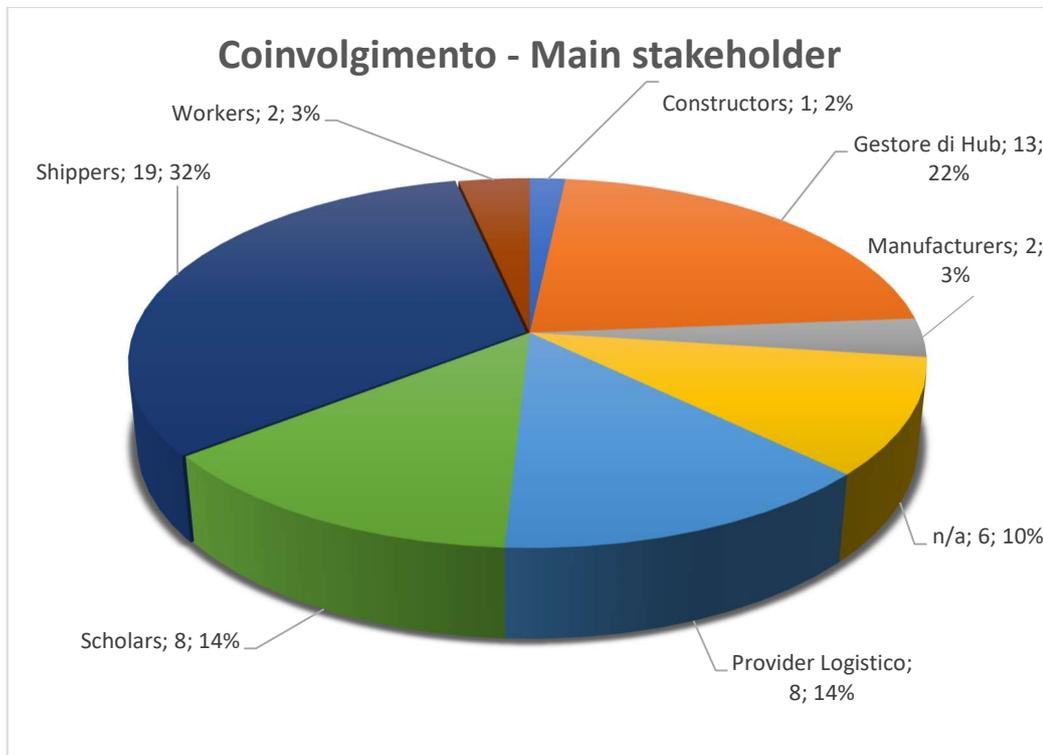


Figura 14 - Coinvolgimento dei main stakeholder in percentuale

Dai risultati si evince come la figura degli *shippers* sia stata quella maggiormente ricercata negli studi degli accademici. Nel 32% dei paper la figura del trasportatore è risultata essere quella principale, indipendentemente dal fatto che il trasporto fosse via terra, via mare o via aerea, o che fosse tramite un camion, un furgone, una bicicletta o qualsiasi altro mezzo di trasporto.

Segue per importanza la figura del *gestore di hub*, nel 22% degli articoli, e quella del *provider logistico* nel 14%. Già fermandoci ai primi tre soggetti per ricorrenza è facile, ma altrettanto importante, sottolineare come queste sole tre figure rappresentino complessivamente il 68% dei main stakeholder degli articoli in analisi.

Nel 14% dei casi troviamo anche la figura degli *accademici*, chiaramente non collegati come figure professionali alle tematiche di logistica, ma intesi come attori primari nelle situazioni in cui l'obiettivo ultimo del paper è la misura dello status quo della ricerca relativamente alle tematiche di *Physical Internet*.

Ricollegandoci alla Figura 9 sulle metodologie di studio, notiamo che il 14% appena citato si avvicina molto al 15% dato dalla somma delle percentuali dei metodi con i quali è possibile misurare l'avanzamento della ricerca, ovvero *stato dell'arte*, 8%, *literature review*, 5%, e *research*, 3%

Chiudono il grafico i *manufacturers*, figure principali nel 3% degli studi, i *workers*, anch'essi con il 3% a testimoniare l'evidenza emersa precedentemente di come il lato operativo non sia ancora stato oggetto rilevante in ambito di ricerca, e i *constructors* al 2%. Inoltre, nel 10% degli articoli non è stato possibile identificare una figura professionale come main stakeholder dell'articolo.

I risultati hanno dimostrato che nel 22% degli articoli è stato anche identificato un secondary stakeholder, di cui non si poteva non fare menzione in fase di classificazione degli attori. All'interno di questa casistica, in ben 5 casi, cioè il 38% delle volte, l'attore secondario che è stato identificato è il *gestore di hub*. I *retailers*, che non erano comparsi in nessuna casistica come attori primari, seguono al 15% assieme agli *shippers*.

Nell'8% dei casi in cui è stato rilevato un attore secondario troviamo i *drivers*, altra nuova figura che incarna una funzione operativa, il *pubblico/final user*, gli *scholars* e i *provider logistici*.

A completare il primo lavoro di ricerca sul portale Scopus dei termini identificati come keywords, descritto nella sezione precedente riguardante la metodologia di ricerca, e il seguente step di compilazione della Tabella attraverso la ricerca dettagliata di ogni keyword all'interno del testo di ogni articolo, si propone la Figura 15 a cui ci riferiremo per esaminare il risultato dell'intera sezione di metodologia sistematica incentrata sulle parole chiave.

A causa della necessaria scrematura iniziale, la keyword PI-BGP non è stata più ritrovata in nessuno degli articoli.

Osservando l'ordine di disposizione con cui vengono presentati i termini chiave, la relativa ricorrenza su diagramma a barre sulla sinistra, e aiutandoci con l'associazione per somiglianza dei termini, possiamo identificare quattro cluster principali con i quali accomunare i concetti e in parte anche i risultati.

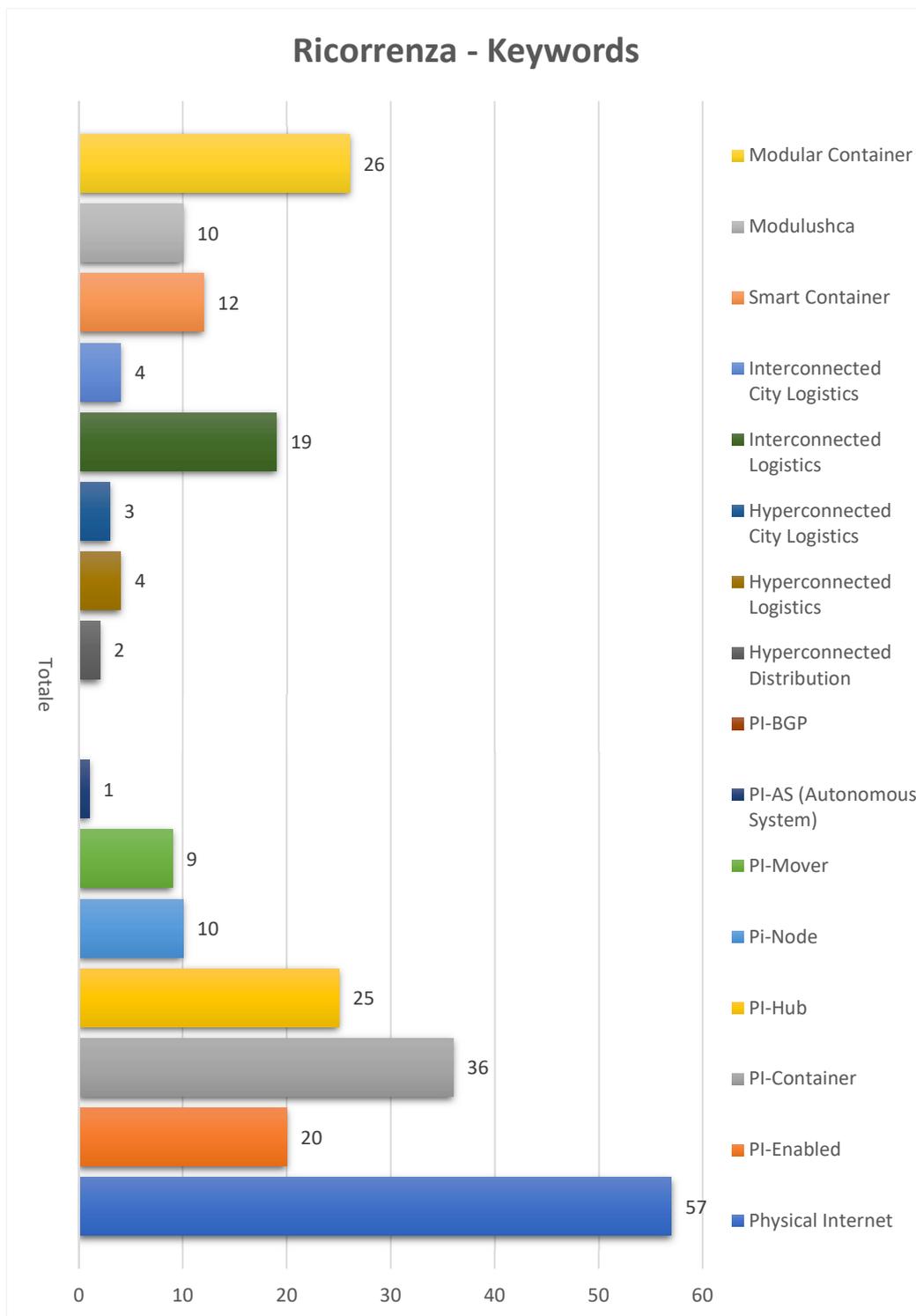


Figura 15 - Ricorrenza delle keywords

Il primo gruppo è quello che descrive il nuovo modello, la nuova concezione di container e le due principali features che dovranno caratterizzarlo: la modularità e l'essere smart. Esso comprende le keywords *modular container*, *modulushca* e *smart container* con una ricorrenza media di cluster pari a 16, ossia in media circa nel 27% dei papers analizzati possiamo trovare riferimento a uno di questi termini.

Il secondo e il terzo gruppo sono quelli che clusterizzano secondo il riferimento al suffissoide *-connected*, ma che si differenziano tra loro per il prefisso che li caratterizza. Abbiamo pertanto il cluster dettato dal termine composto *interconnected*, che comprende due termini molto simili che si presentano con ricorrenza non simile tra loro: *interconnected logistics*, in 19 articoli, e *interconnected city logistics*, in 4, per un average di cluster approssimato per eccesso a 12 ricorrenze di media, ovvero nel 20% dei papers.

Il terzo cluster invece raggruppa i termini che si riferiscono al termine composto *hyperconnected* e che sono *hyperconnected logistics*, *hyperconnected city logistics* e *hyperconnected distribution*. Questo gruppo riflette una ricorrenza negli articoli molto simile tra i diversi termini compresi, ma la ricorrenza media di cluster (3) più bassa di tutte: in media quindi solo il 5% degli articoli cita una keyword appartenente a questo cluster.

Notiamo quindi che i due cluster hanno un “comportamento” differente nonostante la somiglianza linguistica. Per questo motivo i criteri di formazione dei due cluster saranno ripresi nel capitolo successivo con l’obiettivo di comprendere al meglio se i due prefissi possano in qualche modo riflettere e spiegare due tipologie di “connessione” differenti.

L’ultimo e più linguisticamente evidente cluster è quello che accomuna tutti i termini collegati al *Physical Internet*: *PI-enabled*, *PI-container*, *PI-hub*, *PI-node*, *PI-mover*, *PI-AS*, *PI-BGP* e per ultimo *Physical Internet* (o *PI*). È il cluster con la ricorrenza media più alta (20) e se dal cluster rimuoviamo i due termini *PI-AS* e *PI-BGP*, che si sono rivelati non essere delle parole chiave in ambito scientifico, la ricorrenza media sale fino a 31, ossia nel 53% dei papers.

Anche escludendo il termine *Physical Internet*, fulcro dell’analisi e termine principale utilizzato per individuare gli articoli, l’elevata ricorsività dei termini di questo gruppo ci suggerisce che gli accademici si siano concentrati molto sui concetti *PI-based* e sulla ricerca di un’associazione di tipo concetto-oggetto, o concetto-infrastruttura.

#### 4.1.3. Analisi incrociata

Questo sotto paragrafo permette di andare ad osservare i risultati che emergono dall’incrocio dei campi che caratterizzano la Tabella.

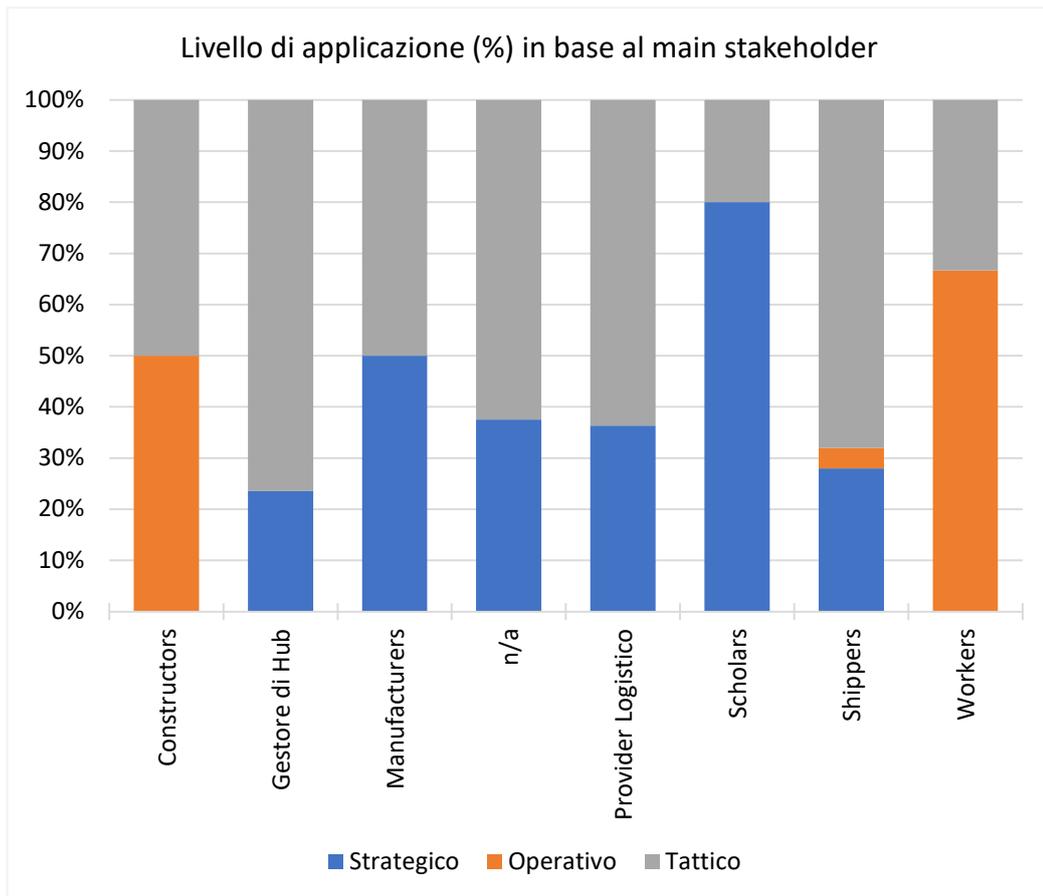


Figura 16 - Livello di applicazione (%) in base al main stakeholder

La prima cross-analysis, presentata in Figura 16, tra main stakeholder e livello di applicazione (indipendentemente che questo sia primario o secondario), mostra in valore percentuale, e quindi indipendentemente dal numero di papers, a quale livello aziendale siano stati accostati i main stakeholder. Il grafico dimostra come la maggior parte degli attori principali vengano spesso studiati congiuntamente a tematiche associabili al livello *tattico* e *strategico*. Questo vale nello specifico per i *gestori di hub*, i *provider logistici*, gli *shippers*, i *manufacturers* e gli *scholars*, ma in maniera differente: i primi tre vengono associati al livello tattico in più del 60% delle volte in cui compaiono come attori primari (fino al 77% delle volte per i *gestori di hub*), i *manufacturers* si dividono al 50% tra i due livelli, mentre la situazione si ribalta per gli *scholars* che mostrano una tendenza inversa, poiché nell'80% delle volte accompagnano come attori principali tematiche associabili al livello *strategico*.

In ultimo si nota come le figure di *workers* e *constructors* siano state studiate in modo diverso da quelle appena descritte, risultando main stakeholder quando le

tematiche principali tematiche siano associabili ai livelli *operativo* e *tattico*, ma non a livello *strategico*.

Allo stesso modo, grazie alla Figura 17 si può osservare come vari la percentuale dei tre diversi livelli di applicazione in base ai metodi di studio utilizzati. Il grafico aiuta a mettere in risalto tre diverse situazioni:

1. Maggior utilizzo del metodo di studio in relazione a tematiche di tipo *tattico*, nel caso di *metodi di approssimazione, teoria decisionale, metodi euristici, metodi di ottimizzazione, metodi di simulazione*, con valori sopra al 70% in ogni metodo;
2. Maggior utilizzo del metodo di studio in relazione a tematiche di tipo *strategico*, nel caso di *modelli di business, literature review, ricerca e stato dell'arte*, con valori sopra al 70% in quasi ogni metodo (*ricerca* 67%);
3. Per i metodi *casi di studio* e *teoria del design* non si evidenzia un'associazione prevalente ad un livello di applicazione in particolare come nei due casi precedenti, nonostante sia presente comunque una maggiore percentuale di associazione al livello *tattico*;

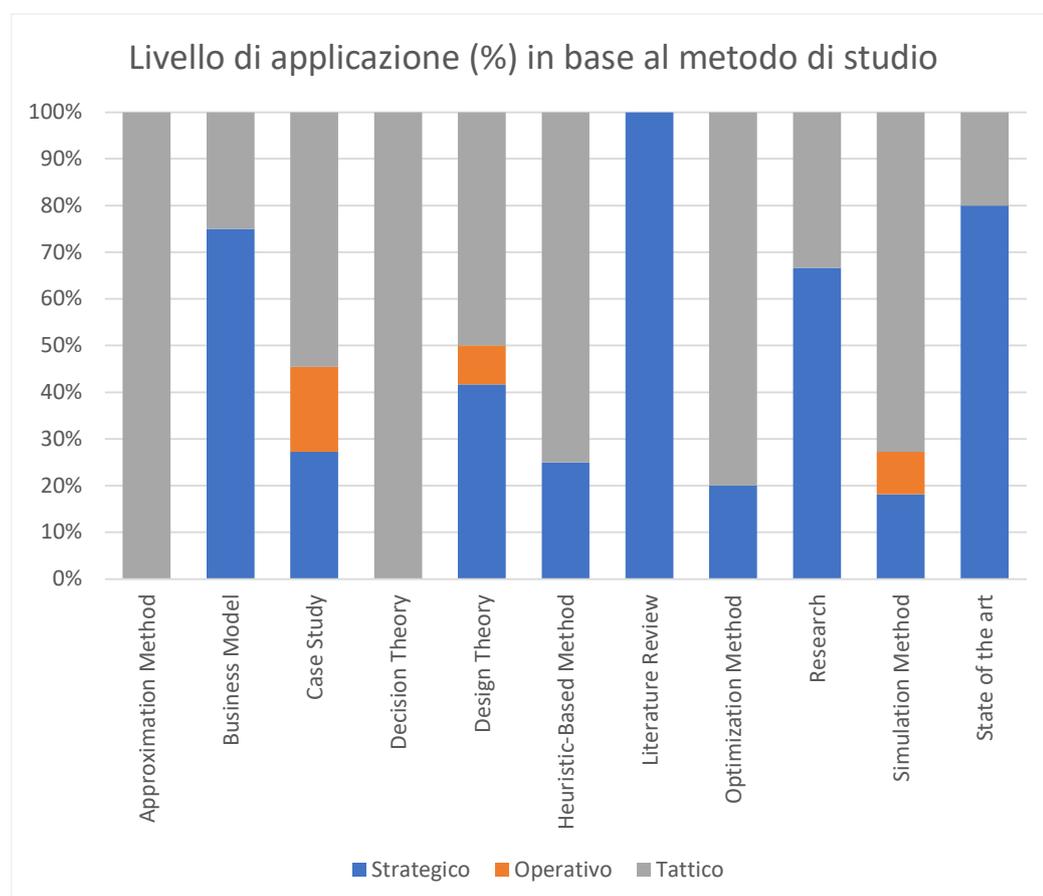


Figura 17 - Livello di applicazione (%) in base al metodo di studio

Andando a pesare queste distribuzioni in percentuale dei livelli di applicazione in base al metodo di studio con i valori percentuali di utilizzo dei metodi di studio mostrati in Figura 9, si apprezza il peso notevole che assume il livello *tattico*, sul totale, specialmente nei metodi maggiormente utilizzati come quelli di *ottimizzazione e simulazione*.

#### 4.2. Analisi cronologica

La seconda parte di osservazione dei risultati si concentra sull'evoluzione temporale dei concetti con cui si è descritta la letteratura in analisi e si sviluppa in ordine simile a quella appena illustrata.

I risultati dimostrano come lo studio scientifico del *Physical Internet* sia in crescita quasi continua dal 2012, anno dell'articolo meno recente compreso nell'indagine. Per completezza di informazione si segnala nuovamente che due articoli emersi nella prima parte della ricerca riportavano la data di pubblicazione all'anno 2006 e includevano il termine *Physical Internet*: dopo una prima lettura, riscontrando che l'utilizzo dell'espressione non era esattamente quella oggetto di questa Tesi e si presentava comunque un vuoto di produzione scientifica dal 2007 al 2012, si è deciso di escluderli dall'analisi per la loro incoerenza.

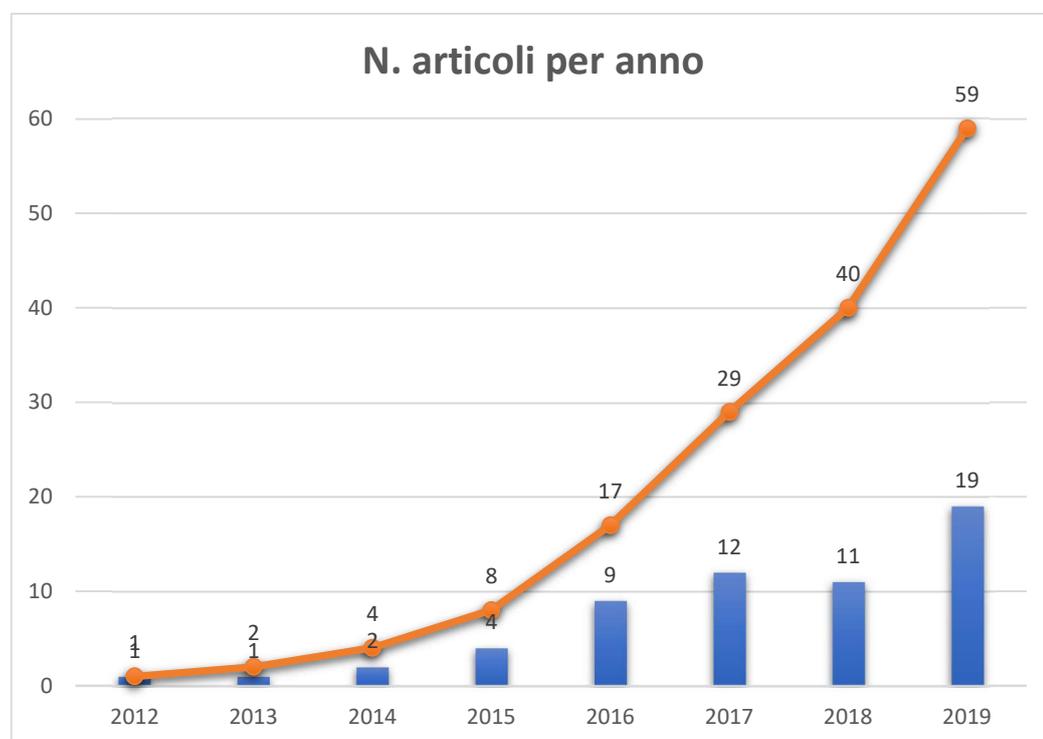


Figura 18 - Evoluzione cronologica del numero di articoli per anno e relativa retta cumulata

Dal grafico in Figura 18 si osserva come l'anno di crescita maggiore in valore percentuale sia stato il 2016 con un tasso di crescita del +125% rispetto all'anno precedente, segue il 2019 con un tasso di crescita del +74% e con la maggiore crescita in termini assoluti, +8 articoli rispetto al 2018.

Utilizzando il CAGR, dall'acronimo anglosassone *Compound Average Growth Rate*, ossia il tasso composto di crescita annuale - un termine specifico che indica la crescita percentuale media di una grandezza in un lasso di tempo - si ottiene un tasso di crescita media del +44% tra gli 8 anni in analisi. La linea arancione che rappresenta la cumulata facilita la comprensione e la percezione della crescita con il passare degli anni, fino al raggiungimento del valore complessivo di 59 articoli a fine 2019.

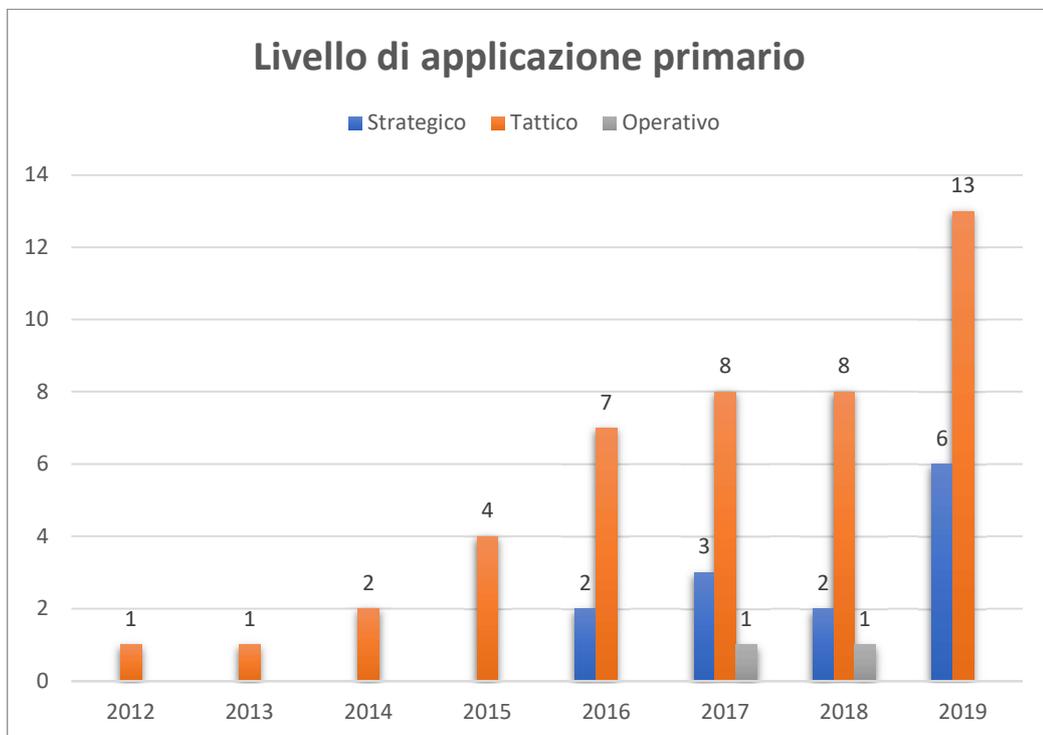


Figura 19 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al livello di applicazione primario

Nella Figura 19 si può invece andare ad osservare l'evoluzione temporale del livello di applicazione primario degli studi pubblicati negli articoli.

Si nota chiaramente come i paper con livello *tattico* primario stiano seguendo una tendenza di crescita molto simile a quello di crescita generale di ricerca. Il tasso CAGR per il *tattico* come livello primario è del +38% nel periodo 2012-2019.

Un discorso diverso va invece fatto per il livello *strategico* e il livello *operativo*. Entrambi "emergono" in ritardo rispetto al *tattico*, con il primo che inizia a

riscontrarsi dal 2016 ed è in crescita negli anni, e il secondo che invece viene studiato solo in modo primario solo in due articoli, uno del 2017 e uno del 2018.

L'evoluzione del numero di articoli per livello di applicazione secondario segue invece un percorso diverso ed è illustrata nel grafico in Figura 20.



Figura 20 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al livello di applicazione secondario

La tipologia che risulta maggiormente presente è quella strategica che raggiunge il picco di numero di articoli nel 2017, con 5 articoli, andando poi a decrescere negli ultimi due anni. Il livello *tattico* non mostra in questo caso nessuna tendenza particolare.

Si è poi proceduto con la visualizzazione dei risultati cronologici per i restanti tre elementi di categorizzazione degli articoli: metodologia di analisi, modello oggetto di studio e oggetto di studio.

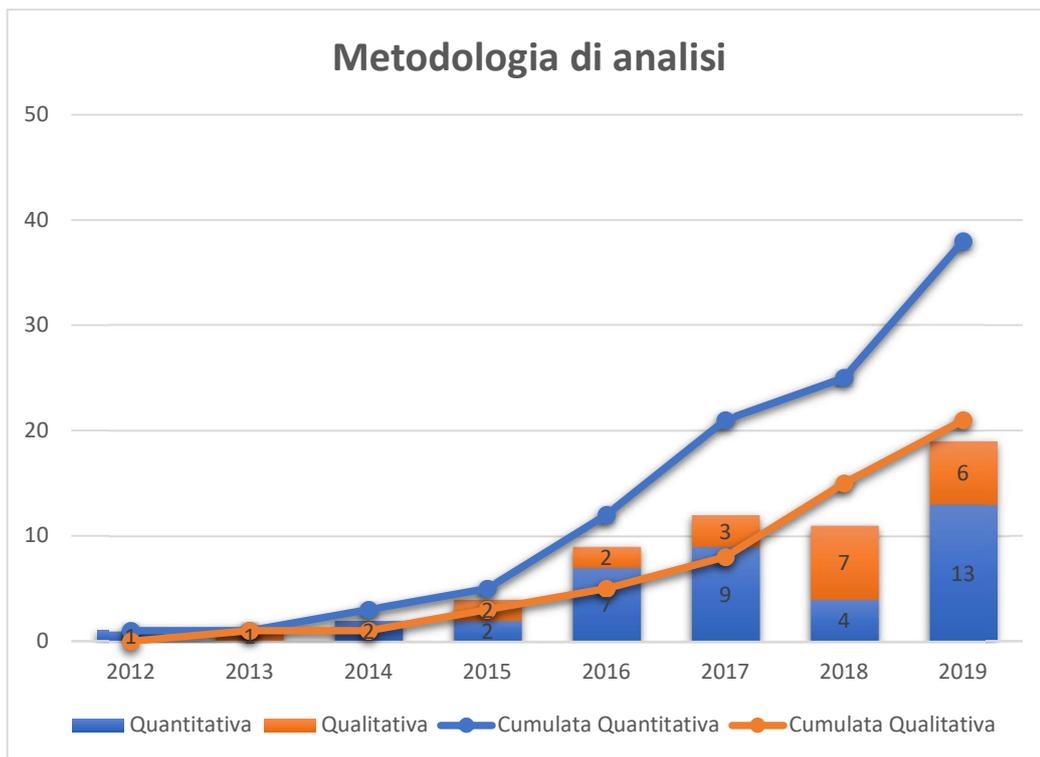


Figura 21 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base alla metodologia di analisi e relative rette cumulate

La Figura 21 mostra l'andamento della metodologia *quantitativa* e di quella *qualitativa* dal 2012 al 2019 e testimonia un'evidente fase di crescita per entrambe le metodologie. Sebbene fino al 2015 non sembri comparire una metodologia prevalente, dal 2016 la metodologia *quantitativa* diventa quella più utilizzata dagli accademici. Dal 2016 in poi l'unico anno in cui si presenta un'inversione di tendenza è il 2018, dove gli articoli qualitativi sono stati il 75% in più di quelli quantitativi.

Andando ad analizzare cronologicamente invece il modello oggetto di studio, Figura 22, si è notato un comportamento molto simile a quello di crescita della metodologia di analisi.

Questo elemento ha facilitato la decisione di studiare la correlazione tra i fattori della Tabella, per la quale si rimanda al successivo capitolo di discussioni. I risultati dimostrano che il modello oggetto di studio prevalente è risultato essere quello *predittivo*, ma anche in questo caso solo dopo una prima fase in cui si sono alternate abbastanza equamente entrambe le tipologie.

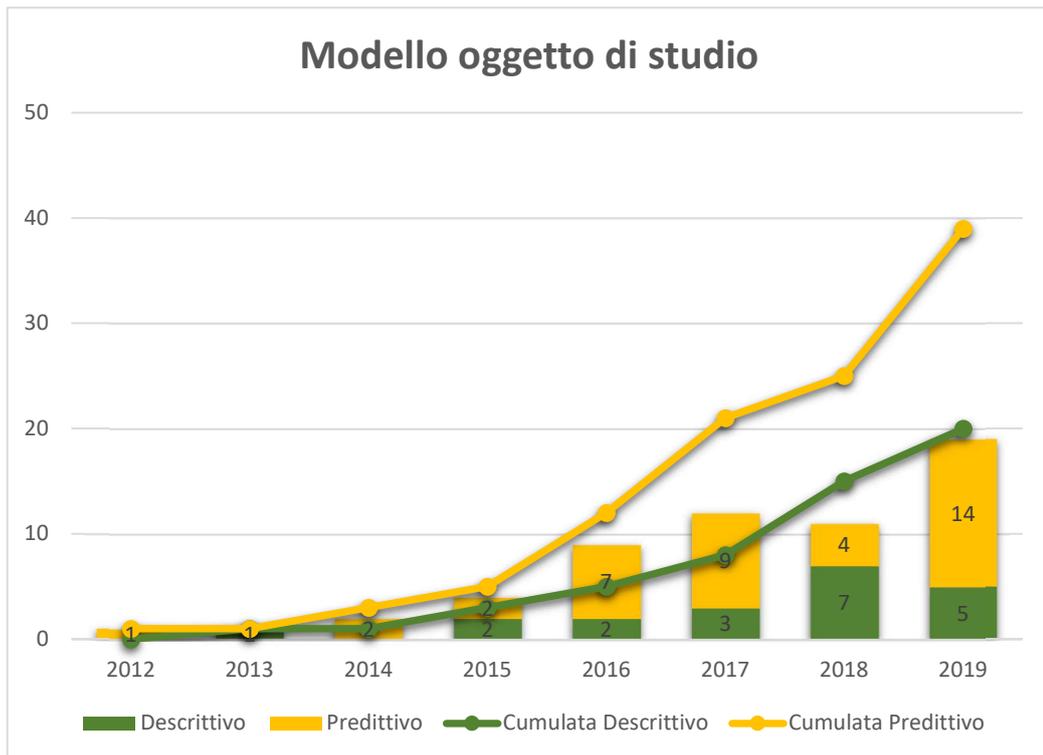


Figura 22 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base al modello oggetto di studio e relative rette cumulate

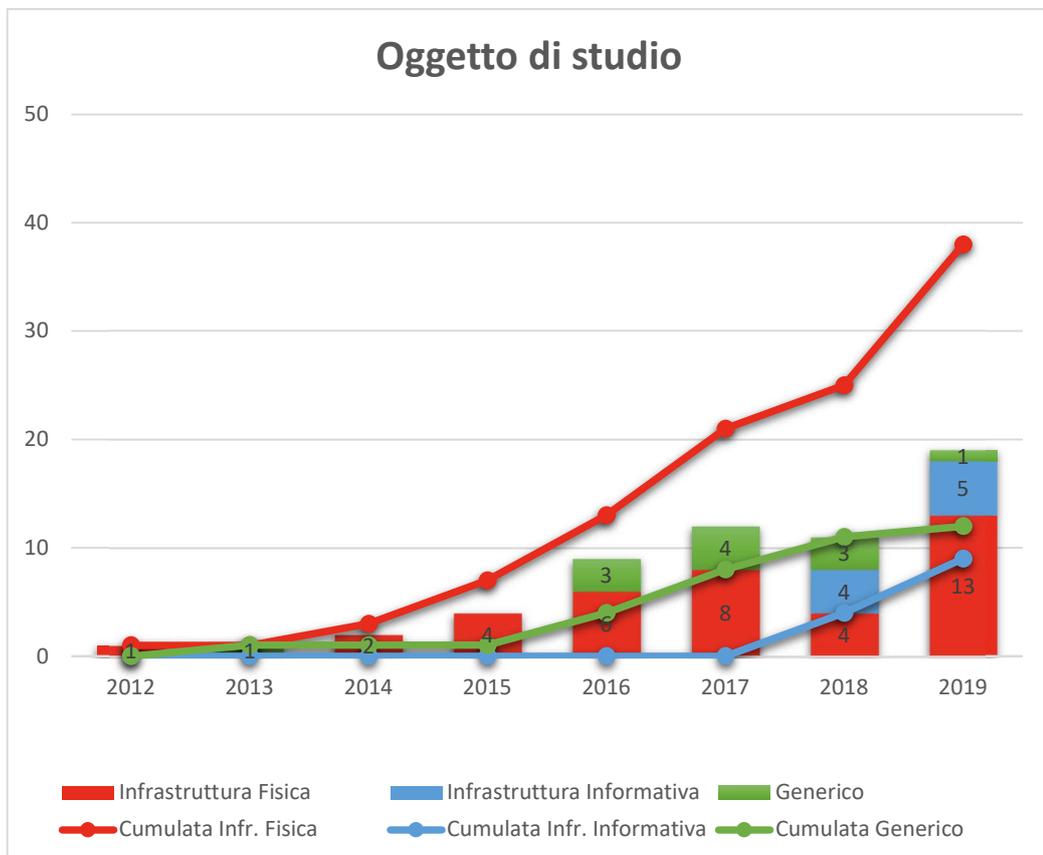


Figura 23 - Evoluzione cronologica del numero di articoli in base all'oggetto di studio e relative rette cumulate

Per quanto riguarda invece l'evoluzione dell'oggetto di studio dei papers analizzati, la Figura 23 ci permette di averne una panoramica.

Si può notare il tardo sviluppo di tematiche legate ad *infrastrutture informative*, che quindi rappresentano solamente il 15% degli oggetti di studio e fino ad oggi non sembrano essere state la maggior fonte di attrazione scientifica. Discorso contrario meritano invece le tematiche che hanno come oggetto di studio *infrastrutture fisiche*, con una cumulata totale di 38 articoli a fine 2019, in costante crescita nel corso degli anni, ad eccezione del 2018, e con un massimo annuale di 13 articoli nel 2019.

Il numero di articoli con oggetto di studio generico ha visto una prima fase di crescita che culmina nel 2017 con 4 articoli, mentre negli ultimi due anni è risultato essere in decrescita.

L'analisi cronologica degli articoli si conclude con lo studio dell'evoluzione degli attori primari e dei metodi scientifici di studio negli anni. La Figura 24 mostra come *gestori di hub*, *shippers* e *provider logistici* rappresentino attori costantemente coinvolti e fatti oggetto di studio negli ultimi cinque anni.

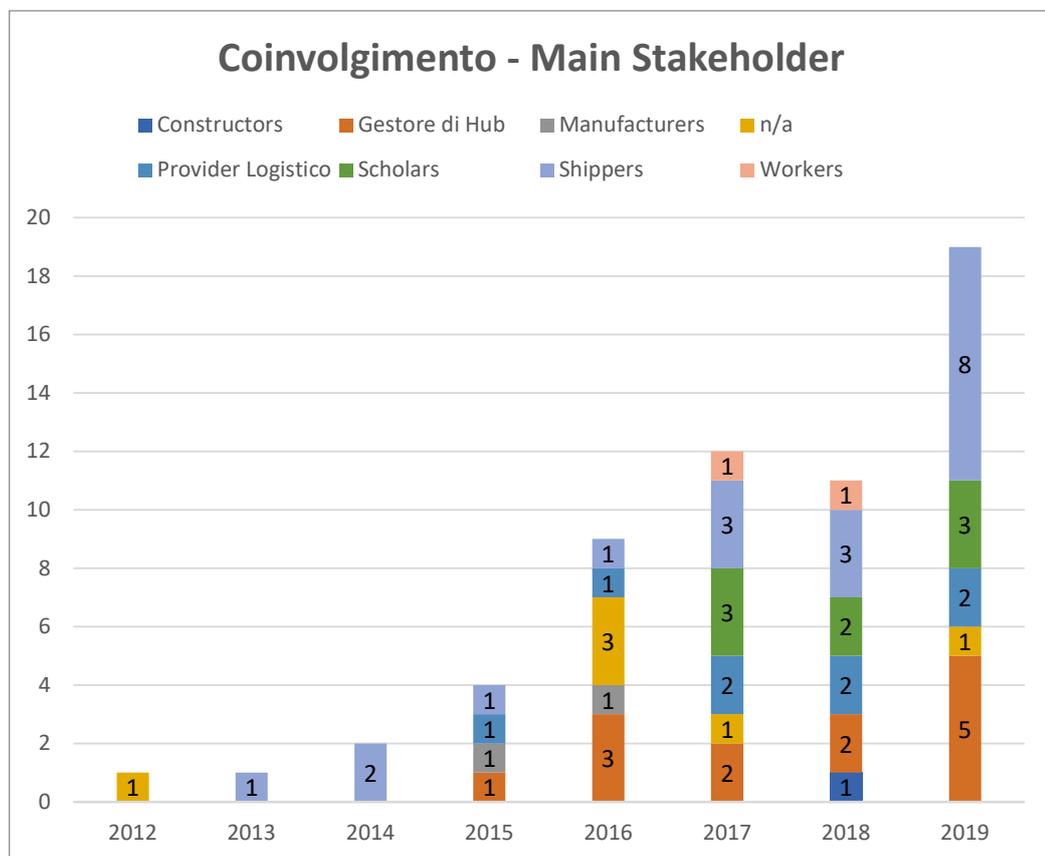


Figura 24 - Coinvolgimento main stakeholder per anno

Graficamente evidente risulta l'anno 2019 come il momento di massimo coinvolgimento di *shippers* e *gestori di hub*, che insieme rappresentano il 68,4% dei main stakeholder coinvolti.

La divisione per anno permette inoltre di identificare dei piccoli cluster a livello temporale:

- I *constructors* appaiono come attori primari due volte e solamente negli anni 2015 e 2016;
- Gli *scholars* hanno iniziato a comparire come main stakeholder nel 2017 e sono rimasti costanti nei due anni successivi;
- I *workers* appaiono come attori primari due volte e solamente negli anni 2017 e 2018.

Passando invece all'osservazione della suddivisione dei metodi di studio nel corso degli anni, in Figura 25 si può notare un utilizzo variegato di tutti i metodi. Solo nel 2016 e nel 2019 appare molto evidente una forte preferenza per la scelta di metodi di *ottimizzazione*.

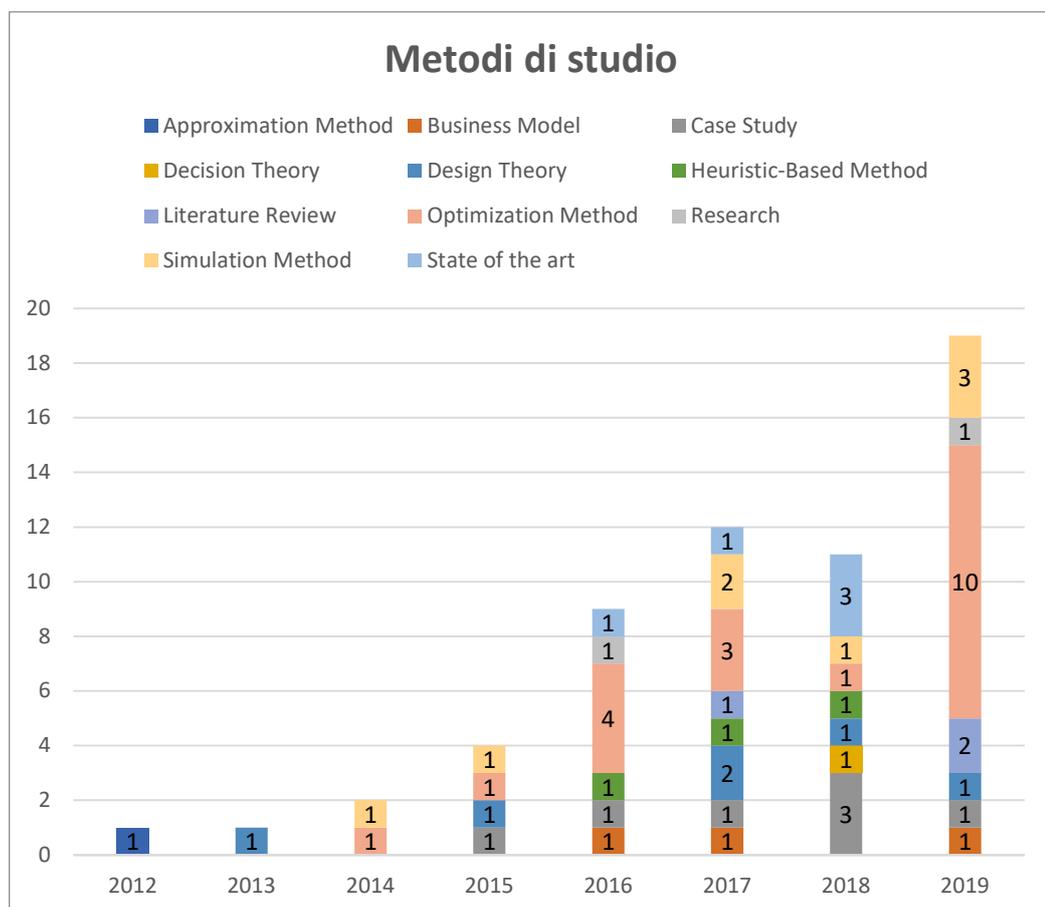


Figura 25 - Metodi di studio per anno

Osservando con un maggior grado di attenzione, si è andati anche in questo grafico a riscontrare dei cluster temporali in base alla metodologia di studio. Nello specifico, mentre i metodi di tipo matematico sembrano essere sempre presenti negli anni, quelli più descrittivi e research-based come *literature review*, *state of the art* e *research* hanno iniziato ad essere utilizzati nella seconda metà del periodo di analisi.

## 5. Discussioni

### 5.1. Main topics e interpretazioni

Sulla base dell'analisi svolta e dei risultati presentati nel capitolo precedente, si riportano quelle che risultano essere le principali interpretazioni sulle tematiche affioranti dagli articoli analizzati, nell'ottica di comprendere come ad oggi venga visto ed approcciato dalla bibliografia scientifica il *Physical Internet*.

I risultati mostrati forniscono uno snapshot chiaro ed immediato di come le caratteristiche con cui sono stati classificati gli articoli si presentino ad oggi, di come si siano evolute nel corso degli anni, lasciando intuire quali siano state le preferenze degli accademici per ogni coppia (o terna) di elementi caratterizzanti. Il *PI* dunque, per quanto tema di straordinaria importanza e impatto nel futuro nostro e nelle realtà aziendali, viene maggiormente studiato dalla bibliografia di questi anni, più come uno strumento, un mezzo, rispetto che ad un fine a cui tendere. La carenza di studi riguardanti soluzioni e/o ricerca in ambito informativo è segnale di come gli accademici si siano sempre focalizzati nel dimostrare la presenza di vantaggi nell'adottare soluzioni tecnicamente *PI-enabled* e la loro conseguente fattibilità, prima di occuparsi di soluzioni che guidino una possibile applicazione informativa. Per quanto, inoltre, ci sia anche una discreta percentuale di articoli che lo applica ad un livello strategico, il *Physical Internet* si occupa a tutti gli effetti di quelle attività e decisioni che sottostanno alle decisioni di indirizzo, operandosi per trovare la metodologia e gli strumenti migliori per raggiungere gli obiettivi fissati a livello corporate: è quindi al livello intermedio che, per quanto emerge dagli articoli, opera principalmente il *PI*.

Ci si è però interrogati su quale potesse essere il metodo migliore per riuscire a guidare il processo di interpretazione complessiva e di definizione delle conclusioni dell'analisi, sorpassando la misurazione delle singole caratteristiche. La creazione di una matrice di correlazione tra le variabili in analisi è stato il primo mezzo con cui si è riusciti a generalizzare il comportamento degli accademici nello studio del *Physical Internet*.

## Percorso della ricerca

La matrice di correlazione che si riporta in Appendice (Matrici – Allegato C) è il risultato ottenuto dagli step descritti nel capitolo di Metodologia e la successiva applicazione della formattazione condizionale su Microsoft Excel, con l'intento di visualizzare in maniera rapida i gradi di correlazione tra le variabili. Fatte salve le osservazioni sulla completa non correlazione (-1) tra le coppie di variabili mutuamente esclusive tra loro, Qualitativa-Quantitativa e Predittivo-Descrittivo, la matrice permette di comprendere come i differenti elementi si siano “mossi” più o meno insieme all'interno degli studi effettuati.

Per quanto intuitivo, è interessante notare che andando a osservare la possibile correlazione tra il livello di applicazione e la metodologia di studio utilizzata negli articoli, questa risulti essere positiva tra livello *strategico* e metodologia *qualitativa* e tra livello *tattico* e metodologia *quantitativa*. Non solo, la correlazione positiva tra le due coppie è anche molto simile in valore, 0,668 la prima e 0,614 la seconda. Per questa ragione e data la mutua esclusività tra metodologia *qualitativa* e *quantitativa*, livello *tattico* e livello *strategico* hanno una correlazione negativa di -0,709.

Procedendo con la matrice, si allarga l'orizzonte della correlazione tra fattori aggiungendo le variabili *predittivo* e *descrittivo*, che dimostrano di adattarsi bene alla ramificazione individuata nel paragrafo precedente. Entrambe presentano una correlazione quasi perfetta (0,963), rispettivamente con metodologia *quantitativa* e *qualitativa*, ed elevata (0,600 e 0,620) con livello *tattico* e *strategico*. Appariva intuitivo infatti pensare che le decisioni strategiche, proprio per il fatto di agire a lungo termine e di essere decisioni più di indirizzo, necessitino uno studio che utilizza dati più generali per comprendere le motivazioni, i pareri, le tendenze che si nascondono dietro ai dati più numerici della ricerca quantitativa, che invece ben si sposa con un'applicazione come quella tattica, che necessita di sperimentazioni e applicazioni testate al fine di essere sostenibili e ripetibili. Nonostante questa associazione di caratteristiche fosse facilmente prevedibile, una delle conferme di questa Tesi è che finora in ambito scientifico il tipo di approccio ad una problematica è fortemente correlato dal contesto aziendale (strategico o tattico) in cui ci si trova ad operare, e che da questo dipenda il tipo di modello con cui si andrà a strutturare l'analisi.

Il fatto che il livello *operativo*, invece, riporti gradi di correlazione prossimi allo 0 o di poco negativi con tutte le caratteristiche appena citate, testimonia il fatto che, probabilmente non essendo ancora stato oggetto di sufficienti studi, non sia indirizzato verso un particolare approccio scientifico e/o non sia legato in letteratura ai livelli che gli sono superiori nella piramide di Anthony.

Se si osserva la matrice di correlazione, si noter  che la colorazione delle celle sotto le ultime tre colonne appare meno intensa, in blocco, rispetto ai gruppi cromaticamente meglio distinguibili nella parte di sinistra. Si nota che l'elemento livello *operativo* presenti il pi  alto grado di correlazione con l'elemento *infrastruttura informativa*, e che lo stesso valga viceversa, nonostante questa non appaia molto elevata (0,378). A sua volta l'*infrastruttura fisica* mostra una elevata correlazione con il branch *quantitativo-tattico-predittivo* mentre l'oggetto di studio *generico* con il branch *qualitativo-strategico-descrittivo*, seppur con misure leggermente inferiori.

Si pu  quindi affermare che queste ultime caratteristiche sembrano delineare e mettere a fuoco questa suddivisione in tre sentieri di visione e di applicazione differenti, a conferma che a guidare il processo decisionale e di processo in fase di studio sia il livello gerarchico aziendale a cui il problema fa riferimento.

## Keywords

Per completezza di indagine della Tesi, si riporta in Appendice la matrice di correlazione (Matrici – Allegato D) tra le keywords a cui fare riferimento per interagire pi  facilmente con quanto segue.

La matrice di correlazione   stata ottenuta con la stessa procedura con cui si   ottenuta quella descritta nel paragrafo precedente, ma occorre precisare che le interpretazioni da attribuire ad entrambe sono differenti. Mentre quella di cui si   gi  discusso permette di misurare quanto le variabili siano effettivamente correlate tra di loro, quest'ultima invece, data la metodologia con cui   stata compilata la Tabella, ci permette di dare un'interpretazione su quanto le differenti coppie di keywords si presentino insieme all'interno dei paper e valutare anche quanto la selezione delle keywords sia stata accurata.

Partendo dall'angolo in alto a sinistra si pu  notare il cluster che presenta le maggiori correlazioni tra alcuni dei termini *PI-based*, ed include le keywords *PI-*

*Container, PI-Hub, PI-Node e PI-Mover*, indice del fatto che spesso questi termini vengono riportati insieme all'interno degli articoli.

Spostandoci in basso nella matrice, si nota come ci sia un livello medio di correlazione positiva, seppur non molto elevata, delle keywords *Hyperconnected City Logistics, Interconnected Logistics, Interconnected City Logistics, Smart Container, Modulushca e Modular Container* con il cluster dei termini *PI-based* descritto nel precedente paragrafo.

Questo ci permette di evidenziare prima di tutto come il termine *Hyperconnected Logistics* si distacchi completamente dalle altre keywords, incluse quelle *Hyper-based*, assumendo i valori più negativi di correlazione e offre lo spunto per constatare che probabilmente la selezione della keyword in questione non è stata corretta. Non si può tuttavia affermare con certezza dato il diverso grado di correlazione positiva media degli altri due termini *Hyper-based*, soprattutto per la keyword *Hyperconnected City Logistics*, con i restanti. Ci si potrebbe pertanto interrogare sulla correttezza di inclusione di entrambi i termini *Hyperconnected Logistics e Hyperconnected City Logistics*, data la loro somiglianza e date le diverse ricorrenze emerse nei papers.

Allo stesso modo però notiamo una situazione diversa tra i due termini successivi che al prefisso *Hyper-* sostituiscono quello *Inter-*. Questi due, al contrario, sembrano avere correlazioni quantomeno simili con gli altri termini della matrice, non presentando un comportamento opposto tra i due casi, come accade per gli *Hyper-based*.

Occorrerebbe quindi valutare le differenze sostanziali tra i concetti di *Hyper-connection e Inter-connection* per meglio comprendere questa possibile differenza lessicale e di comportamento in relazione al tema del *Physical Internet*.

In ultimo si evidenzia il buon grado di correlazione positiva che il termine *Modular Container* con il cluster di termini *PI-based* e, intra-cluster, con i termini *Modulushca e Smart Container*.

Da quanto presentato si può quindi evincere che nella maggior parte dei casi la selezione di inclusione delle parole chiave è stata effettuata coerentemente a livello di cluster di keywords e che grazie alla compilazione della Tabella si è potuto valutare i gradi, più o meno positivi, di correlazione tra i cluster.

## Stakeholders

Infine, giunti a questo punto, un diverso punto di vista emerge ancora da un altro incrocio di dati, permettendo di estendere ulteriormente il ventaglio di analisi e la comprensione del lettore. Questo non è stato riportato nel capitolo dei risultati poiché si è preferito far leva su di esso congiuntamente ad una discussione di contesto e di conclusioni più approfondita di quella di semplice osservazione dei risultati numerici. In maniera del tutto diversa da una matrice di correlazione, poiché questa volta i diversi elementi di interesse caratterizzavano il contenuto delle celle della Tabella e non l'intestazione di colonna, si è andati ad incrociare i main stakeholder con i vari metodi di studio attraverso un grafico a barre.

Il grafico in Appendice (Grafici – Allegato E) dimostra in maniera molto chiara come spesso l'attore primario sia associato a più metodi. Questa evidenza deve far riflettere su come in generale la produzione scientifica abbia cercato spesso di spaziare da un metodo ad un altro, per molti degli attori principali, al fine di coprire ambiti e approcci ancora non approfonditi in maniera importante.

L'altro punto di vista su cui è più ovvio trovare degli spunti di riflessione è quello che mette in mostra come, nonostante questa varietà di scelta, siano comunque presenti dei picchi di metodo di studio per particolari stakeholder. Non sorprende che questi siano in concomitanza con i metodi di *ottimizzazione* e con gli attori che più abbiamo visto essere punti chiave a livello *tattico*, come i *gestori di hub*, gli *shippers* e i *provider logistici*. Unendo questo aspetto con quanto emerso nei risultati circa l'elevato coinvolgimento di queste figure, appare evidente come un tema complesso, e in parte astratto, come il *Physical Internet* venga analizzato e utilizzato finora con l'obiettivo di ottimizzare e studiare la fattibilità delle soluzioni di quelli che risultano essere i limiti fisici, geografici e gestionali, che si possono riscontrare nelle funzioni industriali più rilevanti.

Questo grafico è forse indice del percorso che farà la scienza nello studio di queste tematiche, ma può anche essere vista come simbolo della ricerca delle soluzioni ai problemi più evidenti al giorno d'oggi: non è da scartare la possibilità che, superati certi tipi di barriera, le modalità di ricerca possano cambiare drasticamente sia in modalità che in tematiche.

## 5.2. Research gaps e sviluppi futuri

Avendo analizzato la quasi totalità degli articoli scientifici che trattano il *Physical Internet* o argomenti *PI-related*, si è notato che un tema non trattato ed approfondito abbastanza quanto l'importanza che lo contraddistingue è l'identificazione e la ricerca di uno o più protocolli standard che definiscano dei criteri universali e delimitino gli ambiti in cui operare e come operare, concetto che come già detto emerge anche tra gli obiettivi 2030 – 2040 del D2.1 *Roadmap to Physical Internet*, elaborato dal SENSE Project.

Facendo una breve riflessione sulla nascita e l'avvento di Internet (non quello "fisico", ma quello che ormai quotidianamente ci permette di comunicare ovunque e con chiunque nel mondo), non soffermandoci sugli aspetti che lo caratterizzano, ma guardando il contesto in cui è emerso, si nota una differenza sostanziale con il contesto in cui opera la logistica di oggi. Senza addentrarci nelle caratteristiche tecniche che l'hanno reso possibile, l'Internet inteso come mezzo di comunicazione tra parti più o meno lontane, ma fisicamente non collegate, si è inserito in un ambito in cui non esistevano soluzioni alternative altrettanto potenti ed altrettanto valide, da scoraggiarne o allontanarne nel tempo l'evoluzione e l'adozione massiva. La più grande delle barriere è stata pertanto il limite tecnologico che di anno in anno dettava i modi e i tempi con cui i computer potessero scambiarsi le informazioni.

Questo aspetto ha reso molto facile l'introduzione e l'adozione fin dall'inizio di suite di protocolli standard, alcuni *de facto* e altri *de iure*, tramite i quali vengono dettate le modalità di funzionamento della rete Internet e del conseguente interscambio di informazioni tramite essa.

Parallelamente all'Internet digitale, anche l'accesso e la movimentazione di merce attraverso la rete di trasporto fisica sono facilitati da diversi protocolli globali per la spedizione. Ciò non riguarda solo i termini dei servizi forniti dai vettori ma anche gli standard per i materiali e i servizi, come ad esempio l'adozione del TEU, unità equivalente a venti feet (acronimo di twenty-foot equivalent unit), cioè la misura standard di volume nel trasporto dei container ISO, che corrisponde a circa 38 metri cubi d'ingombro totale. Ma non solo, i protocolli riguardano anche le

norme per l'accesso come il Regolamento delle ore del conducente o le licenze operative, e lo scambio di informazioni (obblighi di documentazione)<sup>28</sup>.

Tuttavia, al fine di rispondere alla crescente domanda di livelli più elevati di efficienza nella gestione della catena di approvvigionamento e di trasporto, tutta questa serie di protocolli indipendenti e “fini a sé stessi” dovrà essere rivalutata, poiché sarà richiesta una maggiore standardizzazione ed unificazione dei processi di cross docking, di trasbordo, di movimentazione capillare e di integrazione, comunicazione e cooperazione di sistemi fisici ed informativi diversi.

Non solo, sarà necessario estendere il più possibile la collaborazione tra i fornitori di servizi logistici, attraverso le stesse reti che al momento non concedono visibilità di alcun tipo ad operatori terzi. Questa collaborazione - attraverso accordi di governance, standard operativi, contratti di gestione o altro - è necessaria per consentire l'implementazione connessa della tecnologia di rete per gli utenti di tutto il mondo. È dunque prioritario supportare lo sviluppo di proposte di servizi logistici collaborativi (dal trasporto agli operatori della catena di fornitura) che si basano sulla flessibilità a livello di spedizione, ma anche supportare lo sviluppo di software collaborativi e l'infrastruttura ICT condivisa.

Man mano che l'attuale metodo di spedizione si trasformerà gradualmente in *PI*, anche questi protocolli si evolveranno. È necessario superare l'attuale rigidità, complessità e frammentazione dei processi, delle procedure e del flusso di informazioni relative alle operazioni di snodo delle merci se si vuole conseguire gli obiettivi che fissa il *Physical Internet*.

È necessario dunque che anche per il *PI* si crei un insieme *stratificato*<sup>29</sup> di protocolli standard, operativi e di comunicazione, che si concentrino sui quattro punti presentati nel paragrafo 2.3.3., che il SENSE identifica come prioritari e sui quali concordiamo: Sicurezza, Efficienza, Estensibilità e Flussi di informazione e finanziari.

I protocolli che devono essere impiegati dal Sistema di reti logistiche nel *Physical Internet* dovrebbero anche riflettere la natura minimalista dei protocolli impiegati nell'Internet digitale. Mentre i protocolli del *Digital Internet* sono diventati più

---

<sup>28</sup> SENSE project – D2.1 Roadmap to the Physical Internet

<sup>29</sup> SENSE project – D2.1 Roadmap to the Physical Internet

complessi nel corso degli anni, il *PI* dovrebbe tentare di iniziare come il *DI* con una struttura di protocollo estremamente semplice e consentire alle circostanze di guidare la modifica di questi processi di controllo originari.

Come punto di partenza, i protocolli per il *Physical Internet* dovrebbero controllare come i nodi inoltrano le spedizioni in avanti, come vengono raccolti i costi, come devono essere gestiti gli errori e le eccezioni, come mantenere il controllo end-to-end, come nodo-nodo il controllo deve essere mantenuto, come deve essere gestita la congestione, come devono essere gestiti i diversi livelli fisici e come gli utenti possono accedere ai dati riguardanti ciascuna di queste attività<sup>30</sup>.

Non si dimentichi però che, diversamente da quanto accaduto con l'avvento dell'Internet digitale, il mondo logistico di oggi è molto vincolato dagli interessi economici di chi già opera nel settore e non vede come questi cambiamenti possano essere profittevoli per i business già operanti.

Relativamente a questo aspetto, la letteratura non ha ancora approfondito in maniera consistente come debba o possa avvenire il passaggio ad un business model che sia in grado di perseguire gli obiettivi e rispettare gli ambiti in cui opera il *Physical Internet*, dato l'alto tasso di disruption che esso comporta con la concezione logistica attuale. Sarebbe opportuno che non si verificasse solo in ambito scientifico la fattibilità delle soluzioni tecniche e la sostenibilità economica del cambiamento, ma che si delineassero inoltre delle linee guida a livello di policy con l'intento di creare il giusto sistema di incentivi e benefici che favoriscano la transizione di massa.

---

<sup>30</sup> *SENSE project – D2.1 Roadmap to the Physical Internet*

## 6. Conclusioni

Come abbiamo osservato, in un'ottica di risposta alle necessità della logistica, risulta evidente la necessità sempre più impellente di analizzare e conoscere il *Physical Internet*, utilizzando la letteratura ad oggi presente, per poter ipotizzare e individuare gli sviluppi futuri di questa tematica.

Abbiamo notato innanzitutto come il tema, partendo dal 2012, sia cresciuto esponenzialmente negli anni, affermandosi oggi come oggetto di studio sempre più rilevante nel panorama della letteratura scientifica, osservandone i cambiamenti e le evoluzioni ragguardevoli compiute, come, ad esempio, un'apertura verso l'utilizzo del *Physical Internet* al di fuori del semplice mondo infrastrutturale fisico, come mondo dei flussi informativi e dei data.

Ciò che però più di tutto emerge da questo lavoro di Tesi è la necessità per il *Physical Internet* di dotarsi di una serie di strumenti imprescindibili per il suo sviluppo. Innanzitutto, di un sistema di protocolli standard e inizialmente minimalisti. Ma non solo, se si vuole conseguire gli obiettivi che fissa il *Physical Internet*, sarà necessario estendere il più possibile la collaborazione tra i fornitori di servizi logistici, necessaria per consentire l'implementazione connessa della tecnologia di rete per gli utenti di tutto il mondo.

Concludiamo sostenendo che di sicuro il tema del *Physical Internet* offre ampio spazio di analisi, tutti allo stesso modo interessanti. Quelli descritti in questa Tesi sono solo alcuni degli innumerevoli spunti che la lettura e l'analisi di questi articoli propongono.

Per ciò che riguarda gli sviluppi futuri del *Physical Internet*, in questo elaborato ne sono state proposte due interpretazioni, di sicuro non esaustive, ma che in qualche maniera rappresentano quelle che sono state le tematiche percepite maggiormente come mancanti durante la lettura degli articoli scientifici, e che si pensa dovranno invece diventare parte del *fil rouge* che unisce la ricerca.

## 7. Bibliografia

Brandimarte P., Zotteri G., *Introduction to Distribution Logistics*, ed. 2007, Hoboken, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2007

Cervera Paz A., Lopez-Molina L., Rodriguez Cornejo V. M., “*Shifting foundations in logistics: the Physical Internet*”, in *Revista Dyna*, p. 1-8, 2018.

EEA Report No 10/2019, Air quality in Europe 2019

G. Vignati, *Manuale di Logistica*, ed. 2002, Hoepli

*Roadmap to the Physical Internet*, D2.1 SENSE project, 9<sup>th</sup> February 2020

V. Torrieri, *Tecnica ed Economia dei Trasporti. Manuale introduttivo all'ingegneria dei trasporti*, Napoli-Roma, Edizioni Scientifiche Italiane, 2007

## 8. Sitografia

<https://cscmp.org/>

<https://www.logisticaefficiente.it>

<https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-transport/logistics/iconet>

<https://trimis.ec.europa.eu/project/accelerating-path-towards-physical-internet>

<https://www.etp-logistics.eu>

<https://cordis.europa.eu/project/id/314468/reporting>

<https://support.office.com/>

<https://www.anylogic.com/features/>

## Ringraziamenti

Vorrei dedicare questo spazio a chi ha contribuito alla realizzazione di questo elaborato.

Ringrazio il Dott. Giovanni Zenezini, per aver stimolato l'interesse nei confronti di un tema, quello del Physical Internet, a me sconosciuto, e avermi concesso la possibilità di dare il mio personale contributo alla ricerca con curiosità e originalità.

Ringrazio di cuore i miei genitori, per avermi dato la possibilità di diventare la persona che sono oggi e per essermi sempre stati accanto. Grazie per esserci oggi a guardarmi tagliare questo traguardo, che vi dedico.

Grazie ai miei zii e al resto della mia famiglia, per avermi sostenuto e aver creduto in me in ogni momento.

Ringrazio Delia, per avermi aiutato dandomi i migliori suggerimenti nella realizzazione di questa Tesi. Grazie soprattutto per esserci stata nei momenti difficili, non importa quanto lontano, e per essere splendida colonna della mia quotidianità.

Ringrazio gli amici di una vita e quelli più recenti conosciuti sui banchi del Politecnico.

Infine, ringrazio me stesso per il percorso effettuato e per quello che passo dopo passo sto costruendo con impegno e sacrificio, nella speranza di poterne raccogliere i migliori frutti.

## 9. Appendice

Di seguito si riporta l'elenco degli articoli risultato della ricerca bibliografica e le tabelle e i grafici utilizzati per costruire le discussioni del capitolo 5.

### 9.1. Literature review – articoli in analisi

1. "The physical internet", 2006, *Economist*, vol. 379, no. 8482, pp. 3-4.
2. Adamczak, M., Hadaś, Ł., Stachowiak, A., Domański, R. & Cyplik, P. 2019, Characteristics of resources as a determinant of implementation of the physical internet concept in supply chains.
3. Ambra, T., Caris, A. & Macharis, C. 2019, "Towards freight transport system unification: reviewing and combining the advancements in the physical internet and synchromodal transport research", *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 6, pp. 1606-1623.
4. Arnas, P.O., Holmstrom, J. & Kalantari, J. 2013, "In-transit services and hybrid shipment control: The use of smart goods in transportation networks", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 36, pp. 231-244.
5. Bányai, T. 2018, "Real-time decision making in first mile and last mile logistics: How smart scheduling affects energy efficiency of hyperconnected supply chain solutions", *Energies*, vol. 11, no. 7
6. Barthélemy, M. & Flammini, A. 2006, "Optimal traffic networks", *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, no. 7.
7. Ben Mohamed, I., Klibi, W., Labarthe, O., Deschamps, J.-. & Babai, M.Z. 2017, "Modelling and solution approaches for the interconnected city logistics", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2664-2684.
8. Betti, Q., Khoury, R., Halle, S. & Montreuil, B. 2019, "Improving Hyperconnected Logistics with Blockchains and Smart Contracts", *IT Professional*, vol. 21, no. 4, pp. 25-32.
9. Bordel, B., Alcarria, R., de Rivera, D.S. & Robles, T. 2018, "Process execution in Cyber-Physical Systems using cloud and Cyber-Physical Internet services", *Journal of Supercomputing*, vol. 74, no. 8, pp. 4127-4169.

10. Cervera-Paz, Á., López-Molina, L. & María Rodríguez-Cornejo, V. 2018, "Removing the pillars of logistics: The physical internet", *Dyna (Spain)*, vol. 93, no. 4, pp. 370-374.
11. Chargui, T., Bekrar, A., Reghioui, M. & Trentesaux, D. 2019, "Multi-objective sustainable truck scheduling in a rail-road physical internet cross-docking hub considering energy consumption", *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 11.
12. Chargui, T., Bekrar, A., Reghioui, M. & Trentesaux, D. 2019, "Proposal of a multi-agent model for the sustainable truck scheduling and containers grouping problem in a Road-Rail physical internet hub", *International Journal of Production Research*.
13. Chen, C., Pan, S., Wang, Z. & Zhong, R.Y. 2017, "Using taxis to collect citywide E-commerce reverse flows: a crowdsourcing solution", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 7, pp. 1833-1844.
14. Chen, K., Xu, G., Xue, F., Zhong, R.Y., Liu, D. & Lu, W. 2018, "A Physical Internet-enabled Building Information Modelling System for prefabricated construction", *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, vol. 31, no. 4-5, pp. 349-361.
15. Darvish, M., Larrain, H. & Coelho, L.C. 2016, "A dynamic multi-plant lot-sizing and distribution problem", *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 22, pp. 6707-6717.
16. Deplano, I., Lersteau, C. & Nguyen, T.T. 2019, "A mixed-integer linear model for the multiple heterogeneous knapsack problem with realistic container loading constraints and bins' priority", *International Transactions in Operational Research*.
17. Fazili, M., Venkatadri, U., Cyrus, P. & Tajbakhsh, M. 2017, "Physical Internet, conventional and hybrid logistic systems: a routing optimisation-based comparison using the Eastern Canada road network case study", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2703-2730.
18. Furtado, P. & Frayret, J.-. 2015, "Proposal Sustainability Assessment of Resource Sharing in Intermodal Freight Transport with Agent-based Simulation", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 3, pp. 436-441.

19. Habibi, M.K.K., Allaoui, H. & Goncalves, G. 2018, "Collaborative hub location problem under cost uncertainty", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 124, pp. 393-410.
20. Hopkins, J. & Hawking, P. 2018, "Big Data Analytics and IoT in logistics: a case study", *International Journal of Logistics Management*, vol. 29, no. 2, pp. 575-591.
21. Hu, Z., Askin, R.G. & Hu, G. 2019, "Hub relay network design for daily driver routes", *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 19, pp. 6130-6145.
22. Ji, S.-., Peng, X.-. & Luo, R.-. 2019, "An integrated model for the production-inventory-distribution problem in the Physical Internet", *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 4, pp. 1000-1017.
23. Kaczmarek, S., Mosblech, C., Lier, S. & Ten Hompel, M. 2015, "Modularization and Automated Layout Planning of Intralogistics Equipment for Modular Container Plants in the Process Industry", *Chemie-Ingenieur-Technik*, vol. 87, no. 9, pp. 1246-1257.
24. Kant, K. & Pal, A. 2017, "Internet of Perishable Logistics", *IEEE Internet Computing*, vol. 21, no. 1, pp. 22-31.
25. Kong, X., Huang, G.Q., Luo, H. & Yen, B.P.C. 2018, "Physical-internet-enabled auction logistics in perishable supply chain trading: State-of-the-art and research opportunities", *Industrial Management and Data Systems*, vol. 118, no. 8, pp. 1671-1694.
26. Kong, X.T.R., Chen, J., Luo, H. & Huang, G.Q. 2016, "Scheduling at an auction logistics centre with physical internet", *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 9, pp. 2670-2690.
27. Krogsgaard, A., Pisinger, D. & Thorsen, J. 2018, "A flow-first route-next heuristic for liner shipping network design", *Networks*, vol. 72, no. 3, pp. 358-381.
28. Lafkihi, M., Pan, S. & Ballot, E. 2019, "Rule-based incentive mechanism design for a decentralised collaborative transport network", *International Journal of Production Research*.
29. Landschützer, C., Ehrentraut, F. & Jodin, D. 2015, "Containers for the Physical Internet: requirements and engineering design related to FMCG logistics", *Logistics Research*, vol. 8, no. 1.

30. Lemmens, N., Gijsbrechts, J. & Boute, R. 2019, "Sychromodality in the Physical Internet – dual sourcing and real-time switching between transport modes", *European Transport Research Review*, vol. 11, no. 1.
31. Lin, I.-. & Cheng, C.-. 2018, "Case study of physical internet for improving efficiency in solar cell industry", *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 9, no. 2, pp. 285-294.
32. Lin, Y.-., Meller, R.D., Ellis, K.P., Thomas, L.M. & Lombardi, B.J. 2014, "A decomposition-based approach for the selection of standardized modular containers", *International Journal of Production Research*, vol. 52, no. 15, pp. 4660-4672.
33. Lütjens, K., Radde, M., Liedtke, G., Maertens, S., Standfuß, T., Scheier, B. & Viergutz, K. 2018, "Innovations as part of the digitalisation of passenger transport system", *Wirtschaftsdienst*, vol. 98, no. 7, pp. 512-518.
34. Maslarić, M., Nikoličić, S. & Mirčetić, D. 2016, "Logistics Response to the Industry 4.0: The Physical Internet", *Open Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 511-517.
35. Meyer, T., Kuhn, M. & Hartmann, E. 2019, "Blockchain technology enabling the Physical Internet: A synergetic application framework", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 136, pp. 5-17.
36. Nouiri, M., Bekrar, A. & Trentesaux, D. 2019, "An energy-efficient scheduling and rescheduling method for production and logistics systems†", *International Journal of Production Research*.
37. Onal, S., Zhang, J. & Das, S. 2018, "Product flows and decision models in Internet fulfillment warehouses", *Production Planning and Control*, vol. 29, no. 10, pp. 791-801.
38. Osmólski, W., Voronina, R. & Koliński, A. 2019, "Verification of the possibilities of applying the principles of the physical internet in economic practice", *Logforum*, vol. 15, no. 1, pp. 7-17.
39. Pal, A. & Kant, K. 2019, "Internet of Perishable Logistics: Building Smart Fresh Food Supply Chain Networks", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 17675-17695.
40. Pan, S., Ballot, E., Huang, G.Q. & Montreuil, B. 2017, "Physical Internet and interconnected logistics services: research and applications", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2603-2609.

41. Pan, S., Nigrelli, M., Ballot, E., Sarraj, R. & Yang, Y. 2015, "Perspectives of inventory control models in the Physical Internet: A simulation study", *Computers and Industrial Engineering*, vol. 84, pp. 122-132.
42. Pan, S., Trentesaux, D., Ballot, E. & Huang, G.Q. 2019, "Horizontal collaborative transport: survey of solutions and practical implementation issues", *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 15-16, pp. 5340-5361.
43. Pan, S., Zhong, R.Y. & Qu, T. 2019, "Smart product-service systems in interoperable logistics: Design and implementation prospects", *Advanced Engineering Informatics*, vol. 42.
44. Pawlewski, P. 2015, "Asynchronous multimodal process approach to cross-docking hub optimization", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 28, no. 3, pp. 2127-2132.
45. Peng, X.-., Ji, S.-. & Ji, T.-. 2019, "Promoting sustainability of the integrated production-inventory-distribution system through the Physical Internet", *International Journal of Production Research*.
46. Puskás, E. & Bohács, G. 2019, "Concepting freight holding problems for platoons in physical internet systems", *Acta Logistica*, vol. 6, no. 1, pp. 19-27.
47. Qiao, B., Pan, S. & Ballot, E. 2019, "Dynamic pricing model for less-than-truckload carriers in the Physical Internet", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 30, no. 7, pp. 2631-2643.
48. Roch, Y.L., Ballot, E. & Perraudin, X. 2015, A new framework for the management of returnable "containers" within open supply networks.
49. Sallez, Y., Montreuil, B. & Ballot, E. 2015, On the activeness of physical internet containers.
50. Sallez, Y., Pan, S., Montreuil, B., Berger, T. & Ballot, E. 2016, "On the activeness of intelligent Physical Internet containers", *Computers in Industry*, vol. 81, pp. 96-104.
51. Sarraj, R., Ballot, E., Pan, S., Hakimi, D. & Montreuil, B. 2014, "Interconnected logistic networks and protocols: Simulation-based efficiency assessment", *International Journal of Production Research*, vol. 52, no. 11, pp. 3185-3208.

52. Sarraj, R., Ballot, E., Pan, S. & Montreuil, B. 2014, "Analogies between Internet network and logistics service networks: challenges involved in the interconnection", *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 25, no. 6, pp. 1207-1219.
53. Shao, X., Jibiki, M., Teranishi, Y. & Nishinaga, N. 2015, "Hierarchy-aware skip graph for sensing resource discoveries on large-scale sensor overlay networks", *Computer Communications*, vol. 70, pp. 15-27.
54. Sternberg, H. & Norrman, A. 2017, "The Physical Internet – review, analysis and future research agenda", *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol. 47, no. 8, pp. 736-762.
55. Sun, Y., Zhang, C., Dong, K. & Lang, M. 2018, "Multiagent Modelling and Simulation of a Physical Internet Enabled Rail-Road Intermodal Transport System", *Urban Rail Transit*, vol. 4, no. 3, pp. 141-154.
56. Tetouani, S., Chouar, A., Lmariouh, J., Soulhi, A. & Elalami, J. 2019, "A “Push-Pull” rearrangement while routing for a driverless delivery vehicle", *Cogent Engineering*, vol. 6, no. 1, pp. 1-14.
57. Tran-Dang, H. & Kim, D.-. 2018, "An Information Framework for Internet of Things Services in Physical Internet", *IEEE Access*, vol. 6, pp. 43967-43977.
58. Tran-Dang, H., Krommenacker, N. & Charpentier, P. 2017, "Containers monitoring through the Physical Internet: a spatial 3D model based on wireless sensor networks", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2650-2663.
59. Venkatadri, U., Krishna, K.S. & Ülkü, M.A. 2016, "On Physical Internet Logistics: Modeling the Impact of Consolidation on Transportation and Inventory Costs", *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 1517-1527.
60. Viger, F., Barrat, A., Dall'Asta, L., Zhang, C.-. & Kolaczyk, E.D. 2007, "What is the real size of a sampled network? the case of the Internet", *Physical Review E - Statistical, Nonlinear, and Soft Matter Physics*, vol. 75, no. 5.
61. Walha, F., Bekrar, A., Chaabane, S. & Loukil, T.M. 2016, "A rail-road PI-hub allocation problem: Active and reactive approaches", *Computers in Industry*, vol. 81, pp. 138-151.

62. Walha, F., Chaabane, S., Bekrar, A. & Loukil, T.M. 2015, A simulated annealing metaheuristic for a rail-road PI-Hub allocation problem.
63. Wang, J.-., Fan, G.-., Yan, F.-., Zhang, Y.-. & Sun, S.-. 2016, "Research on initiative scheduling mode for a physical internet-based manufacturing system", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 84, no. 1-4, pp. 47-58.
64. Yang, Y., Pan, S. & Ballot, E. 2017, "Freight Transportation Resilience Enabled by Physical Internet", *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 2278-2283.
65. Yang, Y., Pan, S. & Ballot, E. 2017, "Innovative vendor-managed inventory strategy exploiting interconnected logistics services in the Physical Internet", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2685-2702.
66. Yang, Y., Pan, S. & Ballot, E. 2017, "Mitigating supply chain disruptions through interconnected logistics services in the Physical Internet", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 14, pp. 3970-3983.
67. Yao, J. 2017, "Optimisation of one-stop delivery scheduling in online shopping based on the physical Internet", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 2, pp. 358-376.
68. Zhang, J., Onal, S. & Das, S. 2019, "The dynamic stocking location problem – Dispersing inventory in fulfillment warehouses with explosive storage", *International Journal of Production Economics*.
69. Zhang, Y., Liu, S., Liu, Y. & Li, R. 2016, "Smart box-enabled product–service system for cloud logistics", *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 22, pp. 6693-6706.
70. Zheng, L., Beem, P. & Bae, K.-G. 2019, "Assessment of the physical internet enabled urban logistics using agent-based simulation", *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 33, no. 4, pp. 441-466.
71. Zhong, R.Y., Xu, C., Chen, C. & Huang, G.Q. 2017, "Big Data Analytics for Physical Internet-based intelligent manufacturing shop floors", *International Journal of Production Research*, vol. 55, no. 9, pp. 2610-2621.

72. Zijm, H. & Klumpp, M. 2015, "Logistics and supply chain management: Developments and trends" in Logistics and Supply Chain Innovation: Bridging the Gap between Theory and Practice, pp. 1-20.
73. Zinn, W. & Goldsby, T.J. 2017, "In Search of Research Ideas? Call a Professional", Journal of Business Logistics, vol. 38, no. 1, pp. 4-5.

## 9.2. Tabelle

Allegato A

INFO		METODOLOGIA STUDIO			LIVELLO DI APPLICAZIONE			MODELLO OGGETTO DI STUDIO		OGGETTO DI STUDIO			Goal	Risultato
Articolo	Anno	Qualitativa	Quantitativa	Metodo	Strategico	Tattico	Operativo	Predittivo	Descrittivo	Infrastruttura Fisica	Infrastruttura Informativa	Generico		
1	2019	1		Literature Review	1				1			1	Esaminare lo stato dell'arte d	1. Identificazione di potenz
2	2013	1		Design Theory	2	1			1			1	How the incremental introdu	1. Achieve incremental eff
3	2018		1	Optimization Method		1		1		1			Describe a real-time schedul	1. Introduce a mathematical
4	2017		1	Heuristic-Based Method		1		1		1			Explore the operational urba	1. The obtained results ar
5	2019		1	Simulation Method		1	2	1			1		Provide tracking information	1. It has been illustrated t
6	2018	1		State of the art	1				1			1	Aim to give understanding ton/a	
7	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Optimizing operations occur	1. The obtained results sh
8	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Focus on the second section	1. An effective and reacti
9	2017		1	Business Model	2	1		1		1			Propose an innovative soluti	1. Three collection strateg
10	2018	1		Case Study		1	2		1		1		Seek to offer a solution by de	1. It is found that the PI-B
11	2016		1	Optimization Method		1		1		1			Satisfy the dynamic demand	1. Analyses indicate that t
12	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Propose a mixed-integer line	1. Model that solves the m
13	2017		1	Case Study		1		1		1			Compare the performance of	1. PI reduces driving dista
14	2018		1	Decision Theory		1		1		1			Focus on hub location proble	1. Three cases of collabor
15	2018	1		Case Study	2	1			1		1		Document the role and impa	1. Research provides an ir
16	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Determine the optimal hub a	1. A model for deciding hub
17	2019		1	Optimization Method	2	1		1		1			Quantify the advantages of P	1. Results of computation
18	2015	1		Case Study	2	1			1		1		Focus of some areas of the c	1. It can be seen that the
19	2017	1		Design Theory	1	2			1			1	Discuss the research challeng	1. Synergies between the
20	2018	1		State of the art	1				1			1	Investigating the existing situ	1. Robust and resilient log
21	2016		1	Heuristic-Based Method	2	1		1		1			Provide a first demonstratio	1. A timely operation sche
22	2018		1	Heuristic-Based Method		1		1		1			Reverse the approach by first	1. A new approach for sol
23	2019		1	Optimization Method		1		1			1		This paper considers an ince	1. A rule-based combinatori
24	2015	1		Design Theory	2	1			1	1			Describe the methodological	1. Model is proposed
25	2019		1	Simulation Method		1		1		1			How synchromodal transpor	1. It is demonstrated how
26	2018	1		Case Study			1		1		1		Present a case study of imple	1. The proposed platform can
27	2014		1	Optimization Method		1		1		1			Introduce a mathematical m	1. A decomposition-based
28	2016	1		State of the art	1				1			1	Aim to provide a balanced re	1. Both Industry 4.0 and t
29	2019	1		Case Study	1	2			1		1		The aim is to design a BC-ba	1. Blockchain based conce
30	2019		1	Optimization Method		1		1		1			The aim is to propose an ene	1. The results illustrate that
31	2018	1		State of the art		1			1	1			Document and present the p	1. Introducing new wareh
32	2019	1		Research	1				1			1	The aim is to present a conce	1. In spite of numerous an
33	2019		1	Simulation Method		1		1		1			Consider the distribution of p	1. It is proposed a layered
34	2017	1		State of the art	1				1			1	Evaluate Research and Appli	1. A
35	2015		1	Simulation Method		1		1		1			Define the new research que	1. Results obtained are en
36	2019	1		Literature Review	1				1	1			Provide a survey of the devel	1. Results show that, rega
37	2019	1		Business Model	1				1		1		Contribute to two main area	1. Results clearly indicat
38	2015		1	Optimization Method		1		1		1			Present the method which er	1. The article presents res
39	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Investigate the sustainability	1. A multi-objective mixed
40	2019	1		Design Theory	1	2			1		1		Aim to investigate how inter	1. connected, autonomous ve
41	2016		1	Business Model	1			1		1			Investigate a less-than-truck	1. An optimization model
42	2016		1	Case Study		1		1		1			Focus on the informational c	1. Propose the notion of P
43	2014		1	Simulation Method		1		1		1			Assess efficiency of an open	1. Demonstrated that the PI
44	2012		1	Approximation Method		1		1		1			Explore the possible analogie	1. Proposing a valid alternat
45	2017	1		Literature Review	1			1				1	Present a review of the existi	1. A growing number of str
46	2018		1	Simulation Method	2	1		1			1		Present an agent-based simu	1. A multiagent system is
47	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Combine the results of work	1. A new "Rearrangement
48	2018	1		Design Theory	2	1			1			1	1. Propose an information fra	1. A new paradigm for the
49	2017		1	Simulation Method		1		1		1			Propose a system to generat	1. A methodology is devel
50	2016		1	Optimization Method	2	1		1		1			Modeling the impact of cons	1. A cost-minimizing math
51	2016		1	Optimization Method		1		1		1			Allocation problem in the cor	1. Heuristic, metaheuristic
52	2016	1		Research	2	1			1			1	This study focuses on produc	1. The definition of the in
53	2017		1	Simulation Method	2	1		1		1			Investigate the resilience of P	1. PI can provide better ps
54	2017		1	Optimization Method	2	1		1		1			To propose an innovative ver	1. A non-linear, simulation
55	2017		1	Optimization Method	2	1		1		1			Investigate the resilience of H	1. A simulation-based opti
56	2017		1	Optimization Method	2	1		1		1			Present the problems of incr	1. A multiobjective deliver
57	2019		1	Optimization Method		1		1		1			Find solutions for the dynam	1. Results show the propos
58	2016		1	Optimization Method		1		1				1	Construct a Smart box-enabl	1. An innovative business
59	2017		1	Design Theory		2	1	1				1	Extend PI concept into manu	1. This study introduces a

# Allegato B

COINVOLGIMENTO		KEYWORDS															
Main Stakeholder	Secondary Stakeholder	PI	PI-enabled	PI-container	PI-hub	PI-node	PI-mover	(PI-JAS (Autonomous System))	(PI)-BGP	Hyperconnected distribution	Hyperconnected logistics	Hyperconnected city logistics	Interconnected logistics	Interconnected city logistics	Smart container/pallet/locker/box	Modulushca	Modular container
Scholars		1	1	1			1	1				1	1	1			1
Shippers		1															
Shippers											1						
Shippers	Gestore di Hub	1	1	1	1									1			1
Shippers	Gestore di Hub	1									1						
Scholars		1									1		1				1
Gestore di Hub		1		1	1	1	1						1				1
Gestore di Hub		1	1	1	1	1	1					1	1				1
Shippers	Pubblico/Final User	1															
Constructors		1	1														
Gestore di Hub	Provider logistico	1	1										1				
Provider Logistico		1		1												1	1
Shippers		1		1	1	1							1				1
Gestore di Hub		1															
Scholars		1															
Gestore di Hub	Drivers	1															
Gestore di Hub		1	1	1	1								1	1			
Manufacturers																	1
Scholars		1		1									1				
Provider Logistico		1	1												1		
Provider Logistico		1	1	1													
Shippers		1															
Shippers		1															
Shippers	Gestore di Hub	1	1	1	1								1			1	1
Shippers	Gestore di Hub	1		1													
Workers		1															
Shippers	Retailers	1		1													1
n/a		1		1	1	1	1						1		1	1	1
n/a		1		1			1	1								1	1
Gestore di Hub		1	1	1	1	1	1								1		1
Provider Logistico		1															
Scholars		1														1	
Shippers		1		1													
Scholars		1	1	1	1					1			1			1	1
Provider Logistico	Gestore di Hub	1	1	1	1										1		
Shippers	Scholars	1															
Scholars		1	1	1	1												1
Gestore di Hub		1		1													
Shippers	Retailers	1	1	1	1					1				1			
Shippers		1		1													
Shippers		1		1													
Gestore di Hub		1		1	1						1					1	
Shippers		1	1	1											1	1	1
n/a		1		1	1										1		1
Scholars		1	1	1	1								1			1	1
Shippers		1	1	1													1
Shippers		1			1												
Gestore di Hub		1		1	1	1	1								1	1	1
n/a		1		1	1	1									1		1
n/a		1		1	1	1							1				1
Gestore di Hub		1		1	1	1	1										
Manufacturers		1															
Gestore di Hub	Shippers	1	1	1	1								1				1
Provider logistico		1	1	1	1								1				
Gestore di Hub		1			1												
Provider logistico	Shippers	1		1									1				1
Provider logistico		1															
n/a		1		1											1		1
Workers		1	1												1		1

### 9.3. Matrici

Allegato C

	Qualitativa	Quantitativa	Strategico	Tattico	Operativo	Predittivo	Descrittivo	Infrastruttura Fisica	Infrastruttura Informativa	Generico
Qualitativa		-1,000000	0,668353	-0,614219	0,077810	-0,963307	0,963307	-0,630326	0,275344	0,503820
Quantitativa	-1,000000		-0,668353	0,614219	-0,077810	0,963307	-0,963307	0,630326	-0,275344	-0,503820
Strategico	0,668353	-0,668353		-0,709721	-0,228080	-0,620262	0,620262	-0,447683	0,098531	0,444505
Tattico	-0,614219	0,614219	-0,709721		-0,163804	0,600402	-0,600402	0,523697	-0,180250	-0,461929
Operativo	0,077810	-0,077810	-0,228080	-0,163804		-0,087962	0,087962	-0,347858	0,378334	0,075833
Predittivo	-0,963307	0,963307	-0,620262	0,600402	-0,087962		-1,000000	0,664175	-0,293694	-0,527693
Descrittivo	0,963307	-0,963307	0,620262	-0,600402	0,087962	-1,000000		-0,664175	0,293694	0,527693
Infrastruttura Fisica	-0,630326	0,630326	-0,447683	0,523697	-0,347858	0,664175	-0,664175		-0,570714	-0,679710
Infrastruttura Informativa	0,275344	-0,275344	0,098531	-0,180250	0,378334	-0,293694	0,293694	-0,570714		-0,214377
Generico	0,503820	-0,503820	0,444505	-0,461929	0,075833	-0,527693	0,527693	-0,679710	-0,214377	

# Allegato D

	Physical Internet	PI-enabled	PI-container	PI-hub	PI-node	PI-mover	(PI-)AS (Autonomous System)	(PI-)BGP	Hyperconnected distribution	Hyperconnected logistics	Hyperconnected city logistics	Interconnected logistics	Interconnected city logistics	Smart container	Modulushca	Modular container
Physical Internet		0,134141	0,234350	0,160623	0,084621	0,079472	0,024596	n/a	0,035088	-0,322037	0,043355	0,129099	0,050516	0,094650	0,084621	-0,022382
PI-enabled	0,134141		0,278731	0,255450	-0,037203	-0,005064	-0,094030	n/a	0,261574	-0,193122	0,323209	0,272750	0,376588	0,082923	0,058231	0,229809
PI-container	0,234350	0,278731		0,474415	0,361089	0,339116	0,104954	n/a	0,149724	-0,199156	0,185003	0,327757	0,215557	0,231208	0,268462	0,499486
PI-hub	0,160623	0,255450	0,474415		0,343990	0,303978	0,153128	n/a	0,218447	-0,094812	0,113790	0,363301	0,178061	0,163203	0,161148	0,275179
PI-node	0,084621	-0,037203	0,361089	0,343990		0,813503	-0,059318	n/a	-0,084621	-0,121829	0,306711	0,268744	0,057869	0,108427	0,157143	0,417953
PI-mover	0,079472	-0,005064	0,339116	0,303978	0,813503		-0,055709	n/a	-0,079472	0,073099	0,330964	0,111148	0,073099	0,254076	0,310920	0,288073
(PI-)AS (Autonomous System)	0,024596	-0,094030	0,104954	0,153128	-0,059318	-0,055709		n/a	-0,024596	-0,035411	-0,030392	-0,090497	-0,035411	0,259863	-0,059318	0,147930
(PI-)BGP	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a		n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Hyperconnected distribution	0,035088	0,261574	0,149724	0,218447	-0,084621	-0,079472	-0,024596	n/a		-0,050516	0,382974	0,071344	0,322037	-0,094650	0,165011	0,022382
Hyperconnected logistics	-0,322037	-0,193122	-0,199156	-0,094812	-0,121829	0,073099	-0,035411	n/a	-0,050516		-0,062419	-0,041575	-0,072727	0,031228	0,057869	-0,103576
Hyperconnected city logistics	0,043355	0,323209	0,185003	0,113790	0,306711	0,330964	-0,030392	n/a	0,382974	-0,062419		0,335830	0,244474	-0,116952	0,101075	0,260758
Interconnected logistics	0,129099	0,272750	0,327757	0,363301	0,268744	0,111148	-0,090497	n/a	0,071344	-0,041575	0,335830		0,102714	-0,077898	0,172062	0,338074
Interconnected city logistics	0,050516	0,376588	0,215557	0,178061	0,057869	0,073099	-0,035411	n/a	0,322037	-0,072727	0,244474	0,102714		-0,136267	-0,121829	0,032224
Smart container	0,094650	0,082923	0,231208	0,163203	0,108427	0,254076	0,259863	n/a	-0,094650	0,031228	-0,116952	-0,077898	-0,136267		0,220658	0,314819
Modulushca	0,084621	0,058231	0,268462	0,161148	0,157143	0,310920	-0,059318	n/a	0,165011	0,057869	0,101075	0,172062	-0,121829	0,220658		0,326960
Modular container	-0,022382	0,229809	0,499486	0,275179	0,417953	0,288073	0,147930	n/a	0,022382	-0,103576	0,260758	0,338074	0,032224	0,314819	0,326960	

#### 9.4. Grafici

