



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale – percorso Logistica

A.a. 2021/2022

Sessione di Laurea Marzo/Aprile 2022

**Analisi della letteratura sulle
applicazioni di tecnologie digitali in
Supply Chain: Blockchain e Cloud
Computing**

Relatori:

Cagliano Anna Corinna
Mahdavisarif Mahsa

Candidato:

Alessio Porello – matricola 278792

Introduzione

In un periodo caratterizzato da forti incertezze e da un repentino sviluppo tecnologico, le aziende si ritrovano a far fronte ad una maggiore complessità dei propri sistemi di gestione e ad una maggiore quantità di informazione derivata dalle attività di supply chain e dalle relazioni con gli altri soggetti coinvolti. Le tecnologie digitali innovative dell'Industria 4.0 possono essere impiegate in supply chain come strumento di supporto per rispondere efficacemente e in maniera rapida alle nuove esigenze di gestione delle informazioni e della relativa protezione. Il presente elaborato di tesi analizza la situazione attuale della ricerca scientifica nel campo delle applicazioni di tali tecnologie innovative all'interno delle supply chain di aziende nel settore *manufacturing*, con particolare interesse alle tecnologie riguardanti la gestione e la protezione delle informazioni, il Cloud Computing e la Blockchain. Attraverso una revisione sistematica della letteratura, lo studio mira a individuare in quali ambiti queste tecnologie possono essere adottate, quali sono i loro vantaggi e quali sono le criticità che nascono da una loro adozione, quali sono le problematiche presenti all'interno dei sistemi attuali che possono essere parzialmente risolte dall'impiego di queste tecnologie e quali possono essere le soluzioni che impiegano più tecnologie digitali, tra cui quelle oggetto di indagine, per lo sviluppo di sistemi informativi innovativi.

Nel capitolo 1 è presentata, nei primi due paragrafi, un'introduzione alle tematiche supply chain e industria 4.0; in seguito, nei due paragrafi successivi, è descritto il funzionamento e le caratteristiche principali del Cloud Computing e della Blockchain. Nel capitolo 2 è descritta in dettaglio la metodologia utilizzata all'interno di questo studio; successivamente, sono riportati i risultati del processo di ricerca e i risultati ottenuti dalle prime analisi degli articoli individuati, la loro distribuzione temporale e la valutazione della qualità delle riviste all'interno delle quali sono stati pubblicati gli articoli identificati. Nel capitolo seguente, sono invece riportati i risultati delle analisi bibliografiche di dettaglio: le classificazioni degli articoli, le relazioni tra le varie categorie di classificazione, le teorie utilizzate all'interno degli articoli individuati e le combinazioni tra le tecnologie digitali dell'industria 4.0; il capitolo si conclude con un paragrafo di riepilogo in cui sono riassunti tutti i risultati ottenuti. Infine, nel capitolo 4, si conclude l'elaborato evidenziando gli elementi di conoscenza originali, i limiti della ricerca, i research gaps individuati e i possibili spunti per nuove ricerche.

Tra i risultati principali raggiunti, si evidenzia che il numero di articoli relativi alle applicazioni Cloud in supply chain è molto limitato e le caratteristiche degli articoli, come ad esempio utilizzare la metodologia test d'ipotesi per verificare la correlazione della tecnologia con la profittabilità, rivelano che la letteratura relativa alle applicazioni Cloud in supply chain si trova ancora ad una fase iniziale di sviluppo. È richiesta maggiore ricerca a riguardo, in particolare è necessaria la discussione di casi di studio reali con dati empirici. Per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, invece, è stato ottenuto che la letteratura relativa ad una applicazione in supply chain si trova ad una fase più avanzata di sviluppo: sono stati trovati numerosi articoli con diversi approcci concernenti diverse tematiche, con particolare interesse alla tematica della sostenibilità, e i risultati ottenuti dalle analisi hanno confermato le ipotesi iniziali. Si evidenzia però il fatto che la presenza di discussioni di casi di studio reali con dati empirici e sviluppo di piattaforme software sono ancora in numero limitato, per cui si consiglia, in future ricerche, di adottare maggiormente queste tipologie di analisi.

1. Supply Chain e Industria 4.0

Questo primo capitolo introduttivo mira a contestualizzare l'argomento di tesi nei concetti di Supply Chain e Industria 4.0. In seguito, sono descritte le caratteristiche principali delle tecnologie digitali oggetto di indagine, individuandone i possibili vantaggi e criticità e una possibile applicazione nell'ambito supply chain.

1.1 Supply Chain e Supply Chain Management

Qualsiasi bene o servizio necessita di un processo di produzione o di erogazione più o meno articolato che coinvolge una moltitudine di soggetti che si occupano di compiere attività diverse a supporto del processo di produzione/erogazione come possono essere ad esempio i fornitori di materie prime, i trasportatori e i venditori al cliente finale. L'insieme di relazioni tra questi diversi soggetti, le risorse, le attività, i processi organizzativi costituisce la **supply chain** (in italiano, catena di approvvigionamento). Attraverso la *supply chain*, un'azienda è in grado di analizzare il processo di produzione di un bene dall'istante in cui vengono estratte o generate le materie prime fino alla consegna al consumatore finale [1]. Il **Supply Chain Management** è una funzione aziendale molto importante che si occupa della gestione dei flussi di materiali, flussi informativi e flussi finanziari che nascono dalle relazioni tra i vari soggetti coinvolti all'interno della supply chain e del relativo coordinamento, affinché la produzione e la distribuzione del bene o servizio possano rispettare gli obiettivi concordati. Il Supply Chain Management è dunque un concetto che estende il precedente concetto di logistica, in quanto la logistica ha a che fare esclusivamente con i flussi di materiali, mentre il SCM comprende molte altre attività [2]. L'obiettivo cardine del Supply Chain Management è fare in modo che venga consegnato il prodotto giusto, al cliente giusto, alle condizioni concordate e al minor costo possibile [1].

Aspetto molto importante del Supply Chain Management è l'**integrazione**: infatti, tutti i soggetti coinvolti agiscono in maniera coordinata in un coeso modello di business, per raggiungere gli obiettivi strategici globali. Affinché la gestione integrata possa essere efficace, è di importanza fondamentale la collaborazione e la cooperazione fra tutti gli attori [2]; per questo motivo, un'accurata gestione dei flussi informativi è molto importante, ancor più dei flussi di materiali, per consentire un adeguato livello di fiducia tra i vari soggetti della catena e permettere una collaborazione più efficace. La gestione integrata della supply chain comporta numerosi vantaggi: da un lato, la gestione unitaria e la fissazione di obiettivi strategici comuni consentono l'ottimizzazione globale della catena, il che di conseguenza comporta dei vantaggi in termini di costo superiori rispetto all'ottimizzazione locale che ognuno dei soggetti esegue nel caso di gestione disgiunta; l'opportunità di scambiare informazioni all'interno della catena con tutti gli altri soggetti coinvolti consente di coordinare in maniera più semplice gli ordini e le consegne, perciò è possibile ridurre il livello di inventario con relativi vantaggi di costo e di riduzione degli sprechi e aumentare il livello di servizio; infine, l'integrazione permette di raggiungere obiettivi di qualità del bene o servizio offerto molto superiori rispetto ad altri metodi di gestione [1].

Affinché sia possibile la gestione integrata della supply chain, in particolar modo per quanto riguarda la gestione del flusso di dati, è necessario un sistema informativo articolato in grado di ricevere le informazioni e di inviarle a tutti gli altri soggetti interessati; inoltre, può essere indispensabile, per

esigenze aziendali specifiche, che tutti gli attori della supply chain abbiano informazioni circa le attività in corso di svolgimento e la posizione dei beni e delle risorse in ogni istante. Per questo motivo, è in corso il dibattito sulla rivoluzione dei sistemi di gestione in uso attraverso l'impiego di nuove tecnologie digitali, come quelle abilitanti l'Industria 4.0; infatti, secondo IBM [3], nel 2017 un'azienda doveva controllare ed analizzare una quantità di dati 50 volte superiore rispetto a cinque anni prima e questa grande mole di dati non era più gestibile, di fatto, con i sistemi gestionali in uso, per questo si rende necessaria l'introduzione di un sistema innovativo in grado di rispondere efficacemente alla ingente quantità di informazioni che derivano dalla gestione integrata e di proteggere queste informazioni attraverso sistemi di sicurezza informatica avanzata. Sempre IBM [3], definisce le cinque 'C' che identificano la supply chain del futuro:

- **Connected (connessa):** la supply chain deve essere in grado di accedere alle informazioni di tutti i soggetti della catena, di poterle ricevere e di condividerle con tutti gli altri soggetti interessati;
- **Collaborative (collaborativa):** migliorare la collaborazione con i fornitori e i clienti in modo da favorire un sistema di gestione integrata;
- **Cyber-aware (sicura):** la protezione delle informazioni contenute nel sistema informativo deve essere garantita da sistemi di protezione informatica più avanzati;
- **Cognitively-enabled (abilitata a livello cognitivo):** la supply chain deve essere in grado di gestire le informazioni in maniera automatica; affinché ciò sia possibile, è necessaria l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale;
- **Comprehensive (completa):** i dati devono essere analizzati in tempo reale, poiché qualsiasi ritardo potrebbe avere effetti gravi sull'intero sistema.

Dalle definizioni fornite da IBM, risulta evidente che, per restare al passo con i tempi, le aziende hanno bisogno di rivoluzionare radicalmente i propri sistemi di gestione. Parallelamente all'introduzione in ambito supply chain delle tecnologie digitali dell'Industria 4.0, ancora fonte di dibattito a causa di alcune loro criticità, si stanno sviluppando nuovi modelli innovativi di gestione integrata della supply chain che implicano l'impiego di più tecnologie. Tra i modelli più interessanti, vi figura il sistema del tipo **control tower**: in maniera analoga ai sistemi utilizzati per la gestione del traffico aereo, un sistema a torre di controllo prevede una dashboard in cui vengono mostrati, in tempo reale, tutti gli eventi di supply chain in tempo reale assicurando una visibilità globale end-to-end, in particolar modo degli eventi esterni imprevisti. Qualsiasi soggetto preposto al controllo è in grado di identificare scostamenti delle previsioni e attuare misure correttive in tempo reale; la gestione dei dati è affidata al sistema informativo stesso, che li gestisce in maniera automatica [4]. Per poter implementare un sistema di questo tipo, è però necessaria l'introduzione di più tecnologie digitali in maniera combinata, che saranno analizzate in dettaglio nel paragrafo 3.4.

1.2 L'Industria 4.0

Nel periodo che stiamo vivendo si sta sviluppando una profonda trasformazione del mondo della produzione e della logistica: l'Industria 4.0. Una vera e propria quarta rivoluzione industriale, trascinata dalle nuove innovazioni digitali che mirano a cambiare i sistemi preesistenti con l'obiettivo di renderli **Smart**, ovvero più intelligenti, con l'obiettivo di aumentare la produttività nel rispetto della sostenibilità ambientale. L'Industria 4.0 rappresenta un nuovo modo di interpretare i concetti di produzione e organizzazione del lavoro mediante l'impiego della robotica, della sensoristica, di sistemi di interconnessione delle risorse e di gestione delle informazioni. La tecnologia cardine di questa quarta rivoluzione industriale è una rete Internet di ultima generazione, più veloce ed affidabile che permette di dotare tutti processi di produzione e di logistica di un'interconnessione veloce, chiara e diretta di tutti gli asset aziendali in modo da migliorare l'efficienza del sistema e gestire in maniera più attenta le risorse, con l'obiettivo di ridurre gli sprechi in un'ottica sostenibile. A questa si aggiungono software di ultima generazione e l'introduzione di nuove tecnologie digitali innovative, tra cui l'Intelligenza Artificiale e la Blockchain, che consentono di ottenere livelli di flessibilità e produttività di gran lunga superiori rispetto ai sistemi utilizzati fino a qualche decennio fa [5].

Il termine 'Industria 4.0' è stato coniato la prima volta alla fiera dell'innovazione di Hannover nel 2011, come ipotesi di progetto. Il progetto è quindi iniziato nel 2012 in Germania, uno dei Paesi promotori di questa rivoluzione, e i risultati ottenuti sono stati molto soddisfacenti, rendendolo un modello d'ispirazione per molti altri Paesi [5].

All'interno dell'insieme delle tecnologie digitali, sono presenti numerose innovazioni che possono avere un'applicazione diretta all'interno di un sistema di produzione o di un'intera supply chain. Secondo il Boston Consulting Group, sono nove le "**tecnologie abilitanti**", ovvero quelle tecnologie ad alta intensità di conoscenza e associate a elevata intensità di Ricerca & Sviluppo, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati, che hanno la capacità di rinnovare i processi produttivi e sono quindi di grande importanza per la crescita economica [6]. Alcune di queste tecnologie erano già state introdotte in precedenza, ma il loro studio si limitava alla ricerca accademica e, salvo rare eccezioni, sono state pressoché ignorate dalla realtà d'impresa; tuttavia con l'introduzione della logica innovativa dell'Industria 4.0, tra cui l'uso combinato di più tecnologie per valorizzarne al meglio i vantaggi e compensarne le criticità e lo sviluppo di una rete Internet più veloce ed affidabile, sono state riscoperte dalla ricerca e dalla realtà scientifica e sono tuttora in atto alcuni progetti pilota all'interno di importanti aziende per valutarne l'efficacia. Tra di esse figura Maersk, leader mondiale del trasporto marittimo su container. Maersk, a partire dal 2017, ha iniziato una collaborazione con IBM per lo sviluppo di una piattaforma elettronica con integrata un sistema Blockchain, chiamata TradeLens, per la gestione e il tracciamento dei container in tutte le fasi del processo di trasporto; anche Walmart, leader del settore retail, ha sviluppato una soluzione basata sulla Blockchain per migliorare la tracciabilità delle merci alimentari. Le nove tecnologie abilitanti descritte dal Boston Consulting Group [6] sono:

- **Advanced Manufacturing solutions**: sistemi di produzione tecnologicamente avanzati, facilmente programmabili ed interconnessi fra di loro; tra di essi il più interessante è costituito dalla Robotica avanzata, in particolare dai robot collaborativi dotati di Intelligenza Artificiale.

- **Additive Manufacturing:** sistemi di produzione innovativi che aumentano l'efficienza dei materiali impiegati; tra di essi figurano le stampanti 3D collegate ad un software di progettazione digitale.
- **Realtà Aumentata:** utilizzo di sistemi, spesso indossabili, di visione a realtà aumentata a supporto dei processi produttivi.
- **Simulazione:** utilizzo di tecniche di simulazione mediante software specifici per lo studio di sistemi complessi.
- **Information Sharing:** coordinamento dell'intera supply chain mediante la condivisione delle informazioni importanti circa lo stato del sistema; una delle tecnologie più interessanti in questo campo è la Blockchain.
- **Internet of Things:** impiego di una rete Internet per interconnettere risorse e renderle in grado di inviare autonomamente dati ed informazioni importanti.
- **Cloud:** implementazione di un sistema Cloud Computing per il salvataggio delle informazioni importanti su databases decentralizzati e condivisi.
- **Cyber-security:** sistemi che consentono la protezione dei dati in caso di attacco informatico esterno o crash del sistema.
- **Big Data and Analytics:** raccolta e analisi di un'ampia mole di dati per individuare scostamenti anomali nei processi operativi e attuare misure correttive.

L'implementazione di un sistema basato sulle tecnologie dell'industria 4.0 implica un radicale cambio di paradigma: dal vecchio concetto di fabbrica alla nuova fabbrica intelligente (**smart factory**), caratterizzata da una produzione digitalizzata, che funziona in maniera dinamica e composta da processi più fluidi, interconnessi, e da sistemi di produzione adeguati alla modernità e ai suoi bisogni, capaci di utilizzare al meglio le risorse disponibili. Questo cambio di paradigma ha, da un lato, effetto sulle competenze dell'impresa, in quanto con l'introduzione di queste nuove tecnologie sono necessarie conoscenze in ambito digitale che non sempre le imprese possiedono; dall'altro lato, di conseguenza, sono diverse anche le skills ricercate nel mondo del lavoro, in quanto anche il semplice operaio dovrà essere in grado di destreggiarsi nel nuovo sistema basato sulle tecnologie dell'Industria 4.0 [7].

All'interno di questo ambiente caratterizzato da un'importante rivoluzione e da forte incertezza, la ricerca accademica possiede un ruolo fondamentale nel valutare vantaggi e svantaggi e i possibili ambiti applicativi di ognuna delle tecnologie digitali innovative. Considerare tutte le tecnologie comporterebbe un lavoro enorme e non necessario, per cui si è preferito limitarsi ad analizzare nel dettaglio due sole tecnologie; le altre tecnologie potranno essere oggetto di analisi future separate. Questo studio prende in considerazione le due tecnologie che riguardano la gestione delle informazioni, il **Cloud Computing** e la **Blockchain**, in ottica supply chain di imprese del settore *manufacturing* con l'obiettivo di individuare come la bibliografia esistente discute queste tecnologie, quali sono i loro possibili ambiti applicativi e con quali tecnologie possono essere abbinate per far fronte alle esigenze operative delle imprese che hanno bisogno di supporto nel passaggio ad un sistema smart e digitale. Mediante una revisione sistematica della letteratura, questo studio mira a trarre conclusioni interessanti circa la situazione della ricerca accademica e l'individuazione di aspetti non ancora trattati in maniera sufficientemente dettagliata. Prima di procedere alla descrizione dettagliata della metodologia, nei paragrafi successivi sono descritte brevemente ed in maniera chiara, le tecnologie oggetto di indagine.

1.3 Il Cloud Computing

Il Cloud Computing è descritto dal Boston Consulting Group come una delle tecnologie abilitanti la quarta rivoluzione industriale concernente la memorizzazione delle informazioni. Secondo la definizione del National Institute for Standards and Technology (NIST), il **Cloud Computing** è un insieme di servizi ICT accessibili on-demand e in modalità self-service basati su risorse condivise, caratterizzati da rapida scalabilità e dalla misurabilità puntuale dei livelli di performance, in modo da poter essere pagati in base al consumo [8]. L'azienda sottoscrive un semplice contratto con un provider di servizi Cloud e paga un canone periodico sulla base del consumo effettivo: in pratica, non si tratta di una semplice gestione decentralizzata dei dati, ma in pratica, si cede in outsourcing l'intera infrastruttura informatica dell'impresa. Per poter avere la piena fruibilità dei dati memorizzati all'interno di un sistema Cloud, l'azienda dovrà dotarsi semplicemente di dispositivi di uso comune quali PC e Smartphone in grado di accedere al servizio tramite una rete Internet affidabile. Teorizzato già negli anni '60 da un docente del MIT, John McCarthy, è solamente alla fine degli anni '90, con la diffusione di Internet, che il Cloud Computing approda nel mercato di massa. Negli anni 2000, a seguito dell'introduzione del Web 2.0, si è verificato un vero e proprio boom dove colossi dell'informatica come Google e Microsoft hanno iniziato ad offrire applicazioni basate su browser [9]. Oggi, con il paradigma dell'Industria 4.0 il Cloud Computing è diventato una delle tecnologie più importanti e discusse con la possibilità di diverse applicazioni in ambito aziendale, non possibili in precedenza. Un sistema Cloud consente all'azienda, da un lato, di ridurre i costi operativi relativi all'informatica: infatti, non sarà più necessario acquistare costosi server in grado di memorizzare grossi quantitativi di dati e che spesso è necessario mantenere in funzione 24 ore al giorno per mantenere gli stessi livelli di flessibilità, con conseguente aumento delle spese di energia [10]; dall'altro lato, trasformare un investimento in costi fissi di un server in un costo operativo periodico di un servizio riduce notevolmente il rischio finanziario di progetti IT. Dal punto di vista del provider, i server in dotazione vengono condivisi tra più aziende diverse, permettendo di raggiungere più facilmente una mole di informazioni tale da rendere economicamente sostenibile l'erogazione del servizio e di sfruttare più facilmente le economie di scala per ridurre i costi [8]. Un sistema di gestione delle informazioni mediante un sistema Cloud consente ad un'impresa di ottenere numerosi vantaggi. Tra i principali vi sono:

- **Riduzione dei costi e delle barriere di ingresso nel mercato:** Un sistema Cloud elimina i costi di investimento relativi all'infrastruttura hardware e li sostituisce con un canone periodico calcolato sulla base del consumo effettivo. Questo consente di migliorare la sostenibilità economica nel lungo periodo e di ridurre il rischio di sovra-allocazione delle risorse IT; inoltre, grazie al Cloud, anche una piccola impresa non in grado di effettuare grossi investimenti può competere adeguatamente sul mercato poiché questa tecnologia è in grado di ridurre le barriere all'entrata di mercati e all'innovazione tecnologica nell'ambito IT (Marston *et al.*, 2011).
- **Affidabilità:** poiché il servizio è gestito da provider terzi specializzati in gestione di infrastrutture hardware, il servizio avrà meno guasti ed interruzioni rispetto ad un sistema gestito internamente. Inoltre, qualsiasi costo legato all'interruzione del servizio sarà a carico del provider. Una migliore affidabilità spesso si traduce in un aumento della produttività, sia perché è possibile lavorare in maniera più efficiente, sia perché l'impresa non dovrà più

occuparsi della gestione dei server e potrà concentrarsi sul raggiungimento degli obiettivi strategici più importanti [8].

- **Flessibilità:** Il Cloud permette all'azienda di ottenere tutte le informazioni necessarie in maniera semplice e veloce, pressoché su qualsiasi device; permette inoltre di lavorare contemporaneamente su qualsiasi documento e di tenere traccia di qualsiasi modifica [11].
- **Maggiore competitività sul mercato:** Come conseguenza dell'aumento dell'affidabilità e della terziarizzazione dell'infrastruttura, l'azienda può concentrarsi maggiormente sulle sue attività chiave. L'aggiornamento continuo del Cloud Provider consente inoltre di rimanere sempre al passo con lo sviluppo tecnologico e di ridurre notevolmente il time-to-market della digitalizzazione [8].

A seconda delle modalità di distribuzione del servizio, il Cloud Computing si divide in tre tipologie: **privato, pubblico o ibrido** [8]. Nel Cloud **privato**, la proprietà dei server è dell'azienda utente e viene ceduta in outsourcing solamente la loro gestione; generalmente, il provider concede la possibilità di ospitare i server direttamente nel proprio domicilio sotto il pagamento di un canone aggiuntivo; in questo caso, i server non vengono utilizzati in condivisione con altre imprese, ma vengono utilizzati esclusivamente dall'azienda che ne possiede la proprietà. Questa soluzione è la migliore in termini di sicurezza ma è in generale la più costosa, in quanto oltre al servizio si paga un canone aggiuntivo per l'affitto dei locali dove ospitare i server. Nel Cloud **pubblico**, invece, sia la proprietà dei server sia la loro gestione è in mano al provider. Per una gestione più efficiente e per sfruttare al meglio le economie di scala, il provider condivide le proprie risorse fra diverse imprese. L'azienda utente accede al servizio mediante un proprio account e un collegamento Internet. Questa soluzione è la più impiegata dalle imprese, è migliore in termini di costo, in quanto permette al provider una gestione più efficiente ma è critica per quanto riguarda la sicurezza dei dati. Per sopperire ai limiti di entrambe le tipologie, si sta sviluppando anche la possibilità di un sistema **ibrido**, che combina sia il Cloud privato che quello pubblico per poter rispondere efficacemente a tutte le esigenze aziendali. Oltre ad un sistema ibrido, nell'ultimo periodo le aziende stanno applicando anche un sistema **Multi Cloud**, ovvero un sistema ibrido ma che utilizza più di un Cloud provider, interconnessi fra di loro. Un sistema di questo tipo permette di ottenere notevoli vantaggi in termini di costo, di flessibilità e di livello di servizio, ma si tratta di un sistema ancora in fase di sviluppo; infatti, secondo una recente indagine dell'Osservatorio Cloud Trasformation, meno di un'azienda su quattro afferma di aver integrato una soluzione Multi Cloud [12].

In base al servizio erogato, esistono tre tipologie diverse fra di loro ma che possono essere utilizzate in combinazione: l'**IaaS** (Infrastructure as a service), il **PaaS** (Platform as a service) e il **SaaS** (Software as a service) [8] [11]. Attraverso il primo sistema, l'IaaS, il provider offre all'utente hardware virtualizzati e altre risorse di calcolo, sulle quali installare e gestire autonomamente le proprie applicazioni; di fatto, si tratta di una trasformazione delle risorse fisiche in risorse software che vengono utilizzate come un servizio. È il sistema più utilizzato al momento. Nel caso SaaS, invece, il provider fornisce direttamente diverse applicazioni pronte all'uso che l'utente può adoperare liberamente mediante una connessione web; in questo caso, simile ad un contratto a noleggio, l'utente finale paga solamente il consumo effettivo delle applicazioni. Nel sistema PaaS, infine, il provider offre all'utente piattaforme software già preconfigurate per lo sviluppo delle proprie applicazioni. Il cliente si occupa di alcuni aspetti della piattaforma mentre l'infrastruttura sottostante è gestita in modo trasparente dal provider. Questa soluzione è quella più interessante per un'impresa che intende adottare il Cloud, in quanto combina i pregi delle due modalità

precedenti, ma è ancora oggi poco sviluppato e non tutte le opportunità possibili sono state esplorate.

Come qualsiasi altra innovazione tecnologica, anche il Cloud Computing non è privo di criticità che possono influenzarne una possibile adozione da parte delle imprese. Tra di esse, secondo lo studio IDG Cloud Computing Survey 2020 [11], la più importante è senza dubbio la protezione dei dati salvati all'interno del Cloud: molte informazioni memorizzabili all'interno di un sistema Cloud sono sensibili e le aziende preferirebbero evitare che alcune di queste informazioni venissero pubblicate, in quanto contengono segreti industriali e know-how. Se il provider non è in grado di garantire un adeguato livello di protezione, allora la sicurezza diventa un grosso ostacolo all'adozione del Cloud Computing. Questo limite si collega ad un'altra importante criticità che rende le imprese incerte sull'adozione di questa tecnologia: la mancanza di competenze interne specifiche [13]. Infatti, le aziende dovrebbero adottare misure strategiche come il corretto ed efficiente impiego delle soluzioni offerte dal Cloud provider e garantire ai propri dipendenti un adeguato livello di formazione in materia di cyber-security per aumentare il livello di protezione; tuttavia, soprattutto le piccole e medie imprese non possiedono un adeguato background informatico e non sempre sono in grado di modificare le proprie competenze in tempi brevi. Un altro ostacolo rilevante è da individuarsi, secondo (Subramanian *et al.*, 2015), nei costi affondati: alcune imprese potrebbero aver già investito rilevanti somme di denaro in infrastruttura IT; in questo caso, finché non viene recuperato l'investimento, è difficile che alcune di esse possano passare ad un sistema Cloud; altra limitazione importante che l'articolo considera è il costo di switch per passare ad un sistema Cloud, che può essere particolarmente gravoso per una piccola impresa.

1.4 La Blockchain

Nonostante non sia citata espressamente dal Boston Consulting Group all'interno delle tecnologie abilitanti l'Industria 4.0, la **Blockchain** può essere comunque collocata all'interno dei macrogruppi di tecnologie digitali **Information Sharing** e **Cyber-security**. Si tratta di una delle tecnologie digitali di maggiore interesse accademico in ambito industriale nell'ultimo periodo. Ideata nel 2008 da uno sviluppatore software sconosciuto che si è dato lo pseudonimo di Satoshi Nakamoto come metodologia di salvataggio delle transazioni della criptovaluta Bitcoin, la sua invenzione principale, [14] è stata utilizzata, nei suoi primi anni di introduzione, solamente in ambito finanziario. Solo a partire dal 2017, è stata introdotta, da parte della ricerca, la possibilità di un suo impiego all'interno delle supply chains; da allora, l'interesse accademico nei confronti di questa tecnologia è aumentato notevolmente.

La Blockchain appartiene al più ampio insieme di tecnologie **Distributed Ledger** (a libro mastro distribuito) di cui ne è la tecnologia più nota; essa è sostanzialmente un libro mastro elettronico che può essere condiviso tra diversi utenti in cui sono registrate tutte le transazioni che avvengono tra di essi. Ogni transazione, che può consistere sia in un passaggio di denaro sia in uno scambio di informazioni, è chiamata **blocco** ed è collegata all'utente di riferimento; ciascun blocco è contrassegnato da una marca temporale che individua l'istante in cui è stata effettuata l'operazione e dopo che la transazione viene validata, il blocco è collegato alle transazioni precedenti. Questa "catena di blocchi", da cui deriva il nome Blockchain, ne costituisce il componente principale [14]. Poiché per poter effettuare una modifica dei blocchi è necessario, da un lato, il consenso di tutti gli utenti partecipanti e, dall'altro, è necessario uno sforzo di calcolo estremamente elevato, le transazioni registrate all'interno della Blockchain sono pressoché **immutabili**, e questa è una delle caratteristiche peculiari di questa tecnologia digitale che garantisce un buon livello di sicurezza (secondo Alex Tapscott, CEO di Northwest Passage Ventures, la Blockchain, nella sua semplicità, è uno dei sistemi ad oggi più sicuri in quanto è molto più difficile da hackerare rispetto ad un sistema di registrazione delle transazioni finanziarie come quello bancario tradizionale [14]). Altra caratteristica peculiare che la rende particolarmente interessante in ambito supply chain è la **trasparenza**: qualsiasi utente autorizzato può accedere al libro mastro decentralizzato e verificare, istante per istante, il numero e il tipo di transazioni in essa presenti. Attraverso questa importante caratteristica e ad un collegamento tra un sistema Blockchain e il mondo fisico (ad esempio, attraverso un'altra tecnologia digitale come **l'Internet of Things**) è possibile la tracciabilità in tempo reale dell'intera supply chain: verificare in tempo reale la posizione di tutti gli asset presenti all'interno del sistema, misurarne periodicamente le performance, valutare scostamenti dalle previsioni e attuare, in maniera rapida e mirata, eventuali azioni correttive.

La Blockchain consente a tutti gli utenti di scambiare informazioni in maniera autonoma senza bisogno di intermediari finanziari; per questo motivo, uno dei vantaggi principali di un sistema Blockchain è la riduzione del costo di transazione, in particolar modo è molto vantaggioso per le transazioni che avvengono tra nazioni molto distanti [15]; le peculiarità di immutabilità e trasparenza possono inoltre favorire la cooperazione tra gli utenti del sistema: un sistema di questo tipo può prevenire i problemi di asimmetria informativa tra le parti e può dunque limitare i fenomeni di opportunismo, favorendo così la fiducia e la collaborazione fra le parti coinvolte nella transazione. L'incremento della cooperazione ha infine come conseguenza anche la possibilità di gestire in

maniera più efficiente l'intera supply chain mediante la gestione integrata, che consente di migliorare l'efficienza e la produttività dell'intera catena. Un altro aspetto molto importante riguarda i cosiddetti **Smart Contracts**, o contratti intelligenti, ovvero quei contratti che vengono eseguiti automaticamente al soddisfarsi di determinate condizioni [14]. Un sistema Blockchain può gestire questo tipo di contratti in maniera autonoma: mediante la catena di transazioni, è possibile stabilire in maniera semplice se le condizioni sono soddisfatte o meno; se esse sono soddisfatte, allora si procede con l'esecuzione del contratto attraverso la registrazione di una o più transazioni, in maniera totalmente automatica.

Secondo (Babich and Hilary, 2019) sono cinque gli aspetti fondamentali che consentono l'applicabilità in ambito supply chain della tecnologia Blockchain : la visibilità, ovvero la capacità di ogni soggetto della supply chain di controllare il flusso di entità all'interno della catena; l'aggregazione di informazioni provenienti da diversi soggetti all'interno dei blocchi di transazione; la validazione, ovvero la capacità del sistema stesso di convalidare le informazioni catturate e la loro immutabilità nel tempo; l'automaticità, ovvero la capacità di eseguire transazioni in maniera automatica al verificarsi di determinate condizioni e la resilienza, ovvero la capacità del sistema di sopportare malfunzionamenti.

Nonostante si tratti di una tecnologia innovativa in grado di rivoluzionare il modo di gestire una supply chain, anche la Blockchain non è priva di criticità che possono influenzarne significativamente l'adozione da parte delle imprese. La prima e più importante è il fatto che la Blockchain è molto inefficiente dal punto di vista energetico [15]: un sistema di gestione basato sulla Blockchain richiede una ingente quantità di risorse di calcolo per la costruzione dei blocchi che devono essere attivi 24 ore al giorno per garantire al sistema la flessibilità necessaria, e il consumo elettrico per far funzionare diversi server continuamente è incredibilmente elevato. Oltre a questo, va tenuto conto che un sistema basato sulla Blockchain richiede una grande quantità di memoria (ordini di grandezza di qualche centinaio di GB) [14]. Questo rende la Blockchain decisamente costosa e quindi di difficile integrazione da parte di una piccola impresa. Un altro importante difetto di un sistema Blockchain è il fatto che non sia affatto scalabile: anche il miglior sistema Blockchain a disposizione oggi non consente di effettuare un grande numero di transazioni al minuto [15]. Questo difetto può comportare, inoltre, problemi di sovraccarico della rete qualora arrivassero contemporaneamente più transazioni da inserire all'interno del libro mastro. Anche il pregio della immutabilità delle transazioni può tradursi in un difetto nel caso in cui una transazione errata venga aggiunta alla catena; in questa fattispecie, è molto difficile andare a correggere il libro mastro proprio a causa del design particolare di un sistema basato sulla Blockchain. L'unica possibilità è quella di riportare il sistema allo stato precedente all'errore e riscrivere le transazioni successive, ma è evidente che questo processo è molto complicato e richiede tempo. Altro aspetto da considerare, come evidenziato da (Babich and Hilary, 2019) è il fatto che ad oggi è praticamente assente una qualche forma di regolamentazione in materia Blockchain e che, a causa dell'obsolescenza tecnologica a cui saranno sottoposti i protocolli interni di gestione dei dati, in futuro potrebbero sorgere dispute legali sulle informazioni conservati all'interno del sistema.

2. Metodologia e prime considerazioni

In questo capitolo, è descritta nel dettaglio la metodologia adottata in questa ricerca, tra cui la descrizione delle tecniche utilizzate e i criteri di inclusione dei papers. Sono in seguito presentati i risultati del processo di ricerca e le conclusioni ottenute dalle prime semplici analisi come la valutazione dell'andamento temporale e la valutazione della qualità delle riviste all'interno delle quali sono state individuate le pubblicazioni.

2.1 Descrizione della metodologia

La metodologia adottata da questo studio è la revisione sistematica della letteratura (*Systematic literature review*). Tale tecnica, molto diffusa negli studi scientifici, consiste nell'identificare, scegliere e valutare pubblicazioni già esistenti allo scopo di rispondere ad una domanda di interesse formulata in maniera chiara. Secondo la Charles Sturt University, un'università australiana che ha compilato una guida completa per poter eseguire uno studio di questo tipo, la revisione sistematica consiste in una ricerca, comprensiva e trasparente, all'interno di databases e/o letteratura grigia, di articoli e pubblicazioni rilevanti che può essere replicata e riprodotta da altri ricercatori [16]. La ricerca deve avvenire in maniera organizzata e coerente con l'argomento proposto. Sempre secondo la stessa università, le fasi principali di una revisione sistematica della letteratura sono sette [16]:

- 1) Formulazione della domanda oggetto di ricerca;
- 2) Impostazione dei criteri di ricerca;
- 3) Ricerca sistematica secondo i criteri scelti al punto 2);
- 4) Impostazione dei criteri di inclusione delle pubblicazioni all'interno del campione di ricerca;
- 5) Valutazione critica degli articoli individuati;
- 6) Sintesi dei risultati ottenuti;
- 7) Scrittura e pubblicazione.

La prima fase di ogni revisione sistematica della letteratura è la formulazione della domanda oggetto di ricerca. L'argomento principale di questo studio è l'applicazione di tecnologie digitali nelle supply chains, con particolare interesse alle due tecnologie che riguardano la gestione e la memorizzazione delle informazioni, la Blockchain e il Cloud Computing. Le domande cardine di questa analisi sono quindi le seguenti:

- In quali ambiti sono possibili le applicazioni di Blockchain e Cloud Computing all'interno delle supply chains?
- Quale delle due è di maggiore interesse all'interno della letteratura? Quali sono i loro vantaggi e svantaggi?
- Come si possono combinare fra di loro e con le altre tecnologie digitali dell'Industria 4.0?

Lo studio cercherà di rispondere a questi quesiti impostando diversi tipi di analisi degli articoli individuati.

La fase successiva consiste nell'impostare i criteri di ricerca. Si tratta di un passaggio molto importante in quanto non sempre è possibile analizzare l'intera letteratura sull'argomento, che può essere molto ampia, ed è quindi necessario operare alcune scelte, come ad esempio se utilizzare uno o più di database scientifici oppure ricercare all'interno della letteratura grigia; (la letteratura grigia, secondo Treccani, consiste in un insieme di pubblicazioni a carattere prevalentemente scientifico e tecnico [tesi di laurea, traduzioni, preprints, relazioni a congressi, norme tecniche, riviste aziendali, documenti ufficiali pubblicati in tiratura limitata, ecc.], diffuse in forma non convenzionale al di fuori dei normali circuiti di vendita e di conseguenza di più difficile reperimento [17]); oppure ancora utilizzare un metodo ibrido che permette di includerle entrambe; quali databases includere e quali no; quale sitografia; ecc. All'interno di questa ricerca si è optato per utilizzare esclusivamente il database Scopus [18]. Questa banca dati è tra i principali strumenti di supporto utilizzati per studi accademici grazie alla sua semplicità d'uso e i suoi potenti strumenti di ricerca. La sua ampia disponibilità di articoli del tipo "peer-reviewed" appartenenti a diversi ambiti disciplinari lo rendono uno strumento di ricerca molto flessibile ed affidabile. Ad esempio, (Tiwari, 2021), utilizza anch'esso il database Scopus poiché lo considera uno degli strumenti più utilizzati per condurre una revisione sistematica e afferma come la multidisciplinarietà sia il motivo principale della sua adozione da parte degli autori.

È altresì importante definire come avviene la ricerca delle pubblicazioni rilevanti. La ricerca, generalmente, avviene in maniera diretta cercando all'interno del database tutti i possibili articoli che contengono una o più parole chiave. In questo caso, invece, si utilizza una tecnica di tipo diverso: le metodologie denominate *backward snowballing* e *forward snowballing*.

Secondo (Wohlin, 2014), il *backward snowballing* è un metodo che consiste nell'analizzare la lista delle referenze di un articolo di base ed andare ad escludere tutti quei papers che non sono interessanti perché non sono coerenti con l'obiettivo e i quesiti della ricerca prefissati oppure perché appartengono ad una delle possibili categorie di esclusione. I papers rimanenti possono quindi essere analizzati in maniera più dettagliata per valutarne l'inclusione all'interno della ricerca. Il *forward snowballing* è un processo che funziona in maniera molto simile ma che, al posto di considerare la lista delle referenze di una pubblicazione, considera la lista di nuove pubblicazioni in cui tale pubblicazione viene citata o comunque utilizzata in supporto ad essa. In poche parole, il *backward snowballing* consente di trovare nuovi articoli correlati all'articolo di base che sono più vecchi rispetto ad esso mentre il *forward* individua invece gli articoli più recenti.

Prima di poter procedere con il *backward* ed il *forward snowballing*, occorre definire gli articoli da utilizzare come base da cui iniziare il processo di ricerca. A tale scopo, i docenti relatori hanno fornito una lista di articoli già precedentemente analizzati nell'ambito della ricerca in cui si colloca il presente elaborato di tesi. Tale lista consta di 117 articoli, 39 riguardanti la tecnologia Cloud e 78 la Blockchain, pubblicati tra il 2012 e il 2020.

È necessario, inoltre, stabilire quali articoli possono essere inclusi e quali no nel passo 4) della procedura di revisione sistematica. L'argomento di questa ricerca sono le applicazioni digitali all'interno di supply chains di aziende del settore *manufacturing*. Non saranno considerati validi, quindi, gli articoli che esulano questo ambito e quelli già inclusi dai docenti nella lista fornita da cui partire, oltre a pubblicazioni non relative a riviste scientifiche (come paragrafi di libri di testo, papers relativi a conferenze, ecc.). Oltre a questo, occorre specificare che saranno considerati validi solamente gli articoli scritti in lingua inglese. Ciascuna delle pubblicazioni non scartate dai metodi *backward* e *forward snowballing* viene quindi analizzata più nel dettaglio tramite lettura dell'abstract e una prima analisi degli argomenti trattati. Se l'articolo non presenta aspetti critici,

allora potrà essere incluso all'interno del campione di ricerca. Altrimenti, dovrà essere scartato e inserito in una lista apposita segnalando la ragione per la quale è stato scartato. In sintesi, NON possono essere incluse in questa ricerca:

- Pubblicazioni che non riguardano la disciplina del Supply Chain Management o di cui comunque non ne è l'argomento principale (in seguito denominate '**not about scm**');
- Pubblicazioni che non riguardano le tecnologie digitali dell'Industria 4.0 (ad esempio, quelle relative all'e-commerce e ad Internet), denominate '**not about digitalization**';
- Pubblicazioni riguardanti la struttura e/o il funzionamento di un software o di cui l'argomento principale è l'informatica, denominate '**computer science**';
- Pubblicazioni di cui non è disponibile l'intero testo, denominate '**unaccessible**';
- Pubblicazioni precedenti il 2010 e prive di citazioni, denominate '**before 2010 and no citation**';
- Pubblicazioni già presenti nell'elenco fornito dei docenti, denominate '**duplicated**';
- Pubblicazioni che non riguardano il settore *manufacturing* (ad esempio settori agri-food, umanitario e edilizio), denominate '**not about manufacturing**';

2.2 Risultati della ricerca

Terminato il passo 4) della procedura di revisione sistematica, è possibile iniziare il processo di ricerca vero e proprio. L'intera lista di 117 articoli fornita dai docenti viene quindi analizzata utilizzando prima il metodo *backward* e poi il *forward snowballing*. Al termine del processo di ricerca di nuove pubblicazioni con i metodi *backward* e *forward snowballing* all'interno del database Scopus, sono stati identificati 88 nuovi articoli, 12 riguardanti la tecnologia Cloud Computing e 60 riguardanti la Blockchain. A questi, si aggiungono 16 articoli particolari che, pur non avendo come argomento principale una delle due tecnologie, sono stati inclusi nel campione. Questi articoli trattano in maniera generale il tema dell'Industria 4.0 e discutono diverse tecnologie digitali comprese quelle di interesse per questo studio. Questi papers non verranno presi in considerazione per le analisi relative alle tecnologie ma sono interessanti solamente nelle analisi generali e in particolar modo l'analisi sull'uso combinato delle tecnologie discussa nel paragrafo 3.4. Questi articoli saranno definiti in seguito sulla '**digitalization**'. In figura 1, sono rappresentati i risultati del processo di ricerca attraverso due diversi areogrammi in cui sono distinti i papers individuati con le due tecniche:

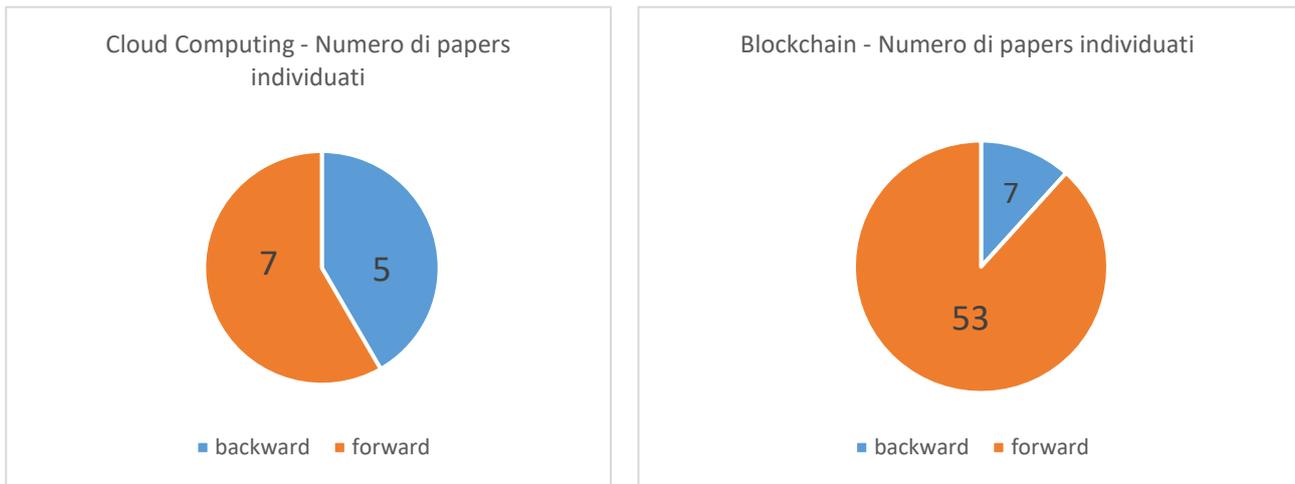


Figura 1. Risultati della ricerca per le due tecnologie principali. Il numero di articoli trovati è distinto per Backward e Forward Snowballing

Le nuove pubblicazioni individuate riguardanti la tecnologia Cloud sono in numero limitato, anche a causa del fatto che la maggior parte degli articoli interessanti riguardanti questa tecnologia era già presente all'interno della lista di articoli fornita dai docenti. Il numero di articoli individuati sul Cloud Computing è pari a 12; di questi, 5 sono stati trovati utilizzando la tecnica *backward* (41,7%) e 7 mediante il *forward* (58,3%).

Molto più alto è invece il numero di papers individuati per la tecnologia Blockchain, ben 60. La maggior parte di essi è stata identificata mediante la tecnica *forward*, 53 (88,3%). Questo fatto interessante mostra che per quanto riguarda le applicazioni della Blockchain all'interno delle supply chains, la letteratura è prevalentemente recente; inoltre, il numero molto più elevato di articoli individuati rispetto alla tecnologia Cloud indica un maggiore interesse dei ricercatori nei confronti della tecnologia Blockchain.

Facendo un confronto con la situazione presente all'interno del campione fornito dai docenti, si osserva come la percentuale di articoli relativa alla Blockchain sia aumentata: da 78 su 117 (il 66,7%) si è passati a 60 su 72 (l'80,3%). Anche il rapporto tra i papers relativi alle due tecnologie è aumentato: all'interno del campione fornito dai docenti la situazione era 78 a 39 (il numero di papers sulla Blockchain è il doppio rispetto a quelli sul Cloud), mentre nel nuovo campione di articoli si è passati a 60 / 12 (il numero di papers sulla Blockchain è cinque volte quello del Cloud).

Oltre agli 88 articoli considerati validi per questo studio, sono stati individuati ulteriori 241 articoli ma che poi sono stati successivamente scartati perché appartenenti ad una delle categorie di esclusione stabilite in precedenza. Nella figura 2, sono riportati, divisi per categoria, il totale dei papers scartati durante le fasi di ricerca (non sono inclusi i papers *duplicated*):

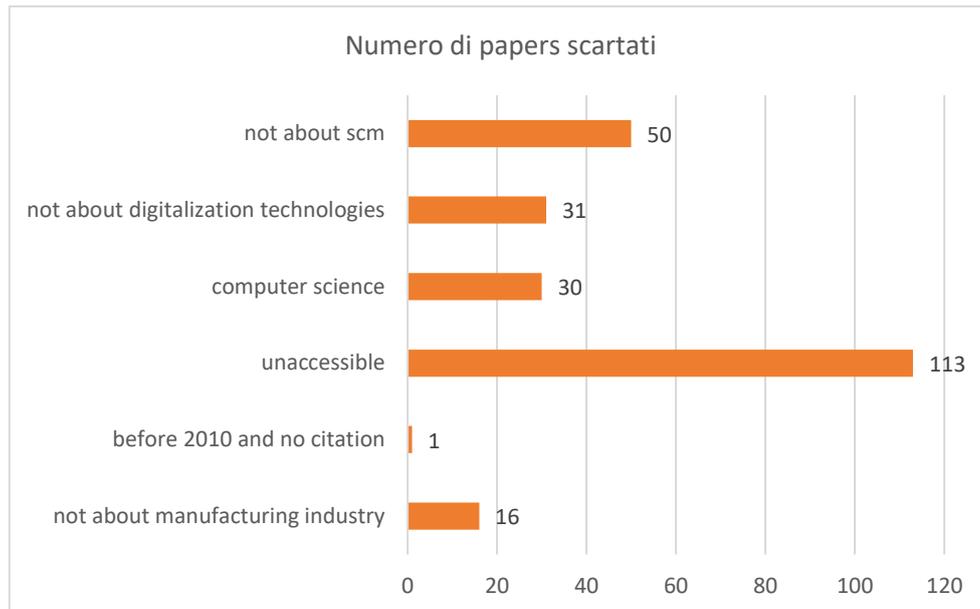


Figura 2. Numero di papers scartati per ogni categoria di esclusione

È importante sottolineare come la maggior parte dei papers rifiutati appartenga alla categoria “*unaccessible*”, ovvero tutti gli articoli di cui non è stato possibile trovare, all’interno di Scopus, il testo completo. Il numero di questi articoli (113) è addirittura superiore al totale degli articoli validi individuati. Questo fatto va evidenziato come uno dei possibili limiti dello studio: anche solo una piccola parte di questi articoli avrebbe potuto integrare ulteriormente i risultati ottenuti.

Ognuno degli articoli validi identificati viene quindi letto con attenzione ed analizzato. All’interno di una tabella sono state salvate tutte le informazioni principali relative all’articolo tra cui gli autori, l’anno di pubblicazione, la rivista scientifica in cui è stato pubblicato e gli indicatori di qualità della rivista. Oltre a queste, sono incluse, sempre all’interno di questa tabella, alcune informazioni circa gli argomenti trattati e una breve sintesi del contenuto dell’articolo. Tutte queste informazioni saranno poi molto utili per i passi successivi della revisione sistematica, tra cui le analisi critiche dei papers.

2.3 Distribuzione temporale degli articoli

Una volta concluso il passo 4) della revisione sistematica e terminato il processo di ricerca è possibile iniziare il passo 5), ovvero la valutazione critica degli articoli individuati. Questo è il passo più importante in assoluto in ogni lavoro di questo tipo, in quanto è la fase in cui si analizzano in dettaglio gli articoli alla ricerca delle risposte ai quesiti proposti nelle prime fasi e di possibili *research gaps* presenti all'interno della letteratura. Partendo dalle informazioni memorizzate per ogni articolo, sono possibili numerose analisi differenti. Una prima possibile analisi, molto semplice, è la distribuzione temporale degli articoli, ovvero individuare quanti articoli sono stati pubblicati, per una determinata tecnologia, in ogni anno. Questa prima semplice analisi consente di dare una prima stima dell'andamento temporale dell'interesse accademico e scientifico nei confronti delle applicazioni delle due tecnologie nelle supply chains.

Il campione di articoli individuati viene diviso in due parti a seconda della tecnologia trattata (in questa analisi sono esclusi i 16 papers sulla digitalization). All'interno dei due sottoinsiemi di articoli sono quindi presi in considerazione gli anni di pubblicazione dei vari papers. Si procede, dunque, mediante un semplice conteggio a individuare quanti articoli sono stati pubblicati in ogni anno. I risultati sono infine rappresentati tramite un diagramma a linee. In figura 3 sono presentati i risultati per quanto riguarda la tecnologia Cloud:

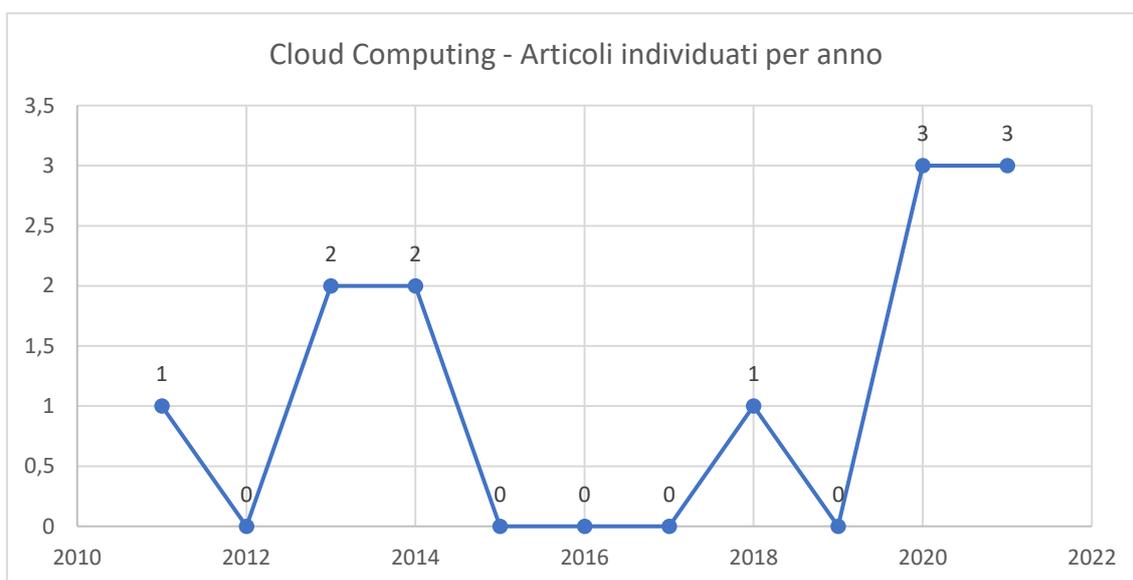


Figura 3. Numero di papers individuati per anno riguardanti la tecnologia Cloud

È possibile subito notare come la letteratura relativa al Cloud copra un ampio arco temporale; la maggior parte degli articoli individuati si posizioni negli ultimi due anni oppure negli anni precedenti il 2015. Con l'eccezione dell'unico articolo pubblicato nel 2018, non sono invece presenti articoli nella fascia compresa tra il 2015 e il 2019. Questo fenomeno può essere in parte spiegato dalla lista

di articoli di base già fornita dai docenti: infatti la maggior parte degli articoli inclusi in questo elenco è stato pubblicato in questa fascia temporale e, dato che gli articoli duplicati non possono essere considerati validi, non sono stati trovati nuovi articoli oltre a quelli già presenti. La forma particolare dell'andamento temporale del Cloud Computing fa presupporre che questa tecnologia possa aver ritrovato interesse negli ultimi anni da parte della ricerca accademica con la diffusione dell'Industria 4.0, in accordo con quanto stabilito nel paragrafo 1.3. È comunque difficile stabilire se questo andamento sia reale oppure frutto del campione particolare di articoli dato il loro numero limitato. È altresì difficile individuare una qualche forma di tendenza, visto che gli articoli si distribuiscono in maniera piuttosto uniforme all'interno dell'arco temporale considerato; tuttavia, data la presenza di alcuni articoli negli ultimi due anni è possibile stimare che ci possa essere, in futuro, un aumento di pubblicazioni sulle applicazioni Cloud in supply chain. Si consiglia in future ricerche di andare ad analizzare nel dettaglio l'andamento temporale della letteratura relativa alle applicazioni Cloud con uno studio più approfondito.

Per quanto riguarda invece la tecnologia Blockchain, il grafico è rappresentato in figura 4:

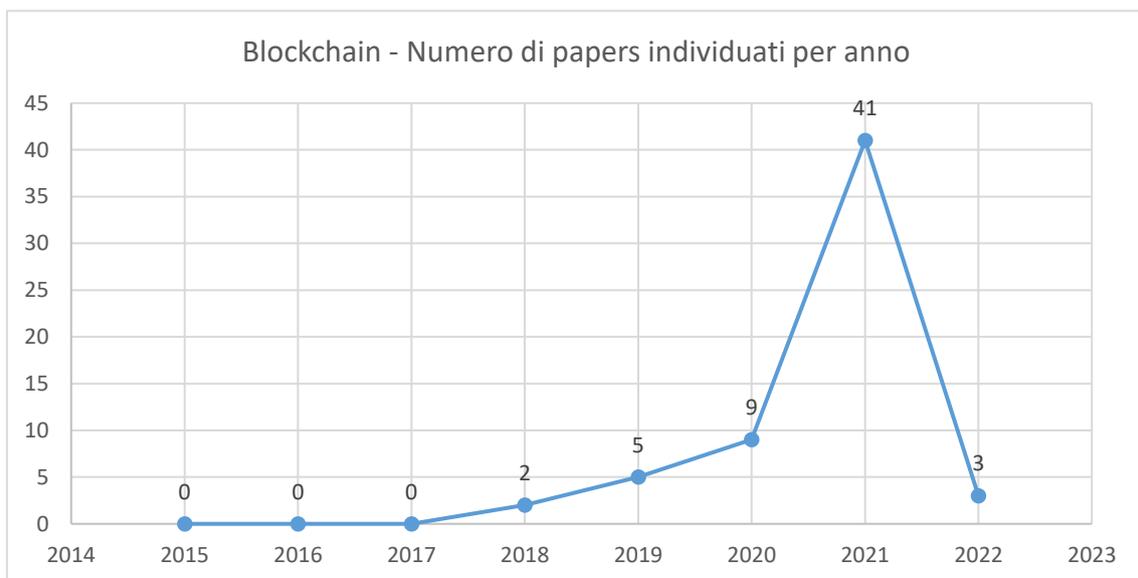


Figura 4. Numero di papers individuati per anno riguardanti la tecnologia Blockchain

Il grafico risultante dai papers relativi alla Blockchain è molto differente rispetto al caso Cloud. In questo caso, la letteratura è concentrata negli ultimi quattro anni ed è piuttosto evidente un forte trend crescente. Il diagramma mostra, inoltre, in maniera molto chiara, come l'interesse della letteratura nei confronti di questa tecnologia sia esploso nell'ultimo anno: infatti più dei due terzi dei papers individuati (41 su 60) è infatti stato pubblicato nel 2021 in linea con il fatto che la maggior parte dei nuovi articoli relativi alla Blockchain è stata individuata con il *forward snowballing*. Il grafico evidenzia, inoltre, l'assenza di articoli pubblicati prima del 2018. Nonostante questa

tecnologia non sia eccessivamente recente (è stata ideata per la prima volta da Satoshi Nakamoto nel 2008 a supporto della sua invenzione principale, il Bitcoin), è solo negli ultimi anni che sono state introdotte alcune applicazioni sperimentali di questa tecnologia all'interno delle supply chains e tuttora è ancora in fase di discussione, a supporto di quanto stabilito nel paragrafo 1.4. Il buon numero di articoli individuati testimonia il fatto che la ricerca è molto interessata, ad oggi, alla tecnologia Blockchain in ambito supply chain. Un ultimo aspetto interessante di questo grafico è insito nella presenza di 3 articoli pubblicati nel 2022: il lavoro di ricerca è terminato nelle prime settimane di gennaio 2022 e nonostante questo, sono presenti all'interno del campione alcuni articoli dell'anno corrente. Questo consente di presupporre che anche in questo anno saranno pubblicati numerosi articoli riguardanti la Blockchain nelle supply chains; non è sbagliato stimare che possano addirittura essere in numero superiore a quelli pubblicati nel 2021.

2.4 Analisi delle riviste

Concluse le analisi relative all'anno di pubblicazione degli articoli, è possibile procedere con un'altra interessante indagine: le riviste scientifiche all'interno delle quali gli articoli individuati sono stati pubblicati. Questa fase della ricerca ha come obiettivo provare a dare una risposta ad alcuni dei quesiti proposti nelle fasi preliminari: 1) Quali sono le riviste più frequenti all'interno del campione? 2) Le riviste a cui appartengono gli articoli individuati sono di alta qualità e di rilievo internazionale oppure no?

Per rispondere alla prima domanda, si prende in considerazione l'intero campione di 88 articoli. All'interno della tabella in cui sono state memorizzate, in precedenza, tutte le informazioni rilevanti riguardanti gli articoli, tra cui anche la rivista scientifica in cui essi sono stati pubblicati, si procede con un semplice conteggio delle riviste più frequenti. Il grafico a barre presentato in figura 5 mostra i risultati ottenuti in questa analisi; per semplicità di rappresentazione, sono state omesse le riviste con un solo articolo presente all'interno del campione:

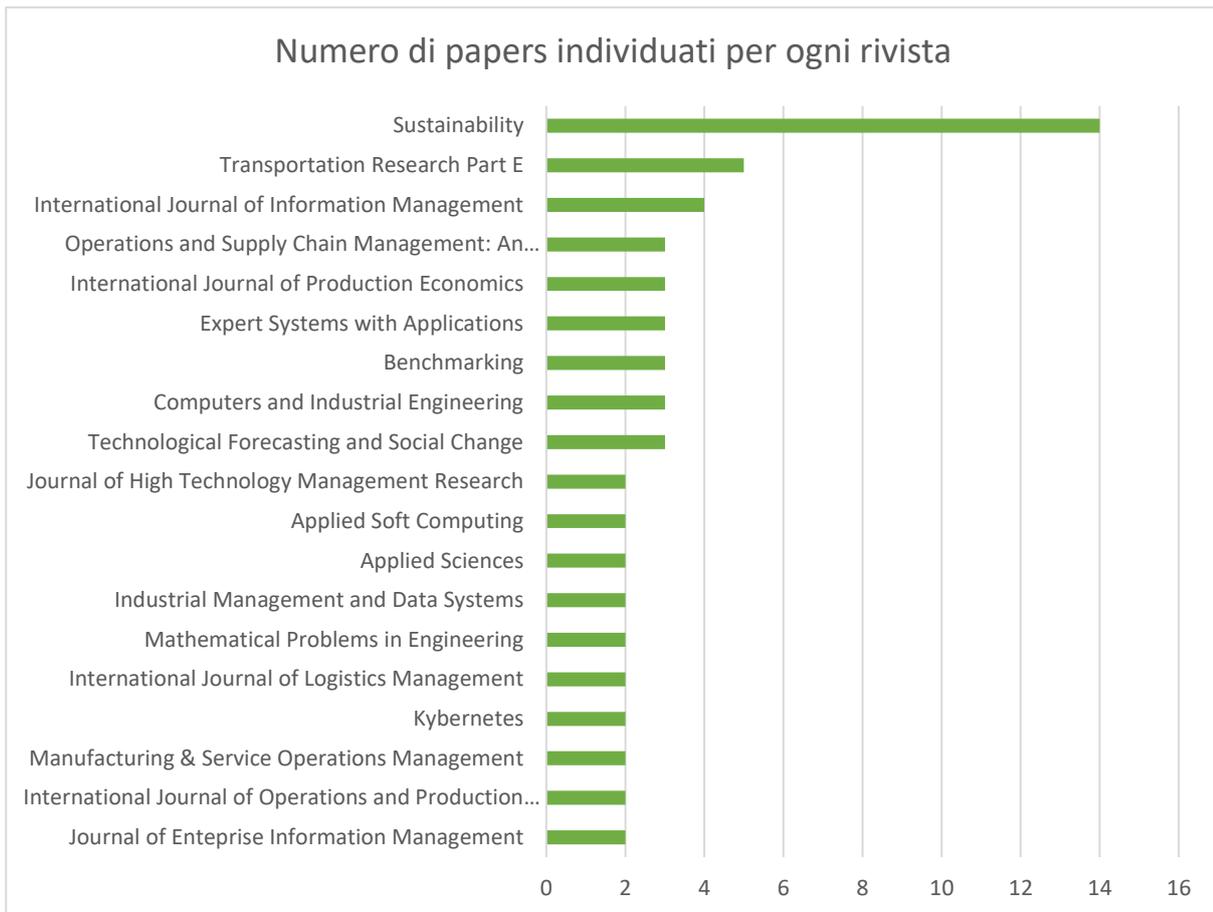


Figura 5. Numero di papers individuati per ogni rivista.

Sorprendentemente, la rivista con il maggior numero di articoli individuati è la rivista *Sustainability*, con ben 14 articoli (il 15,9%), la cui totalità riguarda la tecnologia Blockchain. *Sustainability* è una rivista internazionale e multidisciplinare di articoli “peer-reviewed” che tratta argomenti inerenti alla sostenibilità ambientale, economica, sociale e culturale [19]. È molto interessante aver trovato che la rivista più diffusa all’interno del campione non sia una rivista di Supply Chain Management o di logistica ma una rivista che tratta come argomento principale le logiche green e la sostenibilità, argomenti molto attuali visto il periodo storico di transizione ecologica.

È possibile dunque desumere da questo fatto che le tecnologie digitali abbiano una forte correlazione con le logiche green e la sostenibilità ed in particolare possano essere utilizzate come strumento di supporto nell’integrazione di queste tematiche all’interno del proprio sistema. L’applicazione di queste innovazioni tecnologiche non ha dunque effetto solamente sulla profittabilità e miglioramento delle performance dell’intera supply chain ma può avere anche un effetto positivo sull’introduzione di nuovi metodi di gestione innovativi che mirano a ridurre l’impatto ambientale e sociale dell’intera catena di fornitura. In particolare, è la Blockchain che possiede il maggior numero di articoli relativi a queste tematiche. Si tratta di un risultato difficilmente preventivabile: infatti, la Blockchain ha come difetto principale l’eccessivo consumo di energia per il proprio funzionamento ed era quindi difficile aspettarsi che, fra le due tecnologie, potesse avere la maggiore compatibilità con le logiche green. Nonostante i difetti cronici della tecnologia Blockchain, è possibile pensare che questa tecnologia permetta di ottenere dei vantaggi, dal punto di vista della sostenibilità, ancora maggiori, come ad esempio una migliore gestione delle

risorse e una riduzione degli sprechi. Ad esempio, in (Varriale *et al.*, 2020), è stato individuato che la tracciabilità in tempo reale garantita da un sistema Blockchain e IoT può essere d'aiuto nella riduzione del carbon footprint di tutte le attività di supply chain e nell'identificazione di eventuali comportamenti non eco-friendly; inoltre, è possibile, grazie ad un sistema di questo tipo, anche ottimizzare il percorso dei mezzi di trasporto, ad esempio evitando strade trafficate, in ottica riduzione del consumo di carburante ed emissione di gas serra. Oltre a ciò, nell'articolo viene inoltre affermato che un sistema Blockchain può essere utilizzato come sistema di incentivi, mediante benefici finanziari tramite tokens e l'impiego di smart contracts, per il rispetto di alcune norme in materia di gestione rifiuti e nell'utilizzare un sistema di gestione basato sull'economia circolare.

Altri journals frequenti all'interno delle pubblicazioni individuate sono *Transportation Research part E*, rivista relativa alla logistica, con 5 pubblicazioni e *l'International Journal of Information Management*, journal relativo alla gestione dell'informazione, con 4. Queste riviste affrontano tematiche più affini all'ambito Supply Chain Management e sono fra le riviste in assoluto più rilevanti in ambito internazionale. Si tratta di due delle riviste che era più preventivabile trovare tra le più frequenti all'interno del campione di articoli; forse era attesa una maggiore presenza di questi due journals all'interno degli snowballing papers.

Per rispondere, invece, al quesito successivo riguardante la qualità delle riviste in cui gli articoli del campione sono stati pubblicati è necessario prendere in considerazione indicatori comunemente utilizzati come punto di riferimento per analisi analoghe a questa: *l'impact factor* e il quartile. *L'impact factor* è un indice bibliometrico sviluppato nel 1961 che misura il numero medio di citazioni ricevute nell'anno di riferimento dagli articoli pubblicati all'interno di una rivista scientifica nei due anni precedenti [20]. Maggiore è *l'impact factor*, maggiore è l'impatto delle pubblicazioni della rivista sulla comunità scientifica di riferimento e quindi può essere utilizzato come stima della qualità delle riviste.

Il quartile, invece, è una misura derivata dell'*impact factor*. Ogni rivista può appartenere ad una di quattro possibili categorie: Q1, Q2, Q3 e Q4. Le riviste di categoria Q1 sono considerate le più importanti mentre le riviste Q4 sono le meno rilevanti dal punto di vista scientifico. Per assegnare una rivista ad una determinata categoria, si esegue un semplice metodo: tutte le possibili riviste scientifiche che trattano un determinato ambito disciplinare sono ordinate in maniera decrescente sulla base del proprio *impact factor* (ovvero, la rivista con *l'impact factor* più alto occuperà la posizione numero 1, e quella con *l'IF* più basso occuperà l'ultima posizione) per stilare una classifica delle riviste su una base oggettiva. A questo punto, si effettua il rapporto tra la posizione in classifica occupata dalla rivista di interesse ed il numero totale di riviste presenti in graduatoria: se il rapporto è inferiore o uguale a 0.25, allora la rivista appartiene alla categoria Q1; se è compreso tra 0.25 e 0.50 incluso, allora è di categoria Q2; se è compreso tra 0.50 e 0.75 incluso, allora appartiene alla categoria Q3; infine, se il rapporto è superiore a 0.75 allora è da considerare Q4 [21]. Una rivista che possiede più argomenti principali può avere più di una classificazione per quartili (ad esempio può essere Q1 in un determinato ambito disciplinare e Q3 in un altro).

Per effettuare l'analisi sulla qualità delle riviste, occorre stabilire quale indicatore è da preferire. *L'impact factor* presenta una misura puntuale della qualità delle riviste, ma che non consente un confronto diretto in quanto non viene preso in considerazione il differente ambito disciplinare che due riviste possono avere e quindi anche le differenti misure dell'*IF* che due ambiti diversi possono avere. Il quartile, che è una misura derivata dell'*IF*, è già definito sulla base degli argomenti trattati

e consente di effettuare confronti anche fra riviste molto diverse tra di loro. È perciò il quartile che verrà preso in considerazione per questa analisi.

Ciascuna delle due tecnologie viene considerata in maniera separata. All'interno di ogni sottoinsieme di articoli si effettua un semplice conteggio per andare a valutare quanti articoli appartengono a riviste delle diverse categorie. I risultati sono quindi riportati negli areogrammi presentati in figura 6:

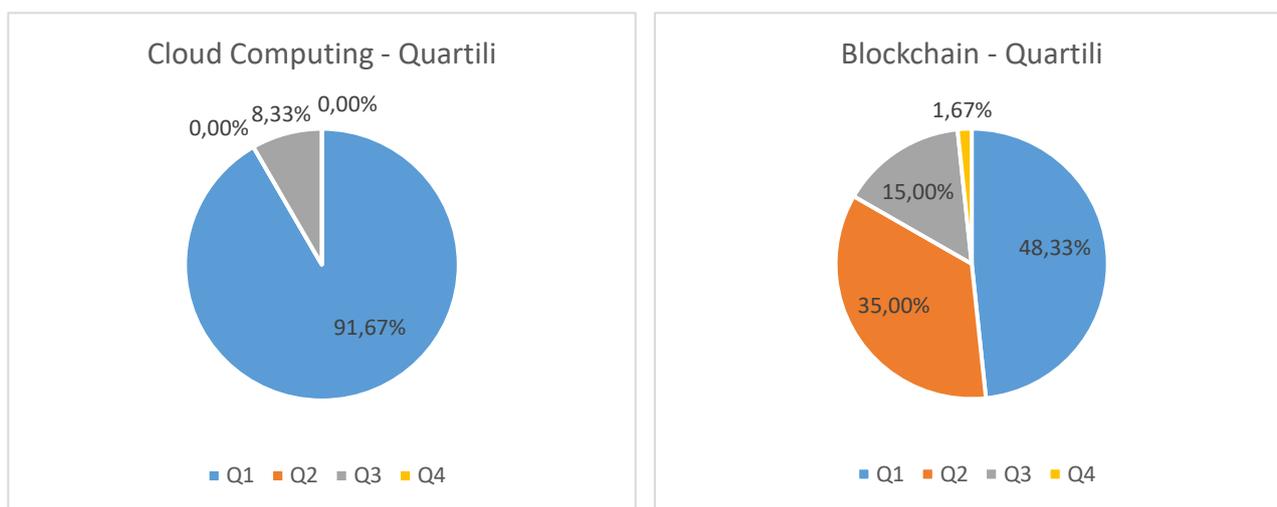


Figura 6. Areogrammi con distribuzione dei quartili delle riviste

Per quanto riguarda la tecnologia Cloud Computing, è possibile notare che ben 11 delle 12 pubblicazioni trovate (91,67%) appartiene a riviste di categoria Q1 mentre un'unica pubblicazione appartiene alla categoria Q3. Sono assenti, all'interno del campione, le riviste di categoria Q2 e Q4. Ciò significa che è in gran parte la letteratura di alta qualità ad occuparsi di questa tecnologia in ambito supply chain. Generalmente, si tratta di una situazione positiva in quanto lo studio da parte di grandi esperti accademici permette lo sviluppo di nuovi approcci innovativi ma in questo caso specifico potrebbe essere anche dovuto al fatto che la ricerca sul Cloud sia ancora allo stato embrionale; in parte, potrebbe anche spiegare la ragione per cui il numero di pubblicazioni individuate sia limitato. È, tuttavia, importante sottolineare che il campione di articoli individuati non sia molto numeroso e quindi può non essere particolarmente rappresentativo della situazione reale.

Per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, invece, è presente almeno un articolo appartenente ad ogni quartile. Circa la metà dei papers individuati (29, il 48,33%) appartiene a riviste di categoria Q1; 21 di essi, invece, appartiene a riviste di categoria Q2 (a cui appartiene anche la rivista più frequente, *Sustainability*). Un totale di 50 riviste su 60 (oltre l'80%) delle riviste appartiene, quindi, ai primi due quartili Q1 e Q2. Solamente una piccola quota di papers (10, il 16,7%) è incluso nelle categorie Q3 e Q4. È possibile concludere che anche per questa tecnologia prevale la letteratura di alta qualità. Tuttavia, è presente, anche se in piccola parte, una quota di articoli appartenenti a riviste di bassa categoria per cui, l'applicazione della tecnologia Blockchain all'interno delle supply chains interessa molto anche la ricerca scientifica non elitaria. Questo fenomeno testimonia il fatto che la letteratura relativa alla tecnologia Blockchain si trova, diversamente da quanto emerge per il Cloud, in una fase più avanzata di sviluppo.

3. Analisi bibliografica di dettaglio

In questo capitolo, sono discusse le analisi critiche più complesse delle pubblicazioni individuate per completare il passo 5) del processo di revisione sistematica della letteratura. Nel paragrafo 3.1 è descritto il processo di classificazione degli articoli sulla base delle informazioni contenute e degli argomenti trattati e sono presentati i risultati ottenuti; nel paragrafo 3.2 sono analizzate le possibili relazioni inter-funzionali tra le categorie di classificazione; in seguito, nel paragrafo 3.3 sono discusse le teorie individuate all'interno degli articoli facenti parte il campione; nel paragrafo 3.4 sono analizzate le combinazioni d'uso identificate tra le tecnologie digitali dell'Industria 4.0. Nel paragrafo 3.5 sono, infine, sintetizzati i risultati delle analisi critiche condotte.

3.1 Classificazione degli articoli

Nei paragrafi 2.3 e 2.4 sono state discusse alcune analisi molto semplici quali l'andamento temporale del campione di articoli e la valutazione della qualità delle riviste. È però necessario per il prosieguo della revisione sistematica non limitarsi alle suddette analisi ma introdurre altre discussioni interessanti più dettagliate. Prima di poter eseguire le analisi successive, è necessario procedere, innanzitutto, con la classificazione degli articoli. Tra le varie possibilità di classificazione, con i docenti relatori sono state concordate tre tipologie di classificazione: la classificazione per **attività**, la classificazione per **problematica affrontata** e la classificazione per **metodologia**.

1. Nella classificazione per attività, l'obiettivo è individuare all'interno di quale area disciplinare all'interno del Supply Chain Management l'articolo discute una possibile applicazione della tecnologia. Questa tipologia di classificazione consente di identificare le attività in cui un'applicazione della tecnologia discussa può avere maggiori vantaggi oppure in quali aree gestionali la Supply Chain richiede maggiore supporto da un'innovazione digitale. In base all'attività a cui tale articolo si riferisce, le categorie alle quali un articolo può appartenere sono le seguenti:
 - 1.1. **Transportation**, di cui fanno parte tutti gli articoli relativi al trasporto delle merci;
 - 1.2. **Inventory Management**, ovvero tutti gli articoli relativi alla gestione del magazzino;
 - 1.3. **Manufacturing**, ovvero gli articoli relativi alla produzione;
 - 1.4. **Procurement**, ovvero gli articoli relativi all'approvvigionamento delle materie prime e alle relazioni con i fornitori;
 - 1.5. **Warehousing**, ovvero relativo alla progettazione dei magazzini e alla logistica interna;
 - 1.6. **Demand forecasting, marketing e pricing**, di cui fanno parte tutti gli articoli relativi alla previsione della domanda di mercato, al marketing e alle logiche di prezzo;
 - 1.7. **Customer relationship**, ovvero tutti gli articoli relativi alla gestione del portafoglio clienti e alle relazioni associate;
 - 1.8. Non tutti gli articoli citano una attività specifica: se un articolo tratta il Supply Chain Management in termini generali o non specifica alcuna attività, allora lo si include nell'ultima categoria, **Overall supply chain**;

2. Nella seconda tipologia di classificazione, la classificazione per problematica, si identifica quale criticità viene discussa all'interno dell'articolo. Questo tipo di classificazione mira ad individuare le problematiche più rilevanti in Supply Chain Management che possono essere risolte, almeno in parte, dall'introduzione di una tecnologia digitale. In base alla problematica affrontata, le categorie alle quali un articolo può appartenere sono le seguenti:

- 2.1. Information sharing** (disponibilità e condivisione delle informazioni rilevanti);
- 2.2. Revenue/Cost sharing** (incentivi per l'ottimizzazione globale della supply chain);
- 2.3. Risk management** (gestione del rischio);
- 2.4. Performance assessment/measurement** (miglioramento delle prestazioni e loro misura);
- 2.5. Sustainability** (sostenibilità ambientale e/o sociale);
- 2.6. Financial** (gestione delle risorse finanziarie);
- 2.7. Scheduling** (gestione delle code e delle priorità di lavorazione);
- 2.8. Business model** (sviluppo e gestione di nuovi modelli di business innovativi);

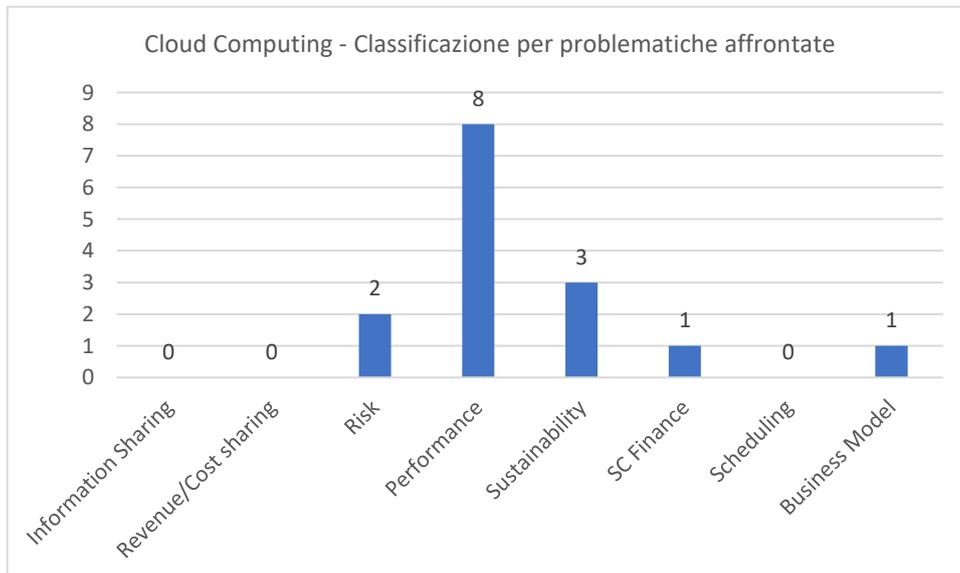
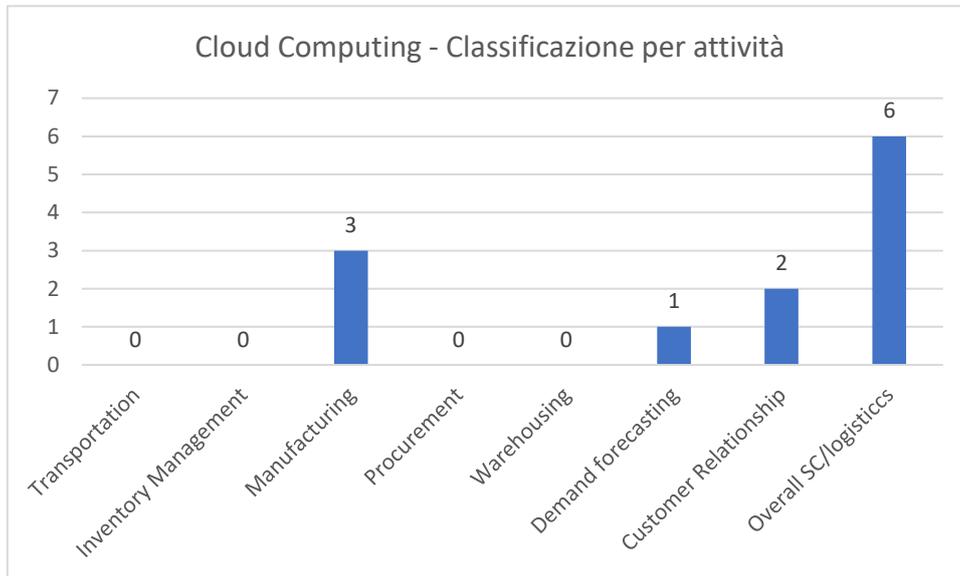
3. L'ultima tipologia presa in considerazione è la classificazione per metodologia: ogni articolo utilizza una o anche più tecniche in maniera combinata per discutere gli argomenti di interesse e giungere a delle conclusioni rilevanti. Questa analisi ha come scopo l'individuazione delle metodologie più utilizzate in letteratura e l'identificazione di eventuali tecniche non ancora esplorate. In base alla metodologia di studio utilizzata, le categorie alle quali un articolo può appartenere sono le seguenti:

- 3.1. Optimization/Mathematical Model** (modelli matematici);
- 3.2. Simulation** (simulazione);
- 3.3. System dynamics.**
- 3.4. Survey/Case study** (dati empirici ottenuti tramite interviste o questionari con esperti/casi di studio);
- 3.5. Literature review** (analisi di letterature scientifiche e revisioni sistematiche);
- 3.6. Conceptual/framework** (articoli teorici, diagrammi);
- 3.7. Hypothesis test** (test di ipotesi).
- 3.8. Architecture development** (sviluppo di architettura software);
- 3.9. Platform development** (sviluppo di piattaforma software);
- 3.10 MCDM methods** (analisi multicriteri);

Affinché un paper sia inserito correttamente in ogni categoria di appartenenza per ogni tipologia di classificazione, è necessaria un'attenta lettura del contenuto. È importante sottolineare che, in generale, un articolo può appartenere a più di una categoria all'interno di una classificazione, in particolare per quanto riguarda la classificazione per metodologie. All'interno della tabella sono state salvate, oltre ad altre informazioni, alcuni brevi cenni sugli argomenti trattati, i risultati ottenuti e una breve sintesi. Queste informazioni memorizzate possono essere utilizzate come supporto per una classificazione più accurata.

Al termine dell'analisi di ogni articolo, i risultati sono memorizzati in tre diverse tabelle a seconda della tipologia di classificazione. Tramite un conteggio, si individua il numero di articoli appartenenti

ad ogni categoria e i totali sono infine rappresentati mediante istogrammi. Poiché un articolo può essere presente in più di una categoria, il totale non coincide con il numero totale di articoli individuati. Per quanto riguarda la tecnologia Cloud Computing, i risultati della classificazione sono sintetizzati nei tre grafici in figura 7:



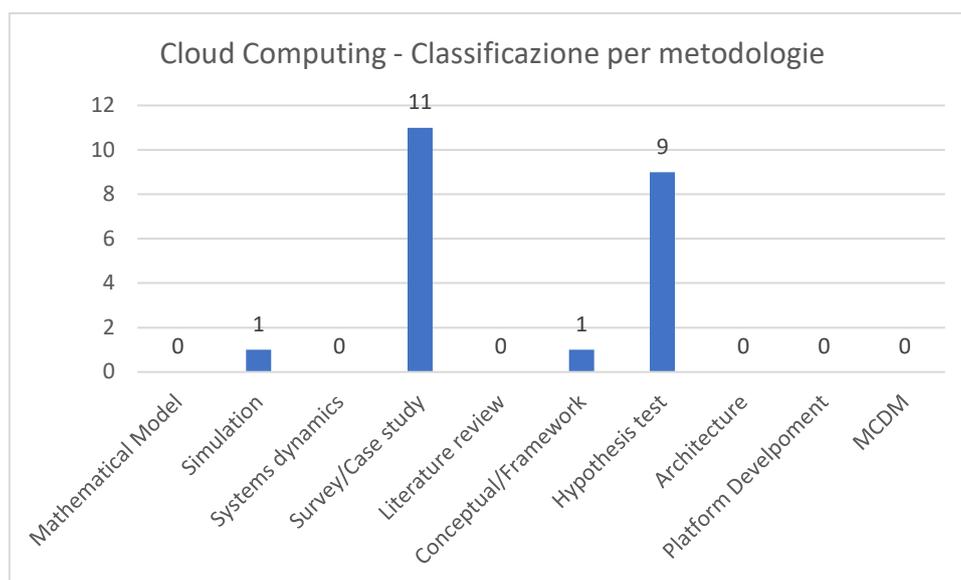


Figura 7a-b-c. Risultati della classificazione dei papers per la tecnologia Cloud

Nella prima tipologia di classificazione, i 12 papers individuati che trattano la tecnologia Cloud si collocano principalmente nell'ultima categoria (Overall SC, 6 articoli su 12, il 50%). Le attività maggiormente presenti all'interno del campione di articoli individuato sono la produzione (con 3 articoli) e le relazioni con i clienti (con 2). Dato il numero molto limitato di articoli non appartenenti all'ultima categoria, dalla figura 7a è molto difficile trarre conclusioni interessanti. Questo fatto può in parte supportare l'ipotesi che la bibliografia sulle applicazioni Cloud in supply chain è ancora alle fasi iniziali di sviluppo.

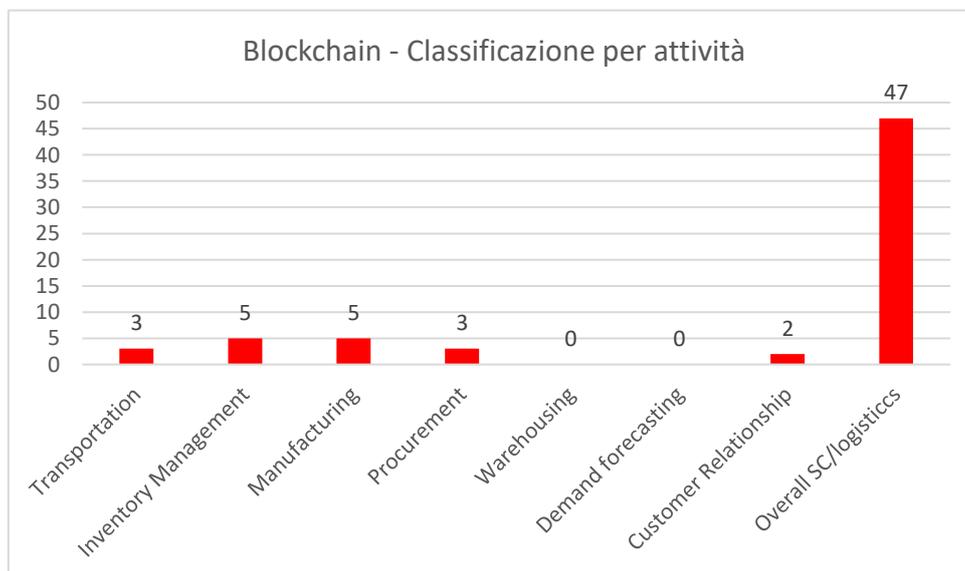
Diverso è invece il discorso per quanto riguarda la seconda possibilità di classificazione: in figura 7b è possibile osservare che la problematica preponderante all'interno del campione è la performance della supply chain. In linea con quanto stabilito nel paragrafo 1.3, da questa analisi risulta che l'applicazione della tecnologia Cloud Computing ha fra i suoi effetti più rilevanti il fatto di poter migliorare le performance del sistema, in particolare per quanto riguarda i costi e la produttività. Tra i papers più interessanti individuati in questa categoria, (Subramanian *et al.*, 2015) rivela che gli aspetti che maggiormente attraggono piccoli e medi provider logistici verso il Cloud Computing sono i cost savings derivati dall'evitare l'acquisto di costosi server per l'infrastruttura informatica interna e i vantaggi operativi dovuti all'efficienza e alla scalabilità dei servizi offerti dal Cloud provider; invece, (Lin *et al.*, 2021) mostra che il Cloud Computing ha effetti significativi sulle performance organizzative delle imprese e, di conseguenza, anche sulle competenze interne. È però importante sottolineare che la maggior parte di questi articoli utilizza la metodologia test d'ipotesi per cui non sono presenti dati empirici che possano confermare la validità delle ipotesi testate.

Altra problematica interessante affrontata negli articoli è la sostenibilità. La tematica della sostenibilità è trattata da tre articoli: in tutti e tre gli articoli sono proposte alcune ipotesi sulla correlazione tra le caratteristiche fondamentali del Cloud Computing e il Green Supply Chain Management; le ipotesi, in generale, risultano essere tutte confermate dalle surveys utilizzate per i test, a supporto del fatto che questa tecnologia è compatibile con l'adozione di logiche di gestione

più mirate alla sostenibilità, tra cui la gestione più efficiente delle risorse e la riduzione del consumo energetico; è però tuttavia evidente la mancanza di un paper che discute le correlazioni tra Cloud e sostenibilità attraverso casi di studio e dati empirici mediante lo sviluppo di una piattaforma software basata su questa tecnologia.

Infine, in figura 7c è presentato il risultato relativo alla classificazione per metodologie; come già in parte evidenziato in precedenza, è evidente che gli articoli che trattano questa tecnologia utilizzano principalmente due metodologie: le interviste con esperti o aziende e il test di ipotesi, spesso in maniera combinata; queste due tecniche hanno però il difetto di rilevare risultati difficilmente generalizzabili in quanto le surveys, e i risultati dei test d'ipotesi di conseguenza, si limitano a considerare determinati paesi o settori industriali. Affinché si possano ottenere dei risultati più oggettivi è necessario invece adottare metodologie quali le *literature reviews* e la discussione di casi di studio, che sono, al contrario, praticamente assenti all'interno del campione. Ciò può supportare l'ipotesi che la letteratura riguardante l'applicazione della tecnologia Cloud all'interno delle supply chains sia ancora allo stato embrionale; infatti, dalle analisi effettuate si ha la sensazione che la bibliografia si limiti ancora a chiedersi se il Cloud Computing abbia degli effetti positivi sulla performance, ma senza considerare dati empirici che possano supportare queste ipotesi. E' evidente che è necessaria ulteriore ricerca in questo ambito, sono fondamentali, da un lato, revisioni sistematiche della letteratura simili a questa ma più approfondite per ricercare delle tendenze generali sulle applicazioni di questa tecnologia in ambito supply chain, mentre dall'altro lato è assolutamente indispensabile la discussione di alcuni casi di studio di progetti pilota in importanti aziende, corredati da dati empirici che possono confermare in maniera oggettiva i vantaggi e le correlazioni individuate dai test d'ipotesi.

In figura 8 sono, invece, presentati i risultati relativi alla tecnologia Blockchain:



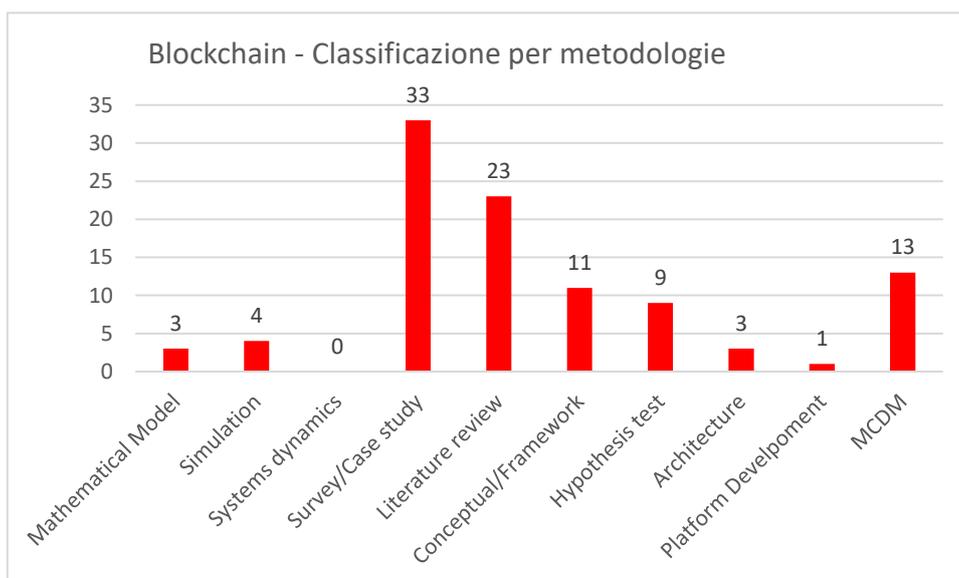
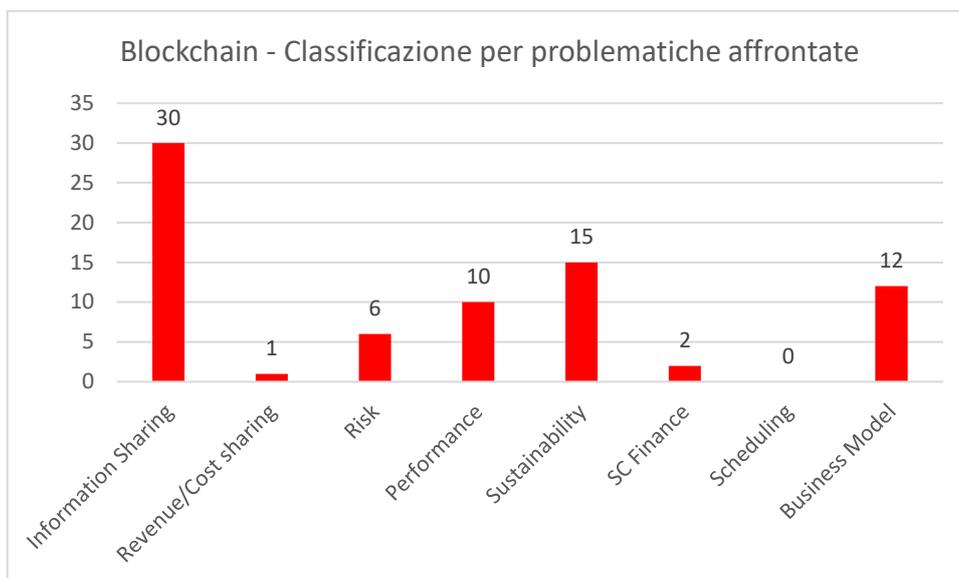


Figura 8a-b-c. Risultati della classificazione degli articoli riguardanti la tecnologia Blockchain

La prima tipologia di classificazione, la classificazione per attività, è presentata in figura 8a. In maniera analoga rispetto alla tecnologia Cloud, anche in questo caso gli articoli si collocano in grande numero nell'ultima categoria (47 su 60) e questa situazione non permette di ottenere informazioni interessanti. Visti gli scarsi risultati ottenuti con questa classificazione, è possibile concludere che la classificazione per attività non è molto significativa.

I risultati relativi alla classificazione per problematiche affrontate sono presentati in figura 8b. La problematica più frequente è la gestione e condivisione delle informazioni, e questo fatto era assolutamente prevedibile dato che la Blockchain si inserisce tra le tecnologie abilitanti che consentono l'*Information Sharing*. Gli aspetti più interessanti in questo ambito sono, secondo la

bibliografia individuata, sono la semplificazione delle interazioni tra i vari soggetti, che hanno a disposizione un registro di dati oggettivi e immutabili e la gestione automatica delle transazioni che consente l'introduzione degli smart contracts (Babich and Hilary, 2019).

Da notare come una buona quantità di articoli (ben 15) tratta la problematica della sostenibilità, nonostante questa tecnologia non fosse, almeno in prima ipotesi, adatta alle tematiche green visti i forti vincoli energetici a cui è sottoposta. Gli aspetti in materia di sostenibilità sono già stati evidenziati nel paragrafo 2.4. In generale, anche grazie al fatto che sono stati individuati un maggior numero di articoli, la tecnologia Blockchain ha una letteratura più completa in quanto tratta quasi tutte le problematiche possibili. Altro aspetto interessante individuato in questo caso è il numero limitato di articoli relativo alla problematica della performance, solamente 10. Questo fenomeno dimostra che, fra i vantaggi di un sistema Blockchain, il miglioramento delle prestazioni della supply chain, non è da considerarsi uno dei principali.

Per quanto riguarda l'ultima possibilità di classificazione, la classificazione per metodologie, i risultati sono presentati in figura 8c. Anche in questo caso, la letteratura relativa alla tecnologia Blockchain risulta più completa, in quanto è presente almeno un articolo in quasi tutte le categorie. La categoria più frequente, in maniera analoga al caso Cloud Computing, è la categoria *survey/case study*, ovvero la raccolta di dati empirici attraverso interviste con esperti e/o aziende, le più diffuse e casi di studio, anch'essi presenti ma in maniera meno marcata. Tali metodologie sono spesso abbinate ad altre quali le analisi multicriteri o i test di ipotesi. Tuttavia, è possibile notare come questi ultimi non sono così frequenti come nel caso Cloud; al contrario, sono molto più numerose le *literature reviews*. È inoltre interessante sottolineare la presenza, seppur molto limitata, di papers che utilizzano metodologie quali modelli matematici e simulazioni. Sono, invece, molto più limitate le discussioni di sistemi software di gestione supply chain basate sulla Blockchain. È possibile desumere dai risultati di questa analisi che, rispetto al caso Cloud, la letteratura relativa alla Blockchain si trova ad uno stato più maturo di sviluppo, ma con ancora alcuni aspetti che necessitano un approfondimento in future ricerche: è consigliabile utilizzare maggiormente casi di studio reali contornati da analisi di tipo matematico oppure da dati empirici e discussioni di un sistemi software per rendere la trattazione delle applicazioni Blockchain più a livello operativo.

3.2 Relazioni inter-funzionali

Una volta conclusa la classificazione degli articoli discussa, si procede con l'esaminare più nel dettaglio i grafici rappresentati nel paragrafo precedente andando ad analizzare le relazioni inter-funzionali tra le diverse tipologie di classificazione. A titolo di esempio, si prendano in considerazione gli articoli che trattano la problematica della sostenibilità di una determinata tecnologia; lo scopo di questa analisi si può riassumere con le risposte alle domande seguenti: Quali attività sono trattate maggiormente dagli articoli di questa categoria? Qual è la metodologia preponderante? È possibile dunque affermare che tale analisi si basa su una sorta di classificazione incrociata. Oltre all'obiettivo andare ad individuare quanti articoli fanno parte, contemporaneamente, di due categorie relative a diverse tipologie di classificazione per identificare la presenza di correlazioni, questa analisi mira anche a identificare possibili combinazioni non ancora presenti all'interno della letteratura che possono essere esplorate in studi futuri.

Le relazioni più significative per questo studio sono le relazioni attività/problemativa e problematica/metodologia, che saranno oggetto di analisi. Per ognuna di queste combinazioni, è necessario compilare una tabella in cui su righe e colonne sono rappresentate le categorie di una e dell'altra tipologia di classificazione. Ogni articolo viene quindi inserito all'interno della cella corrispondente in base agli argomenti trattati. Va sottolineato che un articolo può essere presente in più categorie ed i risultati, di conseguenza, non saranno perfettamente coincidenti a quelli presentati in precedenza. I risultati sono dunque rappresentati tramite un grafico a barre in pila.

Nelle tabelle numero 1 e grafico 9 sono presentati i risultati per la combinazione attività/problemativa quanto riguarda la tecnologia Cloud:

Supply chain processes/ Supply chain issues	Information Sharing	Revenue/Cost sharing	Risk	Performance	Sustainability	Financial	Scheduling	Business Model
Transportation	0	0	0	0	0	0	0	0
Inventory Management	0	0	0	0	0	0	0	0
Manufacturing	0	0	0	2	0	0	0	1
Procurement	0	0	0	0	0	0	0	0
Warehousing	0	0	0	0	0	0	0	0
Demand Forecasting	0	0	0	1	0	0	0	0
Customer Relationship	0	0	0	2	0	0	0	0
Overall SC/logistics	0	0	2	3	3	1	0	0

Tabella 1. Tabella risultante dalle analisi sulle combinazioni attività/problemativa per il Cloud Computing

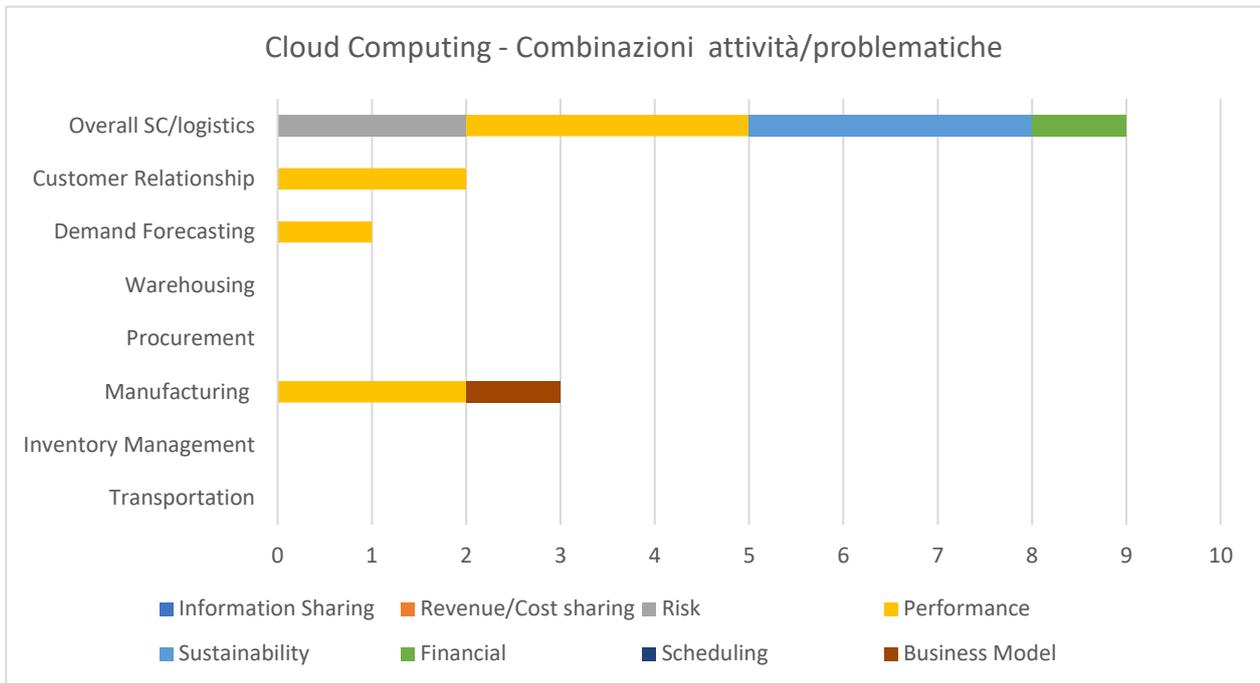


Figura 9. Grafico risultante dallo studio sulle combinazioni attività/problematica per il Cloud Computing

I risultati ottenuti nella ricerca di relazioni inter-funzionali tra attività e problematiche, presentati in figura 9, rivelano come sia difficile giungere a conclusioni interessanti dato il limitato numero di pubblicazioni identificate riguardanti la tecnologia Cloud Computing e il fatto che la maggior parte di esse appartiene all'ultima categoria (Overall Supply Chain). I numeri più elevati in tabella mostrano come le relazioni più frequenti siano tra categoria Overall-categoria Performance e tra categoria Overall e categoria Sustainability, entrambe con tre articoli individuati. È possibile notare che la maggior parte delle problematiche individuate si trovi in combinazione con un'unica categoria della classificazione per attività; fa eccezione la problematica più frequente all'interno del campione, il miglioramento delle prestazioni. Questa problematica, seppur in maniera limitata, è discussa in combinazione con quattro attività: oltre all'Overall sono presenti combinazioni con l'attività della produzione, le relazioni con i clienti, e la previsione della domanda; il che la rende comunque la problematica affrontata in maniera più dettagliata. È però importante sottolineare che il numero di articoli individuati in queste combinazioni è troppo basso (non più di due articoli) per giungere a una qualche stima di relazione inter-funzionale. La problematica Sustainability, invece, è presente solo in combinazione con la categoria Overall, cioè, all'interno del campione, non viene affrontata in combinazione con le attività specifiche della supply chain ma solo in maniera generale. Questo fatto non la rende particolarmente interessante in quanto mancano alcune considerazioni riguardanti attività specifiche che possono essere catturate solamente con delle analisi più dettagliate e che sono molto più rilevanti dal punto di vista operativo. Si consiglia, in studi futuri, di andare ad esplorare la problematica della sostenibilità in ambito applicazioni Cloud in supply chain

in maniera più dettagliata e di integrare ulteriormente la letteratura relativa alla problematica delle prestazioni con un maggior numero di articoli.

In tabella 2 e in figura 10 sono invece rappresentati i risultati per quanto riguarda la combinazione problematica/metodologia:

Methodologies/SC issues	Information Sharing	Revenue/Cost sharing	Risk	Performance	Sustainability	Financial	Scheduling	Business Model
Mathematical Model	0	0	0	0	0	0	0	0
Simulation	0	0	1	0	0	0	0	0
System Dynamics	0	0	0	0	0	0	0	0
Survey/Case study	0	0	1	8	3	1	0	1
Literature review	0	0	0	0	0	0	0	0
Conceptual/Framework	0	0	0	1	0	0	0	0
Hypothesis Test	0	0	1	7	3	1	0	0
Architecture development	0	0	0	0	0	0	0	0
Platform/Computer system	0	0	0	0	0	0	0	0
MCDM	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 2. Tabella risultante dall'analisi delle combinazioni problematica/metodologia per il Cloud

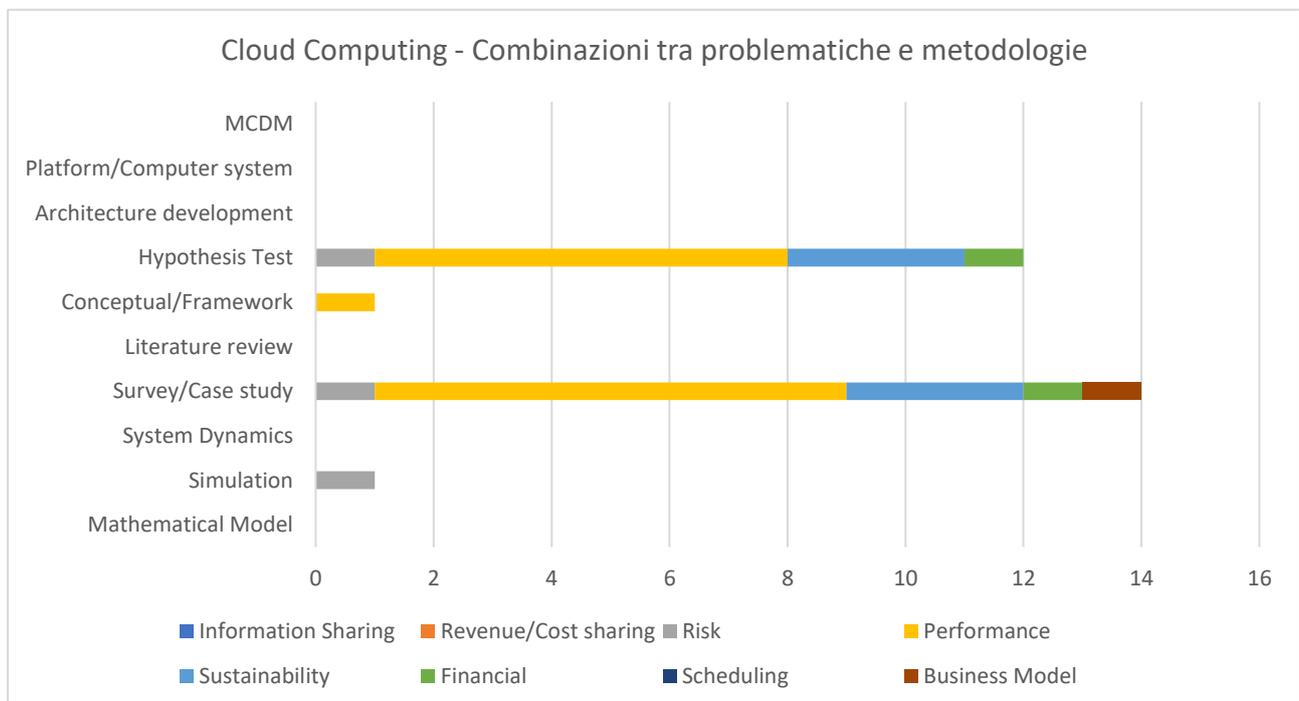


Figura 10. Grafico risultante dallo studio sulle combinazioni problematica/metodologia per la tecnologia Cloud

L'analisi di questa relazione inter-funzionale non è particolarmente interessante. In questo caso, gli articoli individuati si dividono equamente tra le due metodologie più frequenti ed utilizzate in maniera combinata, le interviste con esperti ed aziende e il test di ipotesi, e, a parte rare eccezioni, non sono presenti articoli nelle combinazioni con le altre metodologie. Questo consente di affermare che queste due metodologie, spesso usate in combinazione, possono essere impiegate per descrivere diversi tipi di problematiche, mentre nulla si può dire sulle restanti metodologie, in quanto non sono stati individuati articoli che le adoperano all'interno del campione.

Dopo aver analizzato entrambe le relazioni inter-funzionali per quanto riguarda le applicazioni della tecnologia Cloud Computing, è possibile concludere affermando che questo tipo di analisi non è efficace nel presentare possibili relazioni tra le categorie di classificazione: da un lato, il numero molto limitato di articoli individuati per questa tecnologia, e, dall'altro lato, il fatto che questi papers all'interno del campione si trovino concentrati in poche categorie di classificazione per una tipologia, come quella per metodologia e invece piuttosto isolati per quanto riguarda un'altra tipologia di classificazione non consentono di ottenere grossi risultati. Si consiglia, in studi futuri interessati a questo tipo di analisi, di utilizzare un maggior numero di articoli, ad esempio, considerando più databases scientifici e di includere anche parte di letteratura grigia per avere un campione più adeguato su cui svolgere le analisi.

Nella seconda parte del paragrafo sono, invece, presentati i risultati della stessa analisi per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, partendo dall'analisi delle relazioni attività/problematica (tabella 3 e grafico 11):

Supply chain processes/chain issues	Supply	Information Sharing	Revenue/Cost sharing	Risk	Performance	Sustainability	Financial	Scheduling	Business Model
Transportation		2	0	0	0	1	0	0	2
Inventory Management		3	1	1	1	1	0	0	1
Manufacturing		2	0	1	2	2	1	0	0
Procurement		2	1	0	0	0	1	0	0
Warehousing		0	0	0	0	0	0	0	0
Demand Forecasting		0	0	0	0	0	0	0	0
Customer Relationship		1	0	0	0	0	1	0	0
Overall SC/logistics		23	0	5	7	12	0	0	10

Tabella 3. Tabella risultante dalle analisi attività/problematica per la Blockchain

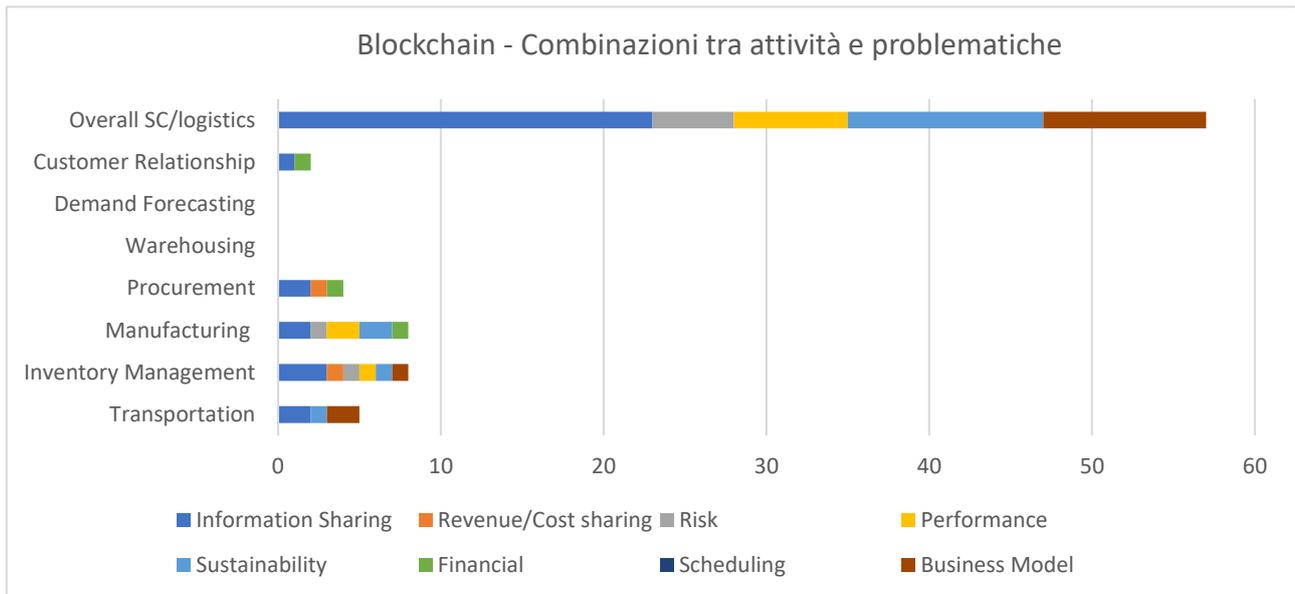


Figura 11. Grafico risultante dallo studio sulle combinazioni attività/problematICA per la tecnologia Blockchain

I risultati di questo tipo di analisi portano con sé i limiti relativi alla classificazione per attività. Infatti, come è stato già mostrato in precedenza, in questa classificazione gli articoli sono concentrati nell'ultima categoria, Overall supply chain, e sono molto meno numerosi gli articoli relativi ad una attività specifica. Di conseguenza, anche per quanto riguarda questo tipo di analisi si ottengono risultati analoghi: il maggior numero di articoli individuati si trova nell'intersezione tra l'attività e la problematica più frequenti identificate all'interno del campione, ovvero la combinazione Overall-Information Sharing (con 23 articoli individuati); altre combinazioni rilevanti sono Overall-Sustainability (12 articoli) e Overall-Business Models (con 10 articoli). Sono, invece, scarsamente significative le combinazioni con le altre attività, dato il numero esiguo di articoli individuati in ciascuna di esse. In maniera analoga al caso Cloud, nonostante il numero maggiore di articoli individuati, anche in questo caso la problematica della sostenibilità è presente, salvo rare eccezioni, solamente in combinazione con la categoria Overall. Nelle ricerche future è conveniente andare ad analizzare più nel dettaglio l'applicazione della Blockchain in una determinata attività di Supply Chain Management piuttosto che trattare l'applicazione della tecnologia in maniera globale per cogliere gli aspetti caratteristici di ogni diversa attività; anche per quanto riguarda la problematica della sostenibilità, sarebbe più opportuno discuterla più dettagliatamente in combinazione ad un'attività specifica.

Si prosegue con i risultati ottenuti per la relazione problematica/metodologia (tabella 4 e figura 12):

Methodologies/SC issues	Information Sharing	Revenue/Cost sharing	Risk	Performance	Sustainability	Financial	Scheduling	Business Model
Mathematical Model	2	1	0	0	1	0	0	1
Simulation	0	0	2	4	0	1	0	0
System Dynamics	0	0	0	0	0	0	0	0
Survey/Case study	10	0	1	7	10	1	0	11
Literature review	19	0	1	1	5	0	0	2
Conceptual/Framework	8	0	2	0	1	1	0	1
Hypothesis Test	4	0	0	2	4	0	0	2
Architecture development	1	0	0	2	0	0	0	1
Platform/Computer system	0	0	0	0	1	0	0	1
MCDM	3	0	3	2	3	0	0	3

Tabella 4. Tabella risultante dalle analisi sulle combinazioni problematica/metodologia per la Blockchain

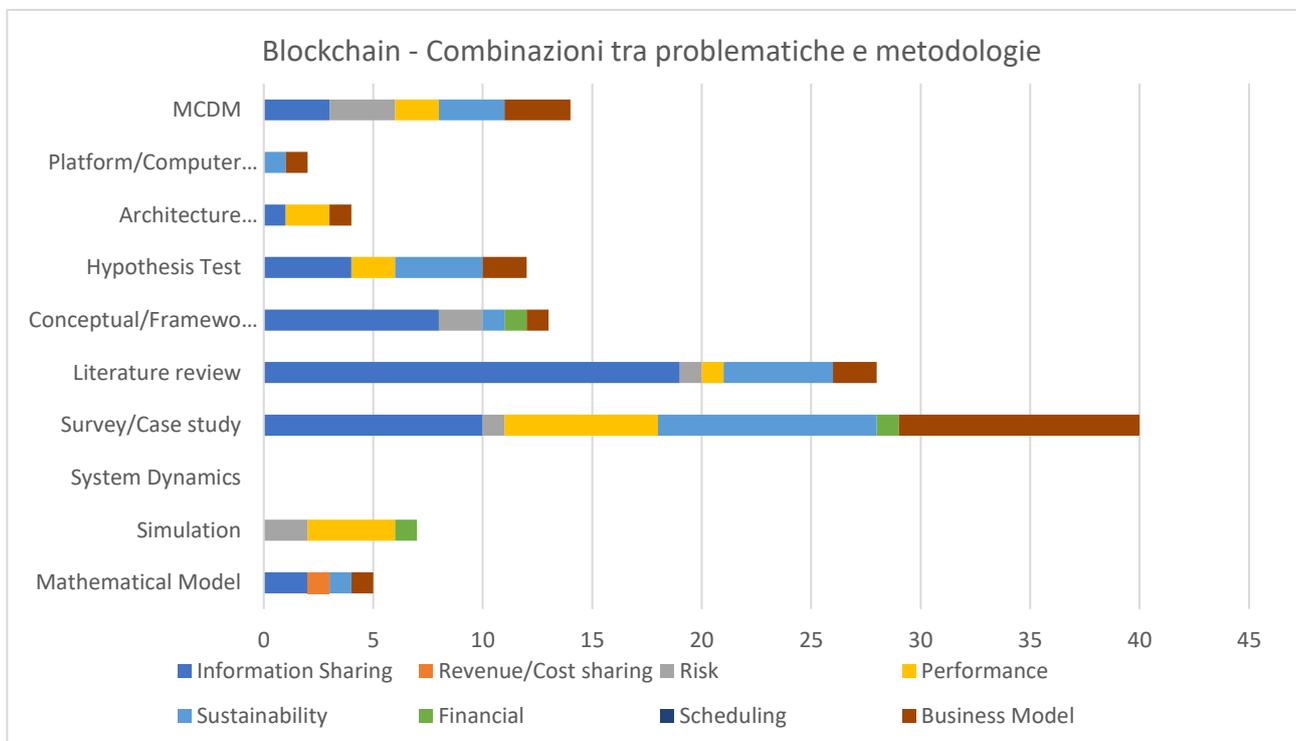


Figura 12. Grafico risultante dallo studio sulle combinazioni problematica/metodologia per la tecnologia Blockchain

In figura 12 sono invece presentati i risultati per quanto riguarda le relazioni inter-funzionali tra problematiche e metodologie. I risultati, in questo caso, sono i più completi in assoluto poiché sono presenti molteplici combinazioni possibili. La combinazione con il maggior numero di pubblicazioni individuate è quella Literature review-Information sharing (con 19 articoli individuati). La maggior parte delle pubblicazioni che trattano la problematica più frequente, ovvero la gestione delle informazioni, in questo caso non impiega la metodologia più frequente, ovvero la metodologia *survey/case study*, ma la metodologia *literature review*. La metodologia *survey/case study* viene utilizzata, invece, per trattare più problematiche diverse, in particolare quattro (Information Sharing, Performance, Sustainability e Business Models), a supporto del fatto che può essere

impiegata per impostare diversi tipi di articoli. È possibile comunque affermare che le diverse problematiche sono discusse utilizzando diversi metodi spesso utilizzati in combinazione fra di loro e, a differenza di quanto è stato individuato invece per la tecnologia Cloud, non solamente una coppia di metodologie preponderanti. Ciò rende la letteratura relativa alla tecnologia Blockchain molto più completa.

I risultati ottenuti supportano l'ipotesi della più avanzata fase di sviluppo della tecnologia Blockchain. La letteratura è però ancora carente in materia di applicazioni reali di sistemi basati su questa tecnologia. Si conclude consigliando in future ricerche di provare ad esplorare le possibili combinazioni che non sono state individuate in questo studio, includendo un maggior numero applicazioni reali di sistemi basati sulla Blockchain come, ad esempio, piattaforme software di supporto.

3.3 Analisi delle teorie utilizzate

È prassi comune in letteratura l'integrazione di una o più teorie all'interno della pubblicazione da utilizzare come base per modellizzare gli argomenti trattati o per descriverli in maniera più accurata. Di conseguenza, può essere molto interessante andare ad indagare su quali teorie vengono utilizzate all'interno degli articoli individuati e quali sono maggiormente frequenti. Il prossimo passo è perciò l'analisi delle teorie.

Gli 88 articoli identificati sono pertanto analizzati alla ricerca di teorie utilizzate all'interno del testo senza distinguere, inizialmente, per tecnologia trattata. Ciascun articolo viene dunque riportato in una tabella preimpostata dai docenti in cui sono riportati diversi esempi di teorie che possono essere trattate. Naturalmente, ogni articolo può avere al proprio interno una o più teorie ma anche non averne alcuna. In ogni caso, la teoria va considerata come trattata solo se viene effettivamente utilizzata all'interno dell'articolo e non solamente se viene citata ad esempio per fare un confronto fra teorie per optare per quella più opportuna.

Al termine del processo di ricerca, un totale di 16 teorie è stato identificato all'interno del campione. La maggior parte di esse era già presente all'interno della tabella proposta dai docenti, mentre quattro sono invece state aggiunte in quanto non erano incluse. Molte altre teorie presenti all'interno di questa tabella, invece, non sono state riscontrate all'interno dei papers e non verranno considerate. Gli articoli in cui è stata individuata almeno una teoria, in totale, sono 29 (il 33% circa). Generalmente, gli articoli che usano con maggiore frequenza almeno una teoria sono quelli che adottano le metodologie concettuale e test d'ipotesi (ovvero appartengono alle categorie di classificazione *conceptual/framework e hypothesis test*), e non sono molto numerosi poiché le suddette metodologie non sono le più diffuse all'interno del campione.

Nell'areogramma riportato in figura 13, è rappresentata la percentuale di frequenza di ogni teoria sul numero totale di articoli in cui sono presenti teorie (poiché alcuni articoli trattano più di una teoria al loro interno, sono presenti in più celle della tabella e quindi il totale delle frequenze non corrisponde a 29 articoli, ma a 42):

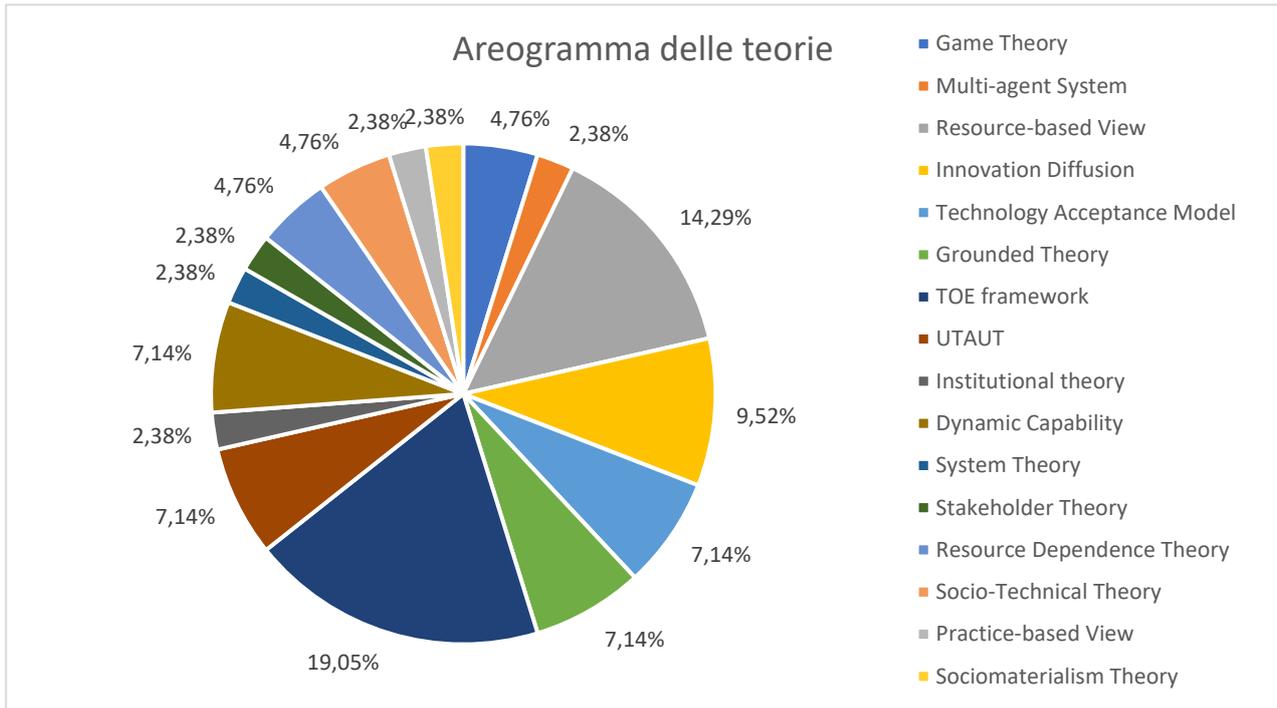


Figura 13. Areogramma delle frequenze delle teorie identificate

Sono due le teorie maggiormente frequenti all'interno del campione: la prima e più diffusa è la *Technology, Organization and Environment framework* (indicata brevemente come *TOE*) con 8 articoli in cui è presente (il 19,1%). Questa teoria è stata introdotta per la prima volta dagli studiosi Tornatsky e Fleischer nel 1990 all'interno del trattato *The Processes of Technological Innovation*, un importante studio sull'innovazione ingegneristica e sull'implementazione dell'innovazione da parte delle imprese [22]. La *TOE framework* è una teoria di tipo organizzativo che spiega i tre aspetti principali secondo cui è influenzato il comportamento di un'azienda nella fattispecie di adozione di una determinata innovazione tecnologica. I tre aspetti sono riassunti mediante l'acronimo TOE: tecnologico, organizzativo ed ambientale (*environment*). L'aspetto tecnologico prende in considerazione tutte le possibili tecnologie che possano essere rilevanti per un'impresa, sia quelle già adottate, sia altre disponibili sul mercato ma non ancora installate per determinare i limiti entro i quali l'impresa può evolversi; l'aspetto organizzativo prende in considerazione la struttura gerarchica di un'impresa, le caratteristiche, le risorse fondamentali e le loro relazioni per verificarne la compatibilità con l'innovazione oggetto di interesse; l'aspetto ambientale prende in considerazione una serie di fattori esterni all'impresa come la struttura del settore in cui l'impresa opera, i competitors e le regolamentazioni che possono favorire o meno l'adozione dell'innovazione [22].

Le caratteristiche di questa teoria la rendono compatibile con gli argomenti trattati in questo studio, in quanto non considera esclusivamente l'aspetto tecnologico ma altri fattori molto importanti come l'ambiente esterno e le risorse interne. Il fatto di averla individuata come la più diffusa era assolutamente preventivabile in quanto si tratta di una teoria che modella in maniera particolarmente semplice come si comporta un'azienda che ha intenzione di adottare una delle tecnologie oggetto di studio e che viene definita come una delle più utilizzate in bibliografia.

Andando ad analizzare più nel dettaglio gli articoli che includono questa teoria si osserva che 6 di essi sono del tipo test di ipotesi e i restanti due, invece, sono del tipo concettuale. Gli articoli del tipo test d'ipotesi che includono questa teoria la utilizzano principalmente come strumento per la stima dei principali fattori, appartenenti ai tre aspetti della TOE, che influenzano positivamente o negativamente l'eventuale adozione della tecnologia e che possono essere impiegati come base per la formulazione delle ipotesi da testare. Va però sottolineato che la maggior parte dei papers che includono questa teoria generalmente la adottano in combinazione con altre teorie come la *Diffusion of Innovation* o la *Technology Acceptance Model*, teorie simili ma che approfondiscono principalmente l'aspetto tecnologico, in quanto reputano la TOE troppo generica e poco chiara per poter essere applicata in determinati studi, come espresso in (Kamble *et al.*, 2021). Inoltre, spesso non vengono inclusi tutti e tre gli aspetti ma gli autori si concentrano solamente su uno di essi (tipicamente quello organizzativo, in quanto quello tecnologico è trattato mediante altre teorie). È possibile concludere affermando che la TOE framework è molto utilizzata in letteratura più per trattare gli aspetti organizzativo ed ambientale non inclusi in altre teorie, ma non in maniera completa in quanto, spesso, negli studi non sono necessari approfondimenti su tutti e tre gli aspetti e ha il difetto di essere carente rispetto ad altre teorie per quanto riguarda l'aspetto tecnologico. La *Resource-based View* (RBV), con 6 articoli (il 14,3%), è, invece, la seconda teoria più diffusa all'interno del campione ed è utilizzata principalmente dagli articoli che riguardano la tecnologia Blockchain. Questa teoria si fonda sul concetto fondamentale secondo cui la performance di un'impresa dipende direttamente dalle risorse che essa possiede. Il modo in cui queste risorse sono impiegate ed organizzate (le competenze) fornisce un vantaggio competitivo sostenibile [23]. La teoria è dunque uno strumento per valutare le risorse e le competenze all'interno dell'azienda con l'obiettivo di individuare le risorse e competenze chiave che sono il driver della profittabilità dell'impresa e di impostare una strategia per difenderle. Gli articoli che includono questa teoria utilizzano metodologie diverse tra di loro (test d'ipotesi, concettuali, survey/case study e literature review); la maggior parte di essi impiega la teoria RBV per dimostrare come la tecnologia Blockchain può incrementare le capacità dell'intera supply chain, con particolare riferimento alle possibilità di integrazione (gestione unitaria delle risorse appartenenti a soggetti diversi) e alla collaborazione fra i vari soggetti interni alla catena, per generare nuovi possibili vantaggi competitivi (Wang *et al.*, 2021).

In generale, è possibile concludere questa prima analisi delle teorie con l'affermare che le applicazioni di tecnologie digitali nelle supply chains possono essere trattate mediante l'uso di diversi approcci teorici. Le teorie più diffuse sono la TOE, che però viene utilizzata principalmente in combinazione ad altre teorie per via di alcuni difetti che essa possiede e la RBV, che viene impiegata soprattutto per valutare l'impatto delle innovazioni digitali nei confronti delle risorse e delle competenze chiave dell'impresa. Oltre a queste sono state individuate, all'interno del campione, ulteriori 14 teorie ma in maniera meno diffusa; la maggior parte di esse è infatti trattata in massimo 2 articoli.

Conclusa una prima fase di discussione generale, ora si procede con l'analizzare nel dettaglio le teorie utilizzate distinguendo gli articoli per tecnologia, per andare ad individuare eventuali differenze e similitudini negli approcci teorici impiegati nella discussione le due tecnologie. Nella prossima fase di analisi sono dunque esclusi i 16 papers 'digitalization'. In figura 14, sono presentati i risultati per quanto riguarda la tecnologia Cloud:

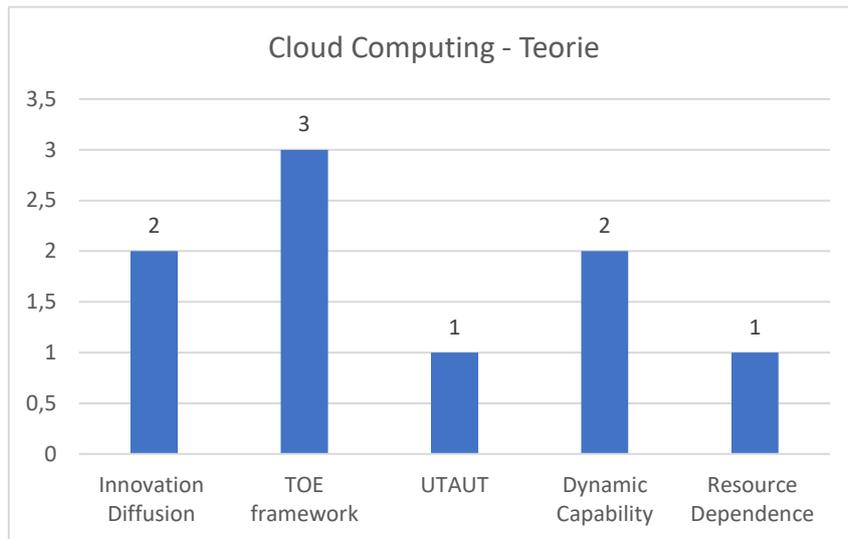


Figura 14. Teorie individuate negli articoli che riguardano il Cloud Computing

A differenza della Blockchain, in questa tecnologia quasi la totalità degli articoli utilizza la metodologia test d'ipotesi, che è una delle metodologie più propense all'impiego di una o più teorie per cui in queste pubblicazioni è attesa una maggiore presenza, in percentuale, di articoli che includono almeno una teoria rispetto alla media generale. Ed infatti, la percentuale di articoli in cui è stata trattata almeno una teoria è il 58,33% (7 articoli su 12). In questi sette articoli sono incluse cinque diverse teorie. La teoria maggiormente presente in questi articoli è la *TOE framework* con tre articoli individuati. In questi articoli la teoria TOE viene impiegata in combinazione ad altre come la *Innovation Diffusion theory (IDT)* e la *Unified theory of acceptance ad use of technology (UTAUT)* come strumento di supporto per l'identificazione dei fattori più rilevanti che influenzano il comportamento delle imprese nei confronti di una possibile adozione di una innovazione tecnologica. In (Oliveira *et al.*, 2014) la TOE viene abbinata alla *Innovation Diffusion theory*, in quanto, secondo gli autori, queste due teorie sono complementari e funzionano molto bene in maniera combinata per includere tutti i possibili aspetti fondamentali che possono avere effetto sull'introduzione del Cloud Computing nelle imprese manifatturiere e di servizi. In (Ooi *et al.*, 2018), la UTAUT è la teoria utilizzata come base per la discussione mentre la TOE viene impiegata più come strumento integrativo per considerare alcuni aspetti non presenti all'interno della UTAUT. Quest'ultima viene invece utilizzata principalmente per considerare gli aspetti tecnologici (in particolare i costrutti relativi alla performance attesa e agli sforzi necessari), mentre l'articolo trascura gli aspetti ambientali considerati poco rilevanti. Nell'ultimo paper in cui è inclusa la teoria TOE, (Alshamaila *et al.*, 2013), questa teoria viene paragonata alla suddetta *Innovation Diffusion* ma gli autori decidono di optare per la TOE in maniera esclusiva in quanto, secondo gli autori, risulta più completa in quanto considera degli aspetti non presenti nella IDT, tra cui l'aspetto ambientale, e possiede basi teoriche più solide. Rispetto ai risultati ottenuti in maniera generale è possibile concludere che per il caso Cloud la teoria TOE può essere più adatta a descrivere il modello di comportamento dell'impresa nei confronti di un'innovazione tecnologica; è comunque consigliabile impiegarla in maniera combinata con un'altra teoria per superarne le criticità e integrare complementariamente gli aspetti positivi di diverse teorie.

Un'altra teoria che è impiegata da più di un articolo all'interno del campione è la *Dynamic Capability view* (DCV). Questa teoria, come affermato in (Samsudin and Ismail, 2019), è simile alla *Resource-based View*, ma, invece di considerare un ambiente statico, considera un ambiente dinamico in cui la situazione è fortemente variabile nel tempo. Questo consente di modellizzare in maniera più efficace un settore caratterizzato da oscillazioni repentine ed innovazione continua come quello delle tecnologie digitali dell'Industria 4.0. Questa teoria è molto adatta a descrivere l'evoluzione temporale delle competenze nel tempo che sono il motore principale del vantaggio competitivo delle imprese, in particolare a seguito dell'introduzione di una tecnologia innovativa come il Cloud Computing. In (Novais *et al.*, 2020), questa teoria è utilizzata per modellizzare una competenza particolare, l'integrazione delle supply chain indotta dall'introduzione del Cloud e per individuare eventuali correlazioni con la performance. In (Gupta *et al.*, 2020), gli autori impiegano questa teoria come base per la formulazione delle ipotesi da testare. Oltre alla DCV, la *Innovation Diffusion* è anch'essa presente in più di un articolo: oltre ad (Oliveira *et al.*, 2014), l'altro articolo che la include è (Subramanian *et al.*, 2015): In questo articolo, gli autori stabiliscono che questa teoria è la più adatta ed impiegata all'interno della letteratura per descrivere i fenomeni di innovazione tecnologica.

È evidente dai risultati ottenuti che il dibattito tra quale tra queste teorie sia da preferire è ancora molto acceso e dimostra, ancora una volta, la situazione ancora embrionale della ricerca relativa al Cloud Computing; è necessaria ulteriore ricerca in materia. Inoltre, si consiglia di utilizzare maggiormente la teoria *Dynamic capability*, in quanto è da preferirsi per modellizzare un settore fortemente affetto da variabilità come quello delle tecnologie digitali e per cogliere più efficacemente gli aspetti fondamentali relativi all'evoluzione delle competenze nel tempo.

In figura 15, invece, sono presentati i risultati per il caso Blockchain:

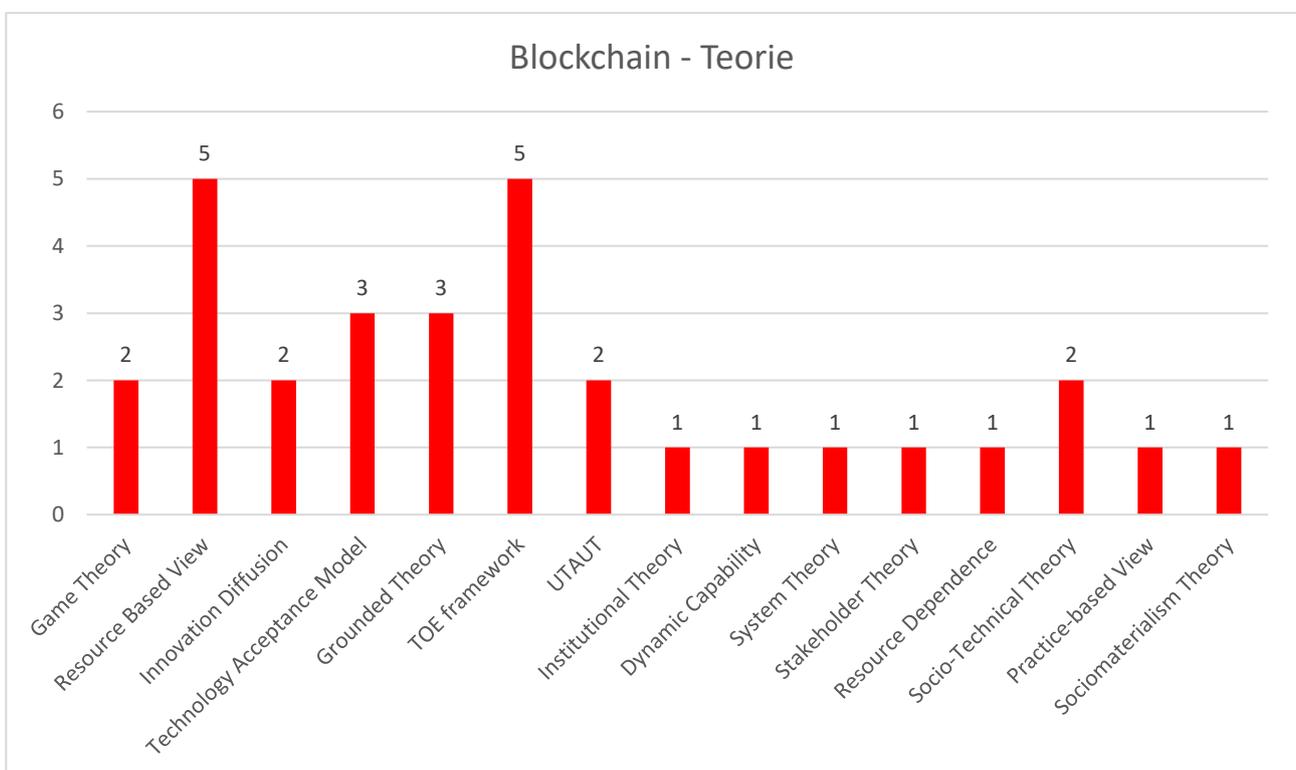


Figura 15. Teorie individuate negli articoli che riguardano la Blockchain

I risultati ottenuti rivelano che sono stati trovati 20 articoli che includono almeno una teoria (il 33,3%), in linea con le aspettative; la percentuale è inferiore rispetto al caso Cloud poiché per questa tecnologia prevalgono i papers che utilizzano come metodologie le interviste con esperti e le *literature reviews* che sono due metodologie che difficilmente possono includere aspetti teorici mentre sono in numero più limitato i papers più adatti all'inclusione di teorie come quelli concettuali e del tipo test di ipotesi. All'interno dei 20 papers sono state individuate 15 teorie diverse; le teorie maggiormente diffuse sono la *TOE framework* e la *Resource-based View* con cinque articoli ciascuna. Per quanto riguarda la TOE, anche in questo caso essa è utilizzata in maniera combinata con altre teorie: in (Kumar Bhardwaj *et al.*, 2021), è impiegato un modello che integra la TOE, la teoria *Innovation Diffusion* e la *Technology Acceptance Model* (TAM) per l'identificazione dei fattori principali che influenzano l'adozione della tecnologia Blockchain e l'impostazione delle ipotesi da testare; in (Kamble *et al.*, 2021) gli autori impiegano la TOE in quanto questa teoria possiede numerosi vantaggi che permettono di descrivere il fenomeno in maniera più completa rispetto ad altre teorie ma preferiscono integrare la TAM all'interno del modello per la base della formulazione delle ipotesi in quanto, dopo un'attenta analisi della letteratura, ritengono più adeguata una combinazione di queste teorie per migliorarne la capacità predittiva in maniera consistente, poiché la TOE tende ad essere troppo generica e poco chiara; (Yin and Ran, 2021), articolo concettuale, utilizza la TOE come modello base ma che necessita di ulteriori approfondimenti che sono discussi mediante l'impiego della RBV e della *Resource Dependence theory* mentre (Park, 2020) è un articolo che adopera un modello che integra la TOE con la UTAUT. Possiamo dunque concludere che, a differenza del caso Cloud in cui questa teoria poteva anche essere trattata anche senza l'integrazione con altre teorie, per il caso Blockchain questa teoria tende ad essere incompleta per cui, nonostante sia fra le teorie più utilizzate in letteratura, necessita il perfezionamento mediante l'introduzione di ulteriori aspetti teorici.

La *Resource-based View* è anch'essa una delle teorie maggiormente frequenti all'interno del campione; a differenza della TOE, essa è inclusa esclusivamente in articoli che riguardano la Blockchain. Questa teoria è particolarmente interessante perché permette di identificare l'adozione di questa tecnologia all'interno di una supply chain come una competenza chiave che consente di sostenere un vantaggio competitivo nel tempo; in particolare, gli aspetti considerati più importanti dalla letteratura sono la possibilità di gestione integrata della catena e l'influenza nelle collaborazioni intra-aziendali che consentono di migliorare le performance sia da un punto di vista della produttività sia dal punto di vista della sostenibilità ambientale (Wang *et al.*, 2020). (Yin and Ran, 2021), invece, utilizza questa teoria per definire alcune dimensioni delle competenze che possono essere sviluppate dall'adozione della Blockchain stessa e che possono influire positivamente sulla fattibilità stessa della supply chain. Rispetto al caso Cloud, invece, sono meno numerosi gli articoli che includono la *Dynamic Capability view*, che è una teoria derivata direttamente dalla RBV, dove però anziché considerare un ambiente statico, si modella un ambiente dinamico sottoposto a forti oscillazioni nel tempo e adatto a descrivere un settore caratterizzato da forte variabilità come quello delle tecnologie digitali. Solamente un articolo che tratta la tecnologia Blockchain include questa teoria: (Kamble *et al.*, 2021). In questo articolo, tale teoria viene impiegata principalmente come strumento per concettualizzare la tecnologia Blockchain e i risultati confermano come la modellizzazione sia adeguata. Poiché questa teoria consente di modellizzare lo sviluppo temporale delle competenze per mantenere una posizione competitiva privilegiata, sembrerebbe più adatta a descrivere l'effetto dell'adozione della

tecnologia Blockchain nelle supply chain rispetto alla RBV che invece considera un ambiente statico; eppure, all'interno del campione è maggiormente diffusa la RBV. In future ricerche, si consiglia di modellizzare la tecnologia Blockchain impiegando come base la *Dynamic capability view* rispetto alla *Resource-based view* perché consente di catturare con maggiore efficacia l'aspetto fondamentale relativo all'evoluzione delle competenze nel tempo.

Oltre alle teorie suddette, il campione comprende numerose altre teorie che però sono presenti in massimo 1-2 articoli. Tra le teorie che non sono state individuate all'interno degli snowballing papers ma che sarebbe opportuno considerare, va citata la teoria dei costi di transazione (*Transaction cost theory*). Fra i vantaggi principali della tecnologia Blockchain figura la riduzione delle asimmetrie informative e, di conseguenza, la riduzione di comportamenti opportunistici; potrebbe essere interessante, dunque, descrivere un sistema Blockchain mediante modelli matematici e andare ad analizzare come l'eventuale adozione di questa tecnologia influenzi le grandezze in gioco. Non è stato individuato alcun articolo che effettua un'indagine di questo tipo, per cui lo si raccomanda in future ricerche. Per concludere, è possibile affermare che i risultati ottenuti dimostrano il fatto che la tecnologia Blockchain può essere discussa sotto diversi aspetti teorici e confermano ulteriormente come la letteratura relativa ad essa sia in una fase più avanzata di sviluppo rispetto a quella sul Cloud Computing.

3.4 Combinazioni fra tecnologie digitali

La rivoluzione digitale che si sta sviluppando in questo periodo storico nelle supply chains, l'industria 4.0, comprende l'applicazione di numerose tecnologie innovative, non solo quelle maggiormente approfondite, il Cloud Computing e la Blockchain. Le soluzioni ai problemi specifici di ogni supply chain non possono derivare esclusivamente dall'introduzione di una di queste tecnologie, ma, al contrario, è solo attraverso l'adozione di più tecnologie in maniera combinata che è possibile integrare i vantaggi relativi di ognuna di esse e realizzare sistemi informativi più efficaci. L'ultima parte dell'analisi critica delle pubblicazioni individuate, di conseguenza, ha come obiettivo la ricerca e la discussione di possibili soluzioni che impiegano più tecnologie digitali in combinazione, in particolare con le tecnologie oggetto di studio, la Blockchain e il Cloud Computing, all'interno del campione di articoli individuati.

In questa parte di analisi giocano un ruolo particolarmente importante i 16 articoli '**digitalization**', definiti nella prima parte di analisi. Non particolarmente rilevanti nelle analisi precedenti sulle tecnologie specifiche, alle quali non potevano essere inclusi, diventano in questa fase molto interessanti perché discutono al loro interno, oltre alle tecnologie di interesse, anche le altre tecnologie dell'industria 4.0 e permettono di identificare in maniera immediata le possibili combinazioni d'uso tra le tecnologie digitali.

Per procedere con questa ultima possibilità di analisi, è necessario impostare una tabella di tipo triangolare superiore in cui sulle righe e sulle colonne sono presenti le tecnologie facenti parte del macro-insieme dell'Industria 4.0. Oltre alle tecnologie di interesse in questo studio, sono incluse altre dieci tecnologie digitali innovative, concordate con i docenti relatori, e derivate direttamente dalla descrizione delle tecnologie abilitanti l'Industria 4.0, la cui introduzione all'interno delle supply chains è ancora in fase sperimentale: in questa analisi sono comprese la *Realtà Aumentata*, la *Robotica avanzata*, le *reti di sensori*, l'*Internet of Things*, i *veicoli a guida autonoma*, i *droni*, l'*Additive*

Manufacturing, la Big Data analysis, l'Intelligenza Artificiale e i sistemi cyber-fisici. Ogni articolo, dopo essere stato analizzato, è incluso nella tabella in corrispondenza della riga e della colonna delle tecnologie di cui tale articolo riporta una soluzione combinazione d'uso; è possibile che un paper riporti più combinazioni tra tecnologie diverse. Naturalmente, non tutti gli articoli riportano soluzioni che adottano più tecnologie digitali interconnesse; tali articoli non saranno presi in considerazione in questa analisi. Il grafo riportato in basso rappresenta i risultati ottenuti: ogni nodo rappresenta una delle tecnologie, ogni arco che congiunge due nodi rappresenta la presenza di una combinazione d'uso tra le due tecnologie in bibliografia e lo spessore dell'arco identifica il numero di articoli in cui tale combinazione è presente (maggiore è lo spessore, maggiore è il numero di articoli). Il grafo non è di semplice lettura; per chiarire ulteriormente i risultati, al di sotto del grafo è inclusa la tabella risultante.

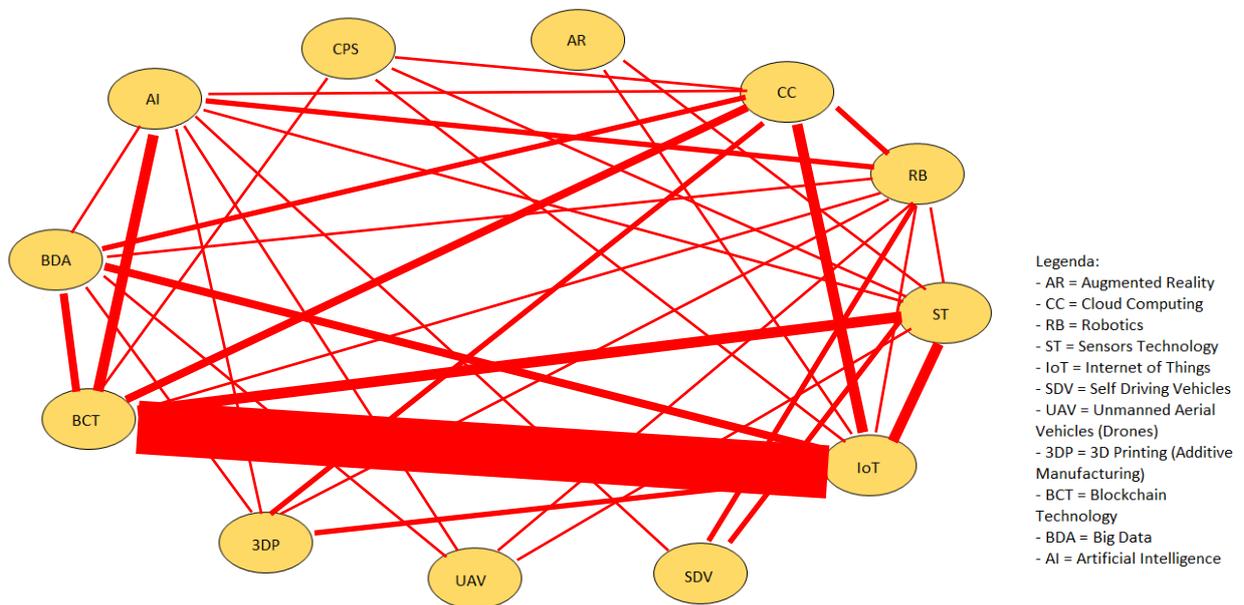


Figura 16. Grafo delle combinazioni d'uso tra le tecnologie

Tecnologie	AR	CC	R	ST	IoT	SDV	UAV	3DP	BC	BD	AI	CPS
AR				1	1							
CC			2		4			2	3	2	1	1
R				1	1	2	1	1	1	1	2	
ST					4	2	1		4		1	1
IoT								2	20	3		1
SDV											1	
UAV										1	1	
3DP										1	1	
BC										3	4	1
BDA											1	
AI												

Tabella 5. Tabella risultante dalle analisi sulle combinazioni tra diverse tecnologie

All'interno del campione di articoli sono state individuate numerose combinazioni tra le tecnologie. In totale, il numero di articoli che include almeno una soluzione che impiega in maniera combinata più tecnologie è 28 (il 31,8%). Generalmente, gli articoli che discutono soluzioni con tecnologie combinate appartengono alle categorie *survey/case study* (in particolare i papers che introducono casi di studio con soluzioni pratiche), *conceptual/framework*, in cui sono discussi in maniera teorica possibili combinazioni d'uso tra le varie tecnologie, e *literature review*, in cui sono riportate le combinazioni d'uso presenti in altri articoli. Il numero totale di articoli con combinazioni d'uso è comunque più elevato delle aspettative e sono state trovate diverse combinazioni possibili, anche fa tecnologie non fulcro di indagine. La maggior parte delle soluzioni combinate individuate è però discusso all'interno degli articoli 'digitalization' che non sono gli articoli, in generale, più interessanti per questo studio.

Si procede ora ad analizzare più nel dettaglio le combinazioni d'uso che includono le tecnologie di interesse, partendo dalla tecnologia Blockchain. Per quanto riguarda questa tecnologia, sono state individuate, all'interno del campione, sette possibili combinazioni d'uso con altre tecnologie digitali. Per il caso Blockchain, spicca come la combinazione più frequente sia Blockchain-Internet of Things, con ben 20 articoli individuati. La tecnologia Internet of Things è una delle tecnologie abilitanti l'Industria 4.0 e nasce dall'idea di portare nel mondo digitale qualsiasi oggetto di uso comune tramite una semplice rete Internet; ciascuno di questi oggetti "intelligenti" è interconnesso agli altri ed è in grado di comunicare con gli altri oggetti della stessa rete mediante lo scambio di informazioni più o meno elaborate [24]. In ambito industriale, tipicamente gli oggetti di interesse consistono in macchinari, attrezzature e mezzi di trasporto; tramite una rete di sensori, è possibile interconnettere queste strutture e dare loro la possibilità di inviare informazioni ad un sistema centrale. Tali informazioni possono essere di diverso tipo: lo stato di funzionamento (guasto/non guasto), misure di performance (numero di unità lavorate nell'unità di tempo) oppure ancora informazioni circa la posizione dell'oggetto (per i mezzi di trasporto). L'uso principale di questa tecnologia digitale è dunque la raccolta istantanea dei dati di ogni oggetto di interesse per facilitare il monitoraggio del sistema. Il grosso limite di un sistema di questo tipo è la protezione dei dati: non è semplice garantire la sicurezza delle informazioni raccolte; è proprio per sopperire a questo grosso limite che viene stabilita una combinazione d'uso con un sistema Blockchain. Nonostante il gran numero di articoli che tratta la combinazione d'uso tra Blockchain e IoT, principalmente il caso d'uso discusso è lo stesso: l'Internet of Things è utilizzato come strumento di raccolta automatica di dati mediante l'applicazione di una rete di sensori; la tecnologia Blockchain funziona invece come strumento di memoria delle informazioni ricavate dall'IoT all'interno dei blocchi del proprio sistema e, grazie alle proprie peculiarità, ne consente la protezione, la consultazione in maniera immediata e la condivisione con tutti i soggetti interessati. Ciò consente, da un lato, di superare il limite principale del sistema IoT, la protezione dei dati raccolti da attacchi informatici esterni, mediante l'impiego della tecnologia Blockchain come sistema di memoria: le informazioni raccolte sono salvate nei blocchi e non possono essere più modificate unilateralmente garantendone l'integrità; dall'altro lato, un sistema che utilizza in maniera combinata queste due tecnologie è in grado di risolvere il problema della mancanza di fiducia tra due soggetti di una supply chain (poiché le informazioni sono memorizzate e condivise in maniera automatica non possono sorgere conflitti sulla loro autenticità) e consente il tracciamento in tempo reale del sistema stesso, il che lo rende indispensabile per integrare un sistema di gestione della supply chain del tipo *control tower*, descritto nel paragrafo 1.1. Il sistema funziona pressoché in maniera automatica; l'intervento

umano è limitato al monitoraggio dei dati per valutare eventuali scostamenti dal funzionamento corretto del sistema e pianificare azioni correttive. Il monitoraggio dei dati può essere supportato da un'ulteriore tecnologia digitale in combinazione, come ad esempio l'Intelligenza Artificiale: un algoritmo basato su questa innovazione consente al sistema stesso di individuare in maniera automatica eventuali scostamenti anomali e segnalarli tempestivamente ai soggetti preposti. Il sistema "apprende" da eventuali errori passati per cercare di prevederli e prevenirli. In un sistema di questo tipo, il lavoro umano è ridotto al minimo e permette di ottenere prestazioni molto superiori. Secondo (Khanfar *et al.*, 2021), è la tecnologia Blockchain il fulcro di un sistema di questo tipo, che permette di migliorare le abilità delle altre due tecnologie sotto i profili del monitoraggio, della previsione dei guasti e del trend e del decision-making. (Rijanto, 2021), invece, descrive un sistema basato su queste tre tecnologie in ambito Supply Chain Financing. In questo caso la tecnologia principale è invece l'intelligenza artificiale, che consente al sistema di agire in maniera automatica e da cui dipende anche il livello di prestazione.

Altre combinazioni rilevanti individuate nel campione dei papers sono Blockchain-Reti di sensori (con quattro articoli) e Blockchain-Big data analysis (con 3 articoli). Nel primo caso, la combinazione d'uso prevalente è simile a quella già discussa per l'IoT: i sensori possono essere utilizzati in combinazione con la Blockchain per facilitare, da un lato, la tracciabilità dei prodotti e delle operazioni eseguite all'interno del sistema e, dall'altro lato, avere un sistema di memoria efficiente per salvare e proteggere i dati raccolti. In (Varriale *et al.*, 2020), è proposto un sistema di questo tipo che permette fra gli altri vantaggi, di avere sempre a disposizione un sistema di memoria dove tutti i dati relativi al trasporto merci possono essere salvati e utilizzati in tempo reale per fissare obiettivi di ottimizzazione del consumo energetico e favorire così una gestione più eco-friendly. In (Wang *et al.*, 2020), invece, è descritta la possibilità di impiego di un sistema basato su Blockchain, IoT e sensori automatici per migliorare la tracciabilità di tutte le operazioni della supply chain. Nel dettaglio, i sensori automatici possono essere d'aiuto nell'incrementare ulteriormente l'accuratezza e l'integrità dei dati. Nel secondo caso, l'interazione Blockchain-Big Data invece è collocata ad un livello strategico superiore, più precisamente al livello di competenze e non di applicazioni pratiche. Il paper più interessante che tratta questa combinazione di tecnologie è (Sundarakani *et al.*, 2021): in questo articolo viene utilizzata la teoria *Resource-based View* e i risultati ottenuti confermano il fatto che l'impiego combinato di queste due tecnologie ha effetti positivi sui vantaggi competitivi delle imprese a conseguenza del miglioramento delle competenze organizzative; un utilizzo combinato di queste due tecnologie consente inoltre di ridurre la distorsione dell'informazione all'interno della supply chain e quindi di mitigare, almeno in parte, il *bullwhip effect*. Due diverse soluzioni sono discusse mediante due casi di studio. Negli altri papers, invece, non sono discusse applicazioni pratiche ma essi si limitano ad ipotizzare un impiego combinato di Blockchain e Big Data in maniera piuttosto superficiale.

All'interno del campione sono state individuate molteplici combinazioni d'uso tra la tecnologia Blockchain e le altre tecnologie dell'industria 4.0. La combinazione d'uso più frequente è quella con la tecnologia Internet of Things, in cui la Blockchain è impiegata principalmente come sistema di memoria. Un sistema di questo tipo consente di risolvere i problemi di sicurezza nella gestione dei dati e permette la tracciabilità in tempo reale di tutte le operazioni all'interno della supply chain. Per rispondere a determinate esigenze di alcune imprese, è necessario, dunque, integrare questa tecnologia con altre, in particolare con le tecnologie che permettono la raccolta dati (che la Blockchain non è in grado di effettuare autonomamente).

Per quanto riguarda, invece, la tecnologia Cloud, all'interno del campione sono discusse, anche in questo caso, combinazioni con altre sette tecnologie. La combinazione più frequente è, come per il caso Blockchain, quella fra Cloud e Internet of Things con quattro articoli individuati. In questa tecnologia è però importante sottolineare che l'intero numero di combinazioni individuate non è stato trovato all'interno dei 12 papers che discutono esclusivamente le applicazioni Cloud ma all'interno dei 16 papers denominati 'digitalization'. Ciò, da un lato, non permette di avere grossi riscontri di un uso combinato di tecnologie, poiché i papers di questo tipo trattano solo brevemente le tecnologie di interesse privilegiando un discorso più generale e ancora meno un eventuale impiego combinato delle stesse, al quale dedicano una frase o poco più; dall'altro lato, questo fatto dimostra che alla letteratura relativa al Cloud mancano ancora diversi aspetti non ancora discussi tra cui anche possibili applicazioni pratiche di questa tecnologia, magari in combinazione ad altre tecnologie digitali. Uno dei pochi paper che tratta in maniera più dettagliata la combinazione di tecnologie Cloud – IoT è (Sawangwong and Chaopaisarn, 2021): in questo articolo, è dimostrato come l'uso combinato di queste due tecnologie consente di migliorare l'efficienza dell'intera supply chain perché queste innovazioni giocano un ruolo chiave nelle relazioni tra i soggetti e nella costruzione della fiducia; inoltre, tramite l'impiego di un'ulteriore tecnologia, la Big Data analysis, è possibile supportare in maniera migliore il processo di decision-making. Un'altra interessante combinazione d'uso che emerge dalle conclusioni di questo paper è quella tra Cloud Computing e Robotica: tramite un sistema cloud, i robot possono comunicare fra di loro mediante scambio di informazioni; i robot possono inoltre interpretare le informazioni registrate all'interno del sistema Cloud come input per le loro operazioni. Purtroppo, per quanto riguarda le altre combinazioni d'uso, è difficile trarre conclusioni poiché esse sono trattate da pochi articoli (al massimo 1 o 2) e sono discusse solamente in poche righe. Si consiglia in future ricerche di esplorare maggiormente le combinazioni d'uso tra il Cloud e le altre tecnologie digitali, con particolare interesse alla combinazione Cloud-Robotica che appare come una delle più promettenti.

Le tecnologie Blockchain e Cloud Computing in apparenza hanno funzioni e caratteristiche simili e possono essere impiegate all'interno delle supply chain in funzioni analoghe; perciò, in prima analisi, era possibile stabilire che queste due tecnologie si escludessero a vicenda, anche se, come è stato già evidenziato dalla descrizione delle tecnologie abilitanti presentata nel paragrafo 1.1, le due innovazioni si collocano in due ambiti applicativi diversi. Eppure, dall'analisi relativa alle combinazioni tra tecnologie digitali, emergono ben tre articoli che trattano un possibile uso combinato di queste due tecnologie, facendo cadere la suddetta ipotesi iniziale. Due di essi dedicano all'argomento poche frasi affermando che è possibile un uso combinato di queste due tecnologie ma senza entrare troppo nel dettaglio. Di maggiore interesse è invece la soluzione proposta da (Wu *et al.*, 2021): in questo articolo è discussa una possibile piattaforma software basata sulle tecnologie Blockchain e Internet of Things per la gestione di un sistema pallet pooling; in maniera analoga a quanto discusso precedentemente, la Blockchain è utilizzata per la memorizzazione e la protezione delle informazioni ritenute rilevanti e l'IoT come sistema interconnesso per la raccolta di queste informazioni. Il limite che viene presentato in questo articolo è il fatto che la Blockchain non è adatta alla gestione dei dati di lungo termine in quanto, essendo un sistema pensato per la gestione delle transazioni, tende ad essere inefficiente quando la mole di dati da gestire è troppo grande; in questa fase entra in gioco quindi la tecnologia Cloud Computing, che consente di gestire grandi quantità di dati mediante databases decentralizzati. Il Cloud viene utilizzato, in questo caso, come sistema di memoria di lungo termine mentre viene lasciata alla Blockchain la gestione dei dati di breve termine,

la quale permette inoltre a tutti gli utenti interessati l'immediata consultazione grazie alle proprie peculiarità. Il sistema, dunque, ammette la possibilità di un uso combinato di queste due tecnologie; la differenza tra le due è insita nel fatto che la Blockchain è migliore per la gestione istantanea o di breve termine dei dati mentre il Cloud è migliore per una gestione di lungo termine. Tuttavia, la possibilità di un uso combinato di Blockchain e Cloud è stata trovata, in maniera dettagliata, solamente in un articolo nel campione delle pubblicazioni individuate mediante le procedure di *snowballing*; tale combinazione è particolarmente interessante e meriterebbe di essere esplorata in maniera più dettagliata in analisi future.

3.5 Riepilogo dei risultati

Con l'analisi relativa alle possibili combinazioni d'uso di diverse tecnologie digitali discusse all'interno della bibliografia si conclude il passo 5) della revisione sistematica della letteratura. Il passo successivo, il numero 6), consiste nella sintesi dei risultati ed è anch'esso molto importante. In questo breve paragrafo, saranno riprese e riassunte in maniera chiara le principali conclusioni ricavate dai risultati ottenuti mediante le varie fasi di analisi per individuare le risposte ai quesiti proposti e l'identificazione dei punti in cui la letteratura è ancora carente.

Questo studio ha come obiettivo l'analisi delle applicazioni di tecnologie digitali in supply chain, con particolare interesse alle tecnologie che permettono la gestione e la protezione delle informazioni: Blockchain e Cloud Computing. Tramite una revisione sistematica della letteratura, si è provato a dare una risposta ai quesiti riguardanti il tipo e la frequenza di queste applicazioni, i loro vantaggi e svantaggi e in quale ambito disciplinare possono essere maggiormente utilizzate. La ricerca dei papers è avvenuta mediante l'impiego delle tecniche *backward e forward snowballing*, adoperando come base da cui partire un elenco di articoli fornito dai docenti già precedentemente analizzati per altri studi. Il database utilizzato esclusivamente è stato il database Scopus. Al termine del processo di ricerca sono stati individuati 88 nuovi articoli: 12 riguardanti il Cloud Computing, 60 riguardanti la tecnologia Blockchain e 16 del tipo 'digitalization'. A questi si aggiungono ulteriori 241 articoli che sono stati scartati perché non conformi ai criteri di validazione stabiliti; i più numerosi fra questi sono i papers il cui testo completo non era disponibile all'interno del database ('unaccessible').

Tutti gli articoli individuati sono stati letti e analizzati attentamente alla ricerca delle informazioni più interessanti. La prima analisi considerata è quella riguardante la distribuzione temporale; in questa analisi, è stato ottenuto che per quanto riguarda il Cloud Computing il numero limitato di papers trovati è distribuito in maniera piuttosto uniforme all'interno dell'ampio intervallo temporale considerato e non emerge un chiaro andamento; per la Blockchain, invece, i papers individuati si concentrano tutti negli ultimi quattro anni, in particolar modo nel 2021 in cui sono stati pubblicati due terzi degli articoli individuati. Il grafico mostra inoltre un forte andamento crescente. La fase successiva è stata l'analisi delle riviste in cui i papers individuati sono stati pubblicati: da un lato, l'obiettivo di questa analisi è quello di individuare la rivista maggiormente frequente all'interno del campione di articoli e dall'altro valutare la qualità delle riviste in cui gli articoli, differenziati per tecnologia di riferimento, sono stati individuati. La rivista identificata come la più presente all'interno degli *snowballing papers* è stata *Sustainability*, con 14 articoli. Sorprendentemente, non si tratta di una rivista che ha come argomento principale la logistica e la supply chain, ma di una

rivista riguardante argomenti relativi alla sostenibilità. Per quanto riguarda l'argomento qualità delle riviste, è stato ottenuto per entrambe le tecnologie che è prevalente la letteratura di alta qualità (appartenente ai primi due quartili Q1 e Q2); per il caso Cloud, la letteratura è quasi esclusivamente di alta/altissima qualità, infatti la maggior parte dei papers appartiene a riviste di categoria Q1; per il caso Blockchain, invece, è prevalente la letteratura di alta qualità ma è comunque presente una piccola percentuale di riviste appartenenti a categorie inferiori.

Concluse le prime analisi più semplici, si è passati alle analisi di dettaglio. Per prima cosa, gli articoli sono stati classificati seguendo tre diverse tipologie: la classificazione per attività, in cui i papers sono suddivisi in base all'attività di supply chain a cui l'articolo fa riferimento; la classificazione per problematica trattata, in base alle criticità discusse dall'articolo che vengono parzialmente risolte dall'applicazione di tecnologie digitali e la classificazione per metodologia, sulla base dell'approccio con cui vengono trattati gli argomenti. Per quanto riguarda la tecnologia Cloud Computing, è stato individuato che la metà degli articoli individuati non tratta un'attività specifica; tra quelli in cui si fa riferimento ad una determinata attività, l'attività più diffusa è l'attività di produzione. La problematica affrontata maggiormente dai papers individuati è il miglioramento delle prestazioni della catena; per quanto riguarda, invece, la classificazione per metodologia è stato riscontrato che vengono utilizzate quasi esclusivamente due metodologie, le interviste con gli esperti/aziende e il test d'ipotesi, mentre sono pressoché assenti le altre metodologie. La stessa classificazione è stata eseguita anche per gli articoli relativi alla Blockchain: per quanto riguarda la classificazione per attività, è stato riscontrato che tale classificazione è poco significativa in questo caso, poiché la maggioranza degli articoli non fa riferimento ad alcuna attività specifica; in relazione alle problematiche, è emerso che la problematica della condivisione delle informazioni è la più discussa all'interno del campione e questo era un risultato facilmente preventivabile date le caratteristiche di questa tecnologia; meno scontato era il risultato relativo alla problematica della sostenibilità, anch'essa significativamente discussa negli snowballing papers. Infine, per quanto riguarda le metodologie, è stato ottenuto che quasi tutte le metodologie possibili sono state utilizzate in letteratura; le interviste con esperti e le revisioni della letteratura sono state identificate come le due metodologie più diffuse.

Successivamente, si sono analizzate le possibili relazioni inter-funzionali tra le varie categorie di classificazione per individuare quali sono le combinazioni tra le varie classificazioni più frequenti all'interno del campione di articoli e quali, invece, sono le combinazioni non presenti nella bibliografia e che meriterebbero maggiori approfondimenti. Le relazioni inter-funzionali considerate riguardano le combinazioni attività-problematica e le combinazioni problematica-metodologia. I risultati ottenuti tramite questa analisi non si sono rivelati particolarmente interessanti: il numero molto limitato di articoli individuati per quanto riguarda la tecnologia Cloud Computing e il fatto che essi non discutono, per la maggior parte, un'attività specifica non ha consentito di ottenere conclusioni significative. Questo dimostra il fatto che la tecnologia Cloud in ambito supply chain è ancora ad una fase embrionale di sviluppo ed è quindi necessaria ulteriore ricerca per chiarire i vantaggi e gli aspetti critici di un sistema basato su di essa. Per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, invece, il gran numero di articoli individuati che non trattano nessuna attività specifica non ha permesso di riscontrare grosse considerazioni per la relazione attività-problematica; al contrario, per la relazione problematica-metodologia i risultati sono stati abbastanza soddisfacenti: la relazione più frequente all'interno del campione è quella tra Information sharing e Literature reviews con 19 articoli. Sono inoltre state individuate molte combinazioni possibili; è però emerso

come pur essendo la bibliografia relativa alle applicazioni Blockchain in supply chain più completa rispetto al caso Cloud, essa sia ancora carente in relazione alle applicazioni reali di questa tecnologia in ambito supply chain ed è quindi questa la direzione che dovrebbe seguire la ricerca futura.

In seguito, si è analizzata la possibile presenza di teorie all'interno dei papers. Al termine di questa analisi, è stato individuato che un terzo circa degli articoli all'interno del campione contiene almeno una teoria; la maggior parte di essi utilizza come metodologie il test di ipotesi o i diagrammi concettuali. In totale, sono state individuate 16 diverse teorie. Le teorie più diffuse all'interno del campione sono la *TOE framework*, con 8 articoli in cui è presente, e la *Resource-based view*, con 6 articoli. La TOE è utilizzata sia da articoli che trattano la Blockchain sia da articoli che trattano il Cloud Computing; tale teoria è però spesso impiegata in combinazione ad altre come la TAM e la *Innovation Diffusion* poiché risulta in parte incompleta nel descrivere gli argomenti di interesse; la RBV, invece, viene utilizzata esclusivamente da articoli che trattano la Blockchain per descrivere le competenze che consentono di ottenere un vantaggio competitivo sostenibile. Tuttavia, questa teoria ha il grosso limite di non considerare un ambiente dinamico e quindi di non catturare efficacemente l'evoluzione delle competenze nel tempo; per questo motivo è consigliabile utilizzare la *Dynamic capability view* anziché la RBV in future ricerche.

Nell'ultima parte di analisi critica, infine, sono state analizzate le possibili soluzioni che impiegano più tecnologie digitali in combinazione fra di loro. Numerose combinazioni sono state individuate all'interno del campione, ma solo alcuni articoli presentano una descrizione più completa di un possibile sistema di tecnologie combinate. Per entrambe le tecnologie, la combinazione d'uso più frequente individuata è con l'Internet of Things: l'IoT viene utilizzato come strumento di raccolta dati mentre Blockchain o Cloud funzionano come sistema di memoria e di protezione. Per quanto riguarda la tecnologia Cloud, le possibili combinazioni d'uso non sono state individuate all'interno del campione di articoli che trattano in maniera più specifica questa tecnologia, ma all'interno dei 16 papers 'digitalization'. Diversamente da quanto era possibile prevedere, è stata individuata anche una possibile combinazione d'uso tra Blockchain e Cloud Computing: all'interno dell'articolo in cui tale combinazione è discussa, è emerso il fatto che la Blockchain non è efficace nella gestione di lungo termine dei dati ed è quindi preferibile utilizzare un sistema Cloud per questa funzione; la Blockchain è invece molto più efficace del Cloud Computing nella gestione di breve termine.

In conclusione, è possibile affermare che la tecnologia Cloud in ambito supply chain sia ancora in una fase iniziale di sviluppo; sono presenti pochi papers recenti e la maggior parte di essi utilizza la metodologia test d'ipotesi, che è tipica di uno stadio ancora sperimentale. È indispensabile stabilire che questa tecnologia necessita ulteriore ricerca sotto molti aspetti per renderla appetibile nel mondo applicativo. Diverso è invece il discorso relativo alla tecnologia Blockchain: in questo caso, la ricerca accademica e scientifica nei confronti di una possibile applicazione di questa innovazione in ambito supply chain è letteralmente esplosa negli ultimi due anni e tendenzialmente, continuerà ad aumentare anche in futuro. Sono stati identificati numerosi articoli molto diversi che teorizzano l'applicazione Blockchain in diversi ambiti come la sostenibilità, le prestazioni della catena e il financing il che rende la letteratura relativa molto più completa e la ricerca ad uno stato più avanzato di sviluppo. Nonostante questo, però, sono state anche identificate alcune criticità: la maggior parte degli articoli identificati non specifica alcuna attività di supply chain ma si limita ad un discorso più generale e sono ancora in numero molto limitato le discussioni di casi di studio reali e lo sviluppo di piattaforme software.

A conclusione del paragrafo, è riportata in tabella 6 il riepilogo dei risultati ottenuti:

Analisi	Cloud Computing	Blockchain
Numero di papers individuati	12	60
Distribuzione temporale degli articoli	Nessun andamento chiaro; articoli distribuiti uniformemente all'interno dell'arco temporale considerato	Evidenza di un forte trend crescente
Rivista più frequente (calcolata in maniera globale)	<i>Sustainability</i>	
Qualità delle riviste	Quasi esclusivamente di alta qualità	Prevale la letteratura di alta qualità, ma è comunque presente una piccola quota di articoli di categoria inferiore
Attività di supply chain maggiormente discussa	Produzione (25%)	Prevalgono gli articoli in cui non viene discussa un'attività specifica
Problematica maggiormente affrontata	Miglioramento delle prestazioni (66,7%)	Information Sharing (50%)
Metodologie più diffuse	Interviste con esperti/aziende e test d'ipotesi	Interviste con esperti/aziende e literature reviews
Combinazioni inter-funzionali attività/problematica	Poco significative	Poco significative
Combinazioni inter-funzionali problematica/metodologia	Poco significative	Molte combinazioni individuate; Information Sharing-Literature review la più significativa (31,7%)
Teorie più diffuse	TOE framework (3 articoli)	TOE framework e Resource-based View (5 articoli)
Combinazioni con altre tecnologie più discusse	Con Internet of Things (4 articoli); scarsamente significative	Con Internet of Things (20 articoli)

Tabella 6. Tabella di riepilogo dei risultati delle analisi

4. Conclusion

In questo capitolo finale, si conclude la ricerca evidenziando gli elementi di conoscenza originali identificati e la discussione dei benefici (nel paragrafo 4.1), i limiti emersi (nel paragrafo 4.2) e i research gaps individuati con la discussione dei possibili passi futuri (nel paragrafo 4.3)

4.1 Elementi di conoscenza originali

I risultati ottenuti riguardanti le applicazioni della tecnologia Cloud Computing non sono stati molto soddisfacenti causa numero limitato di paper trovati su questo tema. Il risultato che si può rilevare dalle analisi effettuate è il fatto che le applicazioni Cloud in supply chain si trovano ancora ad uno stato embrionale di sviluppo: infatti prevalgono all'interno del campione le pubblicazioni che adottano le metodologie test d'ipotesi e le surveys, che sono tipiche delle prime fasi di sviluppo di un'innovazione, e, unite alla problematica della performance che è stata individuata come la più frequente, dimostrano come la bibliografia si limiti ancora chiedersi se un'eventuale applicazione Cloud in supply chain abbia effetti positivi sulle prestazioni dell'impresa. Oltre a ciò, sono pressoché assenti papers che discutono casi di studio con dati reali per verificare se il Cloud ha realmente un effetto positivo sulle performance aziendali e quali sono le criticità che emergono durante il processo di integrazione. È altresì probabile che lo scarso sviluppo della ricerca in ambito Cloud possa essere dovuto alla concorrenza di altre tecnologie digitali arrivate successivamente, come la Blockchain, anche se queste due tecnologie si collocano in due ambiti diversi, come stabilito dal Boston Consulting Group nella definizione delle tecnologie abilitanti.

Per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, invece, i risultati hanno confermato come la ricerca scientifica relativa ad un'applicazione di questa tecnologia in ambito supply chain sia letteralmente esplosa nell'ultimo periodo. Sono stati individuati molti più articoli rispetto al Cloud Computing; essi discutono i vantaggi dell'impiego della Blockchain in diversi ambiti applicativi e con l'impiego di numerose metodologie diverse, garantendo un buon livello di completezza della letteratura. All'interno del campione, la possibilità di condividere le informazioni con tutti i soggetti della catena, la sicurezza dei dati e la possibilità di tracciare l'intero sistema in tempo reale emergono come le caratteristiche più importanti della tecnologia Blockchain che ne influenzano positivamente l'adozione da parte delle imprese; la tracciabilità in tempo reale non è possibile con la sola Blockchain, ma è necessaria l'integrazione di un sistema basato su un'altra tecnologia digitale, l'Internet of Things, che permette la connessione tra gli asset fisici e il sistema digitale. Infatti, i risultati ottenuti dall'analisi delle combinazioni tra le tecnologie digitali (paragrafo 3.4) confermano come la combinazione più frequentemente discussa all'interno degli articoli individuati sia proprio tra Blockchain e IoT. Tra gli altri risultati più interessanti identificati, vi figura la forte connessione tra la tecnologia Blockchain e la sostenibilità ambientale, nonostante questa innovazione abbia, tra i suoi difetti più critici, l'inefficienza energetica. Evidentemente, i vantaggi di tracciabilità in tempo reale del sistema e la possibilità di condividere le informazioni con tutti i soggetti della catena hanno, dal punto di vista della sostenibilità, dei benefici di gran lunga superiori rispetto agli svantaggi energetici, e quindi la tecnologia Blockchain può essere compatibile con l'integrazione delle logiche green all'interno del sistema. Come già descritto nel paragrafo 2.4, un sistema combinato basato

sulle tecnologie Blockchain e Internet of Things può essere utilizzato per monitorare il carbon footprint di ogni operazione della supply chain e, mediante un'analisi degli scostamenti, è possibile effettuare delle correzioni in tempo reale di comportamenti scorretti e un'ottimizzazione di lungo termine del consumo energetico. Inoltre, un sistema di questo tipo consente, attraverso smart contracts, come sistema di gestione degli incentivi per favorire l'impiego di materie prime meno inquinanti e una più attenta gestione dei rifiuti.

Infine, è importante annoverare tra gli elementi di conoscenza originali la possibilità di un impiego combinato di entrambe le tecnologie Cloud e Blockchain. Almeno in prima ipotesi, era possibile considerare le tecnologie come equivalenti ed era quindi da escludersi l'impiego di un sistema che le includesse entrambe, anche se, come osservato dalla descrizione delle tecnologie abilitanti, queste due innovazioni si collocano in due ambiti diversi. Il sistema che utilizza entrambe le tecnologie descritto in maniera più completa è presente in (Wu et al. 2021), il quale evidenzia come un sistema esclusivamente basato sulla Blockchain non sia in grado di gestire in maniera efficiente una grande mole di dati nel lungo termine; a tale scopo viene invece integrato il Cloud Computing che, al contrario, può sopportare grandi quantità di dati. La Blockchain viene utilizzata principalmente come strumento di gestione dei dati più significativi nel breve termine per favorire la tracciabilità, mentre viene lasciata al Cloud la gestione dei dati di lungo termine e dei dati meno significativi.

4.2 Limiti della ricerca

In questa analisi è stato utilizzato esclusivamente il database Scopus per la ricerca degli articoli da esaminare; nonostante tale strumento sia definito dalla ricerca come una delle banche dati più completa in assoluto e più multidisciplinare per quanto riguarda gli studi scientifici, sarebbe preferibile utilizzare più databases per avere la capacità di individuare un maggior numero di pubblicazioni. Il numero di articoli presenti in esso e candidati ad entrare a far parte del campione è comunque stato più che accettabile (oltre 300 pubblicazioni); il fatto che ha comportato un grosso limite in questo studio è stato l'alto numero di articoli non validi, in particolare l'elevato numero di pubblicazioni definite 'unaccessible', ovvero le pubblicazioni in cui non era disponibile l'intero testo, pari a 113. Questo valore supera addirittura il numero di articoli validi individuati (88); è dunque importante sottolineare, come anche già accennato nel paragrafo 2.2, che anche solo con una piccola parte di questi articoli da aggiungere al campione, i risultati emersi dalle analisi critiche sui papers individuati potevano essere più completi e si poteva individuare un maggior numero di elementi di conoscenza originali. Per sopperire a questo limite, si consiglia in future ricerche di utilizzare un maggior numero di databases, come Web of Science, EBSCO e ProQuest. Oltre a questo, sarebbe più opportuno non limitarsi esclusivamente ad articoli di riviste scientifiche, ma integrare anche capitoli di libri, papers relativi a conferenze e di integrare anche parte di letteratura grigia che in questa analisi non sono stati presi in considerazione.

Un altro importante aspetto che va annoverato tra i limiti di questa ricerca è la presenza di una lista, piuttosto ampia, di articoli fornita dai docenti da utilizzare come input per le tecniche *backward* e *forward snowballing*. Gli articoli già presenti in questo elenco non potevano essere considerati validi, di conseguenza può aver avuto un effetto limitante sul numero di papers legittimi; tale fenomeno è emerso molto più evidente nelle applicazioni Cloud, in quanto la maggior parte degli articoli candidati ad essere aggiunti al campione era già presente all'interno della lista base e doveva

necessariamente essere scartato. Questo aspetto può essere considerato come una delle cause del fatto che il numero di pubblicazioni individuate relative alla tecnologia Cloud Computing sia stato molto limitato, e, in parte, ha reso l'analisi critica più complicata. Per quanto riguarda la tecnologia Blockchain, invece, la presenza di questa lista non è stata di particolare intralcio, dato che, come emerso dai risultati ottenuti nel paragrafo 2.3, la maggior parte degli articoli si colloca negli ultimi due anni e quindi, ovviamente, non erano inclusi nell'elenco base di articoli.

È necessario, inoltre, aggiungere che l'inclusione o l'esclusione di un articolo dal campione di snowballing papers è basato su giudizi soggettivi: è quindi possibile che siano stati scartati articoli che altre persone avrebbero reputato legittimi e che siano invece stati inclusi papers non ritenuti validi da altri. Per limitare l'effetto della soggettività, i docenti relatori sono stati di supporto nel valutare la legittimità delle pubblicazioni individuate.

Oltre a queste limitazioni specifiche, va infine sottolineato che anche questo studio non è immune dalle limitazioni generali del metodo di revisione sistematica della letteratura, come la possibile presenza di bias all'interno dei risultati dovuta alle restrizioni impiegate nello sviluppo della metodologia e nella conduzione della ricerca.

4.3 Research gaps e passi futuri

Per quanto riguarda il Cloud Computing, sono molti gli aspetti che necessitano di un approfondimento in future ricerche. Fra i più rilevanti, è stato individuato che all'interno del campione di articoli non è stata individuata alcuna pubblicazione che utilizza la metodologia della *literature review*. Questo può essere di ostacolo nell'individuazione di trend generali nel suo impiego e nel suo sviluppo in ambito supply chain. In future ricerche, si consiglia di concentrarsi esclusivamente sulle applicazioni Cloud e approfondire ulteriormente le analisi effettuate da questo studio, ad esempio utilizzando un numero più alto di databases scientifici per la ricerca dei papers, concentrandosi maggiormente sugli ultimi anni e considerando anche conference papers, capitoli di libri di testo e parte di letteratura grigia per poter includere tutti i possibili punti di vista. È altresì importante sottolineare che anche per quanto riguarda la discussione di casi di studio reali di un sistema informativo basato sul Cloud Computing, anch'essi sono assolutamente assenti all'interno del campione di articoli individuati; è dunque importante integrare la ricerca accademica attraverso la presentazione e l'analisi di alcuni progetti pilota sviluppati da importanti aziende per verificare se le ipotesi proposte di miglioramento delle prestazioni siano confermate dai dati empirici e se quindi l'eventuale adozione di sistemi basati sul Cloud abbiano effetti significativi sulla profittabilità dell'impresa.

Tra gli aspetti caratterizzanti l'Industria 4.0 vi figura la possibilità di utilizzare più tecnologie in maniera combinata per rispondere più efficacemente alle diverse esigenze specifiche delle imprese. Le combinazioni d'uso tra il Cloud Computing e le altre tecnologie digitali non sono state individuate in maniera significativa, in quanto in prevalenza sono trattate dai papers che non hanno come argomento principale la tecnologia specifica, ma che discutono in maniera generale il tema dell'Industria 4.0. Ciò significa che la descrizione di un sistema che combina più tecnologie, tra cui il Cloud, è ridotta a poche righe e spesso solamente come possibilità teorica, cioè senza riscontri empirici. Tra le combinazioni più interessanti individuate all'interno degli snowballing papers vi sono Cloud-IoT e Cloud-Robotica. Entrambe queste opzioni di combinazione sono trattate in maniera piuttosto superficiale, eppure appaiono come le più promettenti. Si consiglia in futuro di andare ad

analizzare più nel dettaglio queste possibilità di integrazione di diverse tecnologie, in particolar modo attraverso la discussione di casi di studio che le impiegano in diversi ambiti e corredati da risultati empirici sulla loro effettiva capacità di miglioramento delle prestazioni.

Altro aspetto che necessita di approfondimenti in ricerche future è la relazione tra il Cloud Computing e le tematiche legate alla sostenibilità. Dai risultati ottenuti dagli articoli individuati, come ad esempio (Gupta *et al.*, 2020) e (Shirzad Talatappeh and Lakzi, 2020), è dimostrato che il Cloud Computing possiede caratteristiche che lo rendono compatibile con l'adozione di logiche green; tuttavia, queste affermazioni sono derivate da test d'ipotesi, per cui non sono collegate ad alcuna applicazione reale. È importante, in futuro, andare ad esplorare più concretamente questa correlazione, ad esempio con l'analisi di un caso di studio in cui il Cloud Computing viene utilizzato come strumento di supporto per favorire l'integrazione di una gestione più mirata alla sostenibilità. La letteratura sulle applicazioni Blockchain, invece, è stata individuata come più completa in quanto sono presenti molti papers con approcci e tematiche molto diverse; anch'essa, però, presenta alcune opportunità di approfondimento che possono essere oggetto di futuri studi. Tra di esse, è possibile notare che, all'interno della classificazione per attività, la maggior parte degli articoli appartiene all'ultima categoria, ovvero quella a cui appartengono gli articoli che non trattano un'attività specifica. Sarebbe più opportuno, in ricerche future, che la Blockchain venga discussa in un ambito specifico, come ad esempio il trasporto o la produzione, piuttosto che trattarla in maniera più generale, poiché considerare un'attività specifica consente di catturare alcuni aspetti tipici di quel determinato ambito in cui la Blockchain può essere applicata che potrebbero sfuggire in un discorso più trasversale. Nell'analisi delle teorie sono state trovate diverse possibilità di approcci teorici diversi. Questo fatto è sicuramente positivo, però è stato individuato che tra le teorie più diffuse vi figura la *Resource-based View*. Questa teoria è sicuramente molto importante per descrivere le risorse e competenze necessarie per poter integrare efficacemente la tecnologia Blockchain all'interno del sistema; tuttavia, tale approccio ha il difetto di considerare un ambiente statico anziché dinamico. In un momento di forte incertezza e cambiamenti repentini come lo sviluppo della quarta rivoluzione industriale, l'Industria 4.0, è preferibile impiegare un approccio capace di catturare questi aspetti, come la *Dynamic-capability view*. Perciò, in ricerche future è consigliabile utilizzare maggiormente la DCV anziché la RBV in quanto è in grado di modellizzare in maniera migliore l'evoluzione delle competenze nel tempo. Inoltre, all'interno del campione non è stata identificata la teoria dei costi di transazione; tra i vantaggi dell'applicazione Blockchain all'interno della supply chain è presente, come discusso nel paragrafo 1.4, il beneficio di ridurre l'asimmetria informativa tra le parti e, di conseguenza, il rischio di opportunismo. Potrebbe essere interessante, all'interno di studi futuri, andare ad analizzare gli effetti di un'eventuale applicazione Blockchain su queste grandezze, ad esempio utilizzando un modello matematico. Infine, è stata individuata, all'interno del campione di articoli, una combinazione d'uso tra Cloud Computing e Blockchain, che è assolutamente possibile, in quanto le due tecnologie si pongono in diversi ambiti applicativi. Tale combinazione è però stata individuata in maniera significativa solamente in un articolo; è quindi importante ed interessante esplorare ulteriormente questa combinazione d'uso, magari attraverso la discussione di più casi di studio in diversi settori per verificarne la fattibilità e sottolinearne i vantaggi.

Bibliografia

- Alshamaila, Y., Papagiannidis, S., Li, F. (2013), "Cloud computing adoption by SMEs in the North-East of England – A multi-perspective framework", *Journal of Enterprise Information Management*, Vol. 26, No. 3, pp 250-275
- Babich, V. and Hilary, G. (2019), "OM Forum—Distributed Ledgers and Operations: What Operations Management Researchers Should Know About Blockchain Technology"; *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 22, No. 2, pp 223-240
- Gupta, S., Meissonier, R., Drave, V. D., Roubaud, D. (2020), "Examining the impact of cloud ERP on sustainable performance: A dynamic capability view", *International Journal of Information Management*, Vol. 51, 102028
- Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V., Belhadi, A., Foropon, C. (2021), "A machine learning-based approach for predicting blockchain adoption in supply Chain", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 161, 120465
- Khanfar, A. A. A.; Iranmanesh, M.; Globakhloo, M.; Senali, M. G.; Fathi, M. (2021): "Applications of Blockchain Technology in Sustainable Manufacturing and Supply Chain Management: A Systematic Review", *Sustainability*, Vol. 13, No. 14, 7870
- Kumar Bhardwaj, A., Garg, A., Gajpal, Y. (2021), "Determinants in blockchain adoption in Supply Chains by Small and Medium Enterprises in India", *Mathematical problems in Engineering*, Vol. 2021, 5537395
- Lin, M., Lin, C., Chang, Y.-S. (2021), "The impact of a cloud supply chain on organizational performance", *Journal of Business and Industrial Marketing*, Vol. 36, No. 1, pp 97-110
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., Ghalsasi, A. (2011), "Cloud Computing – The business perspective", *Decision Support Systems*, Vol. 51, No.1, pp 176-189
- Novais, L., Maqueira Marin, J. M., Moyano-Fuentes, J. (2020), "Lean Production implementation, Cloud-Supported Logistics and Supply Chain Integration: interrelationships and effects on business performance", *International Journal of Logistics Management*, Vol. 31, No. 3, pp 629-663
- Oliveira, T., Thomas, M., Espadanal, M. (2014), "Assessing the determinants of cloud computing adoption: An analysis of manufacturing and service sectors", *Information and Management*, Vol. 51, No. 5, pp 497-510
- Ooi, K.-B., Lee, V.-H., Tan, V.-H. G., Hew, T.-S., Hew, J.-J. (2018), "Cloud computing in manufacturing: The next revolution in Malaysia?", *Experts Systems with Applications*, Vol. 93, pp 376-394
- Park, K. O. (2020), "A Study on Sustainable Usage Intention of Blockchain in the Big Data Era: Logistics and Supply Chain Management Companies", *Sustainability*, Vol. 12, No. 24, 10670, pp 1-15
- Rijanto, A. (2021), "Blockchain technology adoption in Supply Chain Finance", *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, Vol. 16, No. 7, pp 3078-3098

- Samsudin, Z and Ismail, M. D. (2019), "The concept of theory of Dynamic Capabilities in changing environments", *International Journal of Academic Research in Business and Social Science*, Vol. 9, No. 6, pp 1071-1078
- Sawangwong, A. and Chaopaisarn, P. (2020): "The impact of applying knowledge in the technological pillars of Industry 4.0 on supply chain performance", *Kybernetes*, 0368-492X (Article in press)
- Shirzad Talatappeh, S. and Lakzi, A. (2020), "Developing a model for investigating the impact of cloud-based systems on Green Supply Chain Management", *Journal of Engineering, Design and Technology*, Vol. 18, No. 4, pp 741-760
- Subramanian, N., Abdulrahman, M. D., Zhou, X. (2015), Reprint of "Integration of logistics and cloud computing service providers: Cost and green benefits in the Chinese context", *Transportation Research Part E*, Vol. 74, pp 81-93
- Sundarakani, B., Ajaykumar, A., Gunasekaran, A. (2021), "Big data driven supply chain design and applications for blockchain: An Action research using case study approach", *Omega*, Vol. 102, 102452
- Tiwari, S. (2021), "Supply chain integration and Industry 4.0: A systematic literature review", *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 28, No. 3, pp 990-1030
- Varriale, V., Cammarano, A., Michielino, F., Caputo, M. (2020), "New organizational changes with blockchain: a focus on the supply chain", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 12, No. 22, 9400, pp 1-16
- Wang, M., Wang, B., Abareshi, A. (2020), "Blockchain Technology and Its Role in Enhancing Supply Chain Integration Capability and Reducing Carbon Emission: A Conceptual Framework", *Sustainability*, Vol. 12, No. 24, 10550, pp 1-17
- Wang, M., Wu, Y., Chen, B., Evans, M. (2021), "Blockchain and Supply Chain Management: A new paradigm for Supply Chain Integration and Collaboration", *Operations and Supply Chain Management*, Vol. 14, No. 1, pp 111-122
- Wohlin, C. (2014), "Guidelines for Snowballing in Systematic Literature Studies and a Replication in Software Engineering", available at: <https://www.wohlin.eu/ease14.pdf> (accessed 3 March 2022)
- Wu, C.-H., Tsang, Y.-P., Lee, K.-M. C., Ching, W.-K. (2021) "A Blockchain-IoT platform for the Smart Pallet pooling Management", *Sensors*, Vol. 21, No. 18, 6310
- Yin, W. and Ran, W. (2021), "Theoretical exploration of Supply Chain Viability using Blockchain technology", *Sustainability*, Vol. 13, No. 15, 8231

Sitografia

- [1] <https://www.almalaboris.com/organismo/blog-lavoro-alma-laboris/62-sistemi-di-gestione-integrati/2492-chain-management-cos-e-cosa-significa-definizione-esempi.html>
- [2] <https://www.entersoftware.it/supply-chain-management/>
- [3] <https://www.ibm.com/it-it/topics/supply-chain-management>
- [4] <https://www.ibm.com/it-it/supply-chain/control-towers>
- [5] <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>
- [6] <https://www.pnud.camcom.it/digitalizzazione-strumenti-e-servizi-informatici/punto-impresa-digitale-pid/tecnologie-abilitanti>
- [7] <https://www.smactory.com/industria4-0-definizione-e-benefici/>
- [8] https://blog.osservatori.net/it_it/cloud-computing-significato-vantaggi
- [9] <https://www.nessunopuocresceresolo.eu/breve-storia-del-cloud-computing/>
- [10] <https://tecnologia.libero.it/che-cose-il-cloud-computing-14843>
- [11] <https://www.backtowork24.com/news/cloud-computing-cos-e-e-quali-sono-i-benefici-per-le-aziende>
- [12] https://blog.osservatori.net/it_it/multicloud-significato-vantaggi-gestione
- [13] https://blog.osservatori.net/it_it/cloud-pro-contro
- [14] <https://www.cwi.it/tecnologie-emergenti/blockchain>
- [15] <https://www.blogtools.it/vantaggi-e-svantaggi-della-blockchain>
- [16] <https://libguides.csu.edu.au/review/Systematic>
- [17] <https://www.treccani.it/vocabolario/grigio/, voce 2. b>
- [18] <https://www-scopus-com.ezproxy.biblio.polito.it/search/form.uri?display=basic#basic>
- [19] <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>
- [20] <http://biblioteche.unipv.it/home/risorse/indicatori-bibliometrici/impact-factor-if>
- [21] https://support.clarivate.com/ScientificandAcademicResearch/s/article/Journal-Citation-Reports-Quartile-rankings-and-other-metrics?language=en_US
- [22] https://www.researchgate.net/publication/226145805_The_Technology-Organization-Environment_Framework

[23] <https://www.icaew.com/technical/business/strategy-risk-and-innovation/strategy/resource-based-view-of-the-firm>

[24] https://blog.osservatori.net/it_it/cos-e-internet-of-things