



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale
Percorso Innovazione (LM-31)
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea marzo 2022

Innovazione e Information Technology al servizio dell’Audit

Analisi sulle applicazioni della Blockchain

Relatori:

Prof. Luigi Buzzacchi
Dott. Davide Benevolo

Candidata:

Marianna Perrone

| | |
|--|----|
| Sommario | |
| 1. Ringraziamenti | 5 |
| 2. Abstract..... | 5 |
| 3. Contesto | 6 |
| 3.1. Audit: la normativa UNI EN ISO 19001 | 6 |
| 2.1.1. Classificazione dell'audit..... | 8 |
| 3.2. L'esperienza in EY..... | 9 |
| 3.2.1. Walkthrough..... | 9 |
| 3.2.2. Testing | 10 |
| 4. I sistemi informativi aziendali | 11 |
| 4.1. Classificazione dei Sistemi Informativi | 11 |
| 4.1.1. Classificazione per funzioni..... | 12 |
| 4.1.2 Classificazione per attività | 12 |
| 4.1.2.1. TPS-Transaction Processing System..... | 12 |
| 3.1.2.2. MIS-Management Information System..... | 12 |
| 3.1.2.3. DSS-Decision Support System..... | 13 |
| 3.1.2.4. ESS-Executive Support System..... | 14 |
| 4.1.3. Classificazione per processi..... | 15 |
| 4.1.3.1. CMR-Customer Relationship Management..... | 15 |
| 3.1.3.2. SCM- Supply Chain Management..... | 16 |
| 3.1.3.3. ERP-Enterprise Resource Planning..... | 17 |
| 4.1.4. Evoluzione dei sistemi ERP | 20 |
| 5. Cicli aziendali..... | 22 |
| 5.1. Ciclo attivo..... | 23 |
| 5.1.1. Le fasi del ciclo attivo | 24 |
| 5.2. Ciclo Passivo | 25 |
| 5.2.1. Le fasi del ciclo passivo..... | 25 |
| 6. Warehouse Management..... | 27 |
| 6.1. Le fasi del Warehouse Management..... | 28 |
| 7. Trasformazione digitale | 30 |
| 7.1. Blockchain | 32 |
| 7.1.1. Storia..... | 32 |
| 7.1.2. Definizione..... | 32 |
| 7.1.3. Decentramento | 33 |

| | |
|--|----|
| 7.1.4. Validazione dei blocchi | 38 |
| 7.1.4.1. Convalida sulle blockchain Proof of Work | 39 |
| 7.1.4.2. Convalida su blocchi Proof of Stake | 40 |
| 7.1.5. Classificazione delle reti blockchain | 40 |
| 7.1.5.1. Blockchain pubblica | 41 |
| 7.1.5.2. Blockchain privata | 42 |
| 7.1.6. Applicazioni | 44 |
| 7.1.6.1. Audit e revisione contabile | 44 |
| 7.1.6.2. Smart Contract | 46 |
| 7.2. Blockchain for supply chain | 47 |
| 7.2.1. Il ruolo della Blockchain nel magazzino | 49 |
| 7.2.2. Tracciabilità e visibilità | 50 |
| 7.2.3. Demand Forecasting | 52 |
| 7.2.4. Open Access | 53 |
| 7.2.5. Sostenibilità ambientale | 54 |
| 7.4.6. Prevenzione dalle frodi | 54 |
| 7.4.7. Automatizzazione delle transazioni | 55 |
| 7.3. Studio Forrester Consulting-IBM | 55 |
| 7.3.1. Risultati chiave | 56 |
| 7.3.2. Digitalizzazione della Supply Chain | 57 |
| 7.4. Soluzioni offerte dalla blockchain | 58 |
| 7.4.1. Visibilità end-to-end | 59 |
| 7.4.2. Risoluzione delle controversie multiparty | 59 |
| 7.4.3. Miglioramento della gestione del lavoro contingente | 60 |
| 8. Innovazione e blockchain | 61 |
| 8.1 Diffusion of Innovation Model | 61 |
| 8.2. Curve a S | 63 |
| 8.3. Hype cycle | 64 |
| 9. Analisi delle performance | 68 |
| 9.1. Analisi SWOT | 68 |
| 9.1.1. Strengths and Opportunities | 68 |
| 9.1.2. Weakness e Threats | 70 |
| 9.2. DLT abstraction layers | 71 |
| 9.3. Analisi empiriche dei sistemi blockchain | 74 |

| | |
|--|----|
| 9.3.1. Benchmarking..... | 74 |
| 9.3.2. Self-Designed Experiments..... | 75 |
| 9.3.2.1. Analisi comparativa | 76 |
| 9.3.3. Simulazione | 77 |
| 9.4. Confronto tra le diverse soluzioni empiriche..... | 77 |
| 9.5. Indicatori di performance..... | 78 |
| 10. Conclusioni | 80 |
| 11. Sitografia..... | 82 |

1. Ringraziamenti

Al termine di questo percorso ci tengo vivamente a ringraziare, il dott. Davide Benevolo per avermi dato l'opportunità di entrare in Ernst&Young, permettendomi di vivere una delle esperienze più formative che io abbia mai fatto, sia a livello professionale che a livello umano, e per i suoi preziosi consigli che hanno avuto un valore inestimabile per la stesura del lavoro di tesi.

In secondo luogo, vorrei ringraziare tutti i colleghi che mi hanno trasmesso il loro sapere e le loro conoscenze nell'ambito professionale e personale, per avermi seguito con premura durante questi ultimi mesi di tirocinio.

Voglio rivolgere un sincero grazie al professor Luigi Buzzacchi per la gentilezza e la disponibilità mostrate durante questo percorso. Ci tengo, inoltre, a esprimere la mia stima nei suoi confronti, per essersi contraddistinto per la passione e la preziosa dedizione che rivolge ai suoi studenti.

Vorrei ringraziare inoltre chi, in questi anni di sacrifici e vittorie, ha contribuito al raggiungimento di questo traguardo.

2. Abstract

Il presente lavoro di tesi completa il progetto formativo inerente alla gestione del "rischio tecnologico" presso la Società di consulenza Ernst & Young (di seguito EY) che, insieme a Deloitte, KPMG e PricewaterhouseCoopers, è riconosciuta come una delle "Big Four", ovvero Società multinazionali leader nella revisione contabile e nella consulenza.

La mission di EY è rappresentata nel suo slogan "Building a better working world". I servizi offerti aiutano a costruire la fiducia nei mercati globali, fornendo supporto nel processo di trasformazione digitale, contrastando la pirateria informatica, sostenendo i governi in tempi di crisi e fornendo servizi di audit nei mercati finanziari e nel business.

In questo contesto, dove le attività lavorative svolte si concentrano al supporto dell'audit (inteso come revisione contabile), si sviluppano analisi per rilevare il rischio legato all'information technology nei processi. Inoltre, si effettuano controlli e attività di test sui dati e sulle funzionalità dei sistemi informativi aziendali (di seguito SIA).

L'obiettivo è individuare quali sono i limiti (o gap) e i key success factors dei SIA e comprendere come e quando questi sistemi conducano alla risoluzione delle criticità legate ai processi.

Infine, si è cercato di individuare una soluzione tecnologica innovativa che proponesse di risolvere i problemi legati ai sistemi informativi più tradizionali mediante l'adozione della tecnologia blockchain, una "Distributed Ledger Technology", con cui si intende una lista consecutiva di registrazioni/transazioni con timestamp certo e non modificabile, collegati in modo sequenziale usando la crittografia.

Il suo potenziale di applicazione, all'interno dell'industria dei servizi finanziari basata sulle transazioni, è particolarmente vasto e ad ogni modo rilevante per le organizzazioni di ogni settore.

Una rete “peer to peer” (P2P) di nodi partecipanti contribuisce alla formazione e alla convalida della blockchain, garantendo il consenso distribuito dalla maggioranza della rete. Questo rende la blockchain un modello immutabile e sicuro per quanto riguarda le transazioni tra le parti.

La suddetta tecnologia consente di riformare il modo in cui le aziende conducono le loro operazioni. Diversi studi di ricerca, riguardanti la finanza commerciale, la gestione delle cartelle cliniche e le industrie assicurative, hanno migliorato la visibilità della tecnologia blockchain. Il Supply Chain Management (SCM) è una delle possibili applicazioni.

Attraverso un'ampia ricerca saranno identificate barriere e sfide ricorrenti nella supply chain ed elementi della tecnologia blockchain che possono essere usati per risolvere tali criticità.

Questo documento non ha la presunzione di effettuare un'analisi completa dell'innovazione dirompente che sta avvenendo nei processi logistici grazie alla blockchain, ai smart contract e all'Internet of Things (IoT), ma ha l'obiettivo di individuare alcuni dei più importanti Key Performance Indicators (KPI) della logistica nella supply chain, che vengono influenzati positivamente a causa della trasformazione digitale, e le caratteristiche richieste nelle tecnologie blockchain affinché questo cambio di paradigma abbia luogo.

3. Contesto

Questo paragrafo si focalizza sul concetto di audit perché è il punto di partenza da cui si svilupperanno tutte le successive analisi relative ai sistemi informativi aziendali. Le attività a supporto dell'audit permettono di proporre al cliente soluzioni atte al raggiungimento di una crescita sostenibile, di fornire suggerimenti che favoriscano l'ottimizzazione delle prestazioni aziendali, far rispettare la conformità normativa, creare un sistema di comunicazioni affidabili con clienti, investitori e autorità di regolamentazione.

3.1. Audit: la normativa UNI EN ISO 19001

La definizione di audit viene fornita dalla normativa UNI EN ISO 19011 la quale stabilisce che, in Italia, con *audit* si intende un processo sistematico, indipendente e documentato attraverso il quale si analizzano le evidenze dei processi aziendali e di cui poi se ne valuta la validità, al fine di stabilire in quale misura specifici criteri sono soddisfatti. In altre parole, si può affermare che l'obiettivo dell'audit è di valutare conformità ed efficacia del sistema di gestione adottato. Si è data una definizione generale di quelli che sono gli obiettivi dell'audit. Nella pratica questi si raggiungono attraverso una serie di attività che possono essere:

- sviluppare un'indagine su attori esterni, quali possono essere fornitori;
- valutare attori interni come le risorse umane;
- capire come acquisire gli opportuni requisiti al fine di ottenere una certificazione in un determinato ambito (impatto ambientale, sostenibilità, welfare aziendale etc.);
- quantificare l'efficacia di azioni correttive prese;
- definire il grado di competenza del personale;
- individuare il rating di una performance aziendale;
- attivare un processo di miglioramento e innalzare il livello degli indicatori di performance soprattutto all'interno di grandi multinazionali.

Tali attività devono essere svolte secondo logiche che possono essere influenzate dal campo d'applicazione e sulla base di norme o capitolati che regolano o standardizzano determinate

caratteristiche di un prodotto o un processo. Per questo motivo, alla base dell'audit c'è sempre la sua pianificazione la quale è redatta in documenti ufficiali in cui ogni singolo step del programma è studiato nel dettaglio e reso esplicito. Il fine della pianificazione è quello di standardizzare la procedura di audit, cioè premeditare le modalità di svolgimento, il campo d'applicazione e i vari responsabili. Come si può notare in *Figura 1*, la pianificazione è una fase ciclica che perdura fino al raggiungimento di un adeguato grado di ottimizzazione del programma. Solo a questo punto viene concessa l'autorizzazione per iniziare l'attività di audit vera e propria.



Figura 1: Fasi di pianificazione del processo di audit

La prima fase del processo di audit consiste nel raccogliere le evidenze necessarie per la valutazione. Con il concetto di evidenze, si intendono "dati a supporto dell'esistenza o della veridicità di qualcosa" quindi qualsiasi documento, constatazione, risultati di monitoraggi o misurazioni che forniscono informazioni, anche qualora queste siano ottenute da un'intervista o un colloquio. La valutazione dell'auditor nasce dal confronto tra evidenze e requisiti. L'attendibilità, la veridicità, l'affidabilità del risultato finale di un audit, è direttamente proporzionale alla qualità della documentazione fornita dal cliente. A tal proposito, è rilevante il trade-off tra la quantità di evidenze raccolte e il tempo e budget a disposizione per effettuare le opportune considerazioni.

Le fasi conclusive del processo sono l'analisi delle evidenze e la successiva verbalizzazione dei risultati. Infatti, al termine della valutazione viene redatto un report dove sono messe per iscritto, non solo le considerazioni finali, e quindi se la valutazione ha avuto un esito positivo o negativo, ma anche i motivi che hanno portato al superamento o meno del test e come risolvere eventuali anomalie e non conformità. Qualora invece l'esito fosse positivo ma con delle eccezioni, l'auditor esprimerà chiaramente delle raccomandazioni o consigli per migliorare il risultato conseguito ed evitare un eventuale fallimento futuro.

È buona prassi corredare al report finale le evidenze raccolte per giustificare facilmente l'esito della valutazione.

È importante sottolineare che il lavoro dell'auditor, oltre ad essere totalmente oggettivo e imparziale, deve anche essere privo di qualunque tipo di conflitto di interesse. È per questo, che, in fase preliminare, al personale addetto al controllo è richiesto di rilasciare una dichiarazione di indipendenza che attesti che non vi è alcun tipo di legame diretto o indiretto tra chi esegue il test e l'organizzazione valutata. Di seguito, in *Figura 2* viene fornito uno schema riassuntivo delle fasi dell'audit.

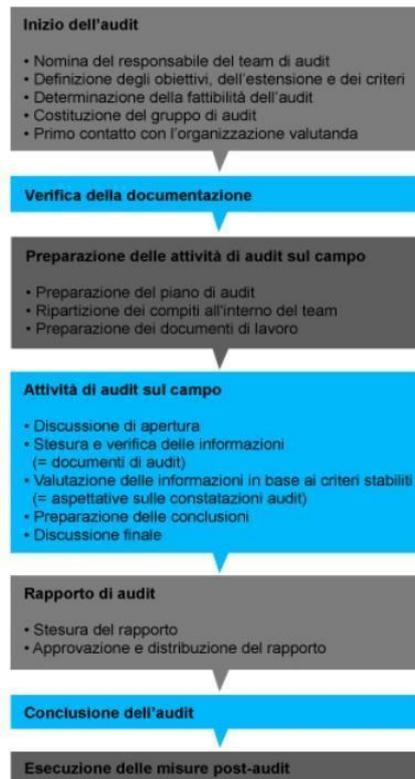


Figura 2: Fasi dell'audit

2.1.1. Classificazione dell'audit

Una volta definita la struttura dell'audit, restano da definire le tipologie di audit: interno o esterno.

| Audit interno | Audit esterno | |
|----------------------------------|---|---|
| Preparazione alla certificazione | Audit di seconda parte presso il fornitore (o presso di sé) | Audit di terza parte in un audit di certificazione o di controllo di un sistema di gestione |

Figura 3: Tipologie di audit

L'audit interno è tale per cui è commissionato dall'azienda valutata ed è eseguito direttamente da personale aziendale o da consulenti.

Quelli di tipo esterno, invece, si suddividono ulteriormente in due categorie: di seconda parte e di terza parte.

Negli audit di seconda parte si esegue una valutazione sui fornitori, effettivi o potenziali. Tale valutazione viene commissionata dal cliente. In questo caso, ad eseguire l'audit possono essere società di consulenza specializzate in questo settore o risorse interne impiegate appositamente in questo compito.

Gli audit di terza parte sono sempre eseguiti da soggetti terzi, esterni all'azienda, e sono svolti per conto di enti regolatori o organismi di certificazione che valutano di rilasciare un certificato di conformità, nel caso di esito positivo del test.

La normativa ISO dispone che il rilascio di tali certificazioni avvenga solo dopo che siano stati svolti sia l'audit interno sia quello sui fornitori.

3.2. L'esperienza in EY

Dopo aver chiarito la struttura dell'audit, viene illustrato come, in EY, a partire dalla normativa ISO 19001, è stata redatta una procedura standard per effettuare le dovute valutazioni a supporto dell'audit.

Si fa riferimento alle attività svolte nella Service Line Technology Risk e in questo contesto le procedure di revisione sono relative ai controlli automatici, cioè tutti quei controlli che si servono di software o applicativi IT per veicolare le informazioni che coinvolgono i processi aziendali automaticamente.

La procedura di revisione si divide in due macro-fasi, elencate e analizzate di seguito.

3.2.1. Walkthrough

Nella fase di walkthrough sono svolte le analisi finalizzate alla comprensione dei processi e alla definizione dei requisiti che i controlli automatici dovranno soddisfare.

1. Definizione del perimetro di intervento

Si inizia definendo un perimetro di intervento. È fondamentale identificare le "significant classes of transactions" (di seguito SCOTs) ovvero quelle transazioni rilevanti che influenzano materialmente un processo.

Al cliente sono poste domande approfondite sui processi e sui relativi controlli applicati. Il fine è di identificare i punti critici in cui un controllo automatico essenziale non è adottato o è progettato in modo non efficace.

Tutto deve essere scrupolosamente documentato al fine di fornire, di anno in anno, report più dettagliati da cui attingere informazioni pregresse sui processi analizzati. Questo consente, infatti, di ottimizzare le tempistiche della fase di understanding.

2. Risk assessment

Dopo aver identificato e compreso le SCOTs, si effettua una valutazione dei rischi.

Si valuta l'accuratezza delle informazioni acquisite in merito ai controlli. Successivamente si valuta se questi ultimi sono strutturati efficacemente per prevenire, rilevare o correggere tempestivamente eventuali inesattezze. Infine, si valuta se i controlli sono effettivamente stati messi in atto.

3. Comprensione dei processi e dei controlli

A questo punto, ci si concentra sul critical path ovvero la sequenza di momenti in cui si rilevano le maggiori criticità' cioè quelli in cui le SCOTs sono avviate, autorizzate, registrate ed elaborate. I momenti critici sono quelli in cui i dati sono acquisiti, trasferiti o modificati poiché la probabilità che si verifichino errori è più alta.

Al completamento della procedura di walkthrough, il team di auditors conferma la propria comprensione dei controlli.

A questo punto al cliente è chiesta evidenza di come sono stati eseguiti i controlli sui processi oggetto dell'indagine.

Sebbene in un contesto di technology risk ci si occupi degli aspetti automatici relativi ai processi è opportuno precisare che i controlli possono essere, oltre che automatizzati, anche manuali, o una combinazione di entrambi.

4. Definizione degli attributi e svolgimento del test

In funzione delle informazioni apprese nelle fasi precedenti, sono definiti gli attributi, ovvero i parametri di riferimento per la fase di test. Infatti, in misura di quanto questi siano più o meno soddisfatti dipenderà l'esito del test.

È al termine del Walkthrough che si progetta e si effettua il test.

3.2.2. Testing

Il test è progettato in modo tale da rispondere ai rischi identificati. È definita, quindi, una strategia appropriata per ottenere le evidenze necessarie per effettuare il test.

In alcune circostanze è possibile eseguire test più o meno di dettaglio. Questa eventualità dipende dalla quantità di dati che si hanno a disposizione per fare le dovute analisi. Infatti, si può analizzare ciascuno degli item costituenti l'intera popolazione di dati acquisiti oppure solo un campione. Le logiche di campionamento sono le seguenti:

- se la popolazione è costituita da un numero di occorrenze superiore a 250, gli item selezionati saranno pari a 25;
- se la popolazione è costituita da un numero compreso tra 50 e 250 di occorrenze, la grandezza del campione sarà pari al 10% di quella della popolazione;
- se la popolazione è costituita da un numero inferiore a 50 occorrenze, si seleziona un minimo di 5 item per il campione;
- se la popolazione è costituita da un numero di occorrenze inferiore a 5, non verrà selezionato un campione ma verranno esaminate tutte le occorrenze della popolazione.

Per selezionare il campione, può essere più appropriato servirsi di software che selezionano casualmente un numero prestabilito di item ma spetta a chi esegue il test, secondo il suo giudizio professionale, capire se è più opportuno utilizzare tecniche di campionamento statistico o discrezionale per determinare un campione rappresentativo.

Quando si esegue il test, l'obiettivo è quello di verificare che non siano emerse inesattezze rilevanti o che queste siano state adeguatamente corrette da personale abilitato e segnalate a chi di dovere. in termini tecnici, il test ha l'obiettivo di confermare l'effettività operativa del controllo.

4. I sistemi informativi aziendali

In un contesto di Information Technology, i sistemi informativi sono i principali strumenti a supporto del business. Questi archiviano la maggior parte dei dati e delle informazioni relativi alla gestione aziendale, consentono di monitorare facilmente i controlli effettuati sui processi e i processi stessi.

Le esigenze di ogni organizzazione sono diverse. È necessario avere una visione innovativa, una prospettiva di business e un'adeguata considerazione dei quadri normativi pertinenti per guidare la crescita, risparmiare sui costi e investire nel domani.

A tal proposito, è necessario comprendere cosa siano realmente i sistemi informativi, capirne il funzionamento, in che modo si differenziano gli uni dagli altri, come si applicano concretamente nella realtà aziendale e qual è l'impatto che hanno nei processi aziendali.

I sistemi informativi aziendali sono uno strumento di gestione e controllo fondamentale per le aziende. Contribuiscono al monitoraggio delle attività operative e favoriscono, oltre che una più efficiente gestione interna, anche una migliore comprensione del prospetto aziendale ad attori esterni.

Le grandi aziende si affidano ai sistemi informativi per gestire le proprie attività e le relazioni con clienti e fornitori, al fine di competere al meglio nel proprio settore di mercato. Nello specifico, i sistemi informativi possono anche essere usati per processare informazioni relative alle risorse umane, calcolo degli stipendi e delle ore lavorate, oppure per raggiungere innumerevoli clienti, offrendo periodicamente promozioni personalizzate.

Le più grandi corporazioni espandono il loro business ed accrescono le loro dimensioni a partire dall'implementazione di sistemi informativi, accrescendo l'investimento in asset di tipo hardware e di tipo software.

I sistemi informativi aziendali, nelle imprese, sono anche strumenti atti al supporto decisionale perché consentono di raccogliere ed organizzare l'ingente flusso di dati in ingresso e in uscita, che non sarebbe possibile gestire altrimenti, e restituire in tempo reale risultati comprensibili e quindi rispondere prontamente alle esigenze del mercato.

I sistemi informativi richiedono il sussidio di tecnologie hardware di notevole potenza che consentano di elaborare ingenti quantità di dati per gestire e pianificare prontamente ed efficacemente i vari processi aziendali.

È necessario poter gestire la maggior quantità di dati nel minor tempo possibile e nel modo più efficace. Questo è possibile solo grazie a sistemi di supporto aziendali che consentono di estrapolare i dati utili in modo da avere una visione chiara e sintetica della situazione. Ciò consente ai singoli individui, nei diversi livelli gerarchici di un'organizzazione, di prendere decisioni efficienti.

4.1. Classificazione dei Sistemi Informativi

I sistemi informativi vengono classificati in funzione della tipologia di utilizzo e dell'area di applicazione aziendale.

4.1.1. Classificazione per funzioni

Un'organizzazione suddivisa per funzioni aziendali assegna a ciascuna un proprio sistema informativo.

Per esempio, in un contesto di produzione si dovranno adottare sistemi atti alla programmazione e al controllo.

In un contesto di R&D sarà necessario un sistema di programmazione che riesca a coordinare dati più tecnico scientifici.

In un contesto logistico, per l'acquisizione di ordini e la gestione degli acquisti, occorreranno sistemi più specifici per l'archiviazione dei dati di clienti e fornitori.

Per le funzioni delle risorse umane invece è più adatto un sistema che gestisca aspetti legati alla remunerazione e alla sicurezza del personale ma anche alla registrazione delle entrate e delle uscite dei dipendenti.

I vantaggi della classificazione funzionale sono legati al fatto che spesso vi è un riscontro immediato tra la struttura organizzativa aziendale e i sistemi informativi adottati. Non è opportuno usare questo tipo di sistemi informativi quando la struttura organizzativa dell'impresa non è di tipo funzionale o quando è soggetta a ripetute e onerose variazioni strutturali.

4.1.2 Classificazione per attività

Un altro criterio per classificare i sistemi informativi è quello in cui si fa riferimento alla piramide aziendale dove al vertice, generalmente, si collocano le attività strategiche, al di sotto le tattiche e infine le operative.

Ogni livello sfrutta una tipologia di sistemi differente.

4.1.2.1. TPS-Transaction Processing System

I Transaction Processing System (TPS) sono i SIA a livello operativo e si occupano dell'elaborazione delle transazioni e delle attività più frequenti, ossia quelle che costituiscono la routine aziendale. Sono per esempio i sistemi atti alla gestione di fatture e spedizioni, alla registrazione di ordini, al conteggio di ore giornaliere lavorate dalle risorse umane e delle buste paga.

Tali sistemi, essendo quelli di uso più frequente, sono quelli da cui dipende il normale svolgimento delle attività lavorative e per questo motivo, qualora fossero soggetti ad eventuali guasti, porterebbero allo stallo dell'intera azienda.

I TPS, inoltre, contribuiscono notevolmente al supporto delle attività ai livelli più alti della piramide.

3.1.2.2. MIS-Management Information System

I Management Information System (MIS) supportano le attività a livello tattico, nello specifico offrono ai manager strumenti di monitoraggio.

Lo scopo di un MIS è migliorare il processo decisionale, fornendo dati aggiornati e accurati su una varietà di risorse organizzative, tra cui dati finanziari, inventario, personale, tempistiche di progetto, produzione, marketing, materie prime e R&D.

Il MIS crea report dettagliati raccogliendo i dati, memorizzando e rendendoli accessibili ai manager che li vogliono analizzare.

Il MIS è in grado di correlare più data points al fine di elaborare strategie per ottimizzare l'organizzazione delle operazioni. Per esempio, questo significa che, confrontando le vendite del mese corrente con quelle dell'anno precedente, è in grado di prevedere la domanda futura e quindi calcolare i livelli di scorte necessari per coprirlo. Può indicare modi per aumentare le entrate, confrontare le spese di marketing per posizione geografica e collegarle alle vendite.

L'esecuzione di rapporti che mettono insieme più data points è il contributo chiave di un MIS. Questa caratteristica, tuttavia, ha un costo significativo. L'implementazione del MIS è un investimento costoso che include l'acquisto di hardware e software, così come l'integrazione con i sistemi esistenti e la formazione di tutti i dipendenti.

Un MIS raccoglie dati da più sistemi online, analizza le informazioni e riporta i dati per aiutare la gestione del processo decisionale. Forniscono l'accesso a dati e informazioni pregresse, ma offrono anche una visione chiara sulla situazione corrente ed elaborano report sui risultati conseguiti in un dato periodo di tempo.

3.1.2.3. DSS-Decision Support System

Anche i Decision Support System (DSS) sono strumenti utilizzati a livello manageriale. Sono atti al supporto decisionale ogni qualvolta ci si ritrovi in situazioni nuove o impreviste, dove è richiesto trovare soluzioni efficaci e in tempi brevi.

I DSS richiedono una maggior potenza e capacità di elaborazione perché lavorano con quantità di dati nettamente superiori a quelle che utilizzano altri sistemi e restituiscono i risultati molto più rapidamente.

In un'organizzazione, un DSS è usato dai dipartimenti di pianificazione. È usato principalmente nella proiezione delle vendite, per la gestione dell'inventario e per presentare le informazioni ai clienti in modo chiaro e trasparente.

Una delle principali applicazioni di un DSS è il reporting in tempo reale. È molto utile per le organizzazioni che prendono parte alla gestione dell'inventario just in time (JIT).

In un sistema di inventario JIT, l'organizzazione richiede dati in tempo reale dei loro livelli di inventario per schedare gli ordini, evitare ritardi nella produzione e causare un effetto domino negativo.

I tre componenti principali di un DSS sono:

- *Model Management System*

Questo sistema permette l'accesso e la gestione di modelli finanziari, organizzativi e statistici che i manager possono usare nel loro processo decisionale relativamente alla salute finanziaria dell'organizzazione o alla previsione della domanda di un bene o servizio.

- *Interfaccia utente*

L'interfaccia utente include strumenti che aiutano l'utente finale di un DSS a navigare nel sistema.

- *Knowledge Base*

La base di conoscenza include informazioni da fonti interne (informazioni raccolte in un sistema di processo di transazione) e fonti esterne (giornali e database online). Le informazioni vengono create in un modello decisionale per analizzare le situazioni. In questo modo, fornisce soluzioni idonee a situazioni diverse usando dati, procedure, regole, o strutture decisionali interattive memorizzate come i diagrammi di flusso. Gestisce informazioni non strutturate in diversi formati elettronici.

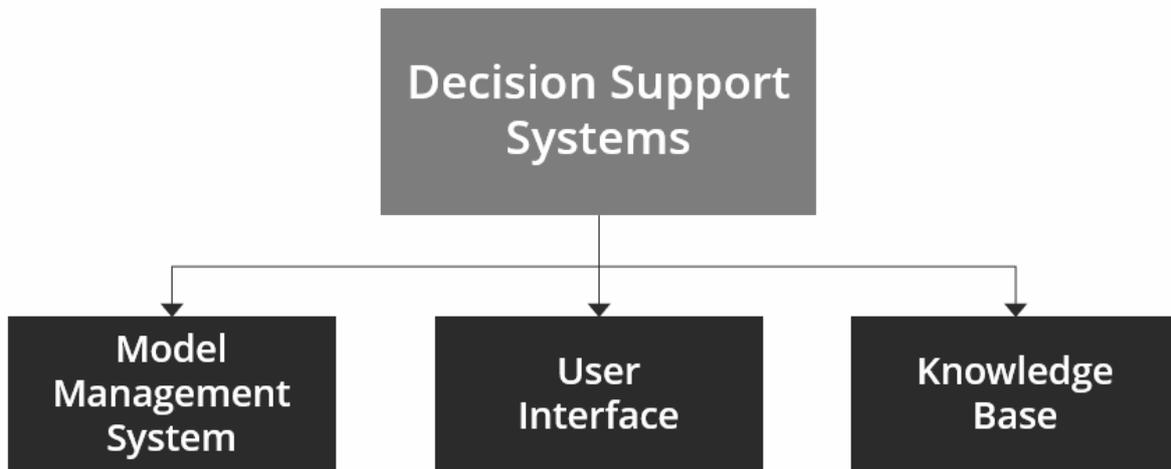


Figura 4: Struttura modulare di un sistema DSS

Tra i vantaggi di un DSS rispetto ad altri sistemi è presente la maggiore efficienza nell'effettuare analisi in tempo reale. Promuove la formazione all'interno dell'organizzazione perché devono essere sviluppate competenze specifiche per implementare e gestire un DSS. Migliora la comunicazione interpersonale all'interno dell'organizzazione.

Un limite di questi sistemi è che per svilupparli e implementarli è richiesto un enorme investimento di capitale, il che li rende meno accessibili alle piccole o medie imprese.

3.1.2.4. ESS-Executive Support System

Gli Executive Support System (ESS), invece, sono i sistemi utilizzati a livello strategico e sono sistemi di supporto direzionale. Riguardano le decisioni sul lungo periodo, relative ad attività che non sono ricorrenti, a situazioni o accadimenti imprevisti che richiedono nuove strategie per le quali non sono previste procedure standard atte a fronteggiarli.

Sono progettati per filtrare le informazioni utili insite nei dati provenienti dai sistemi di livelli inferiori, come MIS e DSS, restituendo report e grafici in tempo reale.

I dirigenti spesso affrontano un sovraccarico di informazioni e devono essere in grado di filtrarle per prendere la decisione giusta. Un ESS può fornire le informazioni riassuntive di cui i dirigenti hanno bisogno e in aggiunta fornire l'opportunità di approfondire i dettagli, se necessario.

Di solito, a livello strategico, le decisioni a questo livello dell'azienda non sono mai strutturate in quanto i problemi e le situazioni che i dirigenti affrontano sono molto fluidi, cambiano sempre, quindi il sistema deve essere flessibile e facile da manipolare.

Con i progressi della tecnologia, gli ESS sono in grado di collegare i dati da varie fonti sia interne che esterne per fornire la quantità e il tipo di informazioni che i dirigenti trovano utili.

I sistemi di supporto esecutivo non forniscono ai dirigenti decisioni pronte. Le decisioni sono prese combinando le informazioni fornite dagli ESS con l'esperienza, la conoscenza, l'istruzione, la comprensione della società e dell'ambiente commerciale nel suo complesso.

Gli ESS si basano sulla presentazione grafica delle informazioni perché è un modo molto più veloce per analizzarle.

Questi sistemi si prestano bene alla gestione dell'azienda sfruttando anche i dati ricavati dalle dinamiche esterne. Dall'elaborazione dei dati si ottiene un prospetto di quelle che sono le criticità.

4.1.3. Classificazione per processi

Un altro modo per classificare i sistemi informativi aziendali è anche in base ai processi nei quali vengono utilizzati. Questo tipo di sistemi viene progettato in relazione alla richiesta di informazioni e alla capacità di elaborazione dei dati circolanti in un singolo processo.

4.1.3.1. CMR-Customer Relationship Management

Tra i più utilizzati in questo contesto applicativo si trovano quelli dedicati al Customer Relationship Management, ovvero quei sistemi che consentono alle aziende di monitorare tutti gli aspetti relativi a ciascun cliente. Ciò permette di creare un solido rapporto di fidelizzazione con i clienti attuali e di attrarne di nuovi.

Questi sistemi favoriscono la combinazione di pratiche, strategie e tecnologie per gestire e analizzare le interazioni e i dati dei clienti durante tutto il customer lifecycle. Monitorare la fidelizzazione dei clienti ha lo scopo di migliorare il servizio offerto e aumentare le vendite.

Inoltre, i CRM consentono di raccogliere i dati dei clienti attraverso diversi canali di comunicazione come il sito web dell'azienda, la chat dal vivo, la posta elettronica e i social network.

L'uso dei sistemi CRM può avvantaggiare sia le piccole imprese che le grandi società. Nel corso del tempo, molte funzioni aggiuntive sono state apportate ai sistemi CRM per renderli più efficienti. Alcune di queste consentono di:

- avere informazioni sui clienti in merito agli acquisti passati e aiutando gli operatori del customer service a fornire un servizio migliore e più veloce;
- raccogliere le informazioni sui clienti e archivarle in un unico database in modo che gli utenti aziendali possano accedervi e gestirle più facilmente;
- registrare le varie interazioni con i clienti via e-mail, telefono, social media o altri canali;
- a seconda delle capacità del sistema, automatizzare i vari workflow, così da agevolare i manager nel monitoraggio delle prestazioni e della produttività in base alle informazioni registrate all'interno del sistema. Per esempio, quando le prospettive di vendita entrano nel sistema, questo potrebbe inviare automaticamente contenuti di marketing a un sales

lead, cioè un qualsiasi individuo o organizzazione che abbia espresso interesse per un determinato bene o servizio, con l'obiettivo di spingerlo a diventare un cliente a pieno titolo;

- accedere ai dati dei clienti e identificare le loro tendenze attraverso funzioni di reporting. Infatti, le analisi nel CRM aiutano ad incrementare i tassi di customer satisfaction elaborando i dati degli utenti e aiutando a creare campagne di marketing mirate.

Alcuni sistemi CRM includono tecnologie che supportano le campagne di marketing basandosi sulla posizione fisica dei clienti, a volte integrandosi con le più comuni app GPS (Global Position System). La tecnologia di localizzazione geografica può anche essere usata come strumento di networking o di gestione dei contatti per identificare prospettive di vendita basate su una posizione.

Per valorizzare le interazioni con i clienti, attualmente, le aziende usano i social media, come strumenti CRM per monitorare le menzioni specifiche di un marchio o la frequenza delle parole chiave usate, per determinare il loro target di mercato e individuare le piattaforme maggiormente utilizzate da questi utenti per promuovere i propri prodotti o servizi. Questi sistemi sono inoltre in grado di intercettare community online dove i clienti, pubblicando recensioni, si confrontano tra di loro per risolvere problemi o ricercare prodotti in tempo reale.

Sebbene i progressi nella tecnologia CRM siano sempre più all'avanguardia, senza una gestione adeguata, non è nient'altro che un database in cui vengono memorizzate le informazioni sui clienti. I set di dati devono essere collegati, distribuiti e organizzati in modo che gli utenti possano accedere facilmente alle informazioni di cui hanno bisogno.

Un limite dei sistemi CRM è che, per funzionare meglio, è richiesto che le aziende facciano attenzione a ripulire i dati esistenti per eliminare i record duplicati e incompleti prima di integrare i dati CRM con fonti esterne di informazione.

3.1.3.2. SCM- Supply Chain Management

Altri sistemi adottati a supporto dei processi sono quelli impiegati nel Supply Chain Management (SCM). Nello specifico, sono un valido supporto al miglioramento delle prestazioni individuali e alla minimizzazione dei costi. Inoltre, consentono di ottimizzare la previsione della domanda e il servizio fornito al cliente.

L' SCM è utilizzato soprattutto nei processi per la pianificazione della produzione, delle attività di marketing e nella gestione della logistica.

Le attività logistiche sono attività chiave nella supply chain, tra cui la pianificazione, la progettazione, l'implementazione e la gestione dello stoccaggio dei materiali al fine di sostenere le funzioni di base come la distribuzione, il trasporto, l'imballaggio e la produzione.

Con la tendenza verso l'uso crescente di supply chain internazionali e dell' e-commerce, i fornitori di servizi logistici stanno mostrando maggiore interesse verso i sistemi SCM per rimanere competitivi a livello globale.

Il fatto che le Information Technologies abbiano un impatto positivo sull'efficienza e sul rendimento generale di ogni azienda che le utilizza è già ben noto, tuttavia, i risultati sono correlati anche alle dimensioni dell'azienda e alla disponibilità di infrastrutture. Per di più, il fatto che l'uso dei sistemi SCM richieda la riprogettazione e la riorganizzazione dei processi logistici, può essere visto come un ostacolo all'adozione della tecnologia.

3.1.3.3. ERP-Enterprise Resource Planning

Le precedenti categorie di sistemi classificati per processi fanno parte di una categoria più estesa che è quella dell'Enterprise Resource Planning (ERP) e con essa si intende la gestione dell'azienda nella sua interezza.

L'ERP è un sistema software che aiuta a gestire l'intero business, inclusi i processi di finanza, risorse umane, produzione, supply chain, servizi, approvvigionamento in un unico sistema integrato.

I sistemi ERP sono ora forniti tramite cloud e usano tecnologie, come l'intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico, per fornire una maggiore efficienza e una visione istantanea di tutto il business.

Il principio cardine alla base degli ERP è che ogni informazione deve essere inserita nel sistema con l'opportuno livello di dettaglio, una sola volta da chi, per primo, ne ha preso conoscenza.

Questi contribuiscono all'obiettivo di migliorare il flusso di informazioni e facilitare il processo decisionale. Inoltre, sono in grado di collegare le operazioni interne con i partner commerciali in tutto il mondo, dando alle aziende la collaborazione, l'agilità e la velocità di cui necessitano per essere competitive.

Moduli ERP

Un sistema ERP è composto da moduli integrati che comunicano tra loro e condividendo un database comune. Ogni modulo supporta processi di business specifici e si collega al sistema centrale ERP, che fornisce un'unica fonte di dati accurati e condivisi tra i dipartimenti.

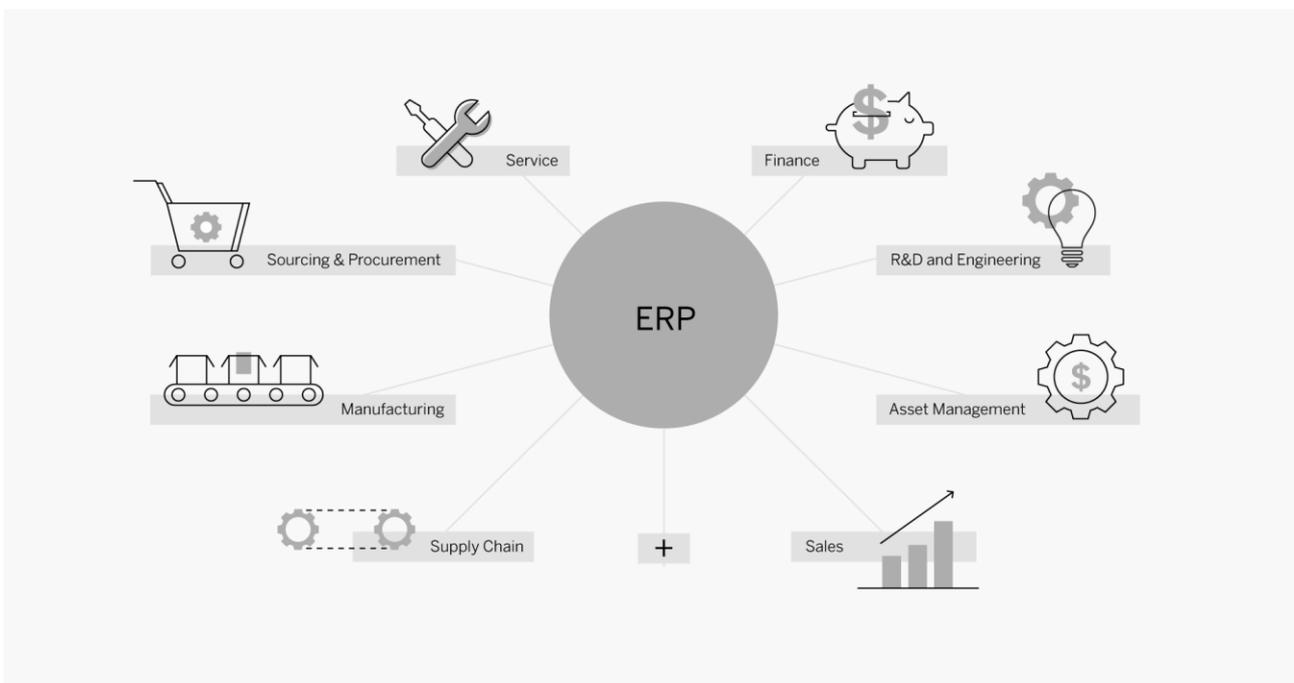


Figura 5: Schema esemplificativo di una struttura modulare ERP

Di seguito sono illustrati i principali moduli ERP

- *Finanza e contabilità*

In questo modulo le operazioni sono finalizzate alla gestione della contabilità generale e all'automatizzazione delle attività finanziarie chiave. Inoltre, è possibile tener traccia dei debiti e dei crediti, chiudere i conti in modo efficiente, generare rapporti finanziari, rispettare gli standard di riconoscimento delle entrate e mitigare il rischio finanziario;

- *Gestione delle risorse umane*

La maggior parte dei sistemi ERP include un modulo HR che fornisce funzionalità di base come la rilevazione delle presenze e il libro paga. Componenti aggiuntivi, o anche intere suite di gestione del capitale umano, possono connettersi all'ERP e fornire funzionalità HR più robuste, come analisi sulla produttività atte a migliorare l'esperienza dei dipendenti.

- *Vendite*

In questo modulo si tiene traccia delle comunicazioni con prospecti grafici. Ciò consente di indirizzare le giuste promozioni ai sales lead per aumentare le vendite. Include funzionalità per il processo order to cash, per la ricezione e l'elaborazione degli ordini dei clienti e il riconoscimento delle entrate, la gestione degli ordini, i contratti, la fatturazione e il monitoraggio delle prestazioni raggiunte nella vendita.

- *Produzione*

Il modulo produzione è una componente chiave nella pianificazione ed esecuzione del software ERP. Aiuta le aziende a semplificare i complessi processi di produzione e ad assicurare che siano in linea con la domanda. Questo modulo include tipicamente funzionalità per il Material Requirements Planning (MRP), la programmazione della produzione, l'esecuzione della produzione e i controlli sulla qualità.

- *Gestione della logistica e della supply chain*

Nei sistemi ERP, questo modulo tiene traccia delle varie movimentazioni dei materiali attraverso la supply chain. Fornisce informazioni in tempo reale per la gestione dell'inventario, le operazioni di magazzino, il trasporto e la logistica.

- *Gestione degli asset aziendali*

I sistemi ERP robusti possono includere un modulo EAM (Enterprise Assets Management), che aiuta le aziende ad alta intensità di risorse a minimizzare i tempi di inattività e a mantenere le loro macchine e attrezzature al massimo dell'efficienza. Questo modulo include funzionalità per la manutenzione predittiva, le operazioni e la pianificazione di standard di conformità in merito a sostenibilità ambientale, salute e sicurezza.

Centralità dei sistemi ERP nel business management

Si è visto che i sistemi ERP forniscono una vasta gamma di funzionalità aziendali, ma hanno bisogno di essere connessi e sincronizzati con altre applicazioni e fonti di dati, come software CRM e piattaforme di e-commerce. Con l'integrazione degli ERP, le aziende possono ottenere una visione unificata delle informazioni da diversi sistemi, aumentare l'efficienza dei processi aziendali, migliorare le esperienze dei clienti e facilitare la collaborazione tra i team e i partner commerciali.

Per concludere, un buon sistema ERP offre molti benefici tra cui la semplificazione e l'automazione dei processi aziendali principali per aumentare la produttività, accelerare il reporting aziendale e finanziario e condividere facilmente i risultati, migliorare le prestazioni

in tempo reale, assicurare la conformità dei requisiti normativi e prevenire i rischi. Inoltre, utilizzando applicazioni ERP integrate, che condividono un unico database, è possibile semplificare l'IT per garantire pronto accesso ai dati.

Dopo aver fornito una descrizione dettagliata dei sistemi ERP, è importante capire come questi si siano evoluti nel tempo fino a diventare quello che sono oggi e comprendere quanto il loro utilizzo sia imprescindibile per la gestione aziendale.

4.1.4. Evoluzione dei sistemi ERP

Le applicazioni aziendali computerizzate nascono nel campo della contabilità e della finanza negli anni '60. Queste applicazioni pionieristiche sono più accurate dei processi manuali ma sono anche costose, limitate nelle funzionalità e ancora non abbastanza veloci.

Con l'aumentare dell'offerta delle fabbriche, in risposta ad un altrettanto aumento della domanda e il diffondersi delle prime attività di computing, si intuisce che con i sistemi informatizzati è possibile gestire e adattare la produzione alla domanda dei clienti. Questo porta alla nascita de "Material Requirements Planning", anche detto MRP, cioè un sistema di gestione dell'inventario progettato per migliorare la produttività delle aziende. I programmi di calcolo impiegati a questo scopo aiutano a pianificare la produzione, l'acquisto dei materiali e le spedizioni dei prodotti.

Anche a quei tempi i costi, in particolare quelli di produzione, sono tra i fattori da tenere maggiormente sotto controllo per poter essere competitivi sul mercato. Grazie all'utilizzo dei primi MRP, si comincia, gradualmente, a standardizzare e automatizzare i processi produttivi. Combinando questi fattori con l'emergente produzione di massa, i costi si riducono pressoché al minimo. Il Material Requirements Planning, infatti, è considerato come il primo strumento di organizzazione della produzione ad essere mai stato utilizzato come sistema informativo. Permette di pianificare la richiesta di materiali e i cicli di vendita, la ricezione degli ordini e la gestione del magazzino.

Nei primi anni '70 i softwares sono accessibili solo ai grandi produttori e funzionano grazie a grandi computer mainframe con esigua potenza di calcolo. Nello stesso periodo, nasce la prima azienda di sviluppo software. L'elaborazione dei dati in tempo reale comincia a prendere piede. Questo segna l'inizio di un'era rivoluzionaria, niente del genere era stato mai realizzato prima.

Negli anni '80, la concorrenza nel settore manifatturiero sta esplodendo e sono richiesti nuovi strumenti. La tecnologia MRP subisce molteplici sviluppi che ne incrementano la potenza di calcolo. Nasce l'MRP II. il nuovo software incorpora diversi moduli, quello di contabilità e finanza, quello delle vendite, degli acquisti, uno per l'inventario, ancora un altro per la pianificazione e la programmazione della produzione, fornendo al produttore un sistema integrato. L'implementazione di questa tecnologia permette di gestire più processi contemporaneamente grazie anche all'aumento della capacità di elaborazione dei dispositivi elettronici.

I sistemi MRP continuano ad evolversi fino a diventare ERP, "Enterprise Resource Planning". Tutto ciò segna l'inizio di un'epoca in cui si utilizza un unico software per gestire numerose aree aziendali e allo stesso tempo anche risorse umane e magazzino.

Durante la metà degli anni '90, il software ERP è distribuito da numerose software house, soprattutto negli Stati Uniti e in Europa. Con l'avvenimento del "Millennium Bug", che si manifestò come difetto informatico su scala mondiale, al cambio di data tra il 31 dicembre 1999 e il 1° gennaio 2000, si riscontrano danni ai computer su scala mondiale. In un contesto del genere molte aziende, verso la fine degli anni '90, si affrettano, quindi, ad aggiornare i loro sistemi di sicurezza. Le aziende più lungimiranti colgono l'occasione di aggiornare i propri

sistemi adottando nuove soluzioni ERP. Da questo momento si trasforma radicalmente il settore tecnologico.

Negli anni 2000, alla capacità di gestire ed elaborare i dati in tempo reale si aggiunge quella di potersi coordinare anche con altri sistemi esterni all'azienda. Ciò porta al collegamento tra la gestione della supply chain e la gestione dei clienti. In questi anni si arriva all'introduzione della business intelligence, ovvero l'insieme delle strategie e delle tecnologie utilizzate dalle imprese per l'analisi dei dati.

Oggi i sistemi ERP sono più avanzati ma ancora in continua evoluzione. Le moderne soluzioni ERP non riguardano esclusivamente la produzione ma anche l'intera supply chain, sono impiegate nella gestione finanziaria e contabile e coprono diverse funzioni come il reporting avanzato e il business intelligence.

La peculiarità dei sistemi classificati per processi, a differenza degli altri analizzati in precedenza, risiede nell'estrema flessibilità con cui si possono adattare ad ogni esigenza aziendale. Ciascun componente di una suite ERP fornisce all'azienda che lo utilizza un potente strumento.

Con l'utilizzo di un unico database, si riescono a gestire e a mettere in condivisione, in tempo reale, tutti i dati riguardanti i diversi cicli aziendali.

5. Cicli aziendali

Analizzando nel dettaglio i diversi sistemi informativi, si è visto, indirettamente, come questi influenzino la gestione di alcuni cicli aziendali. È necessario che ci sia coordinazione tra le diverse componenti dell'organizzazione e, affinché questo sia possibile, è richiesta una forte digitalizzazione dei processi aziendali. In questo modo tutte le informazioni sono raccolte all'interno di un sistema unico; ciò fa sì che tutti gli aspetti relativi a contratti, fatture, scadenze, ordini e giacenze, siano segnalati prontamente per permettere alle diverse aree aziendali di rispondere prontamente ad eventuali anomalie.

L'utilizzo di sistemi informativi comporta effetti rilevanti in termini di rapidità e di incremento di qualità del lavoro svolto in quanto è possibile:

- conservare i dati elettronicamente e perseguire una gestione più efficiente. Avendo tutti i documenti salvati in un unico centro di controllo informatizzato, viene meno l'utilizzo di carta, il che oltre ad avere un impatto in termini di ecosostenibilità, aumenta anche la produttività degli addetti, che non devono più destreggiarsi tra catoste di documenti, ma, all'occorrenza, possono acquisire rapidamente i dati di cui necessitano ricercandoli facilmente;
- velocizzare e migliorare la gestione di interi processi aziendali, tra cui anche quelli contabili e amministrativi;
- eliminare errori di trasmissione grazie all'aggiornamento costante dei dati e la condivisione in tempo reale con tutti i team impegnati sui processi;
- automatizzare e connettere le varie funzionalità aziendali, dal livello operativo fino a quello strategico;
- tutelare i dati incrementando la protezione attraverso sistemi che individuano ed impediscono rapidamente azioni non consentite.

In questo paragrafo, si analizzano nel dettaglio i cicli aziendali che durante l'esperienza lavorativa in EY si ha avuto modo di analizzare in maniera più ricorrente. Infatti, si concentrerà l'analisi su tre macroaree che sono: il ciclo attivo, il ciclo passivo e tutto ciò che concerne la gestione del magazzino (Warehouse Management).

Se nel ciclo attivo i rapporti predominanti sono quelli con i clienti, nel ciclo passivo invece sono quelli con i fornitori. In questo contesto, i sistemi informativi consentiranno di gestire i dati relativi ai fornitori, di registrare documenti legati all'acquisto di materie prime e di monitorare lo stato del magazzino.

Mentre il ciclo attivo ha come obiettivi finali entrate e guadagni, il ciclo passivo mira a minimizzare i costi e le uscite di denaro.

Ciclo attivo e passivo potrebbero essere definiti come facce della stessa medaglia: infatti, se il ciclo attivo è l'insieme delle operazioni che permettono all'azienda di vendere, il ciclo passivo riguarda l'insieme dei processi che stanno prima della vendita, ovvero le dinamiche tra l'azienda, i fornitori e il magazzino.

5.1. Ciclo attivo

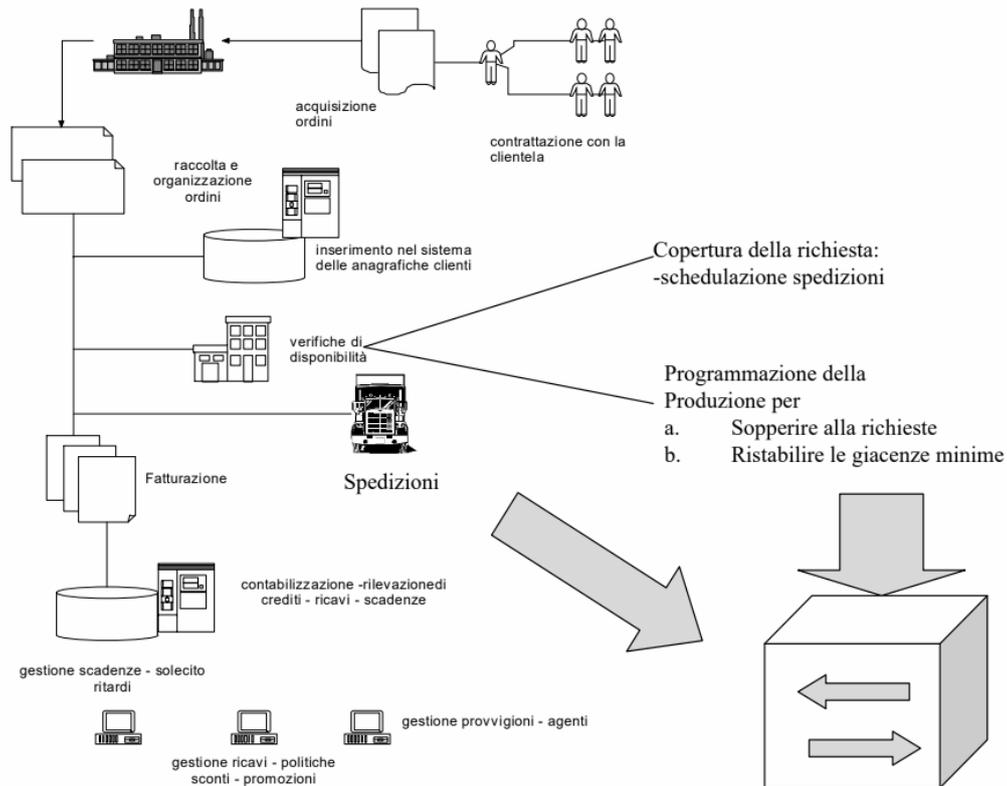


Figura 6: Schematizzazione di un generico ciclo attivo

Il ciclo attivo è costituito dalle operazioni che concernono la vendita di beni o servizi nell'ambito B2B o B2C. Il termine "attivo" fa riferimento alla registrazione in bilancio di un guadagno. Nella definizione di ciclo attivo rientrano tutte le attività che instaurano e conservano le relazioni con i clienti, che garantiscono la vendita di beni o servizi e che portano a un profitto economico. Adottare adeguati sistemi informativi in questo contesto consente di organizzare e archiviare i dati anagrafici di un cliente e tutti i documenti relativi alla vendita di un prodotto o servizio. Attraverso un'attenta gestione e il giusto controllo del ciclo attivo, per un'azienda è possibile ottimizzare i flussi di produzione puntando alla riduzione degli sprechi e massimizzando i ricavi, prevedendo accuratamente la domanda e pianificando adeguatamente l'offerta.

5.1.1. Le fasi del ciclo attivo

Il ciclo attivo, anche denominato order to cash, è costituito da tutte quelle fasi comprese tra l'atto di firma del contratto iniziale con il cliente e la ricezione del pagamento. Per quanto la sua struttura possa variare in base al settore e alla specifica azienda, è possibile individuare otto step principali.



Figura 7: Fasi del ciclo attivo

1. Gestione vendite e contratti

Il ciclo attivo inizia con l'acquisizione di nuovi clienti. Quindi, questa fase comprende le attività commerciali, di marketing e la formalizzazione dei contratti.

2. Gestione rischio credito

Una volta individuati i nuovi clienti, è necessario effettuare un'analisi preventiva per valutarne lo status finanziario e impostare un livello limite di credito da concedere, per evitare il rischio di insolvenza.

3. Gestione degli ordini

Quando il contratto con il cliente è stato stipulato, può iniziare la fase di order entry, relativa alla gestione anagrafica dei clienti e agli aspetti amministrativi e fiscali.

4. Spedizione

A questo punto, si devono organizzare gli aspetti logistici, quindi pianificare le consegne e la relativa gestione documentale legata ai colli da inviare ai clienti, tra cui l'emissione della fattura.

5. Fatturazione

Dalla fattura dipende la validità dell'intero ciclo attivo. L'accuratezza di questa fase influenza tutte le fasi successive. Ciò che influisce ulteriormente è il tempo che intercorre tra l'emissione della fattura e il momento del suo incasso, più è breve, maggiori saranno le prestazioni aziendali. Questo perché, dal momento che si dispone di liquidità maggiore, non è necessario ricorrere a eventuali prestiti e non c'è rischio di insolvenza.

6. Collection

Rappresenta la fase organizzativa di tutte le attività finalizzate all'incasso della fattura in cui vengono definite le varie policy e procedure. In questa fase sono adottati tool in grado di sollecitare e velocizzare attività in scadenza, registrare i dati relativi a ogni singola fattura. I sistemi informativi utilizzati consentono di programmare piani di rientro, gestire gli aspetti legali. I dati sono storicizzati ed è reso più agile il monitoraggio del sistema nella sua completezza, raggiungendo risultati più efficienti.

7. Gestione delle contestazioni

Questa non è una fase certa ma deve essere prevista considerando che c'è sempre la possibilità che un cliente contesti la fattura e che quindi rimanga in sospeso. Al fine di accelerare lo sblocco

di eventuali stalli, l'azienda si dota di sistemi informativi che automatizzano il processo, riducendo il lead time tra l'apertura e la chiusura della contestazione e facilitare l'incasso.

8. Incasso

L'ultima fase è quella in cui si riceve effettivamente l'incasso, sono allocati i pagamenti sulle fatture, o sulle note credito corrette. Le attività che la compongono consistono nella riconciliazione del partitario.

Per concludere, l'obiettivo nel ciclo attivo è di natura strategica in quanto, se ben pianificato e gestito correttamente, è possibile ottenere un cash flow forecasting accurato, cioè un piano sulla liquidità che una compagnia si aspetta di acquisire o consumare in un determinato periodo. Questo porta alla riduzione del numero del DSO aziendale, ovvero il numero di giorni che impiega mediamente un'azienda per incassare un credito derivante dalla vendita o dal pagamento di una fattura.

5.2. Ciclo Passivo

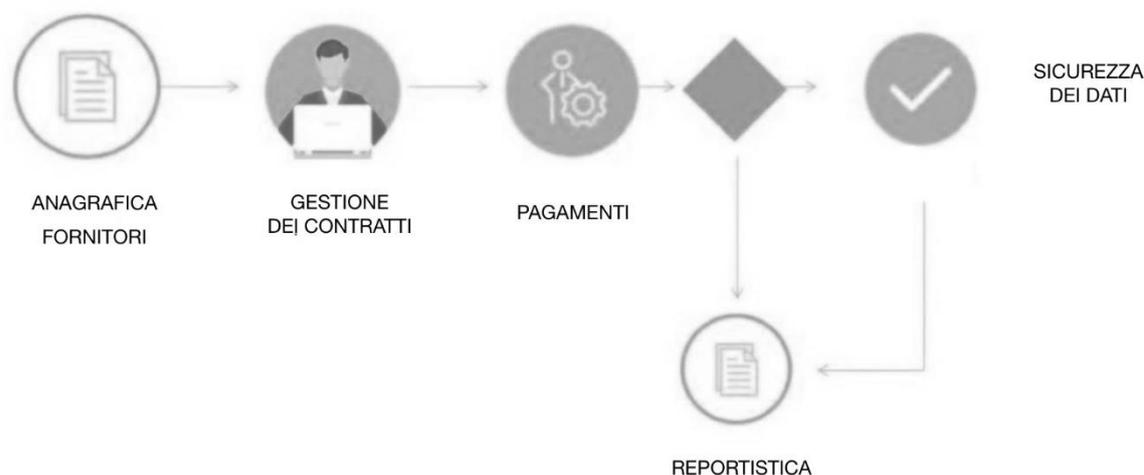


Figura 8: Schematizzazione di un generico ciclo passivo

In questo caso, il termine "passivo" fa riferimento alla registrazione in bilancio di un costo o una perdita di tipo economico-finanziario.

Nella definizione di ciclo passivo rientrano tutte le attività che instaurano e conservano le relazioni con i fornitori, relative all'acquisto di servizi o materie prime che consentono di sostenere il business. Le principali fasi di un generico ciclo passivo sono indicate nel sottoparagrafo, di seguito.

5.2.1. Le fasi del ciclo passivo

1. Anagrafica fornitori

L'utilizzo di sistemi informativi all'interno del ciclo passivo permette di velocizzare le operazioni. È possibile creare schede anagrafiche per ogni fornitore, così da avere sempre sotto

controllo ogni dato di cui si necessita. Inoltre, ad ogni scheda è possibile allegare documenti specifici senza doverli cercare altrove.

2. Gestione dei contratti

La mole di documenti all'interno dell'azienda sarebbe di difficile gestione se non fosse per gli strumenti digitali che l'azienda adotta. Tra i vari documenti sono presenti anche i contratti con i fornitori. I sistemi informativi inviano dei promemoria quando le date di scadenza sono prossime così che Ogni scadenza sia nota a tutto il team. Ciò consente di organizzarsi prontamente e provvedere al rinnovo del contratto oppure mettersi alla ricerca di un nuovo fornitore. Allo stesso modo, se il contratto viene rinnovato o sostituito una notifica è inoltrata a chi di interesse.

3. Pagamenti

Lo stesso accade quando è necessario monitorare i pagamenti in generale ma soprattutto quelli in scadenza. Quindi si utilizzano i sistemi informativi per scongiurare il rischio di ritardi nei pagamenti, che ricordino con largo anticipo all'utente le scadenze più prossime. Questi sistemi sono spesso collegati a strumenti di fatturazione elettronica in quanto le normative vigenti ne stabiliscono l'uso obbligatorio. È uno strumento che deve essere adottato per tutti i business che intrattengono relazioni B2B o con la Pubblica Amministrazione. Le aziende sono perciò chiamate a emettere documenti attraverso modelli standard al fine di garantire la validità e la conformità delle loro operazioni.

4. Reportistica

Come si è detto in precedenza, il ciclo passivo rappresenta tutte le spese e le uscite dell'azienda, quindi è necessario coordinare ogni attività relativa ai pagamenti verso fornitori, al fine di prendere le giuste decisioni strategiche che consentano la minimizzazione dei costi e la massimizzazione del fatturato.

Prendere decisioni diviene più semplice attraverso i sistemi informativi, che consentono di effettuare un'analisi dei costi aggiornata in tempo reale. con una panoramica completa sulle attività svolte, è più facile valutare le spese e prendere decisioni efficaci per il futuro dell'impresa.

5. Sicurezza dei dati

Le imprese dispongono di grosse quantità di informazioni e per questo è necessaria una dotazione di sistemi che ne impediscano l'hackeraggio e la divulgazione illecita. Da maggio 2018 è entrato in vigore il GDPR (General Data Protection Regulation) che è un regolamento dell'UE che tutela la privacy dei dati dei cittadini europei, in cui sono racchiuse una serie di regole che le aziende sono tenute a rispettare per tutelare la privacy dei clienti e preservare la sicurezza dei dati.

Nel ciclo passivo sono incluse anche quelle attività che riguardano la tutela dei dati interni all'azienda e, soprattutto, quelli dei fornitori. Queste attività si servono mezzi informativi che regolano l'accesso al sistema di ogni utente verificandone le autorizzazioni, inviando al centro di controllo avvisi nel caso di autenticazioni dubbie.

6. Warehouse Management

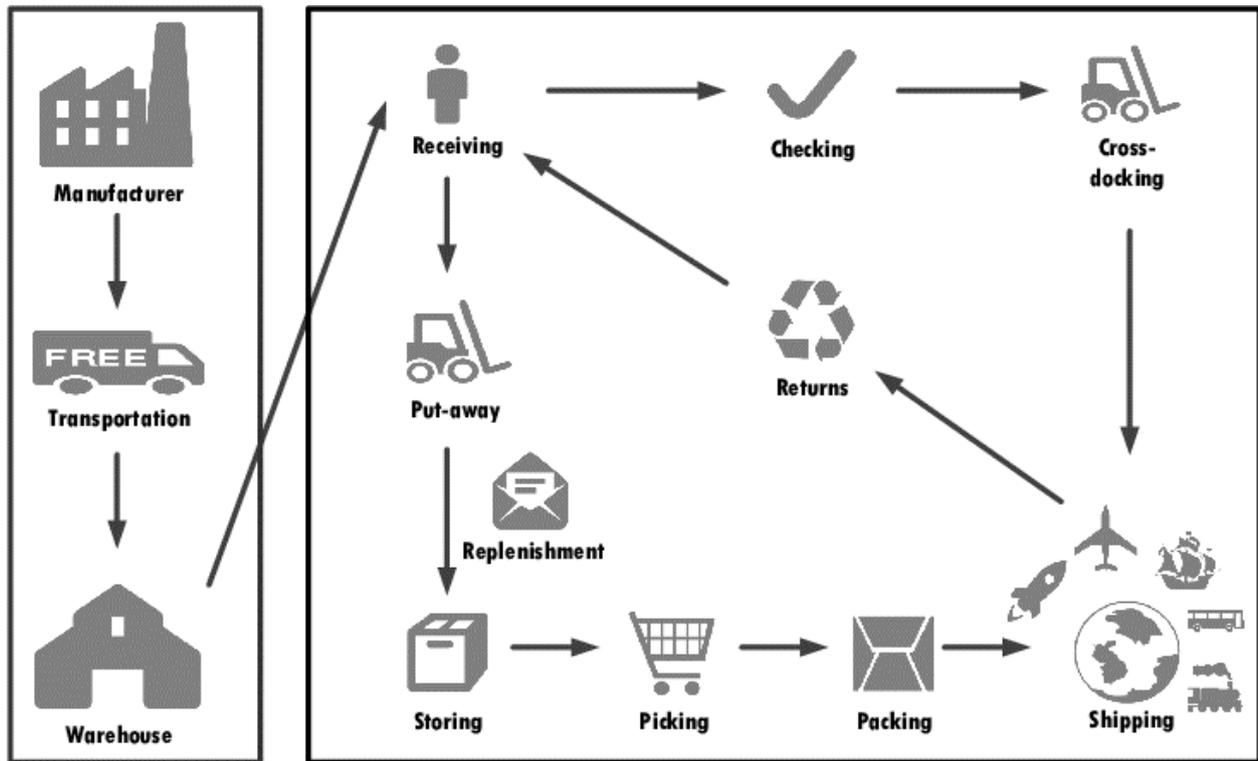


Figura 9: Schematizzazione di un generico ciclo di magazzino

Con il termine “Warehouse Management System” (WMS) si intende indicare ogni sistema informativo, come software e applicazioni, atto a supportare e ottimizzare le funzionalità del magazzino e la gestione del centro di distribuzione.

Negli ultimi anni, soprattutto dopo la pandemia, con l’aumento degli ordini online, la gestione del magazzino ha acquisito un ruolo sempre più strategico all’interno delle aziende.

Anche in questo contesto, l’obiettivo primario è l’efficienza. È necessario che ogni elemento, ogni risorsa, ogni atto compiuto sia coordinato e rispetti gli obiettivi del business in funzione dei KPI (Key Performance Indicators), ovvero indicatori di performance prestabiliti.

Ogni azione svolta all’interno del magazzino e tutto ciò che vi transita deve essere tracciato. Questo consente di sistematizzare i movimenti all’interno del magazzino al fine di rispettare i criteri di efficienza impostati.

Anche qui i sistemi informativi hanno notevole impatto a partire dalle attività di data entry e inventario, fino all’uscita delle merci. Con avvisi puntuali sul raggiungimento del livello di scorte minime o dei beni immobilizzati troppo a lungo, con la reportistica in tempo reale sulle movimentazioni, con il controllo delle performance rispetto agli indicatori di performance, i software per la gestione del magazzino offrono una visione completa, sempre aggiornata, sugli stock di merce disponibili e consentono di pianificare in automatico i riordini fornendo stime accurate relativamente all’esaurimento delle scorte.

6.1. Le fasi del Warehouse Management

Di seguito sono descritte le principali attività che costituiscono il processo di gestione del magazzino.

1. Redazione del DDT (*Documento di Trasporto*)

Il DDT è il documento che identifica le merci che giacciono in magazzino e che devono essere spedite al cliente, è il centro focale della pianificazione della gestione logistica e deve essere emesso prima che sia effettuata la consegna al cliente.

Il DDT è costituito da una serie di informazioni che descrivono i beni, o servizi, venduti o acquistati, e gli attori che hanno interagito nella transazione. Nello specifico, all'interno sono indicate le generalità complete del venditore e dell'acquirente, tra cui partita IVA, data di redazione del documento, quantità dei beni oggetto della transazione e l'identificativo di chi effettuerà il trasporto.

2. Controllo e sicurezza

Come anticipato, è necessario che ogni movimentazione, in entrata o in uscita, sia registrata e documentata nel dettaglio, al fine di facilitare il controllo. Avere il controllo significa poter garantire sicurezza a persone, impianti e materiali all'interno e all'esterno del magazzino. Ciò è possibile grazie al supporto software sui quali fare affidamento. I sistemi informativi, anche in questo contesto, sono fondamentali perché contribuiscono all'automazione di processi e macchine e alla dematerializzazione di gran parte delle operazioni di acquisizione dati. Ciò consente di snellire le pratiche burocratiche e ottimizzare i tempi.

3. Gestione delle scorte

Il software adottato per la gestione delle scorte permette di controllare la merce in entrata e in uscita, di tracciare gli ordini, monitorando i resi e gli articoli terminati, e di identificare le rimanenze in magazzino. Tracciando le vendite e gli acquisti, con un software dedicato, si riesce a determinare quello che rimane invenduto e che giace in magazzino.

Grazie alle capacità dei sistemi informativi, è possibile gestire in modo efficiente l'intero flusso operativo e ottimizzare ogni attività come l'arrivo della merce in magazzino, l'immagazzinamento, il picking, la preparazione dell'ordine e infine la consegna. Nello specifico i software impiegati, monitorando l'intero processo, segnalano eventuali errori, indicano come è più conveniente raggiungere la merce, se con un mezzo o con un altro, quindi i percorsi più idonei e più veloci. L'obiettivo è quello di ottimizzare la gestione dello stoccaggio e ridurre i tempi di permanenza in magazzino al fine, anche, di quantificare la redditività dell'azienda.

Per creare un vantaggio competitivo oggi, tra le altre cose, è necessario conoscere la disponibilità d'inventario ma anche analizzare e capire i tempi di consegna per prevedere le esigenze dei clienti.

Calcolare misure di performance di consegna, sulla base di quanti articoli sono stati venduti in un certo intervallo di tempo, serve a capire i livelli di inventario di cui si necessita per riuscire a fronteggiare la domanda e allo stesso minimizzare i costi. Nello scegliere di quanto inventario disporre ci si ritrova davanti a un trade off.

Aumentando l'inventario, le prestazioni migliorano perché diminuisce il tempo di consegna e le performance migliorano, ma questo comporta dei costi non sempre sostenibili e di conseguenza non si può diminuire il lead time. Riuscire ad avere una visione chiara sulle previsioni di vendita e una schedulazione efficiente delle consegne aiuta a prendere questa decisione.

7. Trasformazione digitale

Al giorno d'oggi, le aziende non potrebbero sopravvivere senza un adeguato grado di digitalizzazione dei processi ma, per avere vantaggio competitivo, questo non è sufficiente. È anche necessario essere innovativi, prevedere le tendenze del business e integrare i sistemi informativi preesistenti.

Spesso le aziende che valutano di integrare i loro sistemi informativi, si chiedono se ne valga la pena a fronte degli ingenti costi che una simile scelta comporterebbe. Il paywall della trasformazione digitale, il più delle volte, preclude alle aziende la vista sui benefici che questa comporterebbe.

Per estrarre il valore atteso da una nuova tecnologia, gli utenti finali devono abbracciare la soluzione ed inseguire il cambiamento. In questo senso, la formazione nelle aziende è un processo fondamentale per comprendere le potenzialità della nuova tecnologia e raggiungere gli obiettivi.

Sono molte le evidenze a dimostrazione di come gli sforzi di implementazione di software integrati in tutto il magazzino e nelle operazioni di supply chain forniscano benefici come una maggiore visibilità delle spedizioni in entrata, flussi di lavoro automatizzati e una gestione più efficiente del lavoro.

A titolo di esempio, di seguito sono riportate alcune statistiche circa l'attuale situazione in Italia, relativamente alla tendenza delle aziende ad adottare nuove tecnologie nella gestione del magazzino e della supply chain.

Le grandi e medie imprese dedicano notevoli investimenti alle implementazioni di nuovi software per il business aziendale. Nello specifico, tali investimenti riguardano principalmente le piattaforme ERP e CRM in cloud. La crescita media su base annua di tali investimenti è stimata essere del 21%, per un ammontare di circa un miliardo di euro nel 2022.

Il mercato ERP e CRM sta evolvendo velocemente grazie alle implementazioni di tecnologia cloud. Questo tipo di scelta è fatta soprattutto dalle aziende predisposte alla trasformazione digitale.

Per quanto i sistemi informativi abbiano rivoluzionato l'esecuzione dei processi, apportando benefici in termini di produttività, efficienza e qualità del servizio o prodotto offerto, è richiesto che siano integrati con nuove tecnologie che consentano di sfruttarne a pieno le potenzialità.

Parlando dei sistemi WMS, spesso le soluzioni base offerte si servono di sistemi di Big Data collegati a database di produzione. Il database di produzione si occupa di assegnare i compiti ai magazzinieri e di tracciarne il completamento. Di solito sono utilizzate pistole a radio frequenza e lettori di codici a barre per assicurarsi che i prelievi e le operazioni di picking avvengano correttamente e dagli slot giusti, per comunicare al sistema che un compito è stato completato e che è possibile assegnare nuovi incarichi. Queste operazioni richiedono diversi secondi ogni volta che deve essere assegnato un task e, in un magazzino affollato, ciò genera inefficienze.

In un articolo a cura di Michael Higgins (Forbes Council Member), datato 8 novembre 2021, si legge: "Un processo di implementazione strutturato armonizza l'esecuzione del progetto con i risultati aziendali previsti, ma questo potrebbe portare anche a un maggiore time to value".

Il time to value (TTV) è la misurazione del tempo che intercorre tra la fine di un progetto e la realizzazione dei benefici che ne derivano. Il concetto è usato per aiutare i decisori a valutare il rendimento di un investimento in termini di tempo. Un maggiore TTV spesso può essere dovuto anche al fatto che un'azienda tende a porsi obiettivi troppo ambiziosi, e anche contrastanti, senza considerare pienamente come questo avrà un impatto in termini di costo e in termini di tempo necessario per implementare la soluzione.

Per questo motivo, l'implementazione di nuove tecnologie e sistemi informativi, in una struttura complessa, deve essere accompagnata da un'adeguata pianificazione delle priorità e dal coordinamento delle parti interessate. Le implementazioni efficienti sono in grado di combinare la rigidità della pianificazione accurata con la flessibilità richiesta per gestire imprevisti. Questo genera valore aggiunto e aumenta la soddisfazione del cliente.

Conoscere le preferenze e le disponibilità ad attendere del cliente, permette di pianificare tutto a dovere ed essere reattivi. Ma capire il cliente è estremamente difficile e soprattutto costoso.

A questo scopo, è prioritario avere una tracciabilità accurata ed efficiente delle operazioni di magazzino e delle attività logistiche, anche in un'ottica di customer satisfaction. Le funzionalità di intelligenza artificiale e learning machine sono alcune delle tecnologie integrate agli applicativi che permettono di creare forme di interazione più intuitive con i clienti e migliorare le capacità predittive degli strumenti per il supporto decisionale.

Le operazioni spesso sprecano risorse in registrazioni duplicate e convalidate da terzi. I sistemi di conservazione dei dati possono essere vulnerabili e soggetti a frodi o attacchi informatici e la trasparenza limitata può rallentarne la verifica. Con l'arrivo dell'IoT, i volumi delle transazioni sono esplosi. Tutto questo rallenta l'attività di business e incide negativamente sul risultato finanziario. La tecnologia che sembra rispondere meglio a questi problemi è la Blockchain che ha il potenziale di rivoluzionare molti ambiti e molti processi.

Da quando è stata introdotta, ha continuato ad evolversi e a trovare applicazione in vari settori. Essendo connotata da caratteristiche come trasparenza, sicurezza e immutabilità, i fornitori di business software stanno investendo in ricerca e sviluppo per trovare metodi che consentano di tracciare ogni tipo di informazione e operazione, dalla manutenzione delle attrezzature alla risoluzione delle controversie passando per l'organizzazione dei documenti di spedizione e supply chain.

Dopo aver realizzato il potenziale della blockchain, i fornitori di software ERP stanno progettando di integrare il prodotto blockchain per eliminare l'attuale limitazione incontrata dal software ERP. Questo porterebbe a un paradigma completamente nuovo.

I vantaggi che l'integrazione della blockchain con ERP comporterebbe sono:

- apporto di maggior trasparenza e sicurezza che l'attuale sistema ERP non è riuscito a fornire;
- diminuzione del costo complessivo del monitoraggio e del reporting;
- semplificazione delle fasi di supply chain e distribuzione;
- aggiornamento in tempo reale delle transazioni che risulteranno più trasparenti e affidabili.

Già da diversi anni le aziende sperimentano sistemi di gestione basati su questa tecnologia ma implementarli è ancora complicato. Di seguito saranno chiariti i motivi.

7.1. Blockchain

7.1.1. Storia

La prima forma di blockchain è stata introdotta nel 2008, e implementata per la prima volta l'anno seguente come criptovaluta monetaria, il Bitcoin. Successivamente si inizia ad usare il termine "Blockchain 2.0" per riferirsi a un nuovo modo d'impiego, con l'idea di permettere agli utenti di poter entrare in possesso di un deposito monetario affidabile e sicuro con la possibilità di proteggere la privacy e monetizzare le proprie informazioni. Secondo alcuni autori, le nuove applicazioni di blockchain hanno il potenziale per risolvere il problema della disuguaglianza sociale, cambiando il modo in cui viene distribuita la ricchezza.

7.1.2. Definizione

Tale tecnologia è classificata nella più ampia categoria dei Distributed Ledger, ossia sistemi che si basano su un registro distribuito, che può essere letto e modificato da più nodi di una rete. Un nodo è un dispositivo che distribuisce i dati ad altri nodi della stessa rete e può svolgere molte altre funzioni, tra le quali approvare o rifiutare un blocco di transazioni.

La blockchain è una struttura di dati condivisa e immutabile che facilita il processo di registrazione e la tracciabilità delle transazioni in un qualsiasi business network. Qualsiasi cosa che abbia un valore può essere rintracciata e scambiata su una rete blockchain, riducendo rischi e costi per tutti gli attori coinvolti.

Le transazioni rappresentano la movimentazione di un asset, che sia esso tangibile o intangibile (proprietà intellettuale, brevetti, copyright, branding). Una rete blockchain può, tra le altre cose, tracciare ordini, pagamenti, account, prodotti in fase di lavorazione e molto altro ancora. Ogni volta che avviene una transazione, questa è registrata come un "blocco" di dati il quale contiene tutte le informazioni di cui si necessita. Il contenuto di ciascun blocco, una volta scritto tramite un processo normato, non è più né modificabile né eliminabile, a meno di non invalidare l'intero processo. L'integrità di ciascun blocco è garantita dall'uso della crittografia.

Ogni blocco è collegato agli altri in modo da formare una catena di dati e viene aggiunto ogni qualvolta che un asset si sposta da un luogo all'altro o cambia il proprietario. Ogni blocco aggiuntivo rafforza la verifica del blocco precedente e quindi dell'intera blockchain. I blocchi

attestano l'ora e la sequenza esatte delle transazioni. La blockchain è quindi rappresentabile come una lista, in continua crescita, di "blocchi" collegati tra loro e resi sicuri da algoritmi crittografici.

Dalle informazioni dipende il funzionamento del business e la blockchain è ideale per trasmetterle in modo immediato, condiviso e completamente trasparente. Essendo archiviate in un registro immutabile, possono accedervi solo i membri della rete autorizzati. L'elemento chiave dell'immutabilità fa sì che la blockchain sia a prova di manomissione, eliminando la possibilità di azioni fraudolente.

Dato che i membri condividono una visione univoca delle fluttuazioni dei dati, è possibile vedere tutti i dettagli di una transazione end to end, generando così maggiore fiducia, oltre a nuove opportunità in termini di efficienza. Tutti i partecipanti della rete hanno accesso al registro e le transazioni sono annotate una sola volta, evitando gli inconvenienti legati alla duplicazione dei task, più frequenti nelle reti di business tradizionali. Il consenso sull'accuratezza dei dati è richiesto per tutti i membri della rete e tutte le transazioni convalidate sono immutabili perché registrate in modo permanente. Nessun partecipante, nemmeno un amministratore di sistema, può modificare o manomettere una transazione, una volta annotata nel registro condiviso. Se un record di transazione contiene un errore, dovrà essere aggiunta una nuova transazione per correggere l'errore, dopodiché entrambe le transazioni saranno visibili.

7.1.3. Decentramento

Una rete blockchain non ha un'autorità centrale proprio perché è un libro mastro condiviso. Le informazioni contenute in una rete blockchain possono essere viste da chiunque, il che significa che è completamente trasparente. Blockchain è un modo semplice, automatico e sicuro per scambiare informazioni.

Una transazione ha inizio quando viene creato un blocco. Il blocco viene poi verificato da migliaia, o anche milioni, di computer distribuiti su un network. Una volta verificato, il blocco viene aggiunto a una catena, che è memorizzata in tutta la rete, creando un record unico con una storia unica che è decentralizzata e distribuita. Questo crea un alto livello di sicurezza che rende praticamente impossibile a eventuali hacker falsificare anche solo un singolo record, in quanto, per farlo, avrebbero bisogno di accedere e alterare i dati su tutti i computer collegati esattamente nello stesso momento.

L'attrattività della blockchain sta nel fatto che massimizza l'accessibilità e la sicurezza delle transazioni. Non solo permette all'utente di trasferire e conservare il denaro, ma può anche sostituire tutti i processi e i modelli di business che si basano sull'addebito di una tassa, perché le transazioni blockchain sono gratuite.

I dati sono memorizzati su ogni computer, in modo da essere decentralizzati e distribuiti. Nella blockchain, la decentralizzazione è un principio cardine e si riferisce al trasferimento del controllo decisionale a una rete distribuita, non più a un'entità centralizzata, che sia un

individuo, un'organizzazione o un gruppo. Le reti decentralizzate si sforzano di scoraggiare azioni autoritarie da parte dei membri che degradano la funzionalità della rete.

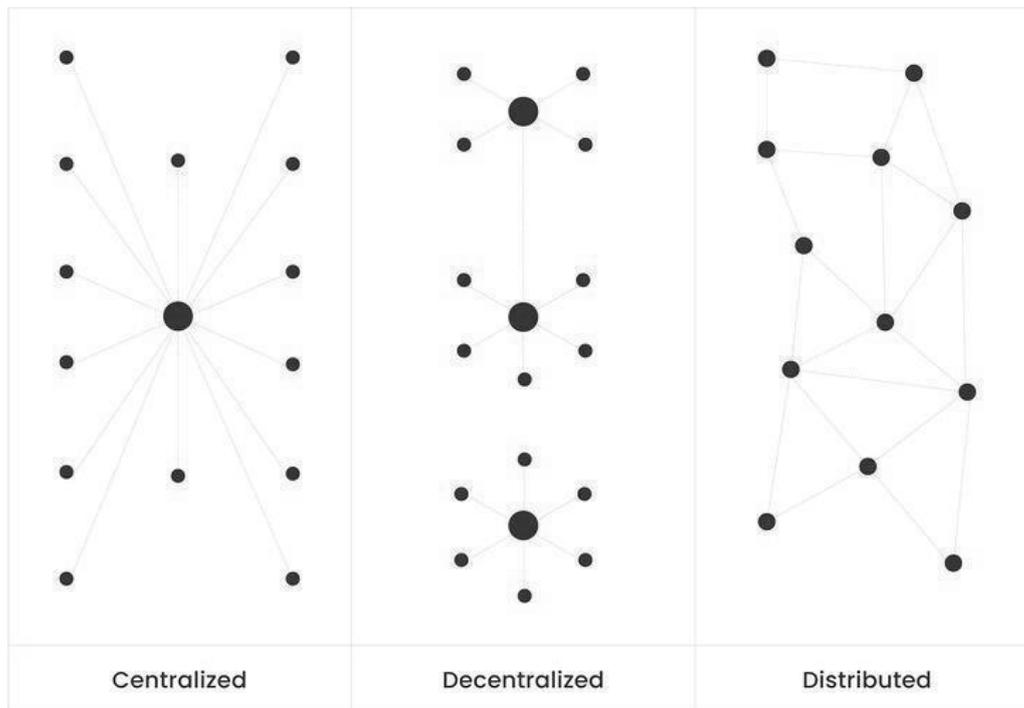


Figura 10: Rappresentazioni grafiche di tre tipi di architettura di rete

Quando si costruisce una soluzione tecnologica, si considerano tipicamente tre architetture di rete primarie: centralizzata, distribuita e decentralizzata. Mentre le tecnologie blockchain spesso fanno uso di reti decentralizzate, un'applicazione blockchain stessa non può essere classificata semplicemente come decentralizzata o meno. Decentralizzando la gestione e l'accesso alle risorse in un'applicazione, si può ottenere un servizio più equo. Tipicamente, con la decentralizzazione si deve scendere a compromessi, per esempio si deve rinunciare a una maggior velocità di transazione. Idealmente, però, i benefici derivanti sono maggiori in termini di miglioramento della stabilità e dei livelli di servizio che producono.

Ogni membro della rete dispone di una copia identica dei dati circolanti nella blockchain sotto forma di un libro mastro distribuito. Se il libro mastro di un membro è alterato o corrotto in qualsiasi modo, sarà rifiutato dalla maggioranza dei membri della rete.

I principali vantaggi di un sistema decentrato sono:

- *il miglioramento della riconciliazione dei dati*

Le aziende spesso scambiano dati con i loro partner. Questi dati, a loro volta, sono tipicamente trasformati e memorizzati, questo comporta il rischio di perdita o danneggiamento dei dati che

entrano nel flusso di lavoro. Avendo un archivio dati decentralizzato, ogni entità ha accesso a una visione condivisa dei dati in tempo reale.

- *la riduzione dei punti di debolezza*

La decentralizzazione può ridurre i punti di debolezza nei sistemi in cui ci può essere troppa dipendenza da fattori specifici. Questi punti deboli potrebbero portare a fallimenti sistemici, tra cui la mancata fornitura dei servizi promessi o un servizio inefficiente dovuto all'esaurimento delle risorse, interruzioni periodiche, colli di bottiglia, mancanza di incentivi sufficienti per un buon servizio.

- *l'ottimizzazione della distribuzione delle risorse*

La decentralizzazione può anche aiutare a ottimizzare la distribuzione delle risorse in modo che i servizi promessi siano forniti con migliori prestazioni, così come una ridotta probabilità di fallimento.

Ma la decentralizzazione deve essere applicata con criterio. Un'applicazione blockchain non deve essere per forza completamente decentralizzata. L'obiettivo di qualsiasi soluzione blockchain è quello di fornire ciò di cui gli utenti hanno bisogno, e questo può includere o meno certi livelli di decentralizzazione. Per capire meglio le reti decentralizzate, la tabella di seguito mostra come le reti decentralizzate si confrontano con le più comuni reti centralizzate e distribuite.

Tabella 1: confronto tra le principali tipologie di architetture di rete (cfr AWS.amazon.com "What is Decentralization in Blockchain?")

| | Centralizzato | Distribuito | Decentralizzato |
|---------------------------------|--|---|--|
| <i>Risorse di rete/hardware</i> | Mantenuti e controllati da una singola entità in una posizione centralizzata | Distribuito su più data center e aree geografiche; di proprietà del fornitore di rete | Le risorse sono possedute e condivise dai membri della rete; difficile da mantenere poiché nessuno le possiede |
| <i>Solution components</i> | Mantenuti e controllati da un ente centrale | Mantenuti e controllati dal fornitore della soluzione | Ogni membro ha esattamente la stessa copia del libro mastro distribuito |
| <i>Data</i> | Mantenuto e controllato da un ente centrale | Tipicamente sono di proprietà e gestiti dal cliente | Aggiunti solo attraverso il consenso del gruppo |
| <i>Controllo</i> | di un unico ente centrale | In genere, una responsabilità condivisa tra fornitore di rete, fornitore di soluzioni e cliente | Nessuno possiede i dati e tutti possiedono i dati |
| <i>Single Point of Failure</i> | Si | No | No |
| <i>Tolleranza agli errori</i> | Bassa | Alta | Estremamente alta |
| <i>Security</i> | Mantenuto e controllato da un ente centrale | In genere, una responsabilità condivisa tra fornitore di rete, fornitore di soluzioni e cliente | Aumenta all'aumentare del numero di membri della rete |
| <i>Performance</i> | Mantenuto e controllato da un ente centrale | Aumenta man mano che le risorse di rete/hardware aumentano (o diminuiscono) | Diminuisce all'aumentare del numero di membri della rete |
| <i>Esempio</i> | ERP system | Cloud computing | Blockchain |

Ogni architettura di rete ha i suoi vantaggi e compromessi. Per esempio, i sistemi blockchain decentralizzati, a differenza dei sistemi distribuiti, tipicamente danno la priorità alla sicurezza rispetto alle prestazioni. Così, quando una rete blockchain cresce o si riduce, la rete diventa più sicura, ma le prestazioni rallentano perché ogni nodo membro deve convalidare tutti i dati

aggiunti al libro mastro. Aggiungere membri ad una rete decentralizzata può renderla più sicura, ma non necessariamente più veloce.

Ogni protocollo blockchain, che sia dApp (decentralized Application) o DAO (Decentralized Autonomous Organization), o una qualsiasi altra soluzione legata alla blockchain, adotta diversi livelli di decentralizzazione.

Il grado di decentralizzazione è scelto tipicamente in funzione della maturità della soluzione, l'affidabilità provata nel tempo dei suoi modelli di incentivo e meccanismi di consenso, e la capacità del team di trovare il giusto equilibrio.

Su una scala più ampia, le soluzioni blockchain decentralizzate vengono esplorate e adottate da organizzazioni di ogni tipo, dimensione e settore. Alcuni esempi notevoli includono applicazioni che forniscono aiuti immediati all'estero o a coloro che ne hanno più bisogno, senza la mediazione di una banca, del governo o di un ente terzo, o applicazioni che danno agli utenti la possibilità di gestire le proprie identità digitali e i propri dati. Oggi, le piattaforme di social media, le aziende e altre organizzazioni vendono queste informazioni senza che l'individuo veda alcun beneficio. Un approccio decentralizzato aiuterebbe a renderlo più equo.

Uno dei casi reali più significativi che esprimono meglio il concetto di decentramento è quello della Contura Energy, un importante fornitore di carbone con sede negli Stati Uniti, che si è servito, in passato, di un obsoleto sistema di lettere di credito per gestire i suoi pagamenti commerciali internazionali. Queste lettere di credito, emesse da una banca intermediaria per conto del suo cliente, servivano come garanzia di pagamento per gli acquirenti. Sebbene un sistema di questo tipo risulti essere molto affidabile, è principalmente gestito manualmente, questo comporta spesso inefficienze. Per questo motivo, a un certo punto Contura Energy ha compreso l'importanza e il valore della digitalizzazione e dell'automazione del processo delle lettere di credito. Tuttavia, ha dovuto affrontare innumerevoli sfide per consentire la fiducia reciproca tra venditori e acquirenti (fonte aws.amazon.com). Per risolvere le sue inefficienze, Contura Energy ha intrapreso una collaborazione con AWS al fine di individuare una soluzione innovativa per un'implementazione decentralizzata, basata sulla tecnologia blockchain, che fornisce un sistema più efficiente, economico e meno rischioso per gestire i pagamenti commerciali internazionali. Questa soluzione decentralizzata ha aumentato anche la trasparenza, dando a tutte le parti visibilità dei dati e della documentazione in tempo reale.

Il decentramento della blockchain sfrutta meccanismi per lo scambio di messaggi ad hoc e un networking distribuito per memorizzare i dati sull'intera rete di appartenenza ed evitare di avere single point of failure, cioè singoli malfunzionamenti che possono condurre ad anomalie o, nel peggiore dei casi, alla completa cessazione del funzionamento del sistema. Questo fa sì che non vi sia una concentrazione di dati sensibili in un unico punto della rete, che eventuali hacker potrebbero facilmente abbattere mandando in crash l'intero sistema.

Nella blockchain decentralizzata è richiesto un numero di risorse tale per cui sia possibile gestire un quantitativo di dati ed informazioni molto grande, questo richiede un effort

dispendioso in termini di tempo e costi. Quindi si tende ad aggregare i nodi in gruppi, chiamati pool, per riuscire a completare la validazione dei blocchi in tempi brevi incorrendo nel rischio di centralizzare il sistema.

Per mezzo della crittografia i dati salvati sulla blockchain sono considerati incorruttibili. Ogni nodo nel sistema decentrato contiene una copia dei dati blockchain, questo meccanismo consente una replicazione massiva del database così che sia preservata la qualità dei dati è preservata, non esiste nessuna copia centralizzata, tutti gli utenti sono in possesso delle stesse informazioni e del medesimo livello di credenziali.

7.1.4. Validazione dei blocchi

Uno dei meccanismi chiave che permettono la funzionalità della blockchain è il processo di convalida dei blocchi che si riferisce all'elaborazione e alla conferma delle transazioni da parte di specifici nodi validatori. Una volta che un nodo validatore verifica un blocco, questo viene aggiunto al libro mastro della blockchain come record permanente. Prima di proseguire nella trattazione è bene precisare che un nodo validatore di blockchain è un nodo di rete che aiuta ad elaborare e convalidare i blocchi delle transazioni sulla piattaforma in modo che possano essere aggiunti permanentemente al libro mastro della blockchain.

La natura distribuita rende robusto e sicuro il sistema blockchain ma presenta tempi di aggiornamento non trascurabili, dovuti al processo di validazione dei blocchi e alla sincronizzazione della rete. L'autenticazione avviene tramite la collaborazione dei molteplici attori coinvolti ed è alimentata da interessi collettivi.

L'intero processo di validazione dei blocchi è chiamato *mining*. È possibile validare più blocchi contemporaneamente, portando così ad una biforcazione della catena. In questo caso, i *miner* lavorano per la validazione dei blocchi su entrambe le biforcazioni della catena, ma appena in una delle due viene validata ed aggiunto un nuovo blocco, tutti i *miner* che lavoravano sull'altra si spostano su quella a cui è stato aggiunto un blocco nuovo, trasformando così il blocco abbandonato in un "blocco orfano". Questo accade perché l'obiettivo dei *miner* è quello di estendere la catena in lunghezza. Il protocollo di aggiornamento specifica quale regola adottare per selezionare il blocco da accettare, tra quelli concorrenti.

Dopo aver verificato l'intera blockchain, un nodo raccoglie e colleziona le nuove transazioni generate e suggerisce alla rete quale validare e aggiungere al nuovo blocco. Il primo nodo che risolve il blocco lo trasmette nella rete dove viene accettato usando la funzione criptografica. Grazie al meccanismo dell'hashing, nella blockchain, ad ogni blocco viene assegnato un identificatore originale, il che comporta conseguenze irreversibili nel cambiamento della blockchain. È essenziale capire cos'è l'hashing e l'essenza della tecnologia per fare mining in una blockchain.

Generalmente, si usa il termine Hash (o Hashing) in riferimento alla trasformazione e alla generazione di dati di input in una stringa di qualsiasi lunghezza, purché fissa, che viene eseguita da un algoritmo specifico. Questo algoritmo è una funzione crittografica a senso unico,

poiché i dati originali non possono essere recuperati tramite decriptazione. L'implementazione di una funzione di hash crittografica è utile per prevenire le transazioni fraudolente e memorizzare le password. L'hash di Bitcoin è un numero unico che non è duplicabile. Pertanto, è spesso utilizzato per verificare l'autenticità di un file. Un algoritmo di hashing nella blockchain prende un numero indefinito, molto grande, di bit, esegue dei calcoli su di essi e li riproduce in un numero limitato. Indipendentemente dalla lunghezza dei dati in ingresso, l'uscita sarà sempre rettificata. Di conseguenza, i dati originali sono chiamati input, e la trasformazione finale è chiamata hash. L'hashing è una funzione crittografica che ha potenziato questa tecnologia.

L'immutabilità e l'affidabilità dei dati sono le proprietà principali della blockchain. Le informazioni rimangono sempre autentiche, determinando così l'integrità della blockchain. Mentre tutti i blocchi possono essere validati correttamente in contemporanea, possono entrare nella blockchain solo uno alla volta.

Quando gli utenti iniziano delle transazioni sulla blockchain, queste vengono messe in coda sulla rete per la successiva convalida. I nodi validatori, quindi, raggruppano le singole transazioni in un blocco per verificarlo. Ogni blockchain ha le proprie regole relative al numero massimo di transazioni raggruppabili per blocco. Quando il blocco è stato completato, i validatori lo elaborano per aggiungerlo alla blockchain come record permanente.

Su alcune blockchain, i validatori possono scegliere quali transazioni raggruppare in un blocco. Questa selezione non avviene necessariamente in ordine cronologico, ma è guidata dalle preferenze del validatore, tipicamente basate sulle commissioni delle transazioni.

Le commissioni sono aggiunte ad ogni transazione su blockchain dal mittente di criptovalute come incentivo per i validatori. I mittenti possono scegliere liberamente l'importo delle commissioni o anche di non inviarne affatto ma, spesso, le transazioni con commissioni molto basse o nulle hanno maggiori probabilità di essere ignorate e, quindi, di rimanere in uno stato non confermato per lunghi periodi di tempo. Se, dopo un po' di tempo, la transazione non viene aggiunta a un blocco per la convalida, viene generalmente abbandonata in rete.

I due principali tipi di validazione della blockchain si distinguono tra Proof of Work (PoW) e Proof of Stake (PoS). I nodi che convalidano le transazioni sulle blockchain PoW sono chiamati "miner". Il sinonimo più corretto di mining, applicabile alle blockchain PoS, è stacking. Il processo effettivo di convalida di un blocco differisce tra le blockchain basate su PoW, come Bitcoin (BTC) o Ethereum (ETH), e le blockchain PoS, come Solana (SOL) o Ethereum 2.0.

7.1.4.1. Convalida sulle blockchain Proof of Work

I validatori su una blockchain PoW cercano di convalidare un blocco trovando una risposta ad un complesso puzzle computazionale. Questo processo è competitivo in quanto il primo nodo validatore che risolve con successo il puzzle viene ricompensato con una certa quantità di criptovaluta per il suo sforzo.

Un miner deve assicurarsi che ogni transazione risponda ai requisiti di esecuzione. La transazione diventa valida e può essere aggiunta al blocco. Per un'elaborazione più veloce, il

mittente può aumentare la tasso di mining. Tipicamente, i miners approfittando di un valore più alto di transazioni, selezionano le operazioni più redditizie e, in questo caso, il tempo di elaborazione diventa più basso.

Risolvere il puzzle computazionale richiede l'impiego di enormi quantità di potenza di calcolo dell'hash, che è un esercizio molto dispendioso in termini di energia.

Dato il gran numero di blocchi convalidati quotidianamente sulle grandi blockchain PoW, quest'ultimo è stato descritto da alcuni come un disastro ambientale.

Per esempio, nel 2020, il Bitcoin ha consumato 67 TWh di energia, e oltre 90 TWh nel 2021. Quest'ultima quantità è paragonabile al consumo di energia di Paesi come le Filippine e il Pakistan.

Oltre a consumare energia, le blockchain PoW sono caratterizzate da una velocità lenta e da commissioni elevate.

7.1.4.2. Convalida su blocchi Proof of Stake

Il metodo di convalida dei blocchi PoS è visto come una risposta ai problemi legati alla convalida PoW, lenta e dispendiosa in termini di energia e denaro. Nelle blockchain PoS, i validatori sono scelti, tipicamente, in base alla quantità di criptovaluta che sono disposti a "puntare" per avere i diritti di validazione.

Ogni blockchain PoS ha le sue specifiche di convalida, ma sulla maggior parte delle piattaforme, è anche necessario soddisfare requisiti particolari affinché un nodo venga selezionato come validatore.

In generale, la convalida PoS richiede meno dispendio di energia, è più veloce e meno costosa del metodo di convalida PoW. Ha però i suoi svantaggi, come la possibilità di concentrazione del potere nelle mani degli attori della rete che hanno accumulato una grande percentuale di criptovaluta della piattaforma.

Alcune blockchain PoS hanno un sistema di convalida chiamato Delegated PoS (DPoS). In queste blockchain, i nodi della rete ordinaria possono inviare le loro criptovalute a un pool che rappresenta uno specifico nodo validatore. Puntando i loro fondi su quel nodo validatore, i nodi della rete sono chiamati a "votare" per il nodo selezionato. Ogni volta che il nodo validatore selezionato elabora con successo un blocco, i nodi che hanno "votato" per questo validatore ricevono anche la loro parte di ricompensa.

Su alcune piattaforme, la possibilità di verificare il blocco successivo aumenta puntando quantità maggiori di criptovaluta. Tuttavia, alcune altre blockchain PoS, ad esempio Ethereum 2.0, mantengono gli importi puntati fissi per ogni nodo validatore.

7.1.5. Classificazione delle reti blockchain

Il tipo di convalida è influenzato anche dal tipo di blockchain. Tra i metodi di sicurezza della blockchain ci sono la crittografia a chiave pubblica, caratterizzata dall'impiego di un indirizzo dove vengono registrati i token inviati nella rete, oppure a chiave privata, cioè una password

che permette al suo proprietario di accedere alle sue risorse digitali e di interagire con le varie funzionalità della blockchain.

Le blockchain private e pubbliche sono le due forme principali di blockchain. Esistono, tuttavia, alcune varianti, come le blockchain consortili e ibride. Prima di entrare nel merito di ciò che contraddistingue i diversi tipi di blockchain, si illustra cosa hanno in comune.

Ogni blockchain è composta da un gruppo di nodi collegati tramite una rete “peer to peer” (P2P). Una rete peer to peer è una semplice rete di computer dove ogni nodo agisce come un server, quindi ogni nodo lavora in modo indipendente. Questo significa che affinché la rete smetta di funzionare, tutti i nodi devono essere compromessi contemporaneamente. Ogni nodo della rete ha una copia del libro mastro condiviso, che viene aggiornato regolarmente e ha la capacità di convalidare le transazioni, inviare e ricevere messaggi e produrre blocchi.

Le blockchain nascono pubbliche, successivamente si sono create delle varianti in forma privata. Per questo motivo è in corso un dibattito.

I sostenitori delle catene private sostengono che con il termine blockchain si può intendere una qualsiasi struttura che raccoglie i dati in blocchi attraverso un timestamp. I sostenitori della tipologia aperta, invece, si chiedono se un sistema privato con dei verificatori autorizzati da un'unica autorità centrale possa considerarsi una blockchain.

L'idea è che un sistema chiuso tende ad assomigliare ai tradizionali database aziendali che non supportano la verifica decentralizzata dei dati e questo, rispetto a una rete pubblica, comporta livelli di sicurezza inferiori contro la manomissione dei dati.

Si analizzano nel dettaglio le principali differenze tra le tipologie di blockchain maggiormente conosciute e utilizzate.

7.1.5.1. Blockchain pubblica

Su una blockchain pubblica, non ci sono restrizioni. Chiunque abbia un computer e una connessione internet può unirsi alla rete e iniziare a inviare transazioni e confermare i blocchi.

Gli utenti che convalidano i blocchi sono solitamente ricompensati in qualche modo da tali reti. In ogni caso, questa rete utilizza procedure di consenso Proof of Work o Proof of Stake per convalidare le transazioni.

Nell'architettura blockchain pubblica, è possibile consultare e scaricare il protocollo in qualsiasi momento, e non è richiesto il permesso di nessuno. Le blockchain pubbliche rappresentano il paradigma perfetto che ha reso il settore IT così redditizio.

Come risultato, l'ecosistema è completamente decentralizzato; nessuna singola entità ha autorità su di esso. Una blockchain privata, d'altra parte, può essere modificata ed emendata dall'entità che la possiede.

I vantaggi che ne derivano sono i seguenti:

- i dati non sono sotto il controllo di una singola persona;

- applicazioni di questo genere possono avere luogo anche nel settore pubblico, come sanità e istruzione;
- una volta che una voce è creata e convalidata sulla blockchain, non può essere cambiata o rimossa. Una voce è convalidata quando la maggioranza delle persone è d'accordo che sia corretta;
- una struttura pubblica è completamente decentralizzata e funziona su una rete di computer peer-to-peer;
- l'anonimato dei validatori è completamente preservato.

D'altro canto, ci sono anche degli svantaggi:

- il processo di consenso Proof of Work è usato da alcune blockchain pubbliche, come Bitcoin, dove, come si è detto, i membri devono risolvere un difficile calcolo computazionale per convalidare una transazione ed è richiesto l'uso di numerose risorse, il che è uno sforzo costoso;
- uno dei problemi più significativi delle varie blockchain pubbliche, come il bitcoin, è che riescono ad elaborare un numero trascurabile di transazioni al secondo, rispetto a quelle che elabora una rete privata;
- chiunque può unirsi e partecipare e questo potrebbe comportare poca o nessuna privacy per le transazioni e una sicurezza debole.

7.1.5.2. Blockchain privata

Ci sono diverse ragioni per cui le blockchain pubbliche potrebbero non essere appropriate per le aziende in quanto è lecito pensare che non si desideri consentire, indiscriminatamente, l'accesso ai propri dati a ogni membro della rete. Le blockchain private sono invece caratterizzate da un accesso alla rete riservato a partecipanti autorizzati e da un processo di validazione demandato a un gruppo ristretto di attori.

A differenza delle blockchain pubbliche, che permettono ad ogni membro della rete di scaricare il software, creare un nodo e vedere il libro mastro, le blockchain private sono spesso gestite e amministrare da una singola azienda, anche detta intermediario di fiducia.

Poiché l'intermediario di fiducia è responsabile del funzionamento della blockchain, è anche in grado di definire chi ha accesso alla blockchain privata e i tipi di privilegi di accesso che ogni partecipante ha.

Per esempio, alcuni partecipanti possono essere limitati a visualizzare i dati sul libro mastro, mentre altri possono anche avere il permesso di presentare nuove transazioni da registrare sulla blockchain.

Questo comporta benefici come:

- transazioni più veloci;
- impiego limitato di risorse;
- in termini di gestione, la dimensione più piccola di una rete Blockchain privata, rispetto ad una rete Blockchain pubblica, offre tempi di inattività ridotti;

Ma l'uso pratico della blockchain diventa difficile da concepire se si ha in mente il concetto di scalabilità. La scalabilità non è altro che la capacità di un software di fronteggiare adeguatamente un aumento del carico di lavoro. Il problema si pone perché i database di blockchain sono conservati in modo permanente su tutti i nodi della rete quindi, anche in questo caso, si potrebbe pensare che la sicurezza non sia pienamente garantita. Inoltre, i quadri normativi finanziari sono un ostacolo per la diffusione della blockchain.

Le blockchain private si dividono essenzialmente in due tipologie: i Consortium Blockchain e i Fully Private Blockchain.

7.1.5.2.1. Blockchain consortile

Una blockchain consortile è un tipo di blockchain parzialmente decentralizzata in cui la gestione è demandata a più organizzazioni. Queste organizzazioni preselezionate determinano chi può inviare transazioni o accedere ai dati. Questo è in contrasto con una blockchain privata, che è controllata da una singola entità.

In questo tipo di blockchain, più di un'organizzazione può operare come nodo, scambiando informazioni o facendo mining. Banche, agenzie governative e altre istituzioni utilizzano spesso blockchain consortili.

Le blockchain consortili differiscono dalle blockchain pubbliche in quanto sono autorizzate, il che significa che non solo chiunque abbia una connessione internet può accedervi. Non è permesso a chiunque di partecipare. Le blockchain consortili possiedono le caratteristiche di sicurezza che sono inerenti alle blockchain pubbliche, ma permettono anche un maggior grado di controllo.

Ciò significa che, sebbene una blockchain consortile sia controllata da un gruppo di entità, è protetta dal dominio. da un punto di vista di privacy, le poiché le informazioni dei blocchi controllati sono sconosciute alla vista pubblica e a differenza di una blockchain privata, non sono previste tasse per l'esecuzione delle transazioni. per contro, uno dei maggiori svantaggi di questa blockchain è che, essendo solo parzialmente decentralizzata, è più soggetta ad attacchi informatici.

7.1.5.2.2. Blockchain ibrida

La blockchain ibrida combina le caratteristiche dei sistemi blockchain privati e pubblici. In un mondo ideale, una blockchain ibrida permetterebbe sia l'accesso regolato che quello illimitato.

L'architettura blockchain ibrida è diversa dai design blockchain convenzionali in quanto non è aperta al pubblico, ma offre comunque benefici come integrità, trasparenza e sicurezza.

I membri della blockchain ibrida possono decidere chi può unirsi alla rete e quali transazioni possono essere rese pubbliche. Questo metodo combina il meglio delle due architetture e assicura che un'azienda possa collaborare efficacemente con i suoi stakeholder.

Il vantaggio della blockchain ibrida è la sua capacità di essere estremamente flessibile ai cambiamenti, ottimo per le aziende che prosperano sul cambiamento.

Uno svantaggio delle blockchain ibride, invece, è che non è una prerogativa per le aziende sottoporsi al complesso e impegnativo processo di adozione. Ciononostante, ci sono ancora casi d'uso efficaci nel settore immobiliare, nella vendita al dettaglio e in vari altri mercati che sono vincolati a regolamenti rigorosi.

7.1.6. Applicazioni

Le applicazioni della blockchain più comuni riguardano le transazioni finanziarie. Ad oggi la tecnologia blockchain trova maggiore applicazione a supporto dei sistemi di pagamento, nell'ambito delle valute digitali, che facilitano il crowdfunding, e, in generale, come strumento di corporate governance. Si è visto che la blockchain può essere utilizzata come strumento per attestare la validità delle transazioni, accertando informazioni, come data e ora esatte, che certificano così l'immutabilità dell'operazione.

Per questo motivo, la blockchain funziona efficientemente anche nei sistemi più disparati e lontani da contesti esclusivamente finanziari. Per esempio, può essere utile:

- per la tracciabilità delle movimentazioni dei mezzi di trasporto merci, per valutare che queste avvengano nel rispetto delle normative ambientali;
- per integrare sistemi informativi nell'ambito della sanità, pubblica e privata;
- nelle applicazioni di voto online;
- per automatizzare processi che un tempo erano svolti manualmente e in tempi non brevi;
- per velocizzare le operazioni di back office automatizzando i controlli sulle regolamentazioni normative attraverso l'utilizzo degli smart contract;
- per le pubblicazioni scientifiche e accademiche, per le opere d'arte digitali in quanto ne certifica l'autenticità;
- per esplorare anche nuove implicazioni nei servizi finanziari, per incrementarne i benefici e ridurre i costi.

Fatte queste premesse, i paragrafi successivi saranno dedicati ad applicazioni più specifiche della tecnologia blockchain e ne saranno analizzate le implicazioni a livello di efficienza e innovazione.

7.1.6.1. Audit e revisione contabile

La Blockchain è destinata a trasformare le transazioni finanziarie, e quindi anche il mondo del reporting aziendale. Di seguito, si esaminano le implicazioni per l'industria dei servizi finanziari e per l'audit.

Uno scenario dove le transazioni vengono eseguite automaticamente, verificate in tempo reale potrebbe presto esistere grazie a blockchain.

Si è visto che questa tecnologia potrebbe anche ribaltare interi modelli di business in alcuni settori, dando potere alla crescita di organizzazioni virtuali, note anche come Decentralized Autonomous Organization (DAO). Le DAO operano attraverso programmi informatici noti come "smart contract" che eseguono le richieste degli utenti definendo automaticamente i termini di un contratto.

"La tecnologia blockchain rappresenta niente meno che la seconda generazione di internet", sostiene Alex Tapscott, CEO della società di consulenza Northwest Passage Ventures. La tecnologia blockchain avrà un profondo impatto non solo sui servizi finanziari, ma sul mondo degli affari in generale e sulla società nel suo complesso. Per la prima volta nella storia, due o più parti non hanno bisogno di conoscersi o fidarsi l'una dell'altra per fare transazioni o affari online.

In futuro, i team finanziari potrebbero fare uso dei libri mastri distribuiti, insieme all'intelligenza artificiale, per automatizzare una serie di processi come pagamenti, operazioni di cambio e dichiarazioni dei redditi. Per una maggiore efficienza, le funzioni finanziarie potrebbero anche esternalizzare parti del loro lavoro di routine alle DAO.

Ogni azienda avrà bisogno di una strategia blockchain. Dal momento che i dati memorizzati nei libri mastri distribuiti sono autenticati da più parti e continuamente aggiornati, la blockchain offre ai team finanziari la possibilità di fare report in tempo reale e, ai revisori esterni, di essere in grado di lavorare più efficacemente con i consulenti di audit.

La Blockchain potrebbe avere notevoli implicazioni anche per la revisione contabile. Se ogni volta che una società entra in una transazione, un record immutabile viene automaticamente riportato in un libro mastro distribuito, si potrebbe effettivamente avere un audit in tempo reale, perché tutti i dati delle transazioni sarebbero registrati nel libro mastro distribuito. In uno scenario futuro, questo potrebbe anche significare la fine del campionamento casuale da parte dei revisori, poiché il codice della blockchain potrebbe eseguire un controllo a tappeto su ogni singola transazione.

Inoltre, la blockchain, insieme all'intelligenza artificiale, potrebbe trasformare il modo in cui le indagini sulle frodi e la contabilità forense sono intraprese. I sistemi in tempo reale evidenzerebbero e indicherebbero le anomalie e i modelli di transazioni insolite istantaneamente.

Tuttavia, molti commentatori suggeriscono che il lavoro dei revisori sarà comunque necessario per progettare le strategie di revisione appropriate in sistemi complessi, prendendo decisioni su quale livello di dettaglio è richiesto e definendo come i dati dovranno essere catturati.

Un compito ancora più cruciale sarà quello di fornire garanzie in un ambiente di controllo sempre più complesso e, per esempio, assicurare che la parte o l'entità che sta inserendo le

registrazioni nel libro mastro distribuito esista davvero e che la transazione abbia una sostanza economica.

I revisori ispezionano anche i meccanismi di controllo, i meccanismi di disaster recovery, i processi, la resilienza e i sistemi. Non di meno, in uno scenario dove la blockchain sia implementata a supporto delle operazioni di audit, questi dovranno anche controllare che i sistemi di contabilità distribuita funzionino correttamente.

In linea di principio, la blockchain è estremamente sicura. Questo perché ogni transazione è firmata digitalmente. Inoltre, i dati sono convalidati dalla maggioranza degli utenti del sistema. Detto questo, se la maggioranza degli utenti sul libro mastro distribuito diventa corrotto, è possibile rompere la catena. Blockchain può anche essere vulnerabile agli errori di programmazione, come ha scoperto una DAO con sede in Svizzera, The DAO, quando ha perso 50 milioni di dollari in valuta virtuale nel giugno 2016 dopo che qualcuno ha sfruttato un errore di programmazione. La realtà è che nessun sistema è impeccabile, nemmeno blockchain.

La blockchain ha altri difetti che devono essere considerati. Questi includono la sua relativa lentezza, l'ingente consumo di energia, i problemi di privacy legati al fatto che gli utenti del libro mastro devono essere in grado di vedere i dati per convalidarli, una mancanza di standard che governano il settore e la sua limitata scalabilità.

Date le opportunità e i rischi associati alla blockchain, non sorprende che la tecnologia abbia attirato l'attenzione di governi, banche centrali e regolatori. Nel giugno 2016, la European Securities and Markets Authority ha annunciato che si stava valutando l'opportunità di utilizzare le tecnologie distributed ledger nei mercati dei titoli.

Paul Brody, Global Innovation, Blockchain Leader di EY, afferma: "L'approvazione regolamentare sarà necessaria per qualsiasi importante implementazione della blockchain nei conti e nella reportistica aziendale".

Blockchain si sta diffondendo rapidamente in aree non regolamentate, sia come tecnologia informatica di uso generale, che come strumento per integrare i servizi finanziari con le tecnologie operative. Le aziende useranno questi casi d'uso non regolamentati per costruire la fiducia mentre implementano gradualmente blockchain nelle loro operazioni finanziarie principali. La realtà è che ancora non si è compreso a pieno ciò che blockchain può fare, il che significa che adottare tale tecnologia in un contesto di revisione non è facile e nemmeno immediato, ma il suo potenziale a lungo termine è senza dubbio promettente.

7.1.6.2. Smart Contract

Per perseguire un più ampio spettro di applicazioni, diverse ricerche si concentrano sulla risoluzione di problemi di convalida e verifica con l'obiettivo di migliorare la sicurezza e la privacy. Gli smart contract sono contratti auto-esecutivi e per questo possono facilitare l'automazione dei processi e l'esecuzione degli obblighi tra le parti, tuttavia, il loro sviluppo a

lungo termine richiede ancora un approccio interdisciplinare che combini pratiche tecnologiche, economiche e di legittimazione.

Gli smart contract sono protocolli programmabili che permettono l'esecuzione di termini e accordi. Possono essere distribuiti su un database blockchain dove gli utenti possono sviluppare codici informatici basati su clausole contrattuali. Vengono eseguiti autonomamente e automaticamente in un metodo concordato su ogni nodo della rete, secondo i termini che sono stati scritti nel contratto. Le condizioni e gli accordi regolamentati possono essere codificati per evitare frodi, furti o altri rischi gestionali.

Quando gli smart contract sono distribuiti nella rete blockchain, vengono trasferiti ad ogni nodo collegato. Le ultime modifiche registrate nel database locale possono a sua volta innescare le condizioni prescritte nei codici informatici per eseguire i relativi flussi di processo e inviare le opportune notifiche alle parti interessate. Questo è indicato come un meccanismo event driven ed è esente da interferenze da parte di una singola entità.

Il concetto di smart contract è intrecciato con quello dell'IoT. I termini del contratto sia per la fornitura di servizi, che di garanzie, possono essere scritti in qualsiasi linguaggio, come Java o Python o Cetc, e attivati su eventi IoT. Di solito nell'ecosistema IoT questi eventi sono generati dai sensori, attuatori e tag identificativi installati sulle cose fisiche, come vettori o macchine. Essi possono facilitare le interazioni guidate dai dati nella rete blockchain e consentire alle applicazioni di soddisfare obiettivi della supply chain.

Gli smart contract sono essenziali nell'uso di applicazioni blockchain. Su una piattaforma basata su blockchain, gli smart contract possono avere implicazioni in vari campi; tuttavia, alcuni studi riportano delle questioni irrisolte per quanto riguarda problematiche tecniche e legali. Per esempio, le vulnerabilità dei contratti per quanto riguarda l'ordine delle transazioni e la dipendenza dal timestamp, le eccezioni mal gestite, e i problemi di call stack.

La gestione degli smart contract è impegnativa a causa delle limitazioni legate ai suoi alti costi di transazione e alla bassa scalabilità, ma la Blockchain, integrata agli smart contract e all'IoT, aiuta a progettare l'automazione dei processi di business di prossima generazione.

7.2. Blockchain for supply chain

Con l'improvvisa ascesa di Bitcoin alla fine del 2017, Blockchain è diventato un termine mainstream, ma si sottovaluta ancora l'incredibile potenziale di questa tecnologia, specialmente all'interno della supply chain e nel processo di digitalizzazione del magazzino.

Le operazioni della supply chain includono il piano di esecuzione di tutti i processi e la connettività di tutti i sistemi. Tutte le aziende hanno bisogno di migliorare le attività della supply chain per aumentare le loro prestazioni finanziarie e operative. Il coinvolgimento di un gran numero di parti interessate nella supply chain aumenta le sfide operative e riduce l'interazione One-to-One tra i diversi membri. Si prevede, però, che la tecnologia Blockchain, insieme all'IoT e al Cloud Computing sia destinata a portare un cambiamento di paradigma nei domini della supply chain e della logistica.

Infatti, la tecnologia IoT è fondamentale nel settore della logistica per monitorare vettori o veicoli, che sono equipaggiati con una varietà di sensori. Questi sensori possono essere geografici, di temperatura, spaziali e generano dati utili per generare trigger e allarmi.

Per esempio, un sensore Geo può generare un trigger di consegna di un prodotto a destinazione. Un sensore di temperatura insieme ad altre informazioni può aiutare a garantire i livelli sicurezza nel caso di prodotti freschi o infiammabili. Un sensore di utilizzo dello spazio può rilevare la disponibilità di spazio nel trasportatore. Con l'utilizzo di un sensore Geo, è possibile rilasciare il pagamento automaticamente non appena la destinazione viene rilevata, quindi quando una clausola del smart contract viene eseguita automaticamente. In questo aiutano molto i contratti di auto-esecuzione che portano l'automazione al livello successivo nelle imprese. Hanno eliminato il ruolo della gestione della fiducia da parte di terzi. Per esempio, tra partner non fidati, grazie ai contratti auto-esecutivi, il pagamento può essere trattenuto fino a quando il pacco non viene consegnato a destinazione.

La tecnologia blockchain fornisce un sistema di transazioni sicuro per i partecipanti. Il suo libro mastro condiviso tiene traccia di tutte le transazioni durante i processi e le rende visibili a tutti i membri del sistema. C'è la necessità di utilizzare queste tecnologie per massimizzare l'infrastruttura logistica. In assenza di trasparenza e visibilità, nella supply chain, gli acquirenti e i clienti non potrebbero fare stime precise sui prodotti o servizi.

Tuttavia, ci sono alcuni eventi che non possono essere tracciati, per esempio, gli incidenti ambientali. La tecnologia blockchain e la sua integrazione con gli smart contract, l'IoT e l'Artificial Intelligence, se usati nella supply chain tradizionale, possono, non solo risolvere criticità di questo genere, ma anche portare nuove fonti di reddito e migliorare il modello di business, finanziario e operativo.

Nonostante tali tecnologie possano provvedere all'abbattimento di tali barriere, le organizzazioni potrebbero non essere pronte a condividere le informazioni su una piattaforma a cui hanno accesso molti attori. Le piccole organizzazioni con meno entrate potrebbero affrontare problemi nell'adozione di questa tecnologia a causa della minore conoscenza tecnica e delle ingenti spese. Le risorse e i dipendenti devono allineare tutte le loro attività e gli obiettivi dell'azienda e possono farlo portando la supply chain ad un opportuno livello di digitalizzazione.

Tracciabilità e trasparenza, coinvolgimento degli stakeholder e collaborazione, integrazione e digitalizzazione della supply chain e quadri comuni su piattaforme basate su blockchain, sono fattori critici per l'orientamento futuro della tecnologia blockchain. Le diverse applicazioni industriali di queste tecnologie in vari settori stanno ricevendo sempre più attenzione da ricercatori, ingegneri e professionisti.

Le attività tradizionali della supply chain coinvolgono diversi intermediari e, di conseguenza, diversi problemi di performance. Il potenziale della blockchain può essere sfruttato per migliorare le performance, la governance distribuita e l'automazione dei processi.

La tecnologia blockchain ha il potenziale per ricostruire il modo in cui le aziende conducono le loro operazioni. Diversi sforzi di ricerca, riguardanti la business finance, la gestione delle

cartelle cliniche, il voto e le industrie assicurative, hanno migliorato la visibilità di blockchain. Il Supply Chain Management (SCM) è una di queste potenziali applicazioni.

L'uso della tecnologia blockchain nelle supply chain risulta essere ancora emergente stando alle moderne trattazioni scientifiche in quanto i primi articoli accademici con questo argomento sono apparsi nei database Web of Science e Scopus nel 2016. Sulla base dei risultati delle ricerche in alcune banche dati scientifiche, così come in Google Scholar, liberamente accessibile, si può affermare che la blockchain occupa una notevole attenzione, mentre il suo uso in combinazione con la supply chain è significativamente meno studiato.

Blockchain come tecnologia nella logistica e nella supply chain è nella sua fase di sviluppo. Anche ora, è per lo più sotto forma di test e progetti pilota in molte aziende private e pubbliche, associazioni industriali (ad esempio, The Blockchain in Trucking Alliance), in collaborazione con i laboratori blockchain di quasi tutte le prestigiose università del mondo (ad esempio MIT, Columbia, Duke, Berkeley, Cambridge, Cornell, ecc.). A livello macro, le tecnologie DLT e i loro usi nella supply chain hanno guadagnato una notevole attenzione.

Ci sono due caratteristiche principali della tecnologia blockchain che sono importanti per la sua implementazione nella logistica e nelle supply chain:

- scambio sicuro, verificato e affidabile di informazioni in tempo reale che le rende accessibili a tutti i membri della rete di approvvigionamento o a chiunque altri (a seconda del tipo di blockchain);
- possibilità di verifica automatica ed esecuzione delle transazioni concordate quando determinati requisiti sono soddisfatti attraverso applicazioni di smart contract.

Sulla base di queste caratteristiche della blockchain, alcune delle più importanti aree di implementazione attuale nella logistica e nella supply chain sono influenzate da fattori come:

- il tracciamento dei flussi di merce;
- la demand forecasting;
- la diminuzione del rischio di contraffazione e frode;
- l'accesso aperto alle informazioni;
- la riduzione dell'impatto negativo sull'ambiente;
- l'automatizzazione delle transazioni attraverso gli smart contract.

7.2.1. Il ruolo della Blockchain nel magazzino

Il raggiungimento degli obiettivi è reso possibile grazie alla collaborazione tra tutti gli attori della supply chain, compreso il magazzino. Quando sono coinvolte molte entità con più tecnologie complesse, questo porta all'indebolimento della collaborazione e a una limitata trasparenza. La tecnologia blockchain aiuta a risolvere questi problemi perché collega le parti interessate sulla stessa piattaforma, garantendo la sicurezza dei dati e la facilità di comunicazione.

Coordinando i sistemi IoT con blockchain, all'interno della supply chain, i nuovi dati possono essere automaticamente aggiornati nel libro mastro unificato. Per esempio, durante il trasporto di alimenti freschi, questi devono mantenere una specifica temperatura. Con Blockchain e IoT,

è possibile verificare e registrare la temperatura in ogni fase della catena di fornitura, mantenendo i dati protetti e accessibili. Questo rende la verifica più facile per l'intera supply chain in quanto entrambe le tecnologie riportano lo stato del cibo. Inoltre, la blockchain adottata all'interno della supply chain alimentare è uno strumento efficace per la sicurezza, come spiegato anche da Walmart, in uno studio in collaborazione con IBM.

Inoltre, gli Smart Contract possono essere utilizzati dal magazzino per automatizzare le verifiche e il pagamento. Per esempio, quando un pallet viene consegnato, la ricevuta di conferma e il tempo impiegato sono trasmessi al sistema Blockchain per essere verificati. Se verificati, i pagamenti saranno rilasciati alle parti appropriate. Questo tipo di automazione aumenta notevolmente l'efficienza, l'integrità e la sicurezza.

Di seguito, sono illustrate nel dettaglio le principali caratteristiche e funzionalità applicative della blockchain a servizio della supply chain.

7.2.2. Tracciabilità e visibilità

Finora, l'implementazione più diffusa di blockchain è nel processo di verifica della provenienza del prodotto, in termini di luogo d'origine e data di produzione, e delle fasi che intercorrono fino al consumatore finale.

Le questioni di tracciabilità e visibilità sono sempre state punti chiave per offrire un servizio ai clienti più efficiente. La possibilità di fornire informazioni sulla reale provenienza del prodotto, da chi e come è stato trasportato, è di grande valore per tutti i clienti e offre un notevole vantaggio competitivo all'azienda che è in grado di farlo.

Queste informazioni permetterebbero una migliore pianificazione e sincronizzazione dei processi, portando a ulteriori ottimizzazioni a livello operativo. Purtroppo, però, la maggior parte delle aziende o dei clienti che non si sono ancora approcciati alla tecnologia blockchain, non sa veramente cosa accade a monte della catena e, a causa della mancanza di trasparenza, si tende ad effettuare valutazioni poco accurate sul prodotto.

La tecnologia blockchain ha la capacità di fornire informazioni affidabili ai clienti riguardo all'origine dei prodotti e al percorso di trasporto. Per aumentare la tracciabilità del prodotto lungo il percorso attraverso la supply chain, la tecnologia blockchain è generalmente supportata dalla tecnologia RFID (Radio Frequency Identification). Questo consente un trasferimento di informazioni in formato digitale, contactless e più veloce, in quanto è possibile estrarre tali informazioni simultaneamente da un gran numero di prodotti. Quando le informazioni sono raccolte e trasferite in un formato digitale, la tecnologia blockchain permette la verifica delle stesse e l'inserimento in un libro mastro distribuito e condiviso, che viene completato e verificato in tempo reale. Blockchain fornisce una forma di mappatura della supply chain e una piattaforma sicura di scambio di informazioni.

Inoltre, la capacità di memoria dei sistemi RFID può essere significativamente superiore a quella della tecnologia dei codici a barre, che attualmente è quella più utilizzata.

Quando si è iniziato a comprendere le potenzialità dell'RFID e ad utilizzarlo sui prodotti in connessione con diversi sensori, le informazioni raccolte sono state scambiate attraverso Internet portando così allo sviluppo dell'Internet of Things. Tian ha sviluppato un sistema di

tracciabilità della supply chain agroalimentare, basato sulla tecnologia RFID e blockchain, dove RFID serve per implementare l'acquisizione, la circolazione e la condivisione dei dati, mentre la tecnologia blockchain è utilizzata per garantire che le informazioni condivise e pubblicate siano affidabili e autentiche.

Il tracciamento sicuro, offerto dalla tecnologia blockchain, ha trovato implementazione in molte industrie, e soprattutto nelle supply chain alimentari. Il tracciamento dei prodotti alimentari e degli ingredienti ha un'importanza fondamentale quando si deve indagare su intossicazioni alimentari o altre forme di contaminazione. Blockchain permette un'identificazione molto più veloce e accurata del punto di origine del problema, seguita da richiami e altre misure.

Si tratta di una sfida per i rivenditori di prodotti alimentari e di beni di consumo che devono fornire tutte le informazioni connesse alla tracciabilità per i loro clienti, e che spesso non hanno una visione completa di ciò che sta accadendo nella parte a monte della supply chain. Le informazioni sul viaggio degli alimenti possono aiutare i membri della supply chain a prepararsi meglio per la consegna delle spedizioni, con il risultato di operazioni più veloci e tempi più brevi per i consumatori.

Aziende come Walmart, IBM e i suoi partner, lavorano allo sviluppo di standard e soluzioni per una maggiore sicurezza degli alimenti in tutta la supply chain alimentare. Secondo Walmart, infatti, il tracciamento nella supply chain con blockchain ha ridotto il tempo necessario per rintracciare le merci, da giorni a pochi secondi.

L'uso di blockchain non si limita solo alle grandi aziende e alla loro collaborazione con giganti dell'ICT come IBM.

Anche le aziende dell'industria automobilistica (Toyota, Volkswagen, General Motors) stanno prendendo in considerazione di utilizzare la tecnologia blockchain in diverse aree della supply chain, dalla produzione al tracciamento dei ricambi auto, dal punto di produzione agli impianti di assemblaggio, anche nel settore delle auto a guida autonoma.

Aziende come Provenance, che permette ai brand food and drink di comunicare l'impatto sociale e ambientale in un formato attendibile, sono specializzate nello sviluppo di soluzioni software alimentate da blockchain per la tracciabilità e la visibilità dei prodotti. Le soluzioni di Provenance permettono ad ogni prodotto fisico di essere movimentato con un passaporto digitale incorporato che ne prova l'autenticità e che può essere tracciato attraverso la blockchain.

Attraverso l'uso di questo tipo di applicazione, i membri della supply chain assicurano la competitività dei loro prodotti tra i clienti, ma anche un migliore controllo della loro intera supply chain. Un semplice codice QR o un tag RFID, sull'imballaggio di un prodotto, leggibile grazie anche a una semplice applicazione su smartphone, può fornire ai consumatori l'accesso a tutti i dati veramente rilevanti sull'origine del prodotto, la lavorazione, il trasporto, la temperatura, la sicurezza o la qualità che sono registrati in modo inesorabile su blockchain. In questo modo i consumatori hanno fiducia in quello che stanno comprando e possono fare una vera valutazione della qualità e del valore dei prodotti, che in ultima analisi contribuisce alla crescita della fedeltà al marchio e all'azienda.

7.2.3. Demand Forecasting

La gestione della domanda è un altro elemento cruciale per il supply chain management che non include solo la pianificazione, ma anche strumenti per influenzare la domanda e l'offerta al fine di massimizzare i profitti e minimizzare i costi.

La previsione della domanda è complicata e richiede l'impostazione e l'analisi di una vasta gamma di KPI dell'inventario e dell'eCommerce. Qualsiasi errore lungo il percorso può portare a una previsione imprecisa. Questo a sua volta porta a un'incapacità di soddisfare la domanda o a un inventario troppo fermo. Questo fenomeno è chiamato effetto Bullwhip, dove i cambiamenti della domanda finale portano a fluttuazioni di inventario lungo l'intera catena. Generalmente, piccole variazioni della domanda del cliente o del rivenditore si riverberano su per la catena causando maggiori discrepanze.

Questo a sua volta fa sì che ad ogni livello della catena vengano acquistate troppe o non abbastanza scorte. Nel caso in cui l'effetto sia una disponibilità eccessiva di prodotti, questi finiscono spesso come scorte morte in backorder ed è necessario tagliare notevolmente i prezzi per liberare il magazzino ed evitare la perdita totale dei profitti.

Il lead time è uno degli aspetti più importanti del controllo delle scorte e influisce direttamente sulla capacità di soddisfare la domanda dei clienti. Calcolare il lead time, e pianificare le consegne di conseguenza, fa sì che si possano soddisfare gli ordini. Infatti, se c'è un problema lungo la catena di approvvigionamento, il tempo di consegna aumenta. Questo rende difficile soddisfare la domanda dei clienti e causa maggiori fluttuazioni del livello delle scorte.

La trasparenza, e allo stesso tempo la completa sicurezza, fornita da blockchain, è la base per uno scambio di informazioni di successo. In una supply chain non gestita in modo collaborativo c'è il rischio di perdere informazioni.

Una delle cause più comuni dell'effetto bullwhip è la mancanza di comunicazione. Condividere le informazioni in modo efficiente è la chiave per evitare problemi riguardanti i cambiamenti della domanda, con la produzione e le vendite imminenti. La teoria e la pratica della gestione della supply chain si basano sulla gestione collaborativa della domanda per evitare gli effetti bullwhip e ottimizzare i livelli di inventario attraverso la supply chain.

In teoria tutti i membri della supply chain producono una previsione comune basata sui dati della domanda indipendente. La domanda indipendente è la domanda di un prodotto finito. È difficile da prevedere poiché è soggetta alle esigenze dei clienti, che a loro volta possono essere influenzati da fattori come le condizioni economiche generali, i cambiamenti nella moda e persino le condizioni meteorologiche.

Sia che questo cliente finale sia un acquirente B2B o un consumatore che acquista direttamente dal rivenditore, è l'unico che crea una vera domanda indipendente per certi prodotti. Tutti gli altri membri a monte della supply chain basano le loro previsioni su questo e ciò permetterà di evitare scorte di sicurezza eccessive su ogni livello della supply chain a monte.

Principale prerequisito, per questa previsione comune e collaborativa della domanda, è lo scambio di dati sulla domanda indipendente tra tutti i membri della supply chain e il principale problema delle reti di approvvigionamento è la mancanza di fiducia. Grazie al più alto livello di

sicurezza del sistema blockchain, è possibile risolvere problemi che ostacolano il raggiungimento del coordinamento ottimale della rete di fornitura.

Inoltre, c'è da considerare il fatto che anche il cliente finale potrebbe connettersi a un'applicazione basata su blockchain, e quindi diventare un vero membro della supply chain con diritti e possibilità di esprimere direttamente le sue opinioni e necessità. I feedback dei clienti potrebbero arrivare in tempo reale, consentendo previsioni più accurate e cambiando radicalmente il panorama della produzione e della vendita al dettaglio.

7.2.4. Open Access

A seconda del tipo di blockchain, le informazioni potrebbero essere disponibili per tutti o solo per un numero limitato di partecipanti sul libro mastro distribuito. Questo accesso aperto alle informazioni nella supply chain può fornire benefici come la facilità di elaborazione delle pratiche, riducendo il numero di comunicazioni dirette necessarie e fornendo più informazioni al cliente finale.

Quando si tratta di logistica e supply chain, i benefici più rilevanti dell'open access ricadono nelle aree di trasporto. Maersk e IBM hanno sviluppato applicazioni di tracciamento dei carichi (principalmente per i container), così come applicazioni per la digitalizzazione dell'intero commercio internazionale. Hanno iniziato un'ampia cooperazione con altri partecipanti come Microsoft e TetraPak, consentendo la condivisione di dati su blockchain con le parti interessate, principalmente compagnie di assicurazione e banche, ma anche tutti i membri della catena di fornitura. All'inizio di gennaio 2018, hanno annunciato l'intenzione di stabilire una piattaforma di digitalizzazione del commercio globale, con un sistema a prova di manomissione e transazioni sicure, costruite su standard aperti di blockchain.

Si stima che l'elaborazione di documenti e informazioni per le spedizioni di container può costare tanto quanto il trasporto fisico stesso. Coinvolgendo tutti i partecipanti del flusso di informazioni e materiali nell'applicazione blockchain e creando un flusso di lavoro digitalizzato dei documenti, sono riusciti a garantire la disponibilità in tempo reale di tutti i documenti e delle attività nella supply chain ad ogni partner, supportati da informazioni su chi, dove e quando li ha emessi. Questo diminuisce la necessità di comunicazione diretta a lunga distanza, evita errori, attese e altre forme di spreco, garantendo transazioni di informazioni e materiali significativamente più veloci nella supply chain. Tutte le informazioni diventano disponibili in modo decentralizzato riducendo i ritardi e varie forme di frode. Il beneficio principale sarebbe ricevere informazioni accurate e in tempo reale sulla disposizione delle spedizioni per i porti, i terminali, i vettori oceanici e i trasportatori intermodali, permettendo loro una più efficiente preparazione e pianificazione per le loro attività e visibilità end-to-end nelle attività della supply chain.

Secondo la stima di Marine Transport International, blockchain potrebbe far risparmiare 300 dollari per il trasporto di un solo container in termini di effort e di elaborazione dei documenti. Dato che circa 70 milioni di container sono spediti nel mondo ogni anno, il risparmio potrebbe essere considerevole. Inoltre, blockchain potrebbe aiutare in una migliore ottimizzazione dell'uso dei container vuoti attraverso un più ampio accesso alla loro disponibilità nelle navi o nei porti vicini. Anche due tra i più grandi porti europei, come Rotterdam e Anversa, hanno riconosciuto le potenzialità della blockchain.

In futuro, blockchain si estenderà probabilmente in modo significativo anche ad altre modalità di trasporto, dove potrà essere integrata con qualche tipo di tecnologia telematica per uno scambio più sicuro e trasparente di informazioni riguardanti la gestione delle flotte.

7.2.5. Sostenibilità ambientale

L'uso della tecnologia blockchain nella supply chain può portare a un contributo più ecologico, sia da parte delle aziende che dei consumatori. Il vantaggio più ovvio è la diminuzione della necessità di documentazione cartacea attraverso l'open access e delle comunicazioni e transazioni online.

Inoltre, al termine del ciclo di vita dei prodotti, informazioni affidabili sulle sue fasi di produzione e utilizzo, possono consentire un riciclaggio più efficiente e il leasing dei prodotti di seconda mano.

Infine, tracciando l'impronta di carbonio di un prodotto tramite blockchain è possibile dare apprezzamento alle aziende eco friendly, o penalizzare quelle contrarie. Questo potrebbe essere fatto attraverso l'addebito di una tassa sul carbonio più alta o semplicemente dando informazioni affidabili che permettono ai consumatori di scegliere di non comprare prodotti con maggiore impronta di carbonio. L'accesso aperto ai dati sui prodotti può anche aumentare significativamente la fiducia del consumatore.

7.4.6. Prevenzione dalle frodi

La verifica dell'autenticità e dell'origine, così come l'open access ai dati, può essere un'arma efficace per contrastare le frodi e la pratica della contraffazione. Queste caratteristiche della blockchain sono particolarmente utilizzate nell'industria farmaceutica e dei gioielli di lusso.

Il mercato farmaceutico è dove è stata registrata la più alta percentuale di frodi nel mondo, con vendite di farmaci contraffatti che vanno da 163 miliardi di dollari a 217 miliardi di dollari all'anno. Secondo PwC, questo è dovuto soprattutto all'acquisto online di farmaci per cui l'Organizzazione mondiale della sanità stima che il 50% dei farmaci su Internet siano falsi. Pertanto, la serializzazione farmaceutica, ovvero il sistema di etichettatura dei farmaci su prescrizione per l'autenticazione attraverso la supply chain, dal produttore al consumatore, è una pratica che diventa obbligatoria in quasi tutti i paesi sviluppati, dal 2019 è stata resa obbligatoria anche nell'Unione europea dal regolamento delegato della Commissione UE 2016/161.

Utilizzando blockchain come libro mastro distribuito con i record sui farmaci, la serializzazione ha il potenziale per diminuire significativamente questo tipo di frode. I consumatori potrebbero essere abilitati a scegliere farmaci basati su informazioni vere e verificate da blockchain permettendo di evitare rischi inconsapevoli per la loro salute derivanti dall'uso di farmaci falsi.

Una simile uso della blockchain per la tracciabilità e la prevenzione delle frodi è di grande aiuto nell'industria dei gioielli di lusso. La società Ever Ledger ha riconosciuto questo bisogno e intende rendere la supply chain dei diamanti più trasparente, e, di conseguenza, ridurre le frodi, i mercati neri e il traffico illegale. Il processo richiede che vengano impiegati 40 metadati che descrivono un diamante, ad esempio il numero di serie, il colore, i carati, il taglio, la chiarezza, gli angoli, e assicurano digitalmente i record su blockchain con collegamenti all'iscrizione laser

sulla cintura della pietra. Finora sono stati caricati circa 1,6 milioni di diamanti sulla piattaforma blockchain.

I benefici offerti dall'utilizzo della tecnologia blockchain nel processo di autenticazione delle transazioni consentono a compagnie assicurative, banche e mercati aperti di iniziare a espandere il loro concetto di business ad altri beni di lusso come vini pregiati e opere d'arte.

7.4.7. Automatizzazione delle transazioni

L'autenticazione delle transazioni è ulteriormente agevolata dall'automatizzazione delle stesse. I principali vantaggi delle transazioni auto esecutive trovano applicazione, grazie alla tecnologia blockchain, negli smart contract. Questi consentono una maggiore velocità di elaborazione, una riduzione dei costi e minore possibilità di errori, evitando interruzioni nell'esecuzione.

Gli smart contract sono in realtà già incorporati in molte aree di utilizzo della blockchain, nelle reti di fornitura e nella logistica, precedentemente menzionate. Al verificarsi di determinate condizioni, questi eseguono automaticamente specifiche operazioni. Un esempio può essere l'interruzione del pagamento qualora una delle parti non rispetti i termini della vendita di un bene o un servizio.

Di seguito verranno spiegate alcune delle applicazioni più complesse che coinvolgono gli smart contract nella logistica e nella supply chain.

In Finlandia, l'organizzazione Kouvala Innovation lavora su un approccio sperimentale per connettere i pallet con le attività di spedizione e i vettori interessati. I pallet sono dotati di tag RFID che comunicano informazioni sul trasporto ai potenziali vettori attraverso la piattaforma blockchain. Quando l'offerta per il trasporto richiesto (attraverso l'applicazione di estrazione) è allineata con le condizioni richieste (prezzo e servizio), i contratti vengono automaticamente conclusi ed eseguiti su blockchain. Ogni movimento dei pallet è anche registrato. Questo è un esempio di smart contract su blockchain che svolge compiti di intelligent sourcing, un processo attraverso il quale le partnership commerciali e le prestazioni di vendita vengono continuamente rivalutate e migliorate per ottenere la massima efficienza e i migliori prezzi per il rivenditore, il fornitore e il cliente.

7.3. Studio Forrester Consulting-IBM

Blockchain è una delle tecnologie più sottovalutate e meno comprese negli ultimi anni. IBM ha commissionato a Forrester uno studio su come i leader della supply chain stanno usando i dati per gestire le interruzioni e su come l'adozione di blockchain può aiutare in futuro. Ciò ha dimostrato che le aziende stanno ottenendo benefici reali dall'implementazione della blockchain.

Tale studio si struttura in tre temi principali:

- il COVID-19 è la prima grande perturbazione che le reti della supply chain hanno affrontato, e non sarà di certo l'ultima. I leader della supply chain devono essere preparati;

- lo stato attuale della supply chain ha accelerato rapidamente la necessità di digitalizzazione. Durante questo processo di trasformazione, le organizzazioni devono tenere d'occhio il mantenimento della qualità e dell'integrità dei dati;
- la tecnologia Blockchain fornisce un valore significativo alla supply chain. Le organizzazioni devono sfruttarla strategicamente per soddisfare le loro esigenze.

La pandemia di COVID-19 ha messo sotto i riflettori molte carenze delle supply chain, in particolare per quanto riguarda la visibilità e l'integrità dei dati. Molti leader della supply chain si sono resi conto che le loro organizzazioni non sono preparate a gestire imprevisti significativi, o per lo meno non in modo tempestivo.

Questa consapevolezza ha iniziato a suscitare un cambiamento importante. Le aziende stanno spingendo verso un'ulteriore, e rapida, digitalizzazione delle supply chain adottando tecnologie emergenti, come la blockchain, per migliorare la qualità dei dati, l'integrità e la visibilità che permetterà alle aziende di adattarsi alle sfide in tempo reale. Adeguatezza dei dati e automazione abbinati a modelli digitalizzati aiutano a risolvere i problemi della supply chain e a incrementarne l'efficienza.

7.3.1. Risultati chiave

Le interruzioni della supply chain hanno un effetto a cascata sull'intera organizzazione. Il COVID-19 ha enfatizzato questo aspetto ed esposto maggiori problemi di infrastruttura causando enormi interruzioni nelle supply chain, creando nuove sfide soprattutto a breve termine.

Tuttavia, al di là dei nuovi problemi che ha causato, il COVID ha messo in luce molti problemi strutturali esistenti nell'infrastruttura della supply chain.

Da un sondaggio lanciato a scopo di indagine, rivolto ad attori di diverso livello all'interno della supply chain, è emerso che la maggior parte dei rispondenti ha classificato la pandemia come di gran lunga la più grande perturbazione che hanno affrontato in un arco di 12 mesi, essi hanno anche indicato problemi con le fluttuazioni dei prezzi, guasti di trasporto, interruzioni tecniche, attacchi informatici e altro. Le organizzazioni della supply chain devono assicurarsi di potersi adattare rapidamente al sorgere dei problemi.

Le perturbazioni della supply chain influenzano l'intera organizzazione. Quasi la metà degli intervistati ha riportato che le interruzioni nella supply chain hanno causato alle loro aziende sia la perdita di entrate che un aumento dei costi, impedendo al business di raggiungere il suo potenziale, ritardando il rilascio dei prodotti, danneggiando la produttività e generando esperienze negative per i clienti.

Le interruzioni legate alla pandemia hanno anche amplificato le sfide che le aziende affrontano quando non hanno abbastanza visibilità lungo la supply chain. È impossibile pianificare o prendere impegni con i clienti se non si ha idea di dove si trovino le merci in un determinato momento. Se non è possibile inserire nuovi fornitori o acquirenti in un breve lasso di tempo, l'intero business ne risente negativamente.

Molte organizzazioni non sono ancora abbastanza preparate per anticipare e correggere le interruzioni della supply chain, il che esaspera questi problemi. La causa principale è legata al

fatto che, spesso, le aziende non hanno dati necessari, affidabili, per risolvere i problemi nella supply chain. La maggior parte dei decision maker ha indicato che le loro organizzazioni lottano con una mancanza di integrità e di visibilità dei dati con fornitori e acquirenti. Questo significa, inevitabilmente, che l'analisi predittiva e il processo decisionale automatizzato sono anch'essi una sfida, poiché devono essere alimentati da dati affidabili.

In altre parole, i dati sono il cuore del problema e anche la chiave della soluzione. Avere accesso a dati affidabili tempestivamente consente di affrontare le sfide della supply chain efficientemente ed essere proattivi.

7.3.2. Digitalizzazione della Supply Chain

Sebbene la digitalizzazione sia ampiamente diffusa nella supply chain, grazie all'implementazione di sistemi IT interni, di processi elettronici disgiunti, ad esempio e-mail e fogli di calcolo, la maggior parte delle aziende si basa ancora pesantemente su processi cartacei.

Ai fini dello studio, è stato selezionato un campione di 150 decisori della supply chain delle regioni NA ed EMEA, per rispondere a un ulteriore sondaggio, dal quale è emerso che, le priorità del 69% di loro sono quelle di migliorare l'efficienza entro un anno e tra questi il 59% intende farlo digitalizzando la supply chain con tecnologie nuove.

Ecco perché i decisori della supply chain stanno forzando il ritmo sull'ulteriore digitalizzazione. Solo l'1% dei decision maker ha descritto le rispettive supply chain come completamente digitalizzate da solo due anni, l'11% lo è oggi, e il 69% si aspetta di essere completamente digitalizzato entro i prossimi due anni.

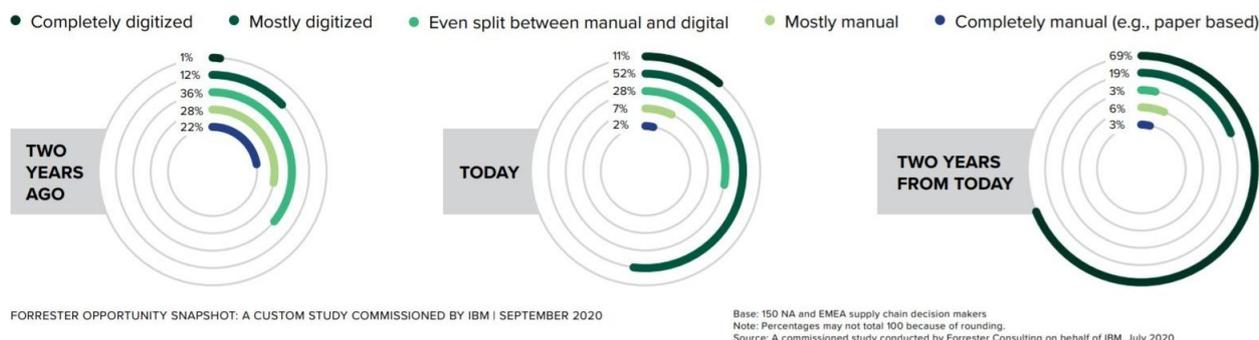


Figura 11: Grado di digitalizzazione delle supply chain su base temporale

Molti leader si stanno rivolgendo alla tecnologia blockchain mentre le loro aziende continuano a modernizzare e digitalizzare la tecnologia della supply chain. In questo studio, il 63% degli intervistati ha indicato che le proprie organizzazioni usano la tecnologia blockchain. Mentre, per molti, queste implementazioni sono ancora abbastanza esigue e spesso ancora nella fase di proof of concept, quasi tre quarti di coloro che usano blockchain oggi stanno espandendo la loro implementazione, il che indica un uso abbastanza emergente della tecnologia.

Ma la componente blockchain è solo una parte della soluzione. In fase decisionale spesso si sottovalutano le sfide aziendali che la blockchain pone, per citarne alcuni:

- concordare i flussi di processo;
- sviluppare modelli di governance appropriati;

- stabilire gli accordi legali necessari.

Realizzare il pieno potenziale delle blockchain richiede anche un grado di collaborazione a cui poche organizzazioni sono abituate. Molti decisori della supply chain non sono ancora consapevoli del pieno potenziale della tecnologia blockchain, specialmente quelli che non la usano oggi. Tuttavia, vedono senza dubbio la necessità di miglioramenti nelle aree in cui la blockchain può intervenire.

La maggior parte degli intervistati vede il valore dei miglioramenti nell'integrità dei dati e nell'automazione dei processi. Avere una singola fonte di dati condivisa e utilizzare token per proteggere beni digitali e fisici, sono tutte azioni che blockchain può supportare.

Blockchain supporta processi multiparty grazie a dati affidabili che sono condivisi e distribuiti attraverso confini organizzativi. Miglioramenti come una comprensione più mirata di dove sono i beni in ogni momento, una conoscenza delle condizioni in cui essi versano, l'accuratezza dei dati e una gestione più efficiente dei fornitori sono fondamentali per risolvere le sfide che affliggono molte aziende nella supply chain.

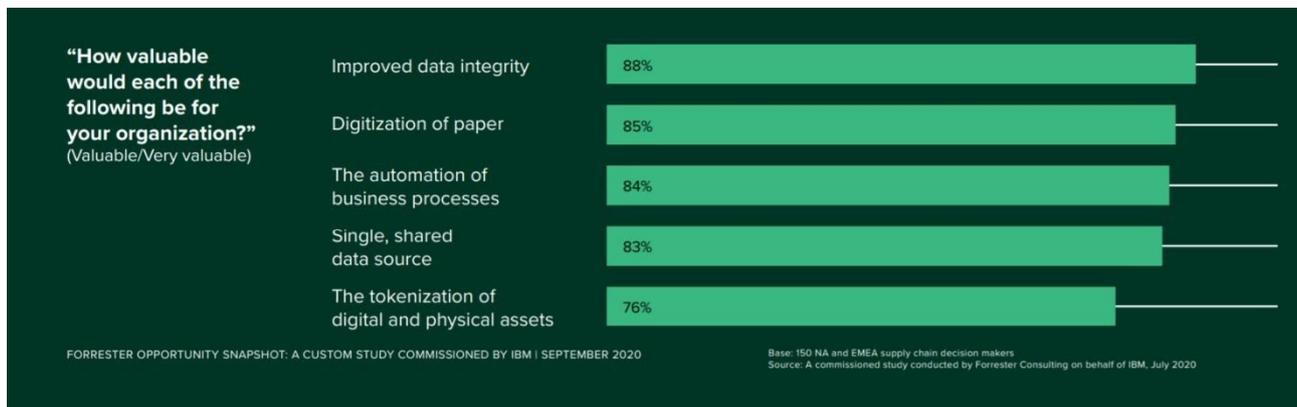


Figura 12: valorizzazione dei miglioramenti offerti dalla tecnologia blockchain secondo un sondaggio rivolto ai decision maker intervistati

7.4. Soluzioni offerte dalla blockchain

Le supply chain sono l'elemento cardine che consente il corretto funzionamento delle consegne dei prodotti ai clienti al momento giusto e al giusto costo. Una rete di supply chain affidabile e fidata è cruciale per raggiungere gli obiettivi finanziari e consentire la soddisfazione del cliente.

Le interruzioni nelle catene di approvvigionamento portano a un aumento dei costi e, cosa più importante, la perdita di entrate. A peggiorare le cose, queste interruzioni sono esasperate da processi inefficienti che si basano su dati che non sono né tempestivi né affidabili. Le imprese cercano trasparenza, resistenza e agilità nelle loro catene di approvvigionamento per gestire questi shock. La tecnologia blockchain guida la fiducia, la trasparenza e il consenso di tutte le parti interessate. Mentre guida i benefici per ogni partecipante, assicura risultati aziendali flessibili.

La blockchain offre i risultati desiderati, aumentando la visibilità e la resilienza della supply chain. Il raggiungimento degli obiettivi prefissati è reso possibile sfruttando acceleratori e comprovate metodologie per avviare i progetti pianificati. Questi acceleratori includono modelli tecnologici riutilizzabili, risorse software, algoritmi e potenziali modelli di governance.

Sfruttando gli acceleratori, si riduce il tempo di implementazione, aiutando a realizzare più velocemente il valore aziendale. Tali acceleratori sono adottati nel sourcing, nell'approvvigionamento, nella produzione, nella logistica e nella distribuzione.

A complemento di questi acceleratori c'è il network building per l'identificazione, il reclutamento e l'onboarding di nuovi partecipanti. L'obiettivo è l'accelerazione del time to value. Generalmente, la pianificazione dell'implementazione della blockchain, in un contesto aziendale, avviene a partire da una prima sessione di Design Thinking. per identificare pain point che l'acceleratore affronta per definire l'ipotesi e i risultati desiderati. Il risultato di questa fase include un chiaro business case, un modello di adozione e una tabella di marcia per incentivare la scalabilità.

7.4.1. Visibilità end-to-end

La visibilità end-to-end si riferisce alla trasparenza lungo un'intera supply chain e coinvolge il tracciamento, il monitoraggio e la segnalazione dello stato di un componente dal suo punto di origine alla sua destinazione finale. È anche un componente critico per le applicazioni aziendali.

Per esempio, nell'industria automobilistica, una volta che un veicolo esce dalla linea di produzione, entra nella supply chain, nota come finished vehicle logistics (FVL). Nel suo viaggio dalla fabbrica al concessionario, un veicolo nuovo può passare attraverso tre o quattro logistics service providers (LSP), insieme ai documenti che lo accompagnano. Il processo è simile per i proprietari di concessionari che spostano inventari di veicoli usati.

Con una visibilità in tempo reale sullo stato di un veicolo in qualsiasi punto del suo percorso, i concessionari sanno quando arriverà nella loro sede e possono pianificare il loro processo di consegna. I clienti che hanno ordinato un veicolo personalizzato, una pratica comune in Europa per gli acquirenti di auto nuove, possono vedere dove si trovano i loro veicoli nella supply chain, permettendo ai produttori e ai concessionari di offrire un'esperienza soddisfacente ai clienti. Gli LSP possono ottimizzare i carichi per operazioni più sostenibili in quanto i danni accidentali possono essere documentati e gestiti in modo efficiente e le frodi, dovute alla manomissione del chilometraggio o all'evasione dell'IVA, possono essere ridotte.

7.4.2. Risoluzione delle controversie multiparty

Quando si verifica una controversia tra due parti nella supply chain, entrambe devono dedicare tempo e sforzi significativi alla risoluzione. Con la maggior parte delle grandi aziende che detengono una media di 200 milioni di dollari in controversie, l'opportunità di miglioramento è immensa. Le soluzioni offerte dalla tecnologia blockchain a questo problema, si basano su dati e regole che consentono di identificare e risolvere le controversie nel momento in cui si

verificano. La piattaforma acquisisce i dati del sistema di registrazione da ogni partecipante e fornisce un livello di consenso esterno che giudica le controversie sulla base di regole aziendali concordate, garantendo precisione ed equità per tutti i partecipanti.

7.4.3. Miglioramento della gestione del lavoro contingente

Negli ultimi anni si è visto un aumento costante nell'uso dei lavoratori temporanei nelle organizzazioni a livello globale. Oggi, in media, il 18% della forza lavoro di un'organizzazione è impiegata su base contingente. Per i datori di lavoro, questo significa perdita di tempo e sforzo manuale nella verifica dei fogli di lavoro, nella convalida delle fatture dei fornitori e nell'inserimento di nuovi appaltatori. Per i fornitori di manodopera a contratto, i principali pain point includono la riconciliazione delle fatture e i ritardi nei pagamenti.

Per esempio, l'acceleratore Contingent Labor Management, sviluppato da IBM Blockchain Services per l'organizzazione di approvvigionamento di IBM, semplifica il modo di procurare, gestire e pagare per le risorse del contraente. Fornisce flussi di lavoro di approvazione integrati sia per il datore di lavoro che per il fornitore di manodopera e una singola fonte di verità per i worksheet degli appaltatori.

Ecco come funziona:

1. ordini di acquisto, timesheet e fatture vengono inseriti nella piattaforma dai sistemi di registrazione esistenti;
2. le risorse dell'appaltatore sono abbinate ai loro rispettivi ordini di acquisto;
3. una volta che il consenso è raggiunto da tutte le parti, le transazioni vengono scritte sul libro mastro della blockchain;
4. le fatture sono automaticamente riconciliate e liquidate per il pagamento.

8. Innovazione e blockchain

Dopo aver analizzato l'impatto della tecnologia blockchain nei diversi contesti applicativi, e in particolare nell'ambito supply chain, è importante comprendere il livello di diffusione che questa tecnologia ha raggiunto con il tempo. Per farlo, è necessario servirsi di alcuni modelli teorici. In primo luogo, si fa riferimento al Diffusion of Innovation Model.

8.1 Diffusion of Innovation Model

La velocità di adozione di una nuova tecnologia è una delle questioni economiche più impegnative. La teoria della Diffusion of Innovation, anche nota come DOI, sviluppata da Everett More Rogers nel 1962, è una delle più antiche teorie delle scienze sociali.

La DOI è una teoria che cerca di spiegare come e con quale velocità si diffondono le nuove tecnologie. L'ideatore del modello, sostiene che la diffusione è il processo attraverso il quale un'innovazione viene percepita nel tempo tra i partecipanti di un sistema sociale. La teoria di Rogers afferma che ci sono quattro elementi principali che influenzano la diffusione di una nuova idea: l'innovazione stessa, i canali di comunicazione, il tempo e il sistema sociale. Quindi l'innovazione deve essere ampiamente adottata per arrivare ad un punto in cui raggiunge la massa critica.

La DOI permette di conoscere la maturità di una tecnologia. Ci sono cinque fasi dell'innovazione tecnologica che si distinguono in base al tipo di approccio che hanno gli utenti nei confronti della tecnologia stessa. I tipi di utenti che adottano una generica tecnologia sono suddivisi come segue:

- *Innovators (2,5%)*

Sono individui o aziende alla ricerca costante di tecnologie di ultima generazione. Di solito tollerano grandi quantità di rischio e incertezza;

- *Early adopters (13,5%)*

Forniscono guide su come usare il prodotto o il servizio; sono gli utenti che forniscono intuizioni positive su nuovi prodotti e servizi, cercando miglioramenti ed efficienza. Di solito sono visti come modelli per gruppi più grandi di persone;

- *Early majority (34%)*

Rappresentano quel gruppo di persone che è solito leggere le recensioni dei primi adopters sui nuovi prodotti prima di procedere all'acquisto;

- *Late majority (34%)*

Rappresentano quel gruppo di utenti più scettici, che non sono consapevoli del cambiamento e che adotteranno un nuovo prodotto o servizio solo quando avranno la forte sensazione che quasi tutte le incertezze dell'innovazione sono state rimosse;

- *Laggards (16%)*

Sono gli ultimi ad adottare un'innovazione. Tendono tipicamente ad avere il più basso status sociale e la più bassa liquidità finanziaria.

Il processo di adozione di un'innovazione potrebbe essere illustrato come una "curva a campana", mostrata di seguito.

Tra ogni gruppo di adottanti nel Technology Adoption Life Cycle, si può vedere uno spazio aperto, un gap. Questo gap tra i segmenti indica il "gap di credibilità" che rappresenta il tentativo di usare il gruppo a sinistra come base di riferimento per il gruppo a destra. Questo divario esiste, perché i consumatori preferiscono ascoltare le referenze di persone che appartengono al loro stesso gruppo d'adozione. Questo crea un dilemma impegnativo, naturalmente. Il divario è più ampio tra gli Early Adopters e la Early Majority. Questi gruppi differiscono l'uno dall'altro nella misura in cui usare uno come base di riferimento per l'altro è altamente inefficace. Questo divario è quindi indicato come "Chasm", l'abisso. Dato che il salto dagli Early Adopters alla Early Majority significa la transizione dall'Early Market al Mainstream Market, attraversare il chasm è di massima importanza per raggiungere veramente il successo di mercato con un prodotto appena lanciato.

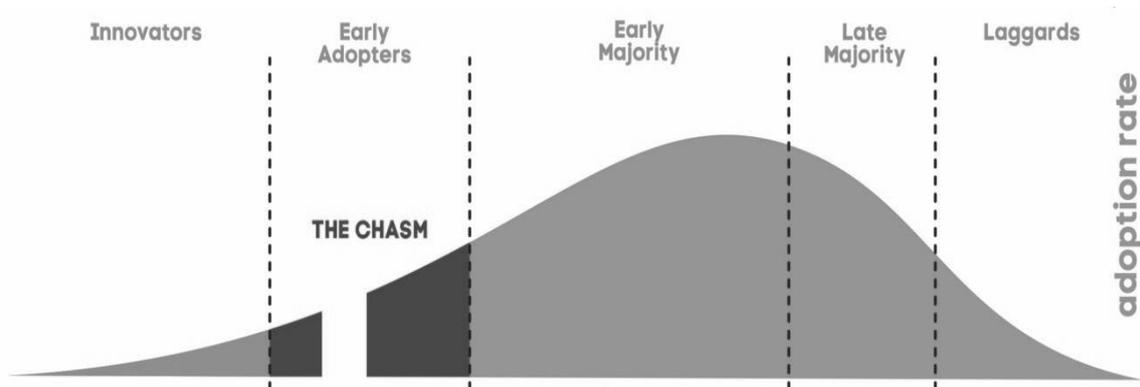


Figura 13: Grafico a campana rappresentato dal Diffusion of Innovation Model

L'applicazione del DOI alla tecnologia blockchain rivela che ad oggi la diffusione è in un punto tra la fine della fase early adopters e l'inizio della fase early majority. Infatti, imprese mature in diversi settori sono entrate nel mercato esplorando soluzioni basate su blockchain. Secondo l'ultimo rapporto del World Economic Forum, nel 2017 l'80% delle banche è stato coinvolto nel progetto di tecnologia blockchain e più di 90 banche centrali sono state impegnate in discussioni sull'utilizzo della tecnologia Blockchain. Inoltre, il rapporto evidenzia che più di 2.500 brevetti sono stati depositati nell'arco di 3 anni. Secondo un sondaggio di Gartner, il 66% dei CEO intervistati crede che la tecnologia blockchain "sia un'interruzione del business". Inoltre, gli investimenti in criptovalute sono esplosi e gli investimenti globali di venture capital in soluzioni blockchain hanno raggiunto un nuovo massimo di 1,1 miliardi di dollari, tra il 2020 e il 2021.

Un altro fattore che influenza l'adozione di una nuova tecnologia è il miglioramento delle sue prestazioni rispetto alla quantità di sforzi e investimenti fatti. Questo argomento viene approfondito nel paragrafo seguente.

8.2. Curve a S

Oltre alla curva a campana, Rogers ha dichiarato che l'innovazione e le nuove tecnologie, seguono tipicamente una curva a S nella loro adozione. Poiché Bitcoin è la criptovaluta più conosciuta, potrebbe essere presa come esempio. Attualmente è nella fase Innovators, con alcuni segni di "Early Adopters". Questo può essere ulteriormente dimostrato guardando il numero di utenti Bitcoin e confrontandolo con il numero di tutti i suoi potenziali utenti. La base globale di utenti internet ha raggiunto i 4,66 miliardi prima del gennaio 2021. Di questi 4,66 miliardi, circa 100 milioni sono utenti Bitcoin. Quindi un'adozione di Bitcoin di circa il 2,15%, sul totale potenziale, poneva Bitcoin nella fase Innovators sulla curva di adozione. Oggi invece, la tecnologia blockchain viene adottata dagli Early Adopters. Come menzionato anche dal "2020 MHI Industry Report", il 10% degli intervistati sta usando Blockchain, il che lo pone al di sopra del gruppo degli Innovatori ma non ancora al punto di superare il chasm.

Il numero vertiginoso di utenti di criptovalute nell'ultimo anno, suggerisce che l'uso delle criptovalute, specialmente il Bitcoin, potrebbe raggiungere la fase di early majority molto presto. Il 2021 è stato un anno di grande evoluzione per la blockchain.

Andando oltre le quotazioni delle criptovalute, l'intero ecosistema ha vissuto un salto di qualità che appare irreversibile. La capitalizzazione delle valute digitali si aggira intorno ai 2 mila miliardi di dollari:

- diverse aziende hanno investito liquidità in cripto;
- sono nati i primi ETF;
- lo stato di El Salvador ha avviato un singolare esperimento di bitcoin a corso legale, è cresciuta l'attenzione su stablecoin e valute digitali delle banche centrali;
- l'Europa sta sviluppando una regolamentazione ad hoc per le criptovalute.

In sostanza, la tokenized economy si sta consolidando all'insegna della disintermediazione, in un contesto ancora sperimentale. Per la prima volta, applicazioni diverse da quelle strettamente finanziarie si sono imposte al grande pubblico. Ne sono un esempio i "token non fungibili", uno strumento che è esploso nel corso del 2020, aprendo la strada verso una dimensione di metaverso, un nuovo Web3, che mira a ridurre il controllo del Big tech, riportandolo nelle mani degli individui in nome della decentralizzazione.

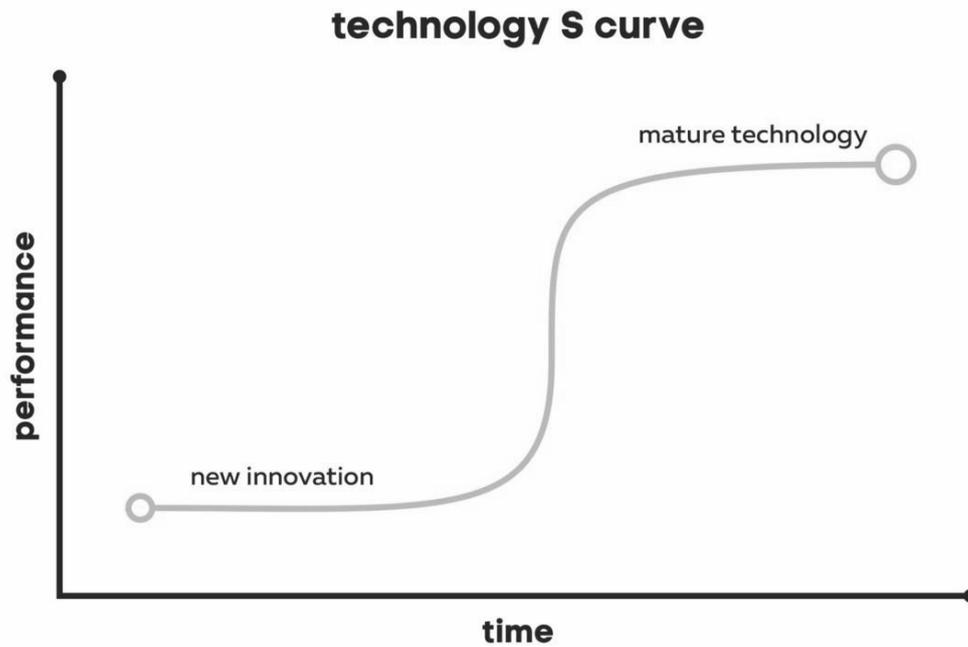


Figura 14: Grafico di una curva a S di una generica tecnologia

Il grafico mostra che subito dopo la comparsa della tecnologia, la performance è bassa rispetto allo sforzo investito in termini di tempo e denaro. In effetti, l'adozione di una nuova tecnologia dirompente come la blockchain deve prima essere pienamente compresa. Solo le aziende che abbracciano una piena comprensione della tecnologia poi la adottano effettivamente.

8.3. Hype cycle

Un altro metodo per valutare l'evoluzione di una tecnologia prevede di esaminare il suo Hype cycle.

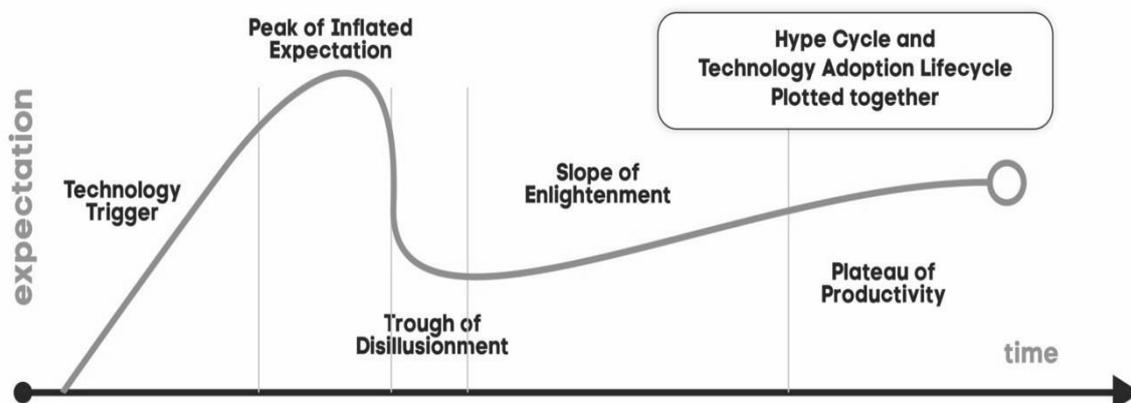


Figura 15: Grafico dell'Hype Cycle

La modellizzazione del Gartner Technology Hype Cycle è stata pubblicata per la prima volta nel 1995 da Gartner Inc, una società di ricerca aziendale. Tale modello presenta tipicamente la Curva di Gartner in cui il ciclo di vita di una nuova tecnologia è disegnato sulla base delle aspettative di crescita nel tempo.

Ogni Hype Cycle definisce le cinque fasi chiave del ciclo di vita di una tecnologia:

I. *Innovation Trigger (Innesco dell'innovazione)*

Quando la nuova tecnologia irrompe o viene introdotta nel mondo. In questa fase, non è ancora stata testata per la sua sostenibilità commerciale, tuttavia, alcune entità potrebbero essere state attratte dalla sua unicità. In questa fase si concentrano i primi proof of concept e l'interesse dei media spinge verso una pubblicità significativa. In questa fase spesso i prodotti non sono ancora utilizzabili e la fattibilità commerciale è ancora in fase di studio.

II. *Peak of Inflated Expectations*

La pubblicità iniziale produce un certo numero di success stories, spesso accompagnate da decine di fallimenti. Alcune aziende entrano in azione, molte non lo fanno. Il picco delle aspettative gonfiate si verifica quando gli early adopters trovano questa innovazione diromponente e le storie di successo stimolano un aumento delle aspettative.

III. *Trough of Disillusionment*

L'interesse diminuisce quando gli esperimenti e le implementazioni non riescono a dare risultati. I produttori della tecnologia si ritirano o falliscono. Gli investimenti continuano solo se i fornitori sopravvissuti migliorano i loro prodotti per la soddisfazione degli early adopters.

IV. *Slope of Enlightenment*

Cominciano a presentarsi più casi in cui la tecnologia apporta benefici concreti alle imprese. Più imprese cominciano a finanziare progetti pilota ma quelle più conservatrici rimangono ancora caute.

V. *Plateau of Productivity*

L'adozione mainstream comincia a decollare. I criteri per valutare la fattibilità del fornitore sono definiti più chiaramente. L'ampia applicabilità di mercato e la rilevanza della tecnologia stanno concretamente dando i loro frutti.

Secondo la rappresentazione di Gartner, ogni innovazione passa attraverso ciascuna di queste fasi prima di arrivare al plateau della produttività in cui la tecnologia è ormai integrata nel normale stile di vita delle persone.

Tra il 2017 e il 2018, Gartner collocava la tecnologia blockchain all'inizio della fase *Peak of Inflated Expectations*. Quella posizione nella curva indica che la blockchain stava per ricevere la sua massima pubblicità ma, nonostante la promozione, non era ancora chiaro se la tecnologia avrebbe avuto successo.

L'Hype Cycle suggerisce anche che Blockchain raggiungerà il plateau nell'arco di 5 o 10 anni, il che significa che i potenziali adottanti hanno ancora tempo per valutare i pro e i contro.

L'ecosistema blockchain ha fatto molta strada negli ultimi dieci anni. Mentre nel 2018 la classificazione di Gartner poneva dubbi sulla sostenibilità delle innovazioni blockchain su tutta la linea, i principali sostenitori della tecnologia erano ottimisti sul fatto che un'impennata della curva fosse imminente.

Infatti, a partire dal 2020, il nuovo report di Gartner collocava la tecnologia blockchain già sulla Slope of Enlightenment. Questo aggiornamento è arrivato dopo che l'indagine annuale di Gartner sui fornitori di servizi blockchain ha rivelato che il 14% dei progetti blockchain aziendali si è spostato in produzione nel 2020, rispetto al 5% del 2019.

Questa crescita percentuale è aumentata nel 2021. La spinta è stata alimentata da tre tendenze chiave. Le ragioni che alimentano questa crescita sono evidenziate di seguito.

- *La prima tendenza evidenziata da Gartner è la maturazione degli asset digitali, incluse le Central Bank Digital Currencies (CBDC).*

Questa tendenza è segnata dall'abbraccio di Bitcoin come una classe di attività e una riserva di valore da un numero crescente di investitori istituzionali. Le autorità monetarie, incluse la Federal Reserve Bank degli Stati Uniti, la People's Bank della Cina e altre, stanno iniziando ad esplorare le tecnologie blockchain o i ledger distribuiti per sviluppare una forma digitale di denaro fiat da utilizzare nei pagamenti. Questa tendenza confina anche con la crescita della finanza decentralizzata e l'emergere di una nuova serie di prodotti e di servizi finanziari, automatizzati attraverso contratti intelligenti.

- *La seconda tendenza consiste nell'uso crescente delle tecnologie blockchain nell'industria della supply chain.*

Poiché l'industria globale della supply chain è diventata più sensibile alle tematiche che riguardano i modelli di standard ambientali, sociali e di governance aziendale (ESG), la necessità di comprovare queste posizioni dipende dai dati. Questi dati devono essere presentati in modo trasparente e affidabile, dando alla tecnologia blockchain il caso d'uso giusto per questo compito.

- *La terza tendenza che ha spinto blockchain in alto è l'ascesa dei Blockchain Middleware Abstraction Layers.*

Questi sono strumenti di piattaforme che risolvono il problema di colmare il divario tra le piattaforme blockchain e i dati aziendali del mondo reale. Chainlink è uno di questi protocolli con caratteristiche di interoperabilità tra diversi protocolli sia on-chain che off-chain.

Gartner prevede una crescita del numero di questi protocolli man mano che la blockchain accelera la curva di adozione mainstream.

Nel 2021, uno studio di Avivah Litan, analista VP di Gartner, ha chiarito che l'IoT spingerà gli usi della blockchain al livello successivo. Gli adottanti dell'IoT hanno bisogno di applicazioni decentralizzate per via delle caratteristiche dei loro modelli di business. Il fatto che anche le grandi aziende tecnologiche come Amazon, Google e Apple stiano lavorando sugli sviluppi della

blockchain mette tutti i buoni ICO di fronte al fatto che anche loro devono affrontare questa nuova tecnologia.

Il 2021, in particolare, è stato un anno di particolare importanza per la diffusione della blockchain, con una concorrenza crescente e con l'introduzione di nuovi protocolli che cercavano di superare quelli esistenti. Secondo il Gartner blockchain hype cycle, la tecnologia è attualmente classificata nel Slope of Enlightenment, il che implica che più imprese, regolatori e investitori stanno iniziando a comprendere la potenzialità della tecnologia. La massiccia riscoperta della tecnologia blockchain suggerisce che si sta per superare la fase della Slope of Enlightenment. Ad oggi, l'innovazione tecnologica della blockchain è in procinto di risalire la curva verso il Plateau of Productivity del ciclo hype di Gartner.

Alcune delle tendenze emergenti che accelereranno l'ascesa della tecnologia al Plateau della Produttività, secondo Gartner, sono il suo potenziale utilizzo nell'assistenza sanitaria per il tracciamento dei vaccini Coldchain, nella medicina personalizzata, per il raggiungimento di benefici sociali, tra cui la pratica di condurre elezioni democratiche attraverso sistemi di voto basati su blockchain e prevenzione delle fake news attraverso l'autenticazione dei dati.

L'ecosistema blockchain è dinamico e la scalabilità è in aumento. In base alle dinamiche del mercato, queste considerazioni richiederanno sicuramente un aggiornamento nei prossimi mesi o anni.

La tecnologia Blockchain è una tecnologia relativamente nuova che sta crescendo rapidamente. La tecnologia sta viaggiando verso la maturità, poiché la sua funzionalità e unicità stanno diventando uno strumento per migliorare la produttività aziendale. Ci sono tendenze emergenti che contribuiscono alla crescita dell'industria blockchain, e altre sono destinate ad emergere nel lungo termine, mentre gli inventori cercano di sfruttare la capacità della rete per risolvere i problemi del mondo reale. Blockchain ha già superato il chasm, nella sua potenziale spinta alla crescita, e si può iniziare a intravedere l'aumento del numero di aziende mainstream che la incorporeranno nel loro business

9. Analisi delle performance

Le tecnologie Blockchain e, più in generale le distributed ledger, sono diventate sempre più popolari e diffuse negli ultimi anni. Dopo l'hype iniziale sulla tecnologia e molti casi d'uso legati alle criptovalute, la tecnologia inizia gradualmente a farsi strada in altri domini come la tracciabilità degli alimenti e la gestione dei documenti. Al fine di contribuire ulteriormente alla ricerca sui potenziali utilizzi di questa tecnologia, è necessario effettuare valutazioni più dettagliate delle prestazioni. In questo paragrafo, si esamineranno le opportunità e le debolezze che connotano la tecnologia blockchain e, per comprenderle, saranno indicati alcuni dei principali KPI di tale tecnologia relativamente ai suoi principali casi d'uso, come supply chain, logistica e criptovalute.

9.1. Analisi SWOT

Servendosi del modello di analisi SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, e Threats) di seguito, si cerca di presentare un prospetto riassuntivo dei principali limiti e benefici della tecnologia Blockchain, individuati grazie alle analisi svolte nei paragrafi precedenti.

Se accettata e incorporata dal governo e dalle aziende di tutto il mondo, la tecnologia blockchain potrebbe facilmente rivoluzionare il modo di gestire e condurre i diversi business aziendali. La gestione della supply chain, i pagamenti e i flussi di entrate cambierebbero completamente. Tuttavia, nulla ha mai solo benefici e nessun lato negativo. Valutare i rischi e i benefici è una parte importante della comprensione di qualsiasi nuova tecnologia.

Tabella 2: Prospetto riassuntivo, analisi SWOT della blockchain

| Strengths | Weaknesses | Opportunities | Threats |
|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Disintermediation• Trasparenza e immutabilità• Costi di transazione più bassi• Tracciabilità• Trasparenza | <ul style="list-style-type: none">• Alti sforzi in termini di energia e capacità di calcolo• Stato normativo incerto• Bassa scalabilità• Problemi di integrazione | <ul style="list-style-type: none">• Automazione• Ottimizzazione dei processi aziendali• Miglioramento dell'esperienza del cliente• Maggiore qualità di prodotti e servizi• Accelerazione dei processi bancari | <ul style="list-style-type: none">• Sono richiesti notevoli investimenti in ricerca e sviluppo• Alti investimenti per le implementazioni• Incertezza sull'impatto |

9.1.1. Strengths and Opportunities

- *Disintermediation*

Il valore di una Blockchain sta anche nel permette ad un database di essere direttamente condiviso senza un amministratore centrale. Quindi, la Blockchain agisce come un meccanismo di consenso per assicurare che i nodi rimangano sincronizzati e che le transazioni possano essere verificate ed elaborate in modo indipendente. In questo modo, gli utenti sono sicuri che le transazioni sono eseguite esattamente secondo i comandi del protocollo.

Se il contenuto di un database è memorizzato nel disco di un particolare sistema informatico gestito da terze parti, anche se si tratta di un'organizzazione affidabile come banche e governi, chiunque abbia accesso a quel sistema può, in qualche modo, corrompere i dati al suo interno. Così le organizzazioni terze, specialmente quelle che controllano importanti database, hanno bisogno di assumere molte persone e progettare molti processi per evitare che il database venga manomesso. Inevitabilmente, senza il complemento della tecnologia blockchain, tutto questo richiede una grande quantità di tempo e denaro

- *Trasparenza e immutabilità*

Le modifiche alle Blockchain pubbliche, essendo visibili a tutti apertamente, creano trasparenza, e tutte le transazioni sono immutabili, il che significa che non possono essere alterate o cancellate. I dati della Blockchain sono completi, coerenti, tempestivi, accurati e ampiamente disponibili. Grazie all'architettura decentralizzata la blockchain non ha un unico point of failure centralizzato e per questo è in grado di resistere meglio agli attacchi malevoli.

- *Costi di transazione più bassi*

Eliminando terze parti, intermediari e costi generali, le Blockchain hanno il potenziale per ridurre notevolmente le commissioni di transazione. Le blockchain possono essere utilizzate per ridurre il costo totale di proprietà. Gli stack Blockchain offrono un'alternativa robusta e verificabile ai tradizionali stack proprietari a una frazione del. La tecnologia Blockchain consente a clienti, depositari e regolatori di avere accesso al proprio sistema di record condiviso in tempo reale. Inoltre, consente di liquidare e regolare le transazioni più velocemente. La tecnologia Blockchain può facilitare la transizione passando da un'elaborazione batch notturna a una infra-giornaliera. Ciò consente anche di creare transazioni elettroniche auto-esecutive, ovvero gli smart contract che, servendosi del linguaggio di programmazione di Blockchain per creare transazioni context aware. Le transazioni sono fatte direttamente tra le due parti senza alcun coinvolgimento di terze parti, quindi avvengono rapidamente. Inoltre, la tecnologia ha la capacità di gestire automaticamente gli smart contract e le azioni commerciali. Pertanto, questo semplifica direttamente ogni processo e riducendo il costo e il tempo dalla transazione.

- *Tracciabilità*

Ogni dettaglio della transazione viene registrato. Questo è particolarmente vantaggioso per le imprese in cui accertare la fonte di dati è necessaria per autenticare i beni. Attualmente, la società Every ledger si serve della tecnologia Blockchain per tracciare i diamanti. Un altro vantaggio per le imprese della tecnologia Blockchain consiste nel ricevere i feedback in maniera più facile e immediata. Poiché la tecnologia ha una tracciabilità completa per tutto il ciclo di vita del bene, i produttori e i progettisti del bene possono facilmente tracciare le diverse fasi del ciclo di progettazione e produzione per renderlo più efficace. I feedback permettono di avere informazioni riguardanti l'installazione, la manutenzione, i ritorni di spedizione e lo smantellamento.

- *Trasparenza*

È uno dei maggiori benefici di Blockchain per le piccole, medie e grandi imprese. Poiché la mancanza di trasparenza finanziaria e commerciale potrebbe portare a cattive relazioni

commerciali e ritardi, al fine di fornire i dettagli della transazione contro il costruito commerciale, la fiducia e la trasparenza devono essere mantenute nel processo per una relazione stabile invece della negoziazione.

Secondo un sondaggio di Greenwich Associates 2016 Blockchain Adoption Study, su una base di 34 rispondenti, i maggior benefici sono:

- Per il 73%, la riduzione del tempo di liquidazione;
- Per il 69%, la riduzione del rischio;
- Per il 57%, la creazione di opportunità di reddito;
- Per il 51%, la riduzione del costo del capitale;

Solo il 2% non vede nessun beneficio derivante dalla tecnologia blockchain.

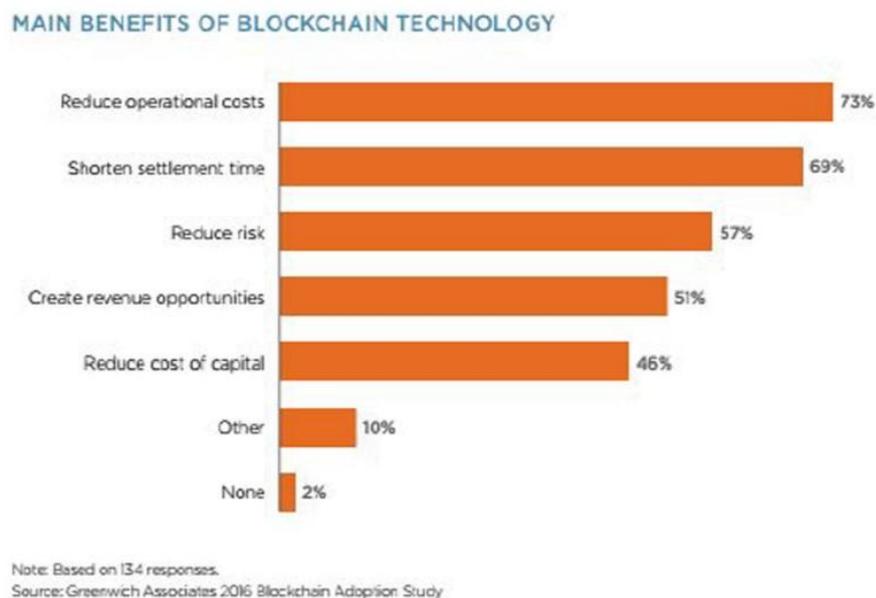


Figura 16: Principali benefici della Blockchain (Greenwich Associates, Blockchain Adoption study)

9.1.2. Weakness e Threats

A causa della natura decentralizzata, la tecnologia blockchain sarà sempre più lenta dei database centralizzati. Quando una transazione viene elaborata, una Blockchain rispetto a un normale database, porta con sé degli oneri aggiuntivi, tra cui:

- *Alti sforzi in termini di energia e capacità di calcolo*

Ogni transazione Blockchain deve essere firmata digitalmente usando uno schema di crittografia, pubblica o privata. Questo è necessario affinché le transazioni si propaghino tra i nodi in modo peer-to-peer, quindi la loro fonte non può essere provata in altro modo. La generazione e la verifica di queste firme è complessa, a livello computazionale. Al contrario, nei database centralizzati, una volta che una connessione è stata stabilita, non è richiesto di verificare individualmente ogni richiesta. Questo può condurre a un problema di ridondanza che non riguarda le prestazioni di un singolo nodo, ma la capacità di calcolo complessiva che

una Blockchain richiede. Mentre i database centralizzati elaborano le transazioni una volta, in una Blockchain devono essere elaborate da ogni nodo della rete. Quindi viene fatto molto più lavoro per lo stesso risultato finale. Inoltre, i miners della rete Bitcoin e Blockchain tentano 450 mila trilioni di soluzioni al secondo nel tentativo di convalidare le transazioni, il che porta a notevoli consumi di energia.

- *Stato normativo incerto*

Le valute digitali moderne sono state poco regolate dai governi nazionali. Blockchain e Bitcoin affrontano un ostacolo nell'adozione diffusa da parte delle istituzioni finanziarie preesistenti proprio perché lo stato di regolamentazione del governo rimane incerto.

- *Problemi di integrazione*

Le applicazioni Blockchain offrono soluzioni che richiedono cambiamenti significativi o sostituzioni complete dei sistemi esistenti. Inoltre, sebbene offrano enormi risparmi in termini di tempo e di costi di transazione, richiedono un alto valore di capitale iniziale che potrebbe essere considerato una barriera all'adozione.

9.2. DLT abstraction layers

Con il maturare della tecnologia, blockchain ha riscosso sempre più attenzione, ma i suoi problemi di performance, ad esempio, basso throughput e alta latenza, sono diventati critici. Per risolvere questi problemi, sono stati proposti molti miglioramenti, dall'ottimizzazione a livello di sistema a nuovi protocolli di consenso efficienti. Tuttavia, tali modifiche alla blockchain devono essere valutate in modo significativo per dimostrare i loro vantaggi in termini di prestazioni.

Blockchain è un particolare tipo di Distributed Ledger Technology. In un qualsiasi libro mastro condiviso in modo distribuito, per aggiungere nuove informazioni, tutti i nodi partecipanti devono legittimare le informazioni che vi transitano. L'algoritmo che regola i parametri di legittimazione delle transazioni è chiamato algoritmo di consenso.

Nel saggio scientifico "BLOCKBENCH: A framework for analyzing private blockchains" (2017), gli autori hanno introdotto un design della blockchain composto da quattro livelli di astrazione, ovvero applicazione, motore di esecuzione, modello di dati e consenso. Invece nel libro guida Oracle blockchain, gli autori hanno definito cinque livelli per visualizzare l'architettura generale della blockchain, tra cui il livello di applicazione e presentazione, il livello di consenso, il livello di rete, il livello di dati e il livello di hardware e infrastruttura. Per descrivere al meglio l'architettura della DLT, ai fini della valutazione delle prestazioni, si analizza un'architettura strutturata secondo il modello di Dinh, ma estendendolo a cinque livelli.

1. Application layer

Questo layer contiene le applicazioni che sono principalmente utilizzate dagli utenti finali. Fino ad oggi, la più popolare è ancora la criptovaluta. Come prima valuta digitale pubblicata, Bitcoin ha controllato la maggior parte del mercato e ha sviluppato molte varianti. Altri esempi sono gli smart contract e tutti gli altri tipi di applicazioni decentralizzate (DApps). Poiché questo livello è incaricato di presentare i risultati finali eseguiti dal sistema ledger distribuito, è

supportato e influenzato da tutti i livelli inferiori. Pertanto, i risultati della valutazione delle prestazioni dell'application layer riflettono le prestazioni complessive dell'intera DLT.

2. Execution layer

L' Execution layer esegue i codici macchina di basso livello (bytecode) in un ambiente runtime ed è installato sui nodi della rete DLT. Ethereum ha il proprio linguaggio macchina e una macchina virtuale (EVM) sviluppata per eseguire il codice dei contratti intelligenti. A differenza della macchina virtuale Java (JVM), l'EVM legge ed esegue una rappresentazione di basso livello dei contratti intelligenti chiamata Ethereum bytecode. I contratti intelligenti sono programmati in un linguaggio dedicato di alto livello chiamato Solidity, che viene prima compilato in bytecode dal compilatore. Il bytecode di Ethereum è un linguaggio assembly composto da più opcode. Ogni opcode esegue determinate azioni sulla blockchain di Ethereum. Al contrario, IOTA non supporta ancora gli smart contract, ad oggi, ma adotta il linguaggio Java come principale linguaggio di sviluppo ed esegue la sua implementazione di riferimento in JVM.

L'ambiente di runtime utilizzato per eseguire i contratti o le transazioni deve essere efficiente. E il risultato dell'esecuzione dovrebbe essere deterministico per evitare l'incertezza e l'inconsistenza delle transazioni su tutti i nodi. Un qualsiasi esito negativo delle transazioni, causato da un'esecuzione incoerente, comporterebbe uno spreco di risorse di calcolo e diminuirebbe ulteriormente le prestazioni. Inoltre, possono avere un impatto sulle prestazioni di esecuzione anche le configurazioni delle risorse hardware, come ad esempio CPU e RAM,

3. Data layer

Nel data layer, sono memorizzati i modelli di transazione, la struttura dei dati, la funzione hash e gli algoritmi di crittografia. I due modelli di transazione più popolari sono: "unspent transaction output" (UTXO) e "account".

Per UTXO, un proprietario completa i trasferimenti di valore firmando una transazione che trasferisce la proprietà dell'UTXO alla chiave pubblica del destinatario. Questo comporta un'ulteriore fase di verifica della proprietà della transazione da parte del mittente.

Il modello basato sull'account è più efficiente in quanto aggiorna atomicamente due conti in una transazione.

Per blockchain, i blocchi che contengono transazioni e stati di esecuzione del contratto sono concatenati insieme in una lista, registrando il risultato hash di un blocco nell'intestazione del blocco successivo. Ethereum e HLF impiegano una struttura dati a due livelli per organizzare il contenuto dei blocchi. Tutti gli stati sono memorizzati in un database key-value e indicizzati in un albero hash. La radice dell'albero hash è contenuta nell'intestazione del blocco. Con un design simile, le DLT sfruttano diverse soluzioni di archiviazione per ogni livello. Oltre ai fattori menzionati sopra, ci sono altri parametri di progettazione del data layer, come le funzioni di hash, algoritmi di crittografia e i parametri sul dimensionamento dei blocchi. Tutti questi fattori possono influenzare le prestazioni di un sistema blockchain.

4. Consensus layer

Il protocollo di consenso è il centro focale di un sistema DLT in quanto stabilisce le regole, imponendole a tutti i nodi con l'intento di raggiungere un accordo, il quale potrebbe essere la

conferma della transazione. Generalmente, ci sono due tipi fondamentali di meccanismi di consenso, che sono i consensi proof-based e quelli vote-based.

Il consenso proof-based più popolare è il proof-of-work (PoW) ed è un consenso ad alta intensità di calcolo. Richiede ai nodi notevoli calcoli computazionali per competere sul diritto di registrazione nel libro mastro. Solo il primo nodo che risolve il calcolo può aggiungere il blocco al libro mastro. Poiché PoW fornisce alta sicurezza, integrità e decentralizzazione in un ambiente non fidato, è molto popolare nelle blockchain pubbliche. Tuttavia, il classico protocollo PoW ha una scarsa efficienza nell'elaborazione delle transazioni. Per affrontare questo problema, sono state proposte molte varianti per mantenere la stessa sicurezza, pur ottenendo una migliore performance.

Il consenso vote-based, invece, è ad alta intensità di comunicazione. A differenza di PoW, le soluzioni vote-based danno sempre un risultato di esecuzione deterministico e di solito raggiungono una performance relativamente alta. Si basano su frequenti transizioni di messaggi tra i diversi ruoli di una rete per garantire che tutti i nodi raggiungano un accordo sull'ordine del blocco. È molto usato nelle blockchain autorizzate.

Ci sono anche alcune DLT ibride che combinano diversi tipi di consenso. Per esempio, Tendermint combina PoS e PBFT, EOS ha un design ibrido che combina PBFT e DPoS. Entrambi mirano a migliorare le prestazioni e la sicurezza. A causa delle proprietà deterministiche, gli algoritmi di consenso basati su BFT hanno un ritardo di transazione molto più basso di PoW. Ma l'alto costo della comunicazione lo rende poco scalabile, specialmente in una grande rete. Pertanto, la progettazione, la valutazione e l'ottimizzazione del consenso nelle DLT rimangono ancora un argomento di ricerca attivo.

5. Network layer

Una rete peer-to-peer (P2P) è il fondamento di un sistema DLT. Si occupa del coordinamento tra i peer, delle transazioni e della propagazione dei blocchi. In una blockchain pubblica sono presenti migliaia di nodi che lavorano insieme per raggiungere il consenso. Nei sistemi blockchain privati, il massimo numero di nodi è poco più di cento. In entrambi i casi, un requisito fondamentale per la rete P2P è quello di fornire velocità e stabilità. Questo livello assicura che tutti i nodi connessi si sincronizzino tra di loro per mantenere lo stato attuale della rete blockchain. In particolare, sia la trasmissione sia la convalida delle transazioni sono completate in questo livello.

Nella rete P2P, ci sono due tipi fondamentali di nodi: nodi full e nodi light. I nodi full si occupano del mining, della convalida delle transazioni e dell'esecuzione delle regole di consenso, mentre i nodi light mantengono solo l'intestazione della blockchain e agiscono come client per emettere transazioni.

Pertanto, il livello di rete è critico, specialmente per le DLT ad alta intensità di comunicazione. La scoperta dei peer e la sincronizzazione del libro mastro dipendono direttamente dal network, cioè la rete, così come la velocità determina l'efficienza.

9.3. Analisi empiriche dei sistemi blockchain

Di seguito, saranno discussi alcuni degli approcci più utilizzati per la valutazione delle prestazioni della blockchain dal punto di vista dell'analisi empirica. In particolare, vengono esaminate e confrontate diverse soluzioni, tra cui il benchmarking, gli esperimenti self-designed e le simulazioni.

Questi approcci sono di solito utilizzati combinatamente per fornire evidenze per la valutazione delle prestazioni della blockchain.

9.3.1. Benchmarking

Il benchmarking delle prestazioni è principalmente il metodo più studiato e documentato per i sistemi cloud e database. Alcuni framework di benchmark, come TPC-C, YCSB e SmallBank, sono ben consolidati e hanno essenzialmente determinato gli standard industriali. Tuttavia, questi framework non possono essere applicati direttamente ai sistemi di benchmark distributed ledger a causa della diversità dei meccanismi di consenso. Poiché sempre più sistemi blockchain emergono cercando di migliorare le prestazioni DTL, diventa imperativo concepire una soluzione per confrontare le diverse piattaforme in modo significativo.

Blockbench è stato il primo framework di benchmark progettato per valutare le blockchain private in termini di metriche di performance su throughput, latenza, scalabilità e fault-tolerance. Attualmente, supporta la misurazione su quattro principali piattaforme di blockchain private, ovvero Ethereum, Parity, HLF e Quorum. Tuttavia, si sostiene possa supportare la valutazione di qualsiasi blockchain privata estendendo di conseguenza il carico di lavoro e degli adattatori della blockchain. Nella progettazione di Blockbench, vengono identificati quattro livelli di astrazione: consenso, data layer, motore di esecuzione e applicazione, dal livello più basso al livello più alto. Nel livello di consenso vengono impostate le regole di accordo sul contenuto del blocco, in modo che possa essere aggiunto alla blockchain. Il data layer definisce la struttura dei dati, il contenuto e le operazioni sui dati della blockchain. Il motore di esecuzione contiene le risorse dell'ambiente di esecuzione come l'EVM e il Docker, che supportano le operazioni di esecuzione dei codici blockchain. Il livello di applicazione include tutti i tipi di applicazioni blockchain come i contratti intelligenti e diversi tipi di DApps. Vale la pena notare che Blockbench adotta e progetta vari carichi di lavoro per testare le prestazioni dei diversi layer. Prima di eseguire un test, nei file di configurazione devono essere predefiniti i carichi di lavoro del benchmark e le informazioni necessarie per interfacciare l'adattatore al sistema in prova.

Durante il test, viene eseguito un monitoraggio per raccogliere informazioni sull'utilizzo delle risorse, ad esempio CPU e RAM, e tutti i client comunicano le loro informazioni di controllo del tasso di transazione a un analizzatore di prestazioni.

DAGbench è un framework dedicato al benchmarking dei ledger distribuiti come IOTA, Nano e Byteball. Gli indicatori attualmente supportati sono il throughput, la latenza, la scalabilità, il consumo di risorse, la dimensione dei dati nelle transazioni e la tariffa delle transazioni. Dal punto di vista della progettazione del sistema, DAGbench condivide lo stesso approccio di Blockbench e Caliper, che adottano un'architettura modulare basata su adattatori. Gli utenti

devono solo scegliere gli adattatori in funzione dei diversi carichi di lavoro e dei diversi tipi di blockchain.

Oltre alla valutazione generale delle metriche di performance, ci sono anche studi che si concentrano su metriche specifiche per particolari tipi di blockchain. Per esempio, OpBench è un altro framework di benchmark atto a valutare se il premio di un miner è proporzionale al tempo di esecuzione della CPU o alla potenza di calcolo consumata per gli smart contract Ethereum.

Il metodo benchmarking richiede come input che l'ambiente di test sia standardizzato e che il carico di lavoro sia ben documentato. Tuttavia, per i sistemi blockchain pubblici, è molto difficile avere il pieno controllo sul carico di lavoro reale dei partecipanti al consenso, il che rende più complicato l'impiego del benchmarking nelle architetture blockchain pubbliche. In termini di valutazione, ci sono due potenziali soluzioni a questo problema.

La prima è quella di costruire una versione privata della rete in fase di test e sfruttare i benchmark esistenti, menzionati precedentemente, per valutare la blockchain sotto carichi di lavoro progettati artificialmente. Questo potrebbe richiedere lo sviluppo di nuovi adattatori sia per il carico di lavoro che per la rete blockchain. Inoltre, la versione privata testata potrebbe incontrare problemi di scalabilità quando viene implementata pubblicamente. Pertanto, il risultato testato potrebbe mostrare valori delle metriche di performance migliori rispetto alla rete pubblica reale. La seconda soluzione è quella di monitorare e valutare le prestazioni del sistema pubblico dal vivo sotto un carico di lavoro realistico.

9.3.2. Self-Designed Experiments

Un altro metodo di valutazione delle prestazioni DLT può essere quello empirico basato sul Design of Experiment, anche detto DOE. Anche se l'analisi empirica difficilmente può fornire risultati di test standardizzati, come il benchmarking, questo approccio è molto flessibile nella parametrizzazione. Può essere usato per identificare potenziali colli di bottiglia e aprire la strada a ulteriori miglioramenti delle prestazioni.

Gli approcci basati sugli esperimenti self-designed sono stati ampiamente impiegati per valutare i sistemi ledger distribuiti come Hyperledger, Ethereum e DAG-based ledger. Varie piattaforme blockchain private possono essere confrontate con diverse versioni di una certa blockchain, per valutare le prestazioni, eseguendo test in un ambiente di prova ben controllato. Per esempio alcuni studi hanno esaminato le prestazioni di diversi algoritmi di crittografia e hash.

L'approccio sperimentale spesso viene adottato in combinazione con il modello di benchmarking. In questa combinazione, il benchmarking permette di configurare diversi parametri di transazione e chaincode per comprendere come impattano la latenza delle transazioni e il throughput, sotto microcarichi di lavoro.

Uno studio sperimentale di IBM, condotto da E. Androulaki, si è concentrato su una blockchain privata, HLF, per analizzare l'impatto che le dimensioni del blocco, della CPU e del disco SSD hanno in termini di latenza, throughput e scalabilità di rete nella blockchain. I risultati mostrano che HLF raggiunge un throughput end-to-end di 3500 TPS (Transaction per second), con una

latenza di poche centinaia di millisecondi, in una rete costituita da 100 peer. Inoltre, i risultati hanno rivelato che un evidente ritardo di rete (3.5s) porta 134 secondi di offset dopo il centesimo blocco tra due cloud, il che indica che la versione testata non può fornire sufficienti garanzie di coerenza. Pertanto, HLF non può essere utilizzato in ambienti critici come le banche o il commercio.

Le metriche di performance esaminate includono:

- la consistenza, cioè se la performance della piattaforma si comporta in modo coerente ogni volta con lo stesso carico di lavoro e la stessa configurazione di VM cloud;
- la stabilità, cioè se la performance della piattaforma rimane stabile con lo stesso carico di lavoro, ma diverse configurazioni di VM cloud;
- come le performance della piattaforma raggiungono la scalabilità con diversi carichi di lavoro e parametri di configurazione.

9.3.2.1. Analisi comparativa

L'analisi basata sugli esperimenti self-designed può anche essere applicata a scopo comparativo. Prima di sviluppare un'applicazione abilitata alla blockchain, i decisori dovrebbero valutare l'idoneità dell'implementazione della blockchain. Quindi, un'analisi comparativa delle prestazioni è spesso necessaria per selezionare una piattaforma blockchain che funzioni bene nell'ambiente applicativo di destinazione.

Di seguito viene fornito un esempio di analisi comparativa delle prestazioni su tre blockchain private mainstream, ovvero Ethereum, Parity e HLF.

I risultati di quest'analisi, condotta durante lo sviluppo del framework Blockbench, sono i seguenti:

- HLF ha prestazioni costantemente migliori di Ethereum e Parity in tutti i benchmark, in termini di throughput e latenza, ma non riesce a scalare fino a più di 16 nodi;
- per HLF ed Ethereum, i protocolli di consenso sono identificati come principali colli di bottiglia, mentre per Parity un collo di bottiglia è la verifica delle firme delle transazioni.

A causa della mancanza di standard di interfaccia, la valutazione comparativa tra diverse blockchain, spesso, risulta essere non appropriata. Per superare questo problema, è stato progettato un carico di lavoro generico, che esegue le stesse funzioni su diverse interfacce blockchain, per valutare comparativamente tre importanti piattaforme blockchain consorziali, ovvero:

- HLF v0.6 con il consenso PBFT;
- HLF v1.0 con il consenso Byzantine faulttolerant state machine replication (BFT-SMaRt);
- Ripple con il consenso Ripple.

I risultati hanno confermato che le blockchain valutate potrebbero offrire un throughput ragionevole ma con una scalabilità molto limitata.

L'analisi comparativa può anche essere condotta sugli algoritmi di consenso di diverse blockchain. Per esempio, Y. Hao, Y. Li, X. Dong, L. Fang, e P. Chen, nel documento "Performance

analysis of consensus algorithm in private blockchain,” (2018), hanno confrontato le prestazioni tra Hyperledger (PBFT) e Ethereum privato (PoW) attraverso il confronto di quattro moduli: modulo di configurazione del carico di lavoro, modulo di consenso smart contract, modulo del collettore di dati e il modulo di destinazione delle piattaforme blockchain. I risultati della valutazione mostrano che HLF supera costantemente Ethereum in termini di throughput medio (TPS) e latenza. Questo studio evidenzia anche che il meccanismo di consenso induce il collo di bottiglia delle prestazioni nelle blockchain private. Un altro esempio è l'analisi delle prestazioni condotta comparando PoW e la Proof-of-Collatz Conjecture (PCC). Gli autori hanno valutato questi due algoritmi di consenso per quanto riguarda il tempo di esecuzione, il tempo di distribuzione e la latenza su una rete blockchain privata. I risultati dell'esperimento dimostrano che la blockchain basata su PCC supera costantemente la blockchain basata su PoW su tutte le metriche testate e raggiunge costantemente una velocità di esecuzione 1000 volte maggiore di quella PoW.

Tutte le soluzioni di valutazione menzionate precedentemente, cioè benchmarking e self-designed experiment, solitamente, sono costose da implementare, sia in termini di tempo che in termini di risorse per costruire una vera rete blockchain per i test. Questo porta ad esaminare un altro approccio di valutazione, cioè la simulazione.

9.3.3. Simulazione

Un simulatore di blockchain può imitare i comportamenti dei nodi della rete per raggiungere il consenso, fornendo prestazioni simili ad un sistema reale. Inoltre, un simulatore di blockchain di solito fornisce un modo conveniente per gli utenti di sintonizzare i parametri del sistema per eseguire il confronto.

M. Alharby e A. van Moorsel hanno proposto e implementato un framework chiamato BlockSim per costruire modelli di sistema dinamici ad eventi discreti per i sistemi blockchain basati su PoW. Questo framework è stato organizzato in tre livelli: livello di incentivo, livello del connettore e livello di sistema. Usando lo strumento di simulazione proposto, gli autori hanno esplorato le prestazioni di creazione dei blocchi sotto l'algoritmo di consenso PoW. I risultati della simulazione sono stati confrontati con quelli di sistemi reali, come Bitcoin ed Ethereum, per mostrare la fattibilità di questo approccio. È emerso che l'applicabilità di questo approccio è ancora limitata. Per questo motivo, successivamente, il framework è stato aggiornato come strumento di simulazione open-source per simulare i sistemi blockchain privati. Questo strumento è progettato per valutare la stabilità del sistema e il throughput (TPS) delle transazioni per le reti blockchain private attraverso l'esecuzione di scenari ipotetici, e quindi decidere i parametri di sistema ottimali. I risultati del confronto tra BlockSIM e una rete privata che esegue il consenso PoW mostrano che BlockSIM può essere usato più efficacemente.

9.4. Confronto tra le diverse soluzioni empiriche

Nei paragrafi precedenti, sono stati introdotti alcuni dei principali metodi utilizzati per la valutazione empirica delle prestazioni. Di seguito, si esaminano, comparativamente, i vantaggi e gli svantaggi delle suddette soluzioni. Questo confronto si basa sia sulle caratteristiche generali dei singoli approcci sia sulla loro idoneità a valutare diversi tipi di blockchain. Gli elementi confrontati sono divisi in due categorie: requisiti della soluzione ed efficienza della

soluzione. I requisiti della soluzione descrivono le specifiche di rete per valutare i sistemi blockchain in termini di nodo, rete e carico di lavoro. L'efficienza della soluzione fornisce tre dimensioni, cioè parametrizzazione, estensibilità e difficoltà, per confrontare l'efficienza e l'efficacia delle diverse soluzioni.

Il monitoraggio delle prestazioni di un sistema blockchain richiede una distribuzione realistica del sistema in produzione con carichi di lavoro reali. Anche se questo approccio può essere utilizzato per valutare una blockchain privata in un setup sperimentale, è più adatto per valutare la blockchain pubblica se confrontato con il benchmarking. Nel contesto della valutazione di una blockchain pubblica, è più difficile adottare un'analisi sperimentale perché è difficile cambiare qualsiasi parametro in un contesto dove sono eseguiti test multipli.

Il benchmarking richiede un ambiente di valutazione ben controllato, con una rete di test e carichi di lavoro artificiali. Una volta selezionato uno strumento di benchmark, i carichi di lavoro supportati e le metriche di test sono limitati, così come i parametri che possono essere preimpostati. Per esempio, Blockbench non supporta la regolazione dei parametri del network layer.

L'analisi sperimentale si riferisce alla soluzione di valutazione basata su esperimenti self-designed. Questa è una soluzione molto simile al benchmarking, ma differente in due aspetti principali. In primo luogo, la modellizzazione degli esperimenti self-designed dà più flessibilità nella valutazione dei fattori di impatto, fornendo un'alta capacità di parametrizzazione. Per esempio, l'impatto del ritardo di rete sulle prestazioni HLF può essere valutato in un esperimento self-designed, cosa che non è supportata dal benchmarking. In secondo luogo, il test è solitamente dedicato a una specifica blockchain e non è standardizzato come il benchmarking, il che limita l'estensibilità.

Le simulazioni hanno una difficoltà relativamente maggiore nella fase di progettazione e sviluppo del simulatore. Ma, una volta completato, il simulatore di solito fornisce una serie di vantaggi rispetto ad altri approcci. La soluzione di simulazione è molto estensibile e può essere utilizzata per testare rapidamente diversi parametri di configurazione, per di più a basso costo. Un altro vantaggio della simulazione è che non richiede la disponibilità della blockchain. Tuttavia, per quanto riguarda i risultati della valutazione, ci può essere una differenza relativamente grande tra la simulazione e l'esperimento, che induce preoccupazioni circa la precisione di questa soluzione. Inoltre, alcune metriche non possono essere valutate nei simulatori, come il numero di transazioni elaborate per CPU, il TPS di memoria e le transazioni per dati di rete per un sistema blockchain.

9.5. Indicatori di performance

Sono stati descritti i principali metodi empirici per la valutazione delle prestazioni blockchain. Di seguito sono elencati alcuni indicatori di performance applicabili al contesto della tecnologia blockchain. Questo per comprendere anche quali sono gli elementi che in una rete blockchain contribuiscono direttamente al raggiungimento degli obiettivi di performance.

Tra i fattori determinanti in un'analisi delle performance c'è da considerare:

- *Numero di utenti attivi*

Il numero di utenti attivi, ovvero il numero di utenti che eseguono transazioni su un qualsiasi sistema basato sulla tecnologia blockchain, è una misura proporzionale dell'interesse degli investitori una blockchain.

- *Transazioni per secondo TPS*

Nella blockchain, le transazioni al secondo (TPS) sono il numero di transazioni che una rete blockchain può elaborare o eseguire ogni secondo. Questa misura è usata soprattutto nell'ambito delle criptovalute.

L'attività della blockchain, relativamente ai Bitcoin, è in ascesa poiché il numero giornaliero di transazioni Bitcoin è in costante aumento nell'ultimo anno. Il numero giornaliero di transazioni Bitcoin confermate ha raggiunto quasi 400.000.

Allo stesso modo il numero di transazioni per blocco è stato in costante aumento nell'ultimo anno. Ad oggi, ogni blocco della blockchain di Bitcoin può elaborare circa 2500 transazioni. In particolare, le transazioni al secondo ad oggi è di 3-4 TPS.

- *Valore di mercato sul valore realizzato (MVRV)*

Come suggerisce il nome, il rapporto MVRV si ottiene dalla divisione del valore di mercato per il valore realizzato. Un'altra estensione utile è il MVRV-z che traccia la distanza z-score tra il valore di mercato e il valore realizzato.

- *Rapporto NVT*

Il Network Value descrive il valore totale di mercato di tutti i token BTC attualmente in circolazione. D'altra parte, il valore di transazione fornisce una stima dell'attività di transazione on-chain tratta dalla blockchain e dai validatori dei blocchi.

L' NVT calcola il rapporto tra il valore di una transazione blockchain e il valore totale della rete. Per esempio, nell'ambito delle monete digitale un basso valore NVT indica, che una criptovaluta contribuisce minimamente sul valore totale delle transazioni on-chain. Il rapporto NVT ha un picco quando il valore dell'asset è effettivamente maggiore dell'utilizzo del mercato.

Un modo semplice per calcolare il rapporto NVT è quello di dividere il market cap per il volume trasmesso dalla blockchain valutata.

- *Hash Rate*

L'hash rate è definito come la velocità con cui il miner risolve il codice per aggiungere nuovi blocchi alla rete. Più alto è l'hash rate, più alta è l'opportunità per un blocco di ricevere la commissione per la convalida del blocco stesso.

10. Conclusioni

Al termine di questo lavoro di tesi, dopo aver cercato di esplorare tutti gli ambiti attinenti alla digitalizzazione delle aziende moderne, che hanno portato a concentrarsi su una delle tecnologie più innovative del 21° secolo, è opportuno trarre le opportune considerazioni e citare, di conseguenza quelli che potrebbero essere alcuni dei possibili scenari futuri, a cui la blockchain può condurre.

Negli ultimi anni, una proliferazione di ricerche, progetti e discussioni riguardanti la tecnologia distributed ledger ha attirato sempre più l'attenzione di ricercatori e professionisti.

Le operazioni dei business tradizionali si basano generalmente su un'autorità centralizzata, per promuovere la fiducia tra i partecipanti. Tuttavia, questi tipi di sistemi sono spesso il bersaglio di attacchi, malfunzionamenti e alterazioni artificiali. L'emergere della tecnologia blockchain può portare ad una riformulazione della progettazione delle operazioni commerciali in virtù delle sue caratteristiche distribuite e decentralizzate.

In un'ottica di lungo periodo, la tecnologia blockchain ha il grande potenziale di trasformare i modelli di business. Ad oggi, è da ritenersi più come una tecnologia di base che potrebbe creare nuove tecnologie e nuove fondamenta per l'economia mondiale e i paradigmi sociali.

Il lavoro futuro deve affrontare diverse questioni tecniche legate alla blockchain, come il throughput, la sicurezza, la scalabilità e l'interoperabilità. Sforzi simili sono limitati e lo studio quantitativo riguardante questi argomenti è ancora in fase embrionale. La comunità scientifica ritiene che debba essere svolto più lavoro di ricerca per far avanzare la diffusione della tecnologia blockchain ed esplorare tutte le sue possibili implicazioni sia a livello economico che sociale.

Le aree promettenti per le applicazioni della blockchain e la ricerca includono la logistica, il settore medico, assicurativo e settori pubblici in generale. Anche se in questo momento non è chiaro se la blockchain sia una soluzione eccessivamente enfatizzata alla ricerca dei problemi che potrebbe risolvere, il suo potenziale è certamente illimitato.

La blockchain non sostituirà le tecnologie esistenti della supply chain, ma le sue caratteristiche di sicurezza, così come l'automatizzazione delle transazioni, la pongono come un importante strumento a supporto delle reti di fornitura. Indipendentemente dalle sue debolezze e minacce, la blockchain cambia significativamente il modo di reperire e gestire le informazioni e i flussi finanziari, che sono di supporto ai flussi di materiale, permettendone l'ottimizzazione attraverso la diminuzione dei costi e l'aumento della soddisfazione del cliente.

Il miglioramento degli algoritmi di consenso esistenti è la chiave per gli sviluppi futuri della blockchain. La crittografia potrebbe migliorare sostanzialmente la comunicazione tra gli elementi della supply chain, fornendo prove di sicurezza. Inoltre, i protocolli blockchain garantiscono che i dati comunicati siano veri e legittimi, anche se le informazioni sul mittente, il destinatario, e altri dettagli della transazione, rimangono riservati e nascosti. L'incorporazione significativa di questi protocolli all'interno delle reti di fornitura potrebbe spingerle ad un livello sostanzialmente superiore.

L'uso della blockchain promette di portare significativi miglioramenti nell'ambito delle operazioni di supply chain, delle transazioni finanziarie e dei beni contabili. Nei paragrafi precedenti si è detto che ad oggi la tendenza è quella di integrarla ai principali sistemi informatici gestionali piuttosto che impiegarla autonomamente. L'introduzione di protocolli normativi specifici potrebbe incentivare le aziende ad un uso esclusivo, e non integrativo, di nuovi metodi blockchain based. La tecnologia blockchain potrebbe portare alla rottura di paradigmi, radicati in molte delle attuali corporazioni e istituzioni globali che però hanno un forte interesse nel preservare gerarchie prestabilite.

11. Sitografia

Contesto

- Audit - Wikipedia
- <https://live.atlas.ey.com/#search/query=walkthrough?pref=20052/9/1007&crumb=10>

Classificazione dei Sistemi informativi

- Differenza tra sistemi TPS, MIS, DSS e ESS in informatica | Informatica e Ingegneria Online (vitolavecchia.altervista.org)
- information system | Definition, Examples, & Facts | Britannica
- Supporti alle decisioni (DSS, ESS, EIS) – Umberto Santucci
- Sistemi Informativi e Sistemi ERP - ppt video online scaricare (slideplayer.it)
- all604561.pdf
- Vol2667Romane.p65 (larevisionelegale.it)
- Attività strutturate e non: La mappa dei sistemi informativi aziendali - PMI.it
- Sistemi Informativi integrati e processi aziendali (unife.it)

Evoluzione dei sistemi ERP

- Interoperabilità_dei_sistemi_informativi_aziendali.pdf (unibo.it)
- L'EVOLUZIONE DEL SISTEMA INFORMATIVO AZIENDALE VERSO LA REAL TIME ENT... (slideshare.net)
- Le fasi del ciclo di vita del sistema informativo aziendale | Informatica e Ingegneria Online (vitolavecchia.altervista.org)
- Gestione delle informazioni con il sistema informativo aziendale | Informatica e Ingegneria Online (vitolavecchia.altervista.org)
- Dagli anni 60 ad oggi: evoluzione dei sistemi ERP (saep.it)
- Limiti ed evoluzione dei sistemi di controllo tradizionali | slideum.com
- Modulo Archiviazione Ciclo Attivo e Passivo - DDM (ddmsolutions.it)
- Ciclo passivo: criticità e benefici per le aziende - Indicom srl

Cicli aziendali

- Il ciclo attivo nella gestione documentale aziendale (bucap.it)
- Ciclo attivo e ciclo passivo: le differenze, e le opportunità della digitalizzazione: <https://www.bucap.it/news/approfondimenti-tematici/digitalizzazione-documenti/ciclo-attivo-ciclo-passivo.htm>
- Gestione del ciclo attivo: perchè è così importante? • Elliot
- <https://www.technisblu.it/it/ciclo-passivo-sap/>
- Gestione del Ciclo Attivo e del Ciclo Passivo aziendale (taleaconsulting.it)
- Ciclo attivo e passivo di un azienda | Tribuno del Popolo

Trasformazione digitale

- <https://www.prologis.com/what-we-do/resources/blockchain-in-warehouse-operations>
- <https://articles.cyzer.com/blockchain-in-the-warehouse>
- <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MSRA-10-2020-0028/full/pdf>
- <https://aws.amazon.com/blockchain/decentralization-in-blockchain/>
- <https://phemex.com/academy/blockchain-validator-process>
- <https://learn.bybit.com/blockchain/what-is-hashing-in-blockchain/>
- <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/11/08/blockchain-in-supply-chain/?sh=3527280f4e1a>
- <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9047881>
- <https://www.ibm.com/blockchain/supply-chain: Studio commissionato da Forrester Consulting per conto di IBM, luglio 2020>
- <https://www.ibm.com/downloads/cas/APGWOG5A>
- <https://arxiv.org/pdf/1712.03659.pdf>

Innovazione e blockchain

- <https://kpimemo.wordpress.com/2021/03/05/blockchain-explained/>
- <https://imiblockchain.com/gartner-blockchain-hype-cycle/>
- <https://medium.com/tozex/application-of-the-diffusion-of-innovation-theory-to-blockchain-technology-b4d9535507fa>
- <https://www.ilsole24ore.com/art/la-blockchain-cresce-prospettiva-web-decentralizzato-AE4wRl8>
- <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2020/04/the-future-of-blockchain/>

Analisi delle performance

- La tecnologia come una delle 4 dimensioni dei modelli operativi aziendali – Il Giornale delle PMI
- <https://blocking.net/26717/analysis-3-key-indicators-to-measure-the-performance-of-the-blockchain-network/>
- https://www.researchgate.net/profile/Irfan-Haq-6/publication/332228542_Blockchain_and_IoT_Based_Disruption_in_Logistics/links/5cad9b5fa6fdccfa0e7de7c6/Blockchain-and-IoT-Based-Disruption-in-Logistics.pdf
- <https://hackernoon.com/how-to-measure-blockchain-network-performance-key-metrics-en1234u4>
- <http://pdf.xuebalib.com:1262/2atj0JrIKMSx.pdf>
- <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2021/11/08/blockchain-in-supply-chain/?sh=3527280f4e1a>
- <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9129732>