

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale L-31



Tesi di laurea magistrale:

APPLICAZIONI DELL'ARTIFICIAL INTELLIGENCE E DEL MACHINE LEARNING ALLA SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: ANALISI DEI VANTAGGI E DEGLI SVANTAGGI

Relatrice:

Prof.ssa Anna Corinna
Cagliano

Correlatore:

Prof. Luigi Benfratello

Studente:

Silvia Testa
Matr. 291907

Anno Accademico 2023/2024

Applicazioni dell'Artificial Intelligence e del Machine Learning alla Supply Chain
Management: analisi dei vantaggi e degli svantaggi

Indice dei contenuti

Indice dei contenuti	3
Indice delle figure	Errore. Il segnalibro non è definito.
Introduzione	9
Capitolo 1. Fondamenti teorici	11
1.1 Contestualizzazione del Supply Chain Management: definizione e importanza del supply chain management con alcuni esempi di casi concreti	11
1.1.1 Analisi del modello SCOR	16
1.2 Concetti chiave dell'intelligenza artificiale: evoluzione dell'intelligenza artificiale e breve panoramica della storia e delle applicazioni attuali dell'AI	20
1.2.1 Concetti chiave del Machine Learning	26
1.2.2 Concetti chiave del Large Language Model – Generative AI	32
2.1 Interazione tra AI e Supply Chain Management: analisi delle opportunità e sfide dell'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi di gestione della catena di approvvigionamento	37
2.2 Principali applicazioni dell'Artificial Intelligence (AI)	40
2.4 Applicazioni dell'Artificial Intelligence nella Supply Chain Management: focus su tre tipologie di aziende	51
2.4.1 RETAIL: ruolo dell'AI nella previsione accurata della domanda e nella gestione degli stock e automazione del servizio clienti	52
2.4.2 FINANCE: prevenzione delle frodi, processi automatizzati, previsione del tasso di cambio della valuta estera, recupero del credito	58
2.4.3 MANUFACTURING: utilizzo di tecnologie intelligenti per automatizzare i lavori ripetitivi e complessi per gli esseri umani, manutenzione predittiva e sistemi di controllo qualità	62
Capitolo 3. Impatto dell'AI sulla Supply Chain: analisi della diffusione, delle barriere all'implementazione e dei vantaggi	71

3.1 Impatto dell'AI nella Supply Chain delle aziende: livello di diffusione, percentuali di crescita	71
3.1.1 Diffusione dell'AI in Italia: alcuni esempi nel contesto nazionale	72
3.1.2 Impatto sui lavoratori	76
3.2 Principali sfide e barriere all'implementazione che le aziende incontrano nella diffusione dell'intelligenza artificiale nella propria Supply Chain	78
3.3 Benefici e vantaggi: discussione sui miglioramenti quantificabili e benefici ottenuti attraverso l'implementazione dell'AI	85
Conclusioni e prospettive future	88
Bibliografia e sitografia:	90
Bibliografia e articoli accademici consultati:	90
Sitografia:	93

Indice delle figure

Figura 1. Supply chain Stage	12
Figura 2. Processi operativi e di configurazione nel modello SCOR	17
Figura 3. Lo sviluppo dell'intelligenza artificiale	24
Figura 4. Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning	27
Figura 5. I differenti strati del Deep Learning: Simple Neural Network vs Deep Learning Neural Network.	29
Figura 6. Sistema di apprendimento di un algoritmo di Machine Learning	30
Figura 7. Categorie di Machine Learning	31
Figura 8. Evoluzione dell'LLM da sistemi con un minor numero di parametri a sistemi molto sofisticati.	35
Figura 9. Relazione tra NLP, AI e ML	41
Figura 10. Modello di rete neurale	54
Figura 11. Struttura dell'albero decisionale.....	55
Figura 12. Rappresentazione grafica delle unità di robot vendute nei diversi settori- elaborazione grafica sulla base dei dati di IRF 2020, con proiezione dei dati fino al 2023	64
Figura 13. Dimensioni del mercato della manutenzione predittiva a livello mondiale nel 2020-2021 con previsione fino al 2030	66
Figura 14. Tre settori nell'ambito manufacturing che stanno sviluppando tecnologie con sistemi di intelligenza artificiale (fonte: Cloud Google).....	69
Figura 15. Livello di adozione dell'AI nelle piccole, medie e grandi imprese.....	72
Figura 16. Dati sull'avvio di progetti di intelligenza artificiale, suddivisi in organizzazioni di medie e grandi dimensioni.	72
Figura 17. Mercato dell'AI dal 2018 ad oggi	73
Figura 18. Diffusione dell'intelligenza artificiale nei processi produttivi in base all'area geografica (fonte Cloud Google).....	75
Figura 19. The economic benefits of ai increase with experience	80
Figura 20. Le principali sfide nell'implementazione dell'artificial intelligence	80

Figura 21. There are 3 major roadblocks to adopting AI..... 81
Figura 22. Principali barriere all'implementazione delle soluzioni di AI..... 83

Abstract

L'obiettivo della seguente tesi è quello di analizzare l'impatto dell'intelligenza artificiale (AI) e del Machine Learning (ML) nella Supply Chain Management, al fine di definire i vantaggi e gli svantaggi di tali implicazioni nel contesto aziendale.

Nello specifico, dopo aver fornito gli strumenti teorici per comprendere la trattazione, è stata svolta un'analisi delle applicazioni principali dell'intelligenza artificiale nella Supply Chain, con lo scopo di capire l'impatto delle nuove tecnologie innovative nelle varie fasi della catena di fornitura. Lo studio è stato effettuato considerando ciascuna fase della catena di distribuzione ed analizzando l'impatto che negli ultimi anni si è verificato o eventuali risultati attesi dalle aziende, prendendo come modello di riferimento lo standard internazionale SCOR, Supply Chain Operations Reference.

Dopo aver considerato l'interazione tra Artificial Intelligence e Supply Chain Management, nel corso della trattazione è stato deciso di focalizzare l'attenzione sull'impatto delle applicazioni in alcuni contesti aziendali, quali, retail, finance, e manufacturing, con l'obiettivo di evidenziare l'utilizzo delle innovazioni per apportare valore aggiunto alla propria organizzazione. Nel corso della trattazione sono anche state effettuate delle analisi rispetto a particolari contesti aziendali che hanno deciso di implementare i propri sistemi utilizzando l'intelligenza artificiale a proprio vantaggio in termini di produzione, o a vantaggio del cliente o dell'ambiente.

In aggiunta, è stata effettuata un'analisi relativa alla diffusione nel contesto nazionale, paragonandolo a quello mondiale, per capire come le aziende si stanno muovendo rispetto alle tecnologie emergenti. Nello specifico è stato analizzato l'impatto negli ultimi anni, sulle piccole e medie imprese e sulle grandi imprese per definire quanto abbiano già investito e quali siano le prospettive future. Inoltre, è stato analizzato l'impatto sul lavoratore per capire come siano cambiate, nel corso degli ultimi anni, le competenze richieste, per svolgere il lavoro in contesto aziendale.

Infine, sono stati analizzati gli svantaggi e i vantaggi dell'introduzione dell'intelligenza artificiale considerando le barriere all'implementazione e le sfide che le aziende stanno affrontando nel corso degli ultimi anni, nonché i benefici che sono stati osservati e quelli che si potrebbero ottenere guardando al futuro.

Introduzione

L'Artificial Intelligence (AI) e il Machine Learning (ML) hanno rivoluzionato numerosi settori dell'industria e della ricerca, con un impatto significativo anche sulla gestione della Supply Chain. In un mondo sempre più interconnesso e competitivo, le aziende cercano costantemente di ottimizzare le loro operazioni e migliorare l'efficienza della catena di approvvigionamento per rimanere competitive sul mercato. In questo contesto, l'adozione di tecnologie avanzate come l'AI e il ML offre nuove opportunità e sfide per le aziende che desiderano ottimizzare le proprie operazioni.

L'obiettivo di questa tesi è quello di analizzare l'impatto dell'Intelligenza Artificiale e del Machine Learning sulla Supply Chain Management, focalizzandosi sull'identificazione dei vantaggi e degli svantaggi di tali tecnologie nel contesto aziendale. Partendo da una panoramica teorica delle principali nozioni di Supply Chain Management e dei concetti chiave relativi all'IA e al ML, questa ricerca esplorerà l'applicazione pratica di queste tecnologie nelle diverse fasi della catena di fornitura.

Nel primo capitolo, infatti è stato effettuato uno studio dei fondamenti teorici introduttivi, quali la Supply Chain e la gestione di quest'ultima e uno studio prettamente teorico dell'Intelligenza Artificiale, considerandone i due sottogruppi Machine Learning e Large Language Model (Generative AI). Rispetto ad entrambi i macro-concetti è stata svolto uno studio teorico a partire dalla nascita del termine e dalla diffusione, ponendo l'attenzione sui primi sviluppi, fino ad arrivare all'introduzione di essi nel contesto aziendale.

Nel secondo capitolo, invece, è stato effettuato uno studio relativo all'integrazione dell'AI all'interno della Supply Chain Management, delineando i contesti in cui le nuove tecnologie sono state introdotte. Nello specifico dopo aver definito in linea generale l'impatto dell'AI nei vari stage della catena di fornitura sono presi in considerazione tre contesti aziendali differenti, nei quali l'AI può essere utilizzato. Nello specifico il focus è stato posto su Retail, Finance e Manufacturing andando ad analizzare i vantaggi relativi all'utilizzo delle nuove tecnologie basate sull'AI. In

riferimento a quest'ultimo aspetto, nel primo caso è stata posta particolare attenzione sulla previsione della domanda; nel secondo caso sulla previsione delle frodi e nel terzo caso sul controllo qualità.

Infine, nel terzo capitolo, è stata condotta una trattazione relativa, in primo luogo, alla diffusione e all'utilizzo delle tecnologie inerenti all'AI nel contesto nazionale italiano andandolo a paragonare con quello mondiale. Questo studio ha permesso di capire come la diffusione si stiano muovendo in Italia, guardando alle imprese di piccole, medie e grandi dimensioni per capire come esse stiano investendo nelle nuove tecnologie e quale sarà l'andamento futuro rispetto all'utilizzo. In secondo luogo, è stato analizzato l'impatto sul lavoratore relativo all'introduzione di nuove tecnologie e sistemi che vadano a supportare l'essere uomo o a sostituirlo in relazione a lavori meramente ripetitivi. Tale studio ha permesso di capire come le aziende stiano investendo in forza lavoro e quanto in formazione del personale. In terzo luogo, sono poi stati analizzati i vantaggi e svantaggi dell'introduzione dell'AI nelle aziende, considerando eventuali barriere all'implementazione e sfide che le aziende hanno dovuto affrontare, nonché i benefici dovuti all'utilizzo delle nuove tecnologie che hanno permesso a molte aziende di incrementare il valore delle organizzazioni.

Capitolo 1. Fondamenti teorici

1.1 Contestualizzazione del Supply Chain Management: definizione e importanza del Supply Chain Management con alcuni esempi di casi concreti.

Il termine Supply Chain Management (SCM) è stato introdotto nel 1982 da due studiosi, Oliver e Webber, in un articolo pubblicato nella rivista “Harvard Business Review” in cui tale concetto era stato descritto come la gestione di tutte le attività coinvolte nell’acquisizione di materie prime e nella trasformazione di quest’ultime in prodotti finiti, al fine di distribuirli ai clienti. Tale concetto, inizialmente, era stato utilizzato per parlare prevalentemente della gestione del magazzino e delle scorte. Negli anni ’90 tale disciplina ha assunto sempre maggiore importanza, soprattutto con l’emergere delle nuove tecnologie e la globalizzazione dei mercati. In questi anni le aziende hanno visto nella gestione della catena di approvvigionamento un ottimo mezzo che permettesse di migliorare la propria competitività sul mercato e di ridurre i costi.

Oggigiorno, le aziende devono affrontare innumerevoli sfide legate alla gestione della catena di fornitura a causa dell’introduzione di nuove tecnologie come l’Intelligenza Artificiale o l’Internet of Things che stanno avendo un impatto decisivo sia sui processi di produzione sia sulle scelte e valutazioni rispetto al prodotto e servizio da parte del cliente.

Il concetto di Supply Chain Management, agli albori della sua introduzione, era visto come qualcosa di molto simile alla gestione della logistica, solo più tardi si iniziò a vedere la SCM come qualcosa di diverso, ma che comprendeva anche la gestione della logistica.

Per parlare della gestione della catena di approvvigionamento, più nello specifico, è necessario introdurre il concetto di Supply Chain o catena di distribuzione. Quest’ultima è un processo che coinvolge tutti gli attori che partecipano alla

produzione e distribuzione di un prodotto o servizio, dal fornitore di materie prime al cliente finale.

Gli attori coinvolti nel processo sono, non solo il fornitore e il cliente, ma anche i produttori o sviluppatori, i magazzinieri, i trasportatori e i rivenditori.

Il fine ultimo della Supply Chain è la soddisfazione dei clienti: si parte dalla ricezione dell'ordine, fino all'evasione dello stesso.

Il termine Supply Chain evoca immagini di prodotti e forniture che si spostano dai fornitori, ai produttori, ai distributori, ai rivenditori, ai clienti lungo una catena. È importante sottolineare anche l'importanza di informazioni e il flusso dei prodotti lungo entrambe le direzioni della catena di approvvigionamento.

In ogni fase non è coinvolto un solo attore, ma bisogna considerare che, ad esempio, un produttore possa ricevere materiale da diversi fornitori e quindi rifornire diversi distributori, di conseguenza, i canali di distribuzione possono essere visti come delle reti, difatti, spesso si parla di *supply network* o *supply web*.

La tipica supply chain può essere caratterizzata da diverse fasi che includono: clienti, rivenditori, distributori, produttori e fornitori di materie prime, come è possibile vedere nella figura sottostante.

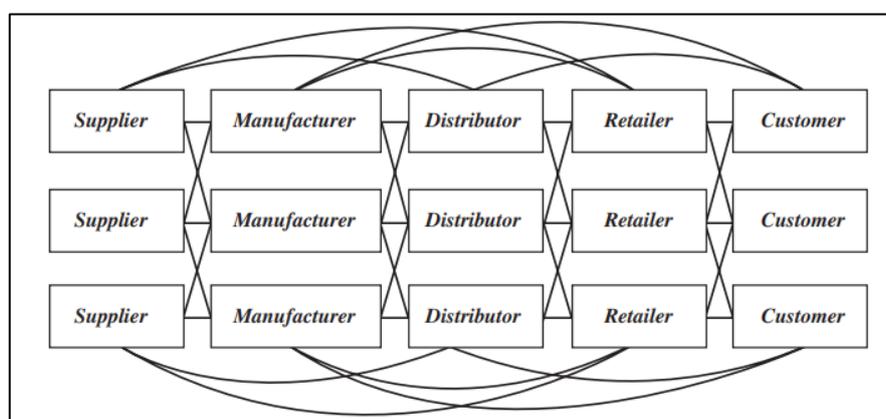


FIGURA 1. SUPPLY CHAIN STAGE

Ogni fase della Supply Chain è collegata attraverso il flusso di prodotti e informazioni. Non è necessario che ciascuna fase presente nella figura 1, di cui sopra, sia presente nella catena di approvvigionamento.

L'obiettivo della catena di approvvigionamento è quello di massimizzare il valore complessivo generato, noto anche come surplus, che si ottiene dalla differenza tra il valore del prodotto finale per il cliente e i costi sostenuti dall'intera catena di fornitura nel soddisfare la richiesta del cliente.

Il valore del prodotto finale può variare per ciascun cliente e dipende dalla sua *Willingness to Pay*, ovvero quanto il consumatore è disposto a pagare per un determinato bene o servizio. Il surplus del consumatore può essere visto come la differenza tra il valore del prodotto e il suo prezzo. Per l'azienda il surplus generato diventa profittabilità e può essere visto come la differenza tra il ricavo ricevuto dal consumatore e il costo generato lungo tutta la catena di approvvigionamento.

Definito il concetto di Supply Chain, è possibile delineare l'obiettivo della Supply Chain Management, ovvero, da un lato ridurre i costi lungo tutta la catena di fornitura e generare per la propria azienda un profitto maggiore, dall'altro capire come migliorare il processo produttivo in termini di tempo e costo. Di conseguenza, la gestione della catena di fornitura, ha assunto negli anni sempre una maggiore importanza, in quanto una corretta gestione può portare a molti vantaggi in termini di competitività sul mercato da qui l'interesse delle aziende verso questa disciplina.

Grazie ad una corretta gestione della catena di fornitura nell'ultimo decennio, molte aziende sono riuscite ad ottenere dei risultati sempre migliori. Un esempio, sono Walmart¹, Seven- Eleven Japan² and Dell³ che grazie ad una attenta gestione ed organizzazione delle scorte sono riuscite ad aumentare i propri ricavi significativamente.

La prima, Walmart è stata leader nell'utilizzo della progettazione, pianificazione e gestione della catena di approvvigionamento per ottenere successo. Fin dall'inizio, l'azienda ha investito in infrastrutture di trasporto e informazioni per facilitare il flusso di beni e informazioni. Nello specifico, Walmart ha progettato la sua catena di

¹ Walmart Inc. azienda multinazionale statunitense, proprietaria dell'omonima catena di negozi al dettaglio Walmart, fondata da Sam Walton nel 1962.

² Seven- Eleven Japan Co., Ltd. È una catena giapponese di minimarket con sede a Chiyoda, Tokyo ed è una filiale di Sven & I Holdings.

³ Dell Inc. è un multinazionale statunitense tra le più importanti al mondo per la produzione di personal computer e di sistemi informatici con sede a Round Rock, nel Texas. La Dell sviluppa computer e prodotti correlati.

approvvigionamento con cluster di negozi intorno a centri di distribuzione, per facilitare il rifornimento frequente nei suoi negozi al dettaglio in modo efficiente in termini di costi. Il rifornimento frequente consente ai negozi di abbinare l'offerta alla domanda in modo più efficace della concorrenza. L'azienda ha anche puntato ad implementare la comunicazione con i fornitori, investendo in sistemi che permettessero di condividere informazioni e collaborare con i fornitori con l'obiettivo di ridurre i costi e migliorare la disponibilità dei prodotti. Gli investimenti fatti da Walmart riuscirono ad aumentare i profitti dell'azienda di circa il 20% passando da 1 miliardo nel 1980 a 469 miliardi di dollari nel 2013.

Seven-Eleven Japan è un altro esempio di azienda che ha utilizzato un'eccellente progettazione, pianificazione e gestione della catena di approvvigionamento per guidare la crescita e la redditività. Tale azienda ha utilizzato un sistema di rifornimento molto reattivo e un sistema informativo eccezionale, per garantire che i prodotti fossero disponibili quando e dove i clienti ne avevano bisogno. Grazie alla reattività dei sistemi per tale azienda è stato possibile modificare la miscela di merchandising in ogni negozio in base all'ora del giorno per soddisfare in modo preciso la domanda dei clienti. Di conseguenza, la società è cresciuta da vendite di 1 miliardo di yen nel 1974 a quasi 1,9 trilioni di yen nel 2013, con profitti nel 2013 per un totale di 222 miliardi di yen.

Un ulteriore esempio è, anche l'azienda Dell che ha goduto di un enorme successo grazie alla sua progettazione, pianificazione e gestione della catena di approvvigionamento, ma che successivamente ha dovuto adattare la sua catena di approvvigionamento in risposta ai cambiamenti tecnologici e alle aspettative dei clienti. Tra il 1993 e il 2006, Dell ha registrato una crescita senza precedenti sia dei ricavi che degli utili strutturando una catena di approvvigionamento che forniva ai clienti PC personalizzati in modo rapido e conveniente. Nel 2006, Dell aveva un utile netto di oltre 3,5 miliardi di dollari su un fatturato di poco superiore ai 56 miliardi di dollari. Questo successo era basato su due caratteristiche chiave della catena di approvvigionamento che supportavano la personalizzazione rapida e a basso costo: la prima è stata la decisione di Dell di vendere direttamente all'utente finale, bypassando distributori e rivenditori; la seconda era la centralizzazione della produzione e degli

inventari in poche sedi dove l'assemblaggio finale era posticipato all'arrivo dell'ordine del cliente. Di conseguenza, Dell è stata in grado di fornire una vasta gamma di configurazioni PC mantenendo bassi livelli di inventari di componenti.

Al contrario molte aziende, a causa della loro incapacità nella gestione e progettazione di catene di approvvigionamento appropriate in cui vi è una gestione non solo delle scorte ma anche dei flussi, hanno visto un declino dei loro affari che li ha portati al fallimento. Un esempio sono business online come Webvan e Kozmo. Webvan ha progettato una catena di approvvigionamento con grandi magazzini in diverse grandi città degli Stati Uniti, da cui venivano consegnati generi alimentari alle case dei clienti. Questa progettazione della catena di approvvigionamento non poteva competere con le catene di approvvigionamento dei supermercati tradizionali in termini di costi. Le catene di supermercati tradizionali portano i prodotti a un supermercato vicino al consumatore utilizzando carichi completi di camion, con conseguenti costi di trasporto molto bassi. Ruotano il loro inventario relativamente rapidamente e lasciano al cliente eseguire la maggior parte dell'attività di picking nel negozio. In contrasto, Webvan ha sostenuto costi di trasporto molto più alti per la consegna a domicilio, così come alti costi del lavoro per il prelievo degli ordini dei clienti. Il risultato è stata una società che ha visto il fallimento nel 2001, a soli due anni da un'offerta pubblica iniziale di grande successo.

Quando si parla di Supply Chain Management, è interessante anche fare una distinzione tra il processo alla base della fornitura di servizi e quello relativo ai prodotti. Quanto detto finora nella trattazione, risulta coerente per entrambi i contesti, difatti, è possibile considerare un processo che parte dalla pianificazione, esecuzione e controllo di informazioni, materiali, risorse e servizi da un fornitore a un cliente. Ciò che rende i processi differenti, è che per i servizi si parla della fornitura di qualcosa di immateriale, e non tangibile come nel caso dei prodotti. Questo implica che la Supply Chain Management per i servizi deve concentrarsi sulla fornitura di un'esperienza coerente e di alta qualità al cliente, mentre per i prodotti deve concentrarsi sulla consegna di un prodotto fisico al cliente.

Un'ulteriore differenza è la domanda: per i servizi la domanda può, infatti, risultare spesso più imprevedibile, quindi, si deve fare in modo che essa sia adattabile e flessibile e non solo frutto di un'accurata pianificazione.

Anche per le aziende di servizi è possibile trarre vantaggio da una corretta gestione della catena di approvvigionamento andando a ridurre i costi. Un esempio, è Spotify, un servizio di streaming musicale che ha introdotto la supply chain management per migliorare la sua capacità di soddisfare la domanda dei clienti. L'obiettivo, nello specifico, è stato raggiunto grazie all'introduzione di un software per la previsione della domanda per ottimizzare la quantità di musica che viene archiviata nei suoi data center. Questo ha consentito a Spotify di ridurre la sua quantità di spazio di archiviazione inutilizzato e di migliorare la qualità dell'esperienza utente. Un ulteriore esempio è Amazon Web Services (AWS), un fornitore di servizi cloud che ha introdotto la SCM per migliorare la capacità di fornire servizi ai clienti. AWS ha utilizzato la supply chain management per ottimizzare la distribuzione dei data center in tutto il mondo. Questo ha consentito ad AWS di fornire servizi ai clienti in modo più rapido e affidabile.

1.1.1 Analisi del modello SCOR.

Nella specifica analisi proposta in questa tesi si vuole analizzare la Supply Chain Management e a tal fine è stato preso in esame il modello SCOR, "Supply Chain Operations Reference". Tale modello è stato preso in esame come riferimento per effettuare analisi, valutazioni e definire i criteri di ottimizzazione di specifici processi che caratterizzano la Supply Chain Management.

Il modello SCOR suddivide la catena di fornitura in processi aziendali e categorie di processo ideali. Questa struttura standardizzata consente di analizzare i flussi di informazioni, finanziari e di merci in modo trasversale, lungo tutta la catena del valore; ciò consente alle aziende di poter fare delle valutazioni nel lungo, medio e breve periodo e ottenere dei vantaggi in termini di efficienza ed efficacia nella gestione della catena di approvvigionamento, nonché rendere più semplice e agevole il processo che lega fornitore e cliente lungo tutto il processo di distribuzione.

Nell'ultimo decennio il modello SCOR, sviluppato nel 1996, dal Supply Chain Council⁴, è diventato un framework di riferimento per la pianificazione dei processi aziendali e della catena di fornitura in tutti i settori.

Il modello SCOR può essere suddiviso in 3 livelli di dettaglio ordinati gerarchicamente (come è possibile osservare nella figura sottostante): livello operativo, livello di configurazione e livello di progettazione.



FIGURA 2. PROCESSI OPERATIVI E DI CONFIGURAZIONE NEL MODELLO SCOR

Il **modello operativo** è caratterizzato da cinque processi fondamentali ai quali, nel 2012, ne è stato aggiunto un sesto:

- **PIANIFICAZIONE (PLAN):** in questo processo si effettua un'attenta analisi delle fasi successive con l'obiettivo di analizzare la domanda ed allinearla con l'offerta di capacità, ovvero effettuare una previsione della domanda futura e far sì che le risorse della supply chain riescano a rispondere alla domanda del cliente. Inoltre, si analizzano le best practice per stabilire la comunicazione e la consegna. In questa fase si tiene conto dell'identificazione delle risorse, dell'inventario, del trasporto e dei requisiti normativi con l'obiettivo di migliorare il più possibile l'efficienza.

⁴ Il Supply Chain Council è un'organizzazione no-profit internazionale che si occupa dello sviluppo e della diffusione di standard e best practice per la gestione della catena di fornitura. È stata fondata nel 1996 da un gruppo di aziende leader nel settore della supply chain, tra cui PRTM, AMR Research e SAP. di aziende che si occupa dell'ottimizzazione della catena di fornitura

- APPROVVIGIONAMENTO (SOURCE): dopo la pianificazione, le aziende iniziano ad acquistare beni e servizi per rispondere alla domanda proveniente dal cliente, tenendo conto della disponibilità dei beni, del ricevimento, del collaudo e della fornitura delle materie prime. Fanno parte di questa sezione tutte le attività che pianificano, innescano e concludono il processo di fornitura, vale a dire la scelta del fornitore, la negoziazione, la gestione della consegna, la verifica, la convalida dell'ordine ricevuto, lo stoccaggio dei materiali ricevuti e il pagamento dei fornitori.
- PRODUZIONE (MAKE): considerando la disponibilità delle risorse necessarie alla produzione, tale fase può avere inizio. L'obiettivo è quello di realizzare quanto stabilito, effettuare un controllo qualità, imballaggio e pianificare la domanda di prodotti pronti per il mercato. In generale, questa categoria comprende processi che si riconoscono per il fatto che ad ogni materiale o articolo in input, dopo il loro attraversamento, è associato un articolo diverso in output.
- SPEDIZIONE (DELIVER): a valle del completamento della produzione, il bene può essere inviato al cliente. In questa fase è dunque, necessaria gestione l'ordine e il trasporto dal magazzino fino al cliente finale. Questa fase include, quindi, la ricezione la convalida, la creazione degli ordini, la ricezione della consegna, il prelievo, l'imballaggio, la spedizione e la fatturazione al cliente.
- RESO (RETURN): una volta che il cliente ha ricevuto il bene è necessario gestire il servizio clienti al fine di agevolare il processo di restituzione o smaltimento della merce. Di conseguenza, è necessario gestire il flusso inverso delle merci derivante dalla necessità di restituzione delle stesse per smaltimento, ad esempio, di un prodotto difettoso, di riparazione o manutenzione e di vendita di scorte in eccesso.
- SUPPORTO (ENABLE): questa fase, aggiunta solo negli ultimi anni, fa riferimento al supporto necessario nella gestione della catena di fornitura, come le regole aziendali, le banche date e l'analisi e la mitigazione di eventuali rischi che coinvolgono la Supply Chain Management e tutti gli aspetti contrattuali e commerciali che possono caratterizzare il processo.

Il **modello di configurazione** distingue, invece, tre tipi di processo e si focalizza sulle prestazioni (performance) della Supply Chain non tenendo conto delle dimensioni dell'azienda e l'ambito in cui essa opera. I tre processi presi in esame sono:

- **PIANIFICAZIONE (PLANNING):** questo processo è caratterizzato dalla fornitura delle materie prime e dalla accurata definizione degli aspetti di maggiore rilievo della pianificazione, considerando l'azienda e i fornitori ma anche la domanda del cliente.
- **ESECUZIONE (EXECUTION):** questo processo ha l'obiettivo di portare a termine gli step definiti nel processo precedente considerando la domanda reale e aggregata e quindi, gli aspetti inerenti alla distribuzione, al controllo, alla trasformazione e alla deviazione.
- **SUPPORTO (ENABLE):** questo processo prende in considerazione la preparazione di tutte le informazioni e servizi inerenti alla catena di fornitura, che consentono il trasferimento del prodotto o servizio dal produttore al cliente. Tutto ciò è possibile grazie ad un'attenta analisi della valutazione dei dati di pianificazione e delle prestazioni.

Infine, **il modello di progettazione**, in cui i processi visti nel modello di configurazioni vengono classificati in base a relazioni input-output. In questo modello, grazie alla suddivisione in sotto-processi, è possibile svolgere le prime analisi e valutazioni che permettono a un'azienda di aumentare l'efficienza e ottimizzare la catena di fornitura.

L'utilizzo del modello SCOR può generare vantaggio competitivo nelle aziende, di conseguenza, negli ultimi anni molte sono le aziende che stanno ponendo sempre una maggiore attenzione a queste dinamiche con l'obiettivo di ottimizzare i processi aziendali e generare valore aggiunto per la propria azienda. Tra i vantaggi che genera tale modello, vi è l'allineamento globale che permette di rendere più agevole l'allineamento tra le diverse funzioni aziendali, favorendo la comunicazione e la collaborazione. Questo fa sì che le varie funzioni aziendali riescano a lavorare perseguendo obiettivi comuni, migliorando l'efficienza e l'efficacia della Supply Chain. Un ulteriore vantaggio è, inoltre, l'identificazione dei problemi: il modello SCOR permette di identificare ed affrontare i problemi dovuti al disallineamento nella Supply Chain. I problemi più ricorrenti sono, per esempio, la gestione inefficiente dei processi aziendali o anche la mancanza di un piano di investimento tecnologico, che possa portare a dei miglioramenti in termini di performance.

Adottare il metodo SCOR può, quindi, far sì che le aziende riescano a spingere le operations verso un *miglioramento continuo e duraturo* che permetta di essere maggiormente competitivi nel mercato e riesca a spingere verso un adattamento più rapido ai cambiamenti e alle tecnologie in continua evoluzione.

1.2 Concetti chiave dell'intelligenza artificiale: evoluzione dell'intelligenza artificiale e breve panoramica della storia e delle applicazioni attuali dell'AI.

L'intelligenza artificiale (AI) è la capacità di un sistema di imitare l'intelligenza umana. L'AI è un campo di ricerca multidisciplinare che coinvolge ingegneria, matematica, informatica, filosofia e psicologia.

Il tema dell'intelligenza artificiale è molto discusso e necessita di ulteriori studi che permettano di comprendere a pieno tale fenomeno. I primi studi risalgono agli anni '50 del secolo scorso e ancora tutt'ora numerosi studiosi cercano di implementare i sistemi attualmente in uso e di generare nuove tecnologie che possano essere utili per l'essere umano.

Partendo da alcuni aspetti fondamentali dell'intelligenza umana, come la capacità di ragionare, imparare, risolvere problemi, prendere decisioni e interagire con il mondo circostante, nel tempo si è cercato di identificare e realizzare degli strumenti a sostegno dell'uomo che potessero aiutarlo a svolgere sempre un maggior numero di attività.

Numerosi sono i metodi di intelligenza artificiale in via di sviluppo, come ad esempio, l'apprendimento automatico, il ragionamento automatico, la rappresentazione della conoscenza, l'elaborazione del linguaggio naturale, la visione artificiale e la robotica che trovano applicazione in molti ambiti quali finanza, sanità, produzione industriale, logistica, trasporti, comunicazione e intrattenimento.

I primi studi in materia di Intelligenza Artificiale sono stati svolti tra gli anni 1950-1960. In questi anni l'oggetto di studio è stato principalmente l'intelligenza artificiale simbolica: i ricercatori, iniziarono a studiare sistemi basati sulla rappresentazione simbolica della conoscenza che fossero in grado di ragionare e risolvere problemi

come gli esseri umani. La rappresentazione simbolica era basata su regole e concetti formali che potevano essere uno strumento utile per i sistemi AI con l'obiettivo di risolvere problemi.

I sistemi generati in questi anni risultarono, però, particolarmente inefficienti in quanto, da un lato richiedevano molto lavoro manuale per essere sviluppati e dall'altro l'AI sviluppata in quegli anni era incentrata sulla risoluzione di problemi ben definiti e sulla simulazione di abilità cognitive umane specifiche.

Tra i più importanti studi sull'AI svolti in questi anni, uno dei principali studi è senza dubbio quello di *Alan Turing* che nel suo articolo "*Computing machinery and intelligence*" pubblicato nel 1950 ha proposto un test nel quale un essere umano, definito interrogatore, conduceva una conversazione via testo con due interlocutori, ovvero una macchina e un essere umano. Il test proposto poteva essere considerato come superato solo quando l'interrogatore non riusciva a distinguere la macchina e l'essere umano. Molte sono le critiche che tale studio ha ricevuto dai ricercatori. Alcuni ritenevano tale metodo insufficiente per definire l'intelligenza di una macchina, in quanto era troppo incentrato sul linguaggio e non considerava la capacità del sistema di risolvere i problemi e comprendere il mondo, altri che il criterio fosse troppo antropocentrico e dunque basato sull'idea che l'essere umano fosse intelligente e quindi un sistema poteva essere identificato come tale solo se simile all'uomo.

Gli anni successivi, a ridosso degli anni '70, hanno visto un declino dell'intelligenza artificiale simbolica. Questa perdita di popolarità trae le sue origini da diversi fattori che hanno segnato questi anni, tra i quali troviamo il fallimento di un importante progetto, il programma Shakey, relativo alla realizzazione di un robot in grado di muoversi ed interagire con il mondo reale. Questo avvenimento iniziò a far sviluppare maggiore consapevolezza nei ricercatori dei limiti dell'AI applicata a sistemi simbolici. Oltre al programma Shakey molti furono poi i programmi che iniziarono a far diminuire ulteriormente l'appetibilità dei sistemi AI simbolici, come ad esempio il fallimento del programma ELIZA che aveva l'obiettivo di simulare una conversazione con uno psicanalista, nonché del programma MYCIN sviluppato per migliorare i processi per la diagnosi medica.

In questi anni un avvenimento che segnò uno spartiacque per l'intelligenza artificiale è stata la nascita di nuove teorie e metodologie relative all'apprendimento automatico. I ricercatori iniziarono a sviluppare sistemi che fossero in grado di imparare dai dati e quindi fornire soluzioni più efficienti rispetto ai sistemi basati sull'intelligenza artificiale simbolica.

Tra gli esempi più significativi c'è quello di Arthur Samuel che aveva coniato il termine "Machine learning" e in questi anni sviluppò un modello di apprendimento automatico per il gioco di dama, rispetto al quale riuscì a dimostrare miglioramenti del sistema man mano che acquisiva maggiore esperienza.

Negli anni '80 l'intelligenza artificiale ha attraversato una fase di crescita e sviluppo nelle tecniche nell'ambito dell'AI che hanno gettato le basi per lo sviluppo futuro della disciplina. Sono, infatti, stati effettuati ulteriori studi riguardo all'apprendimento automatico che hanno portato ad importanti innovazioni; un esempio, sono i sistemi di riconoscimento vocale basati sull'apprendimento automatico che sono in grado di riconoscere la voce umana in modo accurato.

Tra i sistemi più innovativi sviluppati in questi anni che facevano ricorso all'intelligenza artificiale automatica troviamo, senza dubbio, il programma Dendral, ovvero, un sistema in grado di identificare le molecole organiche, o anche il programma A*, attraverso il quale era possibile ricercare, utilizzando un algoritmo, il percorso più efficace per raggiungere una destinazione. Un ultimo esempio è poi il programma Deep Blue, ovvero un programma di scacchi che riuscì a migliorare in base all'esperienza tanto da vincere con il campione del mondo Garry Kasparov nel 1997.

Gli anni '80 hanno segnato uno spartiacque importante per la storia dell'intelligenza artificiale in quanto in questi anni i ricercatori hanno per la prima volta iniziato a studiare i sistemi con l'intelligenza artificiale con lo scopo di fornire strumenti utili agli esseri umani che potessero rendere il lavoro dell'uomo più efficace e automatizzare i compiti pericolosi e noiosi.

In questi anni hanno assunto molta importanza temi quali la ricerca sulla Visione Artificiale che ha visto tra gli aspetti più importanti la comprensione delle immagini e

il riconoscimento di oggetti e lo studio dei sistemi multi-agente che analizzavano l'interazione tra agenti autonomi utili in applicazioni quali il controllo del traffico e la pianificazione.

Successivamente, negli anni '90, l'intelligenza artificiale ha iniziato a diffondersi in modo significativo nella società. Molti sono i sistemi che sono stati sviluppati in questi anni basati sull'apprendimento automatico, come ad esempio, i sistemi di riconoscimento vocale come Alexa o Siri, o anche motori di ricerca, chatbot e sistemi di traduzione automatica.

La continua crescita di queste tecnologie ha contribuito a far nascere un maggior interesse verso questa disciplina da parte di un pubblico sempre più vasto e di aziende che vedevano in questi innovativi sistemi un modo per poter crescere e incrementare la propria produzione. Le tre pietre miliari caratterizzanti questo periodo sono Deep Blue, Watson e AlphaGo:

- nel primo caso si tratta di un computer prodotto da IBM e programmato con specifico scopo di giocare a scacchi, nel 1997 ha battuto il campione del mondo Garry Kasparov grazie alla sua grandissima potenza computazionale;
- nel secondo caso si tratta di un computer realizzato da IBM nel 2004 in grado di rispondere a domande espresse in linguaggio naturale. La sua realizzazione è dovuta principalmente alla volontà di far partecipare Watson al quiz televisivo statunitense di cultura generale denominato *Jeopardy!*. La partecipazione a questo quiz televisivo richiede sicuramente conoscenze e abilità superiori rispetto al gioco degli scacchi, in particolare la velocità nella formulazione delle risposte. Nel 2011 Watson ha battuto Ken Jennings e Brad Rutter i due migliori concorrenti del programma;
- nel terzo caso si tratta di AlphaGo, ovvero, un software sviluppato da Google DeepMind per il gioco del go⁵. Grazie alle forti radici nelle reti neurali artificiali che rendono questo software un esempio di applicazione degli AlphaGo è riuscito a battere il campione del mondo di go nel 2016.

⁵ Il go è un gioco da tavolo strategico per due giocatori, conosciuto e diffuso prevalentemente in Cina.

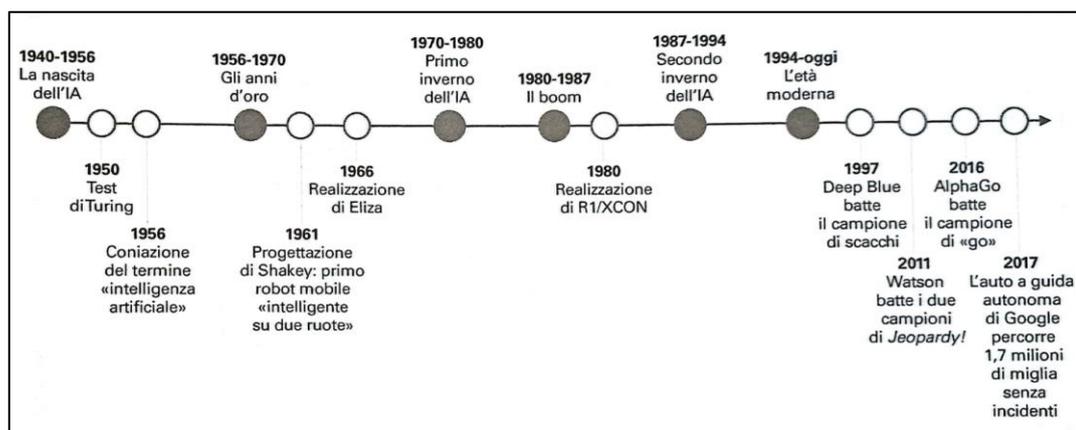


FIGURA 3. LO SVILUPPO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

I momenti salienti dell'evoluzione dell'intelligenza artificiale possono essere riassunti in due principali correnti scientifiche, basate su prospettive diverse riguardo al tema della conoscenza e dei meccanismi di approvvigionamento: il movimento cognitivista e il movimento connessionista

La visione cognitivista parte dal concetto che i meccanismi di funzionamento di un computer possano essere paragonati a quelli della mente umana. Quest'ultima dopo aver acquisito degli input dall'esterno, li elabora in base alle conoscenze possedute e genera un output che rappresenta una decisione o una valutazione. Se si riuscisse a fornire a un meccanismo come il computer, quindi a una mente artificiale, la stessa conoscenza di una mente umana, sarebbe possibile avere delle prestazioni paragonabili a un essere umano, ma anche migliori.

Difatti, il computer potrebbe avere una capacità maggiore nell'elaborazione dei dati e delle informazioni, oltre a un vantaggio in termini di tempo per generare la risposta desiderata. L'idea che sia possibile separare il processo cognitivo in due momenti distinti, ovvero, creazione della base di conoscenza e successiva elaborazione da parte di un'entità diversa da quella che l'ha prodotta ha dato vita allo sviluppo delle prime applicazioni di AI nella forma di sistemi esperti.

I *sistemi esperti* sono costituiti da una base di conoscenza e un motore inferenziale:

- la prima è immagazzinata nella memoria del sistema e viene definita sotto forma di regole, che descrivono la risoluzione di un dato problema. Tipicamente tali regole sono

definite come strutture *if-then*, che comprendono una condizione (*if*) e una conclusione o azione (*then*).

- Il secondo rappresenta un motore in grado di interpretare, classificare e applicare la base di conoscenza e le relative regole per ogni singolo aspetto e scenario di uno specifico campo disciplinare.

Utilizzare sistemi di questo tipo può avere diversi vantaggi soprattutto in termini di tempo, permettendo di ottenere una risposta velocemente nonostante l'enorme quantità di dati a disposizione. Inoltre, tali sistemi sono anche in grado di tenere in considerazione molte regole, e a differenza di un essere umano, riesce a non ignorare, tralasciare o dimenticare.

Sebbene ci siano molti vantaggi, sono comunque presenti delle criticità che non vanno trascurate. Difatti, per fornire prestazioni significative devono acquisire una base di conoscenza che è propria degli esseri umani e deve essere estratta e trasferita. Il contributo maggiore alla capacità di risolvere i problemi è associato al bagaglio di conoscenza incorporato nel sistema e non alla potenza del suo apparato deduttivo. Tali sistemi sono infatti, un esempio tipico di sistemi basati sulla conoscenza. Devono, si conseguenza, essere considerate due problematiche, quali in primo luogo, il fatto che il sistema esperto sarà dotato di una conoscenza che dipende dalla qualità degli esperti coinvolti le cui carenze possono influenzare la performance del sistema. In secondo luogo, le regole non sono sempre facilmente codificabili in quanto molto spesso sono applicate in modo del tutto inconscio dagli esseri umani e non sempre sono rappresentabili con semplici relazioni di tipo *if-then*.

Inoltre, l'impiego pratico dei sistemi esperti ha evidenziato notevoli restrizioni dovute al modo in cui viene costruita la loro base di conoscenza. Tale metodologia presenta i suoi limiti nel tempo e nei costi elevati necessari per creare la base di conoscenza per il sistema aperto. L'utilizzo dei sistemi esperti può essere idoneo in sistemi molto circoscritti, ma al di fuori del dominio originale possono invece verificarsi molti errori. Infine, per mantenere queste tecnologie efficaci in scenari dinamici, sarebbe necessario un costante aggiornamento della base di conoscenza.

In contrasto, secondo *l'approccio connessionista*, il computer è visto solamente come un mezzo per processare i segnali ricevuti. Questa prospettiva fa riferimento alla

funzione biologica del cervello, in cui miliardi di neuroni ricevono, elaborano gli stimoli nervosi, generano una risposta che viene poi trasmessa ad altre cellule nervose attraverso le sinapsi. Quest'ultime processano l'informazione ricevuta e producono un'azione specifica nel nostro corpo. Il movimento connessionista si ispira a questo modello biologico e lo utilizza come punto di partenza per creare sistemi di intelligenza artificiale simili ad una rete di unità collegate da connessioni unidirezionali. In tal senso, le reti neurali artificiali sono percepite come una possibile rappresentazione delle connessioni sinaptiche tra i neuroni, i quali, seguendo determinate regole, generano uno specifico output. La struttura di una rete artificiale è composta tipicamente da unità di input da unità interne e da un'unità di output: le prime permettono alla rete di recepire i segnali dall'esterno, le seconde permettono di trasformare l'informazione che giunge dall'esterno e infine, le terze permettono di rispondere ai segnali ricevuti dall'esterno. Di conseguenza, la trasmissione si propaga dalle unità di input a quelle di output passando per l'unità interne. Una procedura di apprendimento frequentemente usata con le reti neurali artificiali è la procedura di retro-propagazione dell'errore, che parte dalle unità di output fino a raggiungere un'unità di input della rete le modifiche dei pesi avvengono in modo tale che attraverso un certo numero di cicli di apprendimento l'output generato dalla rete risposta a ciascun input viene gradualmente approssimato all'output desiderato. Durante il processo di addestramento l'errore si riduce progressivamente la rete acquisisce la capacità desiderata.

1.2.1 Concetti chiave del Machine Learning

Il Machine Learning (anche indicato con l'acronimo ML) è un sottoinsieme dell'intelligenza artificiale (AI) e richiede conoscenze matematico-statistiche per essere compresa e applicata nel modo più opportuno. Nello specifico tale disciplina, si occupa di far apprendere ai sistemi senza essere esplicitamente programmati. L'obiettivo è quello di far sì che autonomamente i computer possano apprendere dai dati e migliorare le loro performance nel tempo.

Nel Machine Learning, considerando la presenza di grandi set di dati, è possibile determinare delle correlazioni e degli schemi tra di essi con l'obiettivo di definire

soluzioni migliori e previsioni semplicemente addestrando gli algoritmi⁶. Se i dati che si hanno a disposizione aumentano le applicazioni di Machine Learning sono in grado di migliorare diventando più accurate.

È importante fare una distinzione tra tre concetti correlati quali, Intelligenza Artificiale, Machine Learning e Deep Learning. Tali nozioni possono essere viste come l'uno il sottoinsieme dell'altro, come è possibile vedere nell'immagine sottostante.

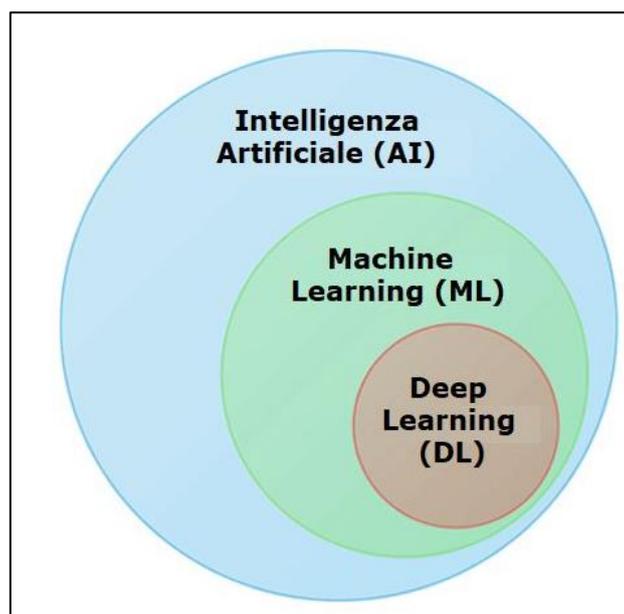


FIGURA 4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE, MACHINE LEARNING AND DEEP LEARNING

L'Intelligenza Artificiale (AI), come già detto precedentemente, è in grado di simulare il funzionamento del cervello umano. Difatti, i sistemi che utilizzano l'AI, partendo dai dati hanno la capacità di prendere decisioni e formulare previsioni. Questo ha portato negli ultimi anni a fare largo uso di tali sistemi portando ad una vera e propria rivoluzione tecnologica, permettendo agli esseri umani di svolgere azioni attraverso l'utilizzo di macchine, che dati determinati input, riuscissero a svolgere autonomamente attività molto complesse.

⁶ Gli algoritmi sono un insieme di regole che definiscono con precisione una sequenza di operazioni. Gli algoritmi possono eseguire operazioni di calcolo, elaborazioni dati e ragionamento automatico e sono fondamentali per il modo in cui i computer eseguono istruzioni specifiche

All'interno di questa disciplina è possibile trovare il *Machine Learning (ML)* che, oltre a permettere ai sistemi di simulare il funzionamento del cervello umano, definisce macchine in grado di imparare dai dati e dagli errori commessi, in questo caso si parla di *apprendimento automatico*. Quest'ultimo è reso possibile dalla presenza di algoritmi che analizzano dati e imparano da essi, tanto da riuscire a migliorare nel tempo. Infine, il *Deep Learning (DL)*, così come il Machine Learning, è caratterizzato dalla presenza di un sistema in grado di apprendere autonomamente e di imparare dagli errori commessi. Sia il Deep Learning che il Machine Learning sfruttano sistemi complessi di reti neurali artificiali che simulano il comportamento del nostro cervello. La rete neurale basa il suo funzionamento sul cervello biologico, più nello specifico sul modello dei neuroni, detti anche nodi, presenti al suo interno. I neuroni nello specifico sono raggruppati in molti strati che operano parallelamente, infatti, quando un neurone riceve un segnale, dopo averlo elaborato lo invia agli altri. L'apprendimento profondo (DL), si distingue dal ML in quanto, l'architettura delle reti neurali è diversa da quelle tradizionali in termini di profondità. Difatti, il termine deep indica il fatto che ci siano numerosi *strati nascosti* che permettono un apprendimento maggiore, ma più dispendioso in termini di risorse computazionali. Inoltre, nelle reti in questione, ogni strato di nodi apprende su un insieme distinto di caratteristiche in base al risultato che è stato ottenuto nel livello immediatamente precedente. È possibile osservare che se si avanza nella rete neurale, sarà possibile riconoscere caratteristiche più complesse dei nodi in quanto in questo modo si vanno ad aggregare e ricombinare le caratteristiche del livello precedente.

In conclusione, una rete neurale semplice è caratterizzata da delle informazioni in input che vengono elaborate in modo tale da fornire all'utente un risultato che rispetti le proprie aspettative, mentre, il deep learning è caratterizzato da sistemi con una serie di strati nascosti (hidden layer) che permettono di immagazzinare un maggior numero di informazioni e di elaborare caratteristiche più complesse, fornendo, dunque, risultati più ottimali. Tale differenza è esplicitata dall'immagine sottostante:

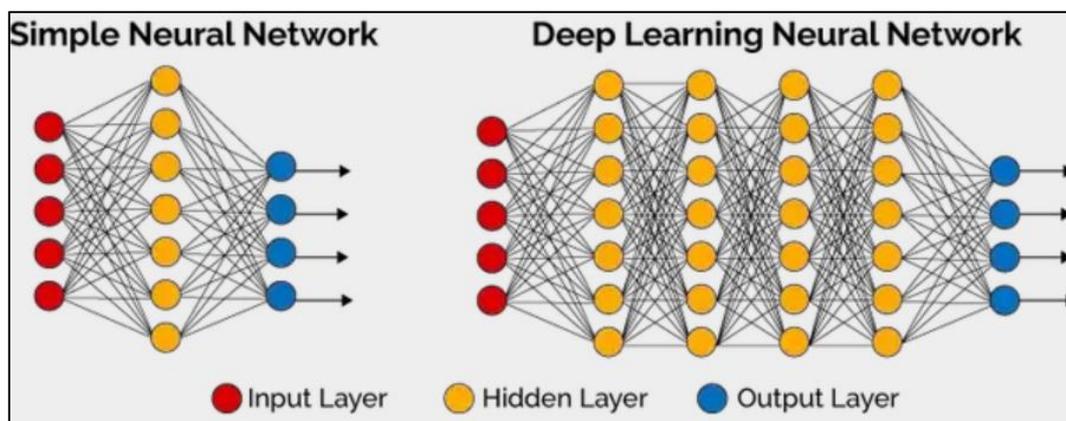


FIGURA 5. I DIFFERENTI STRATI DEL DEEP LEARNING: SIMPLE NEURAL NETWORK VS DEEP LEARNING NEURAL NETWORK.

Tornando al Machine Learning, uno studio condotto dall'Università della California, Berkeley⁷, ha suddiviso il sistema di apprendimento di un algoritmo di Machine Learning in tre step principali:

- 1) **PROCESSO DECISIONALE:** caratterizzato da un insieme di calcoli e passaggi che hanno l'obiettivo di assimilare i dati e definire la tipologia di schema che l'algoritmo cerca di definire.
- 2) **FUNZIONE DI ERRORE:** dato il processo decisionale, è necessario misurare la bontà delle ipotesi confrontandole con esempi noti, considerando quelli disponibili, con l'obiettivo di capire se vi è un errore e definire quanto esso sia grave.
- 3) **PROCESSO DI AGGIORNAMENTO E OTTIMIZZAZIONE:** dati gli eventuali errori identificati l'algoritmo li esamina e aggiorna il metodo con il quale il processo giunge alla decisione finale, cosicché l'impatto dell'errore possa essere minimizzato.

L'articolo offre anche un esempio, che permette di capire a pieno le tre parti principali da cui è caratterizzato il Machine Learning. È stato considerato un sistema di raccomandazione di film, per il quale è possibile fornire come input informazioni personali e lo storico di visualizzazioni dell'utente che si avvale di tale sistema. Prendendo in considerazione i dati forniti e le preferenze dell'utente, il sistema sarà in

⁷ "What Is Machine Learning (ML)?" – 26/06/2020 – (<https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>)

grado di fornire un risultato molto preciso. Ciò è possibile grazie al fatto che l'algoritmo considera i parametri inseriti e attribuisce dei pesi ad essi. Se l'output finale è in linea con i gusti e le aspettative dell'utente, allora il paradigma sarà stato in grado di attribuire i giusti pesi ai dati forniti; al contrario se i pesi attribuiti non sono opportuni il paradigma, imparando dai suoi errori, attribuirà ulteriori valori ai parametri inseriti, fino ad arrivare ad un risultato che rispetti il più possibile le aspettative dell'utente.

L'esempio citato dimostra come il machine learning, come detto, si aggiorna automaticamente e quindi è in grado di migliorare ad ogni esecuzione, apprendendo dai risultati che analizza.

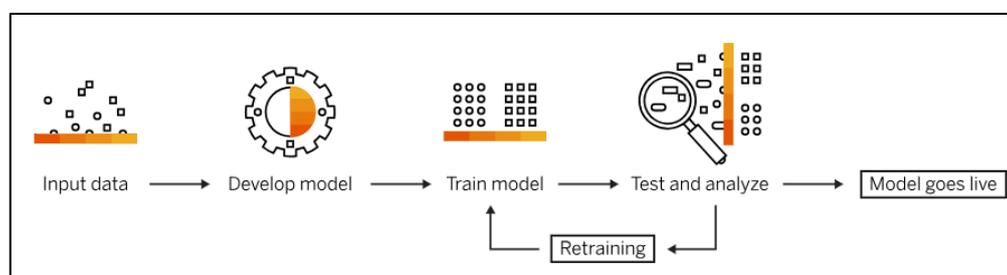


FIGURA 6. SISTEMA DI APPRENDIMENTO DI UN ALGORITMO DI MACHINE LEARNING

È possibile, inoltre, distinguere diverse tipologie di Machine Learning in base agli algoritmi che vengono utilizzati che dipendono dalla natura dei dati e dai risultati attesi:

- Machine Learning con apprendimento supervisionato
- Machine Learning con apprendimento non supervisionato
- Machine Learning con apprendimento semi-supervisionato
- Machine Learning con apprendimento per rinforzo

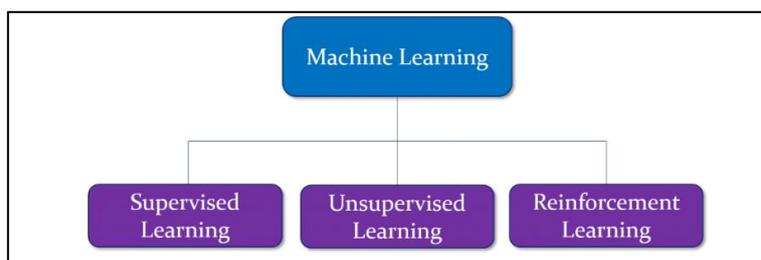


FIGURA 7. CATEGORIE DI MACHINE LEARNING

Nel primo caso, il modello è caratterizzato da algoritmi dell'apprendimento supervisionato, per i quali la macchina viene istruita con l'esempio. I modelli sono strutturati in coppie di input e output desiderato. Il fine ultimo è quello di definire una regola che associ a ciascun input un output. Il sistema stabilisce somiglianze e differenze tra i vari aspetti logici, con l'obiettivo di fornire un risultato. Un esempio sono i motori di suggerimento prodotti o le app di analisi del traffico.

Nel secondo caso, la macchina studia dei dati in input che possono non essere né etichettati né strutturati e inizia a realizzare schemi e relazioni con l'aiuto dei dati disponibili e di maggiore impatto. Questo modello, rispetto agli altri quattro, può essere paragonato alla semplice osservazione del mondo da parte dell'uomo. Man mano che entrano nel sistema dati il sistema impara a riconoscerli a suddividerli in varie categorie consentendo alla macchina di fornire un risultato sempre più accurato. Un esempio è il riconoscimento facciale o anche le ricerche di mercato.

Nel terzo caso si considera un sistema nel quale sono presenti dei dati grezzi e non strutturati. In questo modello per definire dati non etichettati si usano dati che al contrario lo sono e riescono a svolgere un ruolo di spinta permettendo al sistema di evolvere velocemente ed in modo più accurato. Questo modello rappresenta il giusto compromesso tra un modello supervisionato e uno non supervisionato, infatti, questo metodo può essere utile quando non sono disponibili abbastanza dati etichettati.

Nel quarto caso, infine, il modello è simile all'apprendimento supervisionato, ma a differenza di quest'ultimo l'algoritmo non viene addestrato attraverso un campione ma le informazioni vengono acquisite grazie alle prove e agli errori, quindi con l'utilizzo. Quando l'algoritmo diventa poi, fisso e binario a quel punto la macchina sarà in grado di acquisire competenze attraverso l'esempio. Per questo modello si possono

considerare le offerte di prezzo automatiche per gli acquirenti di pubblicità online o anche le contrattazioni dei mercati azionari come esempi.

L'impatto del Machine Learning sull'impresa è molto significativo. Infatti, le organizzazioni intelligenti sono in grado di generare valore aggiunto, crescita dall'alto verso il basso, produttività maggiore dei dipendenti e anche una soddisfazione più elevata dei clienti.

1.2.2 Concetti chiave del Large Language Model – Generative AI

Il Large Language Model (LLM) o modello linguistico di grandi dimensioni è un algoritmo di intelligenza artificiale che si basa su tecniche di deep learning e set di dati di grandi dimensioni con l'obiettivo di comprendere, riassumere e generare nuovi contenuti. I primi modelli linguistici dell'AI sono stati sviluppati già nel 1966 quando il sistema Eliza, ha debuttato al MIT. La peculiarità dei modelli linguistici è che essi vengono prima addestrati su un insieme di dati e quindi generano contenuti in base alle informazioni acquisite, la LLM va oltre questo aspetto. Difatti, grazie a sistemi basati su questi concetti è possibile definire strumenti che vadano a fornire un aumento delle capacità del modello di intelligenza artificiale.

Più nello specifico i modelli LLM, che si sono diffusi nel 2017, usano le reti neurali, più nello specifico i trasformatori. Questi ultimi si distinguono dalle reti neurali ricorrenti (RNN), in quanto a differenza di essi che elaborano in sequenza gli input, sono in grado di sviluppare intere sequenze in parallelo. I modelli LLM sono, inoltre, in grado di aiutare i sistemi a comprendere e generare rapidamente risposte accurate e ciò rende queste tecnologie applicabili a domini diversi e denota anche una grande flessibilità. Questi modelli sono molto utilizzati per l'Intelligenza Artificiale Generativa (IA Generativa o GenAI che si occupa della generazione di nuovi dati, come immagini, musica e testo, che non esistevano in precedenza. A differenza dell'IA Discriminativa, che si concentra sulla classificazione dei dati esistenti, l'IA Generativa utilizza tecniche di Machine Learning e Deep Learning per apprendere dalle informazioni che le vengono fornite e generare nuovi contenuti. La GenAI è in grado di produrre contenuti complessi e altamente realistici che imitano la creatività umana.

Questo aspetto la rende molto utile in molti settori, come il gioco, l'intrattenimento e la progettazione di prodotti.

Rispetto all'intelligenza artificiale discriminativa, l'IA Generativa fornisce una serie di vantaggi che ne motiva il suo largo uso negli ultimi anni:

- L'IA Generativa è in grado di generare contenuti nuovi e originali, che non esistono in precedenza. Ciò la rende ideale per applicazioni creative, come la generazione di immagini, musica e testo.
- l'IA Generativa è in grado di generare contenuti altamente realistici. Ciò la rende ideale per applicazioni che richiedono un alto livello di realismo, come la creazione di animazioni e la progettazione di prodotti.
- l'IA Generativa è in grado di generare contenuti in modo efficiente. Ciò la rende ideale per applicazioni che richiedono la generazione di grandi quantità di contenuti, come la creazione di contenuti personalizzati per i clienti.

L'IA Generativa viene già utilizzata in una serie di applicazioni, tra cui troviamo:

- Creazione di animazioni e videogiochi: l'IA Generativa può essere utilizzata per creare animazioni realistiche e personaggi virtuali.
- Creazione di musica: l'IA Generativa può essere utilizzata per creare musica originale e personalizzata.
- Creazione di contenuti personalizzati: l'IA Generativa può essere utilizzata per creare contenuti personalizzati per i clienti, come newsletter o offerte.
- Progettazione di prodotti: l'IA Generativa può essere utilizzata per progettare prodotti nuovi e innovativi.

L' IA Generativa è, quindi, una tecnologia emergente con un grande potenziale. È destinata a cambiare il modo in cui produciamo e consumiamo contenuti, e ad aprire nuove possibilità in un'ampia gamma di settori.

L'AI generativa negli ultimi anni è infatti stata utilizzata in moltissimi settori, tra i quali:

- Sanità: l'IA Generativa può essere utilizzata per migliorare l'accuratezza e la precisione delle diagnosi mediche, rendere più veloce la scoperta di nuovi farmaci e contrastare le malattie.

- Educazione: l'IA Generativa può essere utilizzata per personalizzare l'apprendimento, creare nuovi contenuti educativi e rendere più coinvolgente l'esperienza di apprendimento.
- Finanza: l'IA Generativa può essere utilizzata per analizzare i dati finanziari, identificare le opportunità di investimento e ridurre il rischio.
- Viaggi: l'IA Generativa può essere utilizzata per personalizzare i viaggi, creare nuove esperienze di viaggio e rendere i viaggi più efficienti.

L'implementazione dell'IA Generativa sta già modificando il modo in cui lavoriamo, viviamo e creiamo. Ad esempio, molto utilizzati sono i modelli "Chat GPT", acronimo di Generative Pretrained Transformer, ovvero degli strumenti di elaborazione del linguaggio naturale molto potenti e versatili, che utilizzano algoritmi avanzati di apprendimento automatico, per generare risposte simili a quelle umane all'interno di un discorso. Tali sistemi, considerata una determinata richiesta in input, sono in grado di generare delle risposte pertinenti e coerenti all'interno della conversazione.

Tali modelli sono stati implementati da OpenAI (organizzazione no profit per la ricerca sull'intelligenza artificiale) con l'obiettivo di ottimizzare la conversazione e facilitare l'utilizzo da parte degli utenti, per far sì che la comunicazione uomo- macchina possa migliorare ed essere più efficiente e veloce.

Il modello Chat GPT 3 è stato creato nel 2020 e grazie al deep learning è stato in grado di produrre testi simili a quelli umani e gestire diverse attività come la risposta a domande e la traduzione automatica. Una ulteriore caratteristica è quella relativa all'apprendimento umano, difatti in base alle informazioni inserite in input dall'uomo i sistemi sono in grado di apprendere automaticamente riuscendo a fornire risposte sulla base dei dati raccolti durante la conversazione. Nell'immagine sottostante è possibile osservare come i sistemi si siano evoluti negli ultimi anni, passando da modelli con circa 345 milioni di parametri a modelli, come chat GPT-4 con circa 1 trilione di parametri.

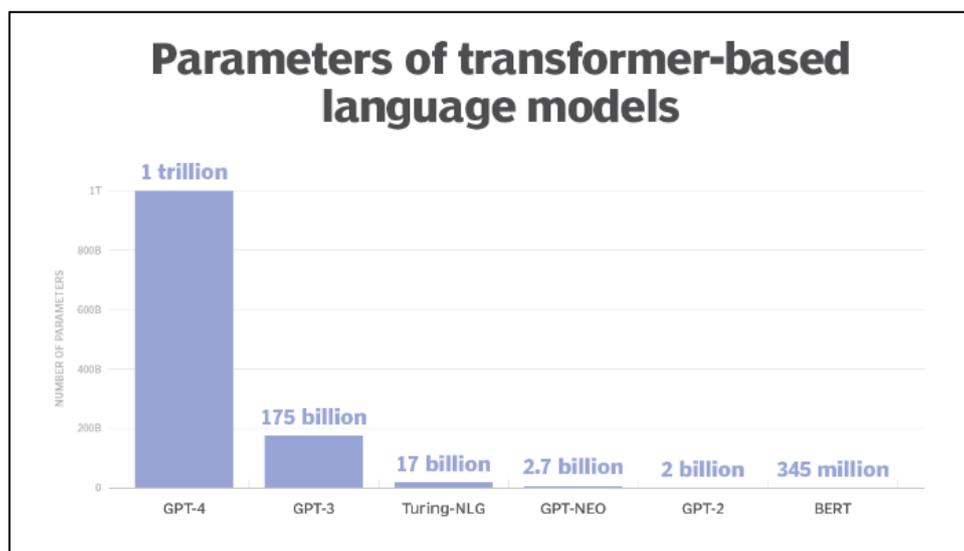


FIGURA 8. EVOLUZIONE DELL'LLM DA SISTEMI CON UN MINOR NUMERO DI PARAMETRI A SISTEMI MOLTO SOFISTICATI.

In ambito aziendale, ad esempio, l'IA Generativa viene utilizzata per creare contenuti utili nell'ultima fase della catena di produzione che possano aiutare il cliente a capire meglio qual è il prodotto che l'azienda intende offrire. Infatti, grazie a questa tecnologia, è possibile creare animazioni realistiche e coinvolgenti e anche prodotti personalizzati senza che l'azienda abbia un impatto significativo sui costi. Tale tecnologia è risultata poi utile per la progettazione di prodotti e per la realizzazione di nuovi prototipi che rendessero possibile la visione di prodotti, talvolta innovativi, e che permettessero al cliente di capire se il prodotto offerto fosse in linea con quanto desiderato.

Molti sono i settori in cui l'intelligenza artificiale negli ultimi anni è stata integrata con successo, andando a diffondere le nuove tecnologie in tutti i processi aziendali. Ad esempio, nel settore del retail, è stata posta molta attenzione alla previsione della domanda per gestire in modo ottimale le scorte e ridurre gli sprechi con l'obiettivo di migliorare la disponibilità dei prodotti e personalizzare le offerte considerando specifiche categorie di clienti. L'utilizzo dell'intelligenza artificiale in questo contesto è stato anche utile per automatizzare il servizio clienti grazie all'utilizzo di chatbot o assistenti virtuali, riducendo così l'attesa e l'esperienza del cliente.

Anche nel settore dei servizi finanziari è possibile notare un impatto significativo dell'AI, infatti, le banche utilizzano modelli predittivi di ML, con l'obiettivo di analizzare una grande mole di dati al fine di identificare e soddisfare meglio le esigenze dei clienti. L'utilizzo di questi modelli risulta, inoltre, un ottimo alleato per prevenire e per mitigare l'esposizione al rischio. Le banche possono, infatti, grazie a queste tecnologie, identificare le minacce informatiche, monitorare e documentare i comportamenti fraudolenti dei clienti e prevedere i possibili rischi che possono verificarsi rispetto ai nuovi prodotti. Tali strumenti risultano, quindi, utili per l'attenuazione delle frodi, nonché per definire i servizi di consulenza finanziaria personale, il punteggio del credito e l'analisi dei prestiti.

Anche nel settore produttivo, l'impatto dell'Intelligenza artificiale e del Machine Learning negli ultimi anni sta assumendo un valore sempre maggiore. Le aziende produttive, nello specifico, negli ultimi anni hanno adottato l'automazione e introdotto nuovi strumenti sia nelle apparecchiature sia nei processi. L'utilizzo della modellazione ML ha reso possibile la riorganizzazione e l'ottimizzazione del processo produttivo e ha permesso di rendere i propri sistemi molto più reattivi alla domanda in continua evoluzione e di tenere conto del cambiamento futuro e delle previsioni che vengono effettuate. Questo ha permesso di ottenere un processo produttivo più agile e resiliente al tempo stesso. L'impatto del ML nel settore produttivo è stato preponderante e tra i maggiori benefici è possibile sottolineare i miglioramenti della resa, l'analisi della causa principale, nonché la supply chain e la gestione dell'inventario.

Capitolo 2. Applicazioni pratiche

2.1 Interazione tra AI e Supply Chain Management: analisi delle opportunità e sfide dell'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi di gestione della catena di approvvigionamento

La diffusione e la continua implementazione dell'intelligenza artificiale, come in tutti i settori, sta avendo nell'ultimo decennio un impatto decisivo sulle aziende e sulla Supply Chain Management.

L'intelligenza artificiale per le aziende rappresenta un'opportunità per migliorare il proprio business, visto l'ambiente sempre più competitivo in cui si trovano ad operare, caratterizzato da clienti esigenti rispetto al prodotto e ai servizi ricercati, da bassi margini di profitto e da alta competitività con tempi di consegna rapidi.

Questo ha portato le aziende a porre sempre maggiore attenzione alle performance della catena di fornitura con l'obiettivo di renderla più adattabile a gestire tutti i tipi di variazioni nel mondo del business volatile e un mondo commerciale in continua evoluzione.

Un aspetto importante su cui porre l'attenzione è l'introduzione dell'innovazione che gioca un ruolo fondamentale nell'implementazione e nel miglioramento della performance dell'impresa. Infatti, i ricercatori dimostrano che l'innovazione è la capacità di estrarre valore economico da idee moderne che portano a progressi nella crescita economica delle aziende. L'innovazione è un elemento fondamentale che può portare a grandi successi e benefici all'interno delle aziende e allo stesso tempo ha posto molte sfide per le aziende. Le catene di fornitura si sono evolute in una forma estremamente avanzata generando un impatto significativo sui costi di trasporto, sulla pianificazione della qualità, sull'interazione multicanale e continua delle informazioni in ogni sottosistema della rete.

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nella Supply Chain Management attraverso strategie attuali e potenziali può portare enormi miglioramenti sia nella pratica che

nello studio portando in ambedue i casi, quasi sempre, ad un impatto positivo sui lavoratori e sulla produzione, principalmente guardando alla prospettiva futura.

Il principale scopo della gestione della catena di fornitura è mantenere un flusso costante e ordinato di investimenti in beni, servizi, informazioni e denaro, riducendo al contempo i costi.

La catena di fornitura illustra la vasta gamma di lacune associate alla capacità, al tempismo, all'uso del prodotto, al lancio del prodotto e alla distribuzione. Inoltre, le aziende devono affrontare tali problemi e tendenze principalmente a causa di vendite instabili. L'emergere di tecnologie avanzate dei dati aumenterà la capacità delle aziende di controllare e influenzare la comunicazione. Un numero crescente di aziende ha iniziato ad espandere e migliorare la propria struttura informativa per soddisfare le dinamiche esigenze aziendali al fine di supportare la creazione di soluzioni per il volatile mondo degli affari.

Utilizzare l'AI nella Supply Chain Management può far sì che si possano automatizzare molte attività monotone e che si riescano a migliorare le prestazioni aziendali in modo strategico, rappresentando quindi un'opportunità per le aziende di migliorarsi e ottenere un profitto maggiore.

Negli ultimi anni l'intelligenza artificiale si è dimostrata un "estensione del cervello umano" aumentando le abilità cognitive a livelli che non sarebbero raggiungibili per l'uomo permettendo a quest'ultimo di liberare il proprio potenziale strategico e creativo.

L'intelligenza artificiale è stata incorporata in diverse suddivisioni dell'impresa e ha, negli ultimi anni, dimostrato di ridurre i costi, aumentare i rendimenti e migliorare il consumo di risorse. Un impatto enormemente positivo è stato osservato sulla previsione della domanda, inquanto con l'aiuto dell'IA possono essere analizzati grandi quantità di dati storici, come le vendite passate, i dati demografici dei clienti e le tendenze del mercato, per prevedere con precisione la domanda futura di prodotti e servizi. Ciò consente alle aziende di pianificare con precisione la domanda e l'offerta, evitando sia l'esaurimento che l'eccesso delle scorte.

Secondo un recente studio di Gartner⁸, la previsione della domanda è l'applicazione di intelligenza artificiale più comune nella supply chain. Lo studio ha rilevato che l'intelligenza artificiale è diventata una priorità strategica per le aziende di tutte le dimensioni. Il 76% delle aziende intervistate ha dichiarato di utilizzare già l'intelligenza artificiale nella propria supply chain e il 95% prevede di farlo entro il 2025.

Il ricorso all'intelligenza artificiale negli ultimi anni sta aumentando sempre di più: l'obiettivo delle aziende è quello di efficientare le proprie attività e ciò può essere fatto andando ad agire sull'enorme mole di processi presenti nella supply chain management. Lo scopo è quello di automatizzare i processi andando ad agire sulla robotica delle linee produttive e sui magazzini con traslo elevatori ma anche su attività di back office quali la gestione degli ordini, la pianificazione degli ordini di lavoro, i processi produttivi, la prenotazione dei ritiri delle merci, il picking, ecc.

Un punto di attenzione è la valorizzazione dei dati in quanto le sfide del data management moderno sono principalmente legate, in aggiunta all'aumento esponenziale dei volumi, anche all'eterogeneità dei dati e alla loro distribuzione in complessi modelli ibridi e multi-cloud. Molte aziende si stanno infatti, muovendo verso architetture Data Fabric, sebbene le soluzioni di data management presenti attualmente sul mercato non riescono a coprire tutte le funzionalità di Data Fabric richiedendo in tal caso un sistema sviluppato ad hoc.

In conclusione, l'integrazione dell'intelligenza artificiale rappresenta da un lato un'opportunità per le aziende per migliorarsi, ed essere più competitive in un mercato in continua evoluzione e soggetto a una domanda da parte dei clienti sempre più attenta agli aspetti innovativi relativi ai prodotti e servizi.

Dall'altro lato molte sono le sfide che le aziende devono affrontare per stare al passo delle innovazioni e nel riuscire ad implementare e ad investire nelle caratteristiche giuste che possano portare a dei miglioramenti e che non siano *disruptive* per le aziende. Le innovazioni, infatti, possono avere un impatto negativo sulle aziende se

⁸ Informazioni tratte da uno studio di Gartner svolto da un team di analisti, tra i quali vi sono Ravi Shankar, Michael P. Rayon, Kevin O'Marah, Peter Golder e Nikki Baird, intitolato "The future of Supply Chain Management: a Gartner Trend Insight Report" svolto considerando un campione di 500 responsabili della supply chain a livello mondiale nel primo trimestre del 2023

non sono in grado né di gestire le nuove tecnologie emergenti, né di rendersi conto dell'imminente cambiamento che sta caratterizzando il mercato.

2.2 Principali applicazioni dell'Artificial Intelligence (AI)

All'interno delle aziende, nonché nella vita di ogni giorno, l'intelligenza artificiale sta avendo un impatto sempre maggiore. L'impiego delle nuove tecnologie ha, infatti, reso più semplici molte attività precedentemente svolte dall'uomo.

È stato possibile osservare come i sistemi di intelligenza artificiale siano riusciti a semplificare, nonché a minimizzare gli sforzi dell'uomo rispetto a molte mansioni generalmente svolte dagli esseri umani all'interno delle aziende in riferimento alla catena di approvvigionamento specifica.

Sebbene questo aspetto abbia inciso molto sulle modalità in cui gli uomini svolgono il proprio lavoro, ha permesso di migliorare il risultato portando, ad esempio, in ambito aziendale, a un aumento della produzione e del valore complessivo del proprio business.

Tra i principali impieghi è possibile sottolineare:

- L'elaborazione del linguaggio naturale o **Natural Language Processing (NLP)**. Si tratta di una forma di intelligenza artificiale che permette ai computer di comprendere il testo e la lingua parlata, indipendentemente dalla nazionalità. Per realizzare quanto detto e definire dei sistemi che fossero in grado di svolgere un'attività tipica degli esseri umani è stato necessario combinare la linguistica computazionale e i modelli statistici di Machine Learning e Deep Learning. Grazie all'utilizzo di tali tecnologie è stato possibile realizzare computer che fossero in grado non solo di comprendere testi e discorsi verbali, e talvolta anche di generare una risposta.

L' NLP si compone di NPL statistico e NPL semantico: nel primo caso si parla della capacità che hanno i sistemi di effettuare un'analisi statistica delle parole e delle frasi, mentre, nel secondo caso si considera il riuscire a definire un significato e un'analisi ontologica delle parole associate tra di loro, permettendo di attribuire un significato e generare una risposta. Entrambe le funzioni risultano necessarie per permettere la relazione uomo-macchina o in alcuni casi per migliorare le relazioni uomo-uomo.

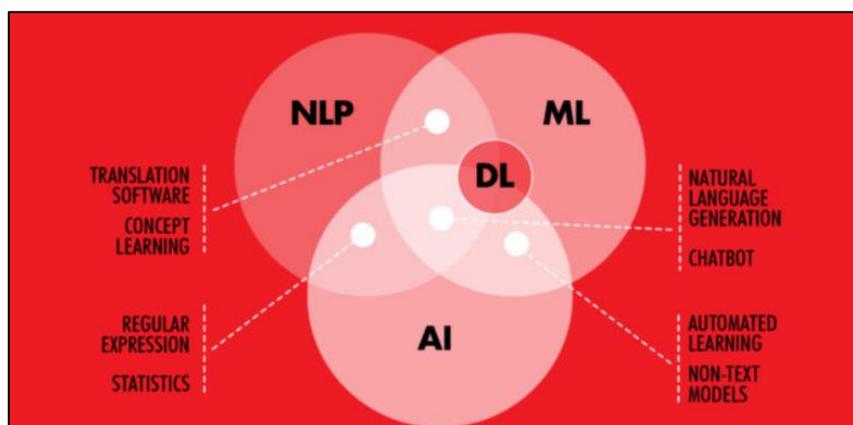


FIGURA 9. RELAZIONE TRA NLP, AI E ML

L'impiego dell'elaborazione del linguaggio naturale può risultare molto utile per effettuare conversioni da discorso a testo (speech to text), ad esempio, scrivere messaggi sotto forma di dettatura attraverso il riconoscimento vocale, o anche da discorso a discorso (speech to speech) se ad esempio si considera un discorso in una lingua, il quale viene trascritto e tradotto in un'altra lingua per poi essere condiviso come output vocale. Allo stesso modo è possibile convertire anche un testo in discorso (text to speech) se ad esempio dei contenuti in formato di testo vengono condivisi in forma verbale o anche conversioni da testo a testo (text to text) se i contenuti digitali in una lingua vengono convertiti in un'altra lingua.

Tali soluzioni basate sull'elaborazione del linguaggio naturale trovano largo impiego nei contesti aziendali, permettendo di facilitare la *customer experience*. Difatti, i clienti, grazie all'introduzione di chatbot realizzati per i vari servizi, possono essere supportati in alcuni processi e ricevere un'assistenza ad hoc in base alla richiesta specifica. In tale contesto, molto importanti sono anche i *recommendation system*, ovvero sistemi che riescono a fornire agli utenti un'assistenza personalizzata. Nello specifico questo tipo di strumenti è utilizzato quando si vuole orientare il cliente alla consultazione di cataloghi di prodotti. Attraverso uno studio di clienti simili e considerando lo storico degli acquisti il sistema riesce a fornire un risultato ottimale rispetto al prodotto o servizio più in linea con le caratteristiche del customer. Questa innovazione, oltre ad avere un impatto positivo sulla customer experience, è riuscita anche a incrementare i ricavi delle aziende che ne fanno uso.

Un ulteriore impiego del NLP è stato visto negli ultimi anni anche nella sicurezza informatica, grazie a sistemi in grado di individuare lo spam e tentativi di attacchi ai sistemi, così come nel marketing. Negli ultimi anni, infatti, si parla di Marketing Intelligence grazie alla capacità dei sistemi di estrapolare informazioni da post o recensioni tramite i canali di comunicazione digitale.

- L'elaborazione delle immagini o Natural Image Processing o Computer Vision o Image Processing o Machine Vision. In questo caso, si parla della capacità, insita in alcuni sistemi di riuscire a vedere l'ambiente circostante. Per perseguire questo obiettivo i sistemi devono essere in grado di catturare immagini fisse, come foto, e immagini in movimento, come i video, con l'obiettivo di ottenere un'immagine o dei dati utili per prendere decisioni. Per far ciò, è necessario addestrare algoritmi con un gran numero di immagini in modo tale che riescano a fornire un output accurato a valle della visualizzazione, questo perché i sistemi intelligenti riescono a riconoscere ciò che vedono in base al dataset di informazioni presenti al loro interno, ma non sono in grado di comprenderne il risultato.

Anche in questo caso, come il NPL, vi è un largo uso di tale tecnologia nelle aziende. Infatti, risultano molto utili nella *manutenzione degli impianti*, riuscendo a monitorare gli asset industriali e rilevare anomalie o guasti o anche nel *monitoraggio dei prodotti*, grazie alla capacità di individuare non conformi nella produzione considerando le specifiche che sono state fornite ai sistemi. Inoltre, possono essere utilizzati anche per la *sicurezza nei luoghi di lavoro* rilevando, nel caso in cui si verificano, potenziali situazioni di rischio e pericolo o anche per *verificare gli accessi* attraverso il riconoscimento facciale.

- Large Language Model – Generative AI. L'introduzione di strumenti caratterizzati da elementi di modelli linguistici di grandi dimensioni ha avuto un impatto determinante su aspetti operativi aziendali. Ad esempio, strumenti di linguistica, come la traduzione automatica, che ha permesso di tradurre testi di diverse lingue in modo molto preciso, hanno permesso di estendere il business delle aziende a livello internazionale permettendo di estendere il raggio geografico d'azione e di diffondere servizi e prodotti in mercati, talvolta anche molto lontani. La traduzione di testi, oltre ad incrementare la diffusione di prodotti e servizi in differenti aree geografiche, ha

permesso anche di facilitare la comunicazione interculturale e facilitare l'accessibilità a informazioni cruciali.

Oltre a permettere la traduzione di testi, grazie all'LLM è stato anche possibile utilizzare tool che permettessero di riassumere ed estrarre informazioni salienti dai testi, permettendo di svolgere task in modo più veloce e senza affaticare gli esseri umani che in tal modo possono svolgere un maggior numero di compiti. L'impatto decisivo di tool che utilizzano la Generative AI, è stato riscontrato nell'interazione con il cliente. Questo aspetto è dovuto al fatto che, grazie a sistemi che riescono a costruire relazioni uomo-macchina, i clienti riescono ad ottenere assistenza rispetto al servizio o prodotto offerto dalle aziende con la possibilità di porre domande accurate e ottenere risposte anche molto veloci. Tali sistemi sono infatti, in grado di fornire un'assistenza personalizzata che permette ai clienti che saranno automaticamente più soddisfatti.

- Le Chatbot o Virtual Assistant. Grazie a sistemi progettati ad hoc in grado di comprendere il linguaggio naturale, sia esso scritto o vocale, l'utente può richiedere informazioni a tali sistemi, i quali saranno in grado di rispondere in base alle proprie conoscenze. Anche in questo caso, si può considerare un utilizzo di tali sistemi nei contesti aziendali. Infatti, molte aziende stanno integrando tali sistemi, soprattutto per la gestione del customer care, in particolare nel primo livello di gestione dell'assistenza, cercando di fornire una risposta al cliente o indirizzare il suo problema.
- Gli Autonomous Robot. In questo caso si parla di sistemi elettronici e supporti meccanici in grado di aiutare o sostituire il lavoro degli esseri umani. Tali sistemi sono programmabili in modo tale da svolgere attività autonomamente, grazie alle competenze acquisite. Rispetto ai robot tradizionali, in cui l'impatto dell'AI era piuttosto minimo, oggi i robot sono in grado di comprendere ed adattarsi all'ambiente esterno. Questo permette, quindi, di prevedere ed evitare possibili imprevisti che possono verificarsi e di imparare dall'ambiente esterno. Negli ultimi anni, nel contesto aziendale è stato fatto un largo uso dei robot autonomi, che risultano utili soprattutto come supporto per le attività svolte dall'uomo, ad esempio, quelle che risultano pericolose per gli esseri umani o il cui esito non è soddisfacente in termini di risultato atteso. In base all'ambito e al contesto in cui sono impiegati, i robot possono avere dimensioni e funzionalità diverse. I sistemi maggiormente utilizzati sono robot

collaborativi e robot mobili: i primi sono antropomorfi, ovvero, in grado di svolgere funzioni simili a quelle che fisicamente gli uomini potrebbero portare a termine; i secondi sono invece in grado di spostarsi, riuscendo ad evitare facilmente gli ostacoli fissi e non fissi, ad esempio, macchinari in movimento o altri esseri umani.

I robot collaborativi sono in grado di lavorare in simbiosi con un altro operatore umano, condividendo la medesima area di lavoro grazie a sensori capacitivi, che inviano segnali tali da far ridurre la velocità o interrompere il funzionamento del macchinario se necessario. A differenza dei robot tradizionali che per svolgere queste attività dovevano essere appositamente programmati e riprogrammati in base all'utilizzo, quelli con l'AI sono in grado di imparare sul campo, riuscendo a memorizzare i movimenti grazie ad appositi sensori. Questi strumenti sono in grado di apportare numerosi vantaggi in ambito aziendale in termini di produzione. Infatti, è possibile ripartire il lavoro tra l'operatore e il robot sfruttando gli aspetti caratterizzanti dell'uno e dell'altro: ad esempio facendo svolgere attività più complesse soggette a variabilità elevata all'uomo e attività molto ripetitive alla macchina. L'utilizzo di questi strumenti ha incrementato e migliorato i processi produttivi, riducendo il numero di non conformi e di guasti e contribuendo anche all'aumento di volumi produttivi.

Riguardo ai robot mobili, sono dotati di laser scanner, telecamere e tecnologie di localizzazione che permettono alla macchina di muoversi in autonomia, riuscendo a evitare eventuali ingombri nell'area di lavoro. È necessario però, programmare la macchina andando ad inserire alcune informazioni in input, quali, i punti di origine e destinazione in modo tale che il robot possa capire le dimensioni dell'area all'interno della quale deve muoversi. Anche per i robot mobili vi è un utilizzo molto elevato in aziende di produzione, in quanto, tali macchine riescono a minimizzare i tempi di trasporto merce e permettono di sollevare e spostare facilmente una mole elevata di materiale, cosa che solo con il lavoro dell'essere umano non sarebbe possibile.

2.3 Applicazioni pratiche dell'AI al Supply Chain Management (SCM).

Nel seguente studio è stato preso come modello di analisi lo standard internazionale SCOR, Supply Chain Operations Reference⁹, già presentato nei capitoli precedenti, secondo il quale la catena di fornitura si compone di 5 categorie: pianificazione, approvvigionamento, produzione, distribuzione, ritorno e supporto.

Rispetto a ciascuna delle categorie elencate è possibile analizzare l'impatto e le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale che variano a seconda del contesto, degli obiettivi e dei dati disponibili.

È possibile analizzare l'impatto dell'AI nelle diverse categorie:

- **PIANIFICAZIONE:** grazie all'intelligenza artificiale, è stato possibile ottenere vantaggi in termini di previsione e pianificazione della domanda, di pianificazione delle vendite e delle risorse produttive e della gestione delle scorte. L'utilizzo dell'intelligenza artificiale, più nello specifico del Machine Learning, ha fatto sì che ci fossero enormi vantaggi in termini di analisi e gestione della domanda. Difatti, i dati che provengono dalla domanda non sono lineari e sono molto complessi e hanno strutture e pattern ambigui. L'utilizzo del Machine Learning è riuscito a lenire questa problematica grazie a applicazioni che sono in grado di imparare dai dati garantendo una maggiore flessibilità e riuscendo ad evitare fenomeni di stockout e l'effetto bullwhip o effetto frusta. Tra i vantaggi più evidenti dell'AI in questo processo troviamo: la riduzione dell'errore di previsione e dei giorni di copertura, la crescita dell'indice di rotazione delle scorte e la riduzione del numero di esaurimento delle scorte. Più nello specifico utilizzando gli algoritmi di Machine Learning è possibile prevedere le fluttuazioni della domanda e dell'offerta e definire dei piani tali da ottimizzare le decisioni di produzione, approvvigionamento e distribuzione. Sebbene i vantaggi siano significativi, è necessario identificare anche delle limitazioni, per

⁹ Informazioni aggiuntive riguardo al modello SCOR sono presenti nel capitolo 1 alla sezione 1.1.1.

esempio, la necessità di un numero elevato di dati storici che permetta di raggiungere l'accuratezza desiderata.

Oltre che per la previsione della domanda, l'AI è stata applicata anche per ottimizzare i processi di pianificazione delle vendite e delle risorse produttive (S&OP – Sales & Operations Planning) e alla pianificazione delle MRP (Material Requirements Planning) tali da garantire la disponibilità dei materiali e rispettare le date di consegna dei prodotti finiti. Tra i metodi più utilizzati è possibile trovare l'algoritmo K-means, ovvero un modello di previsione della domanda che combina diverse tecniche di previsione per ottenere una previsione più accurata. Tale modello è composto da quattro componenti:

- 1) K: un modello di regressione lineare che utilizza le vendite passate per prevedere la domanda futura;
- 2) M: un modello di media mobile che utilizza le vendite passate per identificare le tendenze a lungo termine;
- 3) E: un modello di errore stagionale che utilizza le vendite passate per identificare le tendenze stagionali;
- 4) N: un modello di intelligenza artificiale che utilizza i dati storici e le informazioni esterne per prevedere la domanda futura;

L'equilibrio K-means viene utilizzato per prevedere la domanda di prodotti o servizi che sono soggetti a fattori stagionali o imprevedibili. Il modello è particolarmente utile per le aziende che operano in settori come il retail nel quale il modello può risultare utile per prevedere la domanda di vestiti per la stagione invernale, o settore del turismo nel quale può risultare utile prevedere la domanda di voli per le vacanze estive e infine il settore dell'agricoltura, nel quale grazie al modello è possibile definire una previsione più accurata della domanda di prodotti agricoli per la stagione delle raccolte.

- APPROVVIGIONAMENTO: così come nella produzione anche nell'approvvigionamento, l'intelligenza artificiale sta avendo un impatto sempre più significativo. Tra gli aspetti di maggiore importanza troviamo l'acquisto di beni e servizi da fornitori esterni nel quale l'intelligenza artificiale è stata utilizzata con

l'obiettivo di migliorare l'efficienza, l'efficacia e la resilienza della catena di approvvigionamento. Nelle aziende la selezione dei fornitori è infatti un aspetto su cui riporre molta attenzione in quanto è una delle fasi cruciali e maggiormente significative per essere maggiormente competitivi sul mercato. Difatti, la scelta del giusto fornitore può influenzare alcune dimensioni quali il tempo, i costi e la qualità che hanno un peso preponderante sul successo dell'azienda.

La maggior parte degli studi su quest'argomento ha utilizzato la combinazione di *Fuzzy Set Theory*¹⁰ (teoria degli insiemi sfocati) e *Multi-Criteria Decision Model (MCDM)* per analizzare gli attributi dei fornitori e gli obiettivi contrastanti dovuti all'identificazione di fornitori sia affidabili e sia convenienti. La teoria degli insiemi sfocati ha permesso alle aziende di valutare i fornitori in base a criteri quali, il prezzo, quindi il costo dei prodotti o servizi forniti dal fornitore, la qualità e i tempi di consegna. Per ciascun criterio l'azienda, in base al proprio business, potrebbe assegnare un peso diverso in base all'importanza che attribuisce a tale aspetto inerente al fornitore. L'attribuzione del peso permette, poi, all'azienda di ricavare per ciascun fornitore un punteggio, che permetta di stilare una classifica e scegliere quello che risponde in modo più appropriato alle esigenze dell'azienda. Il modello decisionale multicriterio, invece, è un tipo di modello decisionale che viene utilizzato per prendere decisioni in situazioni in cui ci sono più criteri da considerare: si tratta di criteri quantitativi come il prezzo e la qualità, visti anche nel modello precedente, ma anche criteri qualitativi, ovvero la soddisfazione del cliente o la sostenibilità aziendale. Anche in questo caso il modello viene utilizzato nella selezione dei fornitori, ma può essere utile anche nella gestione delle scorte, vale a dire per determinare i livelli ottimali delle scorte in azienda e in questo caso tra i criteri presi in considerazione troviamo, per esempio, la domanda, i costi di inventario e i costi di approvvigionamento.

¹⁰ La "fuzzy set theory" o teoria degli insiemi sfocati è stata introdotta da Lotfi A. Zadeh nel 1965 ed è una teoria matematica che estende la teoria degli insiemi classica per consentire l'appartenenza parziale. In una teoria degli insiemi classica, un elemento appartiene o non appartiene a un insieme. Nella teoria degli insiemi sfocati può appartenere a un insieme con un certo grado di appartenenza.

Tra le altre tecniche utilizzate per l'approvvigionamento vi è anche l'Artificial Neural Network (ANN), ovvero modelli matematici ispirati al funzionamento del cervello umano, che hanno l'obiettivo di apprendere dai dati e adattarsi a situazioni complesse e non lineari. Le reti neurali artificiali sono caratterizzate da neuroni, ovvero unità di calcolo che sono organizzate in strati e connesse tra loro da pesi. Questo tipo di intelligenza artificiale può essere utilizzata per apprendere e fare previsioni da dati complessi. Anche in questo caso tale modello viene utilizzato dalle aziende per la selezione dei fornitori e per la gestione delle scorte. Nel primo caso il modello è utile per definire i fornitori ottimali in base alle esigenze dell'azienda andando a porre attenzione su una serie di criteri quali, il prezzo, la qualità ma anche aspetti come sostenibilità o puntualità; nel secondo caso, invece, le ANN sono utilizzate per la previsione della domanda futura e per la pianificazione delle scorte in modo accurato. In quest'ultimo caso il vantaggio che le aziende riscontrano è quello di avere costi di inventario più bassi e di migliorare la soddisfazione del cliente. Un ulteriore utilizzo delle reti neurali artificiali è, infine, inerente alla valutazione del rischio di approvvigionamento da fornitori specifici o da regioni specifiche. In questo caso può risultare utile scegliere fornitori con i quali la probabilità che si verifichi un rischio è minima e che siano in grado di gestire e mitigare i rischi.

- **PRODUZIONE:** utilizzando algoritmi di computer vision, di riconoscimento vocale, della robotica e di apprendimento automatico, utili per far sì che la qualità sia migliore, gli impianti siano più produttivi, che venga prevista una manutenzione ex ante e che gli operatori riescano a lavorare in maggiore sicurezza. Nel caso della produzione, il focus è principalmente sullo scheduling, la produzione, la qualità e la manutenzione. Per quanto concerne lo scheduling, vi è un largo uso delle reti neurali artificiali per definire i percorsi ottimali dei resi e spesso viene utilizzato l'algoritmo di "ricottura simulato"¹¹ utile per prevedere i guasti e ciò andando a sfruttare una prevenzione sulle macchine può far sì che i costi di riduzione siano decisamente meno elevati.

¹¹ L'algoritmo di ricottura simulata (SA) è un algoritmo di ottimizzazione metaeuristica che è stato utilizzato con successo per risolvere una varietà di problemi di ottimizzazione, tra cui problemi combinatori, problemi di controllo e problemi di ottimizzazione matematica. L'algoritmo SA ha diversi vantaggi rispetto ad altri algoritmi di ottimizzazione. Innanzitutto, è in grado di trovare soluzioni

Oltre all'algoritmo di ricottura molto utilizzato è anche la "fuzzy logic"¹², utile per migliorare l'efficienza e l'efficacia della produzione. Tale logica può essere utile, se, ad esempio, viene applicata al software, per definire il miglior flusso nelle officine, consentendo una riduzione del tempo del ciclo produttivo o anche per definire il miglior flusso nei problemi di pianificazione della produzione. Spesso l'utilizzo nella pianificazione è anche inerente al controllo del processo produttivo per far sì che questo risulti efficiente e preciso. Può essere infatti utilizzata per controllare aspetti come la pressione, la temperatura o la velocità del processo.

Uno degli aspetti del processo produttivo su cui l'AI ha avuto un impatto decisivo è il controllo qualità. Infatti, il test del prodotto e il rilevamento dei guasti nel processo o negli output intermedi sono fondamentali per non compromettere la qualità del prodotto, ma anche la sicurezza e l'efficienza. L'intelligenza artificiale è stata infatti, largamente utilizzata per correggere gli errori nei processi di produzione e per garantire che i prodotti soddisfino i requisiti di qualità e non presentino difetti. Un ulteriore approccio per prevenire i guasti è senza dubbio anche l'analisi dei dati attraverso la quale è possibile identificare i modelli di difetti nei prodotti e identificare le cause dei guasti dei macchinari e prevenire così i problemi di qualità prima che si verifichino.

- **DISTRIBUZIONE:** grazie all'utilizzo di algoritmi di ottimizzazione, di apprendimento automatico e di blockchain è possibile migliorare la gestione dei trasporti, dei magazzini, delle consegne e della tracciabilità dei prodotti.

In riferimento ai processi di deliver, un impatto molto importante dell'AI è stato studiato in riferimento allo stoccaggio. Difatti, grazie all'utilizzo dell'AI è stato possibile prevedere meglio la domanda e allocare le scorte in modo efficiente e fornire una rappresentazione visiva dei risultati dello stoccaggio in modo da evitare scorte eccessive. L'utilizzo delle chatbots ha permesso alle aziende di rispondere a richieste generiche dei clienti e di automatizzare le vendite dirette. Gli assistenti virtuali

approssimative a problemi di ottimizzazione con più minimi locali. In secondo luogo, è relativamente semplice da implementare. In terzo luogo, può essere utilizzato per risolvere una varietà di problemi di ottimizzazione.

¹² La "Fuzzy logic" è un ramo dell'intelligenza artificiale che si occupa della rappresentazione e dell'elaborazione dell'incertezza. Tale logica permette di rappresentare valori di verità graduali, compresi tra vero e falso utile per modellare fenomeni reali che sono caratterizzati da incertezza

risultano infatti, particolarmente efficaci per l'automatizzazione delle richieste del servizio, in quanto possono personalizzare con i clienti rilevando le loro personalità e adattandosi a loro. La presenza dell'intelligenza artificiale è riuscita a ridurre il tempo medio di pianificazione dell'offerta del 60% e aumentare il tasso di accettazione del preventivo del 78%.

L'AI è inoltre, riuscita a garantire l'ottimizzazione logistica. Questo aspetto può essere spiegato, andando ad analizzare l'impatto delle reti neurali artificiali e delle tecniche basate sugli algoritmi generici: attraverso l'individuazione e l'analisi di tag presenti nei pallet è stato possibile definire quanto il layout del magazzino fosse stato ottimizzato, nonché analizzare l'impatto positivo relativo alla riduzione dei tempi di approvvigionamento e di trasporto. Di conseguenza, un impatto positivo è stato analizzato in termini di instradamento dei mezzi di trasporto e la riduzione dei tempi di attesa dei camion.

In conclusione, l'impatto dell'AI sulla distribuzione ha portato a molti vantaggi ma tra i principali troviamo *la soddisfazione del cliente* grazie ad un servizio più preciso, rapido ed efficiente, *la riduzione dei costi*, agendo sull'efficienza e l'efficacia delle operazioni, e infine, *la maggiore qualità*, grazie all'automazione di molte attività e alla gestione migliori dei rischi.

- RITORNO: attraverso l'utilizzo di algoritmi di apprendimento automatico e di analisi dei dati che possono migliorare la gestione dei resi, dei rimborsi, del riciclo e della sostenibilità. Per analizzare l'impatto dell'AI sul return, molti studi hanno preso in considerazione tematiche relative all'economia circolante e alla logistica inversa, più complessa della logistica in uscita. Quest'ultima risulta infatti, meno complessa in quanto non genera problemi nella definizione dei volumi, della qualità e dei tempi di restituzione dei prodotti. L'utilizzo dell'AI, nell'economia inversa può definire soluzioni quantitative più robuste rispetto agli altri metodi, e può portare a un miglioramento della progettazione della rete riducendo i costi di trasporto e i costi di manutenzione a scorta senza ledere il servizio clienti e automatizzando il servizio dei resi rendendolo più veloce e riducendo l'impatto ambientale.

- **SUPPORTO:** l'intelligenza artificiale è utilizzata principalmente per la gestione delle risorse utilizzando tecniche basate su ANN e ML, utili per l'elaborazione del linguaggio naturale alla base delle chatbot, che può essere un sistema utile per assistere, guidare e distribuire i nuovi dipendenti in compiti ripetitivi.

In conclusione, l'AI nella Supply Chain Management ha portato a numerosi vantaggi quali:

- la riduzione dei costi, resa possibile grazie all'ottimizzazione delle risorse e alla riduzione delle scorte, ma anche dalla prevenzione dei guasti e minimizzazione degli sprechi;
- l'aumento della produttività, grazie all'aumento della velocità, della precisione e della flessibilità, nonché all'implementazione dei processi innovativi e dei prodotti;
- il miglioramento della qualità, grazie al miglioramento della conformità, della consistenza, della personalizzazione e della sicurezza dei prodotti e dei servizi;
- il miglioramento della soddisfazione della disponibilità, della puntualità, della trasparenza e della fedeltà dei prodotti e dei servizi.

È necessario sottolineare che l'introduzione delle innovazioni oltre a determinare dei vantaggi per le aziende ha anche posto quest'ultime di fronte a delle sfide come:

- la complessità tecnologica, che richiede competenze specifiche, infrastrutture adeguate, integrazione dei sistemi e protezione dei dati;
- la complessità organizzativa, che richiede cambiamenti culturali, nuovi modelli di governance, nuove forme di collaborazione e nuove competenze umane;
- la complessità etica, che richiede responsabilità, trasparenza, equità e sostenibilità nelle decisioni e nelle azioni basate sull'AI.

2.4 Applicazioni dell'Artificial Intelligence nella Supply Chain Management: focus su tre tipologie di aziende.

Dati i vantaggi e le possibili sfide descritte nel paragrafo precedente, è possibile distinguere alcune applicazioni pratiche dell'AI che hanno avuto un impatto significativo in 3 ambiti molto diversi gli uni dagli altri:

- Retail
- Finance
- Manufacturing.

Nei tre diversi ambiti l'intelligenza artificiale è stata introdotta nella catena di approvvigionamento dell'azienda con l'obiettivo di ottenere specifici vantaggi.

2.4.1 RETAIL: ruolo dell'AI nella previsione accurata della domanda e nella gestione degli stock e automazione del servizio clienti

Numerose aziende negli ultimi anni stanno introducendo l'utilizzo dell'AI nell'ambito del retail, con l'obiettivo di:

- *prevedere la domanda e gestire le scorte* in modo opportuno grazie ad algoritmi di apprendimento automatico, che permettono alle aziende di ridurre gli sprechi e migliorare la disponibilità dei prodotti nonché di personalizzare le offerte in base ai dati raccolti, creando promozioni e offerte ad hoc.

- *automatizzare il servizio clienti* reso possibile dall'utilizzo di chatbot o assistenti virtuali, riducendo così l'attesa e l'esperienza del cliente.

Riguardo alla previsione della domanda, essa è resa possibile dalla capacità, propria dell'intelligenza artificiale, di riuscire ad analizzare una quantità molto elevata di dati che permette di definire le tendenze, nonché i modelli che sono in grado di guidare la l'esperienza dell'utente nell'acquisto.

I comportamenti dei clienti e le aspettative rispetto ai prodotti e servizi sono in continua e rapida evoluzione, di conseguenza molte aziende ricercano pratiche ottimizzate di supply chain e reti connesse al cloud per risultare più vantaggiosi in un mercato molto volatile.

La previsione della domanda in questo contesto risulta fondamentale in quanto aiuta pianificare le risorse materiali basate sulla domanda, la logistica in entrata, la produzione, nonché la pianificazione finanziaria e il risk assessment.

Per effettuare delle previsioni sulla domanda possono essere utilizzati dati sia qualitativi sia quantitativi raccolti da fonti di dati endogeni ed esogeni lungo la catena di fornitura di una specifica azienda. Quando si parla di dati quantitativi si considerano delle informazioni interne e dati che provengono dall'interno dell'organizzazione. Un esempio, sono *le vendite passate* rispetto alle quali si vanno a considerare i numeri e si fa riferimento a dati storici e i periodi in cui il *volume degli acquisti* è risultato maggiore.

Sfruttando la disponibilità dei dati storici, delle variabili esogene e dei comportamenti d'acquisto dei clienti è possibile analizzare la stagionalità dei prodotti, le preferenze degli utenti, le condizioni di mercato, i tempi, le promozioni, i prezzi, ecc.

La previsione della domanda in ambito aziendale può avere innumerevoli vantaggi, quali, ad esempio, la possibilità di pianificare in modo accurato la produzione ex ante, nonché la gestione degli ordini e delle scorte considerando delle stime molto precise. Questi vantaggi hanno portato le aziende ad ottenere dei benefici in termini di ricavo grazie alla riduzione dei costi sia in ambito produttivo sia in riferimento alla gestione dei magazzini.

Dati i vantaggi ottenuti, nella gestione della catena di fornitura, è sempre stata posta molta attenzione al cliente, con l'obiettivo di mantenere alto il livello di servizio. L'obiettivo nella Supply Chain Management è quello di garantire e assicurare che il prodotto sia disponibile in qualsiasi fase della filiera. Nella produzione, la stima della domanda può, infatti, essere vista come un punto di partenza. Questo perché, partendo da una stima di quanto i clienti finali consumerebbero rispetto ad un determinato servizio o prodotto, è possibile definire e pianificare tutte le fasi della supply chain.

Prevedere la domanda in modo accurato è molto complesso in quanto essa è soggetta a una *volatilità*, dovuta principalmente a fattori quali i prezzi, le tendenze, la stagionalità, le attività promozionali, ecc. Una previsione della domanda non precisa può comportare molti costi aggiuntivi o a ricavi inferiori: se ad esempio è stata effettuata una stima dei volumi in eccesso, sarà necessario sostenere dei costi di smistamento nonché dei costi di magazzino e ciò vincolerebbe il capitale circolante in modo significativo; al contrario se la stima è stata effettuata in difetto, questo comporta mancate vendite e costi di stock out. Per evitare quindi, l'impatto della volatilità molte

aziende hanno fatto ricorso all'intelligenza artificiale che permette di ottenere risultati più precisi rispetto i metodi tradizionali basati su modelli stocastici.

A differenza di questi ultimi, che si basavano su ipotesi fatte dall'uomo, i modelli che fanno ricorso all'AI utilizzano invece algoritmi non lineari.

Tra i modelli dell'AI più utilizzati e che permettono di ottenere risultati migliori ci sono:

- 1) RETI NEUTRALI ARTIFICIALI (ANN, Artificial Neutral Network)
- 2) MACCHINE DI VETTORI A SUPPORTO (SVM, Support Neutral Network)
- 3) ALBERI DECISIONALI

Nel primo caso, ciò che contraddistingue le ANN, come già anticipato nella trattazione, è il fatto che esse cercano di riprodurre il funzionamento del cervello umano e di simulare le modalità di elaborazione delle informazioni proprie del cervello umano. Esse risultano in grado di imparare dai dati e dall'esperienza e riuscendo a modellizzare il futuro e a offrire dei risultati completi, nonostante le criticità dovute alla volatilità delle informazioni in input. Tale metodo riesce a fornire un output accurato nelle previsioni di lungo periodo e nelle serie temporali non lineari. L'unico aspetto negativo è legato alla natura a "Black Box" ovvero, questi sistemi risultano difficili da interpretare e rilevare l'evoluzione della funzione obiettivo.

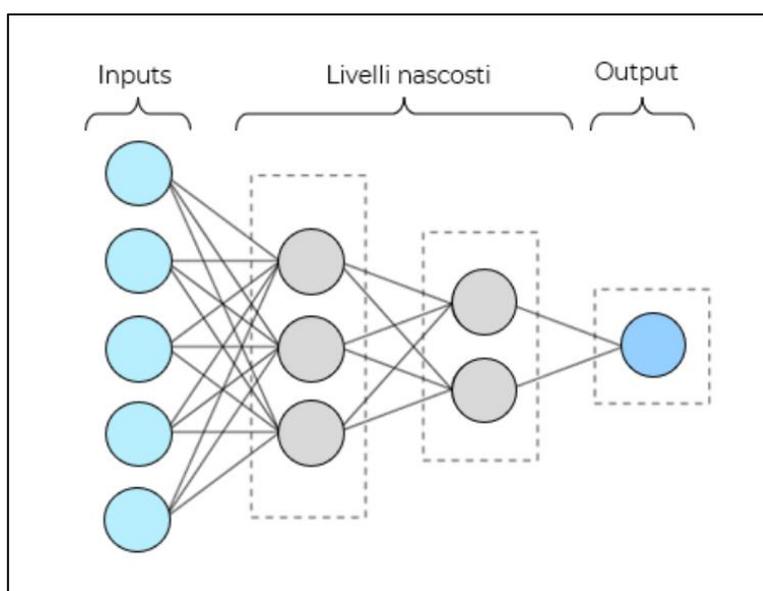


FIGURA 10. MODELLO DI RETE NEUTRALE

Nel secondo caso, le macchine di vettori a supporto sono modelli che sfruttano l'Artificial Intelligence per studiare i dati con l'obiettivo di effettuare una classificazione o delle analisi di regressione. Questi due metodi risultano molto utili laddove non si possano considerare i dati storici riguardanti i prodotti. La classificazione del Support Vector Machines, prevede la suddivisione, dato un determinato prodotto, dei dati in categorie. Grazie a questa suddivisione in categorie è possibile effettuare delle osservazioni e prevedere un determinato comportamento in base a specifiche categorie. Di conseguenza, anche se rispetto a specifici prodotti non sono disponibili dati storici sarà possibile prevedere il comportamento considerando la categoria di appartenenza e ipotizzando che quelli che appartengono alla medesima categoria hanno comportamenti simili. Tali modelli sono basati su un apprendimento statistico, ed essendo basati su formulazioni matematiche sono in grado di fornire una soluzione ottimale rispetto ai metodi visti precedentemente. Infine, tali modelli risultano maggiormente precisi quando si considerano piccole quantità di dati di addestramento.

Il terzo caso, invece fa riferimento ad un approccio di data mining ovvero l'albero decisionale.

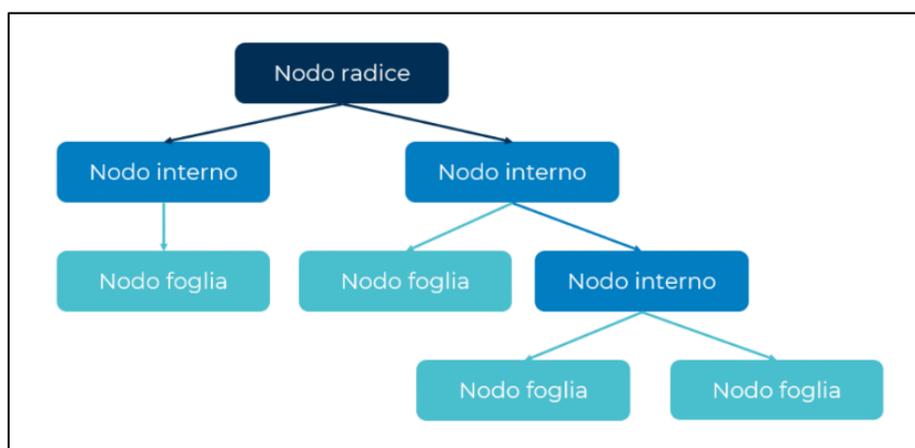


FIGURA 11. STRUTTURA DELL'ALBERO DECISIONALE

L'albero decisionale è caratterizzato da una struttura (visibile nella figura sopra) secondo la quale, partendo da un livello, definito nodo radice, è possibile proseguire

con il criterio successivo, nodi interni, fino ad arrivare ai nodi foglia. Considerando un prodotto è possibile, effettuare una classificazione che risulta, attraverso questo metodo, di più facile comprensione. Questo aspetto, rispetto al metodo analizzato precedentemente, rappresenta sicuramente un vantaggio, ma bisogna considerare che possono risultare anche imprecisi a causa della loro poca flessibilità rispetto a prodotti diversi. Costruire quindi, un albero talvolta può risultare poco esplicativo per le analisi che si vogliono effettuare e di conseguenza potrebbe essere utile costruire una *Random Forest* ovvero un insieme di alberi decisionali che comprendono una quantità maggiore di dati su cui fare le analisi.

L'utilizzo dei modelli appena descritti permette di ottenere molti benefici per le aziende, quali, una previsione accurata, realistica e affidabile, utili nella gestione della catena della fornitura, garantendo una reazione maggiore ai cambiamenti.

Si parla di una previsione più *accurata*, in quanto, la previsione che si ottiene da modelli di intelligenza artificiale sono in grado di fornire una pianificazione della produzione più precisa e questo permette di gestire in modo ottimale l'inventario. Grazie alle previsioni, se si considera un periodo di tempo più lungo, è possibile definire una curva dell'andamento della domanda che permette alle aziende di fare innumerevoli considerazioni rispetto alla produzione, con l'obiettivo di ridurre l'eccesso di scorte o le scorte mancanti, e rispetto alla fornitura dei fornitori, potendo richiedere la giusta quantità di prodotti con largo anticipo.

La previsione è inoltre, *realistica*, in quanto grazie all'intelligenza artificiale è possibile considerare un numero maggiore di dati relativi al tempo e all'ambiente circostante e di prendere in considerazione le dinamicità del mercato, permettendo alle aziende di prendere delle decisioni più realistiche e consolidate.

Infine, la previsione è affidabile perché permette di utilizzare dei dati più concreti e non basati su ipotesi effettuate a partire dai dati storici. I metodi di Artificial Intelligence, infatti, considerano un'enorme quantità di dati in input che riescono a fornire un output molto più dettagliato e preciso.

Riguardo, invece, l'automatizzazione del servizio clienti, molte aziende utilizzano tecnologie relative all'intelligenza artificiale con l'obiettivo di migliorare l'esperienza

del cliente sia prima dell'acquisto che a valle di esso, fornendo un'assistenza ad hoc che permetta di soddisfare i clienti e di migliorare il servizio futuro.

Andare ad agire sul servizio clienti per un'azienda risulta particolarmente importante. Difatti senza cliente non si può parlare di Supply Chain, sia se si considerano i servizi e sia se si parla di prodotti, in quanto la realizzazione di entrambi è finalizzata all'acquisto da parte del cliente. È importante che un cliente viva un'esperienza positiva rispetto al servizio offerto dall'azienda, in quanto anche una sola esperienza negativa può influire molto andando ad allontanare le persone dall'acquisto.

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale, in questo contesto, ha permesso di snellire i tempi necessari per l'assistenza e di fornire delle opzioni self-service, in cui i clienti grazie ad appositi sistemi come chatbot o servizi di assistenza virtuale possono ricevere risposte alle proprie domande in pochi secondi e in qualsiasi ora del giorno. Difatti, le chatbot basate sull'AI riescono a riprodurre conversazioni con clienti e sono in grado di rispondere alle domande più frequenti, fornire informazioni e guidare i clienti attraverso processi semplici e trasferire le richieste più complesse agli operatori umani. Questo permette di facilitare il lavoro umano, difatti gli agenti possono concentrarsi su attività più complesse e meno ripetitive. L'obiettivo raggiunto dalle aziende è stato quello di riuscire a fidelizzare maggiormente i clienti offrendo dei servizi di assistenza più vantaggiosi e di aumentare la redditività. L'automazione e l'introduzione dell'Artificial Intelligence non comporta, però, una sostituzione degli agenti umani, ma bensì rende più facile e veloce il lavoro: permette, infatti, di ridurre i tempi di attesa relativi ad attività lunghe e ripetitive crea dei workflow più efficienti.

Talvolta l'utilizzo di tool dotati di intelligenza artificiale, risulta vantaggioso per indirizzare il problema agli agenti: permette di inviare il problema ad una determinata funzione aziendale e al personale preposto. In quest'ultimo caso si tratta di *Triage Intelligence*, che è caratterizzata da sistemi in grado di discernere automaticamente le richieste del cliente in base allo scopo, alle lingue e al sentiment. Questo permette di indirizzare la richiesta verso l'agente più adatto per portare a termine la risoluzione del problema risparmiando un'enorme quantità di tempo.

Oltre a fornire assistenza a seguito dell'acquisto di un prodotto o servizio, l'intelligenza artificiale può risultare utile anche nella esperienza di shopping del

cliente. Difatti, sistemi di *raccomandazioni personalizzate* che permettono ai sistemi di raccogliere dati ed informazioni relative alle preferenze degli utenti e consigliare il prodotto più adatto alle loro esigenze. Un ulteriore sistema che strutta l'AI è la ricerca visiva e le raccomandazioni, che permette ai clienti di cercare prodotti utilizzando immagini o parole chiave e offre la possibilità ai clienti di provare anche i prodotti online. Ad esempio, molti negozi online che vendono occhiali offrono la possibilità di provare i prodotti virtualmente. Questo rappresenta un vantaggio enorme per il cliente, che in questo modo ha la possibilità di acquistare i prodotti comodamente da casa.

Un esempio di Artificial Intelligence nell'esperienza di Shopping è rappresentato dall'azienda "L'Oréal"¹³ che con l'aiuto dell'azienda NTT DATA¹⁴ ha realizzato un assistente virtuale in grado di guidare il cliente nell'acquisto di specifici prodotti e in grado di fornire un'assistenza personalizzata nell'acquisto. Rispetto ai classici bot in grado di fornire un numero limitato di risposte e non molto precise. Per la realizzazione del tool, le aziende sopra citate di sono servite dell'AI Generativa e di innovazioni di Open AI in gradi di comprendere bene conversazioni scritte e parlate.

2.4.2 FINANCE: prevenzione delle frodi, processi automatizzati, previsione del tasso di cambio della valuta estera, recupero del credito.

Così come nel retail, anche in ambito finanziario vi è stato un imminente ricorso a tecnologie con intelligenza artificiale negli ultimi anni. L'introduzione di nuove tecnologie ad alto impatto innovativo ha permesso alle aziende di automatizzare molte attività manuali e ripetitive e di gestire il capitale in modo ottimale, nonché di aumentare l'accuratezza del reporting e di prevenire le frodi.

In tale settore, date le enormi moli di dati da immagazzinare ed elaborare è risultato fondamentale utilizzare l'intelligenza artificiale per evitare di perdere informazioni importanti ai fini del business dell'impresa. Tra i vantaggi dell'integrazione

¹³ L'Oréal Italia è leader nel mercato cosmetico nazionale. L'Oréal vanta una presenza storica in Italia: il nostro paese, dove il Gruppo è attivo dal 1908, è stato nel tempo il primo mercato estero di esportazione per i prodotti L'Oréal.

¹⁴ NTT DATA è una multinazionale con sede a Tokyo che si occupa di system integration, servizi professionali e consulenza strategica facente parte del gruppo Nippon Telegraph and Telephone (NTT).

dell'intelligenza artificiale in questo settore, vi è la *prevenzione delle frodi (fraud detection)*.

Per le aziende risulta fondamentale prevenire le frodi, in quanto esse determinano delle perdite finanziarie dirette e possono anche danneggiare la reputazione, portando in alcuni casi a conseguenze legali. Questo ha determinato una maggiore attenzione a questa tematica da parte delle aziende con l'obiettivo di proteggere se stesse e il cliente. Negli ultimi anni si è osservata una crescita vertiginosa della frode sintetica, che si distingue dal furto di identità tradizionale, in cui l'obiettivo era quello di svuotare conti esistenti e crearne di nuovi, in quanto in questo caso lo scopo è quello di creare delle identità sintetiche caratterizzate da informazioni reali e false.

Grazie all'AI è stato possibile per le banche ridurre al minimo i rischi di frode e proteggere i dati e i conti dell'azienda e dei clienti. Questo è stato reso possibile data la possibilità di rilevare movimenti strani nei conti correnti, come prelievi da due stati differenti in poco tempo, o anche di quantità elevate o insolite. Rispetto ai sistemi tradizionali, che erano basati su regole e risultavano poco flessibili, nei sistemi che sfruttano le nuove tecnologie legate all'intelligenza artificiale è possibile discernere i pattern a cui è possibile collegare un comportamento anomalo.

L'utilizzo dell'Artificial Intelligence ha permesso di rilevare schemi ed anomalie che gli esseri umani potrebbero avere difficoltà ad identificare. Infatti, il Machine Learning, grazie all'apprendimento automatico viene addestrato su un numero molto elevato di dati e di transazioni globali che permette ai sistemi di identificare schemi, anomalie e frodi emergenti. Questo permette di individuare tempestivamente le frodi ed evitare che esse si verifichino. Tutto questo avviene in un tempo molto ridotto e con un risparmio molto elevato in quanto, con i sistemi tradizionali sarebbe necessario individuare manualmente e definire strategie di prevenzione, mentre con l'AI i sistemi riescono a svolgere queste funzioni in un tempo molto limitato.

È necessario sottolineare, inoltre, che con i metodi tradizionali di rilevamento delle frodi è possibile generare falsi positivi sui quali risulta difficile agire e ciò potrebbe portare a una perdita non solo di tempo, ma anche di guadagno. Grazie al Machine Learning è possibile mitigare questo aspetto grazie ad un'analisi dei dati più accurata e una maggiore precisione nelle analisi effettuate. Infine, l'intelligenza artificiale

permette alle aziende di agire sulle frodi grazie alla ricezione di avvisi in tempo reale. In questo modo, è possibile contrastare le azioni fraudolente immediatamente, evitando che esse causino problemi significativi.

In conclusione, l'intelligenza artificiale ha un impatto determinante sulla prevenzione delle frodi nello specifico nel *rilevamento delle anomalie*, grazie all'apprendimento automatico che fa sì che gli algoritmi imparino a riconoscere le transazioni legittime e a segnalare in modo celere le attività sospette. Grazie al Machine Learning e all'apprendimento adattivo, in aggiunta, i sistemi risultano poi sempre aggiornati rispetto agli schemi di frode emergenti consentendo, in questo modo, ai sistemi di bloccare i truffatori.

In aggiunta, l'introduzione di tecnologie con l'intelligenza artificiale ha permesso, in ambito finanziario, di *automatizzare i processi*. In quest'ultimo caso, grazie all'utilizzo di modelli del Natural Language Processing e di Computer Vision è stato possibile tradurre e semplificare documenti specifici e automatizzare processi complessi come l'analisi delle fatture o anche dei contratti, la gestione della documentazione logistica e degli ordini di acquisto.

In questo caso risulta molto utile anche l'utilizzo di bot che permettono di digitalizzare e automatizzare molti processi che risultano per gli esseri umani ripetitivi o dispendiosi in termini di tempo o di effort necessario per svolgere determinate funzioni. Questo permette dunque, un risparmio sia in termini di costi sia in termini di tempo necessario per svolgere le azioni.

Grazie all'Artificial Intelligence risulta anche possibile effettuare una *previsione del tasso di cambio della valuta estera*. Il mercato risulta, infatti, molto volatile, ma grazie alle nuove tecnologie innovative è stato possibile gestire questo aspetto in modo predittivo avvalendosi della presenza di piattaforme che sono in grado di effettuare delle analisi e degli studi mirati che permettono di definire l'andamento del tasso di cambio di moneta estera. La possibilità di effettuare tale previsione può avere un impatto molto significativo sulle banche in quanto le aziende, in questo modo, possono coprire le fatture in anticipo o fare valutazioni che permettono di non avere perdite dovute al cambio. Questo aspetto risulta utile soprattutto per aziende che offrono

prodotti o servizi su commesse pluriennali all'estero. Grazie alle previsioni sul cambio moneta, possono valutare quando coprire le fatture in modo tale da non essere soggetti a perdite economiche.

Oltre che per gli aspetti appena visti, l'intelligenza artificiale può risultare utile anche nel *Credit Scoring*, ovvero un modello tipicamente utilizzato nei processi valutativi e decisionali per la concessione di un prestito. Questo strumento deriva da modelli statistici che utilizzano determinate caratteristiche e informazioni dei richiedenti per consentire ai creditori di differenziare tra un richiedente affidabile e uno potenzialmente rischioso. Fornisce all'ente decisionale una stima della probabilità che il richiedente non riesca a rispettare i suoi obblighi finanziari. Il risultato del modello è un punteggio numerico di tre cifre, la cui scala può differire a seconda dell'organizzazione che offre il servizio.

Il calcolo del Credit Scoring viene eseguito utilizzando sistemi automatizzati che utilizzano l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning. Per la valutazione del rischio vengono utilizzati una grande quantità di dati e maggiore è il volume di informazioni e più il Credit Scoring risultante sarà accurato. Ciò fornisce all'istituzione finanziaria un dato obiettivo e completo su cui basare la decisione di accettare o rifiutare la richiesta di finanziamento.

L'utilizzo dell'intelligenza artificiale nell'ambito del Credit Scoring è risultato determinate, in quanto riesce a definire molti vantaggi, ad esempio, in termini di performance, di accuratezza delle previsioni, ma anche in termini di dati disponibili. Infatti, il Machine Learning permette di sfruttare un maggior numero di dati provenienti da movimentazioni del conto corrente, da fonti interne e provenienti dal web e dai social media.

L'IA è in grado di trovare e analizzare schemi e tendenze all'interno di questi dati molto più in fretta e in modo più accurato di quanto potrebbe fare un essere umano. Questo significa che può prevedere il rischio di credito di un individuo o un'azienda con una precisione notevolmente maggiore.

Inoltre, l'IA, grazie ad analisi predittive, può continuare ad apprendere ed evolvere nel tempo adattando i suoi modelli in base alle nuove informazioni. Questo la rende uno

strumento estremamente efficace per il credit scoring, consentendo alle istituzioni finanziarie di prendere decisioni più informate e ridurre il rischio di default.

In questo contesto molto utilizzati sono anche strumenti di Deep learning, come l'elaborazione del linguaggio naturale (NLP) per analizzare le informazioni testuali, come i post sui social media o le interazioni online, che possono fornire indizi sul comportamento di pagamento di un individuo o anche algoritmi di classificazione, utilizzati per classificare i richiedenti in diverse categorie di rischio.

In un recente studio svolto da Banca d'Italia¹⁵, è stato osservato che in Italia l'utilizzo dell'intelligenza artificiale in quest'ambito, seppure in continua crescita, risulta ancora piuttosto limitato in quanto al momento risultano utili solo per il processo decisionale svolto dagli analisti.

2.4.3 MANUFACTURING: utilizzo di tecnologie intelligenti per automatizzare i lavori ripetitivi e complessi per gli esseri umani, manutenzione predittiva e sistemi di controllo qualità.

Numerose aziende negli ultimi anni stanno introducendo l'utilizzo dell'AI nell'ambito Manufacturing, con l'obiettivo di introdurre nella Supply Chain innovazioni che permettano di velocizzare e ottimizzare la produzione.

L'utilizzo di tecnologie dell'intelligenza artificiale ha permesso di rivoluzionare i processi industriali, portando benefici diffusi lungo la catena produttiva, per esempio attraverso:

- *l'automazione e la robotica collaborativa: la prima* permette di rendere alcuni lavori molto ripetitivi, che non apportano un evidente valore aggiunto, automatizzati. Ciò è reso possibile attraverso l'utilizzo di software bot che sostituiscono il lavoro umano in molte operazioni ben definite. La seconda, invece, è caratterizzata dai collaborative robots, (cobots), utilizzati o per sostituire il lavoro

¹⁵ “Questioni di Economia e Finanza: intelligenza artificiale nel Credit Scoring analisi di alcune esperienze nel sistema finanziario italiano” di Emila Bonaccorsi di Patti, Filippo Calabresi, Biagio De Varti, Fabrizio Federico, Massimiliano Affinito, Marco Antolini, Francesco Lorizzo, Sabrina Marchetti, Ilaria Masiani, Mirko Moscatelli, Francesco Privitera e Giovanni Rinna – Ottobre 2022.

umano, qualora si trattasse di operazioni molto complesse, o per aiutare l'uomo nello svolgimento di alcune mansioni. L'aspetto che contraddistingue questo tipo di strumenti è che essi siano in grado di apprendere e adattarsi agli scenari operativi e di prendere autonomamente delle decisioni.

- *la manutenzione predittiva* offre la possibilità di prevedere i guasti prima che essi si verifichino e di riuscire ad agire su di essi con interventi tempestivi e riducendo i costi di fermo. Questo aspetto è reso possibile dall'analisi dei dati in tempo reale provenienti dal piano di fabbrica, permettendo di svolgere un monitoraggio continuo e azioni di manutenzione prima che si verifichino anomalie.
- *i sistemi di controllo qualità* permettono all'azienda di riuscire ad ottimizzare i propri processi produttivi e di ridurre gli errori. Quest'ultimo aspetto è reso possibile grazie all'utilizzo della Computer Vision che permette di effettuare un'ispezione visiva e delle indagini approfondite sia nell'ottica di evitare che prodotti difettosi finiscano sul mercato ed incidano sulla soddisfazione del cliente, sia per evitare che ci siano degli errori nelle fasi intermedie della produzione che possono creare degli scarti.

La robotica collaborativa si distingue dai metodi tradizionali, nei quali le attività che i robot dovevano svolgere erano prettamente programmate, in quanto si tratta di strumenti, che a valle di una programmazione iniziale, grazie a strumenti di Machine Learning riescono ad apprendere man mano che vengono utilizzati e riescono a migliorare acquisendo competenze dall'ambiente circostante. I robot collaborativi, inoltre, a differenza dei dispositivi tradizionali, sono in grado di lavorare a stretto contatto con l'essere umano senza destare problematiche di sicurezza e flessibilità.

È infatti, importante sottolineare che a differenza di robot tradizionali, che richiedevano l'utilizzo di una gabbia, costruita ad hoc, che separasse lo spazio di lavoro dell'uomo da quello del robot, con questi nuovi strumenti, dotati di intelligenza

artificiale, è stato possibile far coesistere e collaborare l'uomo e la macchina. In questo caso si parla di PhHRI, ovvero Physical Human Robot Interaction.

Grazie al binomio uomo-robot è stato possibile trarre vantaggio, in quanto le macchine sono riuscite a evitare che l'uomo fosse soggetto a un rischio biomeccanico elevato, dovuto o allo svolgimento di operazioni gravose o anche da mansioni in cui le operazioni da svolgere richiedessero un risultato molto preciso.

In molti settori l'utilizzo dei robot collaborativi si è diffuso in modo esponenziale come è osservabile dall'articolo pubblicato nel report IFR 2020 della "International Federation of Robotics" relativo a uno studio sulle prospettive di crescita della robotica di servizio. Grazie a tale analisi è stato possibile vedere come il settore sia cresciuto molto negli ultimi anni in termini di migliaia di unità impiegate.

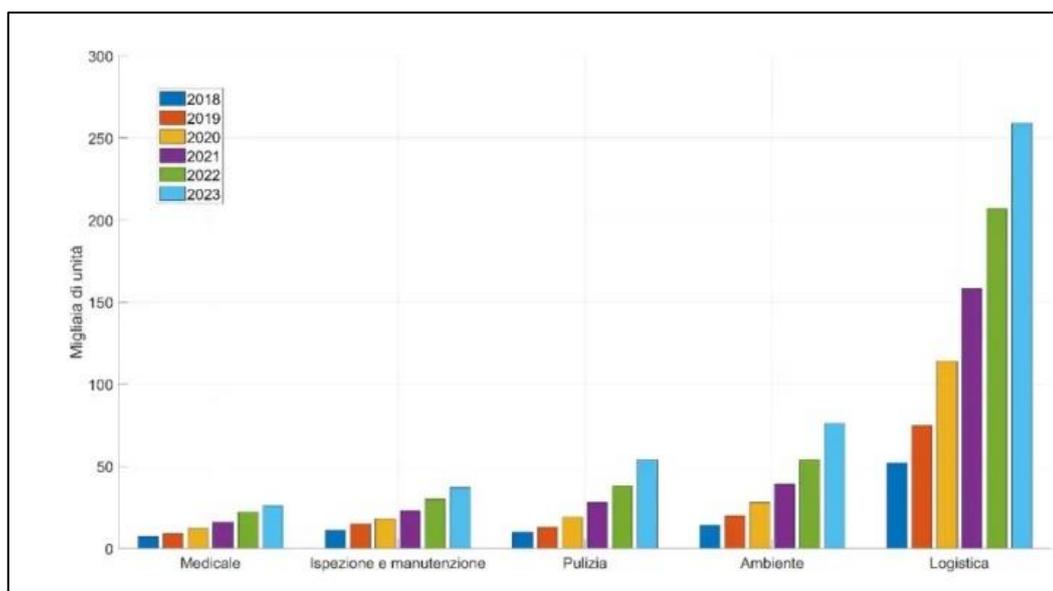


FIGURA 12. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE UNITÀ DI ROBOT VENDUTE NEI DIVERSI SETTORI- ELABORAZIONE GRAFICA SULLA BASE DEI DATI DI IRF 2020, CON PROIEZIONE DEI DATI FINO AL 2023

In riferimento all'Artificial Intelligence, i robot collaborativi hanno la capacità di interagire e adattarsi all'ambiente circostante e agli esseri umani, grazie a strumenti quali, l'apprendimento automatico proprio delle tecnologie dell'AI e del Machine Learning che permette alle macchine di imparare in base all'esperienza e dai dati senza

richiedere una programmazione specifica, riuscendo, quindi, in base agli errori commessi e agli oggetti circostanti, ad apprendere giorno dopo giorno. Oltre all'apprendimento automatico, altre caratteristiche proprie di tali robot sono la visione artificiale e il linguaggio naturale. Nel primo caso, tale aspetto permette alle macchine di percepire ed interpretare immagini e video provenienti da telecamere e sensori, in questo modo i robot riescono a percepire le persone nell'area circostante e le espressioni e i gesti degli esseri umani. Nel secondo caso invece, la tecnologia relativa all'intelligenza artificiale insita nelle macchine permette di comprendere e generare il linguaggio parlato o scritto in modo tale che i robot possano comunicare con gli esseri umani.

Per quanto concerne la manutenzione predittiva, anche in questo caso con l'avvento dell'Artificial Intelligence è stato possibile migliorare i sistemi di manutenzione all'interno delle aziende con un evidente vantaggio positivo sulla Supply Chain Management.

Tale tecnologia sfrutta l'Intelligenza Artificiale per analizzare i dati raccolti dai sensori installati sui macchinari industriali, con l'obiettivo di prevedere il momento ottimale per effettuare gli interventi di manutenzione.

Il fine ultimo è quello di evitare che si verifichino guasti, fermi macchina e sprechi di risorse, migliorando l'efficienza e la produttività, e ciò è possibile grazie alla presenza di nuovi strumenti con i sensori dell'Internet of Things (IoT), che riescono a raccogliere una mole di dati elevata, Big Data, utili per condurre analisi con strumenti di Machine Learning e analisi predittiva.

Ciò che contraddistingue la manutenzione predittiva da quella standard è il fatto che la prima sia basata su una misurazione mentre la seconda semplicemente su ipotesi. Difatti, alcuni studiosi¹⁶ hanno sottolineato il vantaggio, insito nella manutenzione predittiva, dovuto alla presenza di sistemi che permettano di effettuare delle misure concrete e continue del monitoraggio dello stato della risorsa. La vera rivoluzione è dovuta al fatto che tali tecnologie permettono di prevedere quando il macchinario arriverà a guastarsi e ciò permette di agire prima che si verifichi, apportando numerosi

¹⁶ Davide Chiaroni, dal 2013 capo del progetto MIP della Schmidt MacArthur Fellowship on Circular Economy.

vantaggi in termini economici, riducendo i costi, ma anche in termini di tempi necessari per la risoluzione dei guasti.

In alcune indagini effettuate dal dipartimento di ricerca di Statista in riferimento al mercato globale della manutenzione predittiva è stato osservato che il trend è in aumento e che raggiungerà circa 12,3 miliardi di dollari quest'anno definendo un tasso di crescita molto elevato considerando i dati raccolti a partire dal 2020.

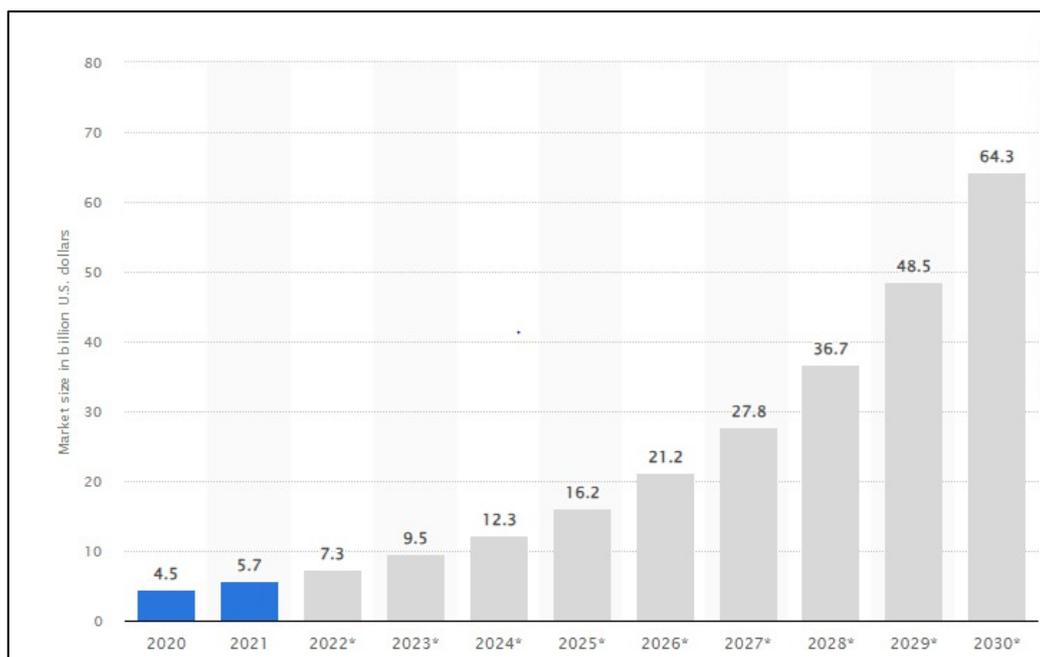


FIGURA 13. DIMENSIONI DEL MERCATO DELLA MANUTENZIONE PREDITTIVA A LIVELLO MONDIALE NEL 2020-2021 CON PREVISIONE FINO AL 2030¹⁷

Molte aziende hanno già osservato numerosi vantaggi a seguito dell'utilizzo della manutenzione predittiva; un esempio è la Rolls Royce che applica un servizio di noleggio di motori degli aerei dove si include questa tipologia di manutenzione. L'obiettivo è quello di utilizzare delle logiche di riuso, reimpiogo e remanufacturing permettono di intervenire in maniera selettiva su una macchina, in modo da riusarla dopo un'opportuna configurazione. Questa metodologia genera molti vantaggi, sia dal lato utente, in cui si ha la possibilità di ridurre i fermi macchine e ottenere prestazioni

¹⁷ Per i dati dal 2022 al 2030 si tratta di previsioni basate su studi effettuati.

migliori dall'auto, sia dal lato produttore, per il fatto di poter intervenire in maniera predittiva e di monitorare la vita della macchina e dei suoi componenti.

Infine, un ulteriore aspetto determinante per la Supply Chain Management in ambito Manufacturing è stato l'introduzione di sistemi di controllo qualità. Grazie alle tecnologie dotate di intelligenza artificiale è stato possibile agire sui processi produttivi apportando numerosi benefici e anche sul numero degli errori lungo il processo produttivo.

L'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale (IA) permette di ottenere un maggiore controllo e di prevedere eventuali criticità, garantendo puntualità, affidabilità ed efficienza in tutte le fasi della catena di approvvigionamento. D'altra parte, grazie al Machine Learning, è possibile affrontare compiti più complessi in modo rapido ed efficace, offrendo all'azienda la possibilità di puntare a una maggiore soddisfazione dei clienti e a migliorare l'immagine aziendale. Difatti, applicare le tecnologie di ML può essere utile per il riconoscimento di immagini o per l'analisi di grandi quantità di dati.

Effettuare un controllo qualità può portare a numerosi vantaggi in termini produttivi, tra i quali riscontriamo la riduzione degli sprechi, infatti, il controllo qualità, soprattutto in riferimento ai sistemi tradizionali, viene effettuato a prodotto finito, portando conseguentemente all'esclusione di un'enorme quantità di pezzi non conformi, che nell'ultima fase della catena di approvvigionamento non possono più essere lavorati. L'obiettivo delle nuove tecnologie, relative al mondo dell'Intelligenza Artificiale, è quello di introdurre sistemi automatici in linea che siano in grado di riscontrare le criticità appena esse si verificano. La possibilità di riscontrare in tempi utili i pezzi difettosi permette di ridurre i costi, dovuti agli sprechi, in modo significativo.

Per fare ciò le aziende utilizzano tecniche di AI relative all'analisi dei dati e all'elaborazione delle immagini con l'aiuto di sistemi di ispezione altamente sensibili e automatizzati, che integrando soluzioni hardware e soluzioni software permettono di rilevare i difetti di colore e forma. Nello specifico alcune tecnologie che sfruttano l'AI utilizzate sono:

- Visual Inspection AI: uno strumento sviluppato da Google che serve per analizzare in modo piuttosto accurato le immagini relative ai prodotti o a parti necessarie per la realizzazione di essi al fine di rilevare eventuali difetti. In riferimento a tale strumento, si considera un addestramento iniziale necessario ma con possibilità di migliorare nel tempo grazie al Machine Learning che permettono ai sistemi di apprendere autonomamente.

Oltre a garantire alle aziende di poter riscontrare eventuali errori lungo la catena di approvvigionamento permette di ridurre i tempi necessari per il controllo e di eliminare il costo dell'operatore umano portando quindi, ad un'ottimizzazione di tutta la Supply Chain.

- AI-go: una piattaforma di ispezione visiva con Intelligenza Artificiale progettata specificamente per risolvere problemi nel settore manifatturiero. Consente agli utenti di creare modelli di ispezione autonomamente in pochi minuti, senza la necessità di possedere conoscenze specialistiche in AI. Tale metodologia si compone di due specifiche parti, quali l'AI-go STUDIO ovvero la piattaforma cloud per creare modelli per classificazione, segmentazione e riconoscimento ottico di caratteri (OCR) e l'AI-go RUNTIME vale a dire il componente edge installato sulla linea produttiva per mettere in produzione e gestire i modelli di Intelligenza Artificiale.

Oltre alle tecnologie, sopra elencate, sono disponibili poi altri strumenti specifici che permettono di effettuare la rotazione ad alta velocità per spostare particelle verso l'esterno o la proiezione laterale della luce per aumentare il contrasto o anche telecamere di scansione in linea per massima sensibilità e minima rumorosità.

Grazie a numerosi studi, di seguito riportati in questa trattazione, è stato possibile analizzare la diffusione dell'intelligenza artificiale, rispetto alla quale è stato osservato che vi sono parametri particolarmente in crescita, sebbene risulti necessario continuare a sviluppare queste tecnologie e a implementare software in grado di sfruttarle.

Da uno studio svolto da Google Cloud¹⁸, è stato osservato come due terzi delle aziende che operano nel settore della manifattura (circa il 65%) entro l'anno 2021 abbiano utilizzato tecnologie relative all'Intelligenza Artificiale nelle proprie attività aziendali relative alla catena di approvvigionamento. Rispetto a tale settore, nell'ambito di questa ricerca è stato inoltre sottolineato come in Italia molte aziende abbiano fatto ricorso a sistemi dotati di AI, si stima circa l'80% (di cui il 36% ha investito i sistemi utili per ispezioni di qualità).

Molte aziende si trovano in uno step intermedio che viene definito "Pilot Purgator" da un precedente studio svolto da Gartner¹⁹, in cui è stato constatato come solo il circa 21% delle aziende del settore ha avviato iniziative di AI in produzione, mentre il 97% sta ancora esplorando e analizzando la possibilità di introdurre tali sistemi nella propria Supply Chain.

In riferimento al settore manifatturiero, è stato analizzato come i primi tre sottosettori che implementano l'IA con l'obiettivo di ottenere assistenza nelle operazioni quotidiane sono il settore automobilistico/OEM con una percentuale del 76%, i fornitori automobilistici con il 68% e i macchinari pesanti con il 67%.

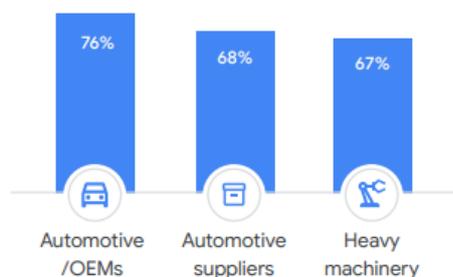


FIGURA 14. TRE SETTORI NELL'AMBITO MANUFACTURING CHE STANNO SVILUPPANDO TECNOLOGIE CON SISTEMI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE (FONTE: CLOUD GOOGLE)

Dai dati disponibili nelle varie ricerche è emerso, in conclusione che, considerando l'avanzamento delle nuove tecnologie negli ultimi 3 anni, tutte le aziende si stanno

¹⁸ "New research reveals what's needed for AI acceleration in manufacturing" – Google Cloud Giugno 2021 – Dominik Wee, Managing Director Manufacturing and Industrial

¹⁹ Gartner Survey Reveals 66% of Organizations Increased or Did Not Change AI Investments Since the Onset of COVID-19 – Ottobre 2020.

muovendo verso l'integrazione di sistemi dotati di intelligenza artificiale. Sebbene, molte siano le barriere all'implementazione e le sfide che le aziende devono affrontare (analizzate nel capitolo successivo), tra i produttori nel mondo manifatturiero anche coloro che ancora non hanno introdotto le tecnologie innovative ritengono che esse saranno utili e indispensabili guardando ad un orizzonte temporale più lungo. Nello specifico dalla analisi di Google Cloud è emerso che il 37% ritiene che le tecnologie dotate di intelligenza artificiale saranno in grado di rendere i dipendenti più efficienti e il 31% crede che possano essere utili per l'intero personale.

Capitolo 3. Impatto dell'AI sulla Supply Chain: analisi della diffusione, delle barriere all'implementazione e dei vantaggi.

3.1 Impatto dell'AI nella Supply Chain delle aziende: livello di diffusione, percentuali di crescita.

Sebbene i vantaggi dell'AI nella gestione della catena di fornitura siano particolarmente significativi, essendo in grado di apportare benefici sia in termini produttivi sia in termini finanziari, la strada verso la completa introduzione di queste innovazioni risulta ancora piuttosto lunga. Negli ultimi anni, è stato osservato un ricorso esponenziale a sistemi che utilizzano tecnologie dell'intelligenza artificiale. Moltissime aziende stanno infatti, cercando di introdurre le nuove tecnologie nelle proprie organizzazioni, più nello specifico nella Supply Chain.

È stato osservato che le aziende di grandi dimensioni sono riuscite ad integrare più facilmente le tecnologie innovative, con il fine ultimo di gestire in modo vantaggioso la propria catena di fornitura. Queste ultime sono state in grado di investire e sperimentare applicazioni di algoritmi di analisi avanzata, investendo su progetti pilota e implementando casi d'uso. Le aziende di piccole e medie dimensioni, al contrario, stanno iniziando a svolgere delle prime analisi riguardo all'introduzione delle nuove tecnologie e stanno acquisendo competenze che permettano di introdurre le innovazioni nella propria Supply Chain.

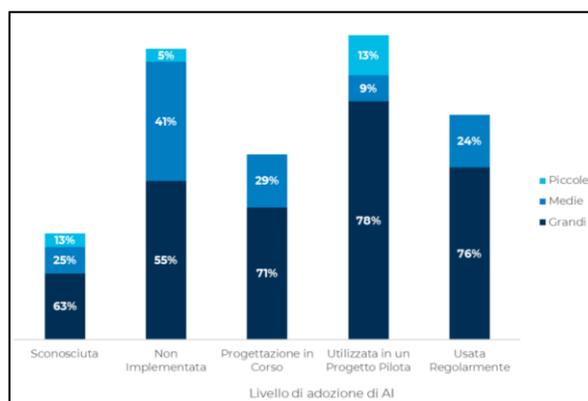


FIGURA 15. LIVELLO DI ADOZIONE DELL'AI NELLE PICCOLE, MEDIE E GRANDI IMPRESE.

Grazie ad uno studio effettuato dal Politecnico di Milano, nello specifico dall'Osservatorio Transizione Industria 4.0 è stato possibile analizzare l'impatto a livelli percentuali dell'introduzione dell'AI nelle piccole, medie e grandi imprese. Come è possibile vedere dalla figura 15, le piccole e medie imprese hanno investito meno in tecnologie con sistemi di intelligenza artificiale, al contrario le grandi imprese hanno introdotto tali innovazioni e circa il 76% delle aziende le utilizza regolarmente. Come è possibile osservare dall'immagine sottostante, inoltre, circa il 61% delle aziende di grandi dimensioni hanno già investito in progetti che implicano l'utilizzo dell'intelligenza artificiale, contro il 21% per le medie imprese.

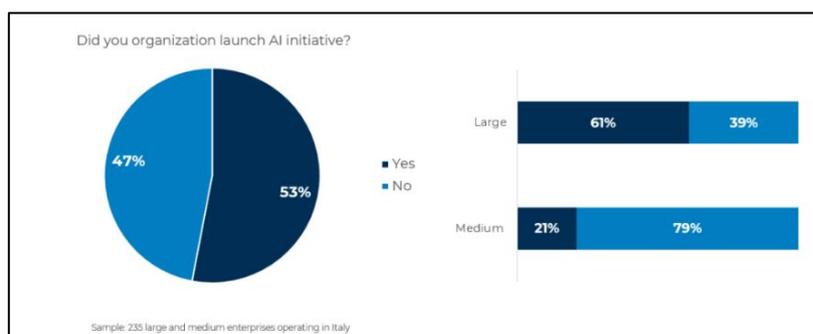


FIGURA 16. DATI SULL'AVVIO DI PROGETTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE, SUDDIVISI IN ORGANIZZAZIONI DI MEDIE E GRANDI DIMENSIONI.

3.1.1 Diffusione dell'AI in Italia: alcuni esempi nel contesto nazionale.

L'intelligenza artificiale ha visto un'evoluzione diversa in base all'area geografica, considerando la diffusione nel nostro paese è possibile parlare di una crescita nel 2023 di circa il 52% nel corso degli ultimi anni. Il mercato dell'AI ha visto, infatti, nel 2023

un aumento molto significativo, maggiore dell'anno precedente in cui vi era stato un aumento del 32%, come è possibile vedere nell'immagine sottostante.

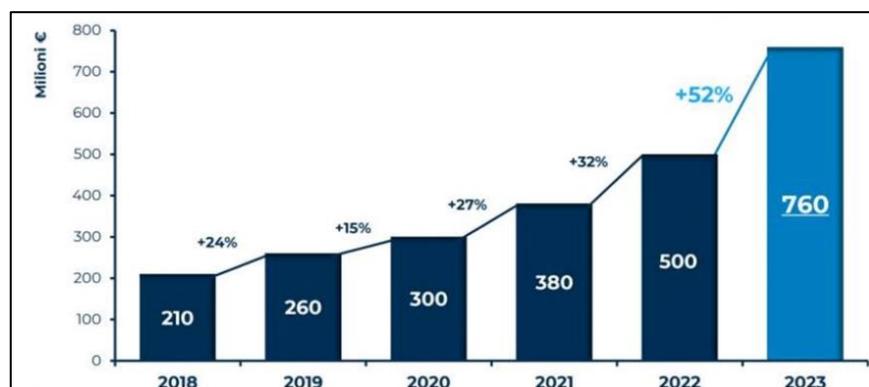


FIGURA 17. MERCATO DELL'AI DAL 2018 AD OGGI

Secondo i dati pubblicati dall'osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano, sei grandi imprese su dieci in Italia hanno avviato progetti riguardanti l'intelligenza artificiale, la maggior parte di esse hanno intrapreso progetti a livello di sperimentazione, circa due su tre hanno valutato la possibilità di introdurre applicazioni di Generative AI e tra di esse una su quattro ha intrapreso una sperimentazione.

Non va, però, trascurato l'impatto sulle persone e sui lavoratori: secondo i dati pubblicati dall'Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano, nel 2023 circa il 98% delle persone italiane avevano sentito parlare di Artificial Intelligence ma solo poche hanno una conoscenza medio-alta. Molte sono le persone che guardano con timore questa nuova tecnologia e gli impatti che essa potrebbe avere sul mondo del lavoro, ma solo il 17% dei lavoratori è contrario all'introduzione di nuove tecnologie basate su modelli di AI nelle attività professionali.

Grazie allo studio citato, è possibile vedere come, analizzando il mercato dell'AI in Italia, il 90% di esso è caratterizzato da grandi imprese, circa il 5% da PMI e l'altro 5% dalla Pubblica Amministrazione.

Il mercato dell'intelligenza artificiale (secondo i dati raccolti nel 2023) si suddivide in:

- 29% soluzioni per analizzare ed estrarre informazioni dei dati (data exploring & prediction, Decision Support & Optimization System)

- 27% progetti di interpretazione del linguaggio scritto e parlato (Text Analysis, Classification & Conversation Systems)
- 22% algoritmi che suggeriscono ai clienti i contenuti (Recommendation Systems)
- 5% Generative AI.

Le aziende che stanno investendo maggiormente nell'Intelligenza Artificiale sono aziende nell'ambito di Telco-media e Assicurazioni, seguite dalle aziende in ambito energetico, poi Resource Utility e infine, in ambito bancario e finanziario.

Guardando alle aziende è stato possibile osservare che circa il 61% delle grandi imprese e il 18% delle piccole e medie imprese hanno investito su progetti relativi all'AI. Si parla di percentuali in forte aumento rispetto agli anni precedenti. Molte aziende stanno promuovendo corsi di formazioni su tali tematiche per i dipendenti e circa il 37% delle grandi aziende ha dichiarato di voler investire su tale tecnologia entro il prossimo anno. È possibile distinguere 3 tipologie di aziende:

- AVANGUARDISTI (9%): aziende che hanno investito su progetti dell'AI e svolgono tutte le fasi e le attività relative alle iniziative in corso su queste tematiche.
- APPRENDISTI (25%): aziende che stanno iniziando ad interrogarsi sulle potenzialità delle soluzioni relative all'intelligenza artificiale e stanno iniziando gradualmente l'integrazione di esse nelle proprie catene di fornitura.
- IN CAMMINO (66%): aziende che non vedono nell'intelligenza artificiale qualcosa di necessario per le proprie aziende o che non sono in grado, date le competenze interne e le infrastrutture IT di cui dispongono, di sviluppare innovazioni tenendo conto dell'AI.

Tra le aziende italiane che negli ultimi anni hanno utilizzato molto l'intelligenza Artificiale, traendone molto vantaggio troviamo *Caviro*, nel territorio di Faenza in Emilia-Romagna, che risulta come una delle organizzazioni, maggiormente conosciute sul mercato per la produzione di vino. Tale azienda nata nel 1966 è riuscita ad integrare nei processi produttivi l'intelligenza artificiale tanto da riuscire a migliorare il prodotto finale e a utilizzare processi che fossero più sostenibili. Con l'aiuto di nuove tecnologie sono infatti riusciti a utilizzare sensori e algoritmi con l'obiettivo di monitorare e ottimizzare il consumo di acqua e energia e ridurre in questo modo le emissioni di CO₂ e valorizzare i sottogruppi della vinificazione. Oltre ad agire sull'impatto ambientale

sono riusciti a migliorare la qualità del prodotto introducendo sistemi di AI per analizzare dati relativi al terreno e al clima, nonché alla maturazione dell'uva, materia prima di produzione, e alla fermentazione. Tale azienda è stata un esempio, nel contesto italiano, di un utilizzo dell'innovazione apportata da tali sistemi di intelligenza artificiale al settore agroalimentare.

Guardando al contesto mondiale, considerando uno studio effettuato da Cloud Google²⁰, è stato possibile vedere come non tutti i paesi stanno sfruttando allo stesso modo l'AI in riferimento ai processi produttivi.

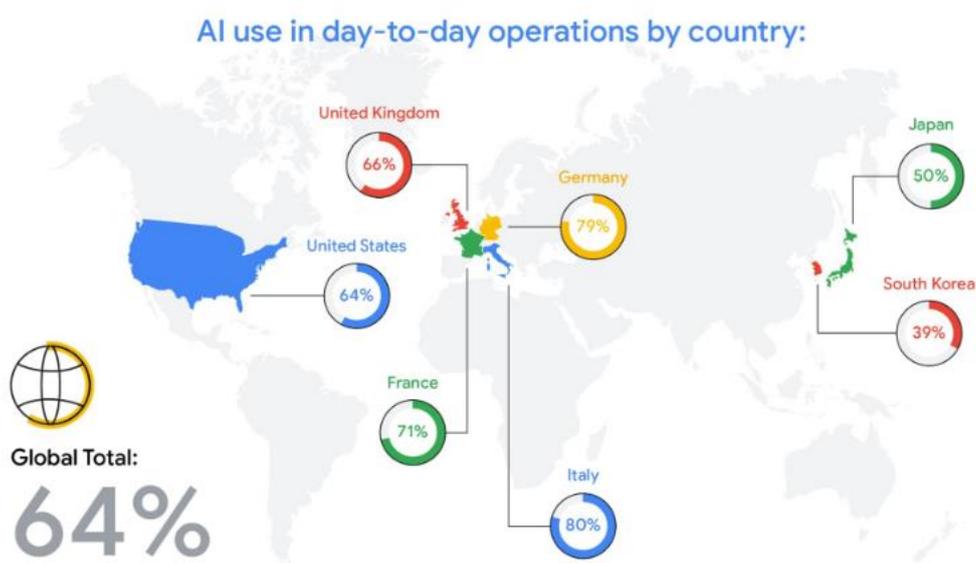


FIGURA 18. DIFFUSIONE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NEI PROCESSI PRODUTTIVI IN BASE ALL'AREA GEOGRAFICA (FONTE CLOUD GOOGLE)

Da tale panoramica, è possibile vedere come molti Stati stanno investendo molto più di altri nelle tecnologie emergenti che sfruttano l'AI. Mentre l'80% e il 79% dei produttori rispettivamente in Italia e Germania ha dichiarato di utilizzare l'IA nelle operazioni quotidiane, questa percentuale crolla negli Stati Uniti (64%), in Giappone (50%) e in Corea (39%).

²⁰ New research reveals what's needed for AI acceleration in manufacturing – ottobre 2021, Dominik Wee

3.1.2 Impatto sui lavoratori

Lo sviluppo e la diffusione dell'intelligenza artificiale hanno avuto un impatto significativo anche sui lavoratori, i quali, hanno dovuto imparare ad utilizzare strumenti basati sull'intelligenza artificiale.

Ad oggi il lavoro svolto da tecnologie con intelligenza artificiale risulta di supporto piuttosto che di sostituzione del lavoro umano, ma secondo le stime nei prossimi anni i risultati potrebbero essere diversi: secondo le prospettive future, infatti, tra circa 10 anni le capacità delle macchine potrebbero essere tali da svolgere il lavoro di circa 3,8 milioni di persone in Italia. Risulta necessario, quindi, fornire una giusta formazione alle risorse in modo tale da poter lavorare con tali strumenti, che si prospettano sempre più numerosi, al fine di trarne vantaggio dall'utilizzo e non uno svantaggio.

L'obiettivo nel lungo periodo è quello di sviluppare sistemi dotati di Artificial Intelligence che non si limitino solo ad automatizzare compiti ripetitivi, ma che creino anche nuove opportunità e ruoli nel mondo lavorativo, come figure specializzate rispetto all'AI, al Machine Learning e all'analisi dei dati. Questo fa nascere la necessità di avere all'interno delle proprie organizzazioni figure professionali qualificate rispetto alle tecnologie emergenti e poliedriche, che permettano la diffusione dell'intelligenza artificiale, nonché di sfruttare nel modo opportuno i vantaggi di questa innovazione, traendo da essa benefici quali l'aumento dell'efficienza e la riduzione dei costi.

È necessario, quindi, investire sulle risorse e acquisirne di nuove formate rispetto a queste tematiche. Questo obiettivo però, potrebbe non essere immediato perché è necessario cambiare in primis, la mentalità dei datori di lavoro e dei dipendenti che fanno già parte dell'organizzazione.

Con l'avvento delle nuove tecnologie basate sull'intelligenza artificiale le competenze richieste sono cambiate molto. Gli esseri umani, infatti, devono svolgere attività più complesse che richiedono un pensiero critico, mentre, sono esonerati da attività ripetitive e di routine. All'uomo è quindi, richiesta una maggiore creatività che gli permetta di guidare l'innovazione e di apportare valore aggiunto all'organizzazione utilizzando le informazioni fornite dagli algoritmi.

La creatività, infatti, permette all'uomo di sfruttare le macchine e i sistemi dotati di intelligenza artificiale, per trovare delle soluzioni innovative e degli approcci non convenzionali andando oltre i dati e i limiti dei sistemi con l'AI.

La tecnologia, svolge, quindi attività più standardizzate, di conseguenza sebbene si parli di sistemi in grado di apprendere man mano che vengono utilizzati, non sono in grado di risolvere problemi imprevisi e nuovi e quindi, in queste casistiche risulta necessario sfruttare le conoscenze dell'uomo e il problem solving.

In un contesto lavorativo che sta cambiando enormemente negli ultimi anni, per i lavoratori è importante avere un atteggiamento proattivo verso l'apprendimento continuo e l'adattamento, per far sì che riescano ad essere pronti ad evolvere insieme alle tecnologie che li circondano.

La diffusione dell'intelligenza artificiale nel mondo del lavoro ha però determinato anche delle sfide etiche e pratiche, legate all'utilizzo di dati e la loro gestione. Difatti, rispetto alle metodologie tradizionale, con l'AI è previsto l'accesso ad un numero molto elevato di informazioni e questo può generare anche problemi per quando concerne la privacy e la sicurezza.

Molti sono i lavoratori che temono che gli strumenti automatizzati possano sostituire i lavoratori in diversi settori, ma la sfida sta nel cercare di trovare il giusto trade off tra l'automazione e la conservazione di posti di lavoro significativi per l'uomo.

Molti sono i settori in cui l'introduzione dell'AI ha già avuto un impatto deciso sul lavoro. Ad esempio, in ambito sanitario negli ultimi anni sono cambiate le mansioni, grazie a strumenti di supporto in grado di diagnosticare malattie in modo più preciso, ma soprattutto più rapido con l'ausilio di strumenti in grado di fornire immagini e dati più dettagliati. Considerando funzioni di questo tipo, il ruolo degli esseri umani risulta comunque decisivo e fondamentale, in quanto solo l'uomo dopo aver osservato i risultati ottenuti grazie agli strumenti intelligenti sarà in grado di comunicare una diagnosi definitiva.

Anche nella customer service, sono stati introdotti sistemi intelligenti in grado di svolgere attività di supporto, o di sostituire il ruolo degli esseri umani. Questo è il caso delle chatbot e dei sistemi automatizzati che sono in grado di rispondere alle richieste dei clienti o di indirizzare il problema a una determinata area aziendale.

Per l'ambito produttivo e manifatturiero, i sistemi introdotti sono stati in grado di agevolare in gran misura il lavoro dell'uomo, svolgendo lavori più pesanti e che richiedono molto tempo. Questo ha permesso di migliorare l'efficienza delle linee produttive riducendo molto gli errori. In questo ambito, anche la manutenzione predittiva è stata facilitata dall'AI ha permesso di ridurre i tempi di attesa e i fermi delle macchine.

3.2 Principali sfide e barriere all'implementazione che le aziende incontrano nella diffusione dell'intelligenza artificiale nella propria Supply Chain

Nel corso degli anni sono state riscontrate dalle aziende numerose criticità in riferimento all'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nella Supply Chain, sia in forma di Machine Learning sia in riferimento alla Generative AI.

Uno dei fattori che ha rappresentato un ostacolo per le aziende nella diffusione delle tecnologie all'interno del contesto aziendale è stato *la difficoltà nel riuscire ad integrare l'AI nei sistemi esistenti*. Questo aspetto è dovuto al fatto che può essere complicato andare ad integrare questi sistemi, in quanto potrebbero essere necessari investimenti significativi in tempo e risorse.

Rispetto a questo tema, è stato effettuato uno studio da *Deloitte*²¹ che ha permesso di capire come le aziende che sono riuscite ad integrare facilmente tecnologie relative all'intelligenza artificiale, fossero organizzazioni nelle quali nei flussi di lavoro erano state già in passato introdotte ed utilizzate metodologie basate su "Business Process Reengineering" con l'obiettivo di progettare e riadattare le interazioni uomo-macchina. Le aziende che utilizzano queste metodologie sono infatti, in grado di reagire più velocemente ai cambiamenti riuscendo a mettere in discussione le routine consolidate nell'ottica di ridurre i costi, aumentare l'efficienza e la qualità riuscendo a soddisfare maggiormente il cliente.

Di conseguenza, tali organizzazioni sono in grado di riprogettare facilmente i propri sistemi, essendo molto flessibili e reattive ai cambiamenti di mercato e ciò permette di

²¹ "Bullish on the business value of cognitive" - Leaders in cognitive and AI weigh in on what's working and what's next - The 2017 Deloitte State of Cognitive Survey

riuscire a trarre molti vantaggi dall'introduzione dell'AI. Spesso alla base dei problemi relativi all'integrazione dell'AI ci sono anche difficoltà da parte dei manager delle aziende nel capire le nuove tecnologie e il loro funzionamento, nonché problemi legati alle capacità interne dei lavoratori dell'azienda che talvolta non sono sufficienti.

Per lo studio di Deloitte, riportato sopra, nel 2017 è stato svolto una survey considerando un campione di 1500 dirigenti, dei quali solo il 17% è risultato in grado di rispondere, in base alle conoscenze nell'ambito dell'Artificial Intelligence, alle domande poste. Di conseguenza il campo di indagine è stato ristretto a circa 250 dirigenti. Rispetto a tale campione è stato osservato come il 74% aveva una conoscenza abbastanza approfondita delle tecnologie emergenti, mentre circa il 26% possedeva solo una conoscenza di massima.

Un dato fondamentale che emerge dai risultati dell'indagine è che gli intervistati, ovvero coloro che hanno già iniziato ad adottare e utilizzare le tecnologie di intelligenza artificiale, sono molto entusiasti del ruolo di queste tecnologie nelle loro aziende, considerando i risultati ottenuti e quelli previsti in ottica futura. L'87% degli intervistati ha dichiarato che le tecnologie di AI sono "importanti" per le offerte di prodotti e servizi. Un numero ancora maggiore (92%) ha dichiarato che sono "importanti" per i processi aziendali interni. Il 76% ritiene inoltre, che tali tecnologie "trasformeranno sostanzialmente" le loro aziende nei prossimi anni.

Tali aziende sentono che l'utilizzo dell'IA è fondamentale per la loro capacità di cambiare le loro attività e di anticipare la concorrenza e di fornire un vantaggio significativo sul mercato. Al contrario nessuno degli intervistati ritiene che l'IA non riuscirà a determinare un cambiamento sostanziale, né per loro stessi né per il loro settore.

Sebbene, considerando il campione indicato, l'83% degli intervistati abbia dichiarato che le proprie aziende hanno ottenuto molti vantaggi moderati (53%) o sostanziali (30%) dall'utilizzo di queste tecnologie nello svolgimento del lavoro, come è possibile vedere dalla figura sottostante, comunque vi è una percentuale che ritiene difficile integrare facilmente le nuove tecnologie nei processi aziendali.

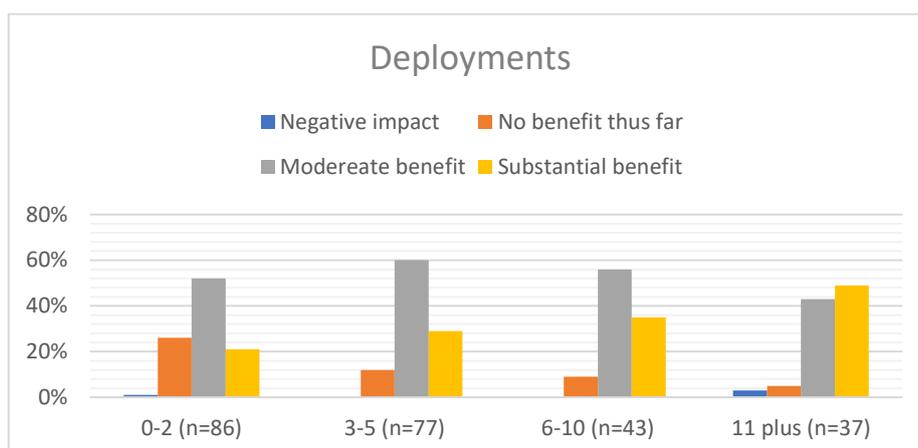


FIGURA 19. THE ECONOMIC BENEFITS OF AI INCREASE WITH EXPERIENCE

Dalla survey effettuata da Deloitte, come è possibile vedere dalla figura sottostante, infatti, è stato possibile vedere come il 40% degli intervistati, su un campione di 250 dirigenti di aziende appartenenti a settori diversi, ritengono che le tecnologie e le competenze che le aziende devono far proprie siano molto costose. In aggiunta, circa il 15% ha invece, riscontrato il problema delle mancate conoscenze da parte dei propri dipendenti, in quanto risulta difficile trovare personale idoneamente formato su tali tematiche.

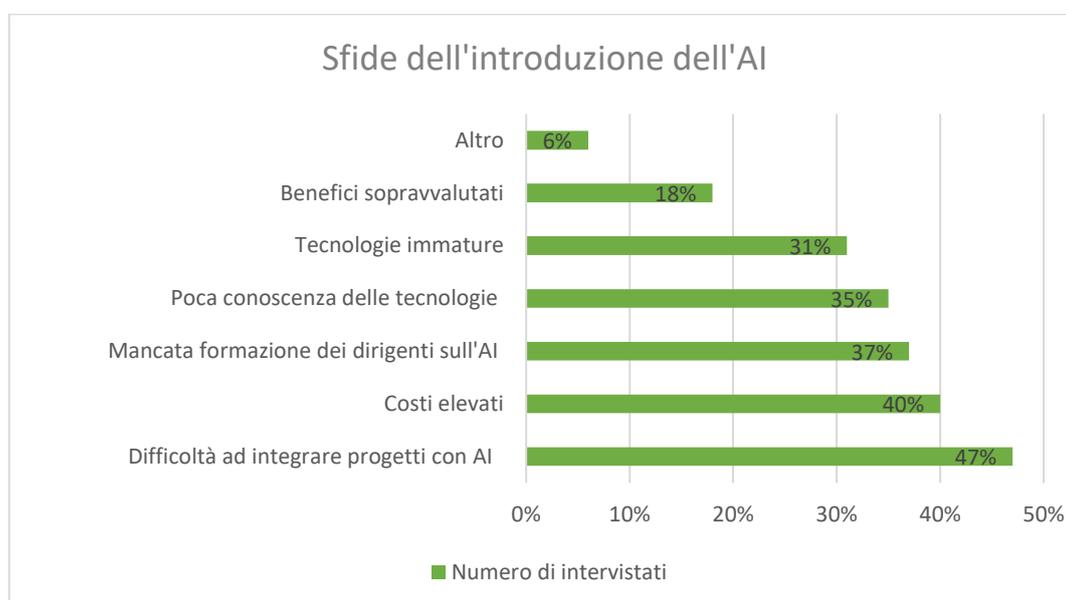


FIGURA 20. LE PRINCIPALI SFIDE NELL'IMPLEMENTAZIONE DELL'ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Un'ulteriore sfida da sottolineare è la percezione di molti intervistati (31%) che ritengono le tecnologie ancora immature o che ritengono (18%) sopravvalutati i benefici che possono apportare.

Un ulteriore studio su queste tematiche è stato affrontato da IBM in partnership con Morning Consult²², nel quale è stato messo in risalto come le criticità maggiormente evidenti nell'adozione dell'intelligenza artificiale all'interno delle aziende siano state la mancanza di skill e di tools che permettessero di svolgere il medesimo lavoro con le nuove tecnologie, il lock-in dei fornitori e la mancanza di fiducia nell'innovazione emergente. Sulla base di interviste effettuate ai leader aziendali è stato osservato che la preoccupazione maggiore è che il personale aziendale non abbia conoscenze specifiche e che tale acquisizione possa richiedere dei tempi molto elevati. Nello specifico è stato verificato che circa il 37% degli intervistati ritiene che il problema fondamentale sia legato alla mancanza di competenze e skill specifiche, il 31% ritiene che sia aumentata molto la complessità dei dati da analizzare e infine, il 26% ritiene che il principale ostacolo all'adozione sia la mancanza di strumenti idonei.

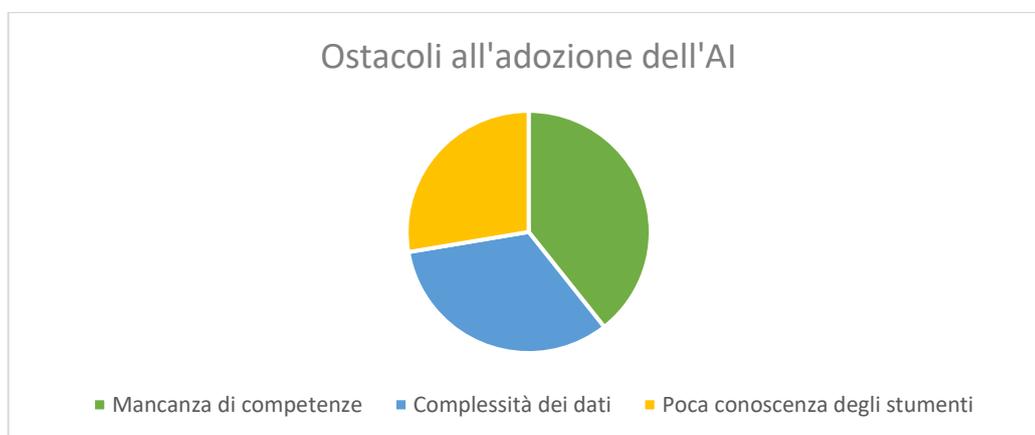


FIGURA 21. THERE ARE 3 MAJOR ROADBLOCKS TO ADOPTING AI

Un ulteriore aspetto che tale articolo attenziona è la mancanza di fiducia verso le tecnologie dell'AI da parte di molte aziende. Fidarsi dei risultati che si possono raggiungere attraverso l'AI e il Machine Learning è importante soprattutto per aziende

²² "From Roadblock to Scale: The Global Sprint Towards AI" New research commissioned by IBM in partnership with Morning Consult (2020)

che operano su larga scala, in quanto se questo aspetto viene a mancare le aziende tenderanno a non muoversi verso l'innovazione e verso la diffusione sul posto di lavoro.

Un'ulteriore fonte che analizza l'impatto dell'intelligenza artificiale nelle aziende, con l'obiettivo di definire quali sono le principali barriere all'implementazione di tali tecnologie è quella di Atkinson ed Ezell²³. In tale trattazione è stato messo in luce un ulteriore aspetto che non favorisce la diffusione dell'AI ovvero la Data Maturity, vale a dire, la capacità di un'azienda di governare i processi di acquisizione dei dati e le successive fasi di archiviazione ed elaborazione. Le aziende, quindi, non risultano in grado di gestire nel modo idoneo l'enorme quantità di dati che vengono identificati con strumenti dell'intelligenza artificiale.

Da tale studio è emerso che solo una piccola percentuale delle aziende ha iniziato a mappare le opportunità dell'introduzione dell'AI nella Supply Chain Management, sviluppando una strategia per il reperimento dei dati necessari per la diffusione delle nuove tecnologie. Le prospettive future però presentano un quadro in netto miglioramento: difatti si ritiene che nel corso di circa 5 anni molte aziende inizieranno a mappare l'introduzione dell'AI nell'ottica di raccogliere i dati utili allo sviluppo aziendale.

Considerando tale studio, è stato possibile inoltre, analizzare una criticità che caratterizza principalmente il mondo manifatturiero. Infatti, molte aziende in cui l'implementazione di sistemi di intelligenza artificiale trova largo impiego o possibile utilizzo nella produzione, guarda all'introduzione di tali tecnologie con molta perplessità. Molte aziende, infatti, non risultano pronte ad implementare le nuove tecnologie nei propri processi produttivi riscontrando anche problemi relativi alla mancanza di interoperabilità tra le risorse produttive, come impianti e attrezzature. Questo aspetto ha un impatto significativo sulla possibilità di integrare un processo di raccolta dati e elaborazione per supportare l'implementazione di tecnologia legate al mondo dell'AI.

²³ "The Manufacturing Evolution: How AI Will Transform Manufacturing and Workforce of the Future", MAPI Foundation, Arlington (VA)

Anche in questa trattazione una delle barriere all'implementazione, principalmente percepite, è la mancanza di competenze adeguate lungo tutta la catena di approvvigionamento e ciò può portare le aziende a non muoversi verso l'introduzione di tali tecnologie nel contesto aziendale.

Per molte aziende che si stanno muovendo verso la diffusione di tali tecnologie, un punto di attenzione è, in aggiunta, rappresentato dallo scetticismo che caratterizza molti contesti aziendali rispetto a un ritorno economico esaustivo a valle dell'investimento fatto soprattutto in aziende manifatturiere. Un'ulteriore preoccupazione è poi relativa alla sicurezza informatica rispetto alla quale molti sono i rischi a cui le aziende in vari ambiti possono andare incontro.

Secondo questo studio svolto da MAPI Foundation è quindi, possibile riassumere le barriere all'implementazione nel seguente modo, considerando un campione di aziende analizzate:

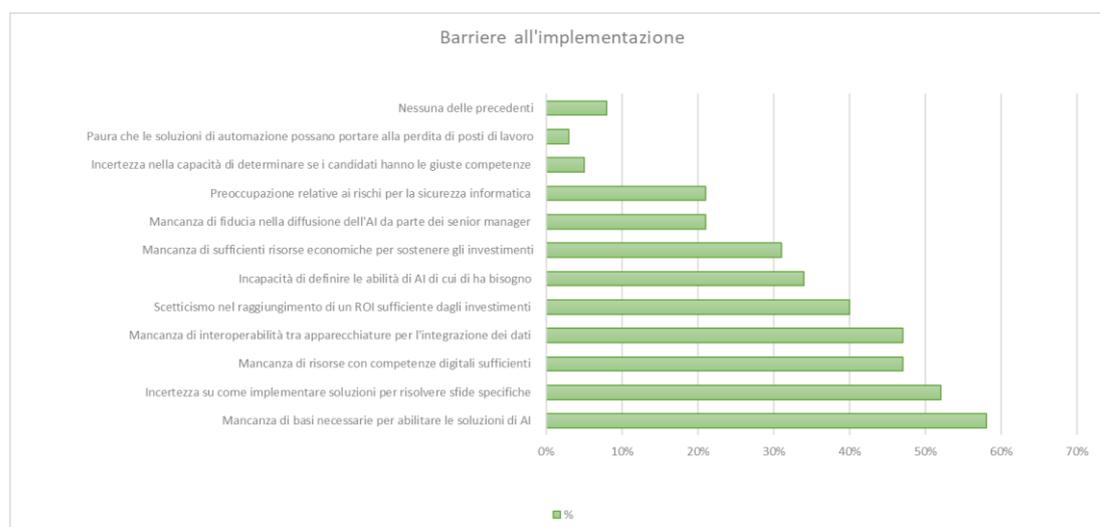


FIGURA 22. PRINCIPALI BARRIERE ALL'IMPLEMENTAZIONE DELLE SOLUZIONI DI AI

In conclusione, le aziende possono riscontrare un numero molto elevato di criticità nell'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nella propria Supply Chain. Grazie alle fonti analizzate è stato possibile vedere come le sfide che principalmente vengono percepite dalle aziende siano legate a *barriere organizzative*, vale a dire la mancanza di formazione e di competenze necessarie per sviluppare ed implementare i sistemi dotati di intelligenza artificiale o diffondere i principi legati a tale innovazione

tecnologica all'interno dell'organizzazione. In questa prospettiva risulta quindi, necessario andare a formare il personale per far fronte a possibili cambiamenti tecnologici nell'ottica di un continuo miglioramento che possa portare a dei vantaggi competitivi per le aziende. Inoltre, vi è anche una mancanza di prontezza dei dipendenti e di resistenza al cambiamento nonché una scarsa integrazione e collaborazione tra i dipendenti dell'organizzazione e i partner della Supply Chain.

Un secondo aspetto è relativo a *barriere tecnologiche* che si verificano a causa della complessità e al numero molto elevato di dati che bisogna gestire per utilizzare le tecnologie di Intelligenza Artificiale all'interno della propria organizzazione. Prima dell'avvento dell'AI, i dipendenti nelle aziende erano poco abituati ad utilizzare una mole di dati così elevata per cui oltre alle difficoltà che possono sorgere da questo punto di vista vi sono anche complicazioni in termini di protezione dei dati per evitare perdite, manipolazioni e violazioni. Inoltre, anche la mancanza di infrastrutture a banda larga e connettività ha rappresentato negli anni una sfida significativa, è risultato per le aziende difficile integrare le nuove infrastrutture con quelle preesistenti.

Un terzo aspetto è poi rappresentato da *barriere strategiche*, infatti è stato osservato come per le aziende possa essere difficile cambiare i propri processi e apportare le modifiche richieste dal mercato. Inoltre, è stato analizzato nelle fonti citate come non vi sia una roadmap strategica per le innovazioni relative all'intelligenza artificiale e ciò spesso comporta un approccio metodico debole per l'implementazione ma anche un disinteresse da parte del top management, che spesso non riesce a cogliere le opportunità legate alle innovazioni circostanti.

Infine, un ultimo aspetto, sono le *barriere finanziarie*, difatti, le aziende devono essere in grado di effettuare degli investimenti ingenti per apportare nei propri processi aziendali le tecnologie legate all'intelligenza artificiale. Per investimenti, non si tratta unicamente di acquisizione di infrastrutture, ma anche di forza lavoro in grado di muoversi con il cambiamento e di formazione per il personale interno.

Viste le barriere all'implementazione dell'AI che si possono verificare nell'introduzione delle tecnologie emergenti all'interno delle aziende e più nello specifico nella catena di approvvigionamento, risulta necessario contrastare, mitigare

e agire al fine di evitare che possibili impatti previsti di verifichino causando un impatto negativo.

3.3 Benefici e vantaggi: discussione sui miglioramenti quantificabili e benefici ottenuti attraverso l'implementazione dell'AI

Sebbene vi siano delle barriere all'implementazione che spesso spingono soprattutto le aziende di piccole dimensioni, a non investire nelle tecnologie dell'intelligenza artificiale, l'impatto che quest'ultima ha sulla Supply Chain è molto positivo soprattutto guardando al lungo periodo. Bisogna, infatti, sottolineare che investire in intelligenza artificiale può essere molto oneroso per le aziende ma può portare ad ottimi risultati, sia se si considerano aziende il cui obiettivo è quello di fornire un servizio sia laddove vengano prese in esame aziende il cui fine è quello di fornire un prodotto all'utente finale.

I vantaggi sono quantificabili lungo tutta la catena di produzione, difatti, i sistemi dotati di intelligenza artificiale devono essere visti come un importante alleato per la Supply Chain Management, in grado di portare all'azienda un significativo vantaggio competitivo non unicamente guardando a risultati ottenuti con iniziative estemporanee in risposta a cambiamenti rapidi, ma è necessario guardare ai cambiamenti nel lungo periodo. Di conseguenza, le aziende devono essere in grado, guardando alle nuove tecnologie di definire una strategia per agire sulla catena di fornitura in ottica di vantaggi che siano duraturi nel tempo.

Guardando alle varie fasi della Supply Chain Management riportate nel capitolo 2 è possibile analizzare concretamente gli aspetti positivi, di cui si ha rilevanza.

Se si considera il processo di **pianificazione** all'interno della Supply Chain Management è possibile analizzare quelli che sono due specifiche attività inerenti a questa fase sulle quali l'AI è riuscita ad agire in modo positivo. Nello specifico si tratta della pianificazione e previsione della domanda e della gestione dell'inventario. Rispetto a tali attività è stata osservata la crescita dell'indice di rotazione delle scorte, nonché la riduzione del numero di giorni di Stockout e infine un controllo ottimale dell'inventario.

Rispetto invece, alla fase di **approvvigionamento** è stato analizzato l'impatto sulla selezione dei fornitori nonché sul controllo qualità degli ordini in entrata e sono stati osservati benefici in termini di aumento dell'accuratezza e diminuzione del tempo di calcolo in diverse classificazioni per la selezione dei fornitori; inoltre, è stato osservato come l'intelligenza artificiale abbia permesso di migliorare il processo di identificazione dei difettosi offrendo alle aziende la possibilità di farlo con un'elevata precisione.

Considerando poi la fase di **produzione**, sono stati osservati numerosi vantaggi derivanti dalla pianificazione, svolta in modo ottimale, nonché dalla qualità e la manutenzione. Nello specifico, grazie all'utilizzo delle nuove tecnologie, si sono riscontrati benefici, quali la riduzione dei costi, l'ottimizzazione delle risorse, che ha permesso di generare anche vantaggi in termini di sostenibilità se si considera, ad esempio, l'utilizzo di energia. Inoltre, grazie all'intelligenza artificiale è stato possibile rilevare dei benefici in termini di qualità, come il rilevamento precoce dei guasti e la possibilità di fare manutenzioni preventive e postvendita mirate.

In riferimento alla fase di **consegna**, i vantaggi più evidenti sono stati riscontrati in termini di spedizione al cliente e di ottimizzazione logistica con particolare riferimento al picking. In questo caso tra i benefici troviamo la riduzione dei tempi di pianificazione dell'offerta e riduzione dei tempi e dei costi di trasporto, ma soprattutto dei miglioramenti riguardanti il rapporto con il cliente, grazie alla comunicazione sempre più facile e all'aumento della soddisfazione del cliente.

Infine, in termini di **ritorno**, è stato osservato come grazie all'utilizzo delle tecnologie che sfruttano l'intelligenza artificiale è stato possibile progettare in modo accurato e vantaggioso le reti, ottimizzare tutte le attività relative alla raccolta e allo smistamento delle merci e gestire in modo più opportuno il magazzino.

Nello specifico i vantaggi riscontrati sono la riduzione dei costi di trasporto e di localizzazione, nonché un'automazione e velocizzazione dello smistamento dei resi, maggiore sostenibilità aziendale e soprattutto gestione ottimale del servizio clienti grazie ad un'attenta analisi delle esigenze del cliente.

Purtroppo per le applicazioni di intelligenza artificiale si parla di qualcosa ancora molto teorico. Infatti, la maggior parte degli studi proposti non sono inerenti a casi

reali in cui sono state utilizzate le tecnologie dell'AI in modo esplicito, ma si fa sempre riferimento a studi su tale tema o a simulazioni di casi sperimentali.

Conclusioni e prospettive future

Durante il corso di questo studio approfondito sull'applicazione dell'Intelligenza Artificiale e del Machine Learning alla Supply Chain Management, sono emersi risultati significativi che evidenziano i molteplici vantaggi derivanti dall'adozione di queste tecnologie innovative. Tra i benefici analizzati è importante sottolineare l'ottimizzazione dei processi decisionali, la previsione della domanda e il monitoraggio predittivo dei processi produttivi che sono solo alcune delle aree in cui l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning possono apportare miglioramenti sostanziali all'efficienza e alla competitività delle aziende.

Tuttavia, è importante sottolineare che l'implementazione di queste tecnologie non è priva di sfide e criticità. Dalla necessità di acquisire e trasferire conoscenza specifica alla costante richiesta di aggiornamento delle basi di dati e dei modelli predittivi, le aziende devono essere consapevoli delle complessità e delle limitazioni che possono emergere nel processo di integrazione dell'Intelligenza Artificiale e del Machine Learning nella gestione della catena di fornitura.

Per le aziende è fondamentale continuare a esplorare le tendenze emergenti e le possibili evoluzioni nell'interazione tra l'Intelligenza Artificiale e il Supply Chain Management. L'innovazione tecnologica procede a ritmo serrato, e le aziende che sapranno adattarsi in modo proattivo e sfruttare appieno il potenziale di queste tecnologie saranno in grado di mantenere un vantaggio competitivo significativo sul mercato globale.

A tal fine è necessario che le aziende investano in programmi di formazione mirati per il personale con l'obiettivo di promuovere l'aggiornamento costante delle competenze e di stabilire collaborazioni strategiche con esperti del settore. In questo le aziende daranno in grado di massimizzare i benefici derivanti dall'adozione dell'Intelligenza Artificiale e del Machine Learning nella gestione della catena di fornitura.

Inoltre, la ricerca ha evidenziato come l'Intelligenza Artificiale possa contribuire in modo significativo alla sostenibilità ambientale e alla qualità dei processi produttivi, consentendo il rilevamento precoce dei guasti, l'implementazione di manutenzioni preventive mirate e una maggiore efficienza energetica. Questi benefici non solo migliorano le performance aziendali, ma contribuiscono anche a ridurre l'impatto ambientale delle attività produttive.

Guardando al futuro, è evidente che l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning continueranno a rivoluzionare il panorama della gestione della catena di fornitura, creando nuove opportunità e sfide per le aziende. È fondamentale che le organizzazioni siano pronte ad adattarsi a queste trasformazioni e a capitalizzare sulle potenzialità offerte da queste tecnologie emergenti per rimanere competitive in un mercato sempre più dinamico e competitivo.

Bibliografia e sitografia:

Bibliografia e articoli accademici consultati:

- Adorni Giovanni - “Intelligenza Artificiale: Concetti, Metodi e Applicazioni”, articolo accademico pubblicato nel 2022.
- Ajoudani, Arash, Zanchettin, Ivaldi, Alin Albu-Schäffer, Kazuhiro Kosuge, and Oussama - “Progress and prospects of the human–robot collaboration” – 2018
- Alfawaz, Khaled Mofawiz; A. A. Alshehri - “Applying Artificial Intelligence in Supply Chain Management”, pubblicato nel 2022
- Atkinson R.D., Ezell S. - “The Manufacturing Evolution: How AI Will Transform Manufacturing and the Workforce of the Future”, MAPI Foundation, Arlington (VA), libro pubblicato nel 2019
- Bahadori M., Hosseini S.M., Teymourzadeh E., Ravangard R., Raadabadi M., Alimohammadzadeh K. - “A Supplier selection models for hospitals using a combination of artificial neural network and a fuzzy VIKOR”, International Journal of Healthcare Management, articolo accademico pubblicato nel 2020
- Ben Unglesbee - “AI opens new frontier in supply chain planning”, articolo accademico pubblicato nel 2023
- Cantini A., Peron M., De Carlo F., Sgarbossa F. - “A decision support system for configuring spare parts supply chains considering different manufacturing Technologies”, International Journal of production Research, articolo di ricerca pubblicato nel 2022
- Castigli Mirella - “Cos’è il Business Process Reengineering e come migliora l’azienda”, articolo accademico pubblicato nel 2023
- Chopra Sunil, Meindl Peter “Supply Chain Management Strategy, Planning, and Operation”, libro pubblicato nel 2020
- Desenzani Niccolò, Product Manager Ammagamma - “Supply Chain integrata, che cos’è e quali sono le soluzioni di AI”, libro pubblicato nel 2023
- Diabolocom - “L’impatto dell’intelligenza artificiale (IA) sul servizio clienti, articolo accademico pubblicato nel 2023

- Digital Guide IONOS (inonos.it) - “Il modello SCOR: cos'è e a che cosa serve”, articolo accademico pubblicato nel 2020
- European Commission - “Industry 5.0 Towards asustainable, human-centric and resilient European industry”, articolo accademico pubblicato nel 2021
- EY, Manpower Group, Sanoma, Powered by “Il futuro delle competenze nell’Era dell’Intelligenza Artificiale” – Studio predittivo svolto nel 2023
- Fioretti Alessandro, Advanced Analytics & AI al SAS - “Il lavoro nell’era dell’AI”, articolo accademico pubblicato nel 2023
- Fioretti Alessandro, Advanced Analytics & AI al SAS - “L’innovazione di significato nelle previsioni”, articolo accademico pubblicato nel 2023
- Foundry Framingham “Intelligenza artificiale e IA generativa: ecco come si stanno muovendo le aziende italiane”, articolo accademico pubblicato nel 2024
- Gay M. - “L’intelligenza Artificiale per la ripresa dell’Italia: ecco sfide ed opportunità”, articolo accademico pubblicato nel 2021
- Grando A., Vicari S. - “Gestione della tecnologia, dell’innovazione e delle operations”, articolo accademico pubblicato nel 2021
- Helo P., Hao Y. - “Artificial Intelligence in operations management and Supply Chain Management: an exploratory case study”, libro pubblicato nel 2021
- IBM, partnership Morning Consult - “*From Roadblock to Scale: The Global Sprint towards AI*”, articolo accademico pubblicato nel 2020
- Islam S., Amin S.H., Wardley L.J. - “Machine Learning and optimization models for supplier selection and order allocation planning” International Journal of production Economics, articolo di ricercar pubblicato nel 2021
- Kreutzer R.T., Sirrenberg M. - “Understanding Artificial Intelligence” Springer, New York, libro pubblicato nel 2020
- Leonardi P., CFO Ammagamma “l’AI sta cambiando anche il mondo della finanzia”, articolo finanziario pubblicato nel 23
- Magri V. “L’intelligenza artificiale e le applicazioni nei servizi finanziari”, articolo accademico pubblicato nel 2023
- Manulli R. “L’AI nel futuro del lavoro: competenze necessarie e sviluppo professionale”, articolo accademico pubblicato nel 2023

- Masia E. - “Supply Chain nel 2024: una partita a scacchi che si vince con l’AI”, articolo accademico pubblicato nel 2024
- Mecalux - “L’intelligenza artificiale: la chiave per trasformare la logistica”, articolo pubblicato nel 2021
- Miragliotta G., Direttore dell’Osservatorio Industria 4.0 del Politecnico di Milano e Roskladka N., title Ricercatrice Osservatorio Transizione Industria 4.0 del Politecnico di Milano – “L’AI prevede la domanda di mercato e aiuta la PMI: ecco come” – articolo di ricerca pubblicato nel 2021
- Mr. Ghiath Shabsigh, El Bachir Boukherouaa - “Generative Artificial Intelligence in Finance”, International Monetary Fund pubblicato nel 2023
- Naz F., Agrawal R., Kumar A., Gunasekaran A., Majumdar A., Luthra S. – “Reviewing the applications of artificial intelligence and Sustainable supply chain: exploring research proposition for future directions”, Business Strategy and the Environment, articolo di ricerca pubblicato nel 2022.
- Osservatorio Artificial Intelligence, Scuola di Management del Politecnico di Milano - “AI al centro: novità, applicazioni e regole”, articolo pubblicato nel 2024
- Sakari Pieskä, Jari Kaarela, Jari Mäkelä - “Simulation and programming experiences of collaborative robots for small-scale manufacturing”, libro pubblicato nel 2018.
- Sean Michael Kerner - “Modelli linguistici di grandi dimensioni (LLM)” –, articolo pubblicato nel 2022.
- Secchi R., Cannas V.G., Ciano M., Saltamacchia M. - “Supply Chain management e Intelligenza artificiale: migliorare i processi e la competitività aziendale”, libro pubblicato nel 2022.
- Sharma R., Shishodia A., Gunasekaran A., Min H., Munim Z.H. - “The role of artificial intelligence in Supply Chain Management: Mapping the territory”, articolo di ricerca pubblicato nell’International Journal of Production Research nel 2022
- Viliotti A., B2B Data Driven Lead Generation Specialist - “Large Language Models (LLM): ecco tutti i campi di applicazione”, articolo accademico pubblicato nel 2023.

- Zuccari F., ICT Manager - “LLM: Applicazioni Pratiche e Prospettive future”, articolo accademico pubblicato nel 2023.

Sitografia:

- ❖ <https://filecache.mediaroom.com>
- ❖ <https://disf.org/intelligenza-artificiale>
- ❖ https://filecache.mediaroom.com/mr5mr_ibmnews/183710/Roadblock-to-Scale-exec-summary.pdf
- ❖ <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>
- ❖ <https://it.linkedin.com/pulse/llm-applicazioni-pratiche-e-prospettive-future-fabrizio-zuccari>
- ❖ <https://itif.org/publications/2019/08/06/manufacturing-evolution-how-ai-will-transform-manufacturing-and-workforce/>
- ❖ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/large-language-models-llm-ecco-tutti-i-campi-di-applicazione/> --LLM casi pratici
- ❖ <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/large-language-models-llm-ecco-tutti-i-campi-di-applicazione/>
- ❖ <https://www.bigdata4innovation.it/data-analytics/cose-il-business-process-reengineering-e-come-migliora-lazienda/>
- ❖ <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/supply-chain-management-cose-e-perche-e-importante/>
- ❖ <https://www.extractsystems.com/machine-learning>
- ❖ <https://www.hpe.com/it/it/what-is/machine-learning.html>
- ❖ <https://www.intesa.it/intelligenza-artificiale-machine-learning-e-deep-learning/>
- ❖ <https://www.osservatori.net/it/ricerche/comunicati-stampa/intelligenza-artificiale-italia#:~:text=Il%2061%25%20delle%20grandi%20imprese,sostanzialmente%20stabile%20rispetto%20al%202022.>
- ❖ <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/deloitte-analytics/us-da-2017-deloitte-state-of-cognitive-survey.pdf>
- ❖ [Manutenzione predittiva: predire il futuro risparmiando risorse Materia Rinnovabile | Renewable Matter](#)