

Politecnico di Torino

Laura Magistrale in Ingegneria della Produzione Industriale e
dell'Innovazione Tecnologica



Politecnico di Torino

Tesi di Laurea Magistrale

L'impatto dell'automazione e dell'AI sulla Supply Chain degli e-commerce

Relatore:

Eleonora Atzeni

Candidato:

Mattia Gallo

Studente: 257548

Indice

Abstract della tesi	5
Introduzione	8
L'e-commerce	9
Tipi di Business E-commerce:	9
Principali KPI	10
Sales	10
Marketing	12
Customer service	13
Manufacturing	14
Performance management	14
Supply Chain	15
Introduzione	15
L'architettura del sistema e-commerce	17
Supply Chain in e-commerce	19
Sistemi automatici presenti nei magazzini	21
Sistemi per l'automatismo	25
Il rapporto degli operatori con i sistemi automatizzati	26
Conveyor	31
Sistemi di smistamento	37
Sistemi di stowing e picking	44
Sistemi AGV	46
Realtà aumentata a supporto delle operazioni di Pick e Stow	50
Etichettatrici	57
Logistica 4.0	60
Smart sensors	61
Robotica nella Logistica	65
Robotica a supporto della logistica 4.0	69
Robot per il carico/scarico di Truck e containers	69
Robot per picking e stowing	73
Robot mobili per picking e stowing	75
Robot per il packing	77
Robot per il Last mile delivery	79
L'intelligenza artificiale a supporto della Logistica	81
Concetti base dell'intelligenza artificiale	81

Artificial Intelligence in Logistics	86
Come l'AI cambierà i processi logistici	93
L'evoluzione dell'ultimo miglio e le sfide logistiche	94
Vision zero	104
L'elettificazione della Logistica	104
Packaging	107
Resi	109
Gestione dei prodotti usati	110
Sensibilizzare i consumatori	110
Conclusioni	112
Bibliografia	113

Abstract della tesi

Negli ultimi 30 anni la supply chain ha giocato un ruolo importante nello sviluppo di diversi settori e con l'avvento della tecnologia informatica il focus sui processi operativi è andato crescendo.

Un ruolo importante lo hanno avuto le piattaforme di e-commerce, dove la supply chain rappresenta uno dei processi più strategici. Questo perché l'efficienza dei processi operativi ha un diretto impatto sulla customer experience e rappresenta una leva fondamentale per la generazione di ricavi e la riduzione dei costi.

Nell'organigramma delle aziende che operano nei settori e-commerce si distinguono funzioni ad hoc per la gestione puntuale dell'intero processo operativo e queste funzioni sono tutt'ora supportate da tecnologie innovative, ma siamo ancora all'inizio. Le aspettative dei clienti sono in costante crescita e un ruolo chiave è giocato dalla velocità di consegna e dall'assenza di costi aggiuntivi, per questo motivo, lo sviluppo della tecnologia per supportare le operazioni della supply chain sarà fondamentale.

Questo aspetto è chiaro alle aziende leader nel settore e viene sottolineato dai grandi investimenti fatti per implementare sistemi e tecnologie sempre più efficienti e precisi.

Con la diffusione di internet e la crescente globalizzazione le imprese sono diventate sempre più articolate, strutturate ed interconnesse con le varie entità presenti nel loro business, come i fornitori, i partner commerciali e gli stessi clienti.

Nei prossimi anni, sempre più persone utilizzeranno le piattaforme di e-commerce per i loro acquisti e di conseguenza il network dovrà essere in grado di rispondere a volumi in crescita.

Un'altra grande sfida è quella della sostenibilità con la necessità di ridurre l'impatto ambientale delle operazioni principalmente di trasporto e la riduzione degli sprechi.

In particolare, l'Artificial Intelligence aiuterà a generare più flessibilità e velocità di risposta da parte dell'intera supply chain, automatizzando le decisioni di operatività quotidiana ed ottimizzando l'acquisto dei rifornimenti, la loro dislocazione sul network e la conseguente riduzione dei costi e dei consumi.

Questa tecnologia, insieme a strumenti di automazione per la gestione della merce e delle operazioni di movimentazione della stessa, sembrano essere le soluzioni più promettenti per poter rispondere ad un futuro sempre più connesso, rapido ed esigente. Di conseguenza le figure che dovranno partecipare a questo cambiamento dovranno essere altamente specializzate e in grado di ridurre al minimo la frequenza di eventuali errori.

La visione futura del settore dell'e-commerce sembra essere molto chiara e dettata dai seguenti fattori:

- **Velocità:** I nuovi approcci per la distribuzione dei prodotti dovranno essere in grado di consegnare i prodotti ai clienti nel giro di poche ore. Resta da definire il come e sicuramente i sistemi di predizione degli ordini e l'automazione ed analisi delle informazioni raccolte da eventi passati o big data esterni saranno in grado di fornire forecast sulla domanda dei clienti su base diaria.

Su questo concetto Amazon sta investendo molte risorse, per poter avere un sistema di "predictive shipping" in grado di riallocare sul network i prodotti, in base ad una previsione di richiesta accurata.

- **Flessibilità:** L'industria 4.0 sta lavorando in tal senso e permetterà alle aziende di poter fornire un servizio ad hoc in tempo reale e poter rispondere a cambiamenti di capacità in modo rapido e minimizzando i cicli di progettazione ed ottimizzando la rotazione dei beni.

Per migliorare la sostenibilità dei processi, i trasporti dovranno essere molto flessibili; non solo per velocizzare la consegna, ma anche per rendere più efficienti gli spostamenti e poter prevedere resi cliente durante le stesse operazioni.

- **Diversificazione:** Gli e-commerce dovranno costantemente aumentare i loro cataloghi ed offrire sempre più alternative al cliente, con possibilità di customizzazione. Questo richiederà un'ottima gestione degli inventari, della loro distribuzione sul network ed una puntuale gestione degli acquisti.

- **Precisione:** Per una buona Customer experience è necessario rispondere con precisione alle richieste del cliente, anche se i volumi e le informazioni da gestire aumentano.

La supply chain dovrà essere in grado di interconnettere i clienti con i magazzini, i fornitori e tutti gli stakeholder coinvolti nell'operatività di un e-commerce, riducendo gli errori ed i tempi di risposta al cliente.

Questo è un punto molto importante per il business di vendita online, in quanto racchiude alcuni dei più importanti KPI del settore.

- **Efficienza:** Questo fattore racchiude al suo interno i punti precedentemente elencati, ma vuole focalizzarsi sulla gestione all'interno dei magazzini della merce, automatizzando la movimentazione della stessa e implementando sistemi di carico dei truck in modo da ottimizzare il loro "fill rate" così da rendere più sostenibili le operazioni di trasporto e diminuire i costi ad esso annessi.

L'obiettivo di questo studio è definire e determinare quali saranno le tecnologie 4.0 che daranno maggiore supporto alla supply chain degli e-commerce e le metodologie usate per una maggiore sostenibilità, economicità ed efficienza dei processi operativi.

Introduzione

La logistica è un settore in forte sviluppo e svolgerà un ruolo fondamentale nella crescita delle piattaforme e-commerce.

Per questo, ho deciso di approfondire l'argomento e delinearne l'andamento futuro e quali tecnologie verranno maggiormente utilizzate. L'interesse per la logistica è nato durante i miei studi di Ingegneria della produzione industriale, il cui programma ha più volte affrontato tematiche legate alla supply chain e all'operatività in generale.

Inoltre, ho avuto l'opportunità di lavorare per una delle aziende leader nel settore e-commerce, Amazon, e questa esperienza ha aumentato l'interesse a comprenderne a fondo i principali fattori di crescita che renderanno i servizi online più efficienti e sostenibili.

La tesi si suddivide in quattro capitoli.

Il primo capitolo ha lo scopo di definire l'e-commerce, descrivendone il funzionamento e di identificare i principali key performance indicators (KPI). Inoltre, spiegherò l'attuale funzionamento della supply chain di una piattaforma di vendita online per poi identificarne gli strumenti che ne incrementeranno l'operatività.

Nel secondo capitolo introdurrò l'industria 4.0, fornendone una definizione e relazionandone i concetti chiave con l'e-commerce. In questo capitolo saranno elencati gli attuali sistemi automatici presenti nei centri di distribuzione ed i principali processi. A seguire saranno approfonditi i nuovi sistemi tecnologici che potranno supportare la supply chain ed automatizzarne sempre di più le operazioni. Uno dei principali strumenti descritti sarà l'AI, che permetterà di agevolare gli automatismi e di analizzare grandi quantità di dati per prevedere il comportamento dell'infrastruttura logistica e la domanda dei consumatori.

Nel terzo capitolo approfondirò il tema del last mile, operazione tra le più dispendiose e legata alla customer experience.

Nell'ultimo capitolo, affronterò il tema della sostenibilità, la sfida più ardua che l'e-commerce dovrà affrontare ed in che modo le moderne tecnologie saranno in grado di aiutare per il raggiungimento di questo obiettivo.

L'e-commerce

L'e-commerce, detto anche commercio online, si riferisce all'acquisto o alla vendita di beni o servizi tramite l'utilizzo di piattaforme internet. Queste piattaforme sono in grado di gestire flussi di dati e garantire transazioni monetarie sicure. Questo modello di business con l'avvento di Internet si è sviluppato rapidamente e negli ultimi anni sono stati fatti investimenti per migliorarne la Customer experience e per fidelizzare i clienti al servizio, fornendo vantaggi significativi.

Il marketplace virtuale permette agli acquirenti di incontrare facilmente i beni o servizi che cercano ed allo stesso tempo saranno agevolati a confrontare beni dello stesso tipo e valutare quale si adatta meglio alle loro esigenze o prediligere il prodotto più vantaggioso. Questo sviluppo esponenziale è avvenuto anche grazie all'interesse che i fornitori hanno nel dare visibilità dei loro beni sulle piattaforme e-commerce, infatti, quest'ultime permettono a tutti i venditori, sia di piccole che di grandi imprese, di poter vendere su un mercato internazionale. Questo fattore strategico è supportato da una supply chain in grado di muovere i beni anche a lunghe distanze.

Nel 2019 il valore delle vendite ha raggiunto i 3000 miliardi di dollari.

Tipi di Business E-commerce:

Ci sono principalmente 4 modelli di e-commerce che descrivono le tipologie di transazioni che possono avvenire tra clienti ed attività commerciali.

1. Business to consumer (B2C)

Il modello di e-commerce più conosciuto, dove un fornitore vende i suoi beni o servizi, tramite una piattaforma online, a dei privati.

2. Business to Business (B2B)

Acronimo dell'espressione "Business-to-business", utilizzato per descrivere un rapporto commerciale che intercorre tra due imprese. In questo caso il rapporto viene creato tramite transazioni per l'acquisto servizi o prodotti su una piattaforma online.

3. Consumer to Consumer (C2C)

Quando un privato vende un bene o un servizio ad un altro privato il cui garante è la piattaforma e-commerce che garantisce la sicurezza delle transazioni

4. Consumer to Business (C2B)

Quando un privato vende un servizio ad una società. Un esempio può essere quello del fotografo che vende le sue foto ad un'azienda.

Principali KPI

La Supply Chain rappresenta la colonna portante di molti business, ma incide particolarmente sul rendimento e sulla crescita di un servizio e-commerce.

Le metriche di una supply chain sono espresse da specifici parametri che vengono usati per quantificare ed identificare le performance complessive ed adottare azioni appropriate in caso di inefficienza. Scomponendo la complessa operatività in metriche più puntuali, chiamati KPI o Key Performance Indicators, sarà possibile identificare inefficienze e punti di forza utili per prestabilire degli obiettivi per la crescita ed il successo dell'azienda [1]. Quindi un KPI è una metrica, legata a vari aspetti dell'e-commerce, quantificabile o qualitativa, ricavata tramite l'estrapolazione di dati legati a performance passate o tramite operazioni di forecasting.

Solitamente nell'e-commerce i KPI appartengono a 5 categorie:

1. Sales
2. Marketing
3. Customer service
4. Manufacturing
5. Performance management

Sales

I KPI legati alle vendite indicano come il business sta rendendo in termini di ricavi, possono essere relazionati ad uno specifico canale, servizio, periodo di tempo, agli impiegati ed aiutano nella gestione interna dell'azienda.

- **Vendite:** il dipartimento di Retail è in grado di monitorare l'andamento delle vendite in diversi periodi di tempo.
- **Media ordine cliente:** Questa metrica indica quanto un cliente è disposto in media a spendere su un singolo ordine.
- **Profitto lordo:** Calcolato sottraendo il costo di acquisto dei beni venduti al profitto delle vendite.
- **Margine medio:** Percentuale che rappresenta il margine di profitto in uno specifico arco di tempo.

- **Numero di transazioni:** KPI che indica il traffico presente sulla piattaforma e-commerce in termini di vendite.
- **Numero di ordini nel carrello:** Ordini riposti nel carrello per gli acquisti, ma non effettivamente comprati dal cliente. Un altro modo di interpretare questo KPI potrebbe essere relazionato ad un processo troppo complesso per svolgere le operazioni di acquisto.
- **Fidelizzazione dei clienti:** È importante monitorare il numero di ordini, ma allo stesso tempo è importante verificare quale percentuale di clienti ripetono acquisti sulla piattaforma.
- **Cost of goods sold (COGS):** Questo valore indica quanto si sta spendendo per vendere un prodotto. Questo include costi operativi e personale impiegato.
- **Market share:** soprattutto con il business Retail è importante analizzare qual è la percentuale di mercato occupata per valutare la crescita dell'azienda e per monitorare la concorrenza.
- **Affinità dei prodotti:** questa metrica valuta se ci sono delle relazioni tra i prodotti acquistati insieme; questo a livello promozionale può favorire delle attività di vendita strategiche.
- **Analisi dell'inventario:** KPI utilizzato per monitorare lo stock disponibile, valutare la rotazione dei prodotti ed evitare l'over stock o l'out of stock.
- **Prezzi:** Per avere un servizio competitivo è necessario mantenere i prezzi in linea o più bassi della concorrenza.
- **Customer lifetime value (CLV):** Questo valore indica l'impronta economica di un cliente durante il rapporto commerciale con lo stesso. L'obiettivo è quello di aumentare questo valore, fortificando i rapporti e concentrandosi sulla fidelizzazione del cliente.
- **Revenue per visitor (RPV):** KPI che indica quanto mediamente un cliente spende durante una singola visita dell'e-commerce.
- **Tasso di abbandono:** KPI che indica quanto rapidamente un cliente lascia uno specifico brand e sposta i suoi acquisti sulla concorrenza o su prodotti non brandizzati, spesso su prodotti di consumo soggetti al prezzo e non ad una fidelizzazione sul brand e legati alla stessa piattaforma e-commerce, pensiamo ad esempio ai prodotti Amazon Basics.
- **Customer acquisition cost (CAC):** Questo valore indica quanto l'azienda sta investendo per attrarre nuovi clienti sulla propria piattaforma; nello specifico rientrano promozioni e campagne di marketing [2].

Marketing

- **Traffico sul sito:** Si intende il numero di persone che visitano il sito, naturalmente maggiore è il traffico e maggiori saranno le opportunità di vendita.
- **Nuovi visitatori vs. clienti fidelizzati**
- **Tempo speso sul sito:** Questo KPI indica quanto tempo un cliente spende sul sito e aumenta l'engagement nei confronti dei brand interessati al servizio. Da considerare solamente il tempo speso durante la navigazione e l'analisi dei prodotti che si vuole acquistare. Non vanno considerati eventuali tempi di check-out.
- **Pagine visualizzate per cliente:** KPI che puoi aiutare a migliorare la UI e semplificare le ricerche dei clienti.
- **Sorgente del traffico:** KPI che indica da dove provengono i clienti e come sono stati indirizzati al sito. Nel marketing questa metrica aiuta a definire le fonti di promozione del sito più efficaci e sul quale investire maggiormente.
- **Mobile site traffic:** Indica la percentuale di utenti che accedono al portale con un dispositivo Mobile; se il parametro è elevato è consigliato dedicare un'applicazione per un uso più comodo del servizio su telefono cellulare.
- **Periodi di picco:** Monitorando gli andamenti delle vendite, tenendo in considerazione vendite stagionali e campagne promozionali è possibile definire periodi di tempo nel quale si riscontra un aumento di traffico.
- **Marketing mailing list:** Metrica che calcola il numero di utenti che decidono di ricevere per email informazioni su campagne promozionali e novità legate al servizio somministrato.
- **Email click-through rate (CTR):** Percentuali di utenti che aprendo una email promozionale decidono di aprire il link fornito per accedere alla pagina dedicate alla promozione presente sulla piattaforma e-commerce.
- **Cancellazione delle iscrizioni:** KPI che indica il numero di utenti che decidono di bloccare la ricezione di email promozionali.
- **Followers sui social:** Nonostante il business non sia legato ai social, se la piattaforma presenta un account su una piattaforma social, monitora il numero di seguitori per dare maggiore visibilità del servizio e creare fiducia nel brand.
- **Interazioni sui Social:** KPI che monitora le attività di interazione dei fan con le pubblicazioni fatte sui social.
- **Click:** KPI che monitora il numero di click su link, pagine, commenti, ecc. Praticamente definisce dove è maggiormente presente traffico utenti.

- **Posizionamento medio:** KPI che indica dove è posizionato il sito e-commerce sui portali di ricerca; search engine optimization (SEO). Il target per molti siti e-commerce è quello di apparire al primo posto nella pagina di ricerca.
- **Pay-per-click (PPC):** Se è in corso una campagna promozionale, questo KPI indica il rate di successo.
- **Recensione dei prodotti e qualità ad essi attribuita:** Metrica che incentiva le vendite dei prodotti se positiva e migliora il posizionamento sui canali di ricerca. Inoltre, aiuta a migliorare la credibilità dell'e-commerce se i commenti sono positivi.
- **Advertising:** KPI che monitora la percentuale di attrazione di un banner o pubblicità presente su un sito esterno alla piattaforma e-commerce [3].

Customer service

- **Customer satisfaction:** KPI calcolato tramite l'utilizzo di questionari e feedback dei clienti.
- **Net promoter score (NPS):** Considera la fidelizzazione dei clienti e quanto quest'ultimi consigliano il servizio ad altre persone.
- **Concession:** Numero di lamentele cliente rapportate al numero totale di vendite di uno specifico prodotto. Calcolato in dpmo (Defect per million Opportunities).
- **Contatti con il servizio clienti**
- **Tempo di risposta di CS:** KPI che calcola il tempo medio di attesa di un cliente per avere una risposta del servizio clienti.
- **Percentuale di risoluzione dei problemi:** metrica direttamente relazionata con la customer experience
- **Backlogs:** Ritardo con la elaborazione delle richieste d'aiuto e prolungamento dei tempi di attesa per i clienti.
- **Classificazione delle lamentele cliente:** KPI che permette di identificare il problema e definire un'azione correttiva concreta, esempi di Concession:
 - Damage
 - Switcheroo
 - PDD failure, ovvero mancata consegna per la data indicata al cliente
 - Missort o mancata consegna
 - Small concession, ovvero piccole problematiche

Manufacturing

I KPI legati al manufacturing analizzano principalmente tematiche operative ed hanno l'obiettivo di rendere più efficiente la supply chain e di correggere eventuali inefficienze operative. Inoltre, con una corretta gestione delle operazioni si ottimizzano i costi, evitando spese superflue.

- **Rotazione dei prodotti:** KPI che monitora i tempi di permanenza dei prodotti in magazzino ed ottimizza l'acquisto automatico dei prodotti con rotazione più alta evitando over stock di prodotti basso rotanti.
- **Performance dei CAPEX:** KPI che monitora come l'equipment messo a disposizione ottimizza le operazioni
- **Forza lavoro:** KPI che monitora la produttività della forza lavoro
- **Numero di rischi ed incidenti**
- **Adjustment:** Correzioni sull'inventario per allineare fisico e virtuale.
- **Fill failure:** Incapacità di emettere un ordine cliente a causa di una discrepanza sull'inventario
- **Ritardo sul CPT:** Emissione di un ordine in ritardo rispetto allo scheduling con potenziale ritardo sulla PDD

Performance management

Metrica che monitora le performance del management e la capacità di portare a termine task specifiche e di rispettare gli obiettivi prefissati.

- **Ore di lavoro:** Totale delle ore dedicate ad un progetto. Il project manager dovrà essere in grado di allocare il corretto numero di risorse nel progetto per ottimizzare le ore lavoro.
- **Budget:** Risorse economiche allocate su uno specifico progetto per assicurarne il suo compimento.
- **Return of investment (ROI)**
- **Variazione sui costi:** Delta dei costi attesi su quelli reali.
- **Cost performance index (CPI):** Indica quanto le risorse investite hanno valorizzato in progetto.

Supply Chain

Introduzione

Il rapido sviluppo della tecnologia e dell'internet in tutti i settori produttivi e commerciali ha generato un enorme flusso di informazioni, fondamentali per migliorare e definire la Supply Chain di un e-commerce.

Il commercio elettronico ha alla base dei suoi sistemi informazioni e tecnologie per la trasmissione dei dati (ICT – Information and communication technology), infatti, un e-commerce combina diverse parti, tra cui i clienti, i fornitori, la piattaforma web, le banche dati, il sistema di pagamento e sistemi di controllo generale. Questi sistemi vanno gestiti a livello operativo e devono comunicare con tutte le parti coinvolte nella Supply Chain.

La qualità della SC di un e-commerce si basa sull'efficacia della sua gestione (SCM –Supply Chain management) e per valutare l'opzione migliore che sia in grado di garantire il successo del SCM bisogna utilizzare dei metodi di modellazione e simulazione delle operazioni basate su modelli matematici che rappresentano una SC in condizioni reali con riferimento ai dati raccolti in un preciso arco temporale. L'utilizzo di queste simulazioni su diversi modelli matematici aiuta a definire su larga scala la migliore modellazione della SC ed aiuta il management dell'azienda nelle proprie decisioni.

Le aziende e-commerce sviluppano i loro sistemi in seguito ad una analisi analitica dei dati raccolti per poter rendere la SC più efficiente; questo perché i costi di gestione di un prodotto e la sua spedizione al cliente finale impattano in modo rilevante sull'utile che la piattaforma web può fare su ogni singolo ordine.

Nel calcolo dei costi operativi di un e-commerce ci sono diversi fattori da considerare, ma i principali sono la VCPU e la TCPU [4].

La VCPU rappresenta i costi variabili per singola unità e in questi vengono considerati i costi dell'infrastruttura utilizzata per elaborare un ordine e la forza lavoro coinvolta nelle operazioni.

La TCPU corrisponde al costo di trasporto per ogni singola unità e quest'ultimo è il costo più rilevante nella SC di una piattaforma di vendita online. Per questo motivo le grandi aziende nel settore cercano di aprire sempre più magazzini sul territorio, in modo da fornire un servizio più rapido e soprattutto per ridurre i costi di trasporto, una delle voci principali dei costi operativi.



Immagine 1: L’impatto degli e-commerce nel settore logistico [5]

L’e-commerce è diventato uno strumento essenziale di supporto per attività commerciali, offrendo visibilità su un ampio mercato e supportando vari aspetti operativi. Semplificando, una piattaforma e-commerce consiste nel comprare e vendere dei beni online, ma per migliorare il proprio servizio ha spaziato sull’intero processo, offrendo servizi di sviluppo del brand, marketing, vendita, gestione di campagne promozionali, spedizione dei prodotti e vendita dei beni a livello internazionale grazie ad un’infrastruttura su scala globale e con una buona capillarità su tutti i mercati.

Uno dei fattori che influisce sui costi di Supply-Chain è direttamente relazionato al posizionamento dei magazzini nell’area coperta dal servizio. In generale, è particolarmente strategica la decisione se aprire un nuovo magazzino o no, e in caso positivo dove aprirlo per minimizzare i costi. La gestione della Supply Chain deve permettere flessibilità e attraverso modelli matematici deve minimizzare i costi e di conseguenza la pianificazione delle tratte per andare in consegna.

Più l’infrastruttura cresce e più sarà complesso il modello analitico da utilizzare, ma la redditività del servizio dipende fortemente dalla qualità e flessibilità della SC per ridurre al minimo i costi operativi.

L'architettura del sistema e-commerce

L'architettura di un sistema informativo spazia dalla parte hardware a quella software usate per ottenere delle soluzioni ottimali per le richieste dei clienti. L'architettura di un modello e-commerce descrive i rapporti computazionali del design e del contenuto di un sistema computerizzato gestito da un algoritmo. Il sistema di un e-commerce va studiato in modo tale che tutte le aree chiave coinvolte nel processo di elaborazione di un ordine e consegna finale possano scambiare informazioni ed allinearsi tra di loro.

Le principali aree coinvolte sono: Amministrazione, Retail, Finanza, Logistica/ Supply Chain, HR, S&OP, IT, H&S e il management. Queste aree sono generalmente supportate da dei sottosistemi e per far sì che l'intera SC dell'e-commerce sia efficiente, ogni sottosistema deve essere efficiente.

I principali componenti del sistema di un e-commerce sono:

- I clienti
- Internet
- Web Server
- CRM (Customer Relationship Management)
- ERP (Enterprise Resource Planning)
- Suppliers / Vendor
- Sistema di pagamento
- Magazzini
- Corrieri / Sistemi di consegna degli ordini
- Servizio clienti

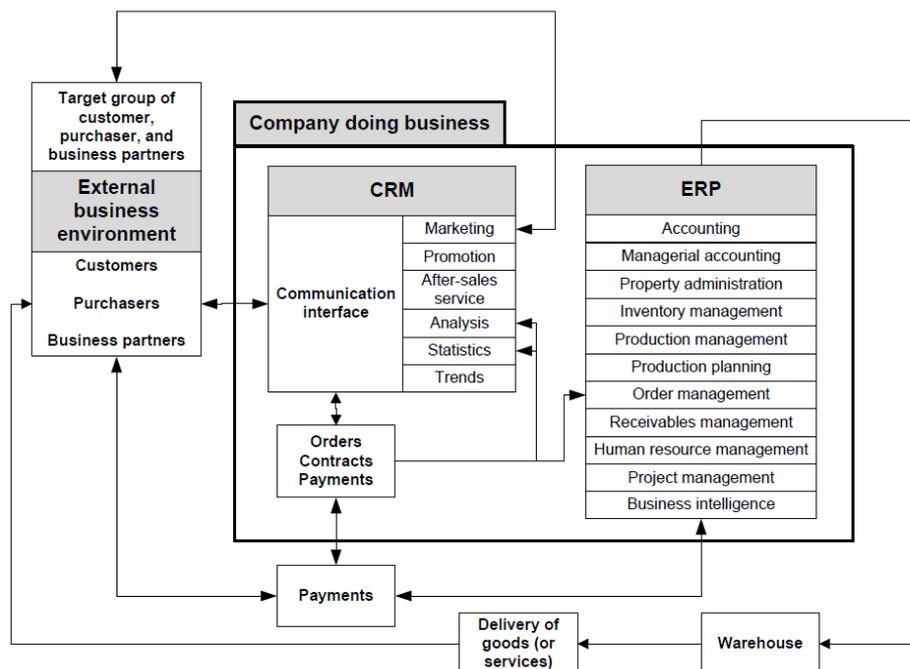


Immagine: Struttura interna di un e-commerce [5]

Tutti i sistemi e le logiche decisionali devono focalizzarsi sui clienti finali e sui loro bisogni.

Oggi giorno, i clienti di un e-commerce sono sempre più sofisticati e pratici all'acquisto di beni online, per cui le loro aspettative sono più alte. L'intensa domanda sui portali di compra vendita online spinge i sistemi di un e-commerce a lavorare costantemente sulla propria efficienza con lo scopo di migliorare il servizio offerto.

Supply Chain in e-commerce

La Supply Chain rappresenta il sostegno di tutti i servizi dell'e-commerce e per definizione viene identificata come un sistema tra operatori, fornitori, distributori, rivenditori e clienti; tra i quali c'è uno scambio di beni ed informazioni.

Il SCM comprende le varie funzioni interne ad una piattaforma di vendita online che permettono al cliente finale di avere ciò richiede.

Il ruolo principale della SC è quello di consegnare i beni nel minor tempo possibile con i costi operativi minori, assicurando il massimo della qualità.

Per qualità si intende che durante il trasporto il prodotto non venga danneggiato e che rispetti tutte le specifiche richieste dal cliente. Velocizzare i tempi di consegna significa anche avere una maggiore rotazione dell'inventario e quindi costi minori di stoccaggio.

La SC dipende dai magazzini distribuiti sul territorio e deve essere in grado di assegnare gli ordini ai magazzini con promessa di consegna inferiore e con costi di trasporto competitivi.

Ci sono diverse metodologie che supportano la SCM, tra queste abbiamo:

- ECR – Efficient Customer Response
- CRP – Continuous Replenishment
- QR – Quick Response
- VMI – Vendor Management Inventory
- CPFR – Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment

I maggiori player nel settore del commercio elettronico usano simulazioni di SC e metodi di ottimizzazione.

Per identificare gli aspetti da ottimizzare è necessario conoscere molto bene l'ambiente ed il mercato dove si vuole operare e per soddisfarlo al meglio le aziende devono focalizzarsi sui processi più significativi della SC.

I miglioramenti si devono basare su misure quantificabili e scalabili; alcuni di questi sono:

- Numero di ordini processabili
- Numero di magazzini
- Quantità di inventario
- Costo di stock

- Costo di spedizione
- Velocità di elaborazione delle informazioni e traduzione di quest'ultime in operazioni della SC

Le principali metriche di una SC si basano su tre fattori, Tempo, Costo e Variabilità. Se anche solo uno di questi tre fattori presenta un valore particolarmente alto, è probabile che la Supply Chain presenti dei costi elevati e che sia inefficiente su alcuni dei suoi processi.

Sistemi automatici presenti nei magazzini

I centri di distribuzioni delle varie piattaforme e-commerce negli ultimi anni hanno dovuto fronteggiare una crescita costante in termini di volumi del 25%; questa crescita costante è stata accelerata recentemente a causa della pandemia COVID-19, facendo crescere il business nel 2020 di un extra 50% dovuto all'obbligo di chiusura di molte attività commerciali [6]. Questo fenomeno ha spinto molte persone ad affidarsi a canali di acquisto online, soprattutto per beni di prima necessità, ed i centri di distribuzione hanno dovuto fronteggiare un improvviso picco di ordini.

Negli ultimi 10 anni la crescita del business ha portato i canali e-commerce e tutti i players coinvolti nella supply chain come 3PL, Retailes, fornitori di warehouse management systems a rivalutare l'uso della tecnologia e dei big data, specialmente per l'automazione.

La principale difficoltà è quella di creare un ambiente di lavoro sicuro per i dipendenti che operano all'interno di questi grandi magazzini, punto sul quale si ripone sempre maggiore attenzione considerando le recenti problematiche sanitarie.

Attualmente, l'80% dei magazzini adopera risorse umane per processi logistici che vanno dall'inbound all'outbound. Il potenziale rischio di contagio (?) all'interno di queste strutture porterebbe ad un drastico calo della produttività, prima di tutto per assenteismo e personale in malattia.

Da notare che le normative adoperate nei magazzini per prevenire il rischio di contagio, come il distanziamento sociale, senso unico di marcia nelle zone pedonali o corsie di prelievo e barriere fisiche, rallentano inevitabilmente la produttività complessiva delle operazioni e non permettono di avere su un singolo turno di lavoro più di un determinato numero di operatori al fine di evitare affollamenti.

Questa nuova "normalità" non permette una gestione flessibile delle risorse e ne riduce le capacità produttive. Quindi al fine di mantenere degli standard produttivi elevati e mantenere l'ambiente lavorativo sicuro per gli operatori, è giusto considerare l'integrazione di soluzioni automatiche/robotizzate per fronteggiare eventuali picchi di domanda o assenza di personale.

Il magazzino di un portale di vendita online è solito gestire migliaia di referenze diverse, il supporto di soluzioni robotiche può supportare alcuni limiti delle risorse manuali, lavorare su azioni ripetitive in condizioni complesse dove l'errore umano è più frequente e ciò permetterebbe di riallocare gli operatori su funzioni a più alto valore.

Inoltre, grazie ai sistemi di gestione del magazzino che vanno a movimentare la struttura automatica delle operazioni, è più semplice prendere decisioni rapide basate su analisi dei dati al fine di aumentare la produttività.

Con lo sviluppo del business anche le procedure interne ai magazzini si sono (ri)strutturate, diventando più complesse e rigide per poter gestire maggiori volumi. Di conseguenza un aspetto cruciale è il controllo dell'inventario, fondamentale per fornire un servizio di qualità ed attrarre sempre più clienti.

Una buona gestione del magazzino rappresenta una buona parte del successo di una supply chain e l'adozione di sistemi Smart è una scelta sempre più strategica per il successo del servizio fornito ai clienti.

Un interessante sviluppo è quello che utilizza l'intelligenza artificiale come principale strumento di controllo e coordinamento di tutti i vari processi ed automatismi presenti in un magazzino Smart.

Lo scopo del documento proposto è quello di approfondire i benefici che può apportare l'installazione di alcune moderne tecnologie nella logistica, approfondendo i principali automatismi presenti in commercio per rendere più efficienti i magazzini degli e-commerce.

Inoltre, tramite l'adozione di intelligenza artificiale e cloud computing non si ha solo il controllo della supply chain, ma anche dell'inventario, informazioni che a livello commerciale possono supportare nel prendere decisioni strategiche per l'azienda.

I sistemi di logistica moderni sono diventati fondamentali per rendere i flussi più efficienti, riducendone i costi. Allo stesso tempo, lo sviluppo degli e-commerce ha fortemente contribuito alla crescita del settore logistico, promuovendo la ricerca su nuove tecnologie e alcune di queste applicazioni adottate per i negozi online sono state implementate anche in altri settori.

Lo studio si concentra sull'attuale stato dell'arte dell'industria e-commerce e delle soluzioni logistiche adottate per supportarne la crescita, attraverso tecniche e strumenti tecnologici, sottolineando le difficoltà, le opportunità e le future prospettive per quanto riguarda una maggiore implementazione dell'intelligenza artificiale.

Le aziende che decidono di adottare sistemi logistici più avanzati devono considerare fattori come risorse economiche, volumi di vendita, organizzazione gestionale e la capacità interna di trasmettere i dati tra i beni processati e l'infrastruttura adottata.

Le future tecnologie per gli e-commerce si riassumono in tre principali scienze:

- Internet of things
- Big Data Analytics
- Cloud Computing

Queste tecnologie sono sempre più accessibili su ampia scala, non solo per le aziende più grandi, ma anche per le piccole medie imprese, favorendone la crescita.

Per Internet of Things si intende un network intelligente dove i beni, i veicoli, e tutti gli strumenti dotati di sensori comunicano e scambiano dati con centro di controllo che monitora le operazioni.

Raccogliendo una vasta quantità di dati è possibile analizzarli per trarne dei benefici decisionali.

Il Big Data Analytics è uno strumento capace di analizzare grandi quantità di dati con un livello di complessità superiore a quello che potrebbe gestire un normale computer, con il fine di rendere più efficienti i processi. Infine, il Cloud Computing è la somministrazione di servizi tramite l'internet dove le proprie informazioni o files non vengono salvate su un hard drive locale, ma su un data base esterno al quale si può accedere da qualsiasi strumento attraverso una rete dati.

Se consideriamo un sistema di SCM, è evidente che con una base di dati maggiore e con una capacità computazionale più performante su analisi più complesse, porterà grandi benefici all'intero business, identificando problematiche o andando a colmare eventuali margini di miglioramento rendendo più fluidi i processi.

Con lo sviluppo di nuove tecnologie, le aziende logistiche cambiano rapidamente i processi delle loro supply chain, ma prima di approfondire le principali tecnologie ed i sistemi automatici più moderni, definiamo cosa si intende per sistema di immagazzinamento automatico.

Un magazzino nel settore dell'e-commerce ha la funzione di ricevere dei beni, allocarli in precise postazioni per poi prelevarli quando richiesti, il tutto nel minor tempo possibile. Questo concetto è la base per fornire un servizio competitivo ai clienti che scelgono di utilizzare canali di acquisto online.

Un sistema di gestione del magazzino automatico aiuta le operazioni, integrandole con AI e robot, nei processi giornalieri. Le principali tecnologie adoperate sono sistemi fisici automatici per il movimento dei beni e ASRS (automated storage and retrieval system) combinati con il WMS.

Il concetto di base che predilige i sistemi automatici in un magazzino è quello di ridurre le operazioni manuali, spesso ripetitive, per velocizzare i movimenti della merce e migliorare la produttività. Inoltre i processi sono sempre più articolati ed essendoci diversi passaggi le probabilità di errore umano sono sempre più alte.

Soluzione di problemi con sistemi automatici

Uno dei principali problemi dei magazzini è lo staffing model, che deve essere molto flessibile per rispondere ai periodi promozionali, ma allo stesso tempo si cerca di ridurre i costi aumentando la produttività. Aumentare la velocità delle operazioni per delle risorse umane può essere complicato e pericoloso, e spesso non ci sono benefici ma solo maggiori errori dovuti ad operazioni frettolose.

Automatizzando il movimento della merce e le operazioni di picking si ottengono migliori risultati in quanto i robot sono una tecnologia scalabile che può adattarsi alla richiesta in crescita mantenendo molto bassi i rischi per gli operatori e limitando gli errori. Allo stesso tempo, le risorse umane possono essere impiegate su funzioni a più alto valore, lavorando in condizioni sicure.

Un esempio di automatismo adottato in gran parte dei magazzini sono i conveyor, capaci di muovere rapidamente i prodotti all'interno della struttura con efficienza ed ottimizzando lo spazio necessario per spostare i prodotti in quanto questi macchinari possono essere anche sospesi.



Immagine: Conveyor e sistemi di smistamento – qcmhe.com/conveyor-systems

Sistemi per l'automatismo

Quindi i benefici dei sistemi automatici possono essere riassunti in quattro punti principali.

Aumento della velocità dei processi

Questo punto è già stato affrontato ed è chiaro che anche il migliore degli operatori non può competere con un sistema automatico gestito da AI che identifica con precisione le zone dove andare a prelevare/riporre i prodotti e ottimizza le rotte al fine di rendere più efficienti gli spostamenti.

Questi automatismi permettono di processare gli ordini dei clienti in modo molto rapido e il beneficio più lampante è la consegna in uno o due giorni lavorativi dalla creazione dell'ordine cliente. Migliorando notevolmente la qualità del servizio, minimizzando i costi dovuti ad errori umani e logistica inversa.

Inoltre, grazie ai sistemi automatici è possibile controllare l'inventario in modo più semplice, avendo sempre visibilità sul magazzino, senza adoperare degli operatori per conte puntuali e onerose in termini di tempo.

Ridurre i costi

Un altro beneficio dei sistemi automatici adoperati nella logistica è la riduzione dei costi. Implementare un'infrastruttura che permette una gestione automatizzata di un magazzino non è sicuramente semplice, ma considerando un periodo di tempo medio lungo, si nota che i costi fissi legati all'investimento dei CAPEX iniziali sono inferiori a quelli delle risorse umane.

In aggiunta, gestendo il magazzino attraverso un WMS è possibile gestire l'inventario in modo più accurato, evitando di andare in over-stock o perdere opportunità di vendita per out-of-stock. Inoltre, i sistemi presenti nel magazzino possono comunicare con i gestionali dei fornitori, al fine di organizzare meglio la supply chain e ridurre gli errori in fase di approvvigionamento di beni e materiali non inventariati.

Ottimizzare lo spazio

L'automazione nei magazzini è capace di ottimizzare gli spazi, spesso a questo beneficio viene data minore importanza, ma i costi fissi legati al magazzino e allo spazio disponibile per la merce hanno un importante impatto sul margine operativo dei prodotti commercializzati.

Fortunatamente, un sistema con AI è in grado di ottimizzare gli spazi in modo efficiente grazie ad il riconoscimento dei prodotti tramite codice a barre che li associa a specifiche dimensioni e peso, permettendo al sistema di andare a riporre il bene nel ripiano più appropriato. Oltre a quest'ultimo punto, il sistema sarà in grado di ottimizzare anche la allocazione della merce nelle zone ad alta o media rotazione a seconda degli indici di movimentazione della merce calcolati dagli storici dalle vendite o da sistemi di forecasting.

I principali benefici sono stati elencati, ma il progressivo sviluppo di nuove tecnologie affina e rende più evidenti questi vantaggi strategici, consentendo anche alle piccole medie imprese di accedere a sistemi logistici innovativi [7].

Il termine Big data è ormai familiare, indipendentemente dai prodotti o servizi offerti dall'industria e sempre più imprese decidono di operare con sistemi integrati a questa tecnologia. Negli ultimi anni la tecnologia ha rivoluzionato l'industria in termini di efficienza e trova sempre più applicazioni nei settori legati all'e-commerce.

Per sviluppare un network automatizzato da un'intelligenza artificiale si usa l'EDI, electronic data interchange, ovvero un metodo di scambio delle informazioni e documenti tra due o più sistemi. Un esempio adottato dai canali di vendita online è il messaggio di avvenuta spedizione del prodotto richiesto; il sistema in questo caso riconosce l'avvenuta spedizione del prodotto, tramite "manifest", e attraverso un sistema centralizzato manda al cliente un'email informandolo che il suo ordine è partito per la consegna. Dando così al cliente una sensazione di maggiore controllo sul suo ordine in transizione lungo la supply chain.

Un sistema EDI funziona bene quando è flessibile e ben integrato con un robusto WMS, creando una fitta rete di comunicazione tra vari sistemi, rendendo le informazioni reperibili in larga scala ed utilizzabili per diverse analisi, funzioni o servizi.

Il rapporto degli operatori con i sistemi automatizzati

Risorse umane o sistemi automatizzati?

Prima di approfondire i sistemi automatici attualmente presenti nel settore logistico e quelli che negli anni a venire vedranno il loro esordio, è importante definire il ruolo delle risorse umane all'interno di questo settore in rapido sviluppo. Spesso si associa l'automazione e la tecnologia a favore di una

produzione maggiore e qualitativamente più alta ad una minaccia per tutti quei lavoratori attualmente impiegati all'interno dei magazzini di distribuzione o all'interno del settore manifatturiero.

Questa ipotesi non è del tutto veritiera in quanto la parte organica andrà a lavorare in parallelo con delle tecnologie che renderanno il loro lavoro meno logorante e ripetitivo, diminuendo lo stress e concentrando le risorse umane su funzioni a maggiore valore aggiunto dove l'uomo è insostituibile.

La condivisione uomo-macchina gioca un ruolo molto importante nelle industrie maggiormente in sviluppo come quelle della produzione e della logistica. La difficoltà tecnica e della ricerca sullo sviluppo tecnologico è quella di creare in modo ergonomico un sistema adatto a facilitare l'interazione e la collaborazione tra l'operatore e la macchina a seconda del processo svolto. Naturalmente, a seconda dei processi è importante analizzare quale deve essere il corretto livello di automazione (LoA – Level of Automation) per ottimizzare l'efficienza dei processi.

L'automazione nel settore degli e-commerce è inevitabile, in quanto i processi devono essere scalabili ed in grado di sostenere efficienze poi riflesse nell'esperienza dei clienti come ad esempio la velocità di consegna o all'interno dei magazzini stessi il “click to ship”, ovvero il tempo che intercorre tra la ricezione di un ordine e la sua spedizione.

Di conseguenza, con l'automazione non si rendono solamente i processi più rapidi, ma incrementa la competitività delle aziende logistiche sul mercato, offrendo servizi sempre più efficienti. I vantaggi dell'adozione di nuove tecnologie portano sempre degli enormi benefici tecnici e economici alle aziende e il settore logistico non viene meno a questa regola; restano comunque le perplessità legate alla gestione delle risorse umane, ma come vedremo nei prossimi capitoli, la collaborazione tra i due organismi porta ottimi vantaggi rispetto ad un sistema gestito solamente da macchine o da operatori. L'essere umano, infatti, partecipando attivamente in un ecosistema automatico contribuisce con le sue capacità uniche, non replicabili e dotato di enorme flessibilità ed immaginazione. Il sistema con la presenza del fattore umano assume maggiore flessibilità e mobilità sulla capacità produttiva.

La definizione base di automazione è un argomento molto complesso nella società moderna, spesso non accettata pienamente dall'opinione pubblica, ma ormai chiave di volta per lo sviluppo costante che la nostra società sta avendo dell'avvento di internet. Per quanto riguarda il settore logistico e le operazioni coinvolte nel settore della compra vendita online, possiamo adottare la definizione di Hubka ed Eder (1988) che definisce l'automazione come “il progressivo trasferimento delle operazioni di regolamentazione e controllo dagli umani ai sistemi tecnici”.

In generale, un sistema automatizzato porta vantaggi sia in presenza che in assenza di risorse umane e di seguito alcune motivazioni:

- Aumento della produttività
- Riduzione del costo lavoro (inteso come costo variabile per unità)
- Flessibilità a seconda della domanda
- Eliminazione di operazione ripetitive per gli operatori
- Miglioramento delle condizioni di H&S per gli operatori
- Maggiore qualità delle operazioni, che tradotto in ambito e-commerce corrisponde a minori errori e costi inferiori sulla logistica inversa
- Lead time ridotti e servizi più competitivi
- Possibilità di svolgere operazioni non eseguibili dagli operatori

L'automatismo come già detto migliora le qualità del lavoro e delle condizioni dell'ambiente lavorativo per gli operatori. Il supporto di macchinari gestiti da un sistema centralizzato aiuta anche a svolgere calcoli non possibili per la mente umana almeno in tempi brevi e questo può portare benefici strategici in ambito decisionale. Le aziende e-commerce, grazie alle loro strutture logistiche solide e altamente performanti possono vantare buoni margini ed ottimi salari per i loro dipendenti.

L'operatore nei sistemi automatici

Le risorse organiche restano la soluzione più flessibile per gestire le problematiche più complesse ed aleatorie, infatti l'uomo con le sue capacità fisiche cognitive è in grado di adattarsi rapidamente a diverse situazioni e rispondere in modo immediato. Per questo motivo è importante equilibrare correttamente l'adozione di risorse umane e meccaniche all'interno di un magazzino, in modo tale da trarne il massimo dei benefici da entrambe le parti. Ci sono comunque casistiche nelle quali è ancora preferibile il lavoro umano piuttosto che uno automatizzato:

- Operazioni troppo complesse da automatizzare e da gestire con strumenti tecnologici. In questi casi, a causa di limitazioni tecnologiche o economiche non è possibile automatizzare un processo e si predilige l'adozione di operatori.
- Operazioni che variano nel tempo o svolte con periodicità molto lunghe. Anche in questo caso il processo non giustifica un investimento di capitale per l'automazione di un processo non stabile nel tempo o altamente variabile.
- Operazioni ad-hoc, come ad esempio lavorazioni custom con precise specifiche richieste dai clienti. Pensiamo ad esempio al processo di gift wrap durante il packaging di un prodotto con

richiesta di pacco regalo, questa operazione presenta diversi fattori di variabilità e sarebbe poco efficiente e troppo oneroso provare ad automatizzare un processo simile.

- Verifica qualitativa di un prodotto ed identificazione di possibili difetti nelle confezioni o nei prodotti stessi.
- Possibilità di maneggiare con flessibilità qualsiasi prodotto, motivo per il quale si utilizzano ancora gli operatori per i processi di stow e picking all'interno delle "librerie" statiche o movimentate da sistemi AGV, come vedremo nei prossimi capitoli.

Interazione Uomo-macchina

L'aspetto più importante di questo studio è il cercare di non assimilare l'uomo con i sistemi automatici, ma confrontare le differenze e analizzare i punti di forza di entrambi. Spesso si può pensare che un sistema automatico possa sostituire il lavoro di un operatore, svolgendo le operazioni in modo migliore e con tempi più rapidi. Questa concezione non si riflette in campo pratico, in quanto il più delle volte un macchinario va a supportare il lavoro degli operatori, migliorando le loro performance e facilitandoli; per questo penso sia importante vedere i sistemi automatici e gli operatori come organismi complementari che uniscono i loro punti di forza per uno scopo comune [8].

Sulla base di quanto detto, lo scopo primario dei sistemi automatici è quello di ridurre il carico lavorativo e mentale degli operatori, semplificandone il lavoro e supportandoli a prendere decisioni in modo agevolato. I risultati di questa collaborazione uomo-macchina sono spesso ben percepiti dagli stessi lavoratori, infatti la riduzione di lavori ripetitivi si traduce in meno stress e fatica. Di conseguenza, diminuendo gli aspetti di affaticamento si migliorano le performance degli operatori e si riducono i rischi sulla salute degli stessi. Grazie all'adozione di soluzioni automatizzate, ad oggi all'interno dei centri di distribuzione degli e-commerce si sono ridotti i casi di dolori muscolari, affaticamento, stress ed infortuni. Pensiamo ad esempio ad Amazon che nel 2020 si è posizionata seconda nella lista Forbes "The World's Best Employers".

Quindi la collaborazione uomo-macchina è il risultato più auspicabile per avere un ecosistema solido, scalabile e soprattutto flessibile, capace di soddisfare qualsiasi tipo di domanda in tempi brevi e minimizzando gli errori ed i rischi. È chiaro che gli automatismi tecnologici hanno ancora i loro difetti, ma è anche vero che non sono ancora giunti alla loro maturità ed il settore è in continuo sviluppo. Possiamo però affermare che alcune competenze umane non sono replicabili e per questo l'innovazione tecnologica non può che giocare a nostro favore, permettendoci di esprimere al meglio le nostre competenze e soddisfare un mercato altamente competitivo. Aziende come Amazon ed

Alibaba danno lavoro a più di 800 mila persone e vantano infrastrutture altamente tecnologiche ed automatizzate.

Automatismi presenti nei magazzini

Di seguito sono elencati i sistemi automatici più comuni nel settore e-commerce e le loro diverse applicazioni.

Conveyor

Il conveyor è forse una delle soluzioni automatiche più diffuse nel settore logistico, questo perché può essere adoperato in modo flessibile, permette l'integrazione con altri sistemi automatici ed ottimizza bene gli spazi dove viene adoperato.

La crescita esponenziale dell'e-commerce e la logica di un sistema Just-in-time capace di consegnare i prodotti nell'arco di 48 ore hanno spinto il settore ad adoperare in larga scala i conveyor per poter spostare la merce in modo rapido e, nelle fasi successive, per smistare gli ordini presso la destinazione di consegna.

Lo studio che segue va ad approfondire tutti i tipi di conveyor automatici e le corrispettive applicazioni da un punto di vista operativo.

Oggi giorno, i sistemi automatici di smistamento, detti ASS – Automated Sorting Systems, sono diventati degli strumenti fondamentali nelle SC grazie a 4 principali elementi:

- ASS sono rapidi. Promesse di consegna di uno o due giorni sono ormai lo standard per il settore dello shopping online; le tempistiche sono totalmente dettate dai tempi di spostamento dei beni e grazie ai conveyor e alle applicazioni di smistamento queste tempistiche possono essere minimizzate; l'infrastruttura permette flessibilità nella gestione dei volumi potendo anche far fronte ad eventuali picchi nella domanda.
- ASS possono gestire grandi quantitativi di ordini. La produttività è uno dei KPI più importanti nella logistica e un'infrastruttura automatizzata è capace di gestire grandi volumi in modo efficiente.
- ASS sono affidabili. Possibili ritardi sulla consegna del prodotto ordinato o errori di smistamento possono avere un riscontro negativo sul cliente e sulla sua percezione del servizio utilizzato, per cui un sistema affidabile può essere un fattore critico per il successo dell'azienda.
- ASS possono trasportare prodotti di dimensioni variabili. L'infrastruttura costituita da conveyor può essere adattata a diversi tipi di prodotti, da quelli più piccoli a quelli più grandi, questo dà molta flessibilità alle operazioni. La gestione ed il trasporto di prodotti pesanti da parte del conveyor migliora notevolmente la qualità del lavoro degli operatori in quanto il sollevamento di pesi è una delle principali cause di stress negli ambienti legati alla logistica.

Inoltre, la configurazione base di un sistema ASS è abbastanza semplice. Esso è formato da delle stazioni di inbound, un'infrastruttura centrale dove si articolano tutti i conveyor a seconda della loro funzione e delle stazioni di outbound che smistano per destinazione i prodotti.

Quindi un sistema automatico di conveyor è caratterizzato da un insieme di processi di inbound che entrano nel network formato dall'infrastruttura automatica, la quale si occupa di allocare la merce presso la sua destinazione in stock o smistarla a fine linea per destinazione [9].

Il conveyor si può di conseguenza dividere in tre elementi:

1. Stazioni Inbound
2. Il corpo principale del conveyor
3. Stazioni di Outbound

Stazioni di Inbound

La forma più semplice di ASS è formata da un'unica zona di ricezione della merce, fino ad arrivare a sistemi più complessi caratterizzati da più zone di input.

Nelle stazioni di inbound i prodotti vengono identificati tramite la lettura del codice a barre riposto sul packaging del prodotto o tramite un chip RFID (Radio-frequency identification). Una volta raccolti i dati del prodotto e confermate le quantità del PO in ricezione, il sistema provvederà a aggiungere i beni allo stock del magazzino nel caso di un fulfillment center. Qualora parlassimo di un centro di smistamento della SC, durante il middle-mile, in questo caso la stazione di IB smisterà i pacchi a seconda della loro destinazione.

Successivamente, un sistema di switch provvede a caricare il prodotto sul conveyor principale, assicurandosi che ci sia lo spazio adeguato tra un prodotto e l'altro.

Naturalmente le operazioni di Inbound possono anche essere gestite dagli operatori, che provvederanno a caricare manualmente il conveyor; un'operazione sicuramente più lenta ed esposta ad errori.

I prodotti vengono portati nelle zone di stock e riposti in specifiche allocazioni, andando ad ottimizzare quanto più possibile gli spazi in magazzino.

Il corpo principale del conveyor

Il corpo centrale del conveyor congiunge le diverse zone del magazzino e ne muove i beni al suo interno.

Un conveyor funziona grazie a dei motori che azionano due o più pulegge, che a loro volta fanno ruotare il nastro trasportatore o i rulli che compongono la struttura in un movimento circolare.

Sul mercato ci sono diversi tipi di conveyor, con diverse configurazioni, ma i componenti principali restano comunque i medesimi per quasi tutti i prodotti.

In alcuni casi il conveyor utilizza dei rulli in alluminio per muovere la merce che passa su di esso, altri invece, utilizzano un nastro trasportatore.

I componenti principali di un conveyor e che ne permettono il funzionamento sono:

- La struttura portante: di fatto il telaio del conveyor, sul quale vengono fissati tutti gli altri componenti meccanici.
- La cinghia: in un materiale leggero e resistente, durevole nel tempo ed in grado di avere caratteristiche superficiali che permettono un trasporto efficiente e sicuro dei prodotti.
- Supporti e sponde: utilizzate per mantenere i prodotti stabili durante il trasporto, specialmente durante le curve, e limitare il rischio di blocchi della linea dovuti a prodotti incastrati lungo il percorso del conveyor.
- Gruppo motori: permettono l'azionamento del sistema di movimentazione merce e possono essere gestiti e calibrati da un'unità di controllo per gestirne la velocità.
- Le pulegge: sono solitamente posizionate agli estremi del conveyor e controllano la tensione della cinghia ed i suoi movimenti.
- Moduli per l'ampliamento: quasi tutti i conveyor danno la possibilità di collegarne in serie altri, in modo da ampliare la rete di trasporto all'interno dei magazzini. Grazie ai moduli di ampliamento, i conveyor possono comunicare tra di loro e cooperare in modo sincrono.

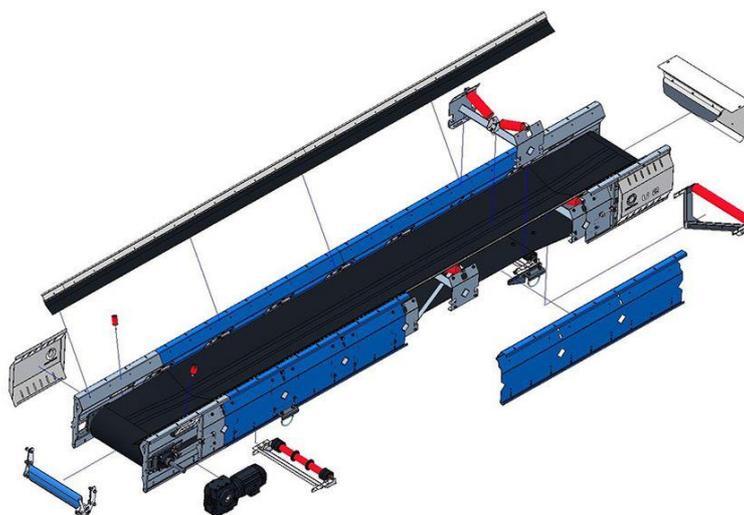


Image: Conveyor technology, conveyor belt systems and conveyor belts for process equipment [10]

I conveyor vengono costruiti con diversi materiali a seconda del loro utilizzo e nel settore logistico sono principalmente in alluminio e materiali compositi come il nylon per le cinghie [11].

La velocità media dei conveyor adoperati nel settore logistico è di 2.5 m/s e ci sono diverse soluzioni tecniche che ne permettono il funzionamento.

Il sistema di spostamento più utilizzato è quello dei conveyor con vassoio inclinabile; ogni vassoio contiene un prodotto e si può reclinare da un lato o dall'altro del conveyor in modo tale che il prodotto possa scivolare sulla destinazione desiderata. Un'altra soluzione è quella dei "bomb-bay sorters", ovvero ripiani apribili che fanno cadere il prodotto all'interno del contenitore desiderato. Un'altra soluzione largamente utilizzata nell'industria dell'e-commerce è quella dei conveyor incrociati, ovvero un conveyor principale frazionato in unità più piccole, simili a vassoi, capaci di ruotare perpendicolarmente alla direzione del conveyor, così da far uscire dalla linea i prodotti nel momento indicato dal sistema di SCM.

Infine, ci sono sistemi caratterizzati da meccanismi automatici riposti sul conveyor capaci di spingere i prodotti nelle loro destinazioni. Per tutte queste opzioni, se non dovesse esserci una destinazione o vi fossero errori di riconoscimento dell'ordine cliente, spesso questi sistemi non hanno unicamente un output, ma sono più simili ad un ciclo infinito e qualora il prodotto non viene allocato, viene automaticamente rimesso nel sistema e portato in una zona di risoluzione.

Le aziende hanno diverse opzioni per i loro sistemi ASS, ma quello che ne determina il successo in termini operativi è principalmente il layout dell'infrastruttura e la sua efficienza e flessibilità a gestire grandi volumi.

I conveyor nei processi di Outbound

L'outbound rappresenta l'ultimo processo della SC interna ad un FC. La "slam", sistema collegato al conveyor, può stampare automaticamente le etichette da riporre sui pacchi per poi dirigerli sulla loro destinazione. Le stazioni di outbound possono essere molteplici, ognuna delle quali ha uno specifico metodo di spedizione, caratterizzato da destinazione dell'ordine e dalle dimensioni del pacco. Il conveyor è in grado di smistare i pacchi e tramite l'utilizzo di conveyor telescopici è possibile anche caricare direttamente la merce sui bilici.

Vengono anche spesso usati bomb-bay conveyors a fine linea, soprattutto per i prodotti di piccole dimensioni. Quest'ultimi vengono caricati in bulk in un gaylord, contenitore in cartone che permette di raccogliere i prodotti smistati per poi essere caricato sul truck.



E-commerce, conveyor smista all'interno dei gaylords: [12]

Naturalmente le destinazioni di OB durante l'arco della giornata variano, in quanto gli ordini non vengono solamente assegnati per metodo di spedizione, ma anche per CPT (Critical Pull Time), strumento che permette al sistema centrale di indicare in modo accurato la data di consegna ai clienti. Se un ordine non rientra all'interno di uno specifico CPT giornaliero, è possibile che la consegna possa avvenire in un arco temporale maggiore, solitamente di un giorno.

Le principali applicazioni delle ASS in un magazzino è quello di unire i differenti processi coinvolti nella preparazione di un ordine cliente. Quando un cliente ordina un prodotto, questa informazione viene elaborata da un data base centrale che assegna l'ordine al magazzino con il prodotto a stock, ma anche a quello con costo di trasporto minore. Una volta che l'ordine viene assegnato ad uno specifico centro di distribuzione, l'informazione viene trasmessa ad un picker, personale addetto al prelievo del prodotto in specifiche zone del magazzino, in una specifica locazione. Per evitare un lead time elevato in fase di prelievo, il magazzino viene suddiviso in diverse macro aree per evitare che il personale sia costretto a percorrere lunghi tragitti per prelevare diversi ordini.

Una volta che i prodotti vengono prelevati, vengono caricati su un conveyor che sposterà i prodotti in un'area di smistamento che va a dividere gli ordini singoli da quelli formati da più prodotti, detti multi orders.

Lo step successivo è l'impacchettamento dei prodotti, in questo caso ci sarà una linea ASS di ingresso alle pack stations ed una di uscita. I prodotti una volta impacchettati vengono nuovamente caricati su un convayor dotato di una sistema di scanners che vanno ad identificare il prodotto per poi applicare l'etichetta di spedizione sulla scatola.

I pacchi etichettati entrano in un conveyor telescopico, anch'esso dotato di diversi scanner che vanno a smistare i prodotti per destinazione. Questo processo automatico aumenta la produttività a fine linea, diminuisce la possibilità di errori e verifica l'eventuale mancanza di prodotti da caricare su uno specifico CPT.

Grazie all'adozione di sistemi automatici non solo si migliora notevolmente il TPH, ma anche il tasso di errore è ridotto al minimo grazie a continue verifiche dei prodotti su ogni processo. I sistemi sono studiati per facilitare il controllo sull'avanzamento della produzione e per identificare eventuali anomalie su uno specifico processo.

A supporto del picking e del carico dei mezzi in outbound, si possono utilizzare gli AGVs (Automated guided vehicles). Questi mezzi automatici nella zona di picking possono evitare gli spostamenti all'operatore e rendere mobili gli scaffali di prelievo; un esempio è il sistema KIVA, adoperato da Amazon per velocizzare il picking, questi robot automatici seguono dei percorsi annegati nel pavimento del magazzino e tramite dei sensori evitano gli impatti tra di essi. Il sistema è molto efficiente siccome avvicina i prodotti in modo rapido al picker e allo stesso tempo va ad ottimizzare il magazzino in quanto non sarà più necessario dedicare spazio alle corsie di prelievo per gli operatori. A fine linea invece è possibile adoperare un sistema AGV con transpallet automatici capaci di muovere i gaylord o i pallet e riporli all'interno dei truck per specifiche destinazioni. Questi strumenti automatici vanno a diminuire notevolmente lo sforzo fisico degli operatori e migliorano la qualità del lavoro, riducendo stress e stanchezza per operazioni logoranti. Grazie al sistema di SCM gestito da AI i conveyors e i sistemi AGV possono essere integrati e lavorare in parallelo per evitare colli di bottiglia lungo il flusso della merce [13].

Sistemi di smistamento

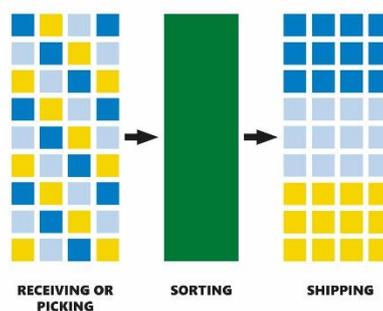
Attualmente sul mercato sono presenti diversi sistemi di smistamento, ognuno dei quali presenta delle peculiarità tecniche. Per cui il settore dell'e-commerce deve valutare quale sistema è più appropriato alla tipologia di prodotti commercializzati.

In questo capitolo sarà definito cosa si intende per sistema di smistamento e quali sono le applicazioni più diffuse nel mondo Retail, 3PL, e-commerce o nella logistica in generale e quando considerarne l'adozione nel proprio impianto.

Il processo di sorting nell'e-commerce

Un sistema di smistamento è utilizzato all'interno dei magazzini logistici per dividere dei beni in base ad una specifica destinazione. Flussi di merce vengono consolidati e divisi per una specifica destinazione (outbound) o una specifica ubicazione durante l'immagazzinamento del prodotto (inbound). Le logiche di smistamento seguite dai sistemi automatici e manuali sono gestite dal sistema di SCM, grazie alla lettura tramite scanner di etichette identificative del prodotto o della sua destinazione.

Di seguito un semplice diagramma esplicativo di come i flussi aleatori di merce vengono distribuiti a seguito del processo di smistamento.



Introduction to sorting in retail and e-commerce: [14]

I sistemi di smistamento sono molteplici e la decisione su quale sistema adottare si basa su aspetti come capacità e budget.

Si possono utilizzare sistemi manuali, semi-automatici ed automatici gestiti da un' AI.

La lista dei sistemi attualmente in commercio è molto lunga, per questo ci andremo a focalizzare sui sistemi maggiormente utilizzati nell'industria dell'e-commerce [15].

Split tray sorter

Il split tray sorter è anche detto bomb-bay sorter ed è una delle soluzioni di smistamento più utilizzata nei centri di raccolta del commercio online. Il sistema si basa su un conveyor dotato di vassoi, capaci di movimentare prodotti piatti o con geometrie regolari. Questo tipo di sorter è utilizzato sia per processi di outbound che per l'inverse logistics.

Il sorter ha una forma ovale ed i prodotti circolano in tondo; una volta che raggiungono la loro destinazione, il sistema apre il vassoio facendo cadere il prodotto. Questo sistema permette agli operatori, qualora si volesse adottare un sistema semi-automatico, di caricare in modo semplice i prodotti sui vassoi o raccogliarli una volta smistati. Allo stesso tempo, qualora si adottasse un sistema automatico, al bomb-bay sorter si possono collegare conveyor o gaylord di raccolta.

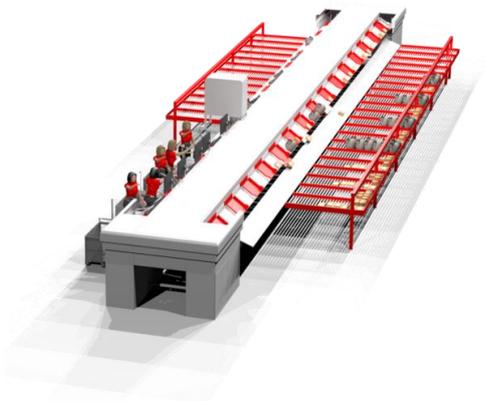
Questo tipo di sistema ha un'alta produttività, ma non è adatto a prodotti di forma irregolare o fuori sagoma e soprattutto a prodotti fragili.



Capacità:	7.200 - 14.400 Unità / Ora
Prodotti:	Prodotti con geometrie regolari ed adatti a lievi urti
Dimensioni dei prodotti:	Min.: 50 x 50 x 2 mm Max.: 650 x 450 x 220 mm
Peso dei prodotti:	Min: 0.01 kg Max: 5 kg
Sistema di carico/scarico:	Automatico o manuale

Slide tray sorter

Lo Slide tray sorter viene utilizzato per gestire i prodotti fragili e non adatti ad un sistema bomb-bay. I prodotti vengono movimentati tramite delle vaschette leggermente inclinate; quando il prodotto raggiunge la sua destinazione, il sorter apre l'estremità inferiore della vaschetta, lasciando delicatamente scivolare il prodotto su una rulliera. Questo meccanismo è molto flessibile per quanto riguarda le dimensioni delle vaschette ed i prodotti processabili. Inoltre, sulle varie destinazioni dello slide tray sorter si possono includere sistemi di movimentazione automatici o manuali [16].



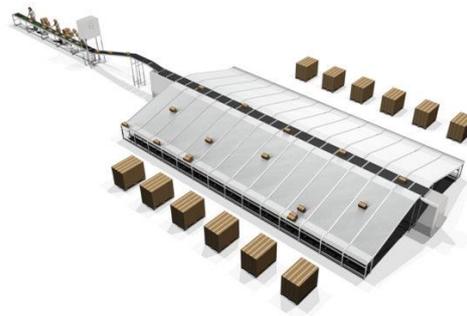
Capacità:	6.000 - 12.000 Unità / Ora
Prodotti:	Prodotti Fragili, Multimedia, Electronica
Dimensioni dei prodotti:	Min: 50 x 50 x 2 mm Max: 500 x 600 x 400 mm
Peso dei prodotti:	Min: 0.02 kg Max: 15 kg
Sistema di carico/scarico:	Automatico o manuale

Gli output del sorter sono particolarmente utili ad impianti dove è necessario avere un buffer. Il sistema è flessibile e si possono prevedere postazioni di lavoro per il packing, conveyors per indirizzare la merce su una specifica stazione di outbound o raccogliere il buffer in gaylord per la spedizione.

Crossbelt sorter

Il Crossbelt sorter permette la gestione di un'ampia tipologia di prodotti, da quelli piccoli fino al fuori sagoma e prodotti fragili. I prodotti vengono riposti sul conveyor centrale dotato di nastri che ruotano perpendicolarmente alla direzione del conveyor. I nastri possono ruotare sia a destra che a sinistra per spostare i prodotti sulle rulliere riposte perpendicolarmente al conveyor. I nastri sono movimentati meccanicamente e gestiti da un'unità di controllo collegata con il SCM del magazzino.

Il meccanismo può essere installato in linea retta, ad U o ad ovale.



Capacità:	5.000 - 30.000 Unità / Ora
Prodotti:	Pacchi di medie grandi dimensioni, lettere, polybags, alimenti inscatolati, prodotti fragile ed abbigliamento
Dimensioni e peso prodotti:	Min.: 100 x 80 x 5 mm and 0.01 kg Max.: 1,200 x 800 x 800 mm and 35 kg

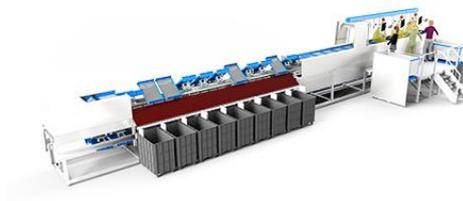
LR-sorter

Il sorter vertical LR è capace di smistare diversi prodotti su specifiche destinazioni. I vassoi posizionati sul conveyor centrale permettono uno smistamento bi-direzionale, massimizzando il numero di output in uno spazio ristretto.

Questo specifico sorter è spesso usato per operazioni di outbound in quanto è uno strumento particolarmente flessibile e permette l'integrazione con sistemi periferici come:

- Conveyor
- Macchinari di packing e labeling
- Sistemi di scannerizzare il prodotto e di misurarne il peso
- Sistemi di stoccaggio come gaylord o gabbie di metallo mobili

Per tanto questo sistema è spesso associato a specifiche operazioni, dove ulteriori sistemi periferici sono richiesti. Questo sistema è quindi molto flessibile e permette uno studio del layout scalabile per future espansioni dei volumi.



Prodotti: Prodotti piccolo e medio grandi, abbigliamento

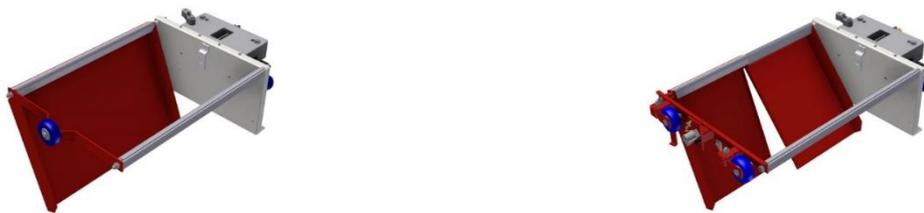
Dimensione prodotti:
Min: 70 x 70 x 1 mm
Max: 600 x 400 x 400 mm

Peso prodotti:
Min: 0.02 kg
Max: 15 kg

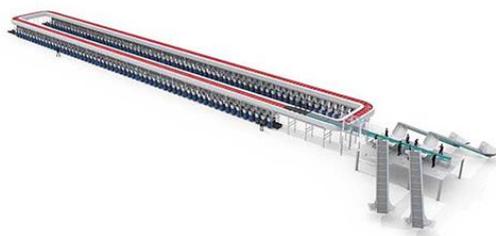
Sistema di scarico/carico: Automatico o manuale

SD-sorter

Questo tipo di sorter è molto simile allo split tray sorter, ma con soluzioni tecniche più adatte a prodotti di piccole e medie dimensioni. Il vassoio sopra il quale viene riposto il prodotto, una volta raggiunta la destinazione, si apre, facendo cadere il prodotto; su questo tipo di sorter il vassoio può essere dotato di una o due porte.



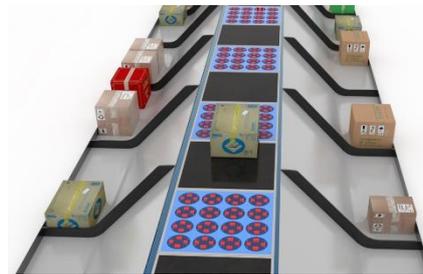
Questo sorter viene anche usato per gli e-commerce di moda, infatti è molto efficiente con i capi di abbigliamento e con i prodotti riposti all'interno di buste. Questo perché spesso tendono a restare sulla superficie del vassoio scorrevole e non cadono presso la loro destinazione; al contrario, il sistema di caduta per apertura del ripiano del vassoio verso il basso evita questo tipo di problematiche. Inoltre, il vassoio del SD-sorter è di dimensioni più piccole e ottimizza gli spazi per l'abbigliamento.



Capacità:	7.200 - 14.400 Unità / Ora (17.600 items / hr with smart distribution)
Prodotti:	Abbigliamento, prodotti poly-wrapped, piccoli accessori
Dimensione prodotti:	Min: 100 x 100 x 2 mm Max: 750 x 550 x 200 mm
Peso prodotti:	Min: 0.02 kg Max: 5 kg
Sistema di carico/scarico:	Automatico o manuale

Wheel Sorter

Il wheel sorter è la soluzione di smistamento più recente e tecnologicamente più avanzata. Questo sistema di smistamento permette di usufruire di un sistema automatico di smistamento in spazi ridotti. Il sistema è formato da una rulliera, ma tra un rullo e l'altro sono posizionate delle rotelle con un'inclinazione di 30° . Queste rotelle, a seconda della destinazione desiderata, sono in grado di spostare il prodotto che scorre sulla rulliera, alzandosi oltre la superficie dei rulli e creando una frizione sulla direzione desiderata.



Sistemi di stowing e picking

L'utilizzo di personale per le operazioni di stowing e picking è ancora l'opzione più diffusa nel settore e-commerce, nonostante le innumerevoli tecnologie attualmente disponibili sul mercato. La prevalenza di risorse umane per queste operazioni è dovuta in parte alle capacità dell'uomo di adattarsi rapidamente a condizioni dinamiche e, quindi, alla loro gestione efficiente di prodotti di svariate dimensioni e con caratteristiche differenti.

Inoltre, i periodi promozionali sono più semplici da gestire con le risorse umane grazie all'aggiunta di personale con contratto a tempo determinato tramite agenzie interinali. L'assunzione di maggiori risorse con contratto a tempo determinato permette ai grandi colossi dell'e-commerce di adattare la forza lavoro in base alla domanda. Questo agevola il mantenimento di costi contenuti anche in periodi di picco, in quanto il costo variabile sarà ammortizzato dal volume di ordini in crescita e il personale incrementato o diminuito a seconda delle necessità produttive.

Con questo sistema di contrattazione temporanea, i costi sono leggermente ridotti rispetto ad un sistema completamente automatizzato in grado di gestire i volumi dei periodi promozionali.

In un magazzino e-commerce tradizionale, l'inventario ed il prelievo è gestito tramite l'utilizzo di risorse umane, che ricevono indicazioni su dove andare a immagazzinare i prodotti e dove prelevarli. Questo è possibile grazie all'utilizzo di palmari, integrati con il sistema di SCM, che adottano un DPS (Dynamic Picking System) per ottimizzare le operazioni degli operatori e ridurre i tempi di spostamento tra una corsia e l'altra del magazzino [17].

Il DPS più semplice si basa sul principio di Pareto, il quale indica che l'80% delle vendite corrispondono al 20% degli articoli in inventario, spesso chiamati prodotti top sellers o alto rotanti.

La conclusione logica di questo principio è che i prodotti con più alta rotazione debbano essere più semplici da prelevare e di facile reperibilità, per tanto le locazioni dove questi prodotti andranno immagazzinati saranno concentrati in una zona limitrofa alle stazioni di OB o al conveyor che poi porterà i prodotti nelle stazioni di sorting o di packing.

Al contrario, i prodotti con maggiore tempo di giacenza in magazzino e con vendite ridotte, saranno allocati in zone del magazzino periferiche.

Questo processo è possibile grazie alla raccolta di dati provenienti dalle vendite dei prodotti stessi e all'integrazione con un AI che in modo ciclico riclassifica i prodotti in base alla loro rotazione e va gestendo il posizionamento dei beni all'interno del magazzino.

Le zone di prelievo vengono spesso divise in zone all'interno dei centri di distribuzione più grandi, in primis per la loro rotazione e in secondo luogo per la tipologia di prodotti; questa caratteristica va

presa in considerazione dal sistema in quanto spesso per legge e per normative di sicurezza alcuni prodotti non possono essere riposti nella stessa zona.

Pensiamo ad esempio ai prodotti alimentari: sono prodotti delicati da immagazzinare in quanto l'infrastruttura deve sottostare a severe normative di igiene e la gestione deve essere conforme; non possono essere riposti, ad esempio, vicino a prodotti dannosi per la salute, come pesticidi o prodotti infiammabili.

Tutte queste logiche vengono rispettate grazie all'utilizzo di un sistema di controllo centrale, il quale grazie agli scanner e ai codici a barre dei prodotti riesce a riconoscerne le caratteristiche e ad indirizzarli nella zona più pertinente, facilitando il lavoro degli operatori e limitando possibili errori di stow o pick.

Sempre in un magazzino tradizionale, gli scanner vengono anche utilizzati per ottimizzare il lavoro degli operatori in fase di prelievo. I picker sono consono a percorrere lunghi tragitti lungo le corsie di un magazzino e-commerce, ma grazie al SCM il palmare è in grado di indicare, data una specifica "missione di prelievo" contenente più ordini cliente, qual è la miglior strada da seguire, per evitare di perdere tempo in spostamenti inutili o ripetitivi.

Per cui, anche se il personale organico è ancora largamente usato nel settore dell'e-commerce, si usano strumenti di controllo come i palmari per integrare la forza umana agli altri automatismi presenti nei magazzini, rendendo più efficienti le operazioni ed incrementando la produttività.

Questi sistemi, inoltre, monitorano la qualità del lavoro in quanto il sistema degli scanner richiede agli operatori di seguire ogni operazione step by step. Quindi se consideriamo una singola operazione di prelievo lo scanner richiederà:

1. Conferma della "pick-task"
2. Codice del BIN di prelievo
3. Codice del prodotto prelevato
4. Conferma delle quantità prelevate
5. Lettura del recipiente nel quale viene inserito il prodotto per poi andare nelle stazioni di OB

Questi controlli migliorano le operazioni e la qualità dell'inventario in quanto, in caso di errore, l'operatore non sarà in grado di andare allo step successivo per portare a termine le attività ad esso assegnate.

Con lo sviluppo del business ed il continuo impegno a rendere i magazzini sempre più efficienti ed automatizzati, i grossi colossi dell'e-commerce hanno introdotto, a supporto delle operazioni di stow e pick, sistemi AGV (Automated guided vehicles). Questi sistemi non vanno a rimpiazzare il lavoro degli operatori, ma rendono le operazioni più rapide, semplici e meno logoranti. I sistemi AGV riducono leggermente la presenza di risorse umane all'interno dei centri di distribuzione laddove i picker e gli stower avranno una produttività maggiore.

Sistemi AGV

Nelle zone dedicate allo stow e al pick, gli AGV hanno un'area dedicata, provvista di barriere per evitare contatti accidentali con gli operatori presenti in magazzino.

Gli unici autorizzati ad entrare nelle zone dove gli AGV si muovono sono i tecnici, i quali devono indossare un'attrezzatura specifica per rendersi visibili al sistema di controllo dei veicoli automatizzati, al fine di evitare scontri o urti pericolosi.

Gli AGV movimentano delle scaffalature o librerie nelle quali vengono riposti i prodotti. Le varie scaffalature, a seconda delle dimensioni dei prodotti, presentano diversi BIN (allocazioni).

Questi scaffali mobili circolano all'interno di un'area ben delimitata e come un Tetris vanno riorganizzandosi per ottimizzare gli spazi all'interno del magazzino.

In fase di IB, le colonne si avvicinano agli stower che tramite scanner vanno caricando i prodotti ricevuti, ciò avviene associando ad ogni BIN un preciso numero di prodotti ben identificati. Questo processo permette al sistema di controllo di identificare i prodotti presenti nella libreria e, in fase di prelievo, l'AGV si avvicinerà alle postazioni di picking.

Nelle postazioni di picking, gli operatori restano fermi su specifiche workstations, anch'essi utilizzano un palmare ed un display per semplificare il riconoscimento dei prodotti e l'ubicazione precisa del prelievo, successivamente verificata con lo scanner. Il picker va raccogliendo i prodotti dalla libreria; una volta terminata l'operazione di prelievo, l'AGV si allontana dalla stazione di lavoro e ne susseguirà un altro per il prelievo nei nuovi ordini assegnati al picker tramite pick task.

Il processo è molto complesso e il sistema di AI deve ottimizzare gli spostamenti dei robot per ridurre al minimo i tempi morti e allo stesso tempo evitare scontri tra i vari sistemi AGV [18].



Sistemi Kiva per la movimentazione degli scaffali [18]

Questo sistema diminuisce notevolmente i movimenti del picker e ne incrementa la capacità produttiva; basti considerare che un picker con esperienza in un magazzino tradizionale può arrivare a prelevare 200 pezzi l'ora, mentre in uno automatizzato con sistemi AGV si può arrivare a prelevare 800 unità l'ora.

La differenza di costo tra i due sistemi è notevole, considerando che un sistema automatizzato necessita di un'infrastruttura dedicata. Attualmente, in Europa, l'80% dei magazzini del settore e-commerce segue un approccio tradizionale, dove i vari prodotti sono immagazzinati su scaffalature statiche. Questo sistema risulta essere più economico, ma ci sono degli aspetti negativi in termini di produttività e di capacità meccanica del magazzino stesso. Infatti, in un magazzino tradizionale, il 50% delle ore di lavoro di un picker sono dedicate agli spostamenti tra un punto di prelievo e l'altro. Tali tempi morti possono potenzialmente creare un collo di bottiglia e limitano l'efficienza del magazzino.

Per questo motivo, i più moderni magazzini adottano un sistema con veicoli a guida autonoma per le operazioni di stow e pick.

Con i sistemi AGV si semplifica notevolmente il lavoro degli operatori e, grazie all'adozione di display, anche i training necessari per svolgere la mansione sono ridotti. Il sistema guida l'operatore step-by-step e indica le operazioni da svolgere in forma scritta e visiva.

Questo tipo di sistema, rispetto a quello tradizionale, denota i seguenti vantaggi:

- Riduce il tempo speso negli spostamenti: Questo sistema avvicina i prodotti al picker, per tanto, si azzerano i tempi non produttivi spesi nel camminare da un BIN all'altro.
- Facile implementazione: Ristrutturare un magazzino tradizionale per implementare un sistema AGV non richiede grossi tempi di organizzazione.
- Scalabile: Questo sistema si adatta in modo flessibile ai cambi sul volume di ordini da processare, soprattutto nei periodi promozionali. Naturalmente a parità di spazio, oltre certi

parametri, la parte hardware del sistema non si potrà aumentare, ma si possono aumentare le workstation degli operatori per accelerare le operazioni di prelievo.

L'aspetto negativo di un sistema AGV è legato ai costi di implementazione, che vanno considerati con cautela. Di seguito si riassumono i principali aspetti da considerare prima di adottarne l'utilizzo per supportare i processi di stow e pick.

- **Setup:** Una delle decisioni più critiche quando si va ad implementare un sistema automatizzato di picking con dei sistemi AGV è lo spazio da dedicare all'infrastruttura. Per risparmiare sull'investimento l'area dovrebbe essere ridotta ed ottimizzata il più possibile. Su questo punto però c'è un problema: a parità di spazio si hanno più o meno AGV, questo va ad influenzare il tempo di attesa tra un prelievo e l'altro. Considerando spazi ridotti, difficilmente si avranno tanti AGV quanto il numero di stazioni di picking o stow. Allo stesso tempo, avere un rapporto uno ad uno tra pickers e AGV non porta a grandi vantaggi se andiamo a confrontare il tempo di attesa per il prelievo da un AGV all'altro e il tempo utilizzato dagli operatori per spostarsi da un ubicazione all'altra nel sistema tradizionale. Per cui, bisogna considerare in modo molto accurato lo spazio da dedicare ai sistemi AGV in modo da avere un numero di robot che permettano di ridurre quanto più possibile il lead time di attesa degli operatori tra un prelievo/scarico e l'altro. Solo se il sistema AGV permette di ridurre notevolmente i tempi d'attesa, si avranno vantaggi operativi tali da giustificare un investimento simile [13].

Per definire l'area necessaria per implementare un sistema AGV che permetta ai picker di lavorare senza tempi di attesa, vengono svolte complesse analisi basate su alcune ipotesi, come la distribuzione degli ordini e i limiti da mantenere per questioni di sicurezza sul posto di lavoro.

I dati presentati fanno riferimento al paper "*Picker routing in AGV-assisted order picking systems*" *Institute for Operations Research and the Management Sciences - 2021* il quale presenta il funzionamento dei sistemi AGV e ne calcola i vantaggi operativi.

Per questo tipo di analisi viene utilizzata la programmazione dinamica; un approccio di ottimizzazione che trasforma un problema complesso in una sequenza di problemi più semplici; la sua caratteristica essenziale è la natura multistadio della procedura di ottimizzazione.

Considerando che i picker stiano prelevando tutti nello stesso istante, risulta che all'aumentare del numero di picker, l'aumento di AGV non è equivalente, bensì inferiore.

Inoltre, al variare la velocità dei sistemi AGV, l'area necessaria per le operazioni si riduce. In aggiunta, se si dovesse considerare il tempo di prelievo da parte dei picker, naturalmente quest'ultimo non sarà mai il medesimo, per cui è molto improbabile che tutti i picker richiedano un cambio di AGV nello stesso istante.

Per questioni di sicurezza, i sistemi AGV devono viaggiare a velocità leggermente inferiori a quelle degli operatori e questo comporta un limite sull'efficienza del sistema. Nonostante ciò, dai calcoli presentati del documento precedentemente citato, il valore più ragionevole per ottenere un sistema efficiente è quello di avere 2 AGV per picker. Per cui, quando si va a prendere in considerazione l'area da dedicare a questo tipo di sistema, è bene considerare un'area capace di ospitare almeno 2 AGV per operatore o stazione di lavoro.

- **Logiche di Stow:** Nei magazzini e-commerce tradizionali, si applicano logiche di ottimizzazione sullo stow, basate su specifiche caratteristiche dei prodotti e sul loro indice di rotazione. Questo sistema va a privilegiare e ad allocare i prodotti alto rotanti in zone limitrofe alle aree di lavorazione successive. Questo permette una riduzione dei tempi morti per gli spostamenti degli operatori tra un'ubicazione e l'altra. In un sistema AGV, al contrario, gli operatori restano sempre in una specifica zona del magazzino su postazioni di lavoro fisse, per cui le stesse logiche applicate al sistema tradizionale potrebbero non funzionare in un sistema automatico. Questo tipo di analisi richiederebbe molta sperimentazione per identificare la logica migliore da applicare al sistema AGV, ma grazie all'adozione di AI nei sistemi di controllo dei sistemi automatizzati, lo stesso sistema andrà ad ottimizzare al meglio l'allocazione degli ordini nelle varie scaffalature e l'organizzazione interna degli AGV, in modo tale da anticipare quella che sarà la domanda sul prelievo e ridurre i tempi di attesa per

i picker. Anche in questo caso, per la gestione di un magazzino, il sistema di SCM può portare grandi benefici, utilizzando i forecast sulle vendite per organizzare il layout dei sistemi AGV, rendendo più fruibili i robot con i prodotti più propensi a picchi di domanda.

- **Caratteristiche delle pick-task:** Prelevare per singoli ordini clienti non risulta essere una metodologia efficiente neanche con un sistema performante come quello AGV. Per questo motivo, se si decide di adottare sistemi automatici in magazzino, è importante avere un gestionale capace di consolidare più ordini di diversi clienti, per permettere agli operatori di prelevare il maggior numero di prodotti da un singolo AGV. Questi prodotti saranno raccolti all'interno di un contenitore, identificato da un codice a barre, che sarà successivamente diviso per singoli ordine clienti nelle aree di packing. Senza un sistema in grado di ottimizzare i prelievi, ed andando a prelevare unicamente i singoli ordini clienti, la rotazione degli AGV si incrementerebbe molto, e questo porterebbe a lead time di prelievo maggiori e di conseguenza ad una produttività oraria inferiore.

Se il sistema di gestione lavora in efficienza, sarà possibile ridurre il numero di AGV necessari per operare e di conseguenza ridurre i costi legati all'investimento iniziale.

Questo sistema di supporto nelle fasi di stow e picking è sempre più utilizzato dai colossi dell'e-commerce, portando benefici operativi e riducendo lo stress degli operatori.

Attualmente sembra essere una delle soluzioni tecnologiche più efficaci, almeno fino a quando non si troveranno soluzioni ancora più automatizzate, dove il supporto dell'uomo sarà minimo.

Realtà aumentata a supporto delle operazioni di Pick e Stow

I processi di picking, come detto, necessitano di operazioni flessibili e l'uomo ha capacità che non possono essere ancora sostituite da delle macchine automatizzate. Come con i sistemi AGV, è possibile supportare il lavoro degli operatori anche con l'utilizzo della realtà aumentata per avere maggiori informazioni visive che accelerano le capacità ed i movimenti degli operatori. Questo tipo di tecnologie rientrano nei sistemi di "Pick-By-Vision" e, in questo paragrafo, andremo ad approfondire le varie soluzioni implementate tramite la realtà aumentata per i processi di pick e stow [19].

Lo scopo principale di queste tecnologie è quello di aumentare la produttività degli operatori e ridurre l'errore umano. I magazzini e-commerce gestiscono una grande varietà di prodotti, che si

differenziano per forma, peso e consistenza; un sistema totalmente automatizzato non sarebbe in grado di gestire tale vastità e diversificazione di prodotti, pertanto si sviluppano tecnologie a supporto dell'uomo per velocizzare il riconoscimento dei prodotti, la loro identificazione negli scaffali e l'estrazione di molte altre informazioni utili ad accelerare i processi.

Nei primi magazzini e-commerce, le operazioni di picking e stow venivano svolte seguendo le indicazioni riportate su fogli di carta, i quali riportavano le indicazioni del sistema gestionale del magazzino.

I sistemi utilizzati nei più moderni magazzini prevedono l'utilizzo di un palmare, dispositivo mobile connesso online grazie all'infrastruttura IT del magazzino, direttamente collegato con il SCM.

Quindi, ad oggi si predilige l'utilizzo dello scanner e si possono aggiungere ulteriori tecnologie a supporto degli operatori, come comandi vocali o indicazioni luminose.

Entrambi i sistemi hanno degli aspetti positivi che possono facilitare le operazioni di picking, ma entrambe le soluzioni presentano delle problematiche di scalabilità e flessibilità.

I sistemi di supporto vocale non sono adatti ad ambienti lavorativi rumorosi e da un punto di vista etico, va considerato con molta cautela l'adozione di un sistema simile, in quanto gli operatori dovrebbero seguire le indicazioni di una voce "virtuale" e ciò potrebbe causare stress che sul lungo periodo potrebbe impattare sul rendimento del personale.

Le indicazioni luminose, spesso presenti sulle scaffalature per facilitare l'identificazione dell'ubicazione corretta, hanno un costo di implementazione molto alto. Questo tipo di tecnologia va installata sulle apparecchiature fisiche come scaffali o postazioni di lavoro e a loro volta vanno connesse con il sistema di gestione del magazzino. Questo rende i sistemi di indicazione luminosa poco flessibili e costosi, con complesse operazioni di installazione e manutenzioni cicliche per assicurare il corretto funzionamento del sistema, andando ad aumentare ulteriormente i costi.

Sono presenti anche scanner che possono essere indossati come un orologio, permettendo agli operatori di aver le mani libere, ma senza display o pulsanti fisici: il sistema si limita al riconoscimento dei barcode scansionati [20].

Realtà aumentata

La realtà aumentata è una tecnologia che può supportare il senso visivo degli operatori.

Questa tecnologia è in grado di fornire informazioni dettagliate sulle operazioni da svolgere in tempo reale, tramite proiezione di fasci luminosi, elementi 3D o immagini statiche.

La realtà aumentata trova diverse applicazioni all'interno della supply chain dell'e-commerce, soprattutto nelle operazioni di picking; questa tecnologia non solo guida gli operatori dando supporto

visivo sulle azioni da svolgere, ma va anche a ridurre i tempi morti dedicati alla ricerca delle informazioni, indicandole e rendendole direttamente accessibili nel campo visivo del lavoratore.

Per questioni di sicurezza, qualora si decida di adottare la tecnologia della RA, è importante tenere a mente ed avere ben chiari che tipo di movimenti gli operatori devono svolgere e se eventuali distrazioni visive possano avere conseguenze sulla loro sicurezza.

Quindi è indicato svolgere un'attenta valutazione dei rischi oltre che delle operazioni per identificare il sistema di RA più adatto a supportare la forza lavoro.

Con la realtà aumentata è possibile proiettare diversi tipi di immagini, statiche e dinamiche, quindi i primi fattori da considerare sono che tipologia di informazioni fornire all'operatore e in quale formato.

Nella RA si identificano le seguenti opzioni:

- Informazioni statiche: Informazioni sul prelievo, immagini del prodotto, descrizione dell'articolo da prelevare, ubicazione del prelievo e quantità
- Indicazioni ottiche per localizzare l'esatto ripiano/ubicazione dove prelevare il prodotto. Informazioni che possono essere in 2D o 3D
- In un magazzino legacy non robotizzato è possibile indicare all'operatore il cammino da seguire per raggiungere l'ubicazione di prelievo nel minor tempo, indicandolo tramite l'utilizzo di linee guida virtuali
- Tracciamento delle zone di lavoro sul quale concentrare il prelievo o le operazioni di stow per ottimizzare lo spazio disponibile nei ripiani degli scaffali

È chiaro che a seconda del tipo di processo e sistema il supporto della RA sarà diverso. Per questo bisogna fare distinzione tra un magazzino classico dove l'operatore va verso i prodotti da prelevare ed uno robotizzato, dove sono i prodotti ad avvicinarsi alla stazione di lavoro.

Per un sistema RA si necessita di una parte Hardware per la visualizzazione dei dati, per fornire un'interazione tra l'operatore ed il sistema e un sistema di tracciamento, utilizzando dei sensori, per permetterne il corretto funzionamento.

Componenti Hardware RA

In generale ci sono due punti chiave necessari all'implementazione della realtà aumentata.

- 1) Il programma deve essere in grado di identificare ed elaborare l'ambiente fisico presente nel quale opera e associare le informazioni virtuali inerenti.
- 2) Il programma deve fornire informazioni virtuali inerenti con l'ambiente fisico in modo sincronizzato, questo per far sì che l'operatore sia in grado di interfacciarsi con un sistema che lavora in simbiosi con gli elementi reali che l'utente sta percependo.

È chiaro che per funzionare l'RA ha bisogno di ricevere dati in tempo reale sull'ambiente fisico circostante all'utente.

I componenti principali sono:

- **Strumenti per catturare le immagini**

I più moderni sistemi di realtà aumentata usano metodi di computerizzazione delle immagini per identificare il posizionamento degli oggetti e dell'utente nello spazio reale. Il sensore ottico utilizzato è una videocamera, quest'ultima trasmette le immagini ad un computer centrale che ne rielabora le informazioni grazie a specifici software. A seconda dei dati ricevuti dal sistema, un algoritmo assocerà immagini virtuali con quelle fisiche.

Per una corretta triangolazione delle superfici fisiche, spesso si ricorre a simboli o segnaletiche che facilitano l'identificazione dell'ambiente reale. I simboli saranno riconosciuti dal sistema e questo velocizzerà l'elaborazione dei dati.

- **Monitor dove proiettare le immagini virtuali**

Il tipo di tecnologia utilizzata per fornire le informazioni agli operatori può essere:

- a. Hand-Held Display (HHD), ovvero monitor che possono essere gestiti manualmente dagli operatori come ad esempio palmari e tablet.
- b. Proiettori digitali che riportano le immagini virtuali sulle superfici fisiche dell'ambiente presso il quale è puntato il laser del dispositivo.
- c. Head-Mounted Display (HMD), ovvero dispositivi che possono essere indossati dall'operatore e riposti davanti al loro campo visivo. Tra questi dispositivi vediamo i futuristici occhiali smart.

- **Unità di controllo**

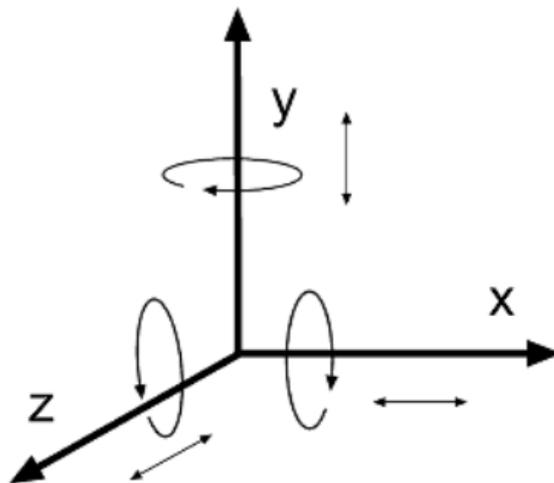
Un processore che coordina ed analizza le informazioni raccolte dai sensori e che sia in grado di rielaborare i dati tramite il programma di RA per fornire agli operatori le informazioni virtuali utili alle loro operazioni. In altre parole, un sistema RA necessita di un computer che può operare in locale o da remoto connettendo i dispositivi al network. Questo computer deve essere in grado di rielaborare i dati per tradurli in indicazioni per l'operatore, fornite dal SCM.

- **Sistemi di attivazione e sensori per il tracking**

RA si affida a dati di riconoscimento degli spazi, questo per identificare la posizione degli operatori, degli strumenti che lavorano con la RA e di tutti quegli ingombri caratteristici di un magazzino e-commerce. Per questo servono informazioni sulla localizzazione e sull'orientamento.

Quindi per una valutazione completa dello spazio reale, il sistema ha bisogno di identificare i sei gradi di libertà degli oggetti che richiedono l'osservazione.

L'acronimo dei sei gradi di libertà si riferisce al movimento nello spazio tridimensionale, ovvero la capacità di muoversi su tre assi perpendicolari in modo trasversale e rotatorio.



I principali strumenti di identificazione dello spazio sono:

- **GPS**

Il sistema GPS oggi trova diverse applicazioni ed è una tecnologia fruibile da quasi qualsiasi dispositivo tech. Il sistema GPS si appoggia a 24 satelliti che triangolano la posizione di uno specifico dispositivo, calcolando il tempo di percorrenza tra il dispositivo ed i satelliti che ricevono il segnale. I sistemi RA possono utilizzare questo sistema per calcolare il posizionamento di un corpo lungo gli assi X, Y e Z.

- **Giroscopio ed Accelerometro**

Il giroscopio è un dispositivo che può essere installato all'interno dei dispositivi usati dagli operatori per interagire con il sistema di RA. Il giroscopio è in grado di fornire informazioni sulla rotazione o torsione sugli assi perpendicolari. Questo sistema è utile per calcolare l'orientazione dell'operatore e in che direzione esso sta puntando. L'accelerometro invece, proprio come suggerisce il nome, registra l'accelerazione del dispositivo. Quindi il sistema è in grado di calcolare gli spostamenti e sostituire il sistema GPS qualora non fosse disponibile. Gli accelerometri sono strumenti economici, che possono fornire informazioni di alto valore per il sistema RA.

- **Sensori per la raccolta di dati sull'ambiente**

Al sistema RA si possono aggiungere sensori per la rilevazione dei parametri ambientali del luogo di lavoro. I sensori possono calcolare la temperatura o l'umidità dell'ambiente; sebbene questi sensori non possano in modo diretto dare un valore aggiunto alle operazioni di picking o stow, si può comunque migliorare il benessere dei lavoratori qualora vengano rilevati parametri superiori o inferiori a quelli consigliati per lavorare in un ambiente salubre. In questo caso il sistema RA potrà indicare all'operatore eventuali rischi.

- **Sistemi di User input**

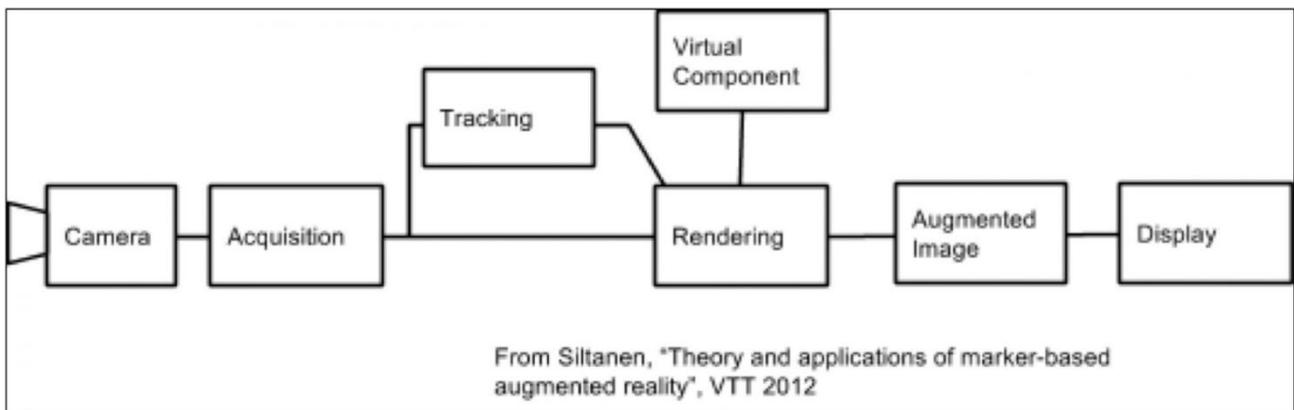
I sistemi elencati precedentemente sono passivi, in quanto l'operatore non è in grado di interfacciarsi con essi e fornire feedback. Al contrario, sistemi fisici come bottoni fisici o touchscreens, permettono agli operatori di interfacciarsi con il sistema RA, fornendo informazioni o richiedendo dei dati specifici.

Componenti software della realtà aumentata

Il software presente in un sistema di RA comprende diverse funzioni:

- a. Acquisizione ambientale (Sensori)
- b. Integrazione con i **fari** componenti Hardware
- c. Algoritmo di elaborazione dati
- d. Software di rendering delle informazioni

Per semplificare il process flow del software di un sistema RA è possibile far riferimento all'immagine [18.1]. Quest'ultima identifica i vari passaggi logici che il software svolge per poter fornire all'utente le immagini o le informazioni richieste per una specifica attività.



[18.1] Siltanen, "Theory and applications of marker-based augmented reality", VTT 2012

La tecnologia RA essenzialmente connette l'utente con un database attraverso interazioni, utilizzando ad esempio immagini virtuali o indicazioni audio. Nel mondo dell'e-commerce la realtà aumentata commette il modo fisico e quello visuale gestito del SCM per guidare gli utenti nelle loro operazioni.

Etichettatrici

Il processo di etichettatura precede quello dello smistamento per ship-method interno ai centri di raccolta. L'etichetta applicata sui pacchi da spedire è fondamentale per una corretta gestione lungo la supply chain del middle e last mile. L'etichetta può presentare diversi codici a barre o QR-code per la lettura tramite scanner ed estrapolazione delle informazioni inerenti al cliente.

Prima di approfondire il processo di etichettatura dei pacchi utilizzata nei centri di distribuzione dell'e-commerce andiamo ad analizzare un'etichetta di spedizione per comprendere le informazioni presenti su di essa. A tale scopo considereremo questa etichetta:



Sull'etichetta applicata sui pacchi che verranno spediti ai clienti sono presenti tutte le informazioni essenziali per permettere di identificare in modo semplice il pacco agli operatori e per poterlo processare tramite sistemi di smistamento automatici.

Prima cosa da notare è la chiara identificazione del corriere che prenderà in carico questo pacco, si tratta di UPS, corriere principalmente utilizzato per le spedizioni estere.

Sull'etichetta sono presenti informazioni sensibili come il nome ed il cognome del destinatario e la via dove recapitare il pacco, per questo motivo vedremo che nei centri di distribuzione l'etichettatura dei pacchi avviene in modo automatizzato, per evitare che gli operatori possano leggere informazioni protette da privacy.

Per una gestione automatizzata dei pacchi si nota la presenza di due codici a barre ed un QR-code, questi codici permettono ai lettori scanner presenti sui conveyor o sui palmari degli operatori di

identificare il pacco e smistarlo correttamente. Il corriere sarà in grado di leggere le informazioni presenti sui codici a barre solo quando il retailer online avrà “manifestato” i pacchi spediti e trasmesso tutte le informazioni ai sistemi del corriere; se ciò non avviene non sarà possibile processare il pacco una volta che arriverà nel primo hub di lavorazione e il pacco farà ritorno al mittente.

Ogni etichetta presenta anche un encrypted o tracking ID, codice univoco di identificazione del pacco, spesso utilizzato per aggiornare i clienti sullo stato del pacco e per fornire aggiornamenti sulla data di consegna.

Oltre alle informazioni dei clienti e al luogo di recapito, sono fornite indicazioni sul tipo di contenuto del pacco e sulle dimensioni e peso di quest'ultimo. Le indicazioni sul contenuto del pacco sono spesso inerenti alla pericolosità della merce trasportata, ovvero, ci sono alcuni prodotti che necessitano di particolari attenzioni in quanto più pericolosi di altri; pensiamo ad esempio ai prodotti infiammabili. Le dimensioni ed il peso del pacco invece, non solo servono per poter indirizzare il pacco sulla stazione di lavoro più adatta, ma anche per applicare il giusto costo sulla spedizione. Per il primo punto vedremo che i prodotti si differenziano negli hub di smistamento per dimensione e peso e che alcuni non possono essere processati in modo automatico, ma necessitano di una gestione manuale. Per quanto riguarda il costo di trasporto su uno specifico pacco, viene calcolato secondo una “rate card” del carrier accordata con l'e-commerce, basata appunto su dimensioni e peso del prodotto.

Passando ora al processo di etichettatura nei centri di smistamento; come detto, sulle etichette sono presenti informazioni sensibili, per questo motivo il processo di labeling è completamente automatizzato.

Durante la fase di impacchettamento dei prodotti, il sistema fornisce agli operatori indicazioni sul tipo di scatola da utilizzare, questo per ottimizzare lo spazio sui truck e di conseguenza ridurre i costi. Una volta che il prodotto è impacchettato viene stampata un'etichetta molto piccola contenente unicamente un codice a barre. Questo codice a barre contiene le informazioni sull'etichetta da applicare sul pacco e quest'informazione viene gestita in modo automatico.

Il pacco, una volta pronto, viene caricato dall'operatore su un conveyor che presenta diversi lettori laser per poter leggere l'etichetta riposta dal packer da quasi tutte le angolazioni, meno quella a contatto con la superficie del conveyor. È pertanto fondamentale che gli operatori ripongano l'etichetta su un lato visibile; qualora il sistema non fosse in grado di identificare l'etichetta, sposterà in modo automatico il pacco su una seconda linea, dedicata alla risoluzione dei problemi.

Di seguito vediamo un esempio di bar code scanner applicato ad un conveyor.



Il pacco una volta superato il lettore è identificato dal sistema, il quale nello step successivo applicherà tramite un'etichettatrice automatica, la giusta etichetta.



Una volta che il pacco viene etichettato è pronto per la spedizione. Come abbiamo visto nei capitoli precedenti, in fase di spedizione il pacco passa attraverso un conveyor parabolico che lo smista su una specifica destinazione per poi caricarlo sul truck.

Questo processo grazie alla reattività del SCM avviene in modo molto fluido e preciso. Essendo completamente automatizzato non presenta particolari problematiche nella gestione di flussi variabili e si adatta a qualsiasi condizione o layout. L'importante è che i prodotti presentino forme regolari dove è possibile applicare l'etichetta su una superficie piana. Un prodotto che viene gestito manualmente e non passa attraverso il sistema automatico sono i poster, i quali vengono riposti all'interno di tubi di cartone; la superficie curva non permette una lavorazione automatica.

Logistica 4.0

Il mondo è sempre più interconnesso e con l'avvento del 5G i dati vengono trasmessi a velocità maggiori, aprendo molte opportunità e favorendo uno sviluppo tecnologico come mai prima d'ora. L'interconnessione globale e la facile reperibilità di dati è la chiave per una crescita prospera, ma allo stesso tempo richiede grossi impegni in ambito logistico, soprattutto nelle zone maggiormente popolate come le metropoli.

Questi cambiamenti amplificano il valore della supply chain, prima di tutto per permettere di operare in modo sostenibile, continuo, flessibile e rapido; adottando l'intero settore logistico a volumi di domanda sempre maggiori per le piattaforme e-commerce e non solo.

Un esempio di questa esigenza di creare una struttura stabile e capace di gestire volumi altamente variabili e capace di aggirare qualsiasi difficoltà è la recente pandemia globale del Covid-19. La pandemia ha messo in difficoltà tutti i settori, compresi quelli logistici e di compravendita online, che nello stesso periodo hanno visto crescita vertiginose. Il business del negozio elettronico ha dovuto rivedere i suoi processi e la supply chain stessa per reagire a mancanza di inventario, blocco della produzione dei principali fornitori, decreti incerti, nuove regolamentazioni, frontiere chiuse e maggiori controlli sulla rete dei trasporti. In aggiunta ci sono stati problemi come mancanza di personale e di conseguenza capacità ridotte.

Essere in grado di reagire prontamente a queste crisi è fondamentale per il business online, basato principalmente sulla fiducia dei clienti e sulla loro soddisfazione.

L'e-commerce ha visto picchi di crescita fino all'80% rispetto a quelli che erano i forecast sulla domanda e gli esperti del settore affermano che la crescita continuerà anche quando la crisi covid sarà finita. Le persone stanno lentamente cambiando le loro abitudini e l'acquisto di beni online sarà sempre più normale.

È chiaro che per affrontare questa crescita costante sono necessari nuovi concetti per i centri di distribuzione e la logistica stessa, in modo da raggiungere il throughput desiderati e, per esempio, limitare il traffico nelle grandi città. Computerizzando tutti i processi coinvolti nella supply chain dell'e-commerce, la logistica 4.0 crea le fondamenta per un sistema altamente flessibile anche in situazioni come quella della pandemia. Ciò significa che la Logistica 4.0 non è solo un insieme di nuove tecnologie con svariate applicazioni, ma anche la risposta sostenibile e scalabile di tutti i partecipanti al mercato globale e sarà un prerequisito fondamentale per il futuro [21].

Smart sensors

I sensori rappresentano un elemento chiave dell'industria 4.0 e dell'Internet of Thing, soprattutto in ambito industriale e logistico. Una volta implementati questi apparati IT su larga scala, combinandoli ad una sofisticata rete computazionale come può essere l'intelligenza artificiale, sarà possibile analizzare metriche su diversi parametri permettendo il miglioramento nelle varie aree operative. I risultati di questa tecnologia in fase di sviluppo saranno reattivi ed agili nel migliorare i processi e prevenire gli errori, portando la logistica attuale a nuovi livelli di efficienza e rapidità.

I sensori permetteranno un'automazione maggiore e una riduzione dei costi e la loro combinazione con sistemi AI, un aspetto centrale nell'industria 4.0, ne permetterà un continuo miglioramento per cui sarà il sistema stesso a correggerne le performance per adattarli al meglio al tipo di operazioni svolte.

L'impatto dei sensori sulle aziende e-commerce, oggi come nel futuro, si affida ad una riduzione dei costi. Di seguito andiamo ad analizzare alcune delle motivazioni che giustificano l'adozione di questa tecnologia al fine di ridurre i costi aziendali.

- Maggiore flessibilità e reattività dei lavoratori. I sensori sono in grado di fornire in tempo reale varie informazioni sull'ambiente fisico al sistema di SCM, il quale fornisce informazioni ai sistemi automatizzati ed agli operatori per ottimizzare i processi a seconda dell'andamento dei volumi e delle tempistiche da rispettare per la spedizione degli ordini cliente. Pertanto, i sensori permettono un'iterazione maggiore tra il sistema di gestione e il magazzino, ottimizzando i flussi della merce e dando informazioni precise agli operatori su cosa fare. Un sistema efficiente si traduce in riduzione dei tempi morti, degli sprechi e minimizza la possibilità di over-staffing.
- Riduzione di problemi dovuti al mal funzionamento degli strumenti tecnologici adoperati nei magazzini. I sensori monitorano anche le performance della strumentazione connessa al sistema di gestione centrale e rilevano rallentamenti, surriscaldamento, valori erronei dei processi o dei dati raccolti; il sistema sarà in grado di determinare in anticipo eventuali mal funzionamenti e richiederne la manutenzione.
- Miglioramento sul controllo qualità. Grazie ai sensori, il sistema di SCM può controllare e verificare i vari processi all'interno dei magazzini. Un ordine per poter avanzare al processo

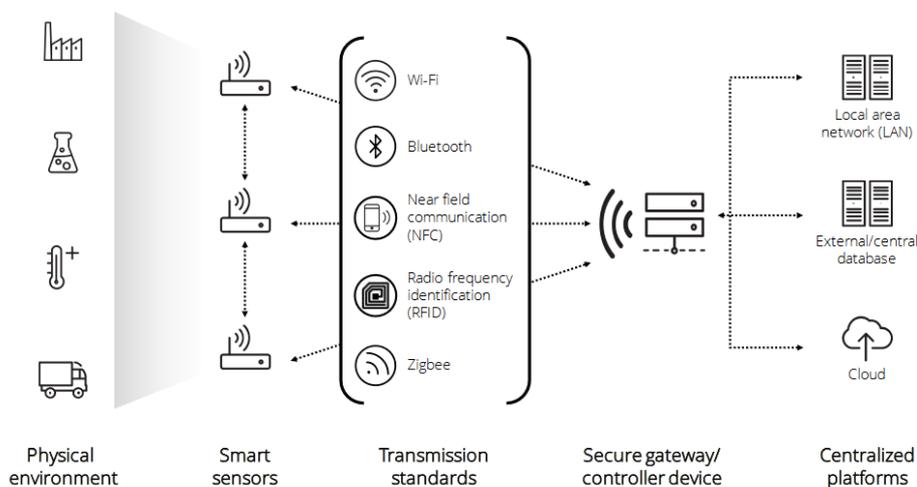
successivo per poi finalizzare il tutto con la spedizione del prodotto, viene verificato da dei sensori che ne controllano costantemente le specifiche. Se il sistema riscontra una discrepanza tra il dato atteso ed il dato trasmesso dal sensore, ne bloccherà l'avanzamento allo step successivo e richiederà un controllo per poter avanzare. Questi controlli continui hanno lo scopo di minimizzare gli errori e quindi di ridurre al minimo le casistiche di logistica inversa per la spedizione di un prodotto non richiesto, diminuendo i costi operativi, e di conseguenza migliorare la qualità del servizio.

- Identificazione della struttura di costo. Grazie ai sensori è possibile mappare i movimenti delle singole unità processate e ciò permette al sistema gestionale di calcolare i costi operativi legati ad ogni singola unità. In questo caso il SCM avrà lo scopo di minimizzare i costi operativi e di allocare le appropriate voci di costo alle unità spedite sulla base delle informazioni fornite dai sensori. In ambito logistico si avranno principalmente i costi di trasporto, i costi fissi dell'infrastruttura adoperata e quelli variabili.

Introduzione ai sensori Smart

Un sensore Smart si può definire come la combinazione di un sensore, di un microprocessore ed un apparato di comunicazione che converte gli input dell'ambiente fisico, come ad esempio peso, dimensioni, etichette, umidità e molti altri parametri, in informazioni leggibili da un sistema di controllo centralizzato come il SCM.

L'aspetto importante di un sensore Smart è la sua flessibilità di utilizzo e la possibilità di creare un'infrastruttura connessa con l'ambiente reale, quest'ultimo gestito con reattività dal sistema governato da AI.



Ecosistema Smart grazie ai sensori: [22]

Oltre a questo aspetto, molto simile a quello del normale funzionamento di un sensore, i sensori Smart si definiscono tali per due principali fattori. Il primo è la loro capacità di essere collegati insieme anche attraverso tecnologie wireless, le quali verranno potenziate dalla rete 5G e saranno in grado di trasmettere maggiori informazioni con più precisione. Questa tecnologia permette di migliorare anche il tempo di latenza tra la raccolta delle informazioni da parte del sensore a la trasmissione di quest'ultime, andando a fornire con maggiore rapidità un riscontro da parte del sistema gestionale e quindi velocizzare i processi, aspetto fondamentale nel mondo e-commerce. Il secondo aspetto è proprio la capacità dei sensori Smart di poter gestire grandi quantità di informazioni e trasmetterle in modo rapido, rendendo reattivi e precisi i processi controllati. Questa rapidità comunicativa dei sistemi permette l'utilizzo di complessi algoritmi, con il vantaggio di processi ottimizzati. Infatti, la possibilità di raccogliere in modo preciso e rapido i dati provenienti dall'ambiente fisico è un fattore critico per poter implementare processi efficienti e di conseguenza con costi ridotti.

Pertanto l'industria 4.0 non solo offre benefici in termini di flessibilità e diminuzione dei costi, ma anche un vero e proprio vantaggio strategico per fornire il miglior servizio nei tempi più brevi possibili. La costante propensione della clientela del mercato online a voler i prodotti nel minor tempo possibile richiederà una costante ricerca tecnologica per poter portare all'estremo gli attuali processi svolti dalla supply chain, adottando algoritmi avanzati e l'impiego di sistemi automatici.

Per questo motivo i sensori Smart saranno gli occhi e le orecchie di questa evoluzione e permetteranno ai sistemi di AI di esprimere tutto il loro potenziale sull'ambiente fisico del mondo logistico e non solo.

Un'applicazione interessante nell'ambito e-commerce è quella dei sensori che monitorano lo stato dell'inventario. RFID (Real-time inventory tracking) permettono di avere un controllo completo sulle scorte di magazzino senza dover conteggiare fisicamente i prodotti. I sensori RFID permettono di adottare un approccio più automatizzato alle operazioni di conteggio dello stock, e possono offrire in modo immediato ed accurato informazioni più precise sulle scorte di beni, riducendo i costi per tali controlli. Questi sensori permettono una migliore tracciabilità dell'inventario, considerando anche il numero di diversi prodotti solitamente presenti in stock ed il tempo necessario per svolgere tale operazione di controllo, e riducendo il potenziale rischio di out of stock o over stock.

La possibilità di avere in tempo reale la situazione della merce presente nei magazzini ha dei grandi vantaggi sulla pianificazione degli acquisti di reintegro dei prodotti. Inoltre, questa tecnologia aiuta a prevenire i furti.

Robotica nella Logistica

Il settore logistico, come già ripetuto più volte in questo documento, è in costante crescita e le sfide sono sempre maggiori considerando le difficoltà ad automatizzare ogni singolo processo. Fortunatamente, la ricerca e sviluppo di nuove tecnologie in ambito robotico offre soluzioni automatizzate a supporto delle sfide odierne. Grazie al settore dell'e-commerce, che di fatto ha portato all'estremo la logistica, per garantire dei lead time sempre più ridotti così da offrire servizi di qualità e che soddisfano una clientela sempre più esigente.

Negli ultimi anni molte aziende del settore robotico hanno iniziato a studiare soluzioni al di fuori dell'industria della produzione di beni, concentrandosi anche su soluzioni a supporto della logistica. In questo paragrafo si vuole presentare lo stato d'arte delle più recenti tecnologie in ambito robotico, con un focus maggiore sul settore logistico. Inoltre, si presenteranno quelle che sono le aspettative dell'industria e in quale direzione si vorrà adoperare la robotica a supporto della supply chain.

La robotica è già presente in diversi settori e grazie al costante sviluppo della tecnologia, supportata da sensori e AI sempre più avanzati, possiamo affermare che in futuro i robot miglioreranno notevolmente le nostre vite [23].

Pensiamo ad esempio al supporto che i robot danno ai medici durante le operazioni, queste tecnologie permettono maggiore precisione e rischi ridotti.

Oppure pensiamo al settore industriale, forse il più soggetto a innovazioni tecnologiche dove la robotica fa da padrona nell'automatizzazione dei processi, evitando agli operai di svolgere lavori ripetitivi, pericolosi e logoranti. Migliorando la ripetibilità e la produttività dei processi, supportando il lavoro degli operatori. Questo vantaggio migliora la qualità dell'ambiente lavorativo e riduce l'affaticamento del personale, soprattutto in questo momento storico dove le risorse organiche delle aziende sono sempre più anziane.

La robotica ha già migliorato molto il settore logistico, ma con l'ingresso di soluzioni robotiche più avanzate nei magazzini, nei centri di smistamento ed a supporto delle filiali di last-mile delivery vedremo servizi ancora più rapidi e qualitativamente migliori [24].

Perché proprio ora si è deciso di adottare la robotica nella logistica?

La principale sfida per il settore e-commerce è la reperibilità di forza lavoro competente ed in grado di soddisfare i requisiti minimi di formazione e produttività.

La crescita esponenziale del settore ha richiesto un rapido adattamento delle aziende leader nel settore, per scalare in modo efficiente la continua espansione del mercato senza ridurre la qualità del servizio, ma migliorandolo.

La sfida maggiore si ha in Cina, dove il settore e-commerce è in forte crescita, considerando anche la densità di popolazione presente nel paese asiatico. Pensiamo semplicemente che il mercato online cinese equivale a quelli di Francia, Germania, Giappone, UK e US messi insieme [28].

Vendite e-commerce nel mondo

Dal 2014 al 2021 in bilioni o “trillion” nel mondo anglosassone



Image: [29]

Questa crescita vertiginosa richiede enormi sforzi alla logistica che c'è dietro alla supply chain delle aziende, soprattutto sulla parte organica, che ancora oggi rappresenta gran parte della forza lavoro nonostante i diversi sistemi automatici già ampiamente diffusi nel settore. La preparazione di un ordine online richiede maggiori lavorazioni e molto più personale in quanto il passaggio ordine consegna prevede più lavorazioni rispetto alle normali attività commerciali di un negozio fisico.

Pertanto, la domanda di personale da parte del settore e-commerce aumenterà, ma difficilmente sarà possibile colmarla con personale formato, propenso a funzioni dinamiche e flessibile con gli orari di lavoro, se consideriamo eventuali turni.

I retailer online del futuro dovranno adottare sistemi automatizzati per fronteggiare possibili cali sull'offerta del lavoro e fortunatamente le tecnologie a supporto delle operazioni si stanno evolvendo rapidamente.

Il problema principale dell'automazione è la poca flessibilità; al contrario, l'uomo è molto flessibile e adatto a diverse mansioni all'interno di un qualsiasi magazzino logistico. Ad oggi è ancora improbabile ottenere un magazzino automatizzato al 100% a causa della poca flessibilità che esso avrebbe.

È evidente che lo sviluppo della robotica può aiutare le aziende ad aggirare questa problematica.

L'uomo ha sempre avuto il desiderio di creare un automa in grado di supportarlo nel lavoro o nelle mansioni meno piacevoli da svolgere. Pensiamo che oltre 500 anni fa, Leonardo da Vinci ipotizzò in uno dei suoi studi la costruzione di un soldato meccanico, capace di movimenti basilari e mosso da corde, pesi ed ingranaggi. Naturalmente i robot che conosciamo nel settore industriale non hanno fattezze umane, ma riproducono in modo efficiente operazioni ripetitive e spesso basilari.

La principale motivazione per il quale i robot non vengono utilizzati nel settore logistico è la mancanza di percezione dell'ambiente reale ed una scarsa intelligenza della macchina. Sebbene operazioni ripetitive, accurate e particolarmente semplici possano portare dei benefici nel settore industriale, il settore logistico è molto più complesso e richiede gradi di flessibilità maggiori.

Oggi finalmente sono presenti soluzioni robotiche governate da AI e dotate di sensori che rispondono perfettamente alle esigenze dell'e-commerce.

[30]

Le barriere presenti in passato non sono più presenti, la tecnologia è maturata e può essere applicata a supporto della robotica per dar vita a sistemi applicabili alla logistica.

Negli ultimi anni i governi e società private come Google e Amazon hanno investito molto nell'automazione e nella robotica, incentivando l'interesse del mercato e portando grandi investimenti per la ricerca e sviluppo della robotica.

Durante l'amministrazione Obama si è puntato molto sullo sviluppo robotico con un'iniziativa chiamata National Robotics Initiative, con lo scopo di creare nuovi sistemi di "robot collaborativi".

Questi robot sono pensati per supportare a stretto contatto l'uomo nel suo lavoro e vedono importanti applicazioni in ambito militare, soprattutto a supporto dell'esercito su aree disastrose per cause naturali o belliche. Molti paesi stanno seguendo l'esempio americano, incentivando internamente lo sviluppo di nuove tecnologie robotiche. Tra i paesi maggiormente interessati allo sviluppo robotico

ci sono Cina e Giappone, i quali stanno investendo importanti capitali per incentivare la propria economia alla ricerca e sviluppo del settore [31] [32].

Le grandi aziende tech rappresentano un'altra importante fonte finanziaria per lo sviluppo robotico. Cosciente del potenziale della robotica nel settore logistico, Amazon nel 2012 ha acquisito l'azienda Kiva per \$775 milioni, azienda specializzata nella fabbricazione di sistemi AGV. I prodotti Kiva sono specializzati nella movimentazione di beni nei magazzini logistici ed oggi Amazon conta più di trenta mila robot all'interno dei propri magazzini [33].



Naturalmente anche Google sta investendo molto nel settore; risulta che l'azienda della Silicon Valley abbia investito più di \$500 milioni a supporto della ricerca e sviluppo dei robot del futuro.

Google possiede diverse start up robotiche ed organizza competizioni per incentivare lo sviluppo di nuove tecnologie a supporto dei robot.

È evidente che le passate complicazioni tecnologiche oggi siano inesistenti; le tecnologie come sensori, batterie, big data e raffinati sistemi computazionali hanno costi inferiori e sono di facile accesso alle aziende tech.

Robotica a supporto della logistica 4.0

Grazie alla ricerca e sviluppo in campo robotico, il settore nutre maggiore interesse in ambito logistico grazie ad applicazioni che negli anni passati non erano possibili.

In questo paragrafo si vuole presentare alcuni esempi di sistemi robotici già adoperati in ambito logistico o in fase di sviluppo.

Nonostante la tecnologia stia avanzando rapidamente, nell'80% dei magazzini si adopera principalmente forza lavoro organica senza il supporto di automatismi. Questa tipologia di magazzini ha dovuto incrementare la propria produttività tramite layout efficienti e strumentazione IT a supporto degli operatori.

Solamente il 15% dei magazzini adopera sistemi automatici come quelli presentati nei capitoli precedenti. Implementati su larga scala vediamo conveyor, sorter automatici ed automatismi per efficientare il lavoro degli operatori. Solo in alcuni casi si hanno sistemi automatici simili ai robot, come ad esempio i sistemi AGV, ma non rappresentano la stessa categoria che andremo a presentare nei prossimi paragrafi.

Recenti ricerche affermano che solo il 5% dei magazzini sono altamente automatizzati, ma nonostante l'ampio utilizzo di sistemi automatici, il personale organico rappresenta ancora un fattore chiave alla base della produttività di questi centri di distribuzione.

Robot per il carico/scarico di Truck e containers

Gran parte della produzione di beni avviene nei paesi asiatici dove il costo della mano d'opera è inferiore rispetto a quello Europeo e ciò comporta il trasporto di questi beni, una volta prodotti, nei mercati di destinazione. Il metodo di trasporto maggiormente diffuso è quello tramite l'utilizzo di container.

Il container è una cella di ferro nel quale vengono riposti i beni da trasportate su lunghe tratte, principalmente su vie ferroviarie o navali. Questa soluzione di trasporto è molto diffusa in quanto si adatta perfettamente a tutte le soluzioni logistiche adoperate sui principali flussi commerciali.



Nell'immagine vediamo il porto di Genova.

I container carichi su grandi navi provenienti da mercati esteri attraccano al porto e specifiche gru vengono utilizzate per scaricare i container.

Questi, dotati di una forma regolare e di una struttura resistente, possono essere impilati su più livelli andando ad ottimizzare gli spazi.

Inoltre, il container essendo uno strumento polivalente, può essere successivamente caricato su un treno merci o su un truck. I bilici successivamente raggiungono i magazzini, tra i quali anche quelli dell'e-commerce.

La merce caricata nei container spesso non è riposta su pallet (Palletized) per ottimizzare gli spazi, pertanto viene caricata in "floor loading". Per capire meglio le due differenti tipologie di carico, di seguito vediamo due esempi:

Floor Loading



Palletized



Come si può notare, la metodologia Floor loading permette di ottimizzare gli spazi e pertanto di caricare più merce all'interno del container. Inoltre, caricando sui pallet molto spesso in caso di merce non regolare o fuori sagoma, ovvero con dimensioni superiori a quelle del pallet, gli spazi non sfruttati sono molto più evidenti.

Il floor loading ha i suoi vantaggi durante lo spostamento della merce, ma c'è anche un altro aspetto da considerare, ovvero lo scarico del container nei centri di distribuzione.

Ad oggi questa operazione è svolta principalmente a mano e solamente i magazzini più moderni dispongono di conveyor a supporto degli operatori, capaci di estendere la loro lunghezza all'interno del container per raccogliere la merce e quindi per velocizzare il processo.



Conveyor telescopico per lo scarico e carico delle marce [34].

Questo lavoro manuale può durare diverse ore a seconda del mix di merce scaricata; è chiaro che se i pacchi sono piccoli il tempo necessario per lo scarico sarà più lungo a causa della maggiore densità di merce all'interno del container.

Naturalmente i truck possono essere caricati con la stessa metodologia nei centri di distribuzione e, come per lo scarico, anche il carico dei mezzi può durare diverse ore.

Per risolvere questo problema ed automatizzare il processo, diverse aziende stanno sviluppando robot capaci di replicare le operazioni degli operatori nel carico e scarico dei mezzi. Naturalmente attraverso un sistema meccanico automatizzato il lead time di scarico e carico truck potrà essere ridotto.

Gli attuali prototipi presentano un conveyor telescopico come quello utilizzato tuttora a supporto degli operatori, ma dotati di un braccio robotico capace di spostare i pacchi dal truck al conveyor grazie a scanners, sensori ottici e sistemi di presa. Il robot viene integrato con un computer che analizza il carico del container ed identifica la sequenza di scarico ottimale per velocizzare il processo.

Nell'immagine che segue vediamo il prototipo sviluppato da DHL nel 2003; nonostante in quell'anno la tecnologia robotica non fosse ancora matura, il sistema evidenziava il potenziale che questa tecnologia poteva avere in capo logistico. Purtroppo il prototipo di DHL non venne adoperato in quanto la tecnologia non era ancora sufficientemente matura da poterla riprodurla in scala sulla loro logistica.



DHL Parcel Robot; Source: Deutsche Post DHL Group

Nonostante il fallimento di DHL, con questo prototipo si è dimostrato che anche i processi più complessi potevano effettivamente essere svolti da robot e diverse aziende del settore iniziarono ad investire nella ricerca e sviluppo di tecnologie simili.

Oggi sono presenti diverse soluzioni robotiche per il carico e lo scarico dei mezzi, con produttività molto più alte rispetto a quelle del personale organico. Il costo di questa tecnologia rappresenta ancora un grande problema in fase decisionale, ma con lo sviluppo di sensori, bracci robotici e AI questa tecnologia sarà presto competitiva sul mercato e vedrà applicazioni anche nel settore e-commerce.

Robot per picking e stowing

Nei magazzini e-commerce gli operatori passano gran parte del loro tempo camminando, andando da un'ubicazione all'altra per prelevare o riporre la merce. Questo sistema, come visto in precedenza, è già stato automatizzato in alcuni magazzini; pensiamo ad esempio al sistema Kiva adottato da Amazon e presentato precedentemente nello studio dei sistemi AGV.

Riassumendo, questi sistemi robotici permettono la movimentazione automatizzata degli scaffali dove vengono prelevati o riposti i prodotti. Questo sistema riduce il tempo perso dagli operatori negli spostamenti e migliora la produttività. Nonostante i grandi vantaggi che il sistema può dare al settore e-commerce, l'implementazione di tale tecnologia comporta ingenti capitalizzazioni e richiede un ecosistema connesso e controllato da un SCM centralizzato.

Considerando i grandi investimenti, questa tecnologia richiede comunque un considerevole numero di persone per le operazioni di picking e stowing. Pertanto, nonostante il sistema sia quasi completamente automatizzato e riduca i tempi morti per gli spostamenti, il personale è ancora un aspetto fondamentale del processo e le sue funzioni si riducono a lavori ripetitivi, meccanici e di scarso valore aggiunto. Inoltre, questo tipo di lavoro oltre a risultare noioso, non è particolarmente ergonomico in quanto ripetitivo e con scarse variazioni.

Aziende specializzate in campo robotico considerano questo problema come un'opportunità per implementare bracci robotici in questo tipo di processi. Un esempio è l'azienda tedesca SSI Schafer, specializzata in soluzioni logistiche automatizzate o robotica a supporto delle operazioni.

Il sistema commercializzato si chiama Robo-Pick ed è un braccio robotico simile a quelli adoperati nel settore industriale, adattato con sensori e videocamere capaci di identificare gli oggetti e muoverli a seconda delle esigenze [35].

Questo tipo di robot può potenzialmente sostituire il lavoro degli operatori, con produttività più alte. La difficoltà sta nel raccogliere prodotti diversi, ma queste barriere poco a poco vengono superate grazie a sistemi sempre più raffinati e capaci di simulare la presa di un arto umano.



Righthandrobotics [36]

Il sistema robotico presentato dall'azienda RightHand Robotics è in grado di aumentare del 400% la produttività sulle operazioni di picking, portando il TPH fino a 1200 pezzi. Oltre alla possibilità di poter lavorare 24/7 senza pause.

I principali colossi dell'e-commerce supportano sia internamente all'azienda che all'esterno la ricerca e sviluppo a supporto di queste emergenti tecnologie. Sono svolte annualmente diverse competizioni dove privati o università possono sfidarsi presentando i loro prototipi. I team che vincono ricevono finanziamenti a supporto delle loro idee, questo sistema viene utilizzato da molte aziende per incentivare e velocizzare la ricerca e sviluppo.



Amazon picking challenge winner 2015 [37]

Robot mobili per picking e stowing

Questi sistemi se implementati su grandi superfici e magazzini che gestiscono grandi volumi hanno molto potenziale e rappresentano delle opportunità di miglioramento delle operazioni, ma per i magazzini più piccoli non sono economicamente sostenibili, pertanto si stanno studiando anche soluzioni robotiche mobili che svolgono le operazioni di picking e stowing su un inventario statico in autonomia; riducendo gli ingenti costi di tutta l'infrastruttura necessaria per l'opzione AGV combinati a robot [38].

Una soluzione più economica e di facile implementazione nei magazzini meno automatizzati sono i robot mobili. Quest'ultimi possono muoversi nel magazzino tra le scaffalature e prelevare o riporre i prodotti proprio come un operatore. Questa soluzione è molto semplice da immaginare in quanto simula il lavoro degli operatori, ma non è altrettanto semplice da sviluppare. Diverse startup stanno lavorando per portare sul mercato robot capaci di svolgere operazioni in magazzino senza necessariamente adottare un'infrastruttura completamente automatizzata [39].

I principali robot presenti sul mercato sono forniti di una base mobile, capace di spostarli rapidamente nel magazzino e di muoverli in tutte le direzioni, di sensori e camere per poter identificare gli oggetti, scanner per poter leggere le informazioni presenti sulle scaffalature o sui prodotti e bracci robotici con pinze per muovere i prodotti. Questi sistemi sono governati dal sistema di gestione del magazzino.

Alcune aziende forniscono soluzioni più flessibili capaci di velocizzare ulteriormente gli spostamenti all'interno del magazzino grazie all'utilizzo di due componenti distinti. Il primo svolge le operazioni di prelievo ed il secondo si occupa della movimentazione scaffale-workstation, per tanto il primo robot ottimizza i prelievi su specifiche aree del magazzino ed il secondo, che può essere assistito da diverse unità, movimentata la merce.



Image (AGV per il piking e lo stowing): [40]

Ci sono ancora alcune difficoltà tecniche e di costo da superare per poter distribuire questo tipo di tecnologia su larga scala, ma i vantaggi rispetto a sistemi statici sono molteplici. Prima di tutto il sistema è scalabile e non necessita di un ecosistema automatizzato sul quale operare.

Su magazzini di medie dimensioni questi robot possono supportare le operazioni e possono lavorare insieme agli operatori. Non sono necessari grandi investimenti strutturali, ma solo l'acquisto del robot. Inoltre, se il business aumenta e ci si vuole muovere su magazzini più grandi, questo tipo di sistema permette grande flessibilità, al contrario del sistema presentato nel paragrafo precedente che vincola la tecnologia all'intera struttura del magazzino e un suo spostamento oltre che complesso sarebbe molto oneroso.

Robot per il packing

Un'altra applicazione dei robot molto interessante per il settore e-commerce è il processo di packing. Il packing è anch'esso un lavoro meccanico e ripetitivo, le uniche variabili sono le dimensioni della box a seconda del prodotto. Questo tipo di informazione viene indicato agli operatori dal SCM che raccoglie e cataloga tutte le informazioni dei prodotti presenti ad inventario, tra cui le dimensioni ed il peso del prodotto.

Grazie a queste informazioni, il sistema è in grado di attribuire la scatola più adatta evitando sprechi di spazio sui truck a causa di scatole troppo grandi rispetto alle reali dimensioni del prodotto.

Il processo di packing si compone di tre fasi:

1. Identificazione della dimensione del box e chiusura di un lato della scatola
2. Inserimento del prodotto
3. Chiusura finale della scatola

La sfida principale per i sistemi robotici è proprio la “costruzione” della scatola. Anche su questo processo diverse aziende stanno lavorando per trovare soluzioni al problema e la robotica sembra rispondere bene alle esigenze.

Le tecnologie meno complesse presentano diversi bracci robotici, ognuno dei quali svolge una piccola operazione del processo di packaging fino ad arrivare alla chiusura della scatola. Al contrario, soluzioni più raffinate sono caratterizzate da due bracci robotici che lavorano mimando i movimenti degli operatori durante il packing. Anche in questo caso i sensori, le videocamere e l'AI sono tecnologie fondamentali a supporto dei bracci robotici.

Ad oggi questo è il processo dove la componente umana è parte integrante e dove sono assenti sistemi automatici di supporto. Gli unici sistemi utilizzati sono display dove vengono mostrate agli operatori indicazioni su che scatola usare e nastratrici automatiche, chiamate water tape, in grado di fornire il nastro adesivo dell'esatta lunghezza della scatola utilizzata.





Workstations utilizzate nell'e-commerce

Robot per il Last mile delivery

Oltre alle diverse operazioni svolte nei centri di distribuzione, i robot possono migliorare altri aspetti della supply chain degli e-commerce. Uno di questi è il last-mile delivery, ovvero la consegna al cliente.

Diverse start up stanno lavorando per automatizzare anche il processo di consegna, permettendo ai clienti di ricevere il proprio ordine non solo in uno specifico giorno come già accade, ma anche durante una specifica ora della giornata. Uno dei sistemi di consegna dove si sta investendo maggiormente è quello dei piccoli veicoli robotici a guida autonoma.

L'obiettivo di questo progetto è creare una flotta di mezzi autonomi capaci di calcolare le migliori traiettorie e percorsi per raggiungere il cliente in modo efficiente ed evitando i ritardi. Il settore dell'e-commerce, probabilmente grazie allo sviluppo vertiginoso del business, è spesso caratterizzato dalla frase "Think Big" e proprio questo è il motto alla base di progetti simili. Nella visione delle diverse aziende coinvolte nel progetto, ci si immagina un futuro caratterizzato da svariati veicoli autonomi capaci di distribuire sul territorio grandi volumi di merce, grazie ad un ecosistema connesso e governato da AI.

Questo sistema non solo andrebbe a migliorare la reattività sulla consegna, ma permetterebbe ai clienti una totale personalizzazione sulla consegna, decidendone ogni aspetto e di conseguenza, migliorandone l'esperienza.

Una delle aziende più interessanti, che basa il proprio business proprio su questa tecnologia, è la Starship, fondata da due dei co-fondatori di Skype nel 2014.

Nata come una start-up rivoluzionaria, grazie agli incredibili finanziamenti ricevuti è cresciuta rapidamente e nell'Aprile del 2021 ha raggiunto 1.5 milioni di consegne.

Probabilmente implementare una tecnologia di questo tipo in Europa sembrerebbe assurdo, sicuramente le tempistiche burocratiche per regolamentare tali servizi richiederebbe molto tempo, forse anni, ma negli US questa tecnologia è già presente ed è in forte crescita.

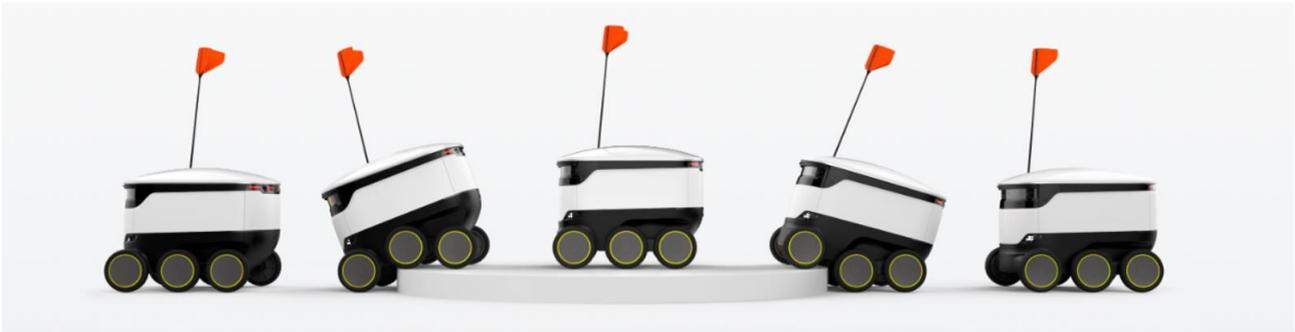


Image: Sistemi AGV per il last-mile delivery [41]

Naturalmente Starship non è l'unica azienda ad investire in questo progetto, anche grandi colossi come Amazon ci stanno scommettendo, infatti anche l'azienda di Seattle ha iniziato a fare le prime consegne con l'Amazon Scout.



Image Amazon AGV last-mile delivery [42]

La robotica permetterà di automatizzare totalmente la supply chain di tutte le industrie ed il commercio online ne incentiva lo sviluppo, ma per rendere scalabili tali tecnologie non bastano solamente i robot; le stesse città dovranno riadattare la loro organizzazione.

Nel prossimo capitolo saranno presentate le sfide del futuro nel settore logistico, per ora sono state presentate diverse soluzioni tecnologiche per rendere i processi più efficienti e precisi, ma è solo l'inizio di una rivoluzione che cambierà radicalmente le nostre abitudini.

L'intelligenza artificiale a supporto della Logistica

L'intelligenza artificiale è un argomento molto discusso e spesso poco chiaro; per questo motivo in questo capitolo si vuole presentare in sintesi i concetti di base dietro a questa tecnologia e quali sono i diversi approcci con la quale la ricerca sta sviluppando gli algoritmi dietro all'AI.

È importante chiarire i concetti base per comprenderne il potenziale e l'applicabilità in diversi settori, tra i quali anche quello logistico ed e-commerce. Grazie ai recenti sviluppi tecnologici l'AI può essere utilizzata in operazioni complesse e con molte variabili, questo avanzamento tecnologico ne permette l'ingresso nel settore del commercio online, con importanti benefici per il business.

Inoltre, alcuni termini tecnici come AI, machine learning, deep learning e network neurali sono spesso utilizzati come sinonimi senza precise differenze, portando a confusione e incomprensione dei concetti e funzioni dell'intelligenza artificiale [43].

L'intelligenza artificiale nasce come uno strumento di analisi di grandi quantitativi di dati, confrontandoli e paragonandoli. Il risultato o l'azione trasmessa ad una macchina vengono dati sulla base di opzioni decisionali note e definite. Su tale base, il sistema non vanta alcun grado di flessibilità o autonomia nel caso di input diversi o non noti rispetto a quelli attesi.

Negli ultimi anni, grazie al continuo progresso degli algoritmi alla base dell'AI, insieme ad una maggiore potenza computazionale da parte dei computer ed ai big data è ora possibile sviluppare sistemi più autonomi e capaci di coprire alcune delle competenze che prima erano uniche dell'uomo. Inoltre, a differenza dell'uomo, alcune operazioni possono essere seguite dal sistema AI senza alcuna necessità di pause e con molta precisione, riducendo al minimo gli errori.

I più moderni sistemi AI sono quindi in grado di imparare in autonomia nuovi processi ed adattarsi a nuove variabili, questo permette di applicare tale tecnologia al settore logistico e l'impatto sarà radicale su tutto il settore; una rivoluzione simile a quella vista con l'introduzione dei conveyor.

Naturalmente, è ancora poco chiaro l'aspetto sociale dovuto ad una sempre minore necessità di personale organico su operazioni di facile automatizzazione.

Concetti base dell'intelligenza artificiale

L'AI è la disciplina che si prefigge di risolvere problematiche tramite l'analisi di informazioni presenti su database, in modo autonomo e simile a quella che potrebbe essere la risposta di un uomo, al fine di automatizzare i processi in modo intelligente e flessibile.

I programmatori scrivono i programmi con istruzioni precise su come risolvere i problemi; al contrario nell'intelligenza artificiale vengono scritti degli algoritmi capaci di adattarsi al contesto sul quale si stanno analizzando i dati e fornire una risposta senza affidarsi a rigide regole imposte dal programma.

Questo tipo di sistema è in grado di riconoscere dei pattern e creare delle associazioni con la banca dati disponibile [44].

Pertanto, è chiaro che questa tecnologia dipende da un'elevata potenza di calcolo e da un big data, cosa che nel passato non era possibile avere.

Un sistema AI non lavora come la mente umana, i problemi da risolvere per creare un sistema "intelligente" sono innumerevoli e ancora oggi è impensabile la creazione di un sistema paragonabile alla nostra mente, ma durante la ricerca si è deciso di seguire cinque capacità per analizzare precise situazioni.

- Percezione
- Elaborare le conseguenze in base ad una risposta
- Capacità di auto apprendimento
- Risoluzione dei problemi
- Intelligenza linguistica

Sulla base di questi cinque capacità cognitive, l'intelligenza artificiale si è sviluppata rapidamente ed oggi fa già parte delle nostre vite. Pensiamo ad esempio agli assistenti vocali o alle videocamere a riconoscimento facciale [45].

1) Machine learning

Il machine learning è una tecnologia basata su algoritmi computazionali capaci di emulare l'intelligenza umana e di imparare dall'ambiente sul quale opera. In generale, tale tecnologia è in grado di correlare gli input raccolti con un preciso output. Grazie a questo sistema è possibile anche fare previsioni future basate sui trend identificati.

Gli algoritmi dell'IA possono utilizzare quattro strategie di apprendimento:

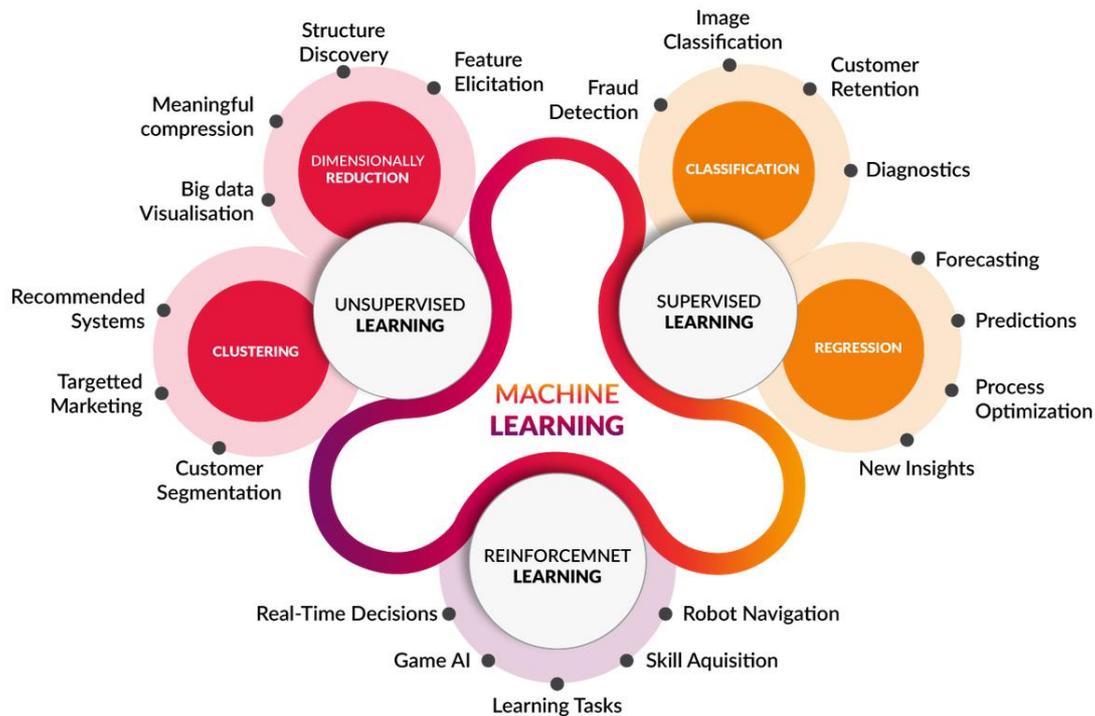


Image : [46] [47]

a) Supervised learning

Il supervised learning è la tipologia di machine learning più comune, usata da diversi anni. In questa metodologia vengono presentate diverse immagini all’algoritmo con l’output desiderato. Collezionando un quantitativo discreto di immagini ed output desiderati, l’algoritmo deve essere in grado di sviluppare una regola per generalizzare le varie casistiche e fornire l’output corretto qualora vengano presentate immagini non presenti nel data base, ma con soggetti uguali a quelli già analizzati dal computer. Per chiarire meglio la tecnologia e l’approccio utilizzato, consideriamo il caso in cui vogliamo che la nostra AI, tramite una videocamera, sia in grado di distinguere cani e gatti. Nella fase di training forniremo al computer diverse immagini di questi due animali, con le corrispettive didascalie inerenti all’output desiderato “Cane o Gatto”. L’algoritmo analizzerà le immagini ed unirà i dettagli caratteristici dei due animali per poterli riconoscere durante l’analisi di nuove immagini.

Questo tipo di tecnologia è già adoperata in alcuni magazzini e-commerce per il riconoscimento dell’etichetta e verifica che quest’ultima venga applicata correttamente dall’etichettatrice automatica.

b) Unsupervised Learning

Come suggerito dal nome, l'unsupervised learning corrisponde ad una metodologia di machine learning dove all'algoritmo non viene fornito alcun tipo di data training e dove il computer stesso dovrà analizzare le immagini per la prima volta, raggrupparle secondo caratteristiche simili e fornire output sulla base delle similitudini riscontrate nelle analisi precedenti.

In questo caso avremo un sistema autonomo ed in grado di apprendere dagli input presentati.

Questo approccio viene utilizzato in quanto i costi di un data base informativo come quello necessario al supervised learning sono maggiori e perché questo sistema è in grado di "clusterizzare" le informazioni e raccogliere informazioni utili dai dati analizzati.

c) Reinforcement Learning

Il reinforcement learning è una tecnica che utilizza un "agente" per imparare in un ambiente interattivo che trasmette feedback positivi o negativi, utilizzati come metodo di apprendimento basato sulle azioni svolte e le esperienze riscontrate.

Sia il supervised learning che il reinforcement learning creano delle correlazioni tra input ed output, ma nel caso del supervised learning gli output sono prestabiliti dall'agente e azionati secondo regole precise. Il reinforcement learning utilizza invece dei segnali positivi o negativi dati dall'ambiente esterno per educare il comportamento dell'AI.

Si notano alcune similitudini con il metodo unsupervised, ma gli obiettivi delle due metodologie sono diversi. Nel unsupervised learning l'obiettivo è quello di trovare similitudini tra le immagini analizzate e raggrupparle, nel reinforcement learning si vuole creare un modello capace di ottenere il più alto numero di feedback positivi e quindi l'output più idoneo all'input presentato dell'ambiente fisico.

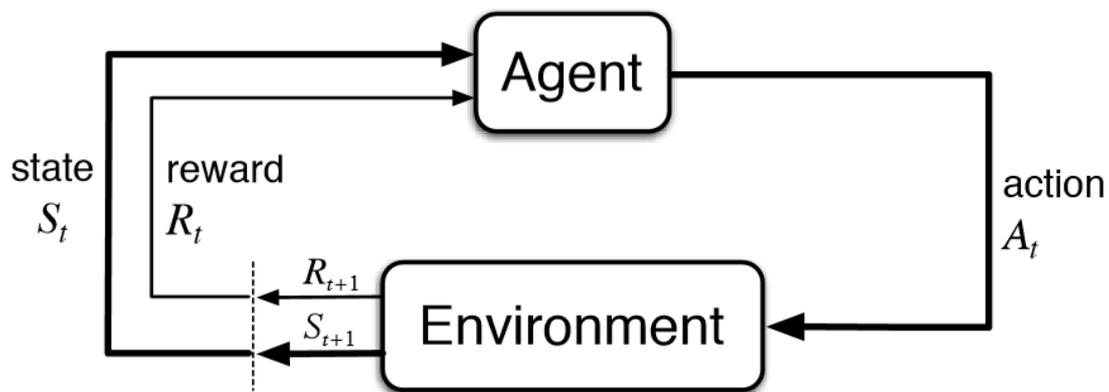


Immagine: L'interazione Agent-environment nel processo decisionale di Markov (MDP)

2) Deep learning

L'intelligenza artificiale si è sviluppata notevolmente negli ultimi anni grazie al deep learning, un approccio basato su una tecnologia di network neurali.

In questo caso, la parola "deep" indica i diversi livelli del network neurale alla base del sistema di riconoscimento delle informazioni. Oggigiorno, i sistemi più complessi contano centinaia di livelli neurali.

L'approccio di questa tecnologia è simile a quello della mente umana, dove i neuroni raccolgono alcuni frammenti di informazione e la trasmettono al neurone successivo per analisi dettagliate o confronti con altre informazioni fino ad avere un output logico.

Nel caso del deep learning, ogni livello neuronale ha lo scopo di contribuire alla formulazione dell'output corretto.

Nel deep learning, il network neuronale frammenta le informazioni in immagini parziali, ognuna delle quali viene processata da un livello del network, per esempio i bordi, gli angoli, la luminosità ecc.

Di seguito un'immagine riassuntiva del processo di analisi del deep learning.

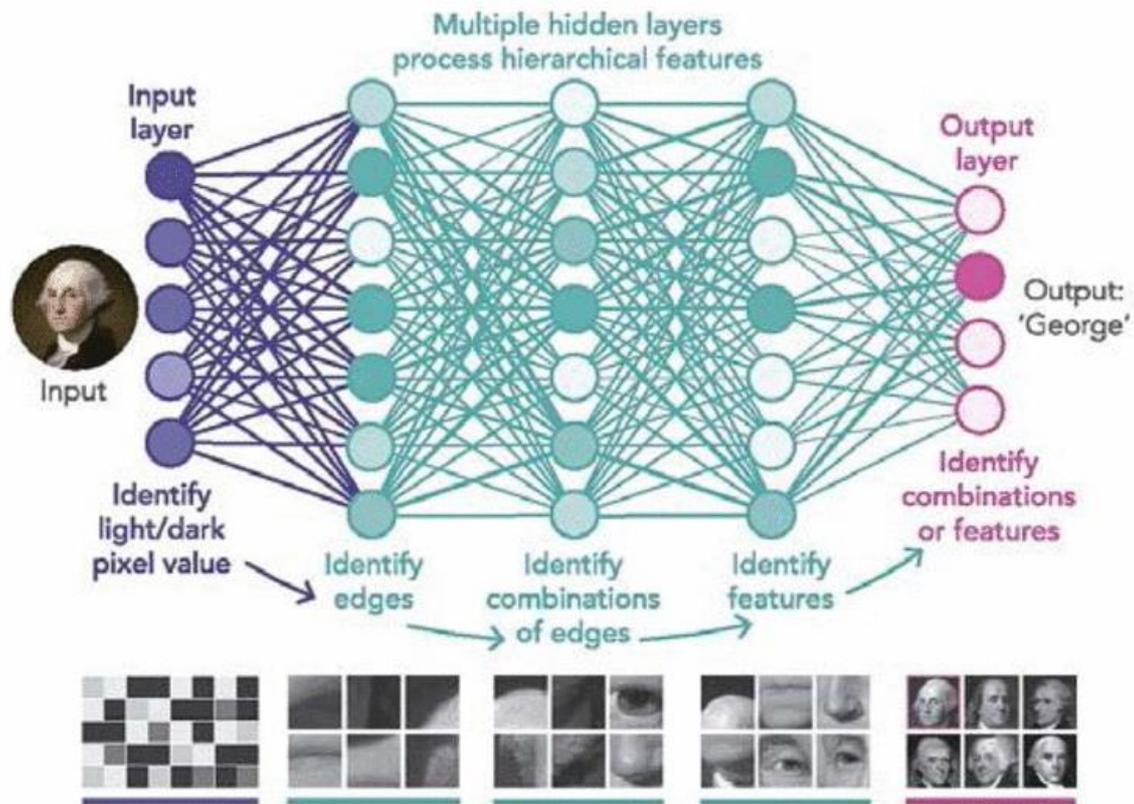


Image: [48]

Artificial Intelligence in Logistics

La sfida principale corrisponde alle alte aspettative dei clienti finali, la velocità di consegna è cruciale per avere un servizio competitivo e che permetta alle grandi aziende e-commerce di monetizzare un servizio “premium” come il same-day-delivery.

Un'altra grande sfida è quella della gestione dell'inventario, la sua distribuzione nel network di magazzini e mantenere in modo costante la disponibilità dei prodotti.

Oltre a queste due difficoltà operative, i clienti hanno la tendenza ad ordinare piccole quantità in modo frequente, raramente vengono fatti ordini consistenti, pertanto, consolidare quanto più possibile per ottimizzare i costi non è per nulla semplice.

Queste difficoltà operative hanno portato ad una riorganizzazione dei processi per renderli implementabili su larga scala.

Per rendere il sistema scalabile ed automatizzato è stato necessario integrare la gestione del WMS con sistemi IT connessi.

Questo tipo di sistemi integrati, in fase iniziale, ricevevano in gran parte input dagli operatori, pertanto il supporto umano sulle operazioni era ancora fondamentale.

Con la costante crescita del business la complessità delle operazioni è aumentata così tanto da forzare il settore a rivedere nuovamente i suoi processi e le tecnologie utilizzate [43].

Per questo motivo sono subentrati sistemi governati da AI, non solo in grado di adempiere a diverse mansioni ma anche di ottimizzare ulteriormente i processi. I sistemi AI permettono anche di elaborare grandi quantità di dati e di identificarne relazioni e prevedere in anticipo la domanda dei clienti, in modo da rendere il processo più reattivo ed agile.

Nei prossimi paragrafi saranno presentati alcuni dei settori logistici dove l'AI viene attualmente utilizzata. Gli esempi non saranno esaustivi, ma avranno lo scopo di sottolineare il potenziale che questa tecnologia può portare al settore Logistico.

a) Simulazioni

Nella pianificazione dei nuovi centri di distribuzione e-commerce, per la fase di progettazione dei sistemi e dei processi logistici vengono svolte delle simulazioni, che negli ultimi anni hanno svolto un ruolo cruciale.

Le simulazioni determinano i risultati ottimali di un sistema dinamico, con parametri ben precisi. Gli output di un sistema logistico sono quantificabili e quindi calcolabili, sulla base di parametri ben definiti, come ad esempio il TPH. Questo approccio matematico alla logistica ne permette una perfetta integrazione con dei modelli numerici, capaci di identificare le soluzioni migliori sulla base di output richiesti dal business, come produttività, tempi di movimentazione ecc.

Considerando la complessità dei processi logistici coinvolti in un magazzino e-commerce, risulta impossibile utilizzare un approccio manuale per l'identificazione di colli di bottiglia ed eventuali inefficienze da migliorare. Al contrario, grazie ad una simulazione che rispecchia in modo molto preciso le varie dinamiche legate ad uno specifico ambiente lavorativo, detto anche "Gemello digitale", è possibile elaborare i vari dati raccolti dal sistema di SCM attraverso degli algoritmi capaci di apprendere i vari meccanismi e riconsiderarne i processi per migliorare l'output generale.

La possibilità di utilizzare AI tramite dei modelli virtuali della realtà, permette di ottenere informazioni utili per migliorare i processi e questo è stato possibile grazie allo sviluppo di computer con potenza computazionale maggiore.

b) Ottimizzazione

L'obiettivo principale di un sistema di AI è senza dubbio quello di ottimizzare i processi. Abbiamo già affrontato il tema delle simulazioni come ambiente virtuale dove testare un AI per trarne dei risultati utili. Naturalmente quando si parla di ottimizzazione nel settore logistico, non si parla unicamente dei processi operativi o nello specifico "meccanici" che portano ad avere un certo tipo di throughput. Per ottimizzazione si intende anche la previsione della domanda e la reattività dei sistemi gestionali ad anticipare certi fenomeni.

Pensiamo ad esempio al sistema di ordering dei prodotti, un AI dopo aver analizzato enormi quantità di dati passati è in grado di identificare i flussi della domanda e prevederne eventuali picchi stagionali. Questa funzione porta in primis ad ottimizzare il sistema di ordering dei beni e successivamente ad una gestione migliore dell'inventario, prioritizzando i prodotti con rotazione maggiore e limitando spechi inutili di prodotti non stagionali.

c) Esempio Hitachi

Il gruppo Giapponese Hitachi ha sviluppato un sistema AI chiamato "H" con lo scopo di continuous improvement sui diversi processi industriali, prendendo spunto dall'approccio Kaizen del quale riporto un grafico di seguito.



Image: [49]

Il sistema sviluppato da Hitachi consiste nel monitorare in modo passivo il lavoro degli operatori, lasciandoli liberi di adottare soluzioni o approcci che secondo la loro esperienza può portare ad una migliore efficienza sul lavoro. Il sistema AI raccoglie tutte queste informazioni e qualora ci fossero delle azioni individuali che realmente

aumentano l'efficienza dei processi, l'AI ne analizza nel dettaglio i vari parametri e la trasmette come nuova istruzione a tutti gli operatori.

Il sistema AI è anche in grado di fornire indicazioni sul breve periodo nel caso di deterioramento delle produttività.

La caratteristica di "H" è che lavora in totale autonomia, senza nessun feedback dai supervisori e Hitachi afferma che il sistema ha migliorato in poco tempo la produttività dell'8% rispetto alla gestione precedente senza AI.

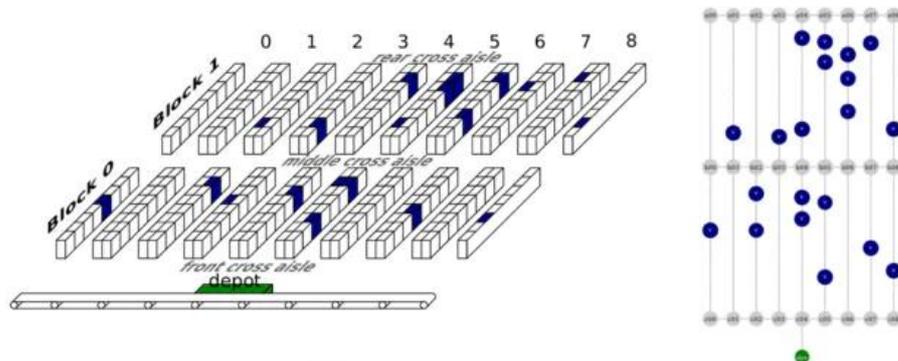
d) Ottimizzazione dei tragitti di picking – Zalando OCaPi

Uno dei principali problemi dei magazzini che non adottano sistemi AGV per velocizzare il picking è il calcolo dei percorsi più brevi per ottimizzare i prelievi e ridurre gli spostamenti degli operatori.

Zalando ha lavorato in modo attivo per risolvere questo problema tramite l'adozione di un network neurale capace di indicare i percorsi più brevi per i prelievi.

Di conseguenza l'algoritmo dell'AI permette di ridurre il lead time per gli spostamenti e di aumentare il TPH.

L'AI considerava la configurazione del magazzino con corsie trasversali e longitudinali al punto di consegna e calcolava il tragitto più breve. Naturalmente, il sistema non considera unicamente gli spostamenti dell'operatore, ma anche i prodotti assegnati per il prelievo in modo tale da evitare di assegnare pick list con prodotti particolarmente lontani l'uno dall'altro [50].



Nell'immagine vediamo in modo schematico il problema che l'AI deve risolvere. In blu sono segnati i prodotti da prelevare e l'obiettivo è quello di identificare il percorso più efficiente e la distribuzione migliore dei prelievi tra gli operatori.

A tal proposito Zalando ha sviluppato un algoritmo chiamato OCaPi (Optimal Cart Pick).

Vista la complessità del calcolo e i volumi gestiti da un colosso come Zalando su base oraria, l'algoritmo sviluppava dei tempi di reazione troppo lunghi. Pertanto, la base di dati raccolta dall'algoritmo è stata caricata su un network neurale capace di velocizzare il processo di calcolo e fornire in tempi brevi indicazioni sui prelievi e sui percorsi da seguire agli operatori.

Finite la fase di ramp-up del progetto, ad oggi questo sistema contribuisce all'efficienza del e-commerce con un incremento medio dei prelievi dell'11%.

e) AI e sistemi AGV

Nei magazzini più moderni, come spiegato nel paragrafo dedicato ai robot AGV, le operazioni sono svolte da diversi sistemi automatici governati da un'intelligenza artificiale. Nelle operazioni di picking spesso sono i robot a muovere il prodotto ordinato da un cliente all'operatore che ne preparerà il pacco. Questo comporta una produttività maggiore persino della soluzione di picking presentato nel caso Zalando. I tempi di prelievo si riducono drasticamente in quanto il sistema AI appena riceve un ordine indirizza il robot AGV più vicino all'area di lavorazione con il prodotto richiesto. Inoltre, il sistema raccoglie i dati sulla domanda dei clienti e sulla rotazione dei prodotti in inventario, pertanto l'AI in modo proattivo manterrà i robot con inventario più alto rotante a ridosso delle workstation.

se per esempio il magazzino utilizza un sistema Kiva dove l'intero rack viene movimentato dal robot, l'AI tenderà a creare pick task con più prodotti presenti in un unico rack, così da consolidare in modo efficiente più ordine e ridurre il traffico complessivo all'interno dell'area di movimentazione degli AGV.

Un altro approccio interessante è quello dei dispositivi di movimentazione autonomi: al contrario degli AGV, questi dispositivi non sono governati da un sistema centrale e grazie a sensori e laser scanner sono in grado di percepire l'ambiente esterno, muovendosi in autonomia.

Ognuno di questi robot presenta un AI in grado di risolvere eventuali problemi, come ad esempio l'incontro con un ostacolo. Questa tipologia di mezzi viene solitamente

utilizzata per la movimentazione di merce in bulk, solitamente pallettizzata. Pertanto vengono principalmente adoperati nei primi processi di inbound e per il carico dei mezzi in outbound.



Image: [51]

f) Predictive Analytics

Le tecnologie big data sono oramai diffuse in ambito logistico al fine di rendere le supply chain più efficienti. Grazie a questa tecnologia è stato possibile raccogliere grandi quantità di dati provenienti ad esempio dai sensori, in modo tale da avere una percezione accurata della realtà. Grazie ai dati raccolti, il big data è in grado di fornire previsioni su diversi scenari o processi, permettendo una pianificazione accurata delle operazioni.

Predictive analytics si basa sulla raccolta dati, successivamente applicata all'intelligenza artificiale. Il sistema consiste nell'identificare dei pattern o trend nel flusso di dati raccolti. Questo comporta calcoli statistici e metodi di ricerca operativi per comprendere il significato delle informazioni analizzate.

Questa tecnologia è molto utile in fase di programmazione e gestione delle risorse, ma è importante che i dati introdotti a sistema siano standardizzati in modo tale che il sistema sia in grado di identificare eventuali outliers che potrebbero influenzare l'accuratezza del risultato finale [52].

g) Manutenzione predittiva

Per garantire un'infrastruttura affidabile e capace di performare al meglio, l'intelligenza artificiale è anche usata per prevedere in anticipo dei guasti o calcolare il tempo utile di servizio che resta ad uno specifico macchinario.

Per una questione economica, si predilige svolgere manutenzioni cicliche piuttosto che aspettare eventuali guasti per poi sostituire un macchinario o pezzi di esso. Il sistema di manutenzione preventiva opera in tempo reale, analizzando diversi parametri inviati dall'hardware presente in magazzino. Il sistema evidenzia eventuali oscillazioni dai normali parametri di un macchinario e qualora venisse ritenuto opportuno intervenire, l'AI manda una notifica ai tecnici presenti in magazzino per svolgere una manutenzione. Questo tipo di approcci è quello più diffuso dei magazzini e-commerce in quanto previene il blocco dell'infrastruttura per periodi di tempo prolungato, con possibile rischio di backlog sul lavoro e consegna del prodotto ordinato dai clienti in ritardo.

Per un garantire il servizio del sistema di manutenzione preventiva, è importante fornirgli tutti i parametri di corretto funzionamento di ogni componente di uno specifico macchinario, monitorati da sensori. Questi parametri saranno monitorati in tempo reale e in caso di previsioni di guasto il sistema non solo segnalerà il problema al team di tecnici, ma anche le specifiche tecniche del futuro malfunzionamento.

Pertanto, grazie all'analisi costante dei dati forniti dai macchinari, l'AI è in grado di prevedere in modo proattivo eventuali guasti, dando un enorme vantaggio tecnico alle operazioni e diminuendo il rischio di blocco della linea.

Come l'AI cambierà i processi logistici

Come detto nei precedenti paragrafi, l'AI è già largamente diffusa nel settore logistico e trova diverse applicazioni nell'e-commerce. Pertanto è possibile affermare con certezza che nei prossimi anni questa tecnologia continuerà ad evolversi con un impatto enorme sulle supply chain ed i processi operativi.

Nello specifico la tecnologia AI avrà un impatto positivo sulle seguenti aree:

- **Produzione:** Grazie alla continua raccolta di dati, forecast sempre più precisi e migliore capacità computazionale, il sistema AI sarà in grado di fornire soluzioni più efficienti migliorando di conseguenza la produttività.
- **Comunicazione:** I sistemi automatici saranno collegati ad un unico sistema centrale in grado di comunicare rapidamente con gli operatori o con i sistemi stessi, migliorando la reattività delle operazioni.
- **Gestione del magazzino:** Nei prossimi anni l'automatizzazione dei magazzini sarà pressoché totale, rendendoli più flessibili a picchi di domanda improvvisi.
- **Personale:** Il personale, grazie all'AI, sarà gestito in modo più efficiente e di conseguenza saranno evitate soluzioni di poco valore aggiunto alla produttività complessiva del magazzino.
- **Robot:** Mansioni faticose o di poco valore aggiunto saranno automatizzate dai robot.
- **Gestione dell'inventario:** I forecast permetteranno di ottimizzare lo stock e di supportare al meglio la parte commerciale dell'azienda evitando rotture di stock o over stock.

Naturalmente, gli esempi di tecnologie presentati sono scalabili e economicamente sostenibili solo per i principali colossi dell'e-commerce. La soluzione più percorribile per la maggior parte delle aziende è quella di adottare un sistema centrale di gestione del magazzino, per poi aggiungere poco a poco automatismi alle operazioni, riducendo così l'impatto dell'investimento iniziale.

L'adozione di un sistema centrale con AI è anche molto utile in fase decisionale: la raccolta delle differenti metriche del magazzino può supportare la scelta del management e fornire una reportistica dettagliata, evidenziando eventuali metriche fuori dai target.

L'evoluzione dell'ultimo miglio e le sfide logistiche

La last-mile delivery è sempre più oggetto di attenzione per le aziende di e-commerce. Il costo complessivo della consegna dei prodotti equivale a 70 miliardi di euro, con Cina, Germania, US che rappresentano il 40% del mercato. Il mercato del last mile delivery, oltre a essere molto grande, è anche fortemente dinamico e soggetto a continua crescita, di pari passo con l'aumento dei volumi gestiti dagli e-commerce. Questo vuol dire che nei prossimi 10 anni nei mercati più sviluppati osserveremo una crescita esponenziale di questo business e di conseguenza sarà necessario adottare nuove soluzioni logistiche.

Inoltre, è proprio nel last-mile che incombono i costi maggiori per le aziende di e-commerce e allo stesso tempo questo ultimo step della supply chain rappresenta un servizio strategico e competitivo, in quanto i clienti sono sempre più esigenti sui tempi di consegna [53].

Le dimensioni del mercato e-commerce ed il business in forte crescita sono solo uno dei fattori di sviluppo in ambito logistico per affrontare le continue difficoltà operative dovute alla gestione di enormi quantità di beni. Come detto, il last-mile è un aspetto di forte competizione tra le aziende che partecipano nel settore del mercato online e lo sviluppo tecnologico garantisce lo sviluppo di nuovi approcci di consegna sull'ultimo miglio; come ad esempio i droni o i veicoli a guida autonoma.

Prima di andare ad analizzare quella che potenzialmente sarà la visione futura del last mile, bisogna tenere in considerazione i 3 fattori chiave che ne permetteranno lo sviluppo.

1. I clienti desiderano una consegna rapida senza costi aggiuntivi

Secondo lo studio fatto dalla McKinsey [Thinking inside the subscription box: New research on e-commerce consumers. February 9, 2018 | Article], più del 25% dei clienti e-commerce preferiscono pagare una tassa annua per l'iscrizione ad un servizio premium che permetta di avere il bene acquistato online in 24 ore o meno. Questa percentuale è destinata a crescere in quanto la clientela più giovane è maggiormente propensa a spendere per un servizio premium in quanto ha meno interesse a dover aspettare più tempo prima di ricevere il bene acquistato. In parallelo, il restante 70% degli utenti predilige l'opzione di consegna più economica, ovvero quella a casa; evitando così di dover pagare per ricevere il pacco presso punti di raccolta o lockers a pagamento. Secondo queste informazioni, il trend seguirà opzioni di

consegna rapide a pagamento con tutti i servizi accessori integrati in un unico pacchetto mensile o annuo.

Pertanto, la velocità di consegna ed un'infrastruttura logistica adatta a sopportare lead time di consegna minimi è l'unica opzione per restare competitivi sul mercato e-commerce.

2. Last mile automatizzata

Il modello utilizzato in futuro per la consegna al cliente finale per il B2C sarà principalmente automatizzato, soprattutto dove la densità dei clienti è maggiore. In futuro la consegna che attualmente viene svolta da un corriere sarà fatta da veicoli autonomi AGV o droni.

I corrieri continueranno a consegnare in zone con densità scarsa e gestiranno la parte B2B che comprende volumi maggiori da consegnare per un singolo cliente.

3. Quando avverrà il cambiamento?

La velocità con il quale il processo di last-mile delivery si automatizzerà dipende dalle regolamentazioni in essere nei principali mercati maggiormente sviluppati.

È logico pensare che questa rivoluzione arriverà per prima nei mercati più ricchi dove i servizi e-commerce sono usati dalla maggior parte della popolazione e dove il costo del personale organico è sufficientemente alto da giustificare un ritorno dell'investimento in sistemi automatici.

Probabilmente le prime revisioni delle normative avverranno nei prossimi cinque anni e successivamente si inizierà a sviluppare la tecnologia per permettere a veicoli autonomi di andare in consegna in sicurezza. Inoltre, l'opinione pubblica su questo tipo di tematiche sta cambiando rapidamente e tecnologie come gli AGV e i droni sono sempre più note e vicine agli utenti. In ogni caso e scenario, probabilmente è giusto pensare che la rivoluzione non arriverà prima di 10 anni, considerando le tempistiche legali ed infrastrutturali del caso.

Le aziende e-commerce stanno già iniziando a creare una struttura per supportare tale cambiamento e a sviluppare tecnologie capaci di consegnare i pacchi in autonomia.

1. Consegna rapida e costi di trasporto minimi

Le aziende più grandi che operano nel settore e-commerce identificano il last mile come servizio chiave nel momento decisionale di un cliente. Proprio le tempistiche di consegna possono influenzare la decisione di un cliente sul comprare online o in un negozio fisico. Queste informazioni sono continuamente analizzate dalle aziende e-commerce tramite diverse metriche, una di queste monitora il numero di clienti che visitano una specifica pagina prodotto e quanti effettivamente procedono con l'acquisto. Analizzando a fondo il dato si è constatato che la PPD, ovvero la "Promise delivery date" è uno degli aspetti sul quale i clienti sono particolarmente sensibili. Quindi, le aziende stanno impiegando risorse al fine di fornire un'esperienza cliente migliore, con tempi di consegna minimi.

Di seguito un questionario svolto da eMarketer sulle ragioni per il quale gli utenti prediligono un servizio e-commerce, nello specifico Amazon per questo esempio.

La velocità di consegna e i ridotti costi di spedizione sono i fattori più importanti per i clienti e a seguire la varietà dei prodotti forniti.

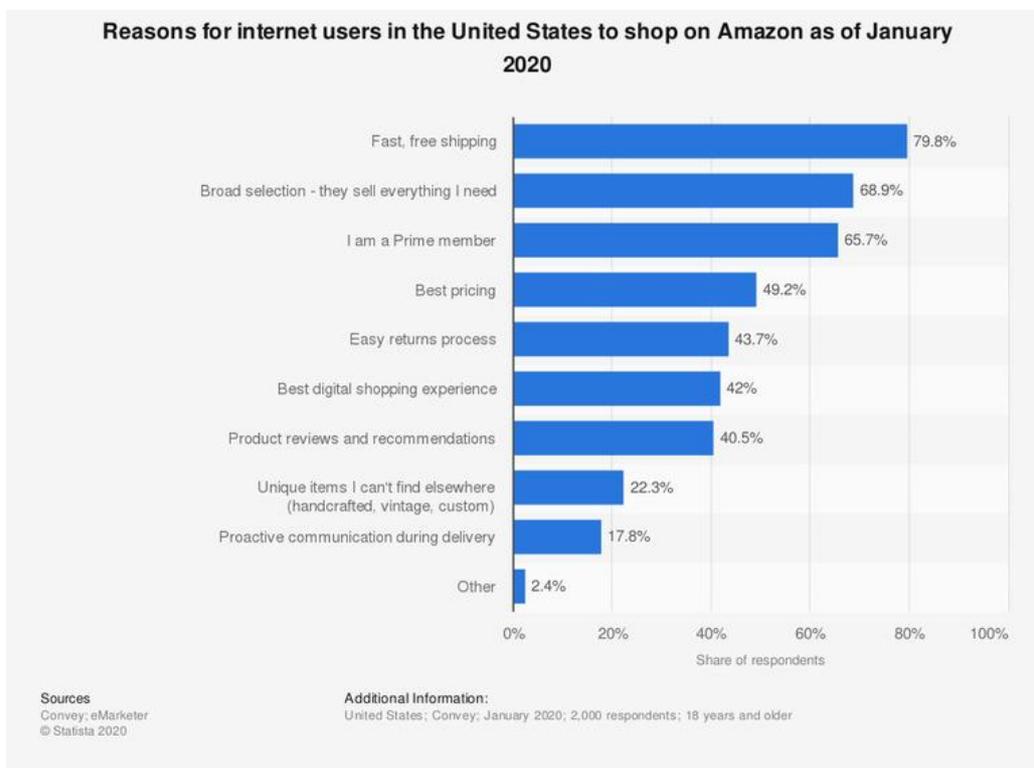


Image: 101 Delivery Statistics for 2020 [54]

Negli ultimi anni, le maggiori aziende del settore e-commerce hanno iniziato a fornire il servizio di consegna “same-day”, ovvero di andare in consegna il giorno stesso.

Questo perché una piccola fetta dei clienti sono disposti a pagare una tassa per avere il prodotto ordinato online nel giro di poche ore. Questa fetta del mercato corrisponde a una minima parte degli utenti e risulta che questi clienti non siano disposti a spendere cifre elevate per il servizio same-day. Quindi, se i clienti si trovano in zone rurali è molto probabile che sia l’azienda stessa a dover coprire costi onerosi di spedizione. Per questo motivo molti e-commerce preferiscono fornire un pacchetto premium con iscrizione annua dove l’utente paga una cifra fissa e accede a diversi servizi, tra cui la spedizione rapida.

Di seguito riporto un grafico prodotto dallo studio di McKinsey sulla scelta dei clienti dell’acquisto online in base al tipo di prodotto e alle tempistiche di consegna.

I beni alimentari e di consumo sono quelli più sensibili alle tempistiche di consegna, seguiti dai medicinali.

Share of respondents who did not purchase an item online due to long delivery times

Percent by category

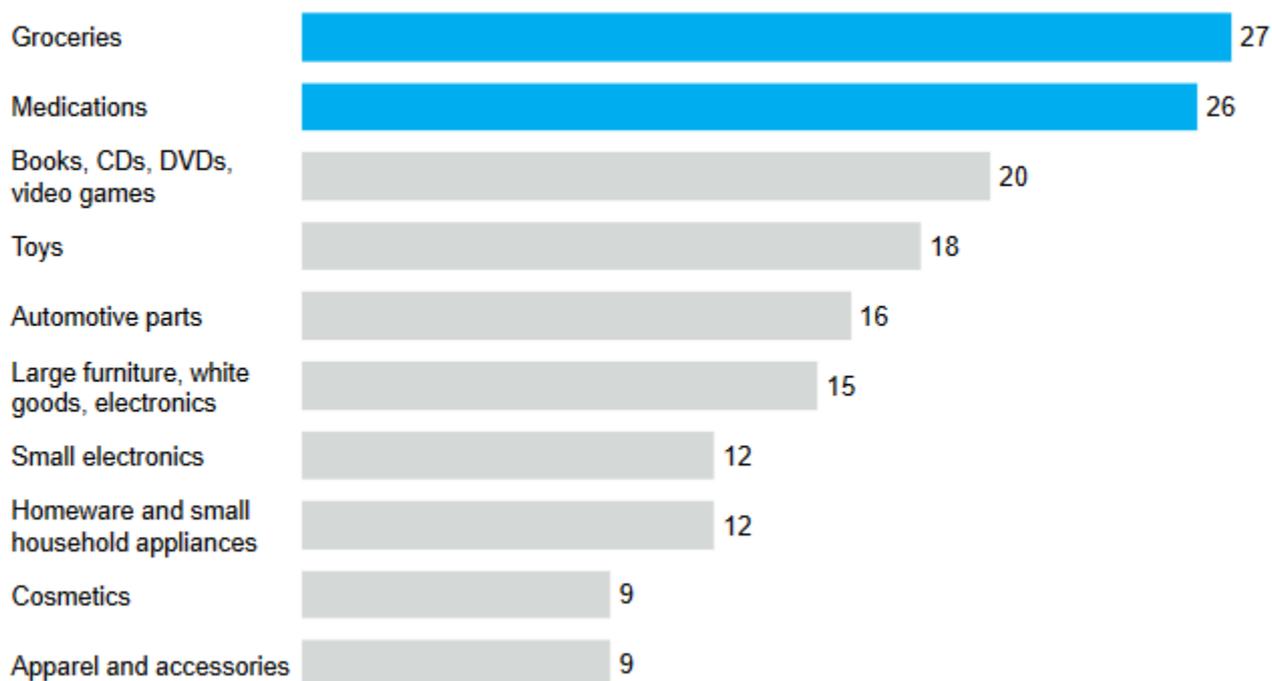


Image (Settori dove la velocità di consegna rappresenta un fattore decisionale in fase di acquisto online): [53]

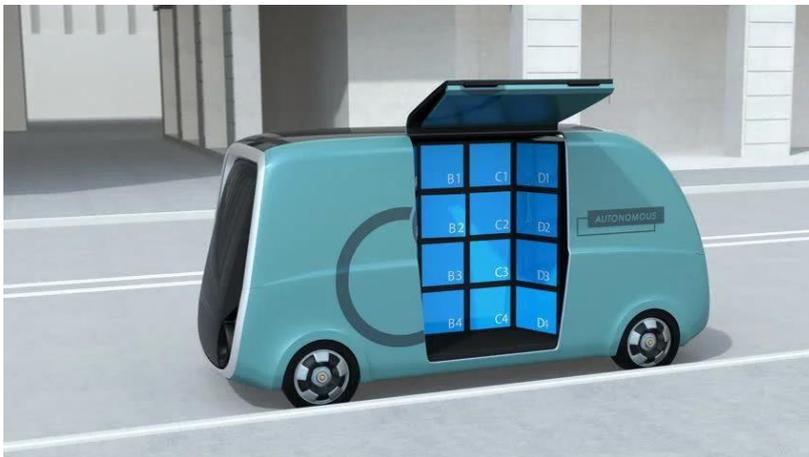
Soluzioni come i locker vengono utilizzate solo se gratuite e con possibilità di ritiro su qualsiasi fascia oraria e con tempo di attesa al ritiro di almeno 24 ore.

2. Modelli di consegna sull'ultimo miglio

Considerando la crescita del mercato nei prossimi anni, di seguito riporto alcuni dei modelli di consegna che potrebbero permetterne una gestione scalabile ed economicamente sostenibile.

a) Last mile con mezzi autonomi

I veicoli a guida autonoma sostituiranno, almeno nelle grandi città l'attuale consegna tramite corriere. Le motivazioni sono diverse, in primis la scalabilità del sistema e la possibilità di fornire un servizio migliore. Inoltre, da un punto di vista economico, come detto in precedenza, il costo di trasporto è particolarmente elevato durante il last mile e se consideriamo che un operatore costa più o meno 20 euro/ora, il risparmio è evidente tenendo



in mente che un sistema AGV può operare anche per più ore rispetto a quelle consentite dalle leggi che tutelano i lavoratori.

Image : [55]

Gli AGV dotati di sistema locker saranno il modello principale per il same day delivery in quanto permetteranno di avere un servizio continuo senza pause e nel caso ci siano delle difficoltà per il cliente sul ritiro del pacco, i mezzi potranno attendere in zone specifiche della città in attesa che i clienti possano andare a ritirare il loro pacco. Inoltre, sarà possibile operare a qualsiasi ora della giornata, comprese le domeniche dove in alcuni paesi è vietato lavorare o il costo orario degli impiegati è maggiore.

Naturalmente per accelerare la supply chain, sarà necessario ridurre al minimo il tempo che intercorre tra l'ordine del cliente e la partenza del mezzo per la consegna. I magazzini principali dovranno quindi essere localizzati vicino ai centri urbani e eventualmente pre-sortare per le aree urbane limitrofe, evitando così il massaggio di middle mile per lo smistamento dei pacchi.

Infine, sarà necessario assumere personale altamente formato per il controllo dei mezzi e intervenire in caso di guasti o malfunzionamenti ed una rete capace di gestire enormi quantità di dati e capace di elaborare informazioni sull'ambiente esterno per evitare rischi durante il movimento dei mezzi automatici.

b) Consegna con droni

La consegna con i droni è qualcosa che Amazon sta sperimentando già da qualche anno e probabilmente permetterà di avere il servizio con consegna il giorno stesso su un raggio più ampio rispetto alle zone urbane.

Infatti, se per le zone ad alta densità i sistemi AGV permetteranno efficienze non ancora raggiunte con il normale sistema di consegna, nelle zone rurali dove le distanze sono maggiori, i droni sembrano essere una possibile soluzione.

C'è da tenere a mente due fattori che potrebbero rappresentare un problema per la scalabilità di questa tecnologia. Oltre alle già citate legislazioni, i droni possono trasportare pacchi fino a 15kg, per cui c'è un limite di peso e di capacità in termini di numero di pacchi.



Image: [56]

Questo problema può significare che i tempi di consegna non vengano ridotti in modo significativo e che le restrictions sul peso possono impattare la qualità del servizio. In aggiunta, maggiore è il peso del pacco e maggiori saranno le dimensioni del drone; probabilmente nei prossimi anni la tecnologia migliorerà e i droni avranno maggiore potenza e dimensioni ridotte, ma resta comunque il problema dell'area di atterraggio. Per questioni di sicurezza i droni devono atterrare in zone di almeno 2m² ed è proprio per questo motivo che nelle zone rurali è più semplice avere la disponibilità di questo tipo di spazio rispetto ai centri urbani.

Per poter implementare questo sistema la tecnologia deve ancora maturare e le aziende e-commerce dovranno assumere un team IT dedicato al costante controllo dell'infrastruttura.

c) Consegna con la bicicletta

Un altro modello sarà quello della consegna in bicicletta. Sembra strano, ma la consegna in bicicletta è una delle soluzioni più efficienti di consegna, soprattutto nel last mile. Se consideriamo i centri urbani, soprattutto quelli più grandi, non vi è quasi differenza di velocità tra una bici ed un veicolo e con l'avvento delle biciclette a pedalata assistita, probabilmente questo valore migliorerà a favore delle bici. Anche il costo è inferiore e permette di trasportare diversi pacchi se la bici viene attrezzata con delle strutture per il carico dei pacchi. Questo sistema di consegna è diffuso nel point-to-point delivery, come si vede nel settore della consegna di alimenti a casa.

Uno dei problemi principali della consegna in bici sono i rischi che i fattorini corrono nel percorrere i tragitti in zone trafficate e dove non sono presenti corsie dedicate.

I grandi centri urbani stanno già lavorando per implementare la rete ciclabile e in futuro questo problema sarà minimizzato.

d) Consegna tradizionale con corriere

La consegna tradizionale con corriere resterà per la gestione di ordini di grandi dimensioni o per consegne dove la densità abitativa è maggiore. Pensiamo ad esempio a dei grandi complessi residenziali, in quel caso è molto più conveniente mandare un furgone con fattorino piuttosto che un veicolo automatico che dovrà attendere nello stesso luogo diversi clienti per la consegna. Inoltre, su alcuni prodotti le aziende e-commerce offrono dei servizi aggiuntivi per un'esperienza cliente migliore. Una di queste è il montaggio a casa di un elettrodomestico ed il ritiro di quello vecchio. In questi casi la soluzione migliore resta quella tradizionale. In aggiunta, sulla consegna di materiale di consumo, soprattutto le bevande, il fattorino è la soluzione preferita dai clienti.

e) Consegna tramite Crowdsourcing

Il Crowdsourcing è un network di persone che aderiscono al servizio di consegna come driver e qualora ci sia la possibilità di consegnare un ordine, possono svolgere il lavoro.

Questo sistema risulta poco appetibile ai lavoratori se il servizio viene dato ad un'unica piattaforma e-commerce. A livello legislativo diverse start-up stanno lavorando per poter permettere ai driver di poter svolgere consegna per diverse piattaforme in modo tale da poter gestire più ordini e di conseguenza guadagnare di più.

Questa soluzione è molto complessa da gestire; anche da un punto di vista informatico e ad oggi non è la soluzione sul quale le aziende investono maggiormente.

3. Fattori di cambiamento dell'ultimo miglio

Le tecnologie presentate per innovare il processo di last mile saranno implementate nei prossimi 10 anni nei paesi maggiormente sviluppati, ma le effettive tempistiche di implementazioni dipendono da tre fattori:

1. **Costo del lavoro:** nei paesi sviluppati il costo del lavoro è più alto, pertanto le aziende sono più propense ad investire negli automatismi.
2. **Regolamentazioni:** Attualmente la legge non permette la circolazione di veicoli automatici, per tanto nei prossimi anni i paesi dovranno lavorare per editare delle leggi che ne legittimino l'implementazione.
3. **Opinione pubblica:** I sistemi automatici non sono percepiti bene dalla popolazione. Spesso vengono associati alla principale causa di mancanza del lavoro, per tanto sarà necessario lavorare sulla popolazione per rendere questo tipo di innovazione accettata dall'opinione pubblica.

a) Il costo del lavoro determinerà il cambiamento

Come anticipato, nei paesi più sviluppati è dove ci si aspetta che avvenga per primo il cambiamento tecnologico sulle metodologie di consegna last mile. L'investimento per poter adottare tali tecnologie sulle aree metropolitane è notevole. Oltre ai mezzi AGV o droni, sarà necessario creare un'infrastruttura in grado di supportare enormi flussi di dati e capace di fornire informazioni in tempo reale. Un investimento tale può essere economicamente sostenibile per le aziende e-commerce solo se il costo del lavoro è abbastanza alto da rendere competitiva l'adozione di sistemi automatici. Fino a quando il costo del lavoro resterà su soglie di costo come quelle odierne, difficilmente si osserveranno dei cambiamenti e il modello di consegna resterà il medesimo.

b) Le regolamentazioni

Attualmente solo in alcuni paesi sono state approvate delle leggi per l'utilizzo di veicoli con sistemi di guida autonoma con conducente. Il settore automobilistico è il primo ad avere la necessità di nuove leggi per poter adottare tecnologie di supporto alla guida o sistemi di guida autonoma per migliorare l'esperienza di guida sui lunghi tragitti e per aumentare la sicurezza dei conducenti. Ad oggi però non c'è ancora nessuna legge a favore di mezzi AGV, ovvero veicoli totalmente autonomi senza conducente. Pertanto, questo è uno dei punti più critici allo sviluppo di nuovi sistemi di consegna e sarà necessario per le aziende che parteciperanno a questi business, fornire garanzie per la sicurezza ed il controllo dei mezzi in qualsiasi circostanza. La tecnologia, chiaramente, non è ancora sufficientemente matura per poter permettere a veicoli di circolare in totale autonomia, ma presto anche questo ostacolo sarà superato ed i governi dovranno lavorare per regolamentarne gli utilizzi. Le tempistiche burocratiche sono lunghe pur cui saranno proprio le leggi a dettare il ritmo di questa rivoluzione tecnologica sul last mile.

c) Opinione pubblica

Come ogni rivoluzione tecnologica, l'opinione pubblica gioca un ruolo fondamentale per lo sviluppo e le implementazioni delle tecnologie coinvolte nel processo di cambiamento.

Fortunatamente molte aziende, specialmente quelle del settore automobilistico, stanno investendo molte energie e capitali nello sviluppo di sistemi di guida autonoma, pertanto l'opinione pubblica è molto meno scettica e più familiare con la tecnologia.

Stesso discorso riguarda anche i droni, ma la differenza principale è che i sistemi AGV somigliano maggiormente alle auto. I droni sono una tecnologia totalmente diversa e sono mezzi che volano, pertanto di difficile controllo e regolamentazione. Inoltre, per l'opinione pubblica può sembrare una tecnologia più pericolosa, ma si presuppone che le prime applicazioni si vedranno in aree rurali con pochi edifici alti e grandi aree verdi.

Il futuro del last mile offre enormi opportunità e le soluzioni applicabili sono molte. Con la crescita dei volumi gestiti dagli e-commerce sarà necessario adottare nuovi modelli e di conseguenza anche le pubbliche amministrazioni avranno un ruolo fondamentale allo sviluppo del settore e-commerce.

Vision zero

La sostenibilità è diventato un aspetto cruciale in questi ultimi anni. L'impatto che ogni persona o azienda può avere sull'ambiente è una tematica sempre più importante e necessaria. Le aziende di ogni settore stanno lavorando per allinearsi a nuovi decreti per la tutela dell'ambiente e sempre più realtà aziendali riconoscono il loro impatto sull'ambiente e lavorano in modo proattivo per combattere il cambiamento climatico.

Il settore dell'e-commerce è uno dei principali ponti verso una completa digitalizzazione dei servizi, incentivando nuove tecnologie e sostenendo attività a favore di una maggiore sostenibilità.

Considerando le dimensioni del settore della vendita online, è chiaro che le principali aziende presenti in questo mercato giochino un ruolo strategico per incentivare tutte le realtà coinvolte nel business a rivedere i loro processi per evitare sprechi e ridurre l'impatto ambientale.

Nei prossimi paragrafi affronteremo alcune delle attività intraprese da alcune aziende per incentivare una maggiore sostenibilità e molto spesso anche piccoli cambiamenti possono portare a grandi risultati [57].

L'elettrificazione della Logistica

Il principale impatto ambientale del settore e-commerce è quello del CO₂ emesso dalla rete di trasporti, specialmente quella del last mile con la consegna porta a porta. Questo porta l'attenzione sul futuro della mobilità nei centri urbani e soprattutto gli studi urbanistici per agevolare lo sviluppo di nuove tipologie di trasporto e di movimentazione dei beni all'interno delle grandi città.

La digitalizzazione di tutti gli aspetti della supply chain degli e-commerce sta già portando grandi vantaggi in termini di sostenibilità. L'applicazione dell'intelligenza artificiale e permette l'ottimizzazione delle rotte di trasporti in tutte le fasi del processo e la gestione dello stock previene sprechi o movimentazione dell'inventario all'interno del network.

In parallelo, le pubbliche amministrazioni devono lavorare per favorire la digitalizzazione sui contesti urbani, permettendo un'integrazione sulla rete generale di trasporti, moderata da AI e favorendo l'applicazione di veicoli a guida autonoma.

La logistica sostenibile richiede processi più complessi, l'utilizzo di tecnologie avanzate per l'ottimizzazione della movimentazione dei beni e la connessione a 360° con l'ambiente sul quale va

ad operare, per questo gli e-commerce devono avere un approccio olistico per lo sviluppo di tecnologie capaci di ridurre l'impatto ambientale.

Pertanto, la logistica sostenibile ottimizza l'uso di diverse infrastrutture che possono essere pubbliche o private, come i trasporti o i canali commerciali.

Un esempio di questo approccio è IKEA, che sta implementando una rete di magazzini fisici di facile accesso ai clienti e in zone limitrofe alle grandi città.

Con l'obiettivo di elettrificare tutta la rete di trasporti IKEA si è prefissata i seguenti obiettivi [58]

- Per il 2025 Ikea vuole gestire tutte le consegne dei prodotti ordinati dai clienti con veicoli elettrici, bici con carrelli o addirittura usando le rotaie della rete di trasporti pubblici delle città o i fiumi nel caso ce ne fossero; portando così ad avere un last-mile a zero emissioni.
- Per il 2025 tutti i veicoli acquistati da IKEA dovranno essere elettrici, soprattutto quelli utilizzati all'interno dei stabilimenti produttivi e centri logistici.
- Per il 2030, vogliono ridurre le emissioni dei dipendenti e dei clienti del 50% sul tragitto casa – negozio IKEA

Lo stesso approccio viene seguito da altre grandi aziende del settore e-commerce. I principali fattori che rendono il passaggio dai veicoli a combustione ai veicoli elettrici è il costo e l'autonomia di quest'ultimi. Per rispondere a questa problematica e per velocizzare la consegna dei prodotti, rispondendo alle esigenze dei clienti, il network di magazzini che gestiscono il last mile è sempre più fitto, in modo da avere in gestione una specifica zona, così da evitare tragitti troppo lunghi.

Per quantificare in modo preciso l'impatto ambientale dovuto alla CO₂ emessa durante il trasporto dei pacchi, bisogna considerare:

- Il volume dei pacchi spediti
- Il numero di chilometri percorsi da ogni pacco
- Il tipo di trasporto usato
- La percentuale di sfruttamento della capacità dei truck o dei van
- L'opzione di consegna scelta dal cliente

I fattori da considerare sono diversi e sembrerebbe molto complesso calcolarne in modo preciso l'impatto ambientale, ma grazie alle tecnologie ormai radicate in tutti i processi della supply chain, è possibile analizzare questo tipo di metrica, raccogliendo tutte le informazioni dei pacchi spediti.

Questo tipo di analisi sono importantissime per identificare gli aspetti che maggiormente necessitano di essere efficientati e quantifica l'impatto ambientale su ogni zona, permettendo così di lavorare in modo puntuale per migliorare i processi.

Un aspetto sul quale si è lavorato molto e che porta a ottimi risultati è il "fill rate" dei truck e l'ottimizzazione degli spazi per ridurre le probabilità di viaggi con carichi non ottimizzati. Grazie a dei sistemi di controllo la rete di trasporti è stata ottimizzata, riducendone il traffico a parità di volumi [59].

Packaging



Image : [60]

Il packaging dei prodotti venduti online è un tema di particolare impatto ambientale.

I prodotti venduti e spediti attraverso i canali e-commerce sono soggetti a diverse movimentazioni manuali ed automatiche lungo tutta la supply chain.

Questi prodotti sono spesso soggetti ad urti, vibrazioni o pressioni sui lati; pertanto, per proteggerne l'integrità si applica un ulteriore packaging nei centri di distribuzione.

L'aggiunta di un ulteriore packaging, spesso contenente carta riempitiva per attutire gli urti, è fondamentale al fine di prevenire danni del prodotto con conseguente richiesta di reso. In caso di reso il pacco dovrà tornare al centro di distribuzione, pertanto saranno emesso altro CO2 durante la logistica inversa.

Inoltre, se un prodotto arriva danneggiato il cliente ha un'esperienza negativa con il servizio, danneggiando così la fiducia che ripone nell'e-commerce e che potenzialmente porterà l'individuo ad usufruire meno del servizio.

Detto ciò, è evidente che l'aggiunta di packaging su prodotti già inscatolati e venduti senza alcuna ulteriore protezione sulla vendita al dettaglio è uno spreco che va limitato.

Per questo motivo proprio gli e-commerce stanno incentivando i principali venditori dei marketplace a sviluppare un packaging adatto al commercio online, capace di arrivare al cliente in perfette condizioni anche senza un ulteriore scatola protettiva.

In Amazon, ad esempio, questo processo di revisione e certificazione del packaging per rimuovere ulteriori preparazioni con aggiunta di cartone, viene chiamato SIOC (Ship in Is Own Container).

Se un prodotto supera una serie di stress test svolti da agenzie specializzate, i prodotti potranno essere venduti e consegnati nella scatola fornita dal produttore, evitando così sprechi per ulteriori protezioni.

Qualora non fosse possibile evitare l'aggiunta di packaging su un prodotto, le piattaforme e-commerce più grandi utilizzano dei sistemi AI in grado di efficientare il processo e di minimizzarne gli sprechi con i seguenti strumenti:

- Il sistema di gestione del magazzino è in grado di indicare agli operatori quale box scegliere a seconda del prodotto e, naturalmente, delle sue dimensioni. L'ottimizzazione sulla dimensione delle scatole porta ad avere un migliore utilizzo dei truck ed un minor impiego di cartone.
- Analizzando i trend sulle lamentele dei clienti e tramite l'utilizzo di sistemi di machine learning è possibile quantificare lo spessore minimo delle scatole di cartone per evitare danni del prodotto. Questo permette di avere scatole con uno spessore ridotto, ma capaci di fornire la stessa protezione.
- Collaborare con i vari fornitori e venditori delle piattaforme online, al fine di ridurre il materiale inquinante utilizzato nel packaging e per adeguarlo alla supply chain degli e-commerce senza necessitare di "overboxing".

Resi

Il reso è sempre stato un'opzione dei negozi fisici e lo stesso vale per il modello e-commerce. I volumi gestiti dalle piattaforme e-commerce sono aumentati con il tempo, ed oggi le percentuali di resi, sebbene bassa comporta degli impatti ambientali dovuti alla logistica inversa e allo smaltimento dei prodotti danneggiati.

La tematica dei resi è molto difficile da affrontare, perché da un lato c'è l'aspetto economico per i costi di logistica inversa che le aziende vogliono evitare sviluppando sistemi e processi per ridurre al minimo le possibilità di reso, e dall'altro lato possiamo affermare che il fatto di rendere un prodotto se non soddisfa le aspettative fa parte dell'attitudine dei consumatori.

Per rispondere al primo grosso problema, ovvero all'ordine errato da parte dei clienti, le piattaforme e-commerce stanno lavorando su diversi processi per minimizzare tali errori. Tramite l'analisi di metriche è possibile dividere le lamentele dei clienti e le ragioni del reso, per esempio per danneggiamento del prodotto, malfunzionamento o prodotto errato. Questo aiuta ad intraprendere delle azioni correttive. Uno dei controlli è quello sulla pagina di descrizione del prodotto; team dedicati o sistemi di machine learning si assicurano che la descrizione del prodotto e le caratteristiche siano corrette e che le foto pubblicate si riferiscano al prodotto.

Altre aziende come Zalando stanno lavorando a sistemi di AI in grado di identificare e suggerire la taglia migliore di un prodotto a seconda dell'acquirente sulla base dei prodotti acquistati in precedenza e delle taglie scelte e non rese. Tali accorgimenti aiutano a diminuire le possibilità di reso. Le principali aziende e-commerce stanno adottando diversi sistemi per ridurre al minimo i resi; nonostante ciò, se un cliente non è soddisfatto dal prodotto, richiederà sicuramente il reso.

Un altro quesito importante sui resi è dove vanno a finire una volta riconsegnati al mittente. I prodotti resi a seconda delle condizioni con cui arrivano possono essere gestiti in modi diversi.

Qualora dovessero presentare dei danni, l'azienda procederà con il loro smaltimento; al contrario, se non sono presenti anomalie il prodotto può tornare alla vendita normale o essere classificato come prodotto usato.

Gestione dei prodotti usati

L'e-commerce è principalmente associato a beni nuovi, ma può basare il suo mercato anche sui prodotti utilizzati, ricondizionati o riparati. Questo comporterebbe minori sprechi ed un ventaglio di opzioni ancora maggiore per i clienti.

La produzione di nuovi beni ha un evidente impatto sull'ambiente ed è poco sostenibile, però l'opportunità di riutilizzare questi beni qualora un cliente non ne avesse bisogno o non sia soddisfatto del proprio acquisto contribuirebbe ad una migliore economia circolare.

Le aziende e-commerce giocano un ruolo fondamentale nella relazione tra le varie realtà produttrici di beni fisici ed i consumatori; lo stesso ruolo può essere coperto nel caso di merce di seconda mano e componentistica di ricambio. Grazie all'enorme visibilità che hanno le loro piattaforme, sarebbero in grado di offrire una vasta selezione di componentistica e beni di seconda mano che attrarrebbe molti clienti. Non dimentichiamo inoltre che le aziende e-commerce hanno dalla loro parte una certa fiducia in termini di qualità del servizio e questo porterebbe i consumatori ad acquistare prodotti usati con maggiore tranquillità.

Una delle principali difficoltà a sviluppare questo tipo di business, è la mancanza di normative EU chiare per definire gli standard qualitativi che un prodotto usato deve avere.

Lo stesso discorso vale sulle garanzie del prodotto venduto e sul tipo di tassazione applicabile per l'acquisto di un bene usato.

Nonostante queste diverse difficoltà, diverse realtà e-commerce stanno concentrando il loro business sull'economia circolare, incentivando la compravendita di prodotti usati ed una maggiore sostenibilità sul consumo di beni.

Sensibilizzare i consumatori

I consumatori sono i primi a dover cambiare l'attitudine al consumo e alle aspettative, soprattutto per quanto riguarda gli acquisti online, settore focalizzato sulla soddisfazione dei clienti e sulla loro esperienza d'acquisto.

Negli ultimi anni i clienti sono diventati sempre più sensibili alle tematiche ambientali e sono consapevoli dell'impatto ambientale coinvolto nel loro acquisto.

Le aziende e-commerce stanno adottando soluzioni operative sempre più sostenibili, a volte riducendo la qualità del servizio, ma tutte queste attività non hanno avuto un impatto negativo sull'opinione dei clienti.

Molte piattaforme e-commerce, indicano anche quando un prodotto è sostenibile, sottolineandone la presa di posizione su queste tematiche. Altre piattaforme invece, durante l'acquisto di un prodotto, richiedono ai clienti se vogliono affidarsi ad una soluzione logistica più sostenibile, spesso con tempi di consegna un po' più lunghi o con una tassa di spedizione.

Considerando le quantità di informazioni raccolte dagli e-commerce, in futuro sarà possibile avere più informazioni inerenti alla vita del prodotto acquistato, consigli per la manutenzione e suggerimenti per un potenziale riutilizzo.

L'AI infine, sarà in grado di indirizzare i consumatori sui prodotti più propensi alle loro esigenze, filtrando per diverse tipologie di necessità come ad esempio resistenza del prodotto o vita di utilizzo, diminuendo così gli sprechi e riducendo i resi causati dallo scontento sulle caratteristiche del bene acquistato online.

Conclusioni

Le moderne tecnologie sviluppate a supporto dell'industria 4.0 e quelle in fase di sviluppo hanno la capacità di trasformare il mondo, praticamente su quasi tutti gli aspetti della vita quotidiana, dai processi industriali alla forma di lavorare.

La logistica è parte fondamentale di questo cambiamento verso il futuro e nuovi strumenti e conoscenze sono necessarie per facilitare la transizione verso ambienti di lavoro tecnologicamente più avanzati.

Naturalmente la tecnologia non ha solo uno scopo tecnico come l'aumento dell'efficienza o della produttività, ma è in primis uno strumento competitivo e sostenibile per la logistica al fine di supportare il costante aumento di domanda.

Le tecnologie analizzate in questo documento hanno come obiettivo l'aumento della produttività e la riduzione dei costi, permettendo anche una maggiore tracciabilità delle informazioni utilizzabili in fase decisionale. L'adozione di queste tecnologie permette di avere un servizio scalabile e profittevole, creando valore aggiunto nelle regioni dove opera. In parallelo, però, è necessario che gli enti regolatori del lavoro e le politiche in generale siano coscienti di questi rapidi cambiamenti tecnologici e dovranno essere in grado di creare i giusti framework per agevolare lo sviluppo di questi strumenti innovativi che porteranno una maggiore competitività sul mercato e creeranno più posti di lavoro.

I benefici di questi nuovi modelli di business sono evidenti e lo sviluppo tecnologico che stiamo vivendo richiederà una revisione dei modelli di lavoro. I concetti di business passati dovranno adattarsi a quelli nuovi e la magnitudo di questi profondi cambiamenti richiederanno anche un cambiamento culturale nella gestione della logistica, specialmente nel rapporto tra enti privati e pubblici, dove sarà fondamentale avere la giusta cooperazione.

Bibliografia

- [1] S. Durcevic, "15 Supply Chain Metrics & KPIs You Need For A Successful Business," 2021. <https://www.datapine.com/blog/supply-chain-metrics-and-kpis/> (accessed May 15, 2021).
- [2] N. Ahmed, "50+ Most Critical Ecommerce KPIs and Metrics to Track in 2021," 2021. https://www.cloudways.com/blog/ecommerce-kpis/?__cf_chl_jschl_tk__=tU_B8SxpgV09MvRxje8pQ3vNjrSGYbRgblpJDL02PXA-1636387220-0-gaNycGzNCJE (accessed May 12, 2021).
- [3] M. Hayes, "67 Key Performance Indicators (KPIs) for Ecommerce," 2018. <https://www.shopify.com/blog/7365564-32-key-performance-indicators-kpis-for-ecommerce#d> (accessed May 19, 2021).
- [4] R. T. N. (Politecnico di M. Reddy, "Impact of E-commerce on Supply Chain Management: A Literature Research and Case Studies in India," Politecnico di Milano, 2012.
- [5] "The Powerful Impact of e-commerce on the logistics sector," 2019. <https://ithinklogistics.com/blog/impact-of-e-commerce-on-the-logistics-sector/> (accessed May 23, 2021).
- [6] M. Keenan, "Global Ecommerce Explained: Stats and Trends to Watch in 2021," 2021. <https://www.shopify.com/enterprise/global-ecommerce-statistics> (accessed May 29, 2021).
- [7] H. Lowe, "Warehouse Automation: Leveraging Automated Warehouse Systems," 2020. <https://www.selecthub.com/warehouse-management/building-automated-warehouse-system/> (accessed Jun. 07, 2021).
- [8] G. (Jönköping U. Mishev, "Analysis of the Automation and the Human Worker , Connection between the Levels of Automation and Different Automation Concepts," *Ind. Eng. Manag.*, vol. 1, no. 22, pp. 1–69, 2006.
- [9] S. SSI, "Modular Conveying Solutions for Any Load Carrier to Optimize Material Flow." 2021, [Online]. Available: ssi-schaefer.com.
- [10] Günther, "Conveyor technology, conveyor belt systems and conveyor belts for process equipment," 2021. <https://www.albg.eu/en/know-how/conveyor-belt-systems.html> (accessed Jun. 13, 2021).
- [11] SEMCOR, "How Do Conveyor Belts Work?," 2016. <https://www.semcors.net/blog/how-do-conveyor-belts-work/> (accessed Jun. 15, 2021).
- [12] Thomson, "E-commerce, Dual-Sided, Multi-Lane Narrow Belt Sorter," 2016. <https://www.ldslc.com/e-commerce-storage-and-picking-area-conveyor-and-sorter-ii/> (accessed Jun. 21, 2021).

- [13] M. Löffler, N. Boysen, and M. Schneider, "Picker Routing in AGV-Assisted Order Picking Systems," *INFORMS J. Comput.*, vol. 01, 2021, doi: 10.1287/ijoc.2021.1060.
- [14] E. MHE, "Introduction to sorting in retail and e-commerce," 2021. <https://equinoxmhe.com/blog/e-commerce/introduction-to-sorting-in-retail-and-ecommerce/> (accessed Aug. 03, 2021).
- [15] I. FACTORY, "Light Load Parts," 2021. <https://docs.factoryio.com/manual/parts/light-load/> (accessed Aug. 07, 2021).
- [16] Equinox, "Slide tray sorter LR." [Online]. Available: https://xproma.com/wp-content/uploads/brochures/equinox/slide_tray_sorter_lr.pdf.
- [17] M. Stinson and K.-H. Wehking, "Experimental analysis of manual order picking processes in a Learning Warehouse," *Logist. J.*, no. November 2005, pp. 1–10, 2016, doi: 10.2195/lj.
- [18] T. C. Services, "Making Way for Pick and Stow Robots." pp. 1–4, 2016, [Online]. Available: <https://www.tcs.com/content/dam/tcs/pdf/Industries/Retail-logistics/Abstract/Robots-Last-Mile-Delivery.pdf>.
- [19] R. Reif, W. A. Günthner, B. Schwerdtfeger, and G. Klinker, "Evaluation of an augmented reality supported picking system under practical conditions," *Comput. Graph. Forum*, vol. 29, no. 1, pp. 2–12, 2010, doi: 10.1111/j.1467-8659.2009.01538.x.
- [20] T. (JÖNKÖPING U. Thomas and J. Alex, "Investigating the Implementation of Augmented Reality in Logistics," no. June, 2020, [Online]. Available: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:hj:diva-49371>.
- [21] F. Roth and D. J. Popp, "Logistics 4.0." 2021, doi: 10.1007/978-3-030-81203-4_8.
- [22] J. Fitzgerald, A. Mussomeli, A. Daecher, and M. Chandramouli, "Using smart sensors to drive supply chain innovation." Deloitte, p. 12, 2018, [Online]. Available: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/process-and-operations/us-cons-smart-sensors.pdf>.
- [23] Robo Bussiness, "Warehouse Automation : Rise of Warehouse Robots A Cambrian explosion in autonomous mobile robots driven by eCommerce." p. 13, 2016, [Online]. Available: roboticsbusinessreview.com/wp-content/uploads/2019/10/RiseOfTheWarehouseRobots-LogisticsIQ.pdf.
- [24] THIJS HULSTMAN, "Implement Innovations in Operations here and now!" 2019, [Online]. Available: <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-implement-warehouse-innovations-here-and-now-thijs-hulstman.pdf>.
- [25] Richard van Welie, J. Abraham, R. Willemsen, and B. Nagelvoort, "Global B2C E-commerce Report 2015," *Ecommerce Foundation*. Ecommerce Foundation, 2015.

- [26] S. S. Rainer Strack, Jens Baier, Matthew Marchingo, “The Global Workforce Crisis: \$10 Trillion at Risk,” 2014. Rainer Strack, Jens Baier, Matthew Marchingo, and Shailesh Sharda (accessed Aug. 16, 2021).
- [27] D. M. Atwater and A. Jones, “Preparing for a Future Labor Shortage: How to stay ahead of the curve,” *Graziadio Bus. Rev.*, vol. 7, no. 2, pp. 1–9, 2004.
- [28] Harun Rauf, “Trends in China’s E-Commerce Market,” 2014. <https://www.china-briefing.com/news/trends-chinas-e-commerce-market/> (accessed Aug. 21, 2021).
- [29] Fru Kerick, “The Growth of Ecommerce,” 2019.
- [30] K. Bogatzki, J. Hinzmann, and M. Eslami, “Acceptance of Autonomous Delivery Vehicles for Last Mile Delivery in Germany,” 2020.
- [31] Julianne Pepitone, “Amazon buys army of robots,” 2012.
- [32] S. Castellanos, “Amazon now has 30,000 Mass.-made robots at its warehouses,” *Boston Business Journal*, 2015.
- [33] C. Shu, “Google Acquires Artificial Intelligence Startup DeepMind For More Than \$500M,” *Join TechCrunch+*, 2014.
- [34] Gawronski, “Telescopic conveyor belts.” <https://www.gawronski.de/products/conveyor-belts/telescopic-conveyors/> (accessed Aug. 24, 2021).
- [35] S. Schaefer, “Smart Robotics Solutions by SSI SCHAEFER.” <https://www.ssi-schaefer.com/en-us/products/order-picking/automated-order-picking/robotics-53898> (accessed Aug. 25, 2021).
- [36] R. Robotics, “RightPick™ Piece-Picking Solutions,” 2020. <https://www.righthandrobotics.com/products> (accessed Aug. 27, 2021).
- [37] R. T. Berlin, *Amazon Picking Challenge 2015 - Team RBO*. 2015.
- [38] S. Kumar *et al.*, “Design and Development of an automated Robotic Pick & Stow System for an e-Commerce Warehouse,” pp. 1–15, 2017, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1703.02340>.
- [39] M. Schwarz *et al.*, “Fast object learning and dual-arm coordination for cluttered stowing, picking, and packing,” *Proc. - IEEE Int. Conf. Robot. Autom.*, no. May, pp. 3347–3354, 2018, doi: 10.1109/ICRA.2018.8461195.
- [40] MAGAZINO, “TORU: A mobile robot that interacts with its environment.” <https://www.magazino.eu/products/toru/?lang=en> (accessed Jul. 13, 2021).
- [41] STARSHIP, “A revolution in local delivery.” 2021. <https://www.starship.xyz/company/> (accessed Jun. 27, 2021).
- [42] S. Scott, “Field testing a new delivery system with Amazon Scout.” 2019.

- <https://www.aboutamazon.com/news/transportation/meet-scout> (accessed May 18, 2021).
- [43] S. S. I. Schaefer, “ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN LOGISTICS.” 2018, [Online]. Available: <https://www.ssi-schaefer.com/resource/blob/566408/06d87a3eff1abfbd7af3875404b724a/white-paper-artificial-intelligence-in-logistics--dam-download-en-16558--data.pdf>.
- [44] A. Edlich, G. Phalin, R. Jogani, and S. Kaniyar, “Driving impact at scale from automation and AI,” *McKinsey Global Institute*, no. February. p. 100, 2019, [Online]. Available: https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Business Functions/McKinsey Digital/Our Insights/Driving impact at scale from automation and AI/Driving-impact-at-scale-from-automation-and-AI.ashx.
- [45] D. A. P. Pandian, “Artificial Intelligence Application in Smart Warehousing Environment for Automated Logistics,” *J. Artif. Intell. Capsul. Networks*, vol. 2019, no. 2, pp. 63–72, 2019, doi: 10.36548/jaicn.2019.2.002.
- [46] COGNUB, “COGNITIVE COMPUTING AND MACHINE LEARNING.” <https://www.cognub.com/index.php/cognitive-platform/> (accessed Jul. 14, 2021).
- [47] K. Krzyk, “Coding Deep Learning For Beginners,” 2018. <https://towardsdatascience.com/coding-deep-learning-for-beginners-types-of-machine-learning-b9e651e1ed9d> (accessed Jul. 23, 2021).
- [48] D. M. G. ARVANITIDOU and S. PROKESCH, “DEEP LEARNING IN MULTIMEDIA,” *FKT*, 2020, [Online]. Available: <https://www.fkt-online.de/archiv/artikel/2020/fkt-5-2020/27807-deep-learning-in-multimedia/>.
- [49] K. Winship, “Why you need Kaizen for your business,” 2018. <https://www.acsacs.co.uk/blog-page/?id=133&title=Why-you-need-Kaizen-for-your-business> (accessed Jun. 29, 2021).
- [50] C. Seward, “Accelerating Warehouse Operations with Neural Networks,” 2015. <https://engineering.zalando.com/posts/2015/12/accelerating-warehouse-operations-with-neural-networks.html> (accessed Jun. 16, 2021).
- [51] S. Schaefer, “AUTOMATED GUIDED VEHICLES (AGV) IN INTRALOGISTICS.” <https://www.ssi-schaefer.com/en-us/products/conveying-transport/automated-guided-vehicles/automated-guided-vehicles-agv-in-intralogistics-53102> (accessed Jun. 25, 2021).
- [52] C. Halton, “Predictive Analytics,” Jun. 2021.
- [53] M. Joerss, J. Schröder, F. Neuhaus, C. Klink, and F. Mann, “Parcel delivery: The future of last mile,” *McKinsey & Company*, no. September. p. 32, 2016, [Online]. Available: https://www.mckinsey.com/~/_/media/mckinsey/industries/travel transport and logistics/our

insights/how customer demands are reshaping last mile
delivery/parcel_delivery_the_future_of_last_mile.ashx.

- [54] Elogii, “101 Delivery Statistics for 2020,” 2020, [Online]. Available: <https://elogii.com/blog/delivery-statistics-2020/>.
- [55] Chesky, *El concepto de la última milla. Animación de representación 3D.* .
- [56] Ihatr, “Drone Kargo.” 2019, [Online]. Available: <https://www.ihatr.com/blog/icerik/drone-kargo>.
- [57] Ecommerce Europe, “Collaborative Report on Sustainability and e-Commerce,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ecommerce-europe.eu/wp-content/uploads/2020/09/Collaborative-Report-on-Sustainability-and-e-Commerce.pdf>.
- [58] D. Schöder, F. Ding, and J. K. Campos, “The Impact of E-Commerce Development on Urban Logistics Sustainability,” *Open J. Soc. Sci.*, vol. 04, no. 03, pp. 1–6, 2016, doi: 10.4236/jss.2016.43001.
- [59] A. Berglund and M. Svanteson, “Sustainable E-commerce: How to integrate the dimensions of sustainability within the e-commerce sector,” Högskolan I Gävle, 2018.
- [60] Linnworks, “A Complete Guide To eCommerce Packaging.” [Online]. Available: <https://www.linnworks.com/blog/ecommerce-packaging>.