Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Meccanica

Tesi di Laurea Magistrale

Rivoluzione 4.0 ed effetti sulla logistica e sui sistemi di trasporto industriali

Relatore:

Prof. Maurizio Schenone

Candidato:

Vaccaro Davide

Anno 2019/2020

Sommario

1 L'Industria 4.0 5

1.1 Introduzione 5

1.2 Definizione 8

1.3 Le quattro Rivoluzioni Industriali 9

1.4 I pilastri dell'Industry 4.0 11

1.4.1 The Industrial Internet of Things (IoT) 11

1.4.2 Intelligenza artificiale e M2M 15

1.4.3 Realtà aumentata 17

1.4.4 Robotica collaborativa 18

1.4.5 Advance Human-Machine Interface 19

1.4.6 Cloud computing 20

1.4.7 Big data e analytics 22

1.4.8 Cyber security 24

1.4.9 Additive manufacturing 25

2 La logistica nell'Industria 4.0 28

2.1 Logistica 4.0 28

2.2 Digitalizzazione 29

2.3 Ecosistema logistico 32

2.4 La Logistica in Italia 33

2.5 Tecnologie logistiche 34

2.5.1 Veicoli autonomi 35

2.5.2 L'Internet Of Services (IOS) 36

2.5.3 Smart Factory 37

2.5.4 Just-in-Time (JIT) 37

2.5.5 Just-in-Sequence (JIS) 38

2.5.6 Kanban 39

2.5.7 Transportation management systems (TMS) 42

2.5.8 Intelligent Transportation System (ITS) 43

2.5.9 Information and Communication Technologies (ICT) 43

2.6 Sistemi automatici impiegati in magazzino 44

2.6.1 Automated storage and retrieval systems (AS/RS) 44

2.6.2 Sistemi a carosello (carousels) 47

2.6.3 Convogliatori (Conveyors) 48

2.7 Operazioni di magazzino 49
2.7.1 Ricezione e spedizione 49
2.7.2 Storage 51
2.7.3 Zoning 52
2.8 Assegnazione del deposito 53
2.9 Order picking 55
2.9.1 Batching 55
2.9.2 Sequencing e routing per sistemi convenzionali multicorsia 56
2.9.3 Sequencing e routing per unità di carico di AS/RS 57
2.9.4 Sequencing e routing per sistemi a carosello 57
2.9.5 Sorting 58
2.10 Autonomous guided vehicles (AGVs) 58
3 I veicoli a guida autonoma 63
3.1 Automazione nell'e-commerce 63
3.2 Kiva Systems 63
3.2.1 Kiva Material Handling System (MHS) 64
3.2.2 Allocazione delle risorse 65
3.2.3 Assegnazione delle risorse 66
3.2.4 Pianificazione del percorso 66
3.2.5 Benefici 66
3.2.6 Implementazioni 68
3.3 Amazon 69
3.3.1 Il robot Kiva 70
3.3.2 Il magazzino di Amazon 72
3.4 Alibaba group 73
3.4.1 G Plus 74
3.5 Exotec Solutions 75
3.5.1 Sistema Skypod 76
3.6 Locus Robotics 77
3.7 Magazino 79
3.7.1 Toru 79
3.8 IAM Robotics 80
4 Il caso Cubo Design S.r.l. 82
4.1 Il contesto aziendale 82
4.2 L'idea del nuovo stabilimento 85
4.2.1 Reparto di lavorazione pannelli 87

4.2.2 Reparto di Lavorazione-Montaggio-Imballaggio ... 89
4.2.3 Reparto di Verniciatura ... 91
4.2.4 Reparto di Magazzino-Spedizione ... 93
4.3 Implementazione delle tecnologie 4.0 ... 95
5 Il caso FlorGuarino ... 99
5.1 Analisi del contesto aziendale ... 99
5.2 Il progetto innovativo ... 101
5.2.1 Impianto di irrigazione ad immersione (flusso e riflusso) ... 103
5.2.2 Impianto di pavimentazione riscaldata ... 105
5.2.3 Serra Combilux ... 106
5.3 Le tecnologie 4.0 ... 108
6 Conclusioni ... 111
Bibliografia ... 114
Sitografia ... 117

1 L'Industria 4.0

1.1 Introduzione

L'obiettivo della seguente tesi è quello di analizzare il fenomeno noto come "Industry 4.0" cercando non solo di coglierne le novità che lo caratterizzano, ma anche studiare i nuovi scenari aziendali che prendono vita grazie al fenomeno di rivoluzione informatica e robotica in corso, focalizzando la nostra attenzione sulla descrizione dei veicoli a guida autonoma, impiegati per il trasporto dei materiali nei magazzini, mettendo in luce le differenze rispetto alle soluzioni precedentemente adottate nelle aziende ed evidenziando i vantaggi e le opportunità apportate al settore logistico.

L'Industry 4.0, definita da molti come la quarta rivoluzione industriale, è quella trasformazione digitale che nasce durante gli anni '80 ma che, sviluppandosi in modo esponenziale negli ultimi 10 anni, sta rivoluzionando il modo di vivere dell'uomo.

Essa non si manifesta semplicemente come un cambiamento nel modo di produrre o nelle risorse che vengono usate, ma è una vera e propria rivoluzione culturale che impone un cambiamento sul modo in cui le persone interagiscono con la tecnologia. Le persone infatti non vengono più in contatto con la tecnologia solamente in punti comuni della loro vita, come ad esempio scrivanie o uffici, ma adesso essa diventa partecipe della loro vita di tutti i giorni.

Come descrive Mark Weiser[1] all'interno del suo articolo fondamentale: "Le tecnologie più profonde sono quelle che si intrecciano nel tessuto della vita quotidiana fino a quando non ne sono più distinguibili"*(Weiser, 1991).* Grazie all'incorporamento fisico dell'Intelligent Tecnology, detto IT, gli oggetti di tutti i giorni che troviamo nell'ambiente di tutti i giorni diventano "intelligenti", cioè in grado di comunicare ed elaborare informazioni.

Secondo la visione di Weiser i computer, come li conosciamo attualmente, "scompariranno" o, più precisamente, si sposteranno in secondo piano, mentre gli oggetti quotidiani e l'ambiente in cui viviamo normalmente assumono i compiti e acquistano le capacità dei computer *(Weiser e Brown, 1996).*

Come si può immaginare il panorama industriale si trova di fronte ad una nuova rivoluzione digitale che influenza sia il modo di fare business, l'organizzazione dell'azienda, i processi produttivi e gestionali ma anche i ruoli e le responsabilità delle persone che costituiscono l'organizzazione, insomma, tutto ciò che costituisce l'ambiente industriale.

[1] Mark D. Weiser (23/08/1952 – 27/04/1999) è stato un visionario e scienziato informatico ed è considerato uno dei pionieri dell'informatica odierna.

La digitalizzazione che stanno vivendo le aziende, di conseguenza, è qualcosa che non può essere ignorata, ma rappresenta un'importante opportunità per un miglioramento dell'economia mondiale e per l'intera società, in quanto la tecnologia che ha arricchito la nostra vita cambierà entro poco tempo il nostro modo di vivere e relazionarci.

Il seguente elaborato si compone di tre capitoli:

Nel **primo capitolo** si analizza l'Industry 4.0 cercando di trovare una corretta definizione e specificando quali sono i pilastri su cui si basa, ovvero quelle che vengono definite "tecnologie abilitanti". La trattazione di queste tecnologie inizia con l'Internet of Things, ovvero la connessione delle cose, e prosegue con l'intelligenza artificiale e la robotica, i dispositivi di realtà aumentata e il loro utilizzo nell'ambito della simulazione, tramite i quali le aziende raccolgono una quantità elevata di dati indispensabili a queste per il loro lavoro. L'insieme di questi dati va a costituire i così detti Big Data i quali vengono analizzati tramite speciali algoritmi ricavandone le informazioni di valore e poi condivisi e archiviati per mezzo del sistema di cloud computing. Assolutamente indispensabili nel contesto odierno è anche la protezione di questi dati, infatti essi devono essere controllati e protetti tramite le soluzioni suggerite dalla cybersecurity. Come ultime tecnologie abilitanti andremo ad analizzare la novità assoluta dell'additive manufacturing, che ha stravolto il modo di produrre, e infine vedremo la robotica collaborativa e l'Advance Human-Machine interface.

Tutte le tecnologie sopra elencate costituiscono la base di ciò che viene chiamato cyber-physical system, cioè un sistema totalmente interconnesso e integrato che costituisce la massima manifestazione di integrazione 4.0 nell'ambito aziendale.

Lo sviluppo delle tecnologie, infatti, ha favorito l'automatizzazione dei processi, la digitalizzazione e la connessione dei vari reparti aziendali, permettendo di avere una fabbrica più flessibile ed efficiente.

I vantaggi non sono di certo trascurabili, si incrementa infatti la produttività e l'efficienza del lavoro, si riducono i costi di produzione, si integrano processi produttivi precedentemente realizzati da produttori terzi, si migliorano le condizioni di lavoro, si riducono i costi di logistica, si ha una maggior facilità di raccolta di un elevato numero di dati sulla produzione e sui prodotti, e infine si evolve da una produzione così detta "standard" a una produzione customizzata di tipo "just in time".

Nel **secondo capitolo** invece ci focalizzeremo sulle novità del magazzino automatico, differenziandolo da quello tradizionale, introducendo in particolare i componenti principali di un tipico centro di distribuzione automatizzato come i sistemi automatici di stoccaggio e recupero, nastri trasportatori e scaffali di stoccaggio.

In seguito andremo ad analizzare due “history case” di aziende italiane che hanno impiegato le tecnologie tipiche dell'Internet delle cose e sistemi di movimentazione automatica per migliorare le logiche di magazzino.

Daremo poi una descrizione del layout e dei benefici dei mezzi di trasporto che fanno parte della categoria dei sistemi di deposito/recupero come ad esempio sistemi a carosello, trasloelevatori, convogliatori e robot.

A questo segue una sezione dedicata alla fase preliminare di simulazione eseguita per il progetto di un magazzino. Andremo infatti a vedere nel dettaglio i diversi modelli analitici e gli algoritmi proposti negli anni da diversi ricercatori, con l'obiettivo di calcolare i tempi di ciclo dei macchinari, e individuare le aree ottimali di stoccaggio.

Si procede poi andando a descrivere le attività tipiche di un magazzino come la ricezione, l’immagazzinamento chiamato storage, e infine il prelievo degli ordini e la spedizione. Per quanto riguarda *l'order picking*, sarà posta attenzione sui modelli utilizzati per la simulazione al fine di ridurre i tempi di prelievo e attraversamento dei lotti.

Per concludere il secondo capitolo andremo ad introdurre i veicoli a guida autonoma, classificandoli in base alle diverse tipologie di piste percorse in magazzino.

Nel **terzo capitolo** andremo invece ad analizzare le nuove tecnologie di veicoli autonomi applicati negli e-commerce. Andremo inizialmente a porre la nostra attenzione su Kiva system, una società americana che progetta e produce robot per il trasporto di scaffali contenenti merci.

Dopo aver descritto i sistemi di movimentazione, ci focalizzeremo sulle operazioni di assegnazione e allocazione delle risorse e descriveremo inoltre il processo di pianificazione del percorso che il robot deve seguire quando attraversa il magazzino.

Oltre ad illustrare i benefici del sistema Kiva, saranno poi esaminati diversi casi specifici di sistemi automatici, impiegati da aziende come Amazon, Alibaba e diverse start-up che stanno emergendo nell'era dell'e-commerce.

Infine saranno descritti vari robot che, sfruttando le più avanzate tecnologie di intelligenza artificiale e dell’IoT, sono in grado di trasportare le merci, prelevare gli oggetti e scalare gli scaffali in verticale all’interno del magazzino.

Un esempio di come le tecnologie dell’Industry 4.0 impattano nel panorama industriale lo troviamo nel **quarto capitolo**, il quale descrive l’history case della “Cubo Design S.R.L.” , un’azienda abruzzese, che si occupa della fabbricazione di mobili e loro accessori, che intraprende un percorso di innovazione che le permette di passare dal “vecchio” sistema di produzione artigianale basato su una elevata presenza di manodopera, metodi produttivi manuali e numerosi fornitori esterni, al nuovo concept aziendale di “Smart Factory”.

Grazie all'innovativo layout aziendale, pensato sulla base dei criteri caratteristici dell'"Industria 4.0", l'azienda è riuscita ad ottimizzare tutti gli aspetti aziendali, e non solo quelli legati all'abito solamente produttivo, ma è riuscita anche a godere di altri numerosi vantaggi, in ambito logistico, economico e organizzativo.

Tale trasformazione ha reso possibile la nascita di una fabbrica molto flessibile e interconnessa, incrementando la produttività e l'efficienza, riducendo i costi di produzione, trasferendo in azienda i processi precedentemente realizzati da aziende esterne, al fine di ridurre i costi, raccogliere un maggior numero di dati sulla produzione e sui prodotti, e infine passare da una produzione di prodotti "standard" a una produzione personalizzata a lotti anche molto piccoli di tipo "just in time".

Il **quinto capitolo**, infine, tratta un secondo caso storico, ovvero quello della "FlorGuarino", un'azienda siciliana, che si occupa della coltivazione di piante ornamentali e fiori, che molto similmente a quanto fatto dalla Cubo Design, intraprende un percorso di innovazione che le permette di passare dal sistema tradizionale al modello di "Smart Factory", che la rende unica in Sicilia per efficienza e completezza.

L'innovativo processo di ammodernamento, l'automazione dei processi e l'impiego delle tecniche più moderne, hanno reso possibile la nascita di una fabbrica molto flessibile e all'avanguardia, che è riuscita a godere di numerosi vantaggi, in ambito logistico, economico e organizzativo, permettendo di raccogliere un elevato numero di dati sulla produzione e sui prodotti, e infine garantendo un'assistenza in tempo reale su qualunque parte dell'impianto al fine da raggiungere livelli di affidabilità mai raggiunti prima d'ora.

1.2 Definizione

Il termine "Industria 4.0" si riferisce ad una novità che riguarda l'approccio organizzativo il quale si dirige verso l'interconnessione la cooperazione delle risorse come lavoratori, consumatori ed informazioni, con l'obiettivo finale di aumentare produttività, varietà produttiva degli impianti, efficienza e, quindi, competitività dell'azienda sotto ogni settore.

La conseguenza diretta di questa nuova rivoluzione che tende all'automazione industriale sfruttando le nuove tecnologie chiamate "tecnologie abilitanti", nuove forme di organizzazione del lavoro e nuovi fattori produttivi, è un cambiamento relativo al modo di produrre e alle relazioni che si instaurano tra i vari aspetti economici che costituiscono il sistema.

Il termine "Industry 4.0" ha origini germaniche, infatti è stata utilizzato per la prima volta durante la "Hannover Messe" ovvero la fiera di Hannover nel 2011, la più grande fiera punto

di incontro internazionale per investitori da tutto il mondo, punto di riferimento per l'innovazione industriale da oltre un secolo in cui si radunano tutte le nuove tecnologie energetiche ed industriali d'avanguardia. Fu a questo evento che tre figure di spicco della politica, della scienza e dell'economia tedesche, vale a dire il dottor Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster, hanno presentato il loro lavoro dal titolo "Industria 4.0: Internet". Il processo di avvicinamento alla quarta rivoluzione industriale ". Il rapporto spiega e prevede come la tecnologia e l'innovazione digitale sconvolgeranno il panorama industriale nei prossimi dieci anni. Pertanto, a causa dei sistemi IT interattivi, i nuovi modelli di business che in precedenza erano considerati poco pratici È possibile, si esprime continuamente con il sistema fisico su cui è installato, con il termine "sistema cyber-fisico" o "sistema cyber-fisico".

Il termine "Industria 4.0" rappresenta quindi la vera ondata rivoluzionaria e viene definita la quarta rivoluzione industriale. Molti studiosi tendono a distinguerlo dalla terza rivoluzione industriale, perché sebbene il 4.0 sia definito come la "rivoluzione digitale", in realtà rappresenta il suo sviluppo perché non solo punta sull'automazione di processi e macchine, ma anche Prova a digitalizzare tutto ciò che lo circonda. Dai macchinari usati nell'industria agli oggetti più comunemente usati, gli esseri umani combinano il mondo fisico e virtuale per dare vita a un ecosistema completamente digitale.

1.3 Le quattro Rivoluzioni Industriali

Prima di discutere e concentrarsi sulla quarta rivoluzione industriale, è necessario rivedere brevemente i principali momenti storici prima della rivoluzione distruttiva 4.0. La prima scoperta che ha causato un enorme cambiamento nel settore è stata l'introduzione di macchine alimentate a vapore o combustibili fossili. Questa scoperta fu così potente da innescare la prima rivoluzione industriale. Intorno alla seconda metà del 1700, l'utilizzo di queste macchine ha cambiato profondamente i metodi di produzione degli stabilimenti e ha dato vita alla prima forma di meccanizzazione del processo produttivo.

Abbiamo utilizzato per la prima volta elettricità, petrolio e prodotti chimici nelle fabbriche nel 1870. L'emergere di questi nuovi fattori di produzione ha reso possibile la produzione in serie di prodotti standardizzati, segnando così l'inizio della seconda rivoluzione industriale.

Intorno agli anni '50, lo sviluppo su larga scala dell'energia elettrica consentì lo sviluppo dei settori IT e delle telecomunicazioni nell'industria, che segnò l'inizio della terza rivoluzione industriale. La rivoluzione di cui abbiamo parlato prima in nome della "rivoluzione digitale" ha portato ad una innovazione estremamente importante, perché è possibile presentarsi in

fabbrica grazie alle nuove tecnologie che utilizzano sistemi elettronici e IT (information technology) sistema automatizzato.

La divulgazione dei computer non riguarda solo i metodi di produzione, ma cambia anche i metodi di gestione amministrativa, contabile e finanziaria dell'azienda.

Per esprimere bene il concetto di cambiamento si consideri come i computer e il loro utilizzo in ambito professionale hanno completamente distrutto il processo di archiviazione di dati e documenti; infatti sfruttare i vantaggi ottenuti dal passaggio dall'archiviazione cartacea all'archiviazione digitale può far risparmiare molto denaro Tempi e costi.

Ma l'innovazione è anche il potere del settore finanziario, che come accennato in precedenza tiene il passo con tutte le innovazioni nei sistemi elettronici e digitali.

Come tutte le rivoluzioni appena descritte, i cambiamenti tecnologici che caratterizzano oggi hanno portato anche molti cambiamenti nell'ambiente socio-economico. Gli enormi cambiamenti che la tecnologia digitale ha apportato alle nostre vite ci hanno dato oggi innumerevoli vantaggi: pensaci, abbiamo bisogno di pochi clic per acquistare biglietti aerei, leggere libri, acquistare prodotti o pagare il parcheggio. Inoltre, grazie allo sviluppo di Internet, gli smartphone, i social media e la posta elettronica hanno ridotto al minimo la distanza.

Senza Internet, tutto questo sarebbe ovviamente impossibile. Internet è un sistema e quindi un'infrastruttura di comunicazione che fornisce vari servizi per varie applicazioni create negli anni '60 e utilizzate per la prima volta in campo militare negli Stati Uniti. Nei decenni successivi, con il suo sviluppo esponenziale, è diventato oggi il mezzo principale per diffondere e condividere conoscenza e ottenere un valore incommensurabile.

Finalmente siamo arrivati a oggi, la quarta rivoluzione industriale, questa è la rivoluzione che stiamo vivendo negli ultimi anni, quindi non è la rivoluzione stampata nei libri di testo. Utilizzando molte nuove tecnologie come intelligenza artificiale, Internet of Things, big data, ecc.,

È possibile creare un cosiddetto sistema cyber-fisico, che consiste in un sistema integrato illimitato, in cui dati e informazioni possono essere scambiati in tempo reale tra vari soggetti, e per via continua Il monitoraggio può quindi garantire la soluzione più efficace in termini di costi e tempi. Questi elementi creano un ambiente intelligente capace di rispondere in modo autonomo e tempestivo a qualsiasi situazione esterna.

Le fabbriche intelligenti e le organizzazioni intelligenti sono proprio le loro più grandi manifestazioni. L'impatto di questa trasformazione non si limita al processo produttivo, ma include anche cambiamenti nell'organizzazione aziendale e nelle aree strategiche, costringendo l'azienda a introdurre modifiche relative al modello di business stesso per sfruttarne i vantaggi.

1.4 I pilastri dell'Industry 4.0

La rivoluzione dell'industry 4.0 consiste in una trasformazione dell'intero mondo dell'industria resa possibile dalla combinazione tra la rete internet e le nuove tecnologie digitali con il mondo fisico, portando alla nascita di sistemi intelligenti e totalmente connessi.

Al fine di garantire che ogni oggetto animato e non animato sia collegato insieme per creare un mondo digitale, le tecnologie innovative che hanno avuto un posto su scala globale negli ultimi dieci anni hanno svolto un ruolo fondamentale. Possiamo definire più correttamente i trend tecnologici, che sono considerati i veri pilastri su cui si fonda la quarta rivoluzione, analizzandoli possiamo comprendere meglio il significato di Industria 4.0.

Quello che ha detto il professor Marco Taisch è che "molte tecnologie digitali sono maturate insieme", che, dopo l'introduzione del Piano Nazionale Industria 4.0, ha commentato la strategia del governo. Il professor Taisch fa riferimento a molte tecnologie intelligenti, tra cui: Internet of Things, intelligenza artificiale, realtà aumentata, robot collaborativi, nuove interfacce uomo-macchina, cloud computing, big data, sicurezza informatica e produzione additiva. L'incontro tra queste tecnologie abilitanti e le persone crea sistemi cyber-fisici..

1.4.1 The Industrial Internet of Things (IoT)

Macchinari sempre più intelligenti e capaci di interagire tra loro porta all'analisi del primo pilastro dell'Industry 4.0: l'Internet of Things (IoT).

L'Industrial Internet of things si può considerare come il driver principale che caratterizza l'Industry 4.0 e spesso è addirittura considerato la sintesi di ciò che è il cuore di questa quarta rivoluzione.

Lo scopo con il quale nasce inizialmente la rete internet è quello di mettere in comunicazione sostanzialmente le persone. La situazione iniziale è ovviamente ben diversa da quella che si presenta al giorno d'oggi.

L'espressione "internet delle cose", coniata dalla General Electric, può essere, a tal proposito, vista come un'evoluzione dell'internet tradizionale e indica l'utilizzo della rete Internet per connettere dispositivi diversi e creare dunque un mondo in cui oggetti fisici sia vicini che lontani interagiscono e comunicano fra di loro.

Questa connessione si verifica non solo tra dispositivi, ma anche tra macchine e individui. Alcuni esempi che possono riportare e spiegare come la tecnologia si è evoluta rispetto al passato ed è entrata gradualmente nella vita quotidiana di tutti includono: monitoraggio costante delle funzioni della macchina, dispositivi attivati tramite tablet senza necessità di presenza fisica di persone, tracciabilità del carico durante i viaggi, automazione domestica Il

sistema potrebbe essere in grado di ricordare la posizione dell'auto in uno smartphone in un ampio parcheggio.

Il fatto sorprendente di questa rivoluzione è che anche oggetti ordinari nati senza induzione o tecnologia wireless possono entrare a far parte della tecnologia smart in futuro e trovare nuovi utilizzi anche in ambito aziendale.

Tuttavia, la crescente complessità dei sistemi industriali è il motivo principale per cui l'Internet of Things domina oggi la realtà industriale e altre realtà. Le persone, infatti, si sono rese conto che non può utilizzare strumenti tradizionali per soddisfare la necessità di una maggiore efficienza, ma si sono resi conto di come i dispositivi digitali possano trovare soluzioni migliori perché sono più potenti e possono monitorare il lavoro. Le macchine sono anche di grandi dimensioni.

La nuova tecnologia, quindi, non solo consente l'interazione e la comunicazione tra diversi dispositivi, ma anche l'interazione e la comunicazione tra oggetti non necessariamente digitali, come ad esempio attraverso l'integrazione di sensori, software e sistemi di archiviazione dati in cloud, così da essere stabilire un matrimonio armonioso tra mondo virtuale e fisico.

Per quanto riguarda le apparecchiature utilizzate dall'azienda, l'utilizzo dell'Internet of Things porta molti vantaggi, soprattutto in termini di economia, perché può migliorare l'efficienza operativa e la produttività riducendo i tempi. Infatti, grazie all'interconnessione tra i dispositivi, lo scambio di informazioni è supportato in un tempo più breve, il che consente ai dispositivi di rispondere istantaneamente a qualsiasi situazione si presenti, aumentando così produttività ed efficienza. La tecnologia, quindi, supporta interazioni più veloci ed efficaci, inoltre l'analisi delle attività e dei processi è decentralizzata, così la fase decisionale diventa immediata e precisa, in modo da ottenere risultati accurati in tempo reale.

Tutto questo ha fatto in modo che il trend di crescita dei dispositivi IoT abbia subito una crescita incredibile fino ad oggi:

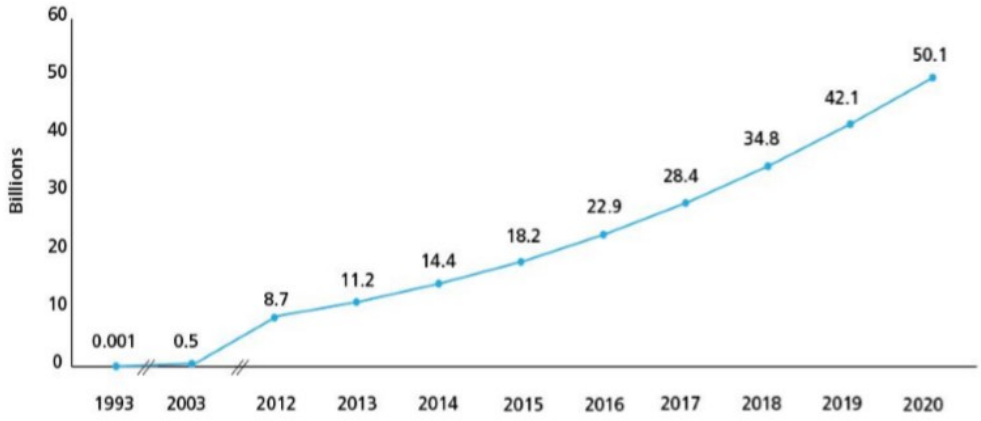

Fig.1 Crescita, durante gli anni, dei dispositivi IoT impiegati nel mondo, in termini di miliardi di dispositivi (Fonte: Deloitte University Press)

Tra tutte le tecnologie coinvolte nella connessione e l'interazione dei dispositivi la principale è sicuramente l'impiego dei **sensori**, ormai sempre più piccoli, intelligenti e soprattutto a basso costo che hanno il compito di raccogliere un gran numero di dati, anche di natura differente, da ciascun dispositivo. Questi non sono da considerarsi semplici dati, anche se sono molto precisi, ma sono anche dati tramite i quali si riesce a predire gli stati futuri del dispositivo. Grazie ai grandi progressi fatti durante gli ultimi anni nel campo dei sensori, le macchine riescono ad essere del tutto autonome nella raccolta e valutazione dei dati, diventano consapevoli di se stesse e sono in grado di poter svolgere delle autodiagnosi personali che offrano loro una risposta efficace ed immediata.

Poiché l'internet delle cose poggia sull'innumerevole quantità di dati raccolti e scambiati, un altro driver chiave di questa rivoluzione sono anche i **Big Data** e le loro tecniche di analisi: essi, come abbiamo visto, forniscono informazioni e suggerimenti fondamentali per ottimizzare il funzionamento di un processo o di una macchina, da cui deriva una riduzione delle inefficienze e dei costi non necessari.

A questo punto vediamo come nasce la necessità di qualcosa che deve essere in grado di archiviare questi dati. Entra in gioco dunque un altro driver fondamentale: il **cloud computing.** Questo deve sempre assicurare vantaggi in termini economici, e per questo sfrutta la rete Wireless, in particolare la rete WWAN, la quale essendo più grande di una rete normale riesce ad essere supportata da molte più tecnologie, spesso anche mobili, permettendo agli utenti di connettersi in modo completo e più sicuro ad Internet.

L'Internet of Things riunisce insieme tutte le tecnologie viste sopra ponendo le basi ad un modo nuovo, e soprattutto più efficiente, di operare: basti pensare infatti, come l'enorme quantità di dati raccolti possa essere inviata in tempo reale ai sistemi di analisi online messi a disposizione dal cloud che non solo li analizzeranno, ma li archivieranno anche per usi futuri.

I campi che hanno abbracciato l'utilizzo dell'Internet of Things sono numerosi e molto vari tra loro andando ad esempio dal campo industriale, all'ambito medico fino a quello urbano fino all'utilizzo dei dispositivi intelligenti anche nelle città.

Tutte le tecnologie che caratterizzano l'IoT stanno creando nuove opportunità per i processi industriali in termini di produttività e in termini di qualità. Queste tecnologie sono infatti sempre più facilmente alla portata delle aziende, anche di piccole dimensioni, grazie alla notevole riduzione del loro costo e alla facilità con cui esse vengono realizzate.

Le innovazioni introdotte con l'IoT in ambito industriale hanno un impatto molto rilevante nella creazione di valore delle imprese: infatti tali innovazioni non contribuiscono solo a migliorare il processo di produzione o a creare nuove tipologie di prodotti, ma possono addirittura influenzare un intero business model. Infatti, grazie all'applicazione delle tecnologie viste sopra e alla massiccia digitalizzazione delle attività, un prodotto base può essere migliorato con l'aggiunta di servizi intelligenti che accompagnano l'oggetto, creando quella che viene chiamata servitizzazione.

Un esempio interessante dell'impatto che l'Internet of Things può avere sul singolo prodotto è il caso dell'azienda Salvagnini.

Salvagnini è un'azienda che progetta, produce e vende apparecchiature per la lavorazione e automazione della lamiera. Ha 1.500 dipendenti e uffici in 75 paesi in tutto il mondo ed è leader internazionale nel campo della pannellatura. Essendo un settore altamente competitivo in cui opera, l'unico modo per distinguersi è concentrarsi sui dettagli, come la cooperazione con i clienti. È proprio per l'obiettivo di migliorare la competitività che ha deciso di investire nell'Internet of Things per integrare i servizi nelle proprie macchine, in modo da poter monitorare e assistere da remoto il funzionamento delle apparecchiature vendute, aumentando così l'efficienza del prodotto. Fase di produzione. L'azienda, infatti, raccoglie e analizza i dati delle macchine utilizzate attraverso la tecnologia intelligente, e li converte in informazioni strategiche sulle prestazioni, in modo che si possano anticipare anomalie ed evitare malfunzionamenti, e si determinano le aree che necessitano di miglioramento a seconda degli usi in modo che possa essere Migliorare ulteriormente il vantaggio competitivo.

Sulla base di questi obiettivi, Salvagnini ha firmato un accordo con Microsoft per fornire servizi di riparazione delle apparecchiature, denominato progetto Links. Il progetto prevede la condivisione costante dei dati delle macchine al fine di monitorarle e quindi interventi preventivi per ridurre il rischio di danni alle macchine e migliorare il processo produttivo. Pertanto, l'obiettivo che l'azienda spera di raggiungere a breve termine attraverso questo progetto è la manutenzione predittiva, ovvero determinare un modello predittivo per l'ottimizzazione della manutenzione. A tal fine, Microsoft mette a disposizione delle aziende

una piattaforma denominata Cloud Azure, che consente una gestione flessibile dei servizi garantendo continuità aziendale e risoluzione dei problemi con la massima sicurezza e privacy.

1.4.2 Intelligenza artificiale e M2M

Ad oggi risulta ancora molto difficile dare una definizione precisa del concetto di Intelligenza Artificiale (AI), dato che i vari studiosi ne danno una interpretazione sempre differente. Ma da tali interpretazioni si possono estrarre alcuni concetti chiave in comune:

L'intelligenza artificiale è costituita da sistemi e dispositivi che "pensano come gli esseri umani" e "agiscono come gli esseri umani", cioè "pensiero razionale" e "azione razionale". A causa di queste caratteristiche, i sistemi di intelligenza artificiale possono "risolvere ragionevolmente problemi difficili o intraprendere azioni appropriate per raggiungere gli obiettivi in qualsiasi situazione reale incontrata".

Negli ultimi dieci anni, innovazione e progresso straordinari hanno gettato solide basi per la tecnologia dell'intelligenza artificiale, in particolare i principali fattori che hanno contribuito al suo successo sono: una grande quantità di dati, cioè, da qui, otteniamo le informazioni necessarie per creare un'intelligenza definita , Algoritmi di apprendimento automatico e infine sviluppare dispositivi sempre più avanzati e potenti in grado di supportare attività molto complesse che decenni fa erano inimmaginabili.

Uno dei fattori più importanti che ha sostenuto la crescita dell'Intelligenza artificiale è rappresentato dal machine learning, considerato come uno degli approcci tecnici più importanti che ha garantito all'AI di evolversi e di raggiungere risultati inimmaginabili prima d'ora.

Tuttavia prima di trattare il concetto di intelligenza artificiale è interessante comprendere il significato di un concetto legato sia ad essa sia al machine learning: stiamo parlando della Machine to Machine Communication o M2M.

La comunicazione M2M è una tecnologia che permette alle macchine di interagire e scambiare le informazioni necessarie in risposta a specifici eventi o situazioni per trovare soluzioni efficaci attraverso l'utilizzo di sensori, reti Wi-Fi e l'uso di RFID (Radio Frequency Identification). Non è richiesto alcun intervento manuale. Questo strumento utilizza principalmente una grande quantità di dati raccolti per creare un sistema in grado di auto-prevedere anomalie e problemi della macchina attraverso tecniche di analisi basate su algoritmi, in modo da trovare soluzioni più accurate e fare ciò che la saggezza umana farà.

Un concetto strettamente correlato alla comunicazione M2M è l'apprendimento automatico. Consiste in una serie di processi. Questi processi partono da una grande quantità di dati raccolti ad alta velocità. È possibile determinare regole e procedure. Queste regole e processi

possono valutare i vari dati raccolti e dare il significato corretto in modo che la macchina possa assumerlo simulando l'uomo La capacità degli algoritmi di prendere decisioni utilizzando metodi razionali. Attraverso i metodi di machine learning, a differenza dei metodi tradizionali, i metodi tradizionali richiedono la presenza di esperti che individuano gli algoritmi necessari, quindi è possibile trovare soluzioni generali per diverse situazioni, cioè non più solo problemi specifici.

Lo sviluppo del campo dell'apprendimento automatico ha anche dato vita a un nuovo concetto. Il deep learning consiste in una serie di processi diversi dal ML, perché è a causa della somiglianza con il cervello che sono stati sviluppati strumenti di "apprendimento" (chiamati "neuroni") più vicini al cervello umano. Il compito di quest'ultimo è combinare informazioni diverse, ottenere informazioni nuove di zecca e quindi trasmetterle al neurone di secondo livello combinato con altre informazioni, ottenere informazioni ancora più complesse, trasmetterle al nuovo livello e così via.

Ogni processo di solito comprende almeno 100 differenti strati neuronali, che possono utilizzare gli stimoli ricevuti da eventi esterni (anche molto complessi) per ricavare piani e algoritmi di base per la fase decisionale. Negli ultimi anni l'intelligenza artificiale è stata fortemente sviluppata, quindi anche i suoi campi di applicazione sono in aumento. In particolare, il concetto di intelligenza artificiale lega strettamente altri due concetti fondamentali: automazione e autonomia.

L'automazione è un concetto di base nel mondo 4.0, che include la sostituzione di attività precedentemente eseguite da esseri umani con macchine, in particolare quelle attività ripetitive e noiose, o attività che possono mettere a disagio le persone fisicamente e mentalmente. In realtà, questi compiti non sono necessariamente fisici, ma possono essere attività che richiedono un lavoro mentale e grazie all'intelligenza artificiale delle macchine, queste macchine possono facilmente sostituire gli esseri umani e spesso anche ottenere risultati migliori.

Un'altra funzione è legata anche al concetto di AI: l'autonomia. L'autonomia si riferisce alla capacità dei sistemi di metterli in grado di operare o adattarsi a situazioni senza l'intervento dell'uomo; infatti, grazie alla loro ingegnosità, possono percepire immediatamente i problemi e quindi intraprendere azioni autonome per risolverli.

Negli ultimi anni, una delle combinazioni più riuscite e influenti è la combinazione tra il campo dell'intelligenza artificiale e il campo della robotica. I robot sono stati protagonisti per decenni nel mondo delle fabbriche, ma ora, grazie a questa combinazione, i robot sono stati sviluppati e migliorati, questa combinazione rende i robot più autonomi, soprattutto in collaborazione con l'uomo.

In effetti, non solo possono sostituire il lavoro del lavoratore assegnato, ma anche interagire tra loro e con il mondo reale per assistere gli esseri umani nel loro lavoro e imparare da lui. Il risultato di questa combinazione è rendere le macchine più intelligenti e in grado di svolgere ruoli più complessi, più complessi e meno costosi rispetto al passato.

All'interno della comunità, questa atmosfera rivoluzionaria dell'uso di robot e macchine intelligenti può suscitare la paura delle persone di impatti negativi sul mercato del lavoro. Tuttavia, l'intelligenza artificiale non dovrebbe essere considerata solo come uno strumento per sostituire i doveri umani, ma dovrebbe essere considerata più correttamente Questa è un'opportunità di collaborazione tra uomo e macchina al fine di creare un vero e proprio team di lavoro, in modo che ogni parte sia complementare a vicenda; quindi, in questo caso, sarebbe più corretto parlare di intelligenza aumentata, perché come accade in ogni team , Ogni argomento è conoscenza di base, perché la debolezza di una parte è compensata dalla forza dell'altra parte.

1.4.3 Realtà aumentata

Alla lista delle tecnologie che caratterizzano la rivoluzione 4.0 non può mancare un'innovazione che sarà forse la più stravolgente nei prossimi anni è la realtà aumentata. Essa infatti permetterà, assieme all'Intelligenza Artificiale, di migliorare il processo produttivo e organizzativo delle aziende.

La realtà aumentata (AR) è un driver dell'Industria 4.0, che è stato studiato da decenni fa, ma non è riuscito a causa della mancanza di tecnologia abbastanza potente per supportarlo. A causa della trasformazione digitale in corso, la ricerca in questo campo è rinata, rivelando i primi risultati molto positivi per il settore.

A differenza della realtà virtuale, la realtà virtuale prevede la simulazione in uno spazio artificiale creato interamente su un computer, mentre la realtà aumentata interagisce con il mondo reale, fornendo così all'utente informazioni aggiuntive che i suoi cinque sensi non possono percepire.

Da un punto di vista tecnico, la realtà aumentata utilizza disegni CAD 3D, che vengono archiviati e archiviati in qualsiasi dispositivo (come un tablet o smartphone) o in ambiente cloud, come occhiali e alette parasole. È anche possibile creare disegni CAD in tempo reale utilizzando sensori integrati, che trasmettono le informazioni necessarie per creare l'immagine al dispositivo.

Proiettando questa immagine sulla superficie o sull'oggetto stesso, è possibile aggiungere elementi multimediali inesistenti, in modo che l'utente abbia una sensazione di realtà completamente diversa.

Dai tradizionali smartphone, computer e tablet agli oggetti meno tradizionali (come alette parasole, caschi e occhiali), strumenti che consentono di garantire un'esperienza di realtà aumentata, ricordiamo i famosi Google Glass. Inoltre, poiché le informazioni fornite dai sensori vengono utilizzate sempre di più, e queste informazioni non hanno bisogno di salvare in anticipo le carte multimediali nel dispositivo, è possibile avere esperienza AR anche su qualsiasi semplice superficie.

I campi e le attività in cui viene applicata la realtà aumentata (che potrà essere applicata in futuro) sono i più disparati: ad esempio, nel campo dell'architettura, dispositivi capaci di realtà aumentata permetteranno di visualizzare immagini fisse di edifici. Per evitare la maggior parte degli errori, fallo prima di creare o completare la sua implementazione. Un altro importante esempio di utilizzo dell'AR in loco sono le situazioni di emergenza, dove i sensori trasmettono informazioni in tempo reale sui display o sulle maschere dei vigili del fuoco per monitorare gli incendi o la vita delle persone.

Anche il settore sanitario sta già usufruendo della combinazione tra mondo virtuale e mondo reale.

Infine, un'altra applicazione molto importante di questa innovazione è stata implementata da alcune aziende, ed è la formazione virtuale. Attraverso l'AR è infatti possibile migliorare il livello di preparazione dei tecnici combinando la ricerca teorica con applicazioni pratiche in tempo reale comprese le osservazioni, ad esempio, per comprendere il funzionamento della macchina e il corretto metodo di funzionamento effettivo.

Sebbene la tecnologia sia ancora agli inizi, per quanto ne sappiamo, avrà un effetto devastante in tutti i settori: interromperà il modo in cui vengono svolti determinati compiti e migliorerà i risultati ottenuti.

1.4.4 Robotica collaborativa

I robot collaborativi, chiamati anche con in nome di CoBot, sono macchine in grado di operare a fianco dell'uomo senza la necessità di interporre delle barriere che separino l'operatore dal robot, infatti, lo spazio di lavoro è condiviso da uomo e robot i quali collaborano dunque all'unico obiettivo di svolgere una mansione in comune.

Questa tecnologia abilitante rappresenta una tra le più accreditate della nuova rivoluzione, ma è assolutamente necessario che essa non costituisca una minaccia per il lavoratore.

Utilizzando un sensore chiamato sensore della pelle, è possibile garantire la sicurezza dell'operatore. Durante il periodo in cui il robot partecipa attivamente al lavoro congiunto, può riconoscere la presenza di lavoratori, come urti accidentali tra uomo e macchine. In

questo caso, il robot interromperà le sue attività e riprenderà a funzionare solo quando verrà ripristinata la sicurezza degli esseri umani.

I robot collaborativi sono una tecnologia diversa dai robot utilizzati nell'industria negli ultimi decenni: la differenza è proprio che si può creare questa forma di collaborazione, o meglio ancora un dialogo uomo-macchina.

Un altro importante vantaggio è che i CoBot possono essere programmati e riprogrammati all'infinito, fornendo così una grande flessibilità nel processo di produzione. Liberando il lavoro umano da un lavoro ripetitivo ed ergonomicamente scomodo, è possibile raggiungere uno degli obiettivi che questa tecnologia abilitante mira a raggiungere.

Tutto questo è un vantaggio per i dipendenti, perché valorizza notevolmente il ruolo delle persone in fabbrica, perché i compiti che gli verranno affidati avranno sicuramente un valore aggiunto maggiore.

1.4.5 Advance Human-Machine Interface

Dopo aver parlato di robot collaborativi, è fondamentale entrare nel dettaglio proprio del dialogo che nasce tra uomo e macchina. Entra in gioco dunque l'interfaccia uomo-macchina il cui ruolo è proprio quello di garantire che le operazioni possano essere eseguite in modo corretto e affidabile. Infatti, gli operatori che si interfacciano alla macchina hanno a disposizione solamente le informazioni disponibili sull'interfaccia e dunque possono sfruttare solo queste per garantire il corretto funzionamento della tecnologia.

L'interfaccia uomo-macchina è costituita da due flussi di informazioni che si propagano in due diverse direzioni: l'interfaccia uomo-macchina e l'interfaccia uomo-macchina. Negli ultimi anni, a causa della diffusione distruttiva di smartphone e tablet, la tecnologia di interfaccia è stata notevolmente sviluppata e migliorata. L'aumento della risoluzione dello schermo e l'introduzione di schermi controllabili da un sistema touch screen hanno indubbiamente cambiato il mondo dell'interfaccia, reso l'interfaccia più intuitiva e creato funzioni prima inimmaginabili.

Per quanto riguarda la qualità dell'interfaccia, può essere stimata tramite indicatori come la facilità d'uso e l'intuitività dell'interfaccia. Pertanto, l'operatore della fabbrica emette comandi alla macchina attraverso queste interfacce per eseguire determinate attività o operare in risposta a determinati segnali inviati dalla macchina. Ad esempio, in quest'ultimo caso, la macchina può trasmettere informazioni anomale all'operatore e Il guasto meccanico richiede misure correttive immediate per ripristinare la sicurezza il prima possibile.

La possibilità di avvisare l'operatore quando si verifica una situazione anomala all'interno del sistema non è mai sottovalutata. Infatti, in caso di interruzione temporanea del processo produttivo, non è da sottovalutare l'impatto dal punto di vista economico.

Se pensiamo che l'anomalia metterà in pericolo la sicurezza dei lavoratori, le conseguenze saranno ancora più gravi. Per questo motivo, l'interfaccia intuitiva può aiutare a ridurre al minimo il tempo di ritorno dell'allarme in caso di guasto e, quindi, può migliorare la sicurezza del sistema.

1.4.6 Cloud computing

Il Cloud è un servizio che la compagnia produttrice mette a disposizione dei suoi clienti, permettendo loro di sfruttare i software adattando l'offerta sulla base delle loro esigenze.

Il cloud computing, consiste in tutta quella serie di centri di archiviazione, elaborazione e trasmissione di dati attraverso l'internet, messi a disposizione delle imprese per gestire il gran numero dei loro dati.

Il primo sistema cloud fu ideato nel 2005 da Amazon con i servizi Amazon Web Services (AWS) dando in affitto uno spazio di archiviazione per la raccolta dati in cambio di una tariffa per l'utilizzo tramite la modalità "pay-as-you-use". Attraverso questa formula, l'azienda deve solo pagare la quota di utilizzo, che ha enormi vantaggi per le startup che non hanno molte risorse di capitale per creare i propri server per la gestione dei dati e per le startup che ne hanno già beneficiato. Risparmiando notevolmente sui costi. Pertanto, le società fornitrici, comprese le principali società (come Amazon, Microsoft e Google), forniscono risorse trovate negli archivi e in Internet a tutti i clienti, e i clienti possono a loro volta utilizzare e consultare queste risorse. Ottieni risorse pagando le tariffe di utilizzo ai fornitori.

Pertanto, il metodo intrinseco del cloud computing è il metodo del "servizio", attraverso questo metodo, la gestione e la manutenzione non sono più i costi di cui le aziende utenti devono preoccuparsi in passato, ma sono diventate una situazione tipica del passato. Ridurre il costo del produttore, in modo che i clienti non debbano pagare il costo del personale tecnico e professionale. I vari servizi forniti da ogni cloud si dividono in tre categorie:

- *Infrastructure as a Service (IaaS):* Questo servizio è uno dei primi servizi forniti da Amazon, il suo scopo è quello di fornire sempre affitto, capacità di memoria, server e costi di backup, evitando ingenti investimenti.
- *Platform as a Service (PaaS):* In questo caso, il fornitore fornisce una piattaforma di elaborazione composta da una serie di servizi (come librerie, programmi o altri microservizi) che consente ai clienti di creare, testare o gestire programmi e applicazioni.

- *Software as a Service (SaaS):* È costituita da produttori che sviluppano, gestiscono e gestiscono software tramite Internet e forniscono servizi ai propri clienti tramite Internet. In altre parole, i clienti che intendono utilizzare un certo tipo di software non sono più costretti ad acquistarlo, e quindi devono mantenere l'investimento software iniziale, ma possono usufruire del servizio pagando un canone di utilizzo.

Questa tecnologia sta osservando oggi un enorme successo anche grazie agli enormi vantaggi che ne derivano come, in primis, il risparmio derivante dall'acquisto, manutenzione e aggiornamento costante delle infrastrutture hardware e software.

Le aziende che erogano servizi secondo il sistema Cloud sono molteplici, tra cui troviamo colossi come Amazon, Microsoft e Oracle.

Tuttavia, un'analisi più approfondita di questa tecnologia può rivelare anche una limitazione, poiché questi sistemi utilizzano Internet e quindi utilizzano la rete, è possibile osservare il problema della velocità di trasmissione delle informazioni a causa del grande traffico. In effetti, il tempo di trasmissione dai dati allo strumento al cloud è solitamente troppo lungo, il che porta grandi disagi alle aziende che necessitano della trasmissione di informazioni in tempo reale.

Il problema della velocità non è solo un problema, ma anche un altro problema, ovvero il problema della scarsa sicurezza dei dati trasmessi sulla rete e sui cloud pubblicamente accessibili. Sono state quindi proposte diverse alternative per ovviare a questo problema, positive in termini di sicurezza, ma che d'altro canto non hanno risolto i problemi di ritardo nella trasmissione dei dati e costi di implementazione.

Le alternative proposte sono:

- *Cloud privato*: consiste in una infrastruttura autogestita dall'azienda o da terzi, per il cui utilizzo l'azienda paga una quota di affitto;
- *Cloud pubblico*: Si compone di sistemi con grandi importi di affitto, tutti basati su un modello "pay-as-you-use", utilizzato da più aziende che condividono tutte le risorse. Sebbene il cloud sia pubblico, in base alla condivisione di informazioni e spazio di archiviazione, altre persone non possono accedere ai dati di ogni affittuario;
- *Cloud ibrido*: è una combinazione tra cloud privato e cloud pubblico, che garantisce un alto livello di sicurezza per i dati più sensibili;
- *Multi-cloud*: consiste nell'impiego di diversi sistemi cloud, anche di natura differente, messi a disposizione da fornitori differenti.

Se si considera la sicurezza dei dati, scegliere di utilizzare un private cloud è senza dubbio la soluzione migliore, ma a causa dell'acquisto di infrastruttura e gestione (solitamente in Microsoft), l'implementazione del private cloud può richiedere investimenti molto costosi.

Società che esternalizzano a professionisti esterni. Infine, l'azienda potrebbe non conoscere la gestione IT di questi sistemi cloud, il che potrebbe aggravare il livello di insicurezza.

1.4.7 Big data e analytics

Tutto ciò che caratterizza la realtà smart tipica della rivoluzione 4.0, a partire dalle fabbriche, case, oggetti intelligenti e qualunque altra innovazione che connetta il mondo fisico a quello virtuale, si basa sullo sfruttamento di una enorme quantità di dati ed informazioni raccolte, di qualsiasi genere.

Una delle principali sfide che analisti e manager devono affrontare nel nuovo millennio è ottenere e analizzare accuratamente questi dati infiniti. Una grande quantità di dati è composta da informazioni provenienti da fonti molto diverse, molte delle quali costituiscono fonti nuove e insolite, che insieme a volte sostituiscono anche fonti tradizionali, come le attività della catena del valore condotte attraverso sondaggi con questionari e ricerche esterne. La combinazione della disponibilità di questi nuovi dati e dei dati tradizionali è essenziale per il processo decisionale e le raccomandazioni per i miglioramenti della produzione, i servizi forniti ai consumatori e molte altre aree dell'azienda.

I big data sono chiamati "big data" perché sono così tanti e di natura così diversa che i database tradizionali e gli strumenti di analisi non possono gestirli, ma sono necessarie più innovazione e soluzioni adeguate. Pertanto, a causa dell'elevato numero, è molto complicato scegliere la tecnologia più adatta per raccogliere, archiviare e gestire questa mole di dati: la tecnologia più riconosciuta è, ad esempio, le reti wireless oi servizi cloud, che possono fornire spazio di archiviazione illimitato, rendendolo spesso anche in tempo reale È possibile raccogliere e analizzare qualsiasi tipo di dato.

Le caratteristiche dei big data sono solitamente associate a una serie di attributi, definiti come quattro “V” che elencano e danno gli aspetti più rilevanti di questa innovazione.

Esse sono: volume, velocità, varietà, valore.

- *Volume*: Sebbene la quantità di dati raccolti ogni giorno sia inimmaginabile, la sua quantità è aumentata di anno in anno, raggiungendo un livello inimmaginabile decenni fa. D'altra parte, in qualsiasi ricerca statistica, il motivo principale per cui raccogliamo una quantità così grande di dati è che avere una grande quantità di informazioni può garantire risultati più accurati e affidabili. Come mostra una ricerca condotta dalla Harvard Business Review, dal 2012 sono stati creati circa 2,5 exabyte di dati ogni giorno, raddoppiando ogni tre anni circa. Pertanto, tieni presente che la quantità di dati che transitano su Internet al secondo supera tutti i dati memorizzati negli ultimi 20 anni.

- *Velocità*: Misurare il tempo di trasmissione dei dati dall'attrezzatura al centro di elaborazione. A seconda della situazione, i dati richiederanno ovviamente tempi di raccolta e analisi diversi. Alcune di queste funzioni (come i dati del sensore) possono supportare l'analisi in tempo reale, mentre per altri tipi di tempo potrebbe essere necessario più tempo. Tuttavia, la velocità richiesta alla quale i dati devono essere elaborati e analizzati è in aumento, ovvero, poiché la connessione tra i nuovi dispositivi e l'Internet of Things si sta avvicinando, deve essere accelerata. La necessità di velocità più elevate incide anche sulla finalità della trasmissione dei dati: servono infatti per segnalare eventuali cambiamenti di stato della macchina o del processo in modo da attivare immediatamente la risposta appropriata per ripristinare le condizioni dei dati. sistema.
- *Varietà*: I dati di solito provengono da più fonti, vengono anche raccolti in modo caotico e hanno proprietà diverse. Sono infatti suddivisi in dati strutturati, come testo, note, moduli e dati parziali o semi-strutturati, come audio, video, numero di clic, numero di visualizzazioni e traccia GPS. A differenza del primo, i dati non strutturati richiedono un processo di analisi più approfondito per arrivare al loro significato e ad applicazioni utili.

Al giorno d'oggi, la principale fonte di grandi quantità di dati sono i social network, che forniscono dati come immagini pubblicate, "Mi piace" espressi e pagine di attenzione seguite, nonché smartphone e tecnologie mobili che forniscono informazioni. Posizione per le app che gli utenti utilizzano più spesso.

Se le tre "V" fin ora enunciate riguardano la raccolta dei dati, vediamo che, la quarta "V", insieme ad altre due "V" aggiuntive, cioè la veridicità e la visibilità, riguardano la fase di analisi dei dati detta analytics la quale, permette di attribuire a questi numerosissimi e diversi dati una certa utilità per le attività e le decisioni dell'impresa, sfruttando appositi algoritmi e software di analisi.

- *Veridicità*: Considerando la quantità di dati e le fonti più disparate, c'è sempre il pericolo che i dati siano errati o inutili e che quindi portino a conclusioni sbagliate. Anche se è dato per scontato da chi analizza i contenuti raccolti, questo è un problema abbastanza comune.
- *Valore*: Lo scopo principale delle attività di raccolta dei big data è ottenere il valore economico in esso contenuto, valore economico non sempre visibile a prima vista, e spesso addirittura inesistente. Ad esempio, attraverso questa analisi è possibile comprendere le preferenze dei consumatori o le tendenze dei prodotti in una determinata area, così da poter sviluppare strategie per conquistare più efficacemente il mercato di riferimento. Oppure decidi se e come modificare qualcosa nel prodotto.

Per estrarre il valore intrinseco dei dati, gli analisti devono prima essere in grado di capire cosa e come cercare correttamente le informazioni necessarie nei dati stessi, quindi selezionare gli strumenti e il software più appropriati per eseguire l'analisi dei dati. 'analisi. Senza entrare nei dettagli, possiamo solo dire che esistono diverse tecniche analitiche, ma nella maggior parte dei casi possono essere suddivise in quattro categorie: diagnostica, descrittiva, descrittiva e predittiva.

Pertanto, riassumendo tutte le categorie incontrate fino ad ora, si può comprendere il valore delle informazioni raccolte e si possono dare suggerimenti per migliorare la redditività del prodotto o servizio o le prestazioni del processo. Quindi l'ultimo aspetto che caratterizza i big data è la visibilità:

- *Visibilità*: Comprende rendere visibile e comprensibile a tutti il valore estratto dai dati (cioè partner, collaboratori e concorrenti). Poiché le informazioni personali e sensibili dell'azienda sono aperte a tutti, ciò può essere sia positivo che pericoloso.

Oggi, il rapido sviluppo della tecnologia rende possibile fornire strumenti in grado di raccogliere grandi quantità di dati a un costo molto basso e chiunque può utilizzarli a proprio vantaggio. Sono diventati uno dei mezzi principali per migliorare i risultati o un'attività; tuttavia, l'importante compito di interpretare e comprendere questi dati nel modo più efficace utilizzando le capacità e la saggezza umane rappresenta una delle maggiori sfide della nuova era tecnologica.

1.4.8 Cyber security

Poiché gli strumenti utilizzati utilizzano sempre più la connettività e i dati privati sono in aumento, i sistemi industriali e le linee di produzione diventano più vulnerabili agli attacchi informatici degli hacker. Tutto ciò rende necessario intervenire per rendere più sicuri i sistemi industriali, e poiché gli strumenti utilizzati appartengono al campo IT, è nato il concetto di sicurezza di rete.

Pertanto, la sicurezza della rete consiste in una serie di diversi strumenti e soluzioni che possono essere utilizzati per proteggere i dati online da qualsiasi accesso non autorizzato. Vediamo ora quali tipi di attacchi l'azienda può subire:

- *Attacco passivo*: Include attacchi volti ad hackerare il sistema per osservare e raccogliere informazioni senza distruggere o manipolare le informazioni ;
- *Attacco attivo*: A differenza del precedente, include l'accesso autorizzato al sistema di protezione allo scopo di manipolare o distruggere le informazioni ;

- *Violazione dei dati*: Ciò include l'attacco ai sistemi protetti per distruggere in modo permanente le informazioni private o il sistema stesso.

Tutte queste forme di attacchi informatici stanno diventando sempre più frequenti e possono danneggiare seriamente la privacy e la sicurezza delle informazioni all'interno dell'azienda e anche in tutto il Paese. L'hacker più esperto può accedere al sistema protetto attraverso qualsiasi dispositivo, manometterlo facilmente e causare grandi disagi e confusione, e persino causare enormi perdite ai clienti e al fatturato dell'azienda.

Come affermato nell'Annual Cyber Security Report 2017 di Cisco, circa un terzo delle aziende ha subito attacchi informatici nel 2016, con conseguenti perdite superiori al 20% del fatturato e dei clienti. Il rapporto ha anche sottolineato che questi attacchi non solo hanno un impatto negativo sulle finanze dell'azienda, ma sono anche importanti per la reputazione dell'azienda: infatti, i partner o i clienti non hanno più fiducia nell'affidare i propri dati all'azienda, o non vogliono Il raggiungimento di un accordo o l'acquisto da esso dopo un attacco informatico ha causato enormi perdite.

Gli hacker preferiscono utilizzare gli attacchi di rete piuttosto che i sistemi di attacco, come adware e spam. Questo è l'attacco più tradizionale e ha raggiunto un picco elevato negli ultimi anni. Ad esempio, circa l'8-10% delle e-mail di spam sono pericolose. Tra queste forme (la definizione è più classica), è stata aggiunta una nuova forma di attacco, ovvero il cloud. Sebbene abbia un super vantaggio, e come accennato nel paragrafo precedente, fa parte del pilastro dell'industria 4.0, ma se usato in modo errato può Porta grandi rischi. Perché gli hacker possono facilmente decifrarlo e usarlo come punto di accesso a un sistema protetto.

La necessità di proteggere i propri dati e proteggere i propri sistemi ha spinto le aziende a investire in tecnologie più avanzate. Il suddetto rapporto ha anche sottolineato che il 38% delle aziende si è concentrato sulla separazione delle funzioni IT e delle funzioni di sicurezza, che non solo ha ostacolato l'accesso alle informazioni private, ma ha anche aumentato la consapevolezza dei dipendenti sui problemi di sicurezza, e ha adottato altre forme di protezione e migliori Gestione degli accessi.

1.4.9 Additive manufacturing

Per descrivere appieno la tecnologia che rappresenta l'Industria 4.0, la cosiddetta tecnologia operativa, soprattutto uno dei suoi declini, ovvero l'additive manufacturing. Implica la copia dell'oggetto virtuale creato sul computer all'interno del file in forma fisica sovrapponendo strati di materiali diversi e quindi inviando l'oggetto virtuale a una stampante 3D o qualsiasi altro dispositivo funzionale per modellare l'oggetto fisico.

La stampa 3D può essere una delle tecnologie abilitanti che si adattano alla più ampia gamma di campi: dal 2014, le stampanti 3D vendute negli Stati Uniti hanno rappresentato un terzo delle vendite industriali totali e finora sono aumentate del 42%. I materiali utilizzati in questa innovazione per realizzare oggetti spaziano dalle plastiche classiche a materiali non convenzionali, dal vetro, alla ceramica, ai metalli ad altri innovativi materiali termoplastici.

Sebbene la tecnologia 3D debba ancora affrontare le economie di scala (cioè la produzione di massa), che rappresenta la principale forza motrice della seconda rivoluzione, perché è ancora un processo molto lento, grandi passi tecnologici hanno evitato questo processo. Questo problema ha anche spinto le persone a prestare attenzione al vantaggio principale della produzione additiva è la flessibilità.

L'utilizzo di tecnologie aggiuntive, infatti, può portare molti vantaggi, ma non c'è dubbio che il principale sia la possibilità di personalizzare i prodotti, che solitamente è un tipico rappresentante dell'intera quarta rivoluzione. Quello che ogni azienda, infatti, sta perseguendo è la cosiddetta "personalizzazione di massa", ovvero l'azienda ha un alto grado di flessibilità, cioè risponde immediatamente ai cambiamenti del mercato e produce prodotti che soddisfano le esigenze del cliente senza, ad esempio, provocare produzioni differenti. Durante il processo dell'oggetto, creare nuovi stampi o riconfigurare macchine e linee di produzione.

Di conseguenza la mass customization impatta positivamente sia sui costi sia anche sui tempi di produzione ma soprattutto essa definisce un ritorno all'artigianalità, cosa che risulta avere grande valore per le aziende, in particolare in Italia.

In termini di personalizzazione del prodotto, il primo problema affrontato dai produttori è l'alto costo che le aziende devono affrontare per apportare tutte le modifiche necessarie ai propri prodotti per soddisfare le specifiche esigenze dei clienti. Pertanto, l'idea alla base della produzione additiva non è ovviamente quella di adattarla alla produzione di massa, ma di concentrarsi sui grandi vantaggi della flessibilità e sul fatto che il prodotto finale può essere ottenuto senza assemblare componenti diversi. Infatti, attraverso la stampa 3D, il prodotto può essere stampato completamente, ovvero non è necessario assemblare una singola parte danneggiata, il che ha un impatto positivo su costi e tempi e, soprattutto, è possibile produrre più parti o addirittura personalizzarle.

Un altro importante vantaggio è l'eliminazione degli scarti di produzione, che si traduce in significativi risparmi sui costi. Sebbene i vantaggi visti possano abbattere i costi, in realtà questo non è il fattore decisivo, perché ciò che è veramente utile e rivoluzionario è la precisione dei pezzi necessari alla fabbricazione.

L'additive manufacturing, infatti, permette di costruire oggetti geometricamente invulnerabili, rendendo questa tecnologia particolarmente adatta a settori speciali come l'aerospaziale e la biomedicina.

Naturalmente, la popolarità delle stampanti 3D ha violato anche molti altri campi: dall'aviazione, alle automobili, dallo spazio ai campi medici, usano le cellule dei pazienti per creare organi umani in un breve periodo di tempo utilizzando stampanti 3D, evitando così di ricorrere a questo. Migrazione, per non parlare dei rischi ad essa associati. Molte persone sostengono che l'area che beneficia chiaramente dell'introduzione della stampa 3D è il campo della prototipazione, che vede sia la possibilità di costruire prototipi in grado di apportare tutte le modifiche e gli aggiustamenti richiesti, sia riduce i tempi e, quindi, i costi di costruzione.

2 La logistica nell'Industria 4.0

2.1 Logistica 4.0

Nel contesto dell'Internet delle cose industriale, la logistica si adatta ai cambiamenti e prende il nome da "Logistica 4.0" o "Logistica digitale", compresa l'ulteriore realizzazione dell'automazione della catena di distribuzione, il coordinamento di tutte le linee e i processi di produzione, in modo che possano lavorare normalmente con clienti e partner, fornitura Produttori, produttori, grossisti, dettaglianti e fornitori di servizi logistici collaborano in modo più efficace. Come molti altri settori, anche la logistica va attribuita al protagonista della quarta rivoluzione industriale. Secondo una ricerca condotta da Forrester Consulting nel 2014, quasi il 90% delle aziende nel campo della logistica e dei trasporti ha implementato o implementerà soluzioni IoT. Il 40% prevede che l'Internet of Things aiuterà le aziende a migliorare la sicurezza e l'economicità.

Sulla base della comunicazione tra le attrezzature tecniche, il processo di produzione ha una nuova organizzazione. Tuttavia, lo scopo della nuova logistica non è sostituire il personale, ma evitare un lavoro impreciso e disporre di un processo più rapido per elaborare rapidamente ordini e oggetti fisici e condurre un monitoraggio in tempo reale. È sempre necessario che i dipendenti si impegnino in attività che richiedono più intelligenza rispetto ai processi automatizzati o ai semplici prodotti o servizi intelligenti. Molti ricercatori ritengono che i dipendenti debbano assumersi maggiori responsabilità: ad esempio, agire come decisori e task manager, gestendo i guasti del sistema, piuttosto che guidare i carrelli elevatori.

Per quanto riguarda la crescente richiesta di personalizzazione da parte dei clienti, le esigenze commerciali sembrano essere frammentate: il mercato futuro infatti si concentrerà sempre meno sulla produzione di massa, cioè la produzione di massa di alcuni prodotti, ma sempre più si concentrerà sulla produzione di massa La personalizzazione si riferisce alla progettazione, produzione e vendita di vari prodotti in piccoli lotti o anche singoli prodotti.

La logistica si è adattata a questa tendenza del mercato ed è diventata un sistema di "logistica intelligente" che sarà in grado di aumentare la flessibilità e adattarsi ai cambiamenti del mercato, consentendo alle aziende di spiegare il comportamento dei clienti e rispondere meglio ai clienti. Tempi di consegna, disponibilità del prodotto e Affidabilità e altri requisiti. Il risultato è ottimizzare la produzione, ridurre i costi di stoccaggio e migliorare il servizio clienti.

2.2 Digitalizzazione

Il panorama competitivo globale sta subendo profondi cambiamenti, che hanno un forte impatto sulle attività logistiche, sia in termini di quantità lavorate che di modalità di consegna utilizzate. In particolare, stiamo assistendo alla trasformazione digitale tipica dell'Industria 4.0. Per digitalizzazione, intendiamo essenzialmente acquisire segnali analogici e convertirli in forma digitale per generare informazioni che possono essere archiviate ed elaborate elettronicamente. Oggi, sempre più informazioni registrate ed elaborate sono diventate digitali. La digitalizzazione rende le informazioni disponibili a qualsiasi utente con qualsiasi dispositivo e tipo di accesso sempre e ovunque, creando un ambiente sempre più dinamico.

In risposta ai cambiamenti, è necessario ridefinire i sistemi logistici, sviluppare sistemi IT appropriati e nuove tecnologie per il trasporto e lo stoccaggio delle merci. Tutto ciò può essere realizzato tramite Internet fisico (PI) o Internet fisico, che consiste in un modello di organizzazione e gestione del processo logistico innovativo ed efficiente.

Le varie conferenze di opinione di professionisti hanno concluso che il primo passo per adattarsi alla nuova competizione deve essere quello di identificare le maggiori sfide tecniche e sociali che l'Internet digitale deve affrontare. Il primo problema da risolvere è la dimensione e la progettazione delle infrastrutture di trasporto fisico (come i container) e la logica che le definisce. Il primo elemento che definisce la dimensione standard del contenitore è la dimensione dell'articolo. Un'altra sfida è come rendere gli oggetti fisici il più efficienti e intelligenti possibile.

Con la forte partecipazione dell'industria, i diritti di proprietà intellettuale possono essere formati a causa dei grandi investimenti in unità di carico, carico e scarico e attività di trasporto.

La struttura di base dell'Internet fisica è l'interconnessione universale, che consiste nella comunicazione e nella cooperazione tra prodotti, macchinari, personale e sistemi di trasporto. La base dell'interconnessione è l'interconnessione digitale (IT), in grado di gestire l'analisi, la progettazione e l'ottimizzazione dei processi logistici.

È diviso in due livelli::

- *Livello fisico*: Sta nel riconfigurare la catena di distribuzione per renderla trasparente, flessibile e intelligente. Pertanto, un controllo di completezza della rete di distribuzione (produzione nel momento e nel luogo giusti, al giusto costo, nella giusta quantità e condizioni). L'Internet fisica implementa nuove tecnologie, come interfacce dotate di nuove tecnologie di archiviazione (centri logistici, come nodi, centri di distribuzione). Devono sfruttare la capacità di comunicare tra loro e le risorse trasferite dal centro logistico per trasferirle alla rete logistica nel migliore dei modi.

- *Livello operativo*: Include la definizione delle priorità e dei metodi per la pianificazione, l'implementazione e la gestione delle tendenze. Esempi pratici di implementazione IP sono: scaffali e pallet, nuove unità di carico modulari e container "intelligenti". Sono dotati di smart tag, quindi il trasporto e la tracciabilità delle merci diventa più veloce, più accurato, prevedibile e più sicuro. È inoltre implementato un sistema di controllo del cancello, che può identificare automaticamente il materiale in ingresso e verificarne la sequenza senza intervento manuale. I sensori aiutano anche a monitorare e consentono il riordino automatico dei magazzini, inviando segnali che superano le soglie, come la temperatura o l'intensità della luce.
- La digitalizzazione del settore industriale si sta spostando verso una società più sostenibile e resiliente come definita dalla Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo[2] (WCED). La digitalizzazione ha un'enorme opportunità per ridurre le emissioni logistiche dal 10% al 12% entro il 2025. Con lo sviluppo della digitalizzazione nel settore della logistica, il processo di consegna dei materiali è diventato più veloce ed efficiente, soprattutto nel caso di un'ampia gamma di trasporti. Prodotti con diversi cicli di produzione.

La strategia principale per le aziende impegnate in attività di logistica e servizi per creare valore aggiunto è massimizzare la disponibilità di beni o servizi. La digitalizzazione nella logistica ha sei caratteristiche, che descriveremo in dettaglio di seguito:

- **Cooperazione**
  Comprende raggruppamenti di supporto tra molte aziende in alleanze strategiche al fine di condividere le loro fabbriche fisiche e servizi logistici. Un esempio di ciò è la condivisione dello spazio di archiviazione, dei dati operativi e dei sistemi di trasporto tra regioni geografiche attraverso apparecchiature di rete logistica integrata.
- **Connettività**
  Si riferisce alla capacità di alcune tecnologie di utilizzare e utilizzare le risorse digitali online. In questo modo, si ottengono l'integrazione verticale dai fornitori ai clienti e l'integrazione orizzontale tra gli altri concorrenti lungo la catena dei fornitori. Sfruttando la connettività, i sistemi logistici diventano più intelligenti e la produttività viene migliorata attraverso processi di autogestione, evitando errori e interruzioni impreviste.
- **Adattabilità**
  La digitalizzazione è un bellissimo fenomeno in cui le risorse digitali sulla rete possono cambiare nel tempo e possono essere modificate da entità esterne al sistema

[2] World Commission on Environment and Development è una commissione internazionale istituita nel 1983 dall'assemblea generale delle Nazioni Unite. Essa discute e fornisce soluzioni per proteggere l'ambiente e promuovere lo sviluppo sostenibile.

attraverso un'interfaccia utente grafica. In alternativa, il sistema può modificarsi in risposta ai cambiamenti nell'ambiente. Un esempio è uno smart container o smart container che si adatta a diversi sensori da tracciare. Quindi, in altre parole, l'adattabilità è la capacità dell'azienda di rispondere in modo tempestivo a eventuali interruzioni e disturbi nella catena del valore, adattarsi ai cambiamenti nei processi logistici e prevedere i possibili rischi utilizzando, ad esempio, l'analisi WISA[3].

- **Integrazione**

  Si riferisce alla capacità del sistema di connettersi in tempo reale in un ambiente digitale, integrare qualsiasi apparecchiatura o sistema e condividere qualsiasi dato. Nel campo della logistica, l'integrazione di sistema è il processo di connessione funzionale tra diversi sistemi informatici, applicazioni e software e agenti per coordinare l'intera logistica. L'integrazione verticale include la connessione e il collegamento in rete dei sistemi di produzione e informativi, nonché i processi aziendali collegati a tutti i partecipanti alla catena di fornitura a livello aziendale o interaziendale.

  Questo sistema porta a una soluzione "end-to-end" (il più intermedio possibile tra gli strati). Sensori e dispositivi di produttori e macchinari sono collegati e organizzati tramite una rete piramidale verticale automatizzata. Le applicazioni Software-as-a-Service e altre piattaforme di servizi digitali consentono la comunicazione tra i sistemi di back-end dell'organizzazione. I data center tradizionali ei servizi aziendali sono collegati in modo simile al cloud API (Application Programming Interface), ai dispositivi mobili e ad altri ecosistemi digitali.

  In termini di digitalizzazione, la piattaforma logistica globale attivata è dotata di logica di sistema per connettere in tempo reale tutti gli utenti (trasportatori e servizi logistici). In base alla posizione del magazzino e al luogo di consegna di destinazione, suggeriscono il metodo di trasporto più adatto.

- **Decentralizzazione**

  La digitalizzazione permette anche di rendere il processo di decision making autonomo e senza controllo esterno o in parallelo con sistemi separati, ovvero esso viene decentralizzato. Le tecnologie di machine-learning sono quelle che rendono tale processo possibile. Molti eventi quotidiani possono essere rilevati in tempo reale e analizzati tramite sensori, satelliti, radar, telecamere e smartphone. Nelle applicazioni logistiche, un algoritmo seguirà il movimento dei veicoli di trasporto in tempo reale e considererà l'impatto del tempo, del traffico e di eventuali disastri naturali per calcolare l'ora di arrivo prevista. Ad esempio, Adidas sta implementando la strategia

[3] What-If Scenario Analysis (WISA) è una tecnica di pianificazione e modellazione aziendale che consente agli imprenditori di intervenire più rapidamente ed efficacemente. Gli imprenditori possono utilizzare WISA per vedere come i cambiamenti basati su variabili specifiche influenzano i risultati.

OmniChannel per consentire ai clienti di acquistare una certa quantità di beni (negozio online o fisico) e riceverli in qualsiasi modo (a casa, in negozio o punto di ritiro).

Miglioramento cognitivo

Anche il settore della logistica ha subito cambiamenti significativi, grazie allo sviluppo di tecnologie come intelligenza artificiale (AI), robot mobili autonomi, velivoli senza pilota, cargo o veicoli terrestri senza pilota (UGV) e trasporto nazionale ed estero di veicoli aerei senza pilota. (UAV), vale a dire veicoli terrestri e aerei senza pilota, sono fondamentali per il successo della futura logistica intelligente.

Queste innovazioni hanno portato enormi vantaggi, come la riduzione degli incidenti e il miglioramento della sicurezza delle auto a guida autonoma o l'utilizzo di carrelli elevatori nella logistica di magazzino per aumentare la produttività del processo di picking. Ovviamente, l'impatto economico non può essere ignorato. Al Forum economico mondiale, l'introduzione di camion senza pilota avrà un impatto economico di 30 miliardi di dollari USA, risparmiando carburante, costi di manutenzione e utilizzo, ei droni porteranno circa 20 miliardi di dollari in servizi di consegna. È economico ed economico nelle aree urbane e rurali.

2.3 Ecosistema logistico

La rivoluzione 4.0 che interessa ogni settore industriale ha portato un ecosistema logistico digitale intelligente, efficiente, sostenibile e trasparente per tutti nella catena di distribuzione: dai fornitori di materie prime ai trasportatori di prodotti finiti e materiali per soddisfare le esigenze dei clienti . L'ecosistema si basa su quattro fattori chiave: tecnologia, processo, organizzazione e conoscenza. Ora, esaminiamo tre diversi aspetti del miglioramento della sostenibilità che la digitalizzazione introduce nella logistica:

- *Economia: il sistema senza barriere può supportare efficacemente l'economia locale e fornire molteplici soluzioni nei metodi di trasporto* .
- *Ambiente: ridurre le emissioni di gas e rifiuti e ridurre al minimo il consumo di energia non rinnovabile.*
- *Società: soddisfare in modo sicuro le esigenze degli individui e delle comunità.*

Per comprendere meglio la trasformazione in atto, sono stati analizzati e studiati i vantaggi della digitalizzazione e il suo impatto sulla sostenibilità. I promotori di questa ricerca sono 4 società selezionate di beni di largo consumo (FMCG). Le suddette aziende hanno assistito a cambiamenti nel comportamento dei consumatori e sono pronte a investire nella

trasformazione digitale, adottare le ultime tecnologie digitali nei loro processi e collaborare tra loro nelle attività logistiche.

La ricerca si concentra sulle tre dimensioni della sostenibilità che abbiamo elencato sopra. Per quanto riguarda l'aspetto sociale, è possibile effettuare solo analisi qualitative, perché la tecnologia digitale è ancora in via di sviluppo e non è possibile effettuare analisi quantitative per difficoltà di raccolta dati. Gli aspetti economici e ambientali possono essere quantificati in base ai costi, all'energia e alle emissioni di anidride carbonica. Lo studio ha identificato 23 importanti criteri di sostenibilità, 11 dei quali riguardano aspetti economici, 6 riguardano aspetti ambientali e il resto riguarda aspetti sociali.

Una volta preparato l'elenco dei criteri, inizia la fase di valutazione vera e propria. Dopo aver ricevuto le domande di ricerca via e-mail, gli esperti di logistica di ciascuna azienda hanno risposto compilando il modulo di valutazione selezionato tra varie opzioni. La domanda di ricerca sollevata era: "Come valuta l'impatto dei processi logistici e della digitalizzazione delle operazioni correlate sulla sostenibilità?". Successivamente, tutti gli esperti sono stati invitati a un incontro per raggiungere un unico consenso sulla valutazione dell'impatto della digitalizzazione sulla sostenibilità. Il loro compito è valutare i criteri elencati e selezionare quello con il maggiore impatto.

Questo studio mostra che, rispetto ad altri aspetti, l'applicazione di tecnologie innovative nella logistica delle aziende FMCG ha un impatto significativo sullo sviluppo sostenibile, soprattutto in campo economico. In particolare, è stato dimostrato che la digitalizzazione nella logistica porta enormi vantaggi in termini di costi, tempi di consegna, cancellazioni, inventario, affidabilità e flessibilità. Anche il settore ambientale è stato fortemente colpito, con una riduzione dei rifiuti, dell'inquinamento e delle emissioni di gas serra. A differenza degli altri due, le conseguenze sociali del miglioramento della salute, della riduzione del tasso di incidenti e del miglioramento della sicurezza sono irrilevanti.

Pertanto, la conclusione è che la digitalizzazione crea più valore per la società da un punto di vista economico La cooperazione di aziende, regolatori e decisori è necessaria per massimizzare il valore delle imprese e creare una società più ampia.

2.4 La Logistica in Italia

L’amministratore delegato e co-fondatore della società di consulenza Bip (Business integration partners), Carlo Capè, definisce la logistica come “robotica, big data e molto altro”. Egli sostiene che l’industria logistica in Italia, dovrà fare affidamento sulla realtà aumentata,

sensori intelligenti, piattaforme cloud e sistemi di analisi dei dati , ma manca ancora di soluzioni e servizi digitali avanzati.

Allo scopo di agevolare questo cambiamento, sono necessarie competenze digitali capaci di promuovere le operazioni, accedere ai dati e migliorare le relazioni con il cliente. In particolare, i produttori, per potersi distinguere, dovranno essere capaci di sfruttare i vantaggi garantiti dalla tecnologia digitale per fornire il miglior servizio al minor costo.

Nel periodo tra maggio e novembre 2017, Isca Academy e Confindustria Piemonte hanno tenuto diversi incontri, sempre in Piemonte, durante i quali sono state approfonditamente trattate le tematiche sulla logistica aziendale. La partecipazione attiva del Governo e dell'agenzia di pianificazione Calenda , ha portato alla nascita di un progetto tecnologico denominato “Digital Innovation Hub . Quindi Iniziative simili sono state organizzate successivamente in diverse città italiane. Il presidente di Isca Academy, Domenico Netti, illustra come nel territorio italiano gli operatori del settore logistico, debbano accrescere le proprie conoscenze tecnologiche parallelamente alla diffusione delle innovazioni, accrescendo cioè il know-how nella produzione e nei servizi. Gli incontri hanno portato, inoltre, ad un programma di collaborazione tra gli esperti di INVITALIA , lo staff tecnico di assistenza del MISE (ministero dello Sviluppo economico) e numerosi operatori logistici, con le PMI manifatturiere e dei servizi, impegnandosi ad offrire loro un nuovo approccio al tema logistico, per preparare le aziende italiae ai ritmi accelerati della rivoluzione.

Infine, come afferma il presidente di Confindustria Piemonte, Fabio Ravanelli, «La logistica è quel segmento sul quale, con ampio anticipo, si sono da sempre viste le prime e rivoluzionarie attuazioni delle tecnologie digitali innovative. La dotazione di infrastrutture giocherà un ruolo decisivo per la nostra competitività ".

2.5 Tecnologie logistiche

Come sappiamo la Logistica 4.0, deve il suo successo ad un mix di innovazioni tecnologiche smart, la cui implementazione inciderà sui servizi logistici futuri, consentendo ai produttori di servire i clienti nel modo più veloce ed efficace. Le strategie logistiche avranno successo solo se si impegneranno ad integrare le tecnologie con le giuste competenze del processo e dell'organizzazione aziendale.

Queste quindi, potranno essere sempre in grado di aiutare le aziende nella fase di conversione del proprio modello di business, al fine di soddisfare appieno le esigenze di una domanda ormai notevolmente modificata nel tempo.

In particolare, tramite dati logistici in larga scala e algoritmi complessi le aziende riusciranno ad ottenere buoni profitti e operare in modo più vantaggioso economicamente e dal punto di vista ambientale.

Oltre alle già viste Big Data, Stampa 3D, IoT, Realtà aumentata, Cyber-physical systems si distinguono nel campo della logistica anche:

2.5.1 Veicoli autonomi

Queste tecnologie offrono la possibilità di ottimizzare le modalità di trasporto e di distribuzione dei prodotti lungo la filiera. Affinché un veicolo venga definito autonomo (o semi-autonomo) sono richieste componenti hardware e software affidabili ed estremamente performanti: telecamere, radar, attuatori per il movimento dello sterzo e per il controllo dei freni, dispositivi collegati in rete, una efficiente interfaccia uomo-macchina, sistemi di calcolo e sistemi operativi avanzati.

I sensori ottici, consentono infatti ai veicoli di scegliere il percorso da seguire nell'area circostante o di selezionare i compiti e le attività da eseguire per l'esecuzione del servizio. In molti settori, i robot stanno trovando applicazioni importanti anche per lo svolgimento di attività complesse. Inoltre, stanno diventando sempre più autonomi e flessibili con l'obiettivo di raggiungere un maggior livello di interazione sia tra loro sia nel lavoro con gli uomini nella maniera più sicura.

Nell'industria automobilistica, i dispositivi di bloccaggio fisso utilizzati durante le attività di saldatura e di assemblaggio troveranno la loro evoluzione nei robot industriali autonomi in grado di sostenere e far ruotare ogni pezzo secondo le specifiche caratteristiche ed esigenze. Di conseguenza le case automobilistiche avranno una maggiore capacità produttiva e una crescente possibilità di produrre una più vasta gamma di modelli di vetture.

Durante la fase di controllo di qualità, invece, fotocamere di Gesture-Recognition assisteranno i lavoratori, documentando in automatico e segnalando eventuali problematiche di qualità. In questo modo si avrà una netta riduzione del rischio di fallimento e migliorerà il controllo di qualità. Un sistema di controllo infine, permetterà si supervisionare il processo di produzione e modificarlo in automatico. Questi cambiamenti comporteranno riduzione dei costi della logistica e delle operazioni.

L'imprenditore Kuka, uno dei maggiori produttori europei di attrezzature robotiche, produce robot autonomi in grado di comunicare tra loro e adeguare le proprie azioni in automatico adattandosi alle diverse situazioni. I sensori high-end e unità di controllo permettono una collaborazione stretta con gli uomini.

Similmente, ABB sta lanciando un robot a due braccia, Yu Mi, progettato per assemblare prodotti di elettronica di consumo. Le due braccia e la computer vision permettono una interazione sicura con l'uomo e il controllo delle parti.

Poiché ad ogni componente viene attribuito un codice di identificazione o un microcomputer integrato, i robot autonomi ricevono da questi le informazioni ed eseguono le istruzioni durante i processi di produzione.

Il robot, ad esempio, eseguirà il compito di praticare un foro in una determinata posizione, selezionando l'utensile adatto e interagendo con gli altri robot, al fine di coordinare il movimento del suo braccio, così da massimizzare la produzione complessiva.

Con una migliore collaborazione tra macchine e persone, i produttori avranno la possibilità di fornire diverse tipologie di componentistica utilizzando delle linee di produzione di massa nettamente più piccole. I veicoli di trasporto autonomi saranno in grado di lavorare con i robot della spedizione in modo da abbinare i materiali in entrata con i dati di operativi in tempo reale. Saranno quindi capaci di utilizzare la navigazione laser e comunicare con altri veicoli tramite reti wireless per cercare percorsi intorno al piano di produzione.

I vantaggi derivanti dall'automazione a beneficio della logistica nei futuri 10 anni, consisterà in un risparmio di costi del 50% per il produttore e in una riduzione dei tempi di ciclo e dei costi di operazione del 30%.

2.5.2 L'Internet Of Services (IOS)

Aziende e utenti privati possono creare e offrire nuovi tipi di servizi resi facilmente disponibili ai clienti attraverso la rete internet. Questo permette ad esempio di controllare in maniera decentralizzata le Value Networks[4], mentre, elementi del sistema quali impianti produttivi o mezzi di trasporto, procedono secondo un processo autonomo di decision making . Nel campo della logistica, la previsione della domanda è diventata più precisa. Infatti, poiché è necessaria una minore interazione manuale, le procedure di ricezione della merce e di conteggio dei materiali immagazzinati diventano più rapidi. Il livello delle scorte viene misurato automaticamente da sistemi autonomi, come ripiani con lettori RFID. I dipendenti dotati di un dispositivo di scansione, possono classificare e ispezionare i materiali in entrata tramite i tags di Auto-ID.

[4] Value networks è un esempio di ecosistema economico costituito da connessioni tra i vari membri, e che permette loro di comprare e vendere prodotti, così come condividere informazioni. I membri possono essere esterni come i clienti o interni come gruppi di ricerca e sviluppo

2.5.3 Smart Factory

La fabbrica smart, o “fabbrica del futuro”, si caratterizza per il fatto che i prodotti possono essere sono facilmente identificati e localizzati in qualsiasi momento. Tutti i processi produttivi sono strettamente connessi, sostenibili e facili da gestire per gli operatori. Durante il processo che intercorre tra produttore e cliente si ha sempre una piena trasparenza. La combinazione dei sistemi Cyber Physical Systems, IoT e IoS fornisce alla “smart factory” una maggiore qualità in termini di auto-pianificazione e auto-adattamento, basate su un sistema di produzione decentralizzato in cui esseri le persone, le macchine e le risorse comunicano tra loro in modo naturale.

Tuttavia, le innovazioni che concorrono a creare nuovo valore nella logistica, non sono solo legate allo sviluppo di tecnologie innovative, ma anche strettamente legate alle risorse umane e ad una nuova cultura organizzativa aziendale attuabile attraverso un miglioramento continuo del team e della verifica regolare del lavoro svolto, nonchè attraverso uno studio rivolto a ricercare sempre il modo migliore per svolgere le attività logistiche.

L’economista tedesco Pfohl cita quali sono i tre principali elementi di successo nella logistica, che grazie all’economia di scala facilitano gli operatori logistici nel rispondere alle esigenze dei consumatori. Questi elementi sono:

- Flessibilità ovvero gestione del rischio nella catena di distribuzione e molta attenzione ai requisiti di sicurezza;
- Segmentazione della catena del valore focalizzata sulla domanda del consumatore, alla quale faranno seguito i servizi da offrire in base ai i suoi bisogni;
- La strategia di sostenibilità ambientale dell'azienda.

Sono stati condotti molti studi che si focalizzano sulle opportunità e le conseguenze che l’Industria 4.0 ha sulla logistica nel contesto del Just-In-Time/Just-in-Sequence (JIT/JIS) e cross-company Kanban systems. Un particolare studio condotto, ad esempio, si è basato sull’intervista di otto esperti di industrie differenti, in merito ai potenziali ostacoli e all’impatto dell’ Industria 4.0 nel settore della gestione della logistica, al fine di valutare in maniera rigorosa determinati requisiti e fornire suggerimenti per la ricerca futura.

2.5.4 Just-in-Time (JIT)

Noto anche come “Lean Production” (o produzione snella), è uno dei concetti più comunemente usati nel campo della logistica. L'obiettivo principale è ottenere un sistema di approvvigionamento di scorte zero o basso e ridurre i tempi di ciclo e di consegna delle merci.

Il metodo utilizzato è di tipo cross-company: JIT si concentra su uno stretto coordinamento tra il fornitore e l'acquirente, che è un prerequisito chiave per il successo dell'azienda.

Al fine di implementare i sistemi JIT, è necessario un alto grado di integrazione dei flussi dei materiale e delle informazioni. La pianificazione della produzione deve rispecchiare esattamente la domanda corrente. In pratica, il materiale viene prodotto e fornito soltanto nel momento in cui nasce la domanda. Questo viene trasportato direttamente dallo stabilimento produttivo del fornitore allo stabilimento produttivo dell'acquirente senza alcun stoccaggio temporaneo.

2.5.5 Just-in-Sequence (JIS)

A differenza del sistema Just-in-Time, il JIS non assicura solo che il materiale venga fornito al momento e posto giusto, ma anche che arrivi secondo la giusta sequenza. Perciò, non occorre più che il cliente ordini il materiale di cui ha più bisogno nell'imminente futuro.

Il sistema JIT/JIS di solito esegue le seguenti attività di processo: programmazione della produzione, ordine della produzione, collocazione, produzione stessa e distribuzione. La fase di pianificazione della produzione riveste particolare importanza in termini di trasparenza delle informazioni e di coordinazione dei processi di trasporto che assicurano la consegna nei tempi previsti. Si cerca il più possibile di evitare o quantomeno attenuare i cosiddetti "effetti bullwhip"[5], i quali possono rappresentare delle forti criticità e rappresentano di conseguenza una delle maggiori sfide nella gestione della logistica.

Molti esperti condividono l'opinione secondo cui Industria 4.0 permetterà nei sistemi JIT/JIS una pianificazione della domanda sempre più automatizzata, decentralizzata e con previsioni più accurate, grazie al fatto che il consumo e i flussi di materiale in ingresso e uscita potranno essere tracciati in maniera precisa e in tempo reale grazie all'impiego di CPS e sistemi di Auto-ID. Gli esperti sottolineano in particolare la differenza tra pianificazione della domanda a breve e lungo termine. In quest'ultima, ad esempio, riveste poca importanza la previsione di una singola informazione ottenuta in tempo reale in un determinato giorno relativamente a prodotti che richiedono tempi prolungati per il rifornimento. Idea condivisa è anche quella secondo cui i sistemi Cloud e la Distributed Ledger Tecnology (DLT)[6] consentono di creare un

[5] Bullwhip o effetto Forrester: la domanda diventa sempre più variabile quanto più ci si allontana dal mercato finale e si scala la catena della fornitura

[6] Le **tecnologie Distributed Ledger (DLT)** consistono in sistemi basati su un registro distribuito, cioè sistemi in cui tutti i nodi di una rete, possiedono la medesima copia di un registro e possono leggerlo e modificarlo in modo indipendente dagli altri nodi.

sistema virtuale ERP[7] che facilita un elevato livello di integrazione del processo produttivo, lungo la catena di distribuzione, di condivisione e di gestioni delle informazioni.

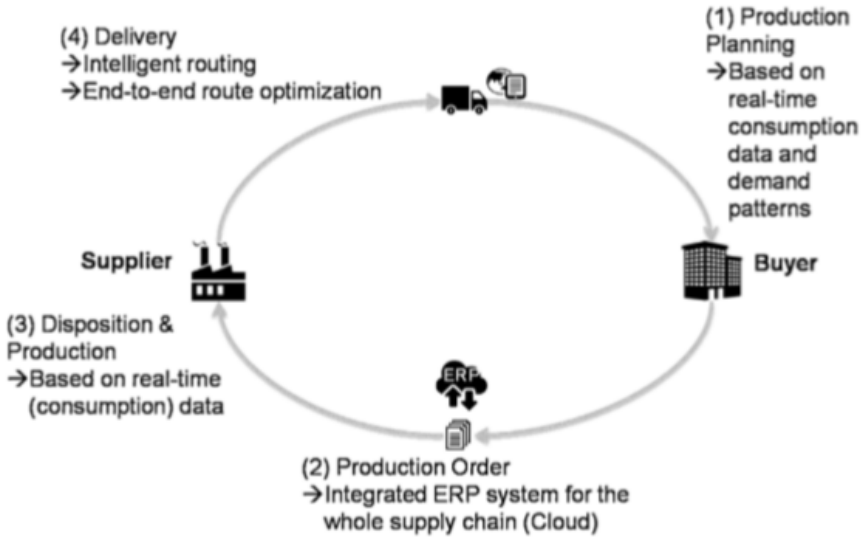

Fig.2 Ciclo JIT/JIS nell'Industry 4.0

2.5.6 Kanban

Si tratta di un concetto sviluppatosi in Giappone, e consiste anch'esso in un sistema di pianificazione della produzione. La sua peculiarità consiste in una rigida pull-orientation dei processi di produzione. Hederson lo descrive come «il sistema che fornisce parti e materiali nel momento esatto in cui essi vengono richiesti nel processo di produzione, facendo in modo che le componenti e i materiali siano prontei pe l'utilizzo.

I Kanbans (tabellone/segnaletica giapponese), costituiscono sistemi elettronici piuttosto complessi che vengono utilizzati per un lungo periodo e appartenenti alla categoria dei CPS. Allo scopo di individuare la domanda, cioè la quantità esatta di merci da fornire, le stazioni che esauriscono determinate categorie di merci, utilizzano cestini codificati o Kanban card dotate di un sistemi di sensori in grado di rilevare e individuare in tempo reale i livelli di riempimento, oltre che i valori di temperatura e pressione nel caso di materiale sensibile. I cestini lavorano in modo del tutto autonomo, rilasciano un ordine di rifornimento o si svuotano. Cestini vuoti attivano il processo di rifornimento. Il sistema dunque recepisce l'informazione sullo stato dei cestini e invia il segnale al fornitore in caso in cui essi siano vuoti.

[7] "Pianificazione delle risorse d'impresa" è un software di gestione che integra tutti i processi aziendali correlati dell'azienda e tutte le funzioni aziendali, come acquisti, vendite, gestione del magazzino, contabilità, finanza, ecc...

Il fornitore riceve direttamente i segnali kanban e si aggiorna sul consumo di materiale in tempo reale. In questo modo, trae vantaggio di tempo riguardo alla produzione.

La compagnia tedesca Würth Industry ha attivato iBin, il primo cestino intelligente che invia informazioni sul livello del materiale e sugli ordini attraverso una camera integrata e rilascia automaticamente gli ordini dei fornitori tramite la tecnologia RFID. Il picking e la consegna vengono eseguiti secondo il metodo milkrun basato sul concetto di "demand-driven" , altamente dinamico: il materiale viene prelevato e consegnato durante viaggi di andata e ritorno avviati una volta al giorno, con intervalli e percorsi prestabiliti. Il sistema di flusso di materiale, di tipo modulare, permette un trasporto molto più flessibile e autonomo. Il processo di raccolta e di trasporto risultano più efficienti.

Il Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH (BIBA) ha creato un "milkrun" di tipo dinamico che segue rigorosamente l'andamento della domanda e consente di ridurre lo spreco. Inoltre, con l'ausilio di un sistema cellular conveyor . il materiale viene trasportato nella fabbrica in maniera autonoma.

Il numero di Kanbans determina la capacità di stoccaggio massima di un "loop" tra la stazione di rifornimento e quella di ricezione. La stazione di rifornimento iniziano la produzione solo quando la stazione ricevente segnala una richiesta. Il Kanban, si basa sull'idea di un sistema loop autoregolante che consente di ridurre sistematicamente il livello delle scorte di magazzino e dei costi, nonché di abbreviare i tempi del ciclo e aumentare allo stesso tempo la produzione. Supponendo che venga mantenuto o meno un solo magazzino, è possibile evitare o ridurre al minimo gli errori che rappresentano potenziali rischi.

E' da notare che l'impiego del sistema kanban è consigliabile solo se gli oscillamenti nella domanda sono abbastanza piccole.

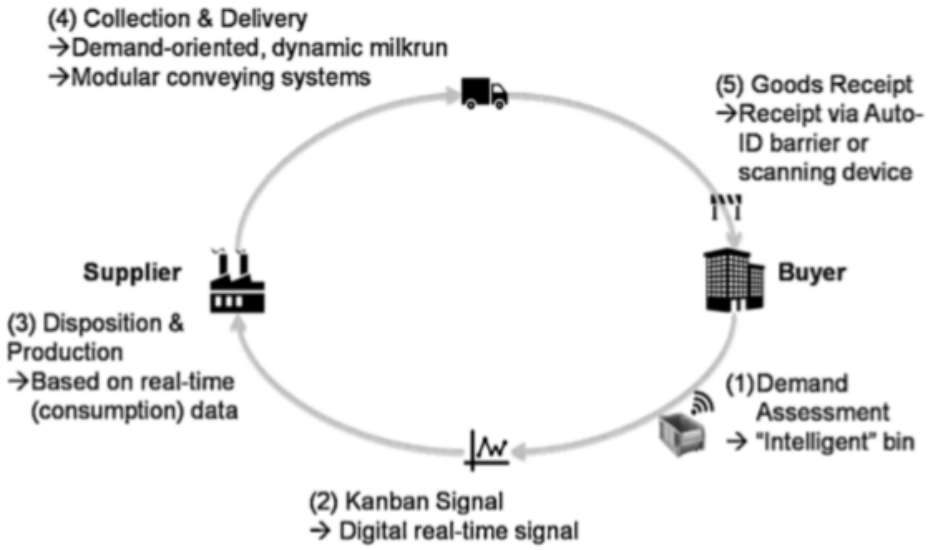

Fig.3 Ciclo di Kanban nell'Industria 4.0

Interviste condotte con esperti su Kanban per discutere e valutare La rilevanza e la fattibilità di alcune idee proposte riguardanti le principali implicazioni di Industria 4.0.

- Esperto 1, specialista di strategie specifiche riguardanti la catena di distribuzione in un'azienda di ingegneria ed elettronica con approfondita conoscenza basata sulla letteratura, su simposio e discussioni;
- Esperto 2, Innovation Manager presso una ditta che fornisce soluzioni logistiche con conoscenze prevalentemente teoriche e concettuali.

I due esperti convengono sul fatto che la raccolta e la trasmissione di dati nel sistema Kanban saranno sempre più decentralizzate, automatizzate e autonome. L'integrazione di CPS, di tecnologia RFID e del sistema di sensori rende tutti i processi del sistema Kanban completamente visibili (quali ordini, materiali, semilavorati, macchinari ecc).

L'esperto 1, in particolare ha attenzionato la crescente digitalizzazione e automazione nelle catene del valore e nella logistica, e ha osservato che i sistemi come gli intelligent bin (ibin), rappresentano realizzazioni caratteristiche dell'industria 4.0, cioè agenti autonomi e applicazioni tipiche basate sulla logica di controllo decentralizzata. Tuttavia, entrambi gli esperti hanno espresso delle perplessità sulla fattibilità di rendere totalmente automatizzati i processi autonomi.

Secondo l'esperto 2, il sistema Kanban aumenterebbe la flessibilità e le capacità in caso di improvvise oscillazioni della domanda, considerato che CPS e IoT consentono uno scambio di informazioni in tempo reale tra acquirenti e venditori. Infatti, in futuro la volatilità del mercato è destinata ad aumentare e di conseguenza i modelli della domanda diverranno sempre più

imprevedibili. Il che significa che le aziende dovranno aumentare la propria flessibilità, utilizzando le soluzioni fornite da Industria 4.0, al fine di soddisfare le esigenze sempre in continuo mutamento, dei consumatori.

I due esperti sono inoltre invitati ad esprimere un parere sul alcune dichiarazioni generali riguardanti l'impatto dell'Industria 4.0 sulla logistica. In particolare si è chiesto loro di esprimere una opinione circa la differenza tra strategie di gestione della logistica e livelli operativi. Mentre sotto l'aspetto strategico, si darà prevalenza al processo decisionale umano, sotto l'aspetto operativo (picking, guida) ci saranno maggiori entità che agiscono in maniera autonoma e quindi una metodologia di decision-making decentralizzata. L'intervento umano sarà preliminarmente limitato alle attività di controllo e sorveglianza. Gli esperti ritengono inoltre che con il miglioramento del grado di automazione e autonomia nella gestione della logistica, l'Industria 4.0 si rifletterà principalmente nel livello operativo. A sua volta, il livello operativo produrrà un'inversione di tendenza a livello strategico.

2.5.7 Transportation management systems (TMS)

TMS è diventata una scelta universale per aziende di tutte le dimensioni e settori. È una parte della gestione della catena di approvvigionamento (SCM) che si concentra sulla parte del trasporto, che consente l'interazione tra un sistema di gestione degli ordini chiamato "sistema di gestione degli ordini (OMS)" e un centro di distribuzione (DC). Con l'aiuto del sistema TMS, le aziende possono utilizzare la tecnologia GPS per determinare con precisione la posizione dei loro veicoli mentre sono in movimento, monitorare il movimento delle merci, negoziare con i trasportatori e aumentare il volume di trasporto.

Grazie ai continui sforzi nei servizi di cloud computing, TMS è diventato un elemento standard a cui si rivolgono rapidamente le principali società di software. Ridefinisce la strategia dell'azienda fornendo una migliore trasparenza della catena di approvvigionamento end-to-end e aumentando il limite superiore del ROI.

Con il crescente utilizzo di dispositivi mobili e soluzioni di servizio, TMS integra gli smartphone e alcuni camionisti possono utilizzare gli smartphone per fornire agli utenti un modo per tracciare la loro posizione e prevedere la loro posizione futura in qualsiasi momento tramite file o programmi. Un "TMS intelligente" ben definito e ragionevolmente configurato interagisce con i dispositivi IoT, che possono migliorare la qualità delle decisioni di gestione e rendere la gestione della catena di fornitura più flessibile ed efficiente in risposta alla rivoluzione 4.0.

2.5.8 Intelligent Transportation System (ITS)

Si tratta di un sistema operante nel campo della gestione, infrastruttura, esercizio e modalità di controllo dei sistemi di trasporto aereo, idrico e ferroviario. ITS utilizza nuove tecnologie come hardware informatico, sensori, telecomunicazioni, elaborazione dati, operazioni virtuali e tecnologie di pianificazione. Può garantire una maggiore sicurezza e affidabilità in termini di velocità di guida, flusso di traffico, riduzione del rischio, tasso di incidenti e inquinamento atmosferico.

Alcune applicazioni ITS sono Highway Data Collection (HDC), Traffic Management System (TMS) e Vehicle Data Collection (VDC). Svolge anche un ruolo importante nella tecnologia dei sistemi cooperativi, supportando e migliorando il processo logistico e i risultati dell'industria dei trasporti in modo economico e sostenibile. Gli ITS che utilizzano dati in tempo reale tramite VANET e sistemi di business intelligence miglioreranno la qualità del processo decisionale. Un ambiente ITS completamente funzionante può essere utilizzato per: parcheggiare gli smart truck e gestire le aree di consegna; stimare e monitorare l'impatto dell'anidride carbonica, risparmiare il consumo di carburante, ridurre le emissioni e la presenza di veicoli pesanti in città e, infine, ottenere risultati ecologici La modalità di guida supporta i conducenti di camion.

2.5.9 Information and Communication Technologies (ICT)

Nella maggior parte delle attività industriali, specialmente nelle operazioni di logistica e produzione, questo è essenziale per migliorare l'efficienza organizzativa. La connessione sempre più stretta tra macchinari, prodotti, parti e persone richiederà nuovi standard internazionali che definiscano l'interazione di questi elementi nella futura fabbrica digitale.

Gli sforzi per sviluppare questi standard sono stati supportati da consorzi, come l'Industrial Internet Consortium (IIC) con sede negli Stati Uniti A, istituito nel 2014 da società di produzione, IT, Internet e telecomunicazioni. In risposta alla forte influenza dell'IIC, la Germania ha istituito una nuova organizzazione Dialog Platform Industrie 4.0. Per i fornitori di sistemi di produzione, la scelta della partecipazione strategica di queste istituzioni e la formulazione attiva dell'agenda di standardizzazione sarà un passo importante.

I paesi con manodopera altamente qualificata potranno investire in livelli più elevati di automazione e aumento della domanda. Ciò consentirà di risparmiare tecnologia e migliorare le competenze dei dipendenti: maggiore flessibilità, velocità, produttività e qualità.

Sono inoltre necessarie regole adeguate, reclutamento, formazione, corsi universitari e metodi di forza imprenditoriale per aumentare le competenze relative alla tecnologia Internet.

I fornitori di sistemi di produzione devono considerare come implementare al meglio la tecnologia in nuovi casi d'uso per portare maggiori vantaggi ai propri clienti: miglioramento dei sistemi di rete integrati, sviluppo di nuovi prodotti software e fornitura di nuovi servizi, ad esempio servizio. Quindi, devono definire un modello di business per il miglioramento e stabilire una base tecnica come strumento analitico essenziale nel mondo digitale. Produttori e fornitori devono collaborare attraverso il governo, l'industria e le associazioni di imprese per garantire che l'infrastruttura tecnica soddisfi i requisiti dell'Industria 4.0 e sia veloce, sicura e affidabile per le imprese.

Swisslog è un tipico esempio di azienda basata sull'innovazione logistica a 360 gradi. Affidandosi alla tecnologia Industry 4.0, rappresenta il partner giusto per supportare i clienti. Utilizza la digitalizzazione end-to-end per garantire un vantaggio competitivo e prendere decisioni di gestione. I sistemi di controllo della macchina e i sensori sono collegati alle applicazioni di produzione classica e intralogistica (come WMS).

Dalla fase iniziale della raccolta e analisi dei big data all'ottimizzazione dei singoli componenti del magazzino, Swisslog porta a continui cambiamenti nella logistica del magazzino. Per monitorare tutti i suoi sistemi e ottimizzare le sue operazioni, utilizza i sensori più recenti che comunicano tra loro per aiutare a determinare i tempi di assistenza e manutenzione con precisione localizzata. I dati forniti dai sensori del sistema e la visualizzazione 3D del magazzino consentono di gestire completamente il magazzino stesso e di simularne il funzionamento in tempo reale.

Swisslog ha sviluppato nuove soluzioni per supportare compiti logistici difficili e ripetitivi e contribuisce allo sviluppo sostenibile del business. Assicura che il processo si sviluppi nella direzione di affidabilità, trasparenza, efficienza e prestazioni ottimali. Pertanto, Swisslog utilizza bene la logistica intelligente: può analizzare lo stato di salute dei dati storici e fare previsioni future, che è l'obiettivo di ogni professionista della gestione della supply chain.

2.6 Sistemi automatici impiegati in magazzino

2.6.1 Automated storage and retrieval systems (AS/RS)

Il sistema automatizzato di stoccaggio / prelievo (AS / RS) rappresenta l'elemento base di un magazzino automatizzato. Rispetto ai sistemi manuali, hanno maggiori vantaggi nelle operazioni di magazzino: risparmio sui costi, maggiore ottimizzazione delle scorte, uso efficiente dello spazio, riduzione dei danni, riciclaggio della merce, riduzione del numero di lavoratori, migliori livelli di servizio e migliore controllo. Sono adatti a tutti i tipi di prodotti e alle diverse configurazioni di magazzino. Sostengono circa il 40% del costo iniziale del sistema

di magazzino automatizzato. Possono essere monocanale o multicanale (AS / RS multicanale). Quest'ultima disposizione rende il magazzino più efficiente ed efficiente di un sistema a linea singola. Sono disponibili 3 diversi tipi con 5 canali di prelievo.

Un'installazione tipica è una scaffalatura portapallet, che è uno scaffale verticale multistrato per lo stoccaggio di pallet, con un'altezza di almeno 22 m, utilizzando macchinari AS / RS nella corsia di picking.

I ripiani di stoccaggio sono definiti come il numero di ripiani necessari, che ovviamente dipende dal numero di materiali da stoccare. Quando la quantità di materiali lavorati è elevata, il progettista sceglie una macchina da riservare per ogni canale di picking, ovvero un sistema a canale singolo. Se è relativamente basso, è possibile applicare AS / RS multicanale. Inoltre, il numero di macchine AS / AR richieste è determinato dal movimento totale (il flusso di produzione del sistema) in un dato periodo di tempo.

Il vantaggio più importante dell'utilizzo di AS / RS multicanale è il miglior utilizzo dello spazio e la riduzione al minimo dello spazio con un rendimento elevato. Il multicanale AS / RS è diviso in canali di picking su entrambi i lati, quindi sono presenti macchine S / R doppie tra il canale di picking e la singola macchina sulla parete del magazzino. La stazione di servizio è perpendicolare al canale della navetta.

Il macchinario S / R o Gru di impilaggio operante in un sistema a più corsie è costituito da un telaio che scorre lungo una colonna verticale in acciaio, che può spostarsi lungo un corridoio delimitato lateralmente da due ripiani ed è fissato ad una trave inferiore sorretta da ruote La parte superiore scorre su un binario fissato al pavimento. Sulla trave di fondazione dell'impilatore sono installate anche ruote di contrasto laterali che agiscono sui lati del binario di scorrimento..

Un impilatore con una capacità superiore a 3,5 tonnellate è collegato a due colonne verticali in basso e in alto e il telaio mobile scorre lungo le colonne verticali. Possono non avere o nessun operatore. Sono presenti anche stoccatori semiautomatici la cui logica di controllo è gestita dal microprocessore di bordo. È vero anche il contrario: il controllo remoto automatico attraverso il computer di processo può realizzare la gestione automatica del magazzino e ottimizzare il funzionamento del magazzino. Il funzionamento tipico dell'impilatore automatico è:

1. Prendi un contenitore e mettilo nello scomparto designato ;
2. Estrarre il contenitore relativamente immagazzinato dallo scomparto designato e inviarlo alla base di smistamento ;
3. Eseguire le operazioni 1) e 2) in sequenza;
4. Spostare il cestino da uno scomparto designato a un altro .

Nella gestione di magazzini densi è possibile estrarre o estrarre parzialmente o parzialmente unità di stoccaggio complete (come i pallet), cioè il numero è inferiore alle unità sopra. Il prelievo richiede il supporto delle informazioni IT o un tavolo con le istruzioni dell'operatore in modo che possa percorrere la distanza più breve quando completa il ciclo assegnato. Un computer di controllo (o processo) organizza lo spostamento di vari contenitori in testa, che devono essere prelevati dal contenitore.

La struttura mobile dell'impilatore può muoversi orizzontalmente, verticalmente e lungo un percorso composto da due movimenti fondamentali contemporaneamente. Ciò consente al veicolo di spostarsi in qualsiasi posizione del rack in base al percorso di lunghezza minima. Da considerare anche il movimento lungo l'asse z per introdurre o prelevare il carico trasportato nella cremagliera. Ciò avviene solo quando la macchina è ferma e correttamente posizionata rispetto al punto di scarico / scarico del vano ripiano o unità di carico in cima al ripiano.

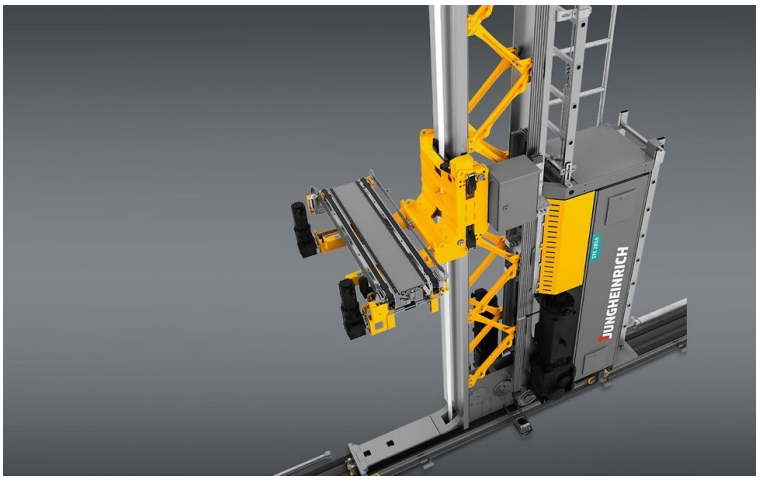

Fig.5 Trasloelevatore STC 2B1A della jungheinrich (Fonte: https://www.jungheinrich.it/)

La costruzione e l'utilizzo dei magazzini serviti da gru di impilaggio comportano numerose norme antinfortunistiche, regole di calcolo della struttura portante e del meccanismo delle gru di impilaggio e l'installazione di adeguati dispositivi di sicurezza. Gli standard di cui sopra sono stipulati dalla FEM (Federal Federation of Manufacturing Manuals in Europe, nota anche come European Federation of Material Handling, Lifting and Storage Equipment Industries) fondata nel 1953. E 'composto da 14 Comitati nazionali (ANIMA Italiana - Associazione Italiana Sistemi di Sollevamento, Aereo e Movimentazione) e 5 dipartimenti disciplinari:

- Sistemi di sollevamento e carico e scarico (vari tipi di gru);
- Sistema di trasporto continuo per materiale sfuso o raggruppato per unità di carico e scarico (convogliatore, elevatore, trasporto pneumatico, silo, carrello a guida automatica);
- Carroponte (autocarro con gru);

- Sistema di sollevamento standard (incluso sistema AS / RS e impilatore);
- Strutture di stoccaggio (vari tipi di scaffali).

Le prestazioni tipiche dei trasloelevatori in termini di velocità, accelerazione e tempo di posizionamento dipendono dal tipo e dall'applicazione. L'intervallo della velocità di traslazione varia a seconda che si trovi lungo l'asse x o l'asse y. In fase di posizionamento, l'impilatore rallenta la propria velocità di traslazione fino ad un certo valore di velocità per consentire il corretto posizionamento della forca rispetto al ripiano.

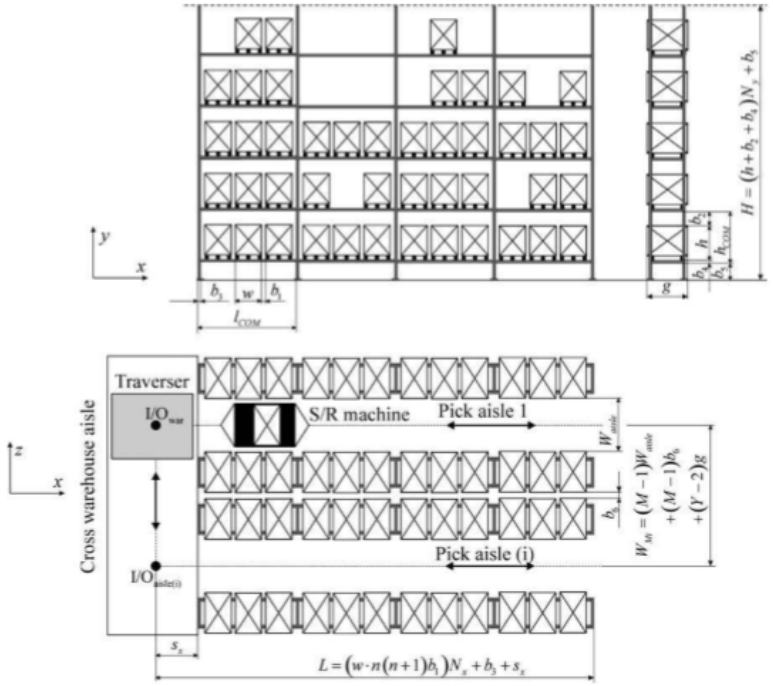

Fig.6 AS / RS multi-corsia con cambio corsia

2.6.2 Sistemi a carosello (carousels)

Si tratta di dispositivi meccanici atti a riceve e movimentare gli articoli per il prelievo degli ordini (order picking). I più utilizzati sono i sistemi orizzontali. Un carosello orizzontale viene collegato con una serie di cestini rotanti di scaffali, dove alla sommità troviamo un motore. Questo tipo di magazzino sfrutta principalmente la lunghezza degli ambienti, grazie alla quale abbiamo un rapido accesso ai materiali immagazzinati.

Questo tipo di sistema può essere modificabile in altezza, larghezza e lunghezza a seconda dell'articolo trattato e delle modalità di preparazione degli ordini. Riesce a reggere pesi con una portata massima pari a 54,4 t. Ogni colonna può essere ripartita, in altezza, con dei ripiani mobili, favorendo un migliore stoccaggio di materiali di con dimensioni differenti.

Il sistema a carosello orizzontale viene utilizzato perché permette alle operazioni di picking di essere più performanti sia per quanto riguarda l'ambito produttivo che quello logistico-distributivo. Infatti riesce a garantire maggiore reattività, flessibilità, precisione ed una veloce conclusione degli ordini. Abbiamo una riduzione notevole dei tempi di spostamento e di attesa che possiamo trovare nei magazzini tradizionali. Il tasso di errori può essere ridotto grazie all'utilizzo di indicatori ottici, che danno all'operatore le informazioni principali riguardo il picking e prevengono vari incidenti legati al traffico dei carrelli che potremmo trovare nei magazzini tradizionali. Dunque permettono di lavorare in un ambiente più sicuro ed ergonomico.

La Park Seed Company nel Sud Carolina, una delle più antiche aziende di semi con vendita al dettaglio online, deve essere capace di riempire gli elevati ordini dei clienti durante l'alta stagione da dicembre ad aprile. Dato il business crescente, l'azienda ha rimpiazzato il suo sistema di cestini tradizionali con carousels automatici orizzontali grazie ai quali le linee prelevate ogni ora ad operatore sono cresciute 5 volte, mentre il lavoro si è ridotto ad un terzo. La velocità di picking è cresciuta da 180 a 950-1000 linee prelevate ogni ora.

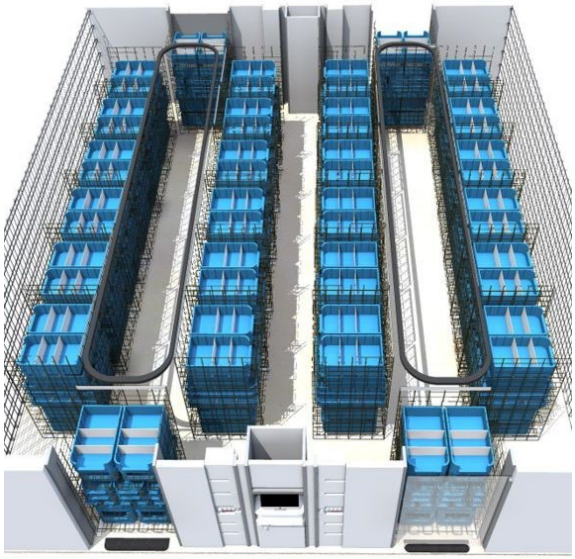

Fig.7 Carosello orizzontale (Fonte: https://www.medicalexpo.it/*)*

2.6.3 Convogliatori (Conveyors)

Si tratta di un'attrezzatura di smistamento, spesso a loop continuo, che funziona inclinando un vassoio lungo uno scivolo per farvi scorrere l'oggetto. È usato per accelerare il processo di riempimento degli ordini, raggruppando gli articoli di linea di un ordine e per processare i prodotti di ritorno per aggiornamento immediato dell'inventario in tempo reale. È utile per la

movimentazione non solo di cartoni e borse, ma anche merci leggere, difficili da smistare con altre tecnologie.

Un esempio ne è la Pic 'N' Save Corporation che impiega un sistema conveyor in grado di movimentare oltre 100 contenitori al minuto. Nel deposito dell'azienda troviamo una grande varietà di merce dove i contenitori vengono immagazzinati in un'area di stoccaggio di riserva, mossi verso l'area di prelievo e infine trasportati verso un'unica zona destinata a smistamento e spedizione degli articoli.

2.7 Operazioni di magazzino

Le funzioni principali di un magazzino sono: ricezione di SKUs dai fornitori, ricezione degli ordini dai clienti (order picking), stoccaggio delle SKUs e spedizione. Le merci in ingresso vengono trasportate nel magazzino, scaricate e assegnate ai luoghi di stoccaggio, dai quali, non appena vengono ricevuti gli ordini, la merce viene prelevata e trasportata ai clienti.

Lo stoccaggio concerne la modalità con cui le merci vengono organizzate, sfruttando efficientemente lo spazio e agevolando la movimentazione dei materiali. Ha un impatto significativo sulla capacità di deposito, trasporto di inventario e prelievo degli ordini. Esistono diverse metodologie di immagazzinamento che possono essere impiegate. La selezione del tipo di strategia costituisce un problema di design, mentre la sua implementazione è una questione operazionale.

2.7.1 Ricezione e spedizione

La merce arriva al magazzino e viene scaricata alla banchina di ricevimento. Vengono quindi caricati in container e lasciano il magazzino attraverso l'area di trasporto. Per i magazzini cross-terminal, le merci ricevute vengono inviate direttamente dal pannello di ricezione all'area di trasporto. D'altra parte, per i magazzini tradizionali che mantengono l'inventario, la merce ricevuta viene collocata nel magazzino, quindi raccolta e trasportata.

In questo caso, le operazioni di movimentazione sono più complesse da gestire, dipendendo dal deposito e dalla funzione di order picking.

Le operazioni di ricezione e trasmissione sono determinate sulla base delle seguenti informazioni:

- Informazioni sul trasporto in arrivo, come l'orario di arrivo e il contenuto;
- Informazioni sulle richieste dei clienti, come gli ordini e il tempo di spedizione previsto;

- Informazioni sulla disposizione del magazzino e sulle risorse di movimentazione dei materiali disponibili.

Le suddette informazioni implicano l'assegnazione di contenitori in ingresso e uscita alle ribalte e lo scheduling, ossia pianificazione del macchinario.

I fattori che devono essere analizzati sono i seguenti:

- Le risorse necessarie per completare tutte le operazioni di ricevimento / spedizione;
- Livelli di servizio, come il tempo di ciclo totale e il tempo di carico e scarico dei container;
- La disposizione e l'ubicazione del magazzino e l'organizzazione di sportelli e reparti di stoccaggio;
- Gestione strategica, clienti nell'area trasporti;
- I requisiti di volume di produzione di ciascuna area del magazzino.

Tuttavia, le decisioni sulla ricezione e sulla spedizione sono legate a tre possibili scenari:

1. Oltre alla disposizione del magazzino di distribuzione, non si conoscono i contenitori destinati agli autocarri con cassone ribaltabile, né le merci assegnate alle stazioni di stoccaggio;

2. Parte della conoscenza statistica del processo di arrivo e partenza, come il livello medio del flusso di materiale dal container in entrata al container in uscita;

3. Una comprensione completa del contenuto di ogni contenitore in entrata e in uscita.Nel primo caso è difficile valutare quale metodo di assegnazione di deposito sia più conveniente usare. Il secondo scenario è ricorrente nell'azienda privata o magazzini di distribuzione dedicati. Il terzo invece si sta diffondendo progressivamente grazie all'applicazione di tecnologie avanzate come RFID e GPS.

Nel primo caso, è difficile valutare quale metodo di distribuzione dei depositi sia più conveniente da utilizzare. La seconda situazione si verifica spesso nelle aziende private o nei magazzini di distribuzione dedicati. D'altra parte, grazie all'applicazione di tecnologie avanzate come RFID, GPS e Advanced Shipment Notification (ASN), il terzo metodo sta gradualmente diventando popolare.

La ricerca sul ricevimento / trasporto si concentra sulla conoscenza statistica dei trasportatori che distribuiscono la merce nel magazzino e sul problema di assegnare i trasportatori che distribuiscono la merce agli autocarri con cassone ribaltabile per magazzini di cross docking. Il funzionamento del magazzino cross-parking è il seguente: il camion in arrivo arriva al

magazzino, quindi si sposta verso lo sportello di ricezione designato (porta sbarra) per lo scarico; la merce caricata viene classificata in base alla destinazione, e quindi caricata nell'area di spedizione (porta di impilamento). Fuori dal camion per la consegna al cliente.

Nel 2000 Bartholdi si è concentrato sulla configurazione di magazzini cross-terminal con l'obiettivo di ridurre al minimo il tempo di percorrenza totale e il tempo di attesa causati dalla congestione del traffico. Utilizza modelli di trasporto e integra modelli di costo in algoritmi di simulazione per trovare il layout migliore. Le due aree maggiormente interessate dall'automazione nel settore dei trasporti sono l'imballaggio e la scansione ottica.

Molte aziende stanno adottando vari programmi di documentazione computerizzata e riconoscono le opportunità fornite dai processi automatizzati di movimentazione dei materiali: maggiore produttività, utilizzo ottimale dello spazio, servizio clienti di alta qualità, manodopera ridotta e flusso di materiale più efficiente. B. Oxford Cold Storage Company di Melbourne, specializzata nella raccolta, immagazzinamento e trasporto di dati per attività di elaborazione hardware, utilizza terminali dati portatili in radiofrequenza (sistemi di terminali radio) per gestire i magazzini di prodotti freschi e congelati. Usa i codici a barre per scansionare gli articoli che entrano nel magazzino e assegnare le posizioni di stoccaggio tramite PC. I dati raccolti diventano parte integrante del sistema informativo del magazzino.

2.7.2 Storage

Questa è la funzione principale del magazzino, cioè la funzione del magazzino, attorno a queste tre domande fondamentali:

1. Per uno SKU, quanto inventario dovrebbe essere immagazzinato nel magazzino?
2. Qual è la frequenza e il tempo per il rifornimento del magazzino SKU?
3. Dove dovrebbero essere immagazzinati, distribuiti e spostati SKU tra le diverse aree di stoccaggio?

Questioni molto importanti sono l'assegnazione delle posizioni di stoccaggio degli SKU in ogni reparto, la programmazione dei movimenti di magazzino tra i reparti e l'ubicazione dei magazzini nei reparti. La suddetta decisione si basa su standard di efficienza, che riguardano la capacità di stoccaggio e l'efficienza di accesso per il prelievo degli ordini. Una volta determinato il reparto, è necessario determinare quale SKU deve essere immagazzinato e quale reparto deve essere assegnato, il numero di reparti corrispondenti della SKU e il modo di movimento.

Ad esempio, se un reparto è dedicato a un determinato cliente, tutte le SKU vengono assegnate a quel cliente; oppure se le SKU vengono immagazzinate e prelevate solo in unità pallet, verranno assegnate esclusivamente al reparto di stoccaggio pallet. In alcuni casi, gli SKU

possono essere assegnati a più reparti diversi in base ai tipi di stoccaggio e alle capacità di gestione dei materiali.

Una pratica comune è quella di creare un'area fisica separata, ovvero "prelievo rapido", ovvero prelievo rapido quando la domanda è elevata e il prodotto cambia rapidamente. Ciò significa costi di prelievo ridotti, ma la premessa è elaborare più materiali per fornire l'area anteriore dall'area di riserva. Poiché la dimensione dell'area frontale è limitata, è necessario valutare quali SKU e quantità devono essere posizionati.

Nel 1990, Hackman ha risolto il problema di determinare lo SKU da allocare all'area di front-end e come gestire lo spazio tra gli SKU allocati tramite un algoritmo. L'obiettivo è ridurre al minimo i costi di movimentazione, prelievo e rifornimento dei materiali. Nel 1994, Frazelle (1994) ha studiato i problemi di cui sopra e le loro soluzioni, utilizzando la dimensione della zona anteriore come variabile decisionale. Il costo nel suo modello si riferisce alle attrezzature nell'area di prelievo rapido e alla movimentazione dei materiali per il prelievo e il rifornimento degli ordini.

Van den Berg (1998) ha considerato il problema del rifornimento del carico unitario: ogni viaggio può rifornire solo un'unità assegnata all'area del fronte. Considera inoltre i magazzini nei periodi di scadenza e di inattività, in modo che il numero di rifornimenti alla data di scadenza possa essere ridotto e il rifornimento viene effettuato durante il periodo di inattività. Viene proposto uno speciale metodo euristico per la ricerca dello SKU impostato da posizionare nell'area di front-end, che minimizzerà il tempo totale di lavoro previsto relativo al picking.

2.7.3 Zoning

Si tratta di un'operazione di progettazione del magazzino, compresa la distribuzione delle merci a diversi reparti, suddivisi in aree di prelievo. L'area di prelievo è un gruppo di posizioni di magazzino che di solito sono vicine tra loro e contengono un certo numero di SKU. Per dividere il reparto in aree, è necessario organizzare le attività di order picking, ovvero il prelievo per area.

Ogni selezionatore assegnato alla propria area preleva solo i prodotti immagazzinati in quella specifica area. Se l'ordine contiene articoli disponibili in tutte le aree, l'ordine può passare attraverso tutte le aree di prelievo e quindi trasferito al reparto di confezionamento per il completamento. Il vantaggio fondamentale della suddivisione in zone è che i raccoglitori devono ritirare uno spazio limitato per prelevare le merci, in modo da poter risparmiare tempo di viaggio tra le stazioni, maggiore conoscenza delle SKU, tempi di prelievo più brevi e minimizzare i costi.

2.8 Assegnazione del deposito

Il problema di **allocazione della posizione di archiviazione (SLAP)** consiste nell'allocazione dei prodotti acquistati nella posizione di stoccaggio, lo scopo è ridurre i costi di movimentazione dei materiali e migliorare il tasso di utilizzo dello spazio. In base ai dati specifici del reparto SKU e alla tecnologia di archiviazione, vengono utilizzati diversi metodi SLAP. Le informazioni utilizzate per risolvere il problema di allocazione sono le seguenti:

- Informazioni sulle aree e sui luoghi di stoccaggio, inclusa la disponibilità, la configurazione fisica e il layout;
- Informazioni sul gruppo di articoli da immagazzinare e relativa ora di arrivo e partenza, dimensioni effettive e quantità;
- Determinare la posizione fisica in cui verrà archiviato l'articolo in arrivo.

Nel problema dell'**allocazione del luogo di stoccaggio basato sul materiale** (SLAP / II), si presume che si comprendano appieno i tempi di partenza e di arrivo dei singoli materiali. Questo è un problema basato sul presupposto che due elementi possono occupare la stessa posizione di archiviazione, ma non possono occupare più posizioni di archiviazione contemporaneamente.

Il problema di **allocazione della posizione di immagazzinamento in base alle informazioni sul prodotto (SLAP / PI)** è la pratica più comune e si basa solo sulla conoscenza del prodotto, come l'articolo da immagazzinare. I prodotti possono essere suddivisi in vari gradi di dimensione o tassi di utilizzo. Il problema dell'allocazione consiste nell'assegnare singoli articoli a categorie di prodotti in base alle caratteristiche del prodotto e quindi assegnarli alle posizioni di stoccaggio.

Le condizioni di assegnazione più comuni sono:

- Popolarità: definita come il numero di operazioni di archiviazione / ripristino per unità di tempo. Le categorie di prodotti vengono ordinate in base alla popolarità decrescente. La posizione che richiede la maggiore allocazione è la posizione più popolare.
- Inventario massimo: definito come lo spazio di archiviazione massimo assegnato alla categoria di prodotto. Le categorie di prodotti sono classificate aumentando l'inventario. Nella posizione più necessaria, memorizzare la posizione con l'inventario più grande e il più basso;

- Per-Order Cube Index (COI): definito come il rapporto tra lo spazio di archiviazione massimo richiesto per le operazioni di stoccaggio / riciclaggio per unità di tempo. Le categorie di prodotti sono classificate in base al valore COI aumentato. La categoria con il COI più basso viene memorizzata nella posizione più ideale.

La definizione di "posizione più necessaria" dipende dal sistema e dal modello di guida. Ad esempio, se il metodo di percorso utilizzato per la guida è il metodo di percorso di un sistema convenzionale a più corsie parallelo, la posizione più necessaria è nella corsia più vicina alla stazione I / O.

Per scegliere una strategia, devi conoscere tre indicatori principali:

- Indice di esercizio, che è il numero di esercizi per unità di tempo;
- Indice di rotazione, che è la portata in uscita / rotazione delle merci per unità di tempo;
- Indice di accesso, ovvero il numero di accessi a una data unità nel tempo.

Di seguito sono elencate le strategie più comunemente utilizzate ei loro vantaggi e svantaggi.

- Se ogni articolo è designato per un'area specifica del magazzino e nessun altro articolo può occuparlo, si verificherà uno **stoccaggio dedicato** (standard di ubicazione fissa). Il vantaggio di questo metodo è che la SKU può essere posizionata e compressa vicino all'ingresso e all'uscita per garantire un'efficace movimentazione del materiale. Tuttavia, richiede anche più spazio di archiviazione perché deve riservare un numero sufficiente di posizioni di stoccaggio per l'inventario massimo di ciascun prodotto.
- Lo **stoccaggio casuale** (standard casuale) consiste nel mettere le merci nella prima posizione libera. Al posto del numero di aree dedicate, viene utilizzato l'inventario medio del prodotto. Pertanto, l'indice di accesso è coerente con l'indice di rotazione. Ottieni un magazzino compatto. Tuttavia, questi oggetti devono avere velocità di movimento simili, altrimenti c'è il rischio di posizionare oggetti a basso movimento in una posizione comoda. Conserva un deposito per l'inventario massimo di ogni prodotto.

Quando le merci sono divise in almeno 2 o 3 categorie di stoccaggio (merci con capacità di movimentazione alta, media e bassa) e ogni categoria ha la propria area di magazzino dedicata, si verificherà lo **stoccaggio basato sulla categoria** (classificato per categoria). L'articolo in arrivo viene posizionato nella prima posizione libera nella tua zona. Le decisioni richieste dalla strategia di cui sopra riguardano la scelta del numero di categorie, la distribuzione dei prodotti di categoria e l'ubicazione di stoccaggio di ciascuna categoria. Poi ci sono altre decisioni per analizzare l'indice di accesso di ogni articolo e posizionarlo nella migliore posizione del magazzino. Con questa strategia, le dimensioni del magazzino sono

inferiori e non vi è alcun rischio di distribuire articoli sotto manipolati in luoghi eccessivamente confortevoli. Lo svantaggio è che è necessario uno sforzo maggiore per monitorare con precisione l'inventario.

Se non sono presenti informazioni sul progetto, si verificherà un problema di **allocazione della posizione di archiviazione basato su nessuna informazione (SLAP / NI)**. Si basa sui seguenti metodi:

- Closest-Open-Location (COL);
- Farthest-Open-Location (FOL);
- Random (RAN);
- Longest-Open-Location (LOL).

Le prime due stazioni vuote assegnate al prodotto sono rispettivamente la più vicina e la più lontana al lembo di ricezione. L'ultima stazione assegnata ha il tempo più lungo, mentre la terza è casuale. L'assegnazione dei luoghi di stoccaggio deve essere sufficiente a riflettere i requisiti del flusso di materiale che cambia dinamicamente in base alle stagioni e ai cicli di vita del prodotto.

2.9 Order picking

Include l'ordine e le operazioni di movimentazione dei materiali che devono essere prelevati dall'organizzazione. In termini di manodopera e capitale, è generalmente considerata l'attività di magazzino più costosa. Diversi metodi di prelievo degli ordini possono essere utilizzati nel magazzino, come il prelievo di un singolo ordine, il prelievo di un singolo ordine con partizioni, lo smistamento simultaneo e il prelievo in batch, l'elaborazione in batch del primo prelievo e il prelievo, l'elaborazione in batch di partizione, il prelievo dell'area dell'ordine di un singolo ordine, Prelievo nell'area della sequenza batch. La scelta reciproca è una decisione strategica perché ha un impatto ad ampio raggio su molte altre scelte di progettazione e operazioni di magazzino.

Tuttavia, indipendentemente dal metodo utilizzato, ognuno di essi include alcuni o tutti i passaggi seguenti: elaborazione batch, instradamento, ordinamento e ordinamento.

Analizziamoli separatamente:

2.9.1 Batching

Data una serie di ordini ricevuti dal magazzino, il problema è suddividerli. Gli ordini possono essere divisi per periodo di tempo (imballaggio) o per area di prelievo. Nel primo caso il tempo

di uscita è bilanciato tra le varie fasce orarie. La difficoltà è che il tempo necessario per prelevare il lotto non è noto finché il lotto non viene determinato e assegnato a ciascun raccoglitore. Nel secondo caso, a ciascun picker viene assegnato un batch, ovvero il picker si sposta nel magazzino e preleva un batch di ordini completi o un batch di viaggi in uscita di ordini frammentari. Durante il processo di reso, tutti gli articoli vengono quindi restituiti al reparto di confezionamento e viene ricevuto un nuovo lotto per ripetere il processo. Il numero di ordini assegnati a ciascun lotto è compreso tra 10 e 30. La suddivisione degli ordini tra i picker aiuta a ridurre al minimo la distanza o il tempo di viaggio totale. Tuttavia, nel problema dell'elaborazione batch, assegnare un ordine a un percorso del selettore significa che il selettore deve seguire un percorso che copre tutte le varie posizioni della SKU che compongono l'ordine.

Due algoritmi di elaborazione batch cercano di ridurre al minimo il carico di lavoro di prelievo totale. L'algoritmo seleziona inizialmente un ordine nel batch. Quindi aggiungere più ordini in base al parametro di prossimità del percorso fino a quando non è più possibile aggiungere ordini a causa di limitazioni di capacità, dove la capacità può rappresentare il tempo di prelievo totale, il numero di ordini in lotti o il peso massimo. Tuttavia, poiché le prestazioni dipendono dal metodo di allocazione dell'area di archiviazione, dalla struttura dell'ordine, dal sistema di archiviazione e dalla dimensione massima del lotto, l'algoritmo non può trarre conclusioni generali.

Nel 1979, Armstrong ha proposto una formula ingrediente nel sistema di raccolta ordini semiautomatico per ridurre al minimo il tempo totale di prelievo. Nel 1987, Cormier ha proposto un metodo di elaborazione batch euristico per ridurre al minimo il tempo medio ponderato di prelievo degli ordini e i ritardi in AS / RS. Gademann ha considerato il problema del picking degli ordini nel 2001, con l'obiettivo di ridurre al minimo il tempo massimo di transito dei lotti e utilizzare un algoritmo di branch and bound per ottimizzare la formula della soluzione.

Nel 2005, Olafsson ha considerato l'efficienza del picking e il tempo di elaborazione degli ordini e ha sviluppato un modello matematico per risolvere il problema combinato di batching e picking degli ordini..

2.9.2 Sequencing e routing per sistemi convenzionali multicorsia

La decisione di smistamento e percorso di processo nell'operazione di prelievo degli ordini consiste nel determinare la sequenza e il percorso migliori per selezionare o memorizzare un determinato insieme di materiali. Nel 1983, Ratliff propose un algoritmo di programmazione temporale polinomiale per risolvere il problema del venditore ambulante (TSP), che include l'assegnazione di posizioni di prelievo / stoccaggio per gli articoli e la determinazione di

possibili percorsi di viaggio. Presupposti: canali paralleli uguali, collegati a canali incrociati, singola stazione I / O e posizioni SKU assegnate. Secondo il metodo orizzontale, il picker attraversa l'intera corsia contenente al massimo un picker, entrando sempre da un estremo ed uscendo dall'altro. È possibile accedere allo stesso canale due volte da entrambe le estremità.

2.9.3 Sequencing e routing per unità di carico di AS/RS

Il problema di instradamento dell'unità di carico AS / RS accoppia l'operazione di memorizzazione e l'operazione di ripristino in un doppio ciclo di comando. Nel 1977, Graves ha dimostrato che un algoritmo ben congegnato può ridurre efficacemente la distanza di guida totale, specialmente per la guida improduttiva tra il luogo di stoccaggio e il luogo di restauro..

L'algoritmo è statico e dinamico. Ripara staticamente i blocchi di archiviazione, ordina le richieste ed esegui la programmazione successiva, ignorando le richieste di nuova archiviazione e ripristino. Quando arrivano nuove richieste nel sistema, l'algoritmo dinamico riordina l'archiviazione e il ripristino. Molti autori hanno studiato il problema della scelta di un punto di arresto in una cella di carico AS / RS, ovvero dove la macchina S / R si ferma quando il sistema è inattivo. Ciò comporta la riduzione del tempo di viaggio.

2.9.4 Sequencing e routing per sistemi a carosello

Il problema dell'ordinamento nel sistema a carosello è stato proposto per la prima volta da Bartholdi nel 1986. Ha proposto un algoritmo polinomiale per risolvere il problema nel migliore dei modi. Ha pensato di effettuare un ordine una volta. Rispetto al tasso di recupero degli ordini, quando il tasso di ordini di input è basso, l'effetto del prelievo e dello smistamento degli ordini non è evidente. D'altra parte, se il tasso di ordini in entrata è alto, è necessario considerare lo smistamento riducendo al minimo il tempo di viaggio non produttivo dalla posizione finale di un ordine alla posizione iniziale dell'ordine successivo.

In questo caso, sulla base del presupposto che ogni ordine venga prelevato lungo l'intervallo più breve che copre tutte le stazioni di prelievo ordini, viene proposto un algoritmo efficace. Van den Berg (1996) ha considerato il problema dell'ordine fisso, ma è necessario determinare l'ordine all'interno dell'ordine e ha proposto un metodo di programmazione dinamica efficace per risolverlo nel migliore dei modi.

I problemi di smistamento e instradamento sono i problemi più studiati nelle operazioni di magazzino. La maggior parte degli studi presume che i luoghi visitati siano noti. Il problema che più posizioni candidate possono essere utilizzate per il recupero o l'archiviazione di SKU è un argomento di ricerca interessante.

Per quanto riguarda la pianificazione delle operazioni di magazzino, l'elaborazione in batch è strettamente correlata al sequenziamento. Inoltre, a causa dei lotti limitati e ristretti nel magazzino, quando vengono eseguiti più cicli di prelievo degli ordini nello stesso periodo e nella stessa area, un'altra variante correlata del problema di smistamento e instradamento prenderà in considerazione il traffico.

2.9.5 Sorting

Ciò è necessario quando si recuperano più ordini contemporaneamente. Può essere eseguito durante il processo di prelievo (durante il prelievo) o dopo (dopo il prelievo). Il prelievo è molto semplice e di solito viene modellato aumentando il tempo di estrazione degli articoli. Utilizzare invece un sistema di smistamento a valle..

Gli articoli arrivano al nastro di accumulo, dove attendono lo smistamento. Una volta che altri articoli precedenti hanno completato il loro processo di classificazione, entrano immediatamente nel nastro trasportatore (in alcuni casi, questi articoli possono entrare nel nastro trasportatore anche se il processo precedente non è stato completato). Il trasportatore distribuisce gli ordini a vari canali di smistamento secondo regole di distribuzione specifiche e, infine, controlla, confeziona e trasporta gli ordini smistati prelevati dai canali di smistamento.

2.10 Autonomous guided vehicles (AGVs)

I veicoli senza pilota sono robot mobili comunemente utilizzati per il trasporto di merci e appartengono al campo dei sistemi di movimentazione dei materiali (MHS). Più precisamente, sono definiti come "veicoli elettrici senza pilota controllati da computer per la distribuzione delle attività, la selezione dei binari e il posizionamento".

Il primo camion AGV è stato costruito da Barrett Electronics a Northbrook, Illinois nel 1950. Con il passare del tempo, AGV continua a svilupparsi. Inizialmente trasportavano oggetti molto pesanti, come rotoli di carta non tagliati o blocchi motore. Negli anni '60 e '70, i sistemi per auto furono sostituiti da circuiti integrati. Il forte sviluppo in Europa (soprattutto Svezia e Germania) nei primi anni '70 subì un rallentamento negli anni '80, mentre negli Stati Uniti, al contrario, l'avvio fu lento e successivamente l'installazione di sistemi AGV aumentò notevolmente.

Lo sviluppo e l'innovazione della comunicazione wireless, della potenza di calcolo e dei componenti robotici hanno reso le auto a guida autonoma sempre più potenti, più

economiche e più piccole. Negli ultimi anni, un gran numero di auto a guida autonoma sono state introdotte in ambito industriale e in futuro si prevede che ci saranno centinaia di auto a guida autonoma non solo nell'ambiente industriale, ma anche in futuro.

I vantaggi dell'utilizzo di questi veicoli sono molteplici: garantiscono flessibilità, trasporto di carichi elevati, maggiore qualità e sicurezza, costi ridotti, possibili danni durante il trasporto, tempi di transito, inventario, personale e spazio necessario per la produzione. , Il miglior controllo del processo, dei materiali lavorati e dell'avanzamento degli ordini. Il produttore di cosmetici Maybelline (Maybelline) utilizza un sistema combinato composto da AS / RS e AGVS, che aumenta il numero di articoli raccolti quotidianamente di oltre il 50%. Nei giorni più produttivi, devono essere prelevati circa 90.000 articoli.

Il sistema basato su AGV è un sistema di controllo automatico in cui un gruppo di AGV si muove lungo una rete definita da binari fisici o tracce virtuali per eseguire una serie di attività.

Il sistema multi-agente (MAS) è un sistema generico in cui i veicoli autonomi eseguono compiti e comunicano tra loro tramite messaggi.

Il sistema multi-veicolo (MVS) è un sistema multifunzionale con veicoli robotici autonomi in grado di coordinare le attività per raggiungere gli obiettivi. Tuttavia, sebbene il sistema richieda loro di essere in grado di completare gli ordini dei clienti, ogni robot completa le attività indipendentemente l'uno dall'altro. Gli AGV trovano applicazione in svariati settori in ambito industriale (aerospaziale, automobilistico, elettronico, alimentare, cartario, farmaceutico, sanitario e tessile. Gli elementi principali che costituiscono i componenti AGV sono:

- Computer di controllo per la guida e le funzioni ausiliarie (carico, scarico, accoppiamento, disaccoppiamento);
- Una o più antenne guida fisse o mobili, collegate a un computer, possono fornire le informazioni necessarie al carrello stesso;
- Trasmettitore attraverso il quale il carrello invia i dati sulla sua identità e stato al sistema fisso a terra;
- L'interruttore rotante di alimentazione utilizzato per spingere in avanti il carrello e il motore dello sterzo;
- Rilevatore dello stato della batteria (normalmente circa 24 ore di piombo acido);
- Dispositivi di risparmio energetico attivi durante l'arresto del sistema;
- apparecchiature elettromeccaniche per la prevenzione delle collisioni, come i sensori a ultrasuoni;

• Segnali e dispositivi di sicurezza, come fotocellule, pulsanti di emergenza e allarmi acustici per i camion che hanno interrotto l'emergenza;

• Pulsantiera per qualsiasi operazione semiautomatica (guida automatica con anticipo manuale) o guida manuale e avanzamento manuale;

• Se c'è del potere di scivolare quando si carica la batteria o quando il carrello è fermo e / o si guida lentamente;

• Telaio portante, ruote, motori elettrici, dispositivi di trasmissione.Il carrello è dotato di un sistema di comunicazione delle informazioni e di un sistema fisso a terra. Nel sistema di comunicazione, il più affidabile e potente è l'infrarosso, che non è disturbato da linee elettriche e sistemi radio ed è di facile installazione. La rete del ricetrasmettitore si trova in più punti dell'area di lavoro, collegando il veicolo direttamente alla centralina. Se il carrello AGV è dotato di robot industriale di bordo o di attrezzature adeguate, la sua flessibilità sarà ulteriormente migliorata.

La velocità del carrello AGV può essere sincronizzata con la velocità di qualsiasi operazione (assemblaggio, saldatura), anche se il carrello è in movimento, l'operatore o il robot possono eseguire queste operazioni.

Il sistema di guida a sentiero fisso è suddiviso nelle seguenti tre tipologie:

Guida ottica

Si basa su un nastro fotosensibile di materiale gommoso spalmato sul pavimento, con una larghezza di circa 3 cm Il sensore ottico del carrello può "leggere" il nastro per ottenere informazioni sulla distanza percorsa e sui punti di sosta. Il carrello AGV può deviare dal binario, la distanza massima è di circa 15 cm, senza perdere il dispositivo di guida.

Guida induttiva

Utilizzare cavi multipolari da incassare nel pavimento ad una profondità variabile tra 10 e 15 cm. I cavi sono composti da conduttori, ognuno dei quali trasporta un segnale elettrico di una certa frequenza, inducendo così il campo magnetico rilevato da un'antenna posta sotto il veicolo. Hanno bisogno di una mappa dell'area in cui sta operando il camion e di una serie di punti di riferimento fissi che il camion può visualizzare. Hanno una maggiore flessibilità, ma il sistema di controllo richiede una maggiore potenza di calcolo. Lo schema di controllo del computer è diviso in due parti:

- Computer di gestione ordini (G.C.O), che riceve le richieste dal computer centrale ed elenca le richieste in un ordine specifico;

- Computer di controllo della guida (C.C.G.), che verifica lo stato del sistema di carrelli AGV attraverso le informazioni provenienti dai punti informazioni e dalle postazioni di lavoro.

Dopo l'interazione tra queste due parti, si decide quale richiesta è soddisfatta in un dato momento e quale carrello AGV è soddisfatto nel tempo libero: si ha quindi la gestione dell'impianto in tempo reale, attraverso varie installazioni che lì possono essere installate. Percorso e percorso, il sistema è particolarmente flessibile. pavimento.

Guida meccanica

Il veicolo si muove sulla pista. La precisione di guida e di avvicinamento è elevata, ma la flessibilità del percorso è molto bassa: ad eccezione delle parti di installazione con un raggio ampio, è impossibile realizzare il ritorno del binario.

Il sistema di guida a percorso variabile è classificato come:

Guida con riferimento cartesiano

Il veicolo corre su una griglia di riferimento cartesiana, dove speciali sensori rilevano le coordinate X e Y per determinarne la posizione specifica. Il contachilometri misura la distanza percorsa, mentre il giroscopio mantiene e corregge la direzione del veicolo (se necessario).

Guida inerziale

Il sistema è composto da un giroscopio, ruote con funzione contachilometri e sensori magnetici. Il giroscopio determina la direzione del veicolo, mentre sistemi come "encoder" contano il numero di rotazioni delle ruote. Il percorso è dotato di una plancia magnetica a pavimento per identificare la posizione del veicolo ed è identificato da un sensore magnetico posto sotto il carrello. Il sistema di navigazione sul camion utilizza queste informazioni per determinare la posizione esatta e correggerla se necessario.

Guida con telecamera

Questa è una tecnologia utilizzata per applicazioni speciali in cui l'interfaccia tra il carrello e altre apparecchiature richiede tolleranze molto strette in modo da poter ottenere metodi molto precisi.

Guida laser

La testa laser rotante posizionata sull'AGV emette un raggio innocuo per persone e oggetti, che colpisce più bersagli disposti lungo il percorso e rimbalza verso il filobus. La posizione del veicolo è determinata dal computer di bordo, che interpola i dati sulla distanza e sul tempo di riflessione ottenuti da una serie di bersagli colpiti. Questo sistema di guida automatica è una soluzione ideale per ottimizzare il trasporto interno in un ambiente industriale. Ad esempio, questo include i veicoli utilizzati per spostare pallet e merci più grandi (come i container).

Il sistema viene ricercato e dimensionato attraverso il sistema di simulazione per garantire la massima flessibilità, e attraverso il sistema vengono verificati layout, traiettoria, numero di task eseguibili e numero di veicoli richiesti. Lo stabilimento è completamente monitorato da un sistema di supervisione, che può verificare in tempo reale tutte le operazioni e le condizioni di parcheggio, e identificare automaticamente i dati relativi alle statistiche di produzione. In questo modo, l'intervento umano può essere ridotto alla minima funzione di controllo e ottimizzazione del processo produttivo. Pertanto, l'utilizzo di Laser-GV comporta la riduzione dei costi di installazione e la creazione di un ambiente di lavoro sicuro, costruito in modo semplice e lineare con un basso inquinamento acustico.

3 I veicoli a guida autonoma

3.1 Automazione nell'e-commerce

Il settore dell'e-commerce è decisamente uno dei settori che maggiormente hanno subito un'immensa crescita da quando è iniziata l'ondata rivoluzionaria del 4.0: le consegne ed il lavoro legato ad esse è cresciuto notevolmente, e allo stesso tempo gli ordini si sono ridotti di dimensioni divenendo addirittura singoli. In questo clima, il settore logistico ha dovuto sviluppare soluzioni sempre più moderne al fine di adattarsi alle esigenze del mercato.

Ciò che ha permesso lo sviluppo sempre più accelerato di questi sistemi è anche la crescita dei finanziamenti nell'ambito dell'automazione, i quali non rimangono più confinati al solo ambiente accademico ma si stanno espandendo in modo da coinvolgere e dare la possibilità anche a diverse start-up di USA, Cina, Germania e Giappone di sperimentare nuove forme di automazione, come robot che collaborano con gli umani nello svolgimento di svariate attività. Come evidenzia un articolo di DHL Trend Research: «Affinché un robot logistico sia utile non deve essere solamente capace di vedere, trasportare, afferrare e individuare gli oggetti, ma deve anche possedere una mente che sia capace di coordinare tutto questo».

I robot autonomi apportano notevoli vantaggi ad un'azienda, tra cui la riduzione dei costi dovuti alla manodopera, o anche un ottimo sostituto all'uomo in caso di carenza di personale, viene inoltre incrementata la velocità, la produttività e la precisione.

3.2 Kiva Systems

Il nostro viaggio all'interno dei veicoli autonomi che hanno preso piede nell'e-commerce del nuovo millennio inizia con Kiva Systems, una società che produce i migliori robot che automatizzano il processo di picking e imballaggio nei grandi magazzini.

Dopo molti anni di esperienza nel campo dei processi aziendali, Mick Mountz (Mick Mountz) ha avanzato l'idea che uno dei principali ostacoli che il reparto logistico deve attraccare è la bassa flessibilità del sistema di carico e scarico esistente e l'alto costo di adempimento. Ordine. Questo problema ha spinto Mountz a creare un sistema di prelievo degli ordini, imballaggio e trasporto in grado di consegnare qualsiasi articolo a qualsiasi operatore in qualsiasi momento.

Per realizzare la sua visione, Mountz ha pensato all'idea che l'uso di robot automatizzati in grado di trasportare merci dagli scaffali ai magazzinieri possa migliorare l'efficienza dei

processi di prelievo, confezionamento e trasporto. Nasce quindi nel 2003 Kiva Systems. Nel gennaio 2004, in collaborazione con i co-fondatori Peter Wurman e Raffaello D'Andrea, in un piccolo centro di distribuzione nell'area di Boston, progetta un e-commerce sistematico che ne segna l'inizio. Ciò distruggerà completamente il modo in cui le merci e il personale si muovono nel magazzino.

3.2.1 Kiva Material Handling System (MHS)

Il sistema di movimentazione automatica ideato da Kiva si compone da:

- scaffali mobili
- drive unit agent (DUA)

Gli scaffali mobili, chiamati pods, non sono altro che pile di vassoi sovrapposti l'uno sull'altro, in cui ciascun vassoio è a sua volta suddiviso in contenitori. L'unità di guida DUA è invece un robot autonomo molto affidabile, capace di trasportare carichi anche molto elevati e raggiungere una velocità di 5 km/h e che si orienta grazie ad un sistema integrato GPS specializzato agli spazi interni.

Il compito delle DUA è quello di trasferire gli scaffali dalle loro postazioni di deposito alle stazioni in cui un operatore estrae il prodotto opportuno dal contenitore che lo contiene.

Tutte le attività svolte dal robot come il prelievo, scannerizzazione di codici a barre e puntatori laser che identificano le posizioni di picking sono gestite da un computer centrale. L'impiego di un sistema automatizzato di picking che si basa sulla scannerizzazione di ogni prodotto, riduce notevolmente gli errori di prelievo, e di conseguenza riduce la necessità di effettuare un controllo finale della qualità.

Le stazioni si distinguono in stazioni di picking, collocate vicino ai nastri trasportatori in uscita, e stazioni di rifornimento, collocate invece vicino ai punti di consegna dei pallet.

Il sistema MHS è un programma interamente scritto in linguaggio Java, e nasce grazie a diverse tecnologie impiegate del campo dell'intelligenza artificiale (IA) e dall'impiego di algoritmi che hanno l'obiettivo di migliorare le prestazioni dei robot nel tempo, ricavando contemporaneamente importanti parametri sullo stato e sulla salute del sistema. Il software presenta una natura multi-agente grazie al fatto che la fase di progettazione è stata eseguita da un team di tredici persone, gestito da esperti del campo dell'intelligenza artificiale e sistemi di controllo.

Oltre a MHS, è stato utilizzato un linguaggio di programmazione di eventi per sviluppare una simulazione di un sistema di realizzazione di robot, che è molto utile per esplorare algoritmi e analizzare il loro impatto sul sistema. La simulazione include la modellazione dettagliata del

movimento del robot, della geometria dello scaffale e delle operazioni manuali e viene eseguita facendo riferimento ai dati degli ordini simulati o ai dati dei clienti effettivi. Potrebbero essere necessari almeno 500 veicoli per installare Kiva in un grande centro di distribuzione.

3.2.2 Allocazione delle risorse

Il Job Manager (JM) monitora l'allocazione delle risorse nell'intero sistema e interagisce con il sistema di gestione del magazzino. Per risorse ci riferiamo a: spazio sugli scaffali della postazione di lavoro, DUA, contenitori di stoccaggio e inventario. La comunicazione tra l'unità di guida e la stazione di inventario viene effettuata utilizzando più di cento linguaggi XML. JM riceve gli ordini dei clienti e assegna unità, scaffali e postazioni di lavoro per eseguire le attività. L'agente della stazione di magazzino informa l'unità di azionamento di eseguire e segnalare le attività. Il sistema di allocazione delle risorse si basa su quattro regole precise:

- Corrispondenza fisica. Nella maggior parte dei casi, ogni oggetto fisicamente diverso deve avere un agente.
- Packaging informativo. Ogni agente dovrebbe conoscere solo informazioni sufficienti per svolgere il proprio lavoro. Ciò riduce la quantità di dati a cui è necessario accedere tramite il database.
- Proprietà di una singola postazione: sebbene più postazioni possano richiedere informazioni, solo una persona può modificare in modo permanente le informazioni e registrarle nel database;
- Divisione del lavoro: gli agenti sono candidati all'incapsulamento delle informazioni e le loro attività sono indipendenti e separate dal precedente e dall'impatto di alcune operazioni di allocazione delle risorse.

Ad esempio, supponiamo che l'operatore debba prelevare i prodotti dal lato A dello scaffale Y. JM dice alla stazione di lavoro Z di richiedere all'unità di guida X di recuperare lo scaffale. La postazione di lavoro non ha bisogno di sapere dove si trova lo scaffale, né di comunicare all'apparecchiatura come maneggiare lo scaffale. Al termine dell'operazione di prelievo, la stazione di lavoro rilascerà lo scaffale e il DUA (nessun'altra responsabilità) richiederà un luogo di stoccaggio. La struttura del sistema multi-agente garantisce vantaggi informatici e organizzativi. Nel primo caso, la scomposizione naturale dei calcoli può essere distribuita su tutti i server necessari secondo criteri di affidabilità, robustezza e vincoli di sicurezza.

In particolare, è necessario scomporre la struttura gerarchica del sistema, il flusso di informazioni tra i componenti informatici e le parti informatiche che devono risiedere in ogni sottosistema.

Ogni agente deve essere capace di gestire il fallimento dell'agente con cui comunica. I vantaggi organizzativi sono legati alla separazione del codice, che rende più facile sapere dove trarre vantaggio da alcune funzionalità.

3.2.3 Assegnazione delle risorse

Fondamentalmente, i raccoglitori e i rifornimenti devono occupare completamente lo spazio minimo di inventario e l'hardware minimo. Per raggiungere questo obiettivo, è necessario un buon algoritmo di allocazione delle risorse. Questo deve essere fatto in tempo reale, perché si prevede che il cliente venga consegnato lo stesso giorno e potrebbero esserci migliaia di ordini. Le attività di allocazione delle risorse includono l'assegnazione del lavoro ai dipendenti della stazione o l'assegnazione, il rifornimento e la conservazione degli scaffali. Quando più articoli vengono rimossi dallo scaffale, il costo del sistema verrà ridotto e quando gli ordini della workstation condividono prodotti comuni, il costo del sistema verrà ridotto**.**

Dopo aver assegnato il lavoro alle postazioni di lavoro, verranno selezionati i ripiani e le guide necessarie per il trasferimento dei prodotti in entrata nell'imballo. La selezione si basa su un algoritmo che combina la distanza e il numero di prodotti necessari disponibili sullo scaffale candidato. Risolve anche il problema dell'imballaggio trovando un contenitore adatto in base alle dimensioni dell'articolo. Nella stazione, il sistema seleziona i posti auto disponibili per i pod. I rack che hanno maggiori probabilità di essere utilizzati devono essere tenuti vicino alla stazione.

3.2.4 Pianificazione del percorso

La griglia formata dall'installazione di Kiva costituisce una mappa del percorso bidimensionale bidimensionale, dove i codici bidimensionali sono installati sul pavimento. L'istruttore utilizza il piano di implementazione A* standard per pianificare i percorsi verso le posizioni di stoccaggio e le stazioni di inventario. DUA è responsabile del raggiungimento degli obiettivi nel modo più efficiente possibile. Ad esempio, nel caso di più stazioni che richiedono lo stesso scaffale e che visualizzano più facce della stessa stazione, il robot deciderà quale stazione visitare per prima e in quale ordine visualizzare i lati del pod per ridurre al minimo lo spostamento tempo.

3.2.5 Benefici

La potenza della soluzione Kiva sta nella capacità di consentire a ciascun picker di accedere simultaneamente a qualsiasi inventario nel magazzino riempiendo più scatole

contemporaneamente: il sistema Kiva fornisce un nuovo scaffale per la stazione di lavoro ogni sei secondi. Ciò significa che i picker non devono attendere l'arrivo degli scaffali: la velocità di prelievo di base raggiunge le 600 file all'ora, che possono essere superate quando vengono prelevati più articoli dallo stesso scaffale.

Anche il risparmio del personale può essere notevole. Ad esempio, in una biblioteca, i librai possono spedire fino a 100.000 scatole al giorno. L'automazione tradizionale richiede l'assunzione di circa 75 lavoratori, che lavorano in turni ogni due intervalli di 8 ore per raccogliere, smistare e imballare gli ordini. In caso di utilizzo del sistema Kiva, il numero di lavoratori sarà ridotto a 31, 500 linee all'ora, 2 linee per scatola all'uscita e 16 ore di picking al giorno. Per un magazzino, 25 stazioni di inventario servite da circa 200 unità motrici sono sufficienti per il trasporto e lo stoccaggio di contenitori di magazzino. Di conseguenza, verranno consegnate 200.000 scatole. Meno dipendenti significa risparmi significativi sui costi.

Poiché ogni ordine è completamente completato da una persona e l'intervento sul prodotto è ridotto, non solo aumenta la produttività, ma aumenta anche la precisione e la responsabilità. Inoltre, ogni sito è completo e autonomo.

Nel magazzino Kiva tutto viene fatto in tempo reale. Gli ordini possono essere elaborati utilizzando qualsiasi stazione di servizio entro pochi minuti dal ricevimento. Ad ogni prodotto viene assegnato automaticamente un numero sufficiente di superfici di prelievo. A differenza del nastro trasportatore, se l'unità di guida si guasta, l'intero pavimento non si fermerà. Il resto del sistema continua a funzionare senza influire sulla produttività. Poiché non esiste un'infrastruttura fissa, un magazzino con 50 siti può essere portato online in poche settimane anziché in mesi. Ad esempio, Kiva ha installato un piccolo sistema a 2 stazioni in un giorno. I sistemi Kiva sono spazialmente flessibili perché possono utilizzare lo spazio verticale per fluire in più stanze. Possono anche essere ampliati: se la produzione in magazzino aumenta, allora basta avere un edificio abbastanza grande per aggiungere semplicemente più scaffali in base all'aumento della produzione, sono sufficienti postazioni di lavoro e componenti Kiva. In questo modo, i manager non hanno più bisogno di prevedere la produzione quinquennale, ma possono pianificare e implementare i magazzini in mesi anziché anni per adattarsi al meglio alle mutevoli condizioni di mercato.

In un'intervista condotta nel 2015 sul futuro della robotica, Raffaello D'Andrea ha parlato delle potenzialità di Kiva nella logistica e nella gestione del magazzino. Ha sottolineato che il modello di business originale non solo ha dimostrato di ridurre le risorse umane e i costi di consegna degli ordini, ma anche di garantire la flessibilità e l'adattabilità del cliente e di ridurre gli errori. Inoltre, a differenza dell'automazione tradizionale, con Kiva creare o modificare un magazzino è molto semplice: non ci vogliono 2 anni, ma meno di 2 mesi.

3.2.6 Implementazioni

Nel magazzino Kiva tutto viene fatto in tempo reale. Gli ordini possono essere elaborati in qualsiasi stazione di servizio entro pochi minuti dal ricevimento. Ad ogni prodotto viene assegnato automaticamente un numero sufficiente di aree di prelievo. A differenza del nastro trasportatore, se l'unità di guida si guasta, l'intero pavimento non si fermerà. Il resto del sistema continua a funzionare senza influire sulla produttività. Poiché non esiste un'infrastruttura fissa, un magazzino con 50 siti può diventare operativo in settimane anziché in mesi.

Il primo sistema Kiva venne adottato dal centro di distribuzione di Staples, un'azienda con sede in Pennsylvania, nell'estate del 2006. Vennero attivati 30 robot e cinque postazioni di lavoro.

Nella primavera del 2007, Kiva e Staples hanno installato una seconda fabbrica vicino a Denver, in Colorado, basata su OrderFetch (un nuovo sistema che ha eliminato l'uso di nastri trasportatori nel nuovo sistema). Il sistema Kiva utilizza la tecnologia laser e fotoluce come una normale postazione di lavoro per guidare l'operatore nel trasferimento del prodotto dallo scaffale di magazzino all'imballaggio. Quest'ultimo viene caricato sul pod OrderFetch spostato dal robot Kiva. Dopo essere arrivati alla stazione di prelievo, sono stati riempiti di merci, quindi sono passati attraverso la stazione di controllo qualità e infine sono stati ritirati presso la stazione di spedizione e caricati sul camion. La gondola vuota può tornare liberamente alla stazione di partenza per ricevere altre gondole vuote e il ciclo riparte.

Kiva ha una fabbrica permanente a Woburn, Massachusetts, che dimostra le numerose caratteristiche della sua tecnologia. La configurazione della postazione è diversa, ci sono 250 contenitori di stoccaggio e 60 unità guida.

Fig.10 Struttura dimostrativa Kiva di Woburn .

3.3 Amazon

Il grande successo dei veicoli autonomi progettati da Kiva Systems nel campo della logistica di magazzino è senza dubbio un nuovo millennio che ha attirato l'attenzione agli occhi di uno dei maggiori colossi emergenti dell'e-commerce nei primi anni.

Nel 2012, il fondatore e CEO di Amazon Jeff Bezos ha acquistato Kiva System per $ 775 milioni al fine di rendere il suo centro di distribuzione (DC) il più efficiente possibile, anche se era disponibile, Ma ancora si è appropriato indebitamente di tutti i prodotti Kiva. Amazon ha attivato più di 100.000 robot. Di conseguenza, Kiva intende continuare a fornire la sua tecnologia ad altri rivenditori, ma ha smesso di vendere prodotti a clienti, concorrenti e gestori di magazzino che utilizzano il servizio e queste vendite sono interamente concentrate su Amazon.

Nell'aprile 2015, Amazon ha ribattezzato Kiva in Amazon Robotics. Un anno dopo, uno dei sistemi di vecchia generazione costruiti su Kiva Systems ha dato vita al famoso robot con guscio arancione, che ora è diventato una caratteristica di tutti i centri operativi Amazon. Amazon ha attualmente 31 magazzini, di cui 300.000 robot Kiva in rapido movimento dominano, e 100.000 di questi sono utilizzati nei 25 centri più avanzati in tutto il mondo.

Amazon è un simbolo globale di efficienza e velocità: si scopre che il suo robot Kiva è un tipo di automazione in grado di garantire un notevole risparmio di costi e tempo rispetto a una forza lavoro composta interamente da persone. I dipendenti di Amazon non devono più percorrere quasi 20 chilometri durante la giornata lavorativa per spostare le merci.

Secondo Dave Clark, vicepresidente delle operazioni globali e del servizio clienti di Amazon, l'arrivo dei robot ha ridotto le spese operative dell'azienda di circa il 20%, il che significa un risparmio di circa 22 milioni di dollari in costi logistici. Ogni centro logistico. Distribuendo i robot Kiva in circa 110 centri di distribuzione non ancora automatizzati, l'azienda può ancora risparmiare 2,5 miliardi di dollari.

Se nei magazzini non robotici il ciclo del prodotto dall'acquisto dell'utente alla consegna dura dai 65 ai 75 minuti, in quei magazzini controllati dai robot Kiva il ciclo è stato ridotto a 15 minuti. Altre analisi eseguite indicano che il magazzino robotizzato può ospitare più spazio di inventario, con un aumento del 50% delle merci.

Secondo Daniel Theobold, co-fondatore della società di robotica Vecna Robotics, la consegna di 100 milioni di prodotti in due giorni è la principale innovazione di mercato di Amazon.

Per ridurre ulteriormente i costi e accelerare la logistica, Amazon ha sviluppato un nuovo sistema di automazione per la fase finale della consegna in un laboratorio robotico situato in un parco industriale a North Redding, Massachusetts. In particolare, ha investito in droni che arrivano fino alla porta dell'acquirente.

3.3.1 Il robot Kiva

Nel magazzino di Amazon, ci sono un gruppo di robot arancioni, che assomigliano a grandi dischi da hockey, o persino aspirapolvere automatici domestici, pieni di pile di articoli per i clienti. Girano le ruote avanti e indietro, ruotano di 90 gradi o girano da sole e si sfiorano l'una contro l'altra. Possono raggiungere una velocità di circa 8,5 km / h.

Il robot Kiva pesa circa 145 kg, è alto circa 41 cm e può sollevare un carico di 340 kg. Ha attraversato lentamente il pavimento, ha letto i codici QR e Datamatrix 2D e ha confermato il comando prima di effettuare qualsiasi movimento. Dopo aver raggiunto uno specifico ripiano, il robot attiva un meccanismo di sollevamento intelligente a forma di X, che solleva la vite a ricircolo di sfere ruotandola in una posizione appropriata. La vite a ricircolo di sfere può sostenere migliaia di chilogrammi a pochi centimetri da terra. Il pod viene sollevato e sollevato, mantenendosi parallelo al pavimento.

Il meccanismo di sollevamento è ottenuto mediante stampaggio ad iniezione. Le viti sono i componenti più complessi e costosi, che vengono collegati a cuscinetti a sfera interni e pignoni esterni durante le operazioni di rotazione e sollevamento. Entrambe le superfici del cuscinetto in alluminio sono rivestite con una pellicola anodizzata impregnata di Teflon per prevenire la corrosione. Il robot ha tre assi di movimento indipendenti: due ruote motrici e un motore per il sistema di sollevamento, con una potenza di circa 1 kW e una coppia motrice di 3 Nm. Il riser e altri elementi strutturali (ad esempio, blocchi motore e attuatori idraulici) hanno getti in lega

di alluminio 319 di alta qualità per uso generale. Quindi, ogni componente viene elaborato due volte per aggiungere fori filettati.

Sebbene il robot Kiva sia monitorato da un server cloud, ogni movimento di sollevamento e controllo di varie quantità di merci richiede apparecchiature elettroniche piuttosto serie. Ci sono sensori a infrarossi su ciascun lato dell'alloggiamento, paraurti pneumatici per evitare collisioni e una serie di LED che indicano l'attività del robot. Ogni sensore a infrarossi ha una propria logica di filtro integrata e comunica tramite un bus seriale. Puoi anche controllare il modulo di controllo wireless.

Sul retro del robot ci sono quattro batterie al piombo-acido e un bus ad alta corrente. Entrambe le metà dello scafo sono confezionate sottovuoto con router CNC realizzati in polimero termoplastico ABS (acrilonitrile-butadiene-stirene). Sulle curve della parte anteriore e posteriore del robot è presente un sensore di pressione in PVC (cloruro di polivinile) e tubo di gomma, la cui funzione è quella di fermare il robot non appena viene rilevata la variazione di pressione. Quindi, il sistema riceve la linea di pressione e aggrega tutti i sensori IR per semplificare il protocollo e il cablaggio del controller principale.

La doppia sospensione è composta da tre parti di alluminio fuso in sabbia, che formano la maggior parte del corpo principale e sono collegate da semplici perni a forcella. Sul retro del robot è presente un dissipatore di calore per il fissaggio del MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), essenziale per il circuito di controllo del motore. Il sistema è alimentato da quattro batterie piombo-acido da 12 V 28 Ah collegate in serie, due delle quali sono installate sotto la staffa di montaggio con termocoppie antisurriscaldamento. Quando la corrente si esaurisce, i robot si disconnetteranno ed entreranno nella stazione di ricarica, dove rimarranno bloccati.

Il meccanismo di sollevamento nasconde il modulo di imaging a doppia telecamera: la telecamera guarda in alto per riconoscere il codice a barre 2D sul pavimento del magazzino; l'altro lato è rivolto verso l'alto, in fondo a ogni ripiano. Ognuno ha 6 luci LED rosse integrate. Tra le due telecamere c'è una scheda di elaborazione delle immagini che utilizza un processore multimediale che esegue il rilevamento del codice Datamatrix 2D e la trasmissione seriale dei risultati.

Il circuito di controllo del motore è alimentato da una batteria con una tensione CC di 48 V e una barra filtrata separata fornisce l'alimentazione per l'unità logica, l'unità di informazioni e il processo di controllo. I componenti elettronici del motore trifase brushless sono completamente personalizzati dal cliente e pilotati da tre circuiti, ciascuno con un sensore di corrente e 6 transistor ad effetto di campo ad alta potenza. La scheda figlia riassume le funzioni del sistema, coordinando il modulo wireless, l'unità di imaging, il sensore di pressione a infrarossi, la gestione dell'alimentazione e il driver del motore. L'unico circuito disponibile

sull'intero robot è il modulo di comunicazione: un router specifico che dispone di un unico modulo wireless con configurazione a doppia antenna ed è collegato alla scheda logica principale tramite Ethernet.

Fig.11 Un'unità Kiva in un centro di Amazon.

3.3.2 Il magazzino di Amazon

L'operazione di memorizzazione viene eseguita secondo la nuova logica. I robot guidano e gli scaffali sono guidati da loro. Il più grande magazzino di Amazon copre un'area di 93.000 metri quadrati, equivalenti a circa 17 campi da calcio, circondato da magazzini, che sono responsabili del ritiro o del posizionamento degli articoli sugli scaffali mobili, mentre i robot circolano nel mezzo. Di solito, il lavoro manuale in un magazzino comporta la ricerca di tutti i pacchi relativi a un particolare ordine e la loro spedizione nella posizione corretta.

Amazon ha calcolato che un magazziniere deve viaggiare da 7 a 15 miglia per spedizione, che è una lunga distanza. A tal fine si è rivolto alla soluzione del robot Kiva, di tipo "picking": il loro compito è quello di prelevare subito l'intero scaffale e consegnarlo a un impiegato umano, che seleziona la fonte della merce per la merce nel punto di carico. Trasporto; quindi, il robot sostituirà lo scaffale nella posizione iniziale, quindi un nuovo scaffale e così via.

Il reportage di Quartz rivela la strategia adottata dalla fabbrica di Jeff Bezos: nei 149 magazzini di Amazon, gli oggetti non sono disposti in modo preciso o ordinato, ma in modo casuale. Nei magazzini tradizionali, diverse unità dello stesso prodotto vengono collocate nella stessa posizione. Tuttavia, nei magazzini Amazon, quando arrivano le merci, i dipendenti ritireranno i singoli prodotti e li posizioneranno immediatamente nello spazio disponibile che trovano, indipendentemente dalla posizione. Quindi, tramite apparecchiature elettroniche, indicano al sistema aziendale l'ubicazione del prodotto.

Ciò significa che non ci sono scaffali dedicati a tipi di prodotti singoli e proprietari (come il dentifricio) e questi scaffali rimarranno vuoti una volta completato il tubo. Invece, gli scaffali

sono sparsi in tutto il magazzino, il che aumenta la probabilità che, indipendentemente da dove si trova il raccoglitore, raggiungerà il tubetto di dentifricio più vicino. Inoltre, riservare spazio a scaffali di singoli prodotti significa dover disporre di un magazzino più ampio.

Alla fine degli anni '90, solo il 20% dei magazzini utilizzava metodi casuali per la disposizione delle merci. Attualmente, questo numero è aumentato del 30%. Al centro operativo Amazon a Luton, nel nord di Londra, la situazione è cambiata. Una volta (ancora in un magazzino tradizionale fino ad oggi), i dipendenti attraversavano il corridoio e mettevano questi articoli sugli scaffali, li ripiegavano per raccogliere questi articoli e infine li imballavano e li spedivano alle persone che li compravano online.

I lavoratori sono fermi, più di mille robot sono in funzione per 20 ore al giorno e il resto è in manutenzione. D'altra parte, i magazzinieri lavorano quattro giorni alla settimana, dieci ore al giorno. Stefano Perego, direttore delle operazioni di Amazon nel Regno Unito, ha dichiarato: "Non abbiamo più bisogno di perdere tempo a cercare spazio o a trovare prodotti". Secondo lui, i magazzini robotizzati operano il 15% più velocemente dei magazzini tradizionali. Questo è proprio uno dei principali vantaggi forniti dai robot Kiva.

3.4 Alibaba group

Per colmare il vuoto lasciato dai sistemi software di magazzino e dai robot di Kiva rimossi dal mercato, chiunque non appartenesse ad Amazon ha dovuto trovare altre opzioni per rimanere al passo della crescente domanda dei clienti. Un esempio è Cainiao, il braccio logistico di consegna del gigante cinese dell'e-commerce Alibaba. Nel 2017, Cainiao ha aperto un magazzino automatizzato a Huizhou, in Cina, che copre un'area di circa 3.000 metri quadrati, con una superficie di oltre 200 AGV e robot utilizzati da Amazon. molto simile. Anche il funzionamento del robot è molto simile a quello del robot Amazon Kiva. Infatti, fintanto che viene effettuato un ordine sul sito di Alibaba, verrà attivato l'AGV per identificare gli articoli ordinati in magazzino e trasportarli allo smistatore. Un addetto ordinerà Imballare e spedire ai clienti.

L'azienda ha affermato che da quando il magazzino è stato messo in funzione nel luglio 2017, la produzione è triplicata e la manodopera è stata ridotta del 70%. Secondo Alibaba, un lavoratore in un magazzino tradizionale ordinerà 1.500 prodotti in un turno di 7,5 ore e farà 27.924 passaggi per prelevare ogni articolo. Tuttavia, ora i robot mobili consentono ai dipendenti di ritirare 3.000 prodotti nello stesso turno, eseguendo solo 2.563 passaggi al giorno.

Il robot utilizzato nel magazzino Alibaba è un robot che può viaggiare ad una velocità di 1,5 m / se trasportare oggetti pesanti alla volta.Il peso massimo di ogni oggetto pesante non può superare i 500 kg. Dotato di sensori e laser per evitare collisioni, inizierà a funzionare non appena riceveranno le istruzioni tramite Wi-Fi. È molto flessibile e può ruotare di 360 gradi in modo da poter accedere a tutti e 4 i lati dello scaffale.

Dopo essere stato completamente carico, ogni AGV può funzionare continuamente per otto ore. Se la batteria è scarica, la posizionerà automaticamente nella stazione di ricarica. La ricarica per 5 minuti può alimentarlo per 4/5 ore. Al termine dell'attività, il robot riporterà la scatola di immagazzinaggio nell'area dello scaffale più vicina e tornerà alla sua posizione in attesa di un nuovo ordine.

Secondo Hu Haoyuan, un esperto di algoritmi eseguito da Cainiao, la gestione di questo tipo di flotta AGV deve affrontare alcune sfide: l'efficienza deve ancora essere ottimizzata e la congestione del traffico deve essere ridotta al minimo.

Fig.13 Robot di consegna dotato di Wi-Fi e funzione di ricarica automatica..

3.4.1 G Plus

La voglia di innovazione e automazione di Alibaba non si è però fermata alla sola realizzazione dell'AGV porta-scaffali impiegato all'interno del magazzino.

A partire dal 2018, Cainiao di Alibaba ha collaborato con la società cinese RoboSense per lanciare un robot per la consegna di pacchi senza pilota, che rappresenta la giusta alternativa a basso costo alle auto o ai camion per le consegne ed è più facile da produrre in serie. Il robot si chiama G Plus ed è stato rigorosamente testato sotto la guida di Jack Ma. Il robot si trova vicino alla sua sede ad Hangzhou, una grande città nella Cina orientale (dove si trova Alibaba).

Il dispositivo robotico ha un sistema integrato di riconoscimento facciale e navigazione che utilizza la tecnologia LIDAR e ha lo stesso scopo di un'auto a guida autonoma: creare una mappa 3D dei dintorni ed evitare gli ostacoli. Quindi, confronta le informazioni locali ricevute con il segnale GPS.

Il robot cammina al passo di un pedone con una velocità massima di 14,5 km / h. Se più persone e auto vengono rilevate nelle vicinanze, la velocità verrà ridotta a 9,7 km / h per fornire uno spazio di frenata sufficiente. G Plus può trasportare più confezioni di diverse dimensioni, che contengono una varietà di prodotti, compresi gli alimenti freschi. Ha una resistenza sufficiente per consentirgli di percorrere distanze maggiori rispetto al suo predecessore. Il suo contenitore di carico può essere regolato in base alle dimensioni del pacco da trasportare. Una volta arrivato a destinazione, il contenitore verrà aperto dal riconoscimento facciale del destinatario e il pacco verrà automaticamente immagazzinato.

Fig.14 Robot G Plus all'Alibaba Global Smart Logistics Summit 2018.

3.5 Exotec Solutions

Sulla scia dei robot autonomi realizzati da Kiva e dalla Cainiao, la Exotec Solution, una start-up francese di robotica fondata nel 2015 a Croix, si è spinta oltre, progettando e realizzando il primo sistema al mondo di preparazione degli ordini che utilizza robot capaci di muoversi in 3 dimensioni: i cosiddetti Skypods

Secondo Exotec Solutions, Skypods può gestire il doppio degli ordini rispetto ad altri robot logistici simili e muoversi quattro volte più velocemente e cinque volte più velocemente. Possono infatti arrampicarsi lungo gli scaffali fino a un'altezza massima di 10 m, e trasportare

la merce in magazzino ai dipendenti, che poi organizzano i prodotti da confezionare e li consegnano ai clienti. Possono elaborare da 600 a 800 ordini l'ora e il livello medio è Sono 200 i prelievi nel campo dell'automazione classica.

La prima installazione permanente del sistema Skypod è stata localizzata nei pressi di Bordeaux nel magazzino di Cdiscount, uno dei maggiori provider francesi di e-commerce. Attraverso il test di Skypods, la velocità di elaborazione degli ordini è aumentata in modo esponenziale. "Il sistema è stato progettato fin dall'inizio per garantire un'implementazione rapida e una scalabilità completa. Il software del sistema è supportato dalla più recente intelligenza artificiale, che ci consente di implementare in loco in pochi giorni anziché settimane", afferma l'azienda Ha detto il co-fondatore di Renaud Heitz (Renaud Heitz). l sistema inoltre ha il vantaggio di poter essere modificato ogni due anni. Romain Moulin, amministratore delegato di Exotec Solutions, ha suggerito che, rispetto alle infrastrutture fisse e pesanti, concentrarsi su sistemi flessibili, veloci e facili da implementare è la soluzione migliore per rispondere meglio alle rapide fluttuazioni della domanda e alle attuali richieste del mercato .

3.5.1 Sistema Skypod

Il sistema si compone di:

1. lo Skypod;
2. sistema di scaffalatura;
3. la stazione di controllo;
4. un controllore Wi-Fi Astar WCS[8].

Lo Skypod ha dimensioni 66x80x38 cm, un peso leggero e può contenere contenitori alti da 200 a 300 mm. Può raggiungere una velocità di 15 chilometri orari e può sopportare un peso di 30 kg a viaggio.

Per navigare nel magazzino, è alimentato da batterie agli ioni di litio. È dotato di lidar e di un sistema di navigazione con uno scanner laser senza infrastruttura, quindi può guidare ovunque nell'area di stoccaggio. Il laser lo ferma per evitare collisioni con altri robot. Viene caricato una volta ogni ora, quindi può funzionare ininterrottamente per 24 ore. Il controller Astar WCS distribuisce e coordina il movimento di 1000 robot Wi-Fi attraverso l'interfaccia con WMS. La

[8] Il Web Coverage Service (WCS) è uno standard che fornisce tramite un'interfaccia informazioni per lo scambio dei dati geospaziali sul web con descrizioni dettagliate; permette richieste complesse per questi dati e li restituisce con la relativa semantica di origine (anziché le immagini), in modo da essere interpretato, estrapolato, e non solo disegnato.

stazione di controllo ha un'interfaccia utente touch screen per una selezione ergonomica. Il robot presenta i seguenti vantaggi:

- Capacità e produttività: il sistema garantisce ergonomia e scalabilità, e appartiene alla tipologia "people-to-goods", cioè fissa i magazzinieri in un unico luogo durante il trasporto delle SKU;
- Flessibilità: non si basa sul batch o sulla combinazione di ordini, ma si adatta completamente alle modifiche nel file di configurazione dell'ordine;
- Disponibilità: può funzionare 24 ore al giorno per 7 giorni consecutivi e può essere mantenuto durante la produzione;
- Rispetto all'automazione tradizionale, il risparmio energetico è dell'80%;
- Reattività: ha la capacità di arrampicarsi sullo scaffale e rotolare a terra. Prezzi più alti significano poter immagazzinare di più e ottenere più merci in magazzino. Il robot può quindi trasferire rapidamente la merce nel magazzino ai dipendenti che gestiscono l'imballaggio e il trasporto. La sua velocità significa che meno persone possono lavorare.

Fig.15 Skypods nel magazzino.

3.6 Locus Robotics

Un’altra azienda che si è cimentata nella produzione di soluzioni innovative per la movimentazione delle merci in magazzino è la Locus Robotics, un’azienda di robotica che è diventata rapidamente un punto di riferimento per tutti i clienti che desiderano aumentare la produttività nelle operazioni di adempimento e soddisfare le mutevoli esigenze del mercato dell'e-commerce in rapida crescita.

All'inizio del 2014, Bruce Welty, fondatore e presidente di Locus Robotics, è partito dall'idea che l'automazione è l'unico modo per ridurre i costi, ha formato un team di esperti e ingegneri di robotica e ha sviluppato una tecnologia per migliorare l'efficienza del trasporto merci. Due anni dopo, Locus ha iniziato a operare con un sistema robotico per supportare ma non sostituire i dipendenti umani.

Il robot Locus Robotics è costituito da una base circolare con una piattaforma di appoggio sulla quale è possibile inserire un cesto con le merci. Si sono rapidamente spostati dai dipendenti del magazzino e hanno detto loro cosa portare attraverso un touch screen posizionato all'altezza del petto. Ogni dipendente responsabile di un reparto specifico recupera l'oggetto e lo delega al robot, quindi il robot si sposta nella posizione successiva.

Esistono diversi fattori positivi relativi alle soluzioni di traiettoria. Innanzitutto, questi robot si adattano facilmente a qualsiasi sistema di gestione del magazzino esistente. Pertanto, non è necessario riconfigurare o interrompere il flusso di lavoro. I robot garantiscono una maggiore e migliore produttività nell'e-commerce. Rispetto ai sistemi di picking tradizionali, i robot possono aiutare i lavoratori a elaborare più ordini in modo più rapido e accurato.

Pertanto, con la gestione delle stagioni e la fluttuazione dei volumi degli ordini, le operazioni di evasione sono più efficaci. I costi di manodopera sono notevolmente ridotti. I robot forniscono ai lavoratori del magazzino più tempo di attività, riducendo così al minimo il tempo impiegato ogni giorno per i viaggi a lunga distanza nel magazzino. Poiché non esiste un nastro trasportatore tradizionale, gli oggetti possono essere spostati solo da un punto all'altro, quindi è possibile garantire la flessibilità di spostamento delle scorte.

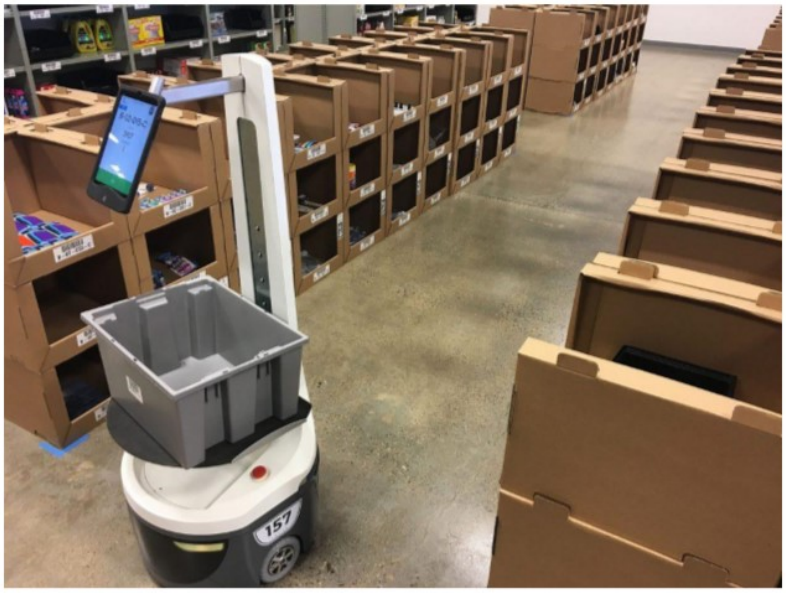

Fig.16 Robot autonomo creato da Locus Robotics a Wilmington.

3.7 Magazino

Tutte le soluzioni fin ora incontrate, dai robot di Kiva a quelli di Locus Solution, sono solamente adibite alla movimentazione autonoma della merce e degli scaffali all'interno del magazzino. In questo contesto entra in gioco l'azienda "Magazino", una delle più grandi start-up di robotica avanzata, con sede a Monaco, in Germania, la quale conferisce un'abilità che i robot precedenti non possedevano ovvero la capacità di prelievo degli oggetti. Essa, infatti, ha implementato un robot di prelievo, ossia un pick-by-robot, chiamato Toru utilizzato per magazzini automatici per la vendita online di ordini di dimensioni ridotte.

L'operazione è molto semplice: il robot percorre automaticamente ogni corsia fino a raggiungere uno specifico scaffale, quindi prende un contenitore da quello scaffale e ne analizza il contenuto. Una volta che l'elemento richiesto è determinato, lo riceverà automaticamente. Quindi, il robot immagazzina gli oggetti raccolti nel suo ripiano mobile integrato. Dopo il caricamento, trasporterà direttamente gli articoli alla stazione di trasporto.

Toru può raggiungere oggetti ad almeno 10 cm dal suolo e fino a 209 cm su entrambi i lati del corridoio del magazzino. In questo modo i dipendenti possono evitare di chiedere merce da scaffali molto bassi o molto alti.

Il robot può interagire in sicurezza con i lavoratori umani ed evitare ogni possibile ostacolo nell'ambiente di lavoro. Viene utilizzato per i processi in entrata e in uscita di magazzini casuali, ma viene utilizzato principalmente per elaborare scatole da scarpe nei magazzini. Un esempio è il FIEGE Mega Center Logistik GmbH di Ibnbrunn, che immagazzina più di un milione di paia di scarpe per spedizione e fino a 100.000 ordini al giorno in tutta Europa

Christoph Mangelmans riconosce che Magazino è un partner ideale, che consente a FIEGE Logistics di soddisfare le esigenze dei clienti finali che richiedono un trasporto flessibile, veloce e di alta qualità. In particolare l'azienda è in grado di far fronte ai picchi di ordini del lunedì mattina e stagionali, e la sera effettuare preparativi per evitare che compaiano le parti vuote del magazzino.

3.7.1 Toru

Il robot Toru è composto da una base mobile, una colonna di sollevamento rotante retrattile, collegata al sistema di presa, e ha un ripiano mobile. Può essere equipaggiato con una varietà di dispositivi e dotato di una telecamera 3D e può contenere vari oggetti rettangolari di peso inferiore a 20 kg. Identifica il prodotto da selezionare tramite codice a barre e riconoscimento laser.

Il vantaggio di Toru è che può essere facilmente integrato nel magazzino senza modificarne layout e processi. Si collega al sistema di gestione del magazzino tramite Wi-Fi e funziona 16 ore al giorno. Può trasportare fino a 30 oggetti a una velocità di 1,5 m / s.

Fig.17 Un esempio di Robot Toru

3.8 IAM Robotics

Analogamente alla soluzione del pick-by-robot proposta da “Magazino”, anche la IAM Robotics, un’azienda di robotica fondata nel 2012 a Pittsburgh, in Pennsylvania, ha seguito la scia sviluppando un robot a guida autonoma che preleva articoli dagli scaffali, chiamato Swift.

Dean Starovasnik, direttore di Solution Development, ritiene che il processo di selezione accurata degli articoli attraverso i robot debba richiedere l'intervento umano per riempire gli scaffali. Il robot è utilizzato anche nell'e-commerce alimentare e può ritirare il 75% dei prodotti (piccoli e quadrati) nel punto vendita. Può navigare automaticamente nel magazzino a una velocità di 200 ritiri l'ora. Lo Swift è composto da una base con ruote e da un braccio in grado di sostenere un carico utile di 7 Kg. La ventosa è collegata alla ventosa e può raggiungere i 45 cm sul ripiano.

Il carrello regolabile in altezza può entrare nel ripiano fino a 216 cm. Sul carrello è presente un contenitore sostituibile in modo indipendente, che può contenere fino a 23 kg di merce. Tom Galluzzo, CEO e fondatore di IAM Robotics, è stato intervistato e ha descritto il robot. Il prelievo è automatizzato, risparmiando sui costi 5 volte, la forza lavoro è stata semplificata ed

è stato organizzato un magazzino più organizzato. I dati vengono raccolti in anticipo, quindi il robot è stato addestrato su come selezionare ogni oggetto. Gli algoritmi di visione rapida possono elaborare rapidamente i dati ed estrarre informazioni su ciascun prodotto: immagine, peso, dimensioni e caratteristiche della superficie.

Uno scanner fotografico indipendente, Flash, fornisce i dati per comunicare con il sistema di gestione del magazzino per inviare un elenco di selezione visiva al robot. Flash costituisce una sorta di cabina fotografica in cui vengono inseriti campioni di ogni articolo i cui codici a barre sono stati precedentemente scansionati. A differenza del sistema Kiva, Swift non può ripristinare l'intero scaffale e non importa quale sia il prodotto, è solo una scatola. Galluzzo prevede che la tecnologia robotica IAM possa essere estesa in futuro al campo dell'e-commerce, cercando di implementare robot in grado di prelevare prodotti di varie dimensioni, forme e pesi.

Fig.18 Il robot Swift di IAM Robotics

4 Il caso Cubo Design S.r.l.

4.1 Il contesto aziendale

Il nostro studio esplorativo sulle potenzialità dell'Industria 4.0 continua con l'analisi di un primo history case italiano, ovvero quello della Cubo Design S.r.l.

L'azienda, fondata da Antonio e Giuseppe Arangiaro nel 2005, opera nel lavora del legno-arredamento, in particolare nella produzione di mobili e loro componenti, producendo e distribuendo cucine in tutto il mondo. Con sede ad Atri, in Abruzzo, l'impresa nasce come evoluzione del gruppo industriale Arangiaro, azienda ricca di "know-how" e con oltre 40 anni di esperienza accumulati nel settore dell'artigianato e dell'industria.

Grazie ai numerosi anni di esperienza ed un know-how ricco di conoscenza, la Cubo Design è stata in grado di diffondersi in pochi anni sia nel mercato italiano che in quello estero, esportando cucine in tutto il mondo sotto i diversi marchi di proprietà:

- *Binova*: Un marchio italiano di lunga data appartenente al dipartimento design / qualità, i suoi materiali e la sua lavorazione artigianale sono dominati da qualità, innovazione e design (perfetta performance del Made in Italy).
- *Urban Bva*: È un prodotto alternativo del marchio di riferimento Binova, ma appartiene al segmento di fascia media.
- *Miton*: È nella fascia di prezzo medio, da medio-bassa a medio-alta. L'obiettivo di guidare il progetto è quello di essere in grado di fornire componenti con design raffinato, durata e buona ergonomia.
- *Tlk Kitchens*: Nella fascia media del mercato, è un'alternativa al marchio principale Miton.
- *Bimba*: Come ultimo membro del marchio di design Cubo, copre il mercato di fascia bassa, ei prodotti fabbricati hanno buone caratteristiche tecniche e ottimo rapporto qualità / prezzo, che vengono venduti principalmente online.

Attraverso varie possibilità, Cubo Design può soddisfare ogni richiesta del mercato. Per soddisfare la domanda nazionale e internazionale di "Made in Italy", l'azienda fornisce un'ampia gamma di finiture, colori, materiali e la qualità del prodotto rappresenta il potenziale fondamentale dell'azienda. Cubo Design, attraverso il suo marchio, si diffonde in tutto il mercato nazionale e nei principali mercati esteri, e si è sviluppato nel tempo. La percentuale del fatturato totale del mercato estero nel 2016 è stata del 57,7%. Nel 2017 questa

percentuale è salita al 61,5%, a conferma della forte volontà dell'azienda di conquistare il mercato internazionale.

Per i dati forniti dalla società è evidente che, soprattutto nei mercati esteri, occupa una posizione di rilievo.Oltre all'attuale posizione consolidata nel mercato transalpino, negli ultimi anni si è andata allargando la scala del real estate in Nord America. Da sottolineare anche la presenza nel mercato asiatico, soprattutto in Cina, dove l'azienda conta attualmente 27 negozi in Cina, quasi tutti del marchio High-Hand del gruppo "Binova". Il mercato interno, che da molti anni soffre di una stagnazione quasi irreversibile, si basa su logiche tradizionali basate su clienti solidi e fedeli. Cubo design attualmente lavora con circa 900 clienti, 100 dei quali acquistati da tutti e 4 i marchi dell'azienda, e la percentuale massima di fatturato di ogni cliente non supera il 3%. Ciò ha prodotto, nonostante la crisi del mercato interno, un alto grado di dispersione, unito a una forte propensione all'export, che ha permesso a Cubo Design di svilupparsi.

Per aver sempre insistito su una politica di gestione del sistema produttivo estremamente flessibile e dinamica, anche se l'azienda stessa non è grande, l'azienda è comunque in grado di fornire prodotti che non siano gravati da alti costi di gestione (basti pensare che nel 2012 c'erano solo 38 dipendenti, ma Il fatturato è di 18 milioni di euro). Questa flessibilità e l'impegno del management ad entrare in modo sensibile nei mercati esteri hanno contribuito alla crescita costante dell'azienda, con un fatturato record di 36 milioni nel 2017, da 38 dipendenti nel 2012 a quasi 100 nel 2017. L'improvviso aumento del fatturato, e la necessità di far fronte a un numero sempre maggiore di ordini, ha iniziato a determinare il primo problema nella produzione e l'aumento dei costi di esercizio.

Fino al 2017, nello stabilimento di Casoli di Atri, Cubo Design ha adottato una strategia produttiva basata su una forte outsourcing dei processi produttivi, e l'azienda si è occupata delle tre fasi principali del sistema: ideazione, progettazione e produzione. Il prodotto si basa sul tradizionale sistema dell'isola di lavoro. Le attività svolte sono quindi: selezione dei semilavorati dal magazzino, personalizzazione dei prodotti secondo le esigenze del cliente, assemblaggio e spedizione. Secondo questa strategia, molti componenti necessari alla realizzazione dei prodotti finiti, inclusi accessori come cerniere e cassetti, sono forniti da società terze esterne, perché l'azienda non dispone di tutti i macchinari e l'organizzazione necessari per la produzione interna. All'aumentare delle richieste di mercato e degli ordini, le quantità di semilavorati accumulate in magazzino subivano un forte aumento, e il valore della produzione andava aumentando di anno in anno, passando da un fatturato di 16.060.470 del 2012 ai 36 milioni del 2017[9].

[9] Dati forni dalla Cubo Design S.r.l

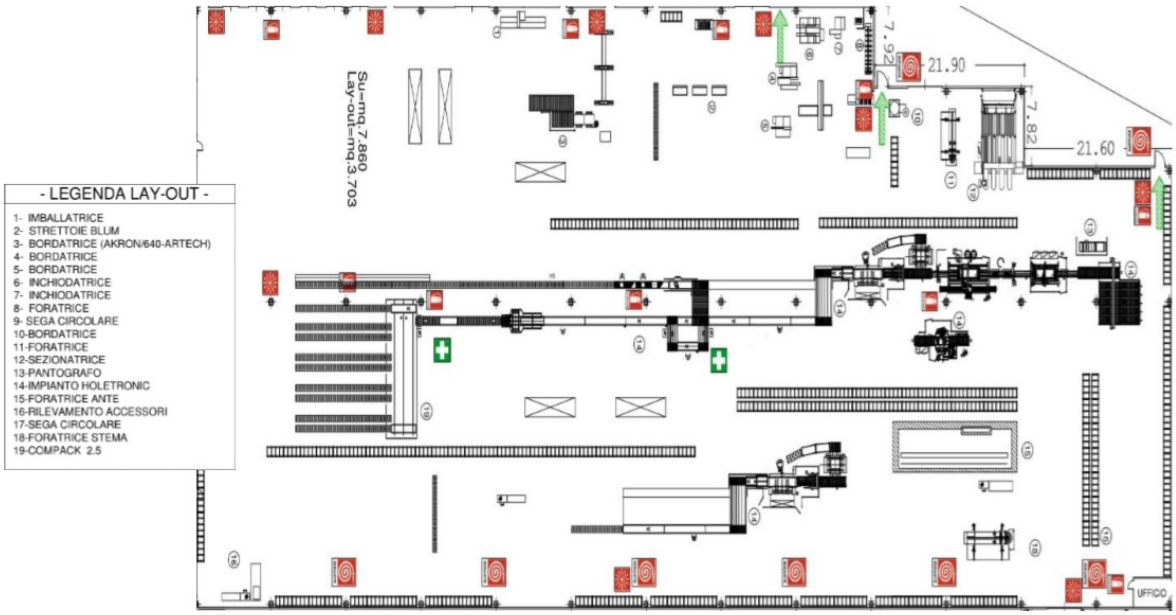

Fig.19 Layout vecchia linea produttiva Cubo Design[10]

La crescita di questi numeri rende necessario apportare modifiche all'intero sistema produttivo e investire in nuove macchine e nel numero dei dipendenti, ma questo non può risolvere i problemi strutturali di cui sopra, quindi l'incapacità di aumentare il terreno dell'azienda è un limite insormontabile per l'azienda. Nonostante l'azienda abbia fatto finora notevoli progressi nelle vendite, la saturazione della produttività sta ora provocando ritardi, che potrebbero danneggiare l'ottimo lavoro svolto finora. La linea di produzione utilizzata è progettata per ospitare circa 400 mobili per turno, ed è necessario raggiungere quasi 700 mobili per turno. Pertanto, sebbene l'azienda sia riuscita a raggiungere una crescita significativa del fatturato e della posizione di mercato in soli dieci anni, a causa della continua crescita dell'azienda, le pressioni produttive, gestionali e logistiche dell'azienda non sono state più mantenute.

È in questa situazione che il consiglio di amministrazione di Cubo Design ha deciso di fondare un nuovo stabilimento, decisione che potrà trovare soluzioni e risposte che soddisfino le esigenze dei prossimi anni: cambiamenti strutturali globali si concentreranno su tecnologie e innovazioni tipiche. Per essere in grado di soddisfare la crescente domanda e prepararsi alle sfide del futuro.

[10] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l.

4.2 L’idea del nuovo stabilimento

Nel 2016, il CEO Antonio Arangiaro si è ispirato al sistema produttivo di una fabbrica di automobili e ha proposto l'idea di creare un nuovo stabilimento per Cubo Design. La fabbrica è caratterizzata da un sistema di produzione integrato che integra tutte le fasi del processo In fabbrica, senza stringere troppo la struttura organizzativa, migliorando così produttività ed efficienza. Per realizzare l'innovativo progetto si è deciso di produrre tutte le ultime tecnologie basate sulla lavorazione del legno e dei suoi derivati, supportando anche la produzione immediata.

A causa delle innovazioni negli ultimi anni, i produttori di macchine per la lavorazione del legno hanno implementato tecnologie innovative più efficienti che sono state utilizzate in altri settori e la loro introduzione ha permesso di creare fabbriche dedicate alla produzione a basso volume.

Dopo che il governo italiano ha rilasciato il "Piano Nazionale Industria 4.0", l'obiettivo principale di Cubo Design è diventato chiaro, ovvero si propone di cogliere l'opportunità per trasferire l'intero ciclo produttivo alla famiglia per risparmiare denaro. Scala, riduci i costi di produzione e massimizza la personalizzazione del prodotto. Il progetto Cubo Design rappresenta uno dei primi esempi di “fabbrica intelligente” in Italia, quindi prevede la realizzazione di un sistema produttivo integrato in grado di coniugare personalizzazione del prodotto, pianificazione della produzione in tempo reale e standardizzazione dei processi. , Per abbreviare i tempi di consegna, migliorare l'efficienza e risparmiare economia, energia e materie prime.

Trasferendo in uno stabilimento tutte le fasi che compongono il ciclo produttivo, l'azienda può finalmente godere di economie di scala, che beneficiano del risparmio sui costi di acquisto di grandi quantità di materie prime ad un certo prezzo, e si confrontano con i prezzi elevati forniti da società di produzione esterne terze. I costi di produzione interna dei proprietari sono relativamente bassi, ei vecchi prodotti prodotti esternamente si affidano a società di produzione esterne di terze parti.

Al contrario, la nuova fabbrica è una "fabbrica intelligente" matura, che porta un alto grado di automazione nella linea di produzione ed è supportata da una serie di software e applicazioni per la gestione di tutti i vari processi aziendali. Ad esempio, la configurazione del prodotto, ovvero una serie di varianti del prodotto finale progettate per soddisfare le esigenze del cliente, la programmazione della macchina, la preparazione di piani di trasporto e di approvvigionamento per prodotti semilavorati e materie prime.

Se, come Cubo Design srl, si propone di raggiungere la soddisfazione del cliente massimizzando prodotti personalizzati, mantenendo i seguenti vantaggi, allora l'idea di

fabbrica innovativa e altamente digitale diventerà la soluzione migliore e molto competitiva Standard di prezzo. Questa strategia può essere implementata solo attraverso l'implementazione della tecnologia di fabbrica "Industria 4.0".

Pertanto, la nuova fabbrica mira a fornire ai consumatori di varie categorie beni e servizi altamente personalizzati a prezzi ragionevoli. La cucina componibile altamente customizzata rappresenterà una buona parte della produzione dello stabilimento, mentre la restante quota di produzione sarà dedicata alla produzione di accessori e prodotti d'arredo di supporto.

La progettazione del nuovo impianto utilizza le più recenti tecnologie ambientali per garantire un'elevata efficienza energetica nel rispetto dell'ambiente e della tutela dell'uomo. La realizzazione del progetto richiede un investimento complessivo di circa 20 milioni di euro, di cui il 30% sarà fornito dall'azienda tramite equity, e il resto sarà utilizzato da agenzie esterne, che ritengono di aver ben performato nelle opportunità e nelle strategie previste dal "Piano Nazionale Imprese 4.0".

Il nuovo stabilimento ha una superficie totale di 25.000 mq, e più di 18.000 mq di terreno scoperto per parcheggi, aree di sosta, spazi verdi e movimentazione merci.

Attraverso la costruzione del nuovo stabilimento, l'obiettivo produttivo che Cubo Design si propone di raggiungere è quello di produrre 100 mobili l'ora: in questo modo, con 68 dipendenti, lavoreranno per 8 ore su due turni, che raggiungeranno circa 800 mobili per turno, che è la capacità produttiva passata. Triplicato. Pertanto, l'avvio della produzione sarà strettamente correlato al piano di spedizione, inoltre la permanenza media dei mobili in magazzino non supererà le 24 ore. Grazie ad un alto grado di automazione e alla completa integrazione dei processi, l'azienda sarà in grado di organizzare la produzione in piccoli lotti, e potrebbe anche essere possibile produrre per un singolo cliente.

Lo stabilimento è quindi suddiviso in reparti, in ognuno dei quali si svolge una precisa attività.

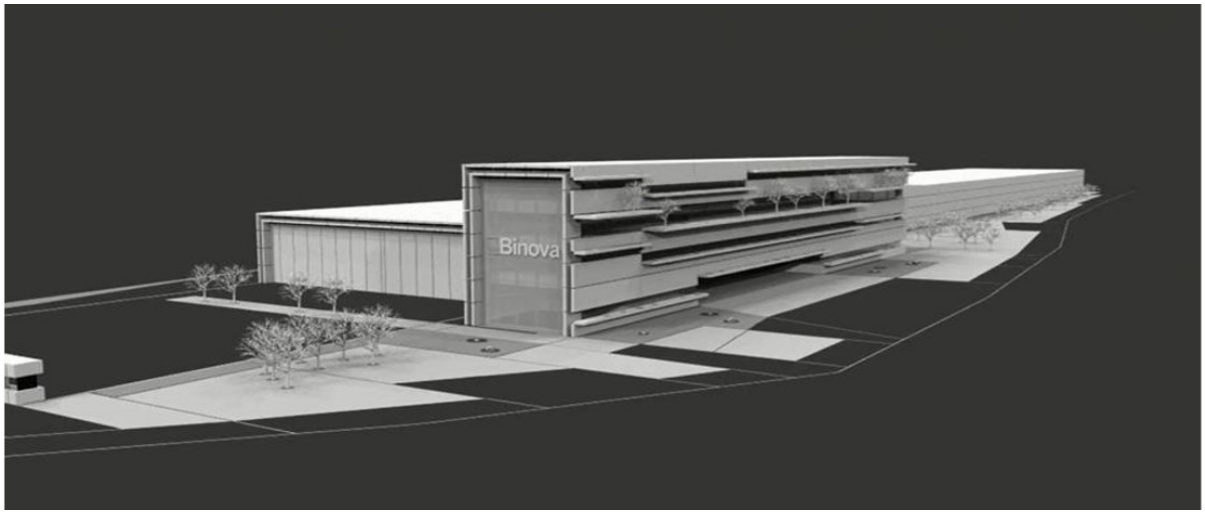

Fig.20 Prospetto per la nuova fabbrica di Cubo Design (Fonte: Cubo Design s.r.l)

4.2.1 Reparto di lavorazione pannelli

Il primo reparto che si incontra lungo la linea produttiva è il reparto di lavorazione dei pannelli, nel quale si realizzano tre importanti fasi del ciclo di produzione: la squadratura, la sezionatura e la bordatura dei semilavorati. I semilavorati si dividono in due categorie:

- Semilavorati di riferimento: sono i componenti che compongono i mobili, questi componenti risentono maggiormente dell'effetto di personalizzazione, quindi il loro volume di produzione è piccolo o addirittura unico;
- Prodotti semilavorati ad alto tasso di rotazione: sono quei componenti che non risentono degli effetti di personalizzazione e saranno prodotti in serie.

Nel vecchio modello produttivo la lavorazione dei semilavorati a riferimento veniva affidata ad aziende esterne ed arrivano in azienda su carrelli, mentre i semilavorati ad alta rotazione venivano sempre acquistati esternamente ma arrivano in azienda in bancali.

Nel processo produttivo vengono prelevati i componenti semilavorati di riferimento che entrano in azienda sul carrello e, se necessario, viene eseguito internamente il processo di personalizzazione finale. Anche i semilavorati prelevati dal bancale e ruotati vengono sottoposti allo stesso trattamento, individuati, ed eventualmente sottoposti a trattamento aggiuntivo, e quindi trasportati al centro in produzione.

Il progetto del nuovo impianto prevede invece una produzione interna per questo reparto, dotando l'impianto delle caratteristiche tecnologiche necessarie a rendere economiche sia le lavorazioni di semilavorati a riferimento, sia quelle di semilavorati ad alta rotazione:

- Sistema flessibile per processi unici: il sistema include una macchina per il taglio di pannelli e una bordatrice flessibile, che può eseguire modalità di taglio ottimizzate per un numero unico di pezzi personalizzati diversi (lotto 1).
- Attrezzatura per lavorazione ad alto rendimento: Questa attrezzatura è composta da una sega angolare per il taglio di pannelli e da una bordatrice quadra composta da due macchine in linea in sequenza, che possono utilizzare un solo dente per la rifilatura e la bordatura dei canali. L'implementazione di questo sistema è combinata con due organizzatori / magazzini automatici (selezionatori) per porte e scaffali semilavorati e prodotti di carrozzeria semilavorati, per ottenere una produzione in tempo reale riducendo le scorte ei materiali lavorati. Verso la produzione. Sono infatti le selezionatrici che si occupano di mettere in comunicazione gli impianti di lavorazione, che non lavorano secondo le esigenze dell'ordine del cliente, ma secondo le regole di ottimizzazione del taglio, mentre i sistemi di personalizzazione, assemblaggio e confezionamento possono funzionare secondo l'ordine del cliente , Riorganizzare i semilavorati in ingresso in base al tipo di arredo, quindi spedirli alla linea di personalizzazione e assemblaggio secondo la sequenza a priori stabilita.

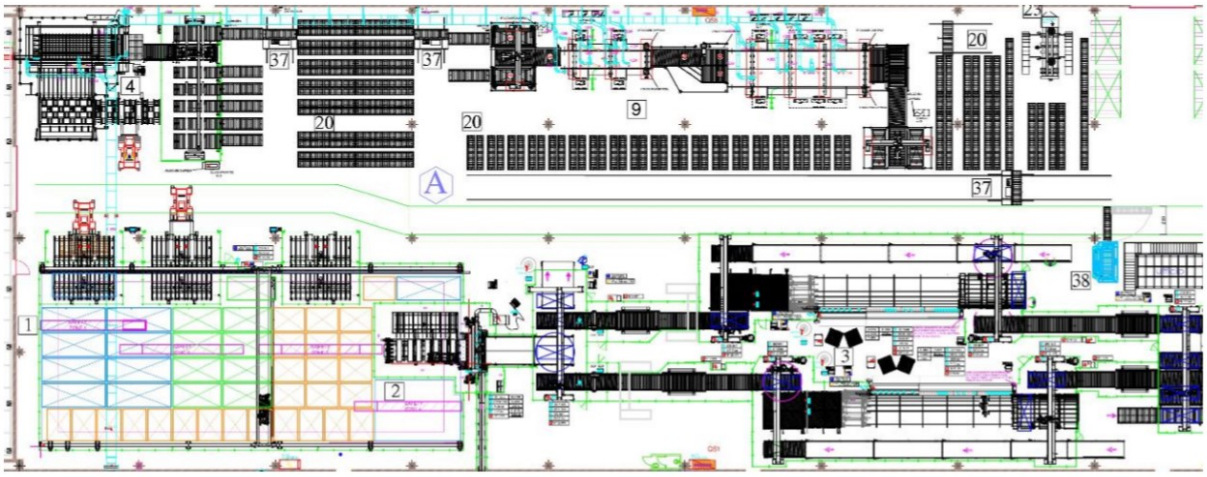

Fig.21 Layout reparto lavorazione dei pannelli[11]

Il reparto prefabbricazione dei pannelli (layout - Rif. A) è costituito dai seguenti reparti:

- Linea per la produzione dei semilavorati standard, composta da:
  - Sezionatrice (layout - Rif. 4).
  - Linea di squadra bordatura doppia (layout - Rif. 9).
- Magazzino automatico per lo stoccaggio dei fogli (layout - Rif. 1).
- Macchina per la sezionatura dei fogli (layout - Rif. 2).

[11] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l

- Linea di prodotti tecnici altamente flessibili per la rifilatura e la bordatura di pannellature, specifica per soddisfare le tipologie di ordini immediati, e in grado di lavorare diversi tipi di pannelli contemporaneamente in una piccola quantità o almeno una volta (riferimento layout.).
- La selezionatrice permette di riordinare i semilavorati in uscita dai pannelli secondo la precisa logica della successiva fase di personalizzazione e montaggio del mobile (layout-riferimento 5).

Incidenza sul costo totale del reparto	*Vecchia produzione*	*Nuova produzione 4.0*
Produzione media di mobili(pezzi)	*102940*	*130000*
Costo personale	*5%*	*7%*
Costo c/lavorazione	*31%*	*0%*
Costo acquisto semilavorati	*47%*	*0%*
Costo acquisto pannelli grezzi	*15%*	*87%*
Costo energia	*1,5%*	*6%*
Costo per mobile	*36,14€*	*27,9€*
Incidenza dei costi totali del reparto sul fatturato	*10,62%*	*9,51%*
Riduzione dei costi attesi del reparto	*0%*	*-3%*

Fig.22 Beneficio atteso dal reparto di lavorazione pannelli[12]

4.2.2 Reparto di Lavorazione-Montaggio-Imballaggio

Il reparto successivo lungo la linea di produzione è quello di lavorazione-montaggio-imballaggio: questo reparto è quello che godrà maggiormente dei benefici delle innovazioni apportate al precedente reparto falegnameria. Secondo il progetto del nuovo stabilimento, infatti, i semilavorati necessari all'assemblaggio dei mobili giungono alla postazione di utilizzo con la sequenza stabilita e in maniera totalmente automatica. Pertanto, si introduce un vantaggio non è tanto economico, ma in termini di incremento della produzione oraria, e sicuramente, anche di una migliore linea tecnologica.

[12] Dati forniti da Cubo Design s.r.l.

Il reparto si compone di:

- *Reparto lavorazioni speciali / ripristini* (layout - Rif. C): E 'composto da reparti specializzati nella produzione di pannelli speciali, pannelli scadenti e, più in generale, utilizzati per produrre tutti quei componenti che non è conveniente produrre nell'automazione tradizionale.
  In questa zona si trovano una serie di macchine manuali come la sezionatrice 22, la lacca bordi 14, la bordatrice 21, e i centri di lavoro 29,28.

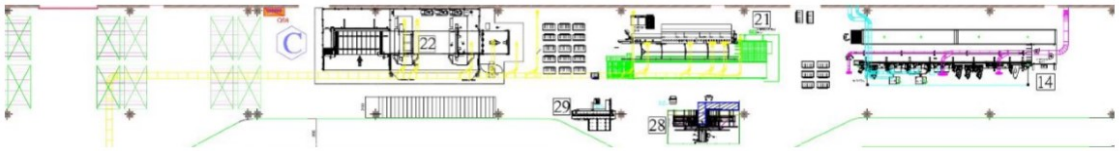

Fig.23 Layout Reparto lavorazioni speciali[13]

- *Reparto montaggio ed imballaggio mobili* (layout - Rif. E): rappresenta è il reparto in cui si realizza l'ultima fase del ciclo produttivo, cioè il montaggio e l'imballaggio dei mobili.

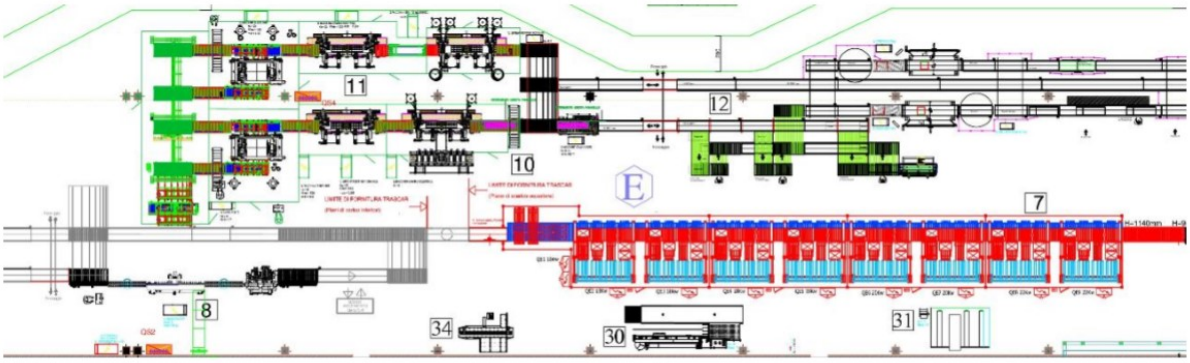

Fig.24 Layout reparto di foratura-montaggio-imballaggio[14]

In esso troviamo le seguenti macchine:

- Linee di foratura ed inserimento ferramenta, poste nelle immediate vicinanze delle linee di montaggio (layout - Rif. 10-11).
- Linea di foratura per ripiani e ante (layout - Rif. 8).
- Sorter che permette di riordinare le ante e i ripiani in uscita e inviarle direttamente al punto di utilizzo lungo la linea di montaggio, in base a delle

[13] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l.
[14] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l.

logiche connesse alla sequenza di arrivo dei mobili sulla linea di montaggio stessa (layout - Rif. 7).
    - Linea di foratura per ripiani e ante (layout - Rif. 8).
    - Linee di montaggio ed imballaggio mobili (layout - Rif. 12).
- *Reparto stoccaggio*: In una parte dello stabilimento è presente un piano rialzato per lo stoccaggio di porte acquistate esternamente, semilavorati prodotti dall'azienda ma gestione magazzino, ferramenta e prodotti commerciali. Infine, in quest'area dello stabilimento è prevista una linea di produzione di imballaggi per set completi di mobili.

Incidenza sui costi del reparto	*Vecchia produzione*	*Nuova produzione 4.0*
Produzione media di mobili(pezzi)	*102940*	*13000*
Costo personale	*81%*	*75%*
Costo energia	*19%*	*25%*
Costo per mobile	*5,91€*	*4,48€*
Incidenza sul fatturato	*1,8%*	*1,5%*
Riduzione dei costi attesi del reparto	*0%*	*-0.5%*

Fig.25 Beneficio atteso reparto lavorazione-montaggio-imballaggio[15]

4.2.3 Reparto di Verniciatura

Il reparto più importante per ottenere vari aspetti personalizzati dei prodotti è il reparto di verniciatura. Nella vecchia fabbrica questo reparto non esisteva, esisteva infatti solo una cabina di verniciatura manuale per trattamenti speciali, e tutti i semilavorati con verniciatura venivano acquistati dall'esterno.

D'altra parte, nel nuovo stabilimento, l'introduzione di un reparto dedicato alla verniciatura a spruzzo può non solo ridurre sensibilmente il costo dello stesso prodotto, ma anche ridurre notevolmente la qualità dei prodotti vernicianti, e la produzione può essere effettuata in tempo reale.

Reparto verniciatura (layout - Rif. D): è questo il reparto in cui viene realizza un'importante fase del ciclo di produzione: la verniciatura.

[15] Dati forniti da Cubo Design s.r.l.

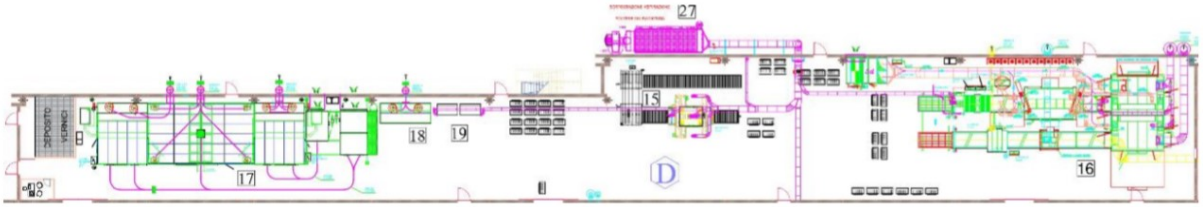

Fig.26 Layout reparto di verniciatura[16]

Nel reparto troviamo le seguenti macchine:

- Centro di lavoro nesting per la produzione delle ante in Mdf[17] (layout - Rif. 22).
- Bordatrice manuale per la bordatura delle ante in Mdf (layout - Rif. 21).
- Linea per la stuccatura dei bordi in Mdf o truciolare (layout - Rif. 14).
- Linea di levigatura (layout - Rif. 15).
- Linea di verniciatura automatica dei pannelli, composta da un robot addetto alla verniciatura e da un forno verticale di asciugatura (layout - Rif. 16).
- Cabine di verniciatura per finiture particolari (layout - Rif. 17-18).
- Banchi di carteggiatura manuale (layout - Rif. 19).
- Linea di lucidatura e brillantatura per componenti a finitura lucida (layout - Rif. 20).

[16] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l.

[17] Medium-density fibreboard (Mdf) è un materiale derivato dal legno e in italiano si traduce come "pannello di fibra a media densità".

Incidenza sui costi totali di reparto	*Vecchia produzione*	*Nuova produzione 4.0*
Produzione media di mobili(pezzi)	*102940*	*130000*
Costo personale	*5,78%*	*22%*
Costo acquisto prodotti finiti	*86,54%*	*0%*
Costo acquisto semilavorato	*4,82%*	*9,87%*
Costo acquisto pannelli grezzi	*0%*	*18,55%*
Costo energia	*0,44%*	*9,25%*
Costo vernici/materiali/smaltimento	*1,5%*	*40%*
Costo per mobile	*23,63€*	*11,34€*
Incidenza dei costi totali del reparto sul fatturato	*6,94%*	*3,87%*
Riduzione dei costi attesi del reparto	*0%*	*-4,2%*

Fig.27 Beneficio atteso reparto verniciatura[18]

4.2.4 Reparto di Magazzino-Spedizione

Se nel vecchio sistema la spedizione del prodotto finito era affidata ad una società esterna, adesso, nella nuova condizione prevista dal progetto, la gestione sarà affidata all'azienda stessa che beneficia di una crescita di efficienza grazie all'installazione di un magazzino automatico, che permette di immagazzinare i mobili provenienti in uscita dalle linee di imballaggio ed il successivo prelievo e trasporto dei mobili fin dentro i singoli mezzi utilizzati per la spedizione. Il reparto è composto da:

- *Reparto stoccaggio mobili* (layout - Rif. F): Il reparto è costituito da un magazzino completamente automatizzato in grado di stoccare i mobili della linea di assemblaggio / confezionamento ed eseguire il successivo prelievo tramite un sistema di picking sempre automatico in fase di spedizione. (Layout-Reference 13)

[18] Dati forniti da Cubo Design s.r.l.

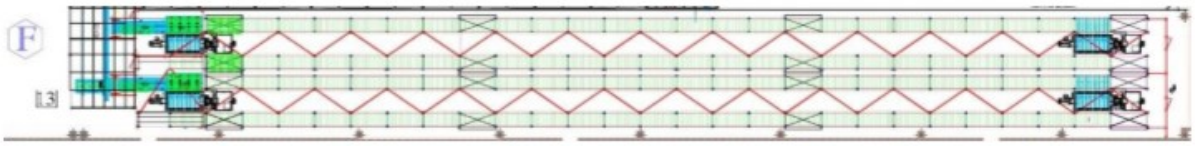

Fig.28 Layout reparto di stoccaggio [19]

- *Reparto spedizione* (layout - Rif. G): il nuovo reparto di spedizione è costituito da una grande area di stivaggio delle merci da spedire interna allo stabilimento ed da diverse bocche di carico in parallelo che si affacciano sull'esterno, nelle quali il piano dello chassis del mezzo di trasporto si porta alla stessa altezza del livello del pavimento della bocca di carico del reparto spedizione, in modo da rendere più veloci e confortevoli le operazioni di imbarco della merce.

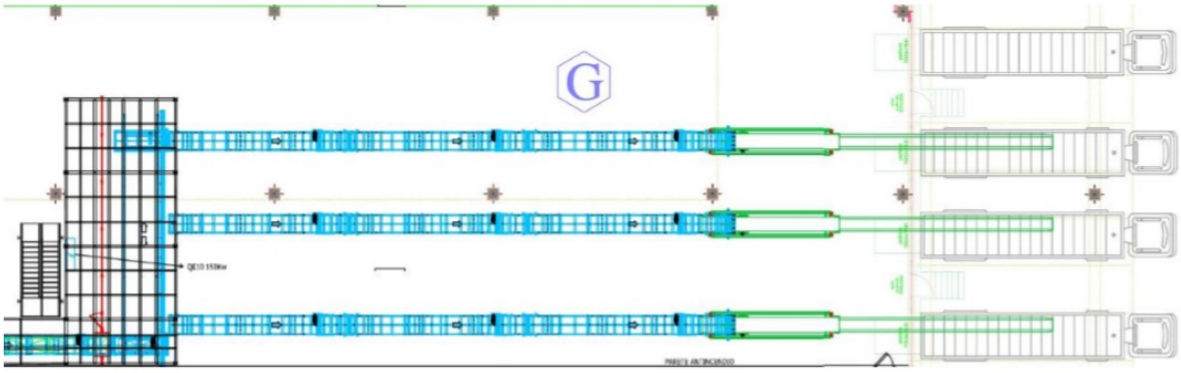

Fig.29 Layout reparto di spedizione[20]

[19] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l
[20] Immagine fornita da Cubo Design s.r.l

Produzione	*102940*	*130000*
Costo personale	*16,6%*	*94%*
Costo terzista	*83,3%*	*0%*
Costo energia	*0%*	*6%*
Costo per mobile	*4,09€*	*1,34€*
Incidenza dei costi totali del reparto sul fatturato	*1,21%*	*0,45%*
Riduzione dei costi attesi del reparto	*0%*	*-1%*

Fig.30 Beneficio atteso dal reparto stoccaggio e spedizione[21]

4.3 Implementazione delle tecnologie 4.0

L'introduzione nel nuovo stabilimento della Cubo Design delle innovazioni 4.0 ha segnato una svolta per l'azienda abruzzese, che potrà infatti godere lunga la linea produttiva delle potenzialità apportate dall'automazione e dalla digitalizzazione dei processi.

La nuova linea produttiva coprirà tutte le fasi del ciclo produttivo, a partire dalle materie prime, che porterà alla realizzazione dei prodotti finiti. L'idea alla base di questo sistema innovativo è che grazie alla tecnologia 4.0, ogni processo è collegato tra loro, creando così un sistema aziendale efficiente e organizzato. Dall'inizio ufficiale della produzione a seconda degli ordini dei clienti, ogni utente sarà in grado di comprendere e configurare i prodotti richiesti introducendo un configuratore di prodotto digitale per ottimizzare la gestione e la configurazione dei dati di produzione.

Il configuratore di prodotto digitale consente l'acquisizione precisa ed esatta, anche automatica degli ordini clienti, seguendo i consigli di apposite indicazioni che agevolano la creazione dei percorsi più idonei alla produzione e la gestione dei fuori misura. Il configuratore digitale di prodotto, infatti, genera tutti i documenti grafici relativi agli aspetti produttivi (come disegni tecnici, file cam ed etichette) e commerciali (come conferma d'ordine, packing list e packaging) in base agli ordini dei clienti. disegno. Il risultato di questo meccanismo è un database di informazioni chiarite a più livelli, che servirà da input al programma informatico

[21] Dati forniti da Cubo Design s.r.l

di gestione, che costituirà il punto di partenza per il calcolo delle materie prime e dei semilavorati e di tutte le fasi del ciclo produttivo. Portare alla creazione dell'ultimo mobile.

Il sistema informativo si conclude con un'unità di supervisione denominata MES, che dialoga con il sistema di ciascuna fabbrica per trasmettere le informazioni dal configuratore digitale di prodotto e dal sistema gestionale a diversi destinatari interni ed esterni all'azienda. , Come centri di lavoro, fornitori, magazzini. Grazie a questo sistema informativo perfettamente integrato e ai dati che elabora, il ciclo produttivo del nuovo stabilimento può essere completamente automatizzato e perfettamente gestito.

Al fine di soddisfare tutte le esigenze di gestione, sono state sviluppate diverse tipologie di liste, quindi ogni lista ha criteri ben definiti per la selezione dei prodotti e l'ordinazione. Esistono molti tipi di elenchi: etichette, stampe con o senza codici a barre, file inviati automaticamente al controllo o display digitale della macchina e i dettagli dell'ordine vengono visualizzati sul display.

Tramite il sistema gestionale è possibile avere la gestione completa del magazzino, come:

- Gestione a calcolo del fabbisogno delle materie prime e semilavorati.
- Gestione a scorta (minima / massima) delle materie prime e dei semilavorati.
- Gestione materiali provenienti da fornitori esterni e relativo carico in magazzino.
- Prelievo (e quindi scarico del magazzino) da distinta base e da liste di prelievo.
- Prelievo (e quindi scarico dal magazzino) dei colli in fase di spedizione.
- Analisi delle movimentazioni di magazzino.

Finora comprendiamo l'importanza del supporto IT nell'avvio e nelle successive fasi di gestione della produzione al fine di ottimizzare il processo produttivo e ridurre i costi di gestione. Infatti i sistemi che compongono le varie fasi del ciclo produttivo sono completamente interconnessi, pertanto in tutte queste fasi di montaggio, personalizzazione e confezionamento dei mobili non è richiesto l'intervento manuale, che rende sistemi informatici di supporto e gestione e coordinamento dei processi. base.

Cubo Design negli ultimi anni si è impegnata nella riqualificazione e formazione del personale in base alle esigenze di macchine e sistemi di ultima generazione per ridurre, sostituire o integrare i reparti più interessati, come produzione, logistica, sistemi informativi, pianificazione e controllo.

In altre parole, l'innovazione tecnologica introdotta da ogni reparto viene comunicata e combinata con l'innovazione tecnologica del reparto successivo per creare un ciclo produttivo completamente integrato, che può aumentare la flessibilità e la produzione oraria, abbreviando così i tempi di consegna. , Si estende da 6 settimane per il vecchio sistema a 2 settimane per il nuovo stabilimento, riducendo notevolmente i costi di produzione.

Pertanto, se la vecchia linea di produzione è costruita secondo lo schema a blocchi e collegata tramite magazzini di semilavorati principalmente di produttori terzi esterni, allora nel nuovo sistema si passerà alla produzione a flusso continuo, dove l'unica alimentazione è la materia prima all'inizio del ciclo. Attraverso questa soluzione vengono eliminati tutti i semilavorati provenienti da terzisti esterni, lasciando così spazio all'intero ciclo produttivo a partire dalle materie prime, e attraverso continue fasi del processo di trasformazione e trasformazione, il prodotto finito può essere raggiunto in tempi più brevi .

Questa strategia innovativa consentirà inoltre all'azienda di ampliare la gamma di prodotti offerti dall'azienda e potenziare la propria capacità di personalizzazione dei prodotti. Questi vantaggi sono accompagnati da altri vantaggi, come:

- aumenta l'efficienza produttiva nella produzione di piccoli lotti;
- diminuisce considerevolmente il costo del prodotto;
- si riduce drasticamente il costo del conto lavoro grazie alla quasi totale eliminazione di acquisti di semilavorati esterni;
- si riducono i costi di acquisto delle materie prime grazie all'aumento delle quantità ordinate;
- aumenta la marginalità fino al 40%;
- maggiore capacità produttiva;
- maggiore personalizzazione con visione 3D dei prodotti che permette di interfacciarsi al meglio con i clienti;
- si sviluppano nuovi prodotti con possibile accesso anche a mercati differenti.

In effetti, la trasformazione di Cubo Design negli ultimi anni ha effettivamente consentito l'ingresso in mercati alternativi, e l'azienda non l'ha mai presa in considerazione in passato a causa di ovvie questioni come la struttura e le restrizioni di prezzo che costituiscono una potenziale fonte di reddito. In questo modo, oltre alla zona cucina modulare in corso da tempo, si può pensare di entrare anche in altri ambienti, dalle case famiglia ai bagni alle camere da letto. Altre nicchie di mercato in forte crescita sono le nicchie per ristrutturazioni alberghiere o l'allestimento di showroom per importanti aziende. La strategia di mercato appena vista ha migliorato la posizione competitiva dell'azienda nel mercato globale del mobile negli ultimi anni. Nel progetto 4.0, Cubo Design ha la possibilità di riadattare gli obiettivi dell'azienda, puntando ad espandere e consolidare l'attuale quota di mercato ed entrare in nuovi mercati e nuovi segmenti dello stesso mercato di riferimento.

Come accennato in precedenza, uno dei vantaggi più evidenti di cui l'azienda ha beneficiato la costruzione di questo nuovo stabilimento è quello di ridurre il costo medio dei mobili prodotti, che non solo può sopperire al costo dell'investimento, ma può addirittura ottenere il costo rispetto al fatturato. Una riduzione di circa il 10% determina il vantaggio economico. Inoltre,

la capacità produttiva del nuovo stabilimento è molto maggiore di quella del vecchio stabilimento e vengono utilizzati due turni di produzione.

Le innovazioni realizzate nel nuovo stabilimento produttivo possono non solo soddisfare la crescente domanda, ma anche essere competitive nel nuovo mercato e aumentare la quota di contribuzione. Nel 2016 infatti l'azienda ha registrato un margine di contribuzione del 32%, confermato anche nel 2017; mentre negli anni che vanno dal 2018 al 2020 ha ottenuto un aumento che tende al 42%[22].

Tutto sommato, l'analisi fin qui svolta evidenzia la facilità di investimento nella realizzazione del nuovo impianto. La rivoluzione 4.0, quindi, ha portato una svolta decisiva per Cube Design, che ha permesso e renderà l'azienda piena di ottimismo e fiducia nelle proprie capacità.

[22] Dati forniti da Cubo Design s.r.l.

5 Il caso FlorGuarino

5.1 Analisi del contesto aziendale

Il seguente lavoro di tesi si conclude con l'analisi di un secondo history case del territorio nazionale italiano, ovvero il caso dell'azienda siciliana FlorGuarino.

L'azienda, fondata da Francesco Guarino nel 2007, opera nel settore della floricoltura specializzata nella produzione di piante ornamentali ed aromatiche in vaso di piccole e medie dimensioni destinate alla grande distribuzione, garden center, grossisti e fioristi. L'azienda, con sede nel territorio di Scicli, un lembo nascosto della Sicilia orientale che si trova più a Sud di Tunisi, nasce come evoluzione della piccola attività a conduzione familiare intrapresa dal nonno, la quale consisteva inizialmente nella semplice coltivazione e vendita di prodotti floricoli.

Da semplice coltivatore di fiori, il nonno ha tramandato la sua passione e la sua arte alla seconda generazione, ovvero al figlio Pasquale, conferendogli quel bagaglio di conoscenze che gli hanno permesso di raggiungere una ricca sapienza e padronanza nella coltivazione agricola. Questo bagaglio di competenze ed esperienza ha permesso a Pasquale di espandersi al massimo come imprenditore nel campo dei fiori: egli infatti riesce a trasformare la piccola azienda a conduzione familiare in un colosso del sud Italia che si estende per ben 75.000 m^2 e conta più di 40 operai. L'azienda, oltre a generare la propria produzione, raccoglie anche quella di moltissimi piccoli produttori terzi che lavorano sempre nello stesso lembo di terra siciliana, trasformando dunque la FlorGuarino nel principale centro di raccolta e smistamento di prodotti floricoli del Meridione.

Grazie ai numerosi anni di esperienza ed un know-how ricco di conoscenza, la FlorGuarino riesce in pochi anni a conquistare il mercato del sud Italia, rifornendo direttamente i principali gruppi della GDO nazionale. Per far ciò essa ha sfruttato anche gli importanti canali di distribuzione del Mercato del Fiore S.r.l. di Guarino Ignazio, una delle principali imprese commerciali italiane del settore, dalla cui partnership ha inoltre origine un gruppo di acquisto di notevoli dimensioni economiche, capace di rapportarsi proficuamente con i principali fornitori e mercati europei.

Il duro lavoro, la perseveranza e la passione messa nell'attività svolta, permettono quindi alla FlorGuarino di espandersi in maniera considerevole durante la direzione di Pasquale, periodo nel quale, a seguito della domanda sempre crescente dei clienti, e quindi della necessità di rispondere alle richieste di mercato, l'azienda cresce sempre di più fino a coprire una superficie di circa 75.000 m^2, di cui 44.000 occupati da serre e magazzini per la lavorazione ed

il confezionamento dei prodotti, e a produrre e immettere sul mercato una quantità di circa 2 milioni di piante ogni anno, con un'enorme varietà di più di 70 specie.

La FlorGuarino diventa un punto di riferimento per tutto il mercato meridionale nel quale si è espansa grazie ad un percorso iniziato da tempo. Il mercato interno, il quale soffre da anni di una stagnazione quasi irreversibile, si basa su una logica tradizionale basata su un parco clienti consolidato e fidelizzato. A partire dal 2007 essa sviluppa una rete di collaborazioni con alcuni tra i principali rivenditori di fiori e piante del sud, in particolare nel 2013 diventa fornitore di Eurospin Italia e nel 2020 anche di Conad.

Anche il numero di impiegati in azienda cresce in maniera considerevole, passando infatti dai 12 dipendenti nel 2007 agli attuali 40.

Grazie alla politica manageriale che ha sempre puntato su una estrema flessibilità e dinamicità del sistema produttivo, l'azienda ha potuto offrire un prodotto non appesantito da elevati costi di gestione nonostante le iniziali modeste dimensioni dell'azienda stessa (basta pensare che nel 2012 gli occupati erano solo 12, ma con un fatturato di 600 mila euro)[23]. Questa flessibilità e l'impegno del management nell'inserirsi con sensibilità nel mercato nazionale hanno spinto l'azienda a crescere costantemente fino a registrare i 3,5 milioni di fatturato nel 2019. L'improvvisa crescita del fatturato, e la necessità di far fronte ad un numero sempre più elevato di ordini, iniziava a far affiorare i primi problemi nella produzione e a far lievitare i costi di gestione.

Sotto la gestione di Pasquale Guarino, conclusasi 2007 lo stabilimento di Scicli di FlorGuarino adottava una strategia produttiva basata su una forte attività manuale in cui ogni parte del processo produttivo era svolta manualmente da operai opportunamente formati. Inoltre, i sistemi e le tecniche agricole impiegate, come ad esempio sistemi di irrigazione, concimazione e trasporto merci, non si discostavano molto da quelle tradizionali utilizzate nell'agricoltura classica del passato.

La forte crescita delle richieste dei clienti, ha reso incapace questo vecchio sistema di rispondere adeguatamente a tale domanda, rendendo necessario l'apporto di modifiche all'interno del sistema produttivo. Nonostante l'azienda aveva fino a quel momento fatto passi da gigante in termini di vendite, una produttività satura creava adesso dei ritardi che rischiavano di compromettere l'ottimo lavoro svolto fin lì. Dunque, nonostante l'azienda era riuscita, in poco più di dieci anni, a crescere notevolmente in termini di fatturato e posizione sul mercato, essa era giunta ad un livello di stress produttivo, gestionale e logistico non più sostenibile a causa della continua crescita dei volumi di produzione.

[23] Dati forni dalla FlorGuarino

In questo clima di stress , nel 2007, prende in mano la gestione dell'azienda il figlio di Pasquale, il dott. Francesco Guarino, attuale titolare dell'azienda, con l'obiettivo di ridimensionare l'azienda al fine di trovare soluzioni e risposte adeguate alla domanda dei prossimi anni: un cambiamento che coinvolgesse un sistema di impianti e macchinari di nuova generazione, puntando sulle tecnologie e le innovazioni tipiche dell'Industria 4.0 al fine di essere in grado di soddisfare la domanda crescente ed essere pronti alle sfide future.

5.2 Il progetto innovativo

Nell'estate del 2017 l'amministratore dell'azienda Francesco, ispirato dagli ultimi arrivati in fatto di tecnologie propone per la FlorGuarino l'idea di un ammodernamento, caratterizzato da un sistema che riduca al minimo tutte quelle fasi del processo produttivo che fanno parte della vecchia tecnica agricola, per lasciar posto a sistemi tecnologici innovativi che siano in grado di aumentare la produttività e l'efficienza, ed eliminare tutte le fasi della produzione che irrigidivano la struttura organizzativa. Per la realizzazione dell'innovativo progetto si è deciso di basare la produzione su tutte le ultime tecnologie in fatto di floricoltura e coltivazione serricola in generale, in grado di sostenere con flessibilità la variazione della domanda e del volume di produzione.

Non appena il Governo italiano emette il "Piano di sviluppo rurale", con il quale le regioni industrialmente meno avanzate, mettono a disposizione dei finanziamenti che coprono dal 50% al 70% della spesa necessaria per apportare opere di miglioramento aziendale, l'obiettivo della FlorGuarino si fa chiaro, ovvero si propone di cogliere l'occasione per effettuare degli investimenti, in modo trasformare l'azienda da una semplice azienda agricola ad un gioiellino di ultima generazione, che sia in grado di adeguarsi con flessibilità alla crescente domanda del mercato, aumentando contemporaneamente l'efficienza e abbassando i costi, e infine permettendo anche di espandere la gamma dei prodotti offerti ai clienti. Il progetto della FlorGuarino rappresenta dunque uno dei primi esempi italiani di "Smart Factory" del settore agricolo, che consiste dunque nella creazione di un sistema produttivo in perfetto equilibrio, in cui ogni fase della produzione prosegue in armonia con tutte le altre, e in cui le nuove tecnologie non sostituiscano il lavoro manuale degli impiegati, ma lo completino, creando una perfetta collaborazione tra uomo e tecnologia.

La realizzazione del progetto necessita di un totale di investimenti che ammontano a circa 3 milioni di euro, dei quali il 30% sarà fornito dalla proprietà aziendale tramite l'equity e, per la restante parte, si farà ricorso a finanziamenti di istituti esterni che credono fortemente nelle opportunità e nelle strategie offerte dalla FlorGuarino.

Il nuovo stabilimento è composto da una superficie coperta di 25.000 m^2 complessivi, e più di 18.000 m^2 di superficie scoperta destinata a parcheggi, spazi di sosta, area verde e movimentazioni merci.

Tramite il progetto di ammodernamento dell'azienda, l'obiettivo di produzione che la FlorGuarino mira a raggiungere è la produzione di 15.000 piante al giorno: In questo modo, utilizzando i 70 impiegati che lavorano in un unico turno di 8 ore ciascuno, la produzione raggiungerà circa i 6 milioni di piante all'anno, triplicando la capacità produttiva passata. La capacità di soddisfare l'elevata domanda giornaliera dei clienti risulta essere anche fortemente legata alla pianificazione della spedizione, e inoltre, la permanenza media delle piante in magazzino non va oltre le 24 ore.

Il progetto innovativo coinvolge moltissime aree del processo produttivo. Viene innanzi tutto incrementato il livello di meccanizzazione, fondamentale nella fase di trasporto e sistemazione delle piante già invasate all'interno delle serre. Se in passato infatti, le piante venivano caricate manualmente sui mezzi di trasporto che trasferivano le piante dal reparto di invasatura fino alle serre, dove altrettanto manualmente venivano scaricate e collocate nelle opportune posizioni, adesso le piante invasate scorrono in un nastro trasportatore dove si accumulano e, una volta raggiunta la quantità del lotto di quella tipologia di pianta, vengono prelevate tramite particolari mezzi che, sfruttando delle forche regolabili poste nella zona anteriore, agganciano il vasi trasferendoli e scaricandoli a lotto intero nelle serre. Questo processo, che costituiva in passato una fase del processo produttivo che maggiormente consumava tempo e risorse umane, viene adesso svolto da pochi operai che riescono a trasferire fino ad un massimo di 2000 piante l'ora.

Ad essere cresciuta, a pari passo della meccanizzazone, è l'automazione che vede la sua massima espressione in azienda nel sistema di copertura e protezione dei raggi solari. All'interno delle serre, il progetto innovativo ha previsto infatti l'istallazione di pannelli ombreggianti costituiti da materiale in fibra intrecciata di alluminio, che hanno la possibilità di scorrere su delle guide, i quali, in base all'intensità dei raggi solari e alla temperatura rilevata all'interno della struttura, si espandono e si contraggono aumentando o diminuendo la superficie ombreggiata, al fine di mantenere una temperatura ottimale all'interno della serra.

Questi due innovazioni introdotte hanno permesso già da se di apportare enormi vantaggi all'azienda rispetto al passato. La FlorGuarino però, ispirata dalle aziende più moderne all'avanguardia del settore, ha deciso di puntare al massimo investendo in tre progetti che le hanno permesso di ottenere l'appellativo di più grande ed efficiente azienda floricola del meridione.

Gli impianti su cui Franceso ha deciso di puntare sono: impianto di irrigazione ad immersione, impianto di pavimentazione riscaldata e la serra Combilux.

5.2.1 Impianto di irrigazione ad immersione (flusso e riflusso)

L'idea di implementare tale tipologia di impianto risale al 2007 quando a causa della crescente richiesta di mercato l'amministratore Francesco Guarino osserva delle difficoltà da parte dell'azienda nel soddisfare tale domanda, a causa di un collo di bottiglia costituito dalla limitata capacità dell'impianto di irrigazione.

Fino a quel momento l'azienda aveva da sempre impiegato un sistema di irrigazione a gocciolatori. Tale sistema ancora utilizzato nella quasi totalità delle piccole e medie aziende agricole è costituito da un sistema di pompaggio che preleva acqua dai pozzi e dai serbatoi appositi e la invia ad una serie di tubi che percorrono tutta la superficie delle serre. Lungo la lunghezza di tali tubi si trovano, a distanza di circa 50 cm l'uno dall'altro, dei terminali chiamati appunto gocciolatori, i quali dosano l'acqua sotto forma di gocce direttamente nei vasi disposti all'interno delle serre. La dosatura dell'acqua è gestita da un programma automatizzato che si attiva due volte al giorno per una durata di 15 minuti. Tale sistema tradizionale nonostante sia quello più semplice da realizzare e quindi anche il più diffuso, presenta però un enorme limite. L'impianto infatti presenta un numero di terminali fisso per cui le piante innaffiabili non possono superare il numero di terminali. La prima idea di Francesco fu quella di ampliare l'impianto aggiungendo delle ramificazioni uscenti dall'impianto di pompaggio e quindi il numero di gocciolatori. Tramite una tale modifica però la FlorGuarino avrebbe investito migliaia di euro per ottenere ancora una volta un sistema per niente flessibile ai cambiamenti della domanda futura dei clienti. L'azienda a quel tempo impiegava in particolare un sistema costituito da 75.000 gocciolatori, il che costituiva un enorme limite di produzione.

Da tale limite nasce dunque l'esigenza di un impianto di irrigazione che permetta di avere un volume di produzione il più possibile flessibile.

La FlorGuarino trova la soluzione a tale necessità nella sostituzione dell'impianto tradizionale con un impianto di irrigazione ad immersione di ultima generazione.

Il concept che sta alla base di questo impianto è quello di allagare l'intera superficie della serra su cui sono posizionati le piante che in questo modo, anziché essere innaffiate tramite gocciolamento dall'alto, vengono innaffiate mediante assorbimento dell'acqua tramite i fori che si trovano alla base dei relativi vasi.

L'impianto è costituito innanzi tutto da un sistema di recipienti di acqua naturale aventi complessivamente una capacità di 60 mila litri, che accumula l'acqua proveniente dai pozzi stessi dell'azienda. L'acqua non viene però inviata direttamente alle piante ma viene prima miscelata con degli elementi chimici concimanti che fungono da nutrimento per le piante. Tale processo avviene all'interno di camere di miscelazione in cui Potassio, Azoto e Fosforo vengono uniti all'acqua naturale. La miscela di acqua uscente dal fertirrigatore, chiamata

appunto acqua “concimata” non appena viene avviata l’irrigazione viene spinta tramite delle pompe all’interno dei tubi che si diramano sotto la superficie delle serre fino a giungere presso i tombini di fuoriuscita dai quali l’acqua inizia a gorgogliare e ad allagare con uno strato d’acqua di 3 cm l’intera superficie del settore della serra. Tale superficie è costituita da cemento impermeabilizzato, avente una leggera pendenza in discesa verso il canale di scolo dal quale l’acqua viene poi raccolta.

L’impianto viene avviato automaticamente una volta al giorno per una durata di 10 minuti, ma vi è anche la possibilità di un avvio manuale.

Una volta terminato il periodo di allagamento l’acqua viene risucchiata dal canale di scolo che sgombera in pochi secondi la superficie di cemento dall’acqua, la quale ripercorre il sistema di tubi fino a giungere nuovamente al serbatoio di accumulo. Nel suo percorso di ritorno l’acqua transita attraverso due postazioni fondamentali. La prima è costituita dal filtro che ha il compito di trattenere tutte le macro-particelle che l’acqua ha raccolto nella serra ed ha portato con sé, mentre la seconda postazione è costituita da un risanatore, cioè un sistema che ha il compito di aggiungere delle particelle di rame, le quali servono per eliminare eventuali parassiti e funghi che potrebbero essere dannosi per le piante. Se infatti l’acqua non venisse depurata, alla successiva irrigazione tali parassiti si distribuirebbero a tutte le piante distribuite nella serra riportando delle conseguenze disastrose per la produzione. L’acqua giunge quindi al serbatoio di accumulo di acqua concimata dal quale viene poi nuovamente prelevata, ed eventualmente integrata con acqua naturale in uscita dal concimatore, alla successiva irrigazione.

La realizzazione di tale impianto ha richiesto un investimento di 2 milioni di euro da parte della FlorGuarino che si è rivolta ad una squadra di specialisti del settore, ovvero alla Artigianfer, un’azienda che da anni si occupa di offrire soluzioni innovative per il settore agricolo.

I vantaggi apportati da un sistema di irrigazione ad immersione riguardano soprattutto la capacità produttiva. Il volume di produzione massimo non dipende più, come nella soluzione a gocciolatori dal numero di terminali che spillano l’acqua alle piante, ma, essendo l’intera superficie della serra sommersa dall’acqua è possibile sfruttare al massimo la capienza della serra. Questo ragionamento si tramuta in un aumento importante di flessibilità dell’azienda che riesce quindi ad ottimizzare al massimo gli spazi riuscendo a servire al meglio le richieste dei clienti. Tale impianto, se da un lato ha richiesto un investimento importante di migliaia di euro, ha d’altra parte permesso di passare da una produzione massima di 500.000 piante con il vecchio impianto, ad una produzione massima di 2 milioni di piante dopo l’implementazione dell’impianto innovativo. Questo si ripercuote anche nel fatturato dell’azienda che osserva un aumento del 600 % arrivando a toccare la soglia dei 3,5 milioni di euro nel 2019.

5.2.2 Impianto di pavimentazione riscaldata

Prima di dare il via alla realizzazione della pavimentazione di cemento impermeabile che copre la superficie di tutti i settori delle serre, l'amministratore Francesco si è trovato di fronte alla possibilità di effettuare un altro investimento al fine di realizzare un impianto super innovativo che gli avrebbe permesso di avanzare nella classifica delle aziende più moderne del settore.

Frequentando una delle varie fiere sulle innovazioni del settore Francesco viene a conoscenza di un impianto di pavimentazione riscaldata, molto simile a quello implementato nelle abitazioni più moderne, che sostituisca il vecchio impianto di riscaldamento a stufe.

Il tradizionale ciclo produttivo della FlorGuarino prevedeva infatti l'utilizzo di sistemi di riscaldamento dell'aria che sfruttavano delle stufe o aerotermi, chiamati "fanjet", ovvero impianti posizionati nella parte alta della serra, costituiti da una grande ventola che, ruotando, spingono l'aria calda, riscaldata da una resistenza elettrica, all'interno dell'ambiente della serra.

Il limite di ciò però era costituito dal fatto che il calore, doveva distribuirsi su tutto il volume della serra prima di raggiungere le radici delle piante, le quali costituiscono le zone più sensibili al calore e sono proprio quelle che, quando vengono riscaldate provocano una crescita della pianta più sana e più veloce. Tutto ciò in altre parole significava un enorme spreco di energia, sproporzionata rispetto a quanto ne veniva effettivamente sfruttata.

La soluzione proposta da questo punto di vista si presenta come una soluzione green che minimizza lo spreco e l'inquinamento. A monte dell'impianto si trova innanzi tutto la caldaia, alimentata dalla rete elettrica ed avente una potenza di 3.000.000 Watt, il cui ruolo è quello di riscaldare l'acqua fino ad una temperatura di 40°C. L'acqua calda viene dunque immessa, grazie ad una pompa, all'interno di un sistema di tubi che si snodano a qualche centimetro di profondità, al di sotto della superficie delle serre. E' proprio in tale momento che avviene lo scambio di calore, ovvero l'acqua calda cede calore al pavimento, riscaldandolo. Le radici delle piante poggiate sul pavimento ricevono infine il calore emanato dalla pavimentazione traendone un elevato beneficio alla loro crescita.

L'idea che sta dunque alla base del nuovo impianto di riscaldamento è quella di trasmettere calore alle piante attraverso la pavimentazione, e quindi dal basso, anzi che tramite l'aria e dunque dall'alto come avveniva nelle soluzioni precedentemente adottate. Questo si tramuta per prima cosa in un enorme risparmio economico per l'azienda, in particolare in termini di costo dell'energia in quanto gli sprechi sono ridotti al minimo dato che una buona percentuale dell'energia prodotta viene trasmessa efficacemente alla pavimentazione e quindi alle radici delle piante. Oltre a ciò si osserva un miglioramento della produzione, infatti, rispetto al sistema a stufe, viene migliorato il comfort delle radici che si trovano immerse in un ambiente

mantenuto costantemente caldo al punto giusto. Questo porta ad un aumento della qualità del prodotto in quanto la pianta cresce più sana e rigogliosa per cui i clienti sono molto più favorevoli all'acquisto, e contemporaneamente la crescita viene accelerata permettendo dunque alla capacità produttiva di crescere e di conseguenza alla domanda dei clienti di essere soddisfatta.

5.2.3 Serra Combilux

L'ultima arrivata nell'ambito delle innovazioni tecnologiche su cui la FlorGuarino ha deciso fino ad oggi di puntare è la serra Combilux. Essa può essere considerata come la massima espressione dello sviluppo tecnologico del settore agricolo, ed è sicuramente la soluzione su cui puntare se si mira a diventare un'azienda all'avanguardia del settore.

Le tradizionali serre impiegate dalla FLorGuarino, nonostante siano state modernizzate tramite impianti di ombreggiatura, irrigazione ad immersione e pavimentazione riscaldata, presentavano ancora un forte limite dovuto alla struttura stessa della serra. Il telaio superiore delle serre consisteva infatti in un susseguirsi di arcate che, grazie alla copertura in plastica trasparente, creavano una serie di volte a botte, le une adiacenti alle altre. Il limite in questa tipologia di serre era dovuto al sistema di aerazione, il quale consisteva in una finestra apribile sulla parte della volta, che però riusciva a garantire un ingresso di aria limitato, data l'esigua dimensione della finestra stessa.

L'amministratore Francesco Guarino, decide dunque di investire in un sistema che risolva tale problema e trova la soluzione in un'azienda italiana che offre soluzioni di ultima generazione alle aziende agricole. E' proprio grazie a tale azienda che Francesco decide di investire nella serra Combilux.

Si tratta di una serra metallica avente una superficie di 6.624 m^2, con un telaio realizzato in tubolari di acciaio zincato e copertura in telo di polietilene trasparente. Se da un lato tale serra mantiene il sistema super innovativo di irrigazione e riscaldamento descritti precedentemente, essa si spinge oltre con il sistema di aerazione stravolgendo l'intero sistema di copertura ad archi tradizionale. La volta Combilux si compone dall'alternanza tra un tratto lineare a pendenza positiva e uno a pendenza negativa, creando un tipico profilo a zig zag, in cui sono istallati 52 tettini apribili. A differenza della vecchia soluzione in cui la finestra di aerazione era molto limitata, la Combilux, grazie alla presenza di rotoslitte motorizzate, dotate di opportuni elementi di movimentazione, bracci telescopiche, motoriduttori e tubi avvolgitori, dà la possibilità al tettino di avvolgersi dal basso verso l'alto lasciando l'intera volta scoperta e permettendo dunque all'aria di circolare. Se un'apertura totale della volta non fosse sufficiente, la Combilux ha implementato un sistema motorizzato analogo anche lungo

le pareti laterali, le quali si avvolgono grazie ad opportune rotoslitte, creando un ambiente totalmente aperto.

Come il sistema di irrigazione e riscaldamento, anche il sistema di ombreggiatura rimane invariato rispetto alle soluzioni già descritte. Esso infatti è sempre costituito da teli riflettenti disposti in piano, che automaticamente si espandono o si contraggono in base alla luce e alla temperatura, ma, nel caso Combilux, essi si trovano all'esterno della volta della serra, in modo da ottenere un buon raffrescamento estivo in caso di apertura totale dei tettini. Il movimento dei teli è dato da una serie di cavetti in acciaio, tesi e avvolti su appositi rulli avvolgitori e carrucole posti in movimento da motoriduttori.

E' prevista infine l'istallazione di una serie di ventole poste nella parte alta delle pareti che una volta attive hanno il compito di far circolare l'aria ed evitare che essa ristagni creando un ambiente troppo umido e poco ventilato per il benessere delle piante.

La Combilux non è ancora entrata a far parte del ciclo produttivo della FlorGuarino, ma la sua messa in opera è stimata nell'Aprile 2021, cosa che permetterà all'azienda di ampliare maggiormente la sua superfice e il suo prestigio. Per far fronte alla spesa di progetto e installazione, prevista intorno a 1,5 milioni di euro, la FlorGuarino usufruirà dei finanziamenti offerti dallo stato che copriranno circa il 70% della spesa mentre per la restante parte farà ricorso ai propri fondi aziendali.

Come abbiamo già anticipato l'implementazione della soluzione Combilux porta la FlorGuarino ad un gradino più alto rispetto ai competitors nella classifica delle aziende agricole più all'avanguardia del meridione. In particolare, rispetto alla competizione, la FlorGuarino risolve definitivamente il problema di una scarsa aerazione il che può ripercuotersi anche in maniera negativa o addirittura devastante per la coltivazione. Basti pensare, ad esempio, all'evaporazione che subisce l'acqua durante la fase di irrigazione ad immersione. Durante tale fase, infatti, il sole e l'elevata temperatura interna alla serra portano l'acqua ad evaporare molto velocemente e di conseguenza, oltre al chiaro aumento dell'umidità che supererebbe quella ideale, vi è anche la possibilità che le particelle di acqua aeriforme portino con sé dei funghi che si propagherebbero velocemente a tutte le singole piante, portando a conseguenze catastrofiche per l'azienda.

Con la soluzione Combilux acquistata dall'azienda, sarà invece possibile evitare tali problematiche aumentando dunque l'affidabilità e diminuendo il rischio di una cattiva produzione che porterebbe a mancati guadagni, a sostenere costi di scarto e ad una potenziale perdita di clienti.

5.3 Le tecnologie 4.0

La FlorGuarino a partire dal 2007, si è immersa nel clima dell'ondata rivoluzionaria 4.0 intraprendendo un processo di innovazione e ammodernamento che, sfruttando gli incentivi proposti dallo stato e dalla regione Sicilia, ha permesso l'istallazione di nuovi impianti che sostituiscano i vecchi sistemi tradizionali, riuscendo a migliorare da un lato la qualità dei prodotti, dall'altro ad aumentare la produttività e ad abbattere i costi.

Tra i costi maggiormente ridotti sono da citare in particolare quelli dovuti alla manodopera diretta, i quali hanno registrato una diminuzione del 30%, e i costi energetici. Grazie all'automatizzazione, infatti, l'azienda è riuscita a minimizzare la manodopera necessaria per le operazioni di disposizione e riorganizzazione dei vasi all'interno dell'intera superficie coperta dalle serre, operazioni che effettuate manualmente richiederebbero, impiegando a tempo pieno una decina di operai, un tempo minimo di 7 giorni.

L'azienda è riuscita inoltre a compiere un passo avanti verso la sostenibilità ambientale implementando il sistema di riscaldamento tramite pavimentazione, che ha permesso di riscaldare la zona sensibile al calore ottimizzando il consumo di energia. Questo si ripercuote naturalmente sui costi che hanno subito una notevole diminuzione permettendo dunque di aumentare l'efficienza e di avvicinarsi maggiormente alle aziende "green" del settore.

Ma l'implementazione degli impianti all'avanguardia descritti in precedenza non basta per posizionare la FlorGuarino in cima alle aziende più moderne del meridione. L'amministratore Francesco ha deciso di tuffarsi nel mondo della rivoluzione 4.0 e di puntare sulla trasformazione della propria azienda in una vera Smart Factory. Per far ciò ha sfruttato la tecnologia che meglio di tutte rappresenta il cuore dell'industry 4.0, cioè l'internet delle cose.

L'introduzione di tale tecnologia abilitante della quarta rivoluzione ha segnato una svolta per l'azienda siciliana, che potrà infatti godere lunga la linea produttiva delle potenzialità apportate dall'automazione e dalla digitalizzazione dei processi.

Con questo passo l'amministratore ha voluto connettere tra di loro tutte le singole fasi del ciclo produttivo alla rete internet. Qualunque macchinario e impianto impiegato in azienda è stato reso "smart" e connesso alla rete, al fine di creare un sistema d'impresa efficiente e organizzato e con l'obiettivo fondamentale di poter rendere le fasi del ciclo produttivo che non richiedono manodopera, comandabili a distanza. L'amministratore infatti, come anche i responsabili della produzione dei vari settori, non hanno più bisogno di essere in azienda per gestire la produzione, ma tramite pochi click essi riescono ad attivare e disattivare tutto ciò che desiderano da remoto tramite ad esempio l'utilizzo di un semplice smartphone. Questo contribuisce ad aumentare anche il benessere aziendale poichè lascia piena libertà ai responsabili di lavorare in pieno comfort e da qualunque parte del mondo essi si trovino.

La connessione delle cose permette anche che vengano creati e inviati continuamente, in tempo reale, dati sullo stato del sistema. I dati vengono rilevati tramite numerosissimi sensori installati lungo tutti i vari step di ciascun singolo impianto, i quali rilevano informazioni di vario genere come ad esempio temperatura e pressione. I dati vengono trasferiti all'interno di un sistema informatico generale tramite il quale l'amministratore riesce ad avere il pieno controllo dello stato dell'impianto.

Grazie a ciò si riesce anche a prevedere e gestire qualunque imprevisto si presenti all'interno dell'azienda. Quando i sensori rilevano uno stato di anomalia, inviano all'amministratore e all'azienda che si occupa della manutenzione, un segnale di allarme in remoto. In base alla gravità dell'imprevisto, può intervenire direttamente l'amministratore o il responsabile del settore, il quale riesce a risolvere il problema a distanza, mentre se questo è di natura più grave si rende necessario l'intervento dell'azienda di manutenzione la quale, tramite un'analisi completa del sistema individua il problema esatto e invia una squadra di tecnici per risolvere immediatamente il problema.

Da quanto visto fin ora si comprende l'importanza del supporto informatico e quanto esso abbia influito a far compiere alla FlorGuarino passi da gigante all'interno del mondo delle Smart Factories nazionali del settore floricolo.

La trasformazione che l'azienda ha intrapreso negli ultimi anni ha permesso, inoltre, l'accesso a mercati alternativi, mai presi in considerazione in passato dall'azienda per ovvie problematiche costituite dai limiti strutturali e di prezzo, che costituiscono una potenziale fonte guadagno. Le strategie di mercato appena viste hanno consentito all'azienda di scalare negli ultimi anni le posizioni competitive nel mercato nazionale delle piante. Con il progetto 4.0 la FlorGuarino ha avuto l'occasione di ricalibrare gli obiettivi aziendali, mirando all'espansione e al consolidamento delle attuali quote di mercato, all'ingresso in nuovi mercati e in nuovi segmenti dello stesso mercato di riferimento.

Come già anticipato precedentemente, uno dei più evidenti vantaggi di cui l'azienda beneficia dalle innovazioni introdotte nello stabilimento è la riduzione del costo medio dei singoli prodotti, il quale permette non solo di coprire il costo degli investimenti, ma consente addirittura di ottenere un vantaggio economico dettato dalla riduzione dei costi di circa 10%. Le innovazioni apportate nel nuovo impianto produttivo non consentiranno solo di essere competitivi su nuovi mercati e di migliorare il margine di contribuzione, ma anche di soddisfare la domanda crescente grazie ad una capacità produttiva del nuovo impianto molto maggiore rispetto al vecchio e tradizionale sistema.

Per concludere, dall'analisi esposta fin ora viene messo in evidenza la convenienza degli investimenti adottati nella realizzazione del nuovo stabilimento. La rivoluzione 4.0, dunque,

costituisce per la FlorGuarino un’occasione di svolta decisiva che ha permesso e permetterà all’azienda di rivolgersi al futuro con ottimismo e fiducia nelle proprie capacità.

6 Conclusioni

Attraverso questo documento, vogliamo dimostrare come i veicoli autonomi (il nuovo protagonista dei magazzini automatici) possano funzionare efficacemente. L'efficacia del sistema di pilota automatico può essere garantita solo se è perfettamente integrato nella fabbrica intelligente. Nella fabbrica intelligente, la tecnologia IoT, i magazzini, i fornitori e i clienti possono raggiungere "armonia" e ogni elemento può essere facilmente identificato in qualsiasi momento.

Si scopre che la tecnologia abilitante ha migliorato la sicurezza dell'azienda. In particolare, rendono più efficaci la gestione della catena di distribuzione, la manutenzione, il monitoraggio della produzione e il servizio clienti. La visibilità in tempo reale delle attività e dei prodotti aiuta a ridurre la manodopera e il consumo di energia.

In un magazzino automatizzato, un sistema con lettore RFID è in grado di identificare i materiali in entrata e ogni prodotto sullo scaffale, il suo codice a barre e la posizione, rendendo il prelievo veloce, facile e privo di errori. I sensori di fabbrica forniscono dati che aiutano la gestione del magazzino attraverso operazioni di simulazione in tempo reale. È stato notato che nei sistemi puntuali, sequenziali e Kanban, i tag ID automatici ei sistemi RFID svolgono un ruolo importante nel segnalare il livello di riempimento del cesto al sistema di pianificazione dei materiali. Acquista. Il fornitore riceve questo segnale e ottiene informazioni sul consumo di materiale in tempo reale. Inventario, costo e tempo di ciclo sono tutti ridotti. Durante la discussione, si è scoperto che l'automazione tradizionale ha dei limiti: il costo elevato dei sistemi di movimentazione dei materiali; l'incapacità di adattarsi alla variabilità dell'inventario; ei sistemi di prelievo e stoccaggio mobili sono molto complessi e costosi. D'altra parte, investire in magazzini automatici può rendere il picking più veloce ed efficiente. Ad esempio, il sistema di nastri trasportatori orizzontali riduce i tempi di viaggio e di attesa.

Il sistema Kiva assume un ruolo importante nell'innovazione dell'automazione: non c'è più un carrello elevatore che trasporta la merce dallo scaffale alla stazione di smistamento e confezionamento, ma un robot arriva all'addetto fisso in stazione e muove il robot. caricare. Risulta che per dare pieno gioco all'efficienza del magazzino, è necessario predeterminare le dimensioni, le stazioni di carico e scarico, le stazioni di attesa, le linee di produzione e assemblaggio, le posizioni del sistema di stoccaggio e il trasporto attraverso modelli di simulazione pianificati.

Quindi è necessario valutare le migliori strategie di pianificazione del trattamento e metodi di conservazione che possono essere utilizzati. Ovviamente, molti studiosi hanno studiato diversi modelli di analisi e algoritmi per valutare il numero ottimale di sistemi di trasporto merci

automatizzato. Hanno anche cercato il miglior layout di sistema per le operazioni di archiviazione casuale, con l'obiettivo di ridurre al minimo i tempi di guida e di attesa dei veicoli. Per quanto riguarda lo stoccaggio, abbiamo ritenuto importante determinare quale SKU dovrebbe essere immagazzinato e in quale reparto.

In caso di forte domanda, l'uso di un'area fisica separata per il prelievo rapido può aiutare a ridurre i costi di prelievo degli ordini, movimentazione dei materiali e rifornimento. Anche in questo campo alcuni esperti hanno proposto algoritmi per la ricerca delle collezioni di SKU, ad esempio per ridurre la durata del prelievo degli ordini. Esaminando la ricerca condotta da alcuni ricercatori, si è riscontrato che un magazzino efficace si basa sul miglior utilizzo dello spazio di viaggio per prendere ordini. Ciò consente di risparmiare tempo nell'attraversare la stazione e ricevere ordini.

Per quanto riguarda il picking, la divisione degli ordini tra i picker può ridurre il percorso complessivo. Pertanto, ogni picker ha il compito di completare un singolo batch di ordini completi o un batch di ordini. Anche in questo caso sono stati proposti modelli di simulazione per ridurre lo spazio totale di attraversamento, soprattutto per ridurre gli spostamenti improduttivi tra le stazioni di stoccaggio e riciclo. Dopo aver analizzato il funzionamento del magazzino Amazon, si è riscontrato che distribuire in modo casuale la merce sullo stesso scaffale è più efficace che disporre la stessa tipologia di merce: la probabilità di trovare l'articolo richiesto aumenta, quindi è più veloce ritirarlo.

I veicoli senza pilota sono alimentati da componenti hardware e software e possono trasmettere informazioni rilevanti condivise tra i sistemi IoT. Funzionano secondo la tecnologia dell'intelligenza artificiale, che consente loro di ottimizzare i tempi di viaggio del magazzino. Sono collegati al sistema di gestione del magazzino tramite una rete ricetrasmittente Wi-Fi. I sistemi di navigazione laser (come i sensori ottici) consentono loro di identificare il percorso da seguire nel magazzino.

I robot sono diventati una parte essenziale del campo dell'e-commerce. Migliaia di ordini vengono elaborati ogni giorno ei clienti devono ricevere le merci rapidamente. Si è notato che tutti i sistemi di automazione utilizzati dai colossi dell'e-commerce e da varie aziende hanno in comune i seguenti aspetti positivi:

- Aumentare la produttività ;
- Aumento del prelievo giornaliero ;
- Risparmio sui costi di esercizio, logistica e manodopera ;
- Maggiore precisione, sicurezza e riduzione degli errori ;
- Evadere gli ordini in modo tempestivo ;
- Ridurre efficacemente il tempo ciclo dall'acquisto del prodotto alla consegna ;
- Ottimizza percorsi e archiviazione ;

- Spazio di inventario più ampio ;
- Ridurre il lavoro ;
- Rapida implementazione e facile adattamento a qualsiasi tipo di magazzino senza modificare layout e processo ;
- Scalabilità quando la produzione aumenta.

Bibliografia

- Aida, 2016. Bilancio Starmatik S.r.l..al 31/12/2015, Documenti e informazioni di bilancio
- Aida, 2016. Bilancio Salvagnini Italia S.p.a. al 30/04/2016, Documenti e informazioni di bilancio
- Aida, 2016. Bilancio Meccanostampi S.r.l.al 31/12/2015, Documenti e informazioni di bilancio
- Aida, 2016. Bilancio Sariv al 31/12/2015, Documenti e informazioni di bilancio
- Il Sole 24 ore, 2017, Industria 4.0: l'impatto dell'intelligenza artificiale sulla produttività. 15 Gennaio 2017
- Bartelt V.L. e Dennis A.R., 2014, Nature and Nurture: the impact of automaticity and the structuration of communication on virtual team behavior and performance. MIS Quarterly, 38 (2), 521-538
- Andriopoulos C. e Lewis M.W., 2009. Exploitatio-Exploration Tensions and Organizational Ambidexterity: managing paradoxes of innovation. Organization Science, 20(4), 696-717
- Gilchrist, A., 2016, Industry 4.0:The industrial Internet of things. New York: Apress
- Autor D.H. e Dorn D., 2013. The Growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. American Economic Review, 103(5), 1553-1597
- Assolombarda Approfondimenti sulle tecnologie abilitanti industria 4.0 [Rapporto]. - Milano : Assolombarda, 2016
- McKinsey Digital, 2016. Industry 4.0 after the initial hype. Survey, McKinsey & Company
- Carminati B., 2016. Fabbrica Intelligente, la roadmap per trasformare l'organizzazione. Sistemi & Impresa, ottobre/novembre, 45-46
- Davies R., 2015. Industry 4.0. Digitalisation for productivity and growth. Ricerca, EPRS-European Parliamentary Research Service
- Banzi M., De Benedetti C., Luna R., Reboani P., Venturi S., Tarantola M. e Micelli S., 2015. Make in Italy: il 1° rapporto sull'impatto delle tecnologie digitali nel sistema manifatturiero italiano. Report, Fondazione Nord Est e Prometeia
- Policy Department A: Economic and scientific policy, 2016. Industry 4.0. Report, Parlamento europeo
- Porter M. e Heppelmann J.E., 2015. How smart, connected products are transforming companies. Harvard Business Review, Ottobre, 97-114

- Baumgarten J., Grant D., Keith D.B. e Laudico A.T., 2014. Designing the Organization for Digital: why you may be asking the wrong questions. SpencerStuart, Gennaio 27
- Beltrametti L. e Persico L., 2016. Indagine Industria 4.0. Federmeccanica
- Garbie, I., 2016, Sustainability in Manufacturign Enterprises: concepts, analyses and assessments for Industry 4.0. Switzerland: Springer
- Acemoglu D. e Restrepo P., 2017. Robots and jobs: evidence from U.S. labor markets.Working Paper, Massachusetts Institute of Technology
- Beltrametti Luca e Gasparre Angelo La frontiera della stampa 3D [Articolo] // Fabbrica 4.0. La rivoluzione della manifattura digitale: come ripensare i processi e i prodotti con i servizi innovativi e tecnologici. - 2015. - Il Sole 24 Ore.
- Sanders A., Elangeswaran C. e Wulfsberg J., 2016. Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in Industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. Journal of Industrial Engineering and Management, 9(3), 811-833
- Bharadwaj A., El Sawy O.A., Pavlou P.A. e Venkatraman N., 2013. Digital business strategy: toward a next generation of insights. MIS Quarterly, 37(2), 471-482
- Briggs, C. e Makice, K., 2011. Digital fluency: Building success in the digital age. SocialLens
- Burton-Jones, A., 1999, Knowledge capitalism: business work, and learning in the new economy. Oxford: Oxfordn University Press
- Camuffo A., 2016. Le nuove sfide dell'HR: big data, rilevanza e sostenibilità. Economia e management, 5-6, 117-125
- Butera F., 2016. Italy by design- Progettare il future delle organizzazioni e del lavoro. Working Paper, Fondazione IRSO-Istituto di ricerca intervento sui sistemi organizzativi
- Carrus P.P, Marras F. E Pinna R., 2014. Manifattura: quale futuro?La fabbricazione digitale.XXVI Convegno annuale di Sinergie- Manifattura: quale futuro?, 13-14 novembre 2014, Università di Cassino e del Lazio Meridionale
- Jay Lee, Bagheri Behrad e Kao Hung-An A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems [Rapporto]. - [s.l.] : Science Direct, 2014.
- Cisco, 2017. Annual Cybersecurity Report
- Assolombarda: Confindustria Milano Monza e Brianza, 2015. Alla ricerca delle competenze 4.0. Ricerca n°3, condotta in collaborazione con l'Università di Milano Bicocca-Crisp
- Dagnino, E.,2016, La classificazione giuridica del lavoro ai tempi della on-demand economy: una lezione americana. Adapt- www.adapt.nova100.ilsole24ore.com
- World Economic Forum, 2015. Collaborative Innovation transforming business, driving growth. Report

- Cummings, J.J. e Bailenson, J.N., 2016. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. Media Psychology, 19(2), 272-309
- Cusumano M.A., 2015. How traditional firms must compete in the sharing economy. Communications of ACM, 58(1), 32-34
- Daft, L.R., 2008, Organization Theory and Design. Mason: Cengace Learning
- D'Alessandro J., 2017. La proposta dell'UE: reddito di cittadinanza nell'era dei robot. La Repubblica, Febbraio 15
- Colbert A., Yee N. e George G., 2016. The digital workforce and the workplace of the future. Academy of Management Journal, 59(3), 731-739
- Venier, F., 2017, Trasformazione digitale e capacità organizzativa: le aziende italiane e la sfida del cambiamento. Trieste: EUT Edizioni Universit. Di Trieste
- Wortmann F. e Flüchter K., 2015. Internet of things- Technology and Value Added, Springer. Marzo 27, 221-224
- D'Alessandro J., 2017. Robotica: il Parlamento Europeo boccia il reddito di cittadinanza. La Repubblica, Febbraio 16
- D'Avena R., 2015. The 3-D Printing Revolution. Harvard Business Review, Maggio, 40-48
- World Economic Forum, 2016. The Future of Jobs- Employment, Skills and Workforce Strategy for the fourth industrial revolution. Global Challenge Insight Report
- Dagnino E., 2015. Lavoro e lavoratori nella sharing/on-demand economy. Nòva- Il Sole 24ore
- Dagnino E., Tomassetti P. e Tourres C., 2016. Il "lavoro agile" nella contrattazione collettiva oggi. Working paper n°2, Adapt
- Dawson A., Hirt M. e Scanlan J., 2016. The economic essentials of digital strategy. Working paper, McKinsey & Company
- Lambert Douglas M., Stock James R., Ellram Lisa M, Fundamentals of Logistics Management, McGraw-Hill, USA, 1998.
- Pareschi A., Persona A., Ferrari E., Regattieri A., Logistica integrata e flessibile: per i sistemi produttivi dell'industria e del terziario, Esculapio, Bologna, 2007.
- Qusay F. Hassan, "Internet of things a to z :technologies and applications", John Wiley and Sons Ltd, Incorporated, 2018

Sitografia

- www.industriaitaliana.it
- www.treccani.it
- www.realta-aumentata.it/scienza-e-tecnologia.asp
- www.ilsole24ore.it
- www.plm.automation.siemens.com
- www.starmatik.com
- www.manufacturing.gov
- www.associati.assinform.it
- www.cleverism.com
- www.ech.everyeye.it
- www.appcessories.co.uk
- www.ec.europa.eu/programmes/horizon2020/
- www.automazione-plus.it
- www.corriere.it
- www.mecspe.com
- www.unox.com
- www.salvagnini.com
- www.meccanostampi.it
- www.desall.com
- www.sariv.it
- www.fastenerandfixing.com
- www.stevanatogroup.com
- www.zwickitaliablog.it
- www.spami.it
- Atzori L., Iera A., Morabito G., The Internet of Things: A survey, in «Computer Networks», 54, 2010, pp. 2787-2805, tratto da www.elsevier.com/locate/comnet
- Russ R.,Connectivity has brought us the Digital Industry 4.0 revolution, June 18, 2014, tratto da www.computerworlduk.com
- Loffler M., Tschiesner A., The Internet of Things and the future of manufacturing, June 2013, tratto da www.mckinsey.com
- https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/manufacturing/ch-enmanufacturing-industry-4-0-24102014.pdf.
- http://www.federmeccanica.it/industria40

- https://www.zerounoweb.it/cioinnovation/industria-4-0-il-grande-balzo-delle-imprese-manifatturiere-italiane/.
- http://aecbytes.com/feature/2016/CityInformationModeling.html
- https://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_data_interchange
- https://it.wikipedia.org/wiki/Electronic_Data_Interchange
- https://it.wikipedia.org/wiki/Modello_di_business
- https://it.wikipedia.org/wiki/Gateway_(informatica)
- https://machinaresearch.com/
- https://it.wikipedia.org/wiki/Indirizzo_IP
- https://www.bosch.com
- https://en.wikipedia.org/wiki/EPCglobal
- https://it.wikipedia.org/wiki/Near_Field_Communication
- https://en.wikipedia.org/wiki/Coverage_(telecommunication)
- https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_system
- https://en.wikipedia.org/wiki/Enterprise_resource_planning
- http://www.radio24.ilsole24ore.com/programma/fabbrica24/magazzinorobotizzato-184227-gSLAJ1f8aC
- http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2018-03-19/la-logisticaperno-centrale-dell-era-smart-230259.shtml?uuid=AEha2kDE
- https://www.computerworlduk.com/cloud-computing/dhl-using-data-whendisasters-strike-3608980/
- http://www.hannovermesse.de/en/news/key-topics/logistics-4.0/ Rochester Institute of Technology, Logistica 4.0 e supply chain diventano temi formativi per le PMI, 28 novembre 2017, tratto da www.ilsole24ore.com
- http://www.ilsole24ore.com/art/impresa-e-territori/2017-11-27/logistica-40-esupply-chain-diventano-temi-formativi-le-pmi172416.shtml?uuid= AErUT1ID&fromSearch Largo consumo, Il ruolo del magazzino nella supply chain: aggiungere valore e ottimizzare i costi, 7 agosto 2015, tratto da www.isca-academy.net/rassegnastampa
- Zanardini M., Bacchetti A., Stampa 3d e internet delle cose: quali sfide per la logistica nell'Industry 4.0, 13 luglio 2016, tratto da www.agendadigitale.eu/infrastrutture/ stampa-3d-e-internet-delle-cose-qualisfide-per-la-logistica-nell-industry-40/
- Dickson Y., Industry 4.0: is your logistics equipped for the future?, 27 febbraio 2017, tratto da http://supplychainasia.org/industry-4-0-logistics-equipped-future
- Witkowski K., Internet of Things, Big Data, Industry 4.0: innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, in «Procedia Engineering», 182, 2017, pp. 763-769, tratto da www.elsevier.com/locate/procedia

- Kayikci Y., Sustainability impact of digitization in logistics, in «Procedia Manufacturing», 21, 2018, pp 782-789, tratto da www.elsevier.com/locate/procedia
- Hofmann E., Rüsch M., Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics, in «Computers in Industry», 89, 2017, pp. 23-34, tratto da www.elsevier.com/locate/compind
- L. Barreto L., Amarala, A., Pereira T., Industry 4.0 implications in logistics: an overview, in «Procedia Manufacturing», 13, 2017, pp. 1245-1252, tratto da www.elsevier.com/locate/procedia
- Maslarić M., Nikoličić S., Mirčetić D., Logistics Response to the Industry 4.0: the Physical Internet, in «Open Engineering», 6, 2016, pp. 511-517, tratto da www.degruyter.com/view/j/eng.2016.6.issue-1/eng-2016-0073/eng-20160073.xml
- Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M., Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, April 9, 2015, tratto da www.bcg.com
- Wurman Peter R., D'Andrea R., Mountz M., Coordinating Hundreds of Cooperative, Autonomous Vehicles in Warehouses,in «AI Magazine Volume», 29, 2008, pp. 9-20, tratto da https://aaai.org/Magazine/magazine.php
- Lerher T., Potrcˇ I., Šraml M., Tollazzi T., Travel time models for automated warehouses with aisle transferring storage and retrieval machine, in «European Journal of Operational Research», 205, 2010, pp. 571-583, tratto da www.elsevier.com/locate/ejor
- http://www.ecommerceelogistica.it/i-criteri-di-mappatura-di-un-magazzinovantaggi-e-svantaggi/
- https://www.veeqo.com/blog/warehouse-order-picking-systems
- https://supplychainminded.com/warehouse-distribution-center-whats-difference/
- http://www.kardex.it/miti-da-sfatare-logistica/magazzino-automaticoorizzontale-carosello-tu-quanto-ne-sai/
- https://en.wikipedia.org/wiki/Forrester_Research
- https://www.tesionline.it/default/index.asp
- https://de.wikipedia.org/wiki/Dieter_Spath
- http://www.lteconomy.it/it/il-comitato-scientifico/categoria-it-it/benoitmontreuil-com
- https://en.wikipedia.org/wiki/Point_of_sale
- https://www.encyclopedia.com/environment/energy-government-and-defensemagazines/united-nations-world-commission-environment-and-development-
- https://whatis.techtarget.com/definition/what-if-scenario-analysis-WISA

- https://www.techopedia.com/definition/19057/end-to-end-solution-e2es
- https://en.wikipedia.org/wiki/Omnichannel
- https://www.weforum.org/about/world-economic-forum
- https://www.investopedia.com/terms/f/fastmoving-consumer-goods-fmcg.asp
- https://www.investopedia.com/terms/d/delphi-method.asp
- https://it.wikipedia.org/wiki/Business-to-business
- https://www.economyup.it/innovazione/industria40-che-cosa-sono-e-dove-sonodigital-innovation-hub-e-competence-center/
- https://it.wikipedia.org/wiki/Hype_cycle
- https://www.gartner.com/technology/research/it-spending-forecast/
- https://www.gartner.com/it-glossary/advanced-analytics/
- https://chessprogramming.wikispaces.com/Chia-Hui+Chang
- https://new.abb.com/it
- http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/Team/Mario-Hermann/index.html
- https://www.investopedia.com/terms/v/value-network.asp
- https://it.wikipedia.org/wiki/SAP_(azienda)
- https://translate.google.it/translate?hl=it&sl=de&u=https://de.wikipedia.org/wiki/Hans-Christian_Pfohl&prev=search
- https://en.wikipedia.org/wiki/Jack_R._Meredith
- https://www.logisticaefficiente.it/qantica/management/blockchain-per-la-supplychain.htmhttps://it.wikipedia.org/wiki/Effetto_Forrester
- https://www.investopedia.com/terms/d/distributed-ledger-technology-dlt.asp
- http://marketing-made-simple.com/push-pull-marketing-strategies/
- https://www.transmecgroup.com/it/milk-run
- http://www.businessdictionary.com
- https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/supply-chain/ddmrp.html
- http://www.celluveyor.com/en/
- https://en.wikipedia.org/wiki/Zero_Defects
- https://blogs.sap.com/2013/07/30/is-it-data-driven-or-analytic-driven-what-doesthat-even-mean/
- https://www.mbaskool.com/business-concepts/marketing-and-strategyterms/13638-order-processing.html
- https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/network-e-trasporti/crossdocking.html
- https://www.investopedia.com/terms/s/stock-keeping-unit-sku.asp
- https://en.wikipedia.org/wiki/Pick_and_pack
- https://www.isca-academy.net/

- http://www.businessdictionary.com/definition/insourcing.html
- https://www.logisticaefficiente.it/sponsor/incas-software-magazzino.html
- https://profiles.stanford.edu/warren-hausman
- https://ioe.engin.umich.edu/people/yavuz-a-bozer/
- https://si.linkedin.com/in/tone-lerher-70132b76
- https://www.researchgate.net/profile/Zaki_Sari
- https://www.rsm.nl/people/rene-de-koster/
- https://it.wikipedia.org/wiki/Advanced_Shipping_Notice
- http://louisville.edu/speed/people/faculty/gueKevin
- https://www2.isye.gatech.edu/people/faculty/John_Bartholdi/
- https://www.isye.gatech.edu/users/steven-hackman
- https://www.amazon.it/World-Class-Warehousing-Material-Handling-2Eebook/dp/B01BZNXAZC
- http://www.kardex.it/
- http://www.cityplanner.it/
- http://amslaurea.unibo.it/
- http://www.snip2code.com/
- http://www.mdsspa.com/
- http://www.agendadigitale.eu/
- http://www.mondotemporeale.net/
- http://www.tandfonline.com/
- http://link.springer.com/
- https://scholar.google.com/citations?user=VjsNXysAAAAJ&hl=en
- https://www.linkedin.com/in/charles-g-petersen-40a78450
- https://www.researchgate.net/profile/Gilles_Cormier
- https://www.imse.iastate.edu/directory/faculty__trashed/sigurdur-olafsson/
- https://pe.gatech.edu/instructors/h-donald-ratliff-phd
- https://www.bscai.org/Education/Peer-Networkingwced-our-common-future-report-1987
- https://en.wikipedia.org/wiki/Webvan
- https://www.invata.com/warehouse-automation/sortation-systems/tilt-tray-sorterloop-sorter/
- https://www.bastiansolutions.com/solutions/technology/conveyorsystems/sortation/conveyor/tilt-tray-sorter
- https://www.digital4.biz/supply-chain/logistica-etrasporti/robot-nella-logistica-ci-siamo-dall-ecommerce-la-spinta-decisiva/

- Gu J., Goetschalckx M., McGinnis Leon F., Research on warehouse operation: A comprehensive review, in «European Journal of Operational Research», 177, 2007, pp. 1-21, tratto da www.elsevier.com/locate/ejor D'Andrea R., A Revolution in the Warehouse: A Retrospective on Kiva Systems and the Grand Challenges Ahead, in «IEEE Transactions on Automation Science and Engineering», 4, 2012, pp. 638-639, tratto da www.elsevier.com/locate/ejor
- Business Insider, Amazon's $775 million deal for robotics company Kiva is starting to look really smart, 15 giugno 2016, tratto da https://www.businessinsider.com/kiva-robots-save-money-for-amazon-20166?IR=T
- Robohub, Meet the drone that already delivers your packages, Kiva robot teardown, 1 febbraio 2016, tratto da https://robohub.org/meet-the-drone-thatalready-delivers-your-packages-kiva-robot-teardown/
- Repubblica. it, Economia&Finanza, La rivoluzione dei robot che ha cambiato Amazon è pronta a sbarcare in Italia, 28 aprile 2017, tratto da http://www.repubblica.it/economia/2017/04/28/news/la_rivoluzione_dei_robot_che_ha_cambiato_amazon_e_pronta_a_sbarcare_in_italia-164066117/
- Agenzia Giornalistica Italia, Svelato il segreto dei magazzini Amazon, 7 marzo 2018, tratto da www.agi.it/innovazione/amazon_magazzini_consegne_domicilio- 3600677/news/2018-03-07/
- Il Fatto Quotidiano, Nel nuovo magazzino di Amazon dove sono gli scaffali-robot a raggiungere gli operai, 22 febbraio 2018, tratto da www.ilfattoquotidiano.it/2018/02/22/nel-nuovo-magazzino-di-amazon-dovesono-gli-scaffali-robot-a-raggiungere-gli-operai/4180153/
- Agenzia Giornalistica Italiana, Come si lavora ad Amazon. Una giornata nel centro robotizzato di Passo Corese, 14 febbraio 2018, tratto da https://www.agi.it/economia/amazon_robot_passo_corese-3484320/news/201802-14/
- https://www.gqitalia.it/gq-inc/trasformazione/2018/06/11/amazon-viaggio-trauomini-pacchi-e-robot-nel-centro-di-passo-corese
- The Robot Report, The technology gap left by Amazon's acquisition of Kiva Systems, 13 aprile 2016, tratto da https://www.therobotreport.com/the-technology-gap-left-by-amazonsacquisition-of-kiva-systems/
- Il Post, Amazon ha cambiato anche la robotica, 28 luglio 2016, tratto da https://www.ilpost.it/2016/07/28/amazon-ha-cambiato-anche-la-robotica/
- http://www.wbur.org/bostonomix/2017/12/22/warehouse-robots
- Business Insider, Take a look inside Alibaba's smart warehouse where robots do 70% of the work, 19 settembre 2017, tratto da http://uk.businessinsider.com/inside-alibaba-smart-warehouse-robots-70-percent-work-technology-logistics-2017-9?IR=T

- Internet of Business, Ecommerce giant Alibaba opens ‘China’s smartest warehouse’, 25 agosto 2017, tratto da https://internetofbusiness.com/ecommercegiant-alibaba-opens-chinas-smartest-warehouse/
- The Verge, Alibaba made a driverless robot that runs 9 mph to deliver packages And a storage locker that will unlock when it recognizes your face, 31 maggio 2018, tratto da www.theverge.com/circuitbreaker/2018/5/31/17413836/alibabadriverless-robot-deliver-packages-speed
- Engadget, Alibaba’s new autonomous robot delivers packages at a modest pace, 6 gennaio 2018, tratto da https://www.engadget.com/2018/06/01/alibaba-newautonomous-robot-deliver-packages/
- Start-upIalia, Alibaba, ecco i robot per le consegne con riconoscimento facciale, 1 giugno 2018, tratto da http://thenexttech.start-upitalia.eu/66278-20180601alibaba-robot-le-consegne-riconoscimento-facciale
- China Daily, Alibaba's delivery arm opens smart warehouses for shopping bonanza, 18 ottobre 2017, tratto da http://www.chinadaily.com.cn/business/201710/18/content_33409509.htm
- http://www.dailymail.co.uk/news/article-4754078/China-s-largest-smartwarehouse-manned-60-robots.htm
- Engineering 360, Exotec Solutions Announced Shelf-climbing Autonomous Robots, 8 dicembre 2017, tratto da insights.globalspec.com/article/7347/exotecsolutions-announced-shelf-climbing-autonomous-robots
- Next Big Future, Faster, taller, denser, more profitable warehouse robots and Interview with the CEO, 7 dicembre 2017, tratto da www.nextbigfuture.com/2017/12/faster-taller-denser-more-profitablewarehouse-robots-and-interview-with-the-ceo.html
- https://www.exotecsolutions.com/?lang=en Internet of Business, Exotec Solutions unveils ‘3D’ robotic retail order system, 7 dicembre 2017, tratto da https://internetofbusiness.com/exotec-solutions-roboticsystem/
- IEEE Spectrum, IAM Robotics Takes on Automated Warehouse Picking, 21 luglio 2016, tratto da https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrialrobots/iam-robotics-takes-on-automated-warehouse-picking
- https://aircargoworld.com/allposts/warehouse-4-0-smart-tech-bringstransparency-to-global-supply-chain/2/
- https://www.magazino.eu/toru-cube/?lang=en
- https://spectrum.ieee.org/automaton/robotics/industrial-robots/germanwarehouse-robots-tackle-picking-tasks Magazino, Pick-by-Robots:warehouse automation with Magazino at FIEGE Logistik, 3 marzo 2017,

- Logistics Inside, tratto da https://www.logisticsinside.eu/magazino-toru-isintelligent-picking-robot/
- https://www.flexe.com/company
- https://www.globalresponse3pl.com/what-is-pick-pack-and-ship/
- https://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm#Applications
- https://www.logisticaefficiente.it/wiki-logistica/magazzino/pick-put-to-light.html
- https://it.wikipedia.org/wiki/Walgreens
- https://it.wikipedia.org/wiki/Saks_Fifth_Avenue
- http://robosense.ai/company
- https://it.wikipedia.org/wiki/Web_Coverage_Service
- https://www.logisticaefficiente.it/redazione/network-e-trasporti/outsourcing/13considerazioni-fondamentali-selezione-terza-parte-logistica-differenza-3pl4pl.html