



UNIVERSITÀ
POLITECNICA
DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA GESTIONALE

Tesi di Laurea

STRUMENTI INDUSTRY 4.0 NELLA GESTIONE DEI
MAGAZZINI

INDUSTRY 4.0 TOOLS IN STOCK MANAGEMENT

Relatore

Prof. Maurizio Bevilacqua

Correlatrice

Ing. Sara Antomarioni

Laureanda

Antonella Iamele

Anno accademico 2020-2021

INDICE

0. Introduzione	5
0.1 Caso studio	5
0.2 Struttura della tesi	6
1. Industria 4.0	7
1.1 Introduzione	7
1.2 Definizione del nuovo paradigma	8
1.3 I pilastri dell'industria 4.0	10
1.3.1 Big Data	10
1.3.2 Analytics	15
1.3.3 Interazione uomo-macchina	17
1.3.4 Passaggio dal digitale al reale	19
1.4 Le tecnologie abilitanti	19
1.4.1 Advanced Manufacturing Solutions	20
1.4.2 Additive Manufacturing	21
1.4.3 Augmented Reality	23
1.4.4 Simulation	24
1.4.5 Horizontal and Vertical Integration	25
1.4.6 Internet of Things	28
1.4.7 Cloud computing	30
1.4.7 Cybersecurity.....	31

1.5 I magazzini nell'industria 4.0.....	32
1.5.1 Tecnologie utilizzate per la gestione dei magazzini	33
2. Metodologie innovative a supporto della gestione dei magazzini.....	37
2.1 Model of smart factory using the principles of industry 4.0	37
2.2 Ean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: an association rule mining	38
2.3 Warehouse management technology.....	40
2.3.1 RFID	40
2.3.2 Progetto I-READ 4.0	41
2.3.3 WMS.....	43
2.3.4 I robot (AMR)	43
2.3.5 Digital twins	44
2.3.6 I veicoli a guida autonoma (UAV)	46
2.4 Selective magnet assembly assisted by an automated warehouse system: algorithms, performance and industry 4.0 readiness.....	47
2.5 Towards a conceptualisation of order picking 4.0	49
2.6 Testbed for warehouse automation experiments using mobile agvs and drones.....	51
2.7 Flatpack: flexible temporal planning with verification and controller synthesis.....	52

2.8 Acsr 2.0: a novel approach and thorough validation of an agent-oriented storage and retrieval wms planner for smes, under industry 4.0.....	54
2.9 Cyber-physical system integration for industry 4.0: modelling and simulation of an induction heating process for aluminium-steel molds in footwear soles manufacturing.....	56
2.10 Implementation barriers of smart technology in indian sustainable warehouse by using a delphi-ism-anp approach.....	57
2.11 The impact of logistics 4.0 on corporate sustainability: a performance assessment of automated warehouse operations.....	59
3. Rappresentazione grafica	60
3.1 Documenti per anno.....	60
3.2 Documenti raggruppati in base alle tecnologie abilitanti.....	61
3.3 Documenti raggruppati in base alle keywords.....	62
4. Conclusione	63
Bibliografia.....	64

0. Introduzione

Nella quarta rivoluzione industriale ad assumere notevole importanza è la gestione dei magazzini.

Si è passati da una gestione del magazzino di tipo manuale ad una gestione del magazzino del tutto automatica.

Infatti, l'utilizzo dei magazzini automatici garantisce un miglior coordinamento dei flussi di informazione indispensabile per la gestione delle merci, un aumento della velocità di produzione e un'ottimizzazione delle attività di picking.

0.1 Caso studio

L'obiettivo di questa 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 alla rivoluzione informatica e robotica in corso.

In particolare, focalizziamo la nostra attenzione sulla gestione dei magazzini evidenziando le nuove tecnologie implementate per il trasporto dei materiali nei magazzini, mettendo in luce le differenze rispetto alle soluzioni precedentemente adottate nelle aziende e i vantaggi e le opportunità apportate al settore logistico.

Nel secondo capitolo faremo riferimento ad alcuni articoli scientifici degli ultimi anni, che parlano di queste tematiche.

0.2 Struttura della tesi

La tesi è strutturata nel seguente modo:

Capitolo 1- Industria 4.0- Propone una visione generale dell'Industria 4.0, descrivendone anche le tecnologie abilitanti per la sua implementazione e i benefici che riportano alle imprese, focalizzando l'attenzione sui magazzini.

Capitolo 2- Metodologie innovative a supporto della gestione dei magazzini- Analisi dei documenti scientifici a supporto dell'industria 4.0 e della gestione dei magazzini.

Capitolo 3- Rappresentazione grafica- Rappresentazione grafica dei documenti scientifici.

1. Industria 4.0

1.1 Introduzione

Con il termine “Industry 4.0” si intende una nuova metodologia di produzione e distribuzione sempre più smart, vale a dire sempre più veloce, intelligente ed efficiente.

Tutto questo è stato garantito dall'utilizzo di nuove tecnologie capaci di migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.

La conseguenza di queste innovazioni è lo sviluppo di industrie sempre più automatizzate e interconnesse. Queste interconnessioni sono capaci di risolvere autonomamente i problemi che si presentano durante tutto il processo aziendale.

Grazie all'avvento dell'internet of things, ossia estensione di internet agli oggetti, è possibile superare in qualità e velocità tutto quello che viene svolto manualmente.

Quindi le macchine saranno capaci di svolgere autonomamente le attività che riguardano il processo produttivo e inoltre trovare una soluzione ai vari punti critici.

L'automazione permette di adattare la produzione al singolo cliente rendendola precisa e specializzata capace di soddisfarne le esigenze. Le macchine lavorano in collaborazione con l'uomo in modo da apprendere i processi in modo naturale per poi utilizzare questa conoscenza per stabilire il piano di produzione più appropriato.

L'industria 4.0 prende il nome da un piano tedesco concretizzato alla fine del 2013.

Questo piano prevedeva investimenti in vari settori quali infrastrutture, scuole, sistemi energetici, aziende ed enti di ricerca per rendere il sistema produttivo più moderno e riportare la manifatturiera tedesca ai vertici del mercato globale rendendola più competitiva.

1.2 Definizione del nuovo paradigma

Grazie agli ottimi risultati ottenuti in Germania, altri paesi europei hanno deciso di proseguire sulla scia di questa nuova politica. Infatti, l'industria 4.0 viene definita come la quarta rivoluzione industriale.

I benefici attesi da tutti i paesi, che hanno deciso di convertirsi all'industria 4.0, sono molti. Ci si aspetta maggiore flessibilità ossia si prevede una produzione di piccoli lotti a costi della grande scala. Maggiore velocità intesa come velocità di passaggio dal prototipo alla produzione in serie, attraverso tecnologie innovative. Ci si aspetta maggiore produttività attraverso minori tempi di set-up, riduzione errori e fermi macchina. Migliore qualità e minori scarti grazie all'utilizzo di sensori che monitorano la produzione in tempo reale, e maggiore competitività del prodotto grazie alle maggiori funzionalità proveniente dall'internet delle cose. Un altro beneficio atteso dall'industria 4.0 è il contenimento dei costi in quanto è possibile monitorare e rilevare qualunque cosa da remoto.

Una delle innovazioni più emblematiche della quarta rivoluzione industriale è il Cyber Physical System (CPS). Il CPS è un sistema costituito da un insieme di tecnologie capaci di generare un sistema autonomo, intelligente e intercomunicante e capace di agevolare la comunicazione tra soggetti diversi e distanti fisicamente. Quindi il CPS è costituito da oggetti interconnessi che, tramite sensori, attuatori e connessione a internet, generano e producono dati di vario genere così da ridurre le distanze e lo squilibrio tra i vari soggetti coinvolti.

Un ruolo molto importante è affidato alla comunicazione perché è grazie a quest'ultima che i soggetti riescono a collaborare in qualsiasi momento e in qualsiasi situazione, fornendo la possibilità di trasformare i dati in informazioni a valore aggiunto.

Inoltre, si parla di “Digital Twin” ossia ogni aspetto fisico di un prodotto o sistema è affiancato dall’aspetto virtuale o digitale.

Quindi, in sintesi, il CPS prevede che gli oggetti fisici siano caratterizzati da una rappresentazione digitale e siano dotati di elementi capaci di calcolare, memorizzare e comunicare, e che siano collegati tra loro grazie alla rete.

In conclusione, analizzando l’etimologia del CPS, emergono tutte le caratteristiche già definite. Infatti, “physical” si riferisce all’oggetto fisico quindi come questo viene percepito dai cinque sensi, “cyber” invece fa riferimento a quello che abbiamo definito Digital Twin quindi alla rappresentazione virtuale. Infatti, l’industria 4.0 unisce il mondo fisico con quello virtuale cercando di dematerializzare così il mondo reale e rendere tutto digitale e automatizzato.

L’industria 4.0 viene utilizzata in vari settori come la manutenzione a distanza e la realizzazione di un singolo pezzo su misura e personalizzazione di massa. Infatti, uno degli obiettivi dell’industria 4.0 è rendere più efficiente e flessibile la produzione attraverso l’integrazione di internet e del CPS, e attraverso l’utilizzo di software di ultima generazione.

Oltre alla manutenzione e alla fabbricazione, nell’industria 4.0 anche i processi legati ai fornitori sono connessi in modo da agevolarne la comunicazione.

Inoltre, grazie alla grande quantità di dati generati durante i processi, i produttori sono in grado di analizzare questi dati e mettere in evidenza eventuali problemi al fine di garantire sempre la maggiore qualità e la durata dei prodotti attraverso interventi strutturali.

Sempre più spesso si collega l'avvento dell'industria 4.0 ad una possibile perdita di posti di lavoro. In realtà si verifica esattamente il contrario. Senza l'industria 4.0 potrebbe verificarsi che l'industria perda di valore perché privo di innovazioni. Il mercato, in tal caso, verrebbe acquistato da nuovi attori più predisposti all'innovazione. L'avvento dell'industria 4.0, semmai, provoca uno spostamento della qualità dal momento che richiede personale preparato e altamente qualificato.

1.3 I pilastri dell'industria 4.0

Come si è già affermato, la quarta rivoluzione industriale mira ad una produzione sempre più automatizzata e interconnessa che cambia il modo di produrre bene e servizi. I pilastri che hanno contribuito a questo cambiamento, a questa svolta epocale, sono quattro.

1.3.1 Big Data

Uno dei primi pilastri dell'industria 4.0 sono i Big Data. Con questo termine si intende una grande quantità di dati di qualunque tipo. I dati aziendali devono essere analizzati in modo da ottenere informazioni che creano valore aggiunto per l'azienda e che siano di supporto alle decisioni aziendali.

Il termine Big Data fa riferimento a dati informatici complessi, grandi, veloci e quindi impossibile da analizzare attraverso i metodi tradizionali. Questo concetto ha subito uno slancio nel 2000 quando l'analista di mercati Doug Laney ha definito i big data come le "tre V".

- I. Con Volume si fa riferimento alla grande quantità di dati che provengono da diversi fonti. In passato archiviare dati sarebbe stato un problema dal punto di vista economico, ma al giorno d'oggi è molto più accessibile grazie a piattaforme come i data lakes e Hadoop.
- II. Con Velocità si fa riferimento alla tempestività con cui vengono gestiti i dati grazie all'avvento dell'internet of things. Questo ha portato a gestire molti dati in tempo quasi reale.
- III. Con Varietà si fa riferimento ai vari formati di cui si è a disposizione ossia e-mail, video, audio, file testo, dati strutturati e numerici presenti nei database tradizionali.

L'analisi di questi dati genera conoscenza. La conoscenza risulta essere una caratteristica molto importante all'interno dell'azienda perché permette a questa di essere molto competitiva sul mercato e di prendere delle decisioni molto più consapevoli in qualunque ambito.

L'importanza dei big data è possibile vederlo dal loro utilizzo. Infatti, è possibile prendere in esame qualunque dato proveniente da qualsiasi fonte e avere informazioni che consentono di ridurre i costi, di accorciare le tempistiche, di sviluppare nuovi prodotti, ottimizzare le offerte e di prendere decisioni più smart.

Con i big data si possono ottenere risultati di business come identificare le cause di guasti, problemi e difetti in modo tempestivo, generare dei coupon nei punti vendita in base a quelle che sono le abitudini di acquisto dei clienti, ricalcolare i rischi di portafoglio in tempo reale, identificare un comportamento non efficiente prima che questo colpisca l'intero sistema aziendale.

I Big Data hanno un impatto importante su ogni aspetto del processo: la personalizzazione del prodotto, comunicazione con il cliente, efficienza dei processi produttivi, gestione dei flussi e delle conoscenze.

L'obiettivo principale è quello di mettere insieme tutti questi dati, elaborarli e condividerli. Tutto questo è garantito grazie all'utilizzo di nuove tecnologie che hanno la capacità di gestire dati destrutturati e di processare grandi quantità di dati creando degli algoritmi di calcolo capaci di ottimizzare la produzione industriale e modificarla online in tempo reale.

L'avvento dei Big Data ha cambiato le aziende sotto diversi aspetti. Sono cambiate le priorità degli investimenti, le tecnologie, i modelli interpretativi. Per questo motivo le aziende hanno a disposizione dei veri e propri team di professionisti che si occupano della gestione e della valorizzazione di questa grande mole di dati, i cosiddetti specialisti della Data Science.

Analizziamo nel dettaglio quali sono le cinque figure professionali a cui deve far riferimento un'azienda per formare il team di esperti dei Big Data per la gestione della Data Science.

Tra questi c'è il Data Analyst che si occupa di esplorare, analizzare ed interpretare i dati con l'obiettivo di estrapolare informazioni utili al processo decisionale.

Il Data Scientist si occupa, invece, di gestire i big data ed estrapolarne informazioni rilevanti. In particolare, si occupa delle fasi di sviluppo, training e testing di modelli statistici e algoritmi di apprendimento automatico.

Il Data Engineer rende disponibili i dati per le analisi nel giusto formato. Gestisce, in particolare, le fasi di raccolta, processamento e integrazione dei dati.

Il Data Science Manager si occupa della gestione dell'intero processo di Data Science, coordinando un team centralizzato o favorendo la crescita e la formazione di figure di Data Science distribuite all'interno dell'azienda.

Infine, l'Analytics Translator è un vero e proprio traduttore che traduce gli use case in linguaggio analitico ed interpreta i risultati delle analisi.

Un elemento importante per la valorizzazione dei Big Data è l'infrastruttura tecnologica. Le innovazioni, quindi le nuove tecnologie, permettono lo sviluppo di analisi avanzate, analisi dei dati in tempo reale e l'integrazione di tipologie di dati sempre più eterogenee.

Prima che l'azienda possa usufruire dei dati, deve seguire dei passaggi chiave che permettono di analizzare i dati e mettere in risalto le caratteristiche. La prima cosa da fare è impostare una strategia fondata sui big data. Questo significa creare un modello per memorizzare, gestire, condividere ed analizzare i dati sia all'interno sia all'esterno di un'organizzazione aziendale. L'utilizzo di una strategia basata sui big data è un punto a favore per l'azienda che si trova a dover lavorare con grandi quantità di dati.

Per utilizzare questa strategia è importante tenere in considerazione gli obiettivi, le iniziative, le tecnologie di cui si dispone. Questo ci fa capire che i big data sono un elemento importante all'interno di un'organizzazione aziendale e non un sottoprodotto delle applicazioni.

Importante è anche identificare le fonti primarie da cui arrivano i dati. I Dati in Streaming sono dati che provengono dall'internet of things e da altri dispositivi connessi. È possibile analizzare questi dati man mano e suddividerli in base a quelli che devono essere conservati o no, e quelli che necessitano di un'altra analisi. I Dati dei Social Media sono quelli provenienti dalle varie piattaforme online. Questi dati sono

presenti sotto forma di dati, immagini, vocali, testo e audio e sono utili per la funzione di marketing, vendite e supporto. Poi ci sono i Dati Pubblici Disponibili che provengono da numerose fonti di open data e altre fonti di big data che possono provenire da fornitori e clienti.

Un altro passaggio chiave è relativo all'accesso, alla gestione e alla memorizzazione dei big data. I nuovi sistemi informatici forniscono tutti gli elementi per accedere, in modo molto rapido, a grandi quantità e tipologie di dati.

Oltre ad un accesso affidabile e veloce, le aziende necessitano anche di metodi per integrare, gestire, archiviare e preparare i dati per essere analizzati.

La quarta fase è l'analisi dei dati. Attraverso le nuove tecnologie le aziende possono decidere di analizzare i loro big data. Un altro metodo di analisi è individuare prima quali sono i dati che devono essere sottoposti ad analisi, ma, in entrambi i casi, l'analisi dei big data crea valore e permette di ottenere nuove idee dai dati grezzi.

L'ultimo passaggio riguarda il prendere decisioni migliori e data-driven.

Gestire bene i dati e fare analisi affidabili porta a risultati affidabili. È molto importante l'estrazione di valore dai big data e operare in maniera data-driver in modo da rendere competitiva l'azienda. Quest'ultima deve basarsi su ciò che realmente i dati forniscono e non su istinto e previsione. Grazie all'utilizzo del data-driven le aziende sono più redditizie per cui le aziende sono più funzionali dal punto di vista operativo.

Come si può notare, quando si parla di big data si fa riferimento a tutta la gestione del dato. In particolare, ci si trova a trattare una grande quantità di dati che, nel corso degli anni, sono diventati sempre più numerosi e complessi. Per questo motivo ci si può imbattere in un problema legato al controllo, per cui questa mole di dati può incorrere in

rischi legati alla tutela e alla riservatezza dei dati trattati. Grazie alle nuove tecnologie in uso, questo problema sta diventando sempre più gestibile.

1.3.2 Analytics

Il secondo pilastro dell'industria 4.0 sono gli Analytics. Gli analytics permettono di combinare i dati con la matematica per rispondere alle domande di business, prevedere risultati e automatizzare le decisioni. Le capacità degli analytics si sono ampliate grazie all'avvento dell'intelligenza artificiale.

In passato lo sviluppo degli analytics è stato limitato dalla velocità di elaborazione e dall'archiviazione dei dati. Queste limitazioni sono state oltrepassate grazie all'uso di algoritmi capaci di gestire i big data in più passaggi. Questi algoritmi sono il machine learning e il deep learning. Grazie a questi e all'intelligenza artificiale, le opportunità e le funzionalità degli analytics sono tantissime in qualunque ambito. Quindi gli analytics aiutano a trovare la chiave del successo aziendale. Infatti, le aziende che utilizzano gli analytics sono competitive, hanno rendimenti fuori scala e sopravvivenza a lungo termine.

Tutto ciò che riguarda l'azienda è analitico, dall'azienda stessa, ai processi fino ad arrivare ai vari attori aziendali. Il primo obiettivo di qualunque azienda è l'analisi dei dati a prescindere da ciò che si prevede di realizzare con gli analytics. Quindi una volta analizzati i dati è necessario utilizzare questi dati a supporto del processo decisionale. È molto importante la velocità con cui le organizzazioni aziendale sanno muoversi attraverso il ciclo di vita analitico, perché questo significa avere più velocemente risultati concreti degli investimenti negli analytics.

Il ciclo di vita analitico prevede tre fasi: data, discovery, deployment.

I dati sono sempre più numerosi e complessi, e gli analytics devono analizzare dati di qualsiasi tipo. È necessario anche utilizzare un metodo di gestione del dato opportuno per accedere, pulire, preparare e governare i dati.

Per fare tutto ciò è richiesto circa l'80% del tempo che è previsto per la fase di analisi. Occupare l'80% del tempo non è una soluzione ottima.

Per ottimizzare al meglio questo tempo si utilizza una piattaforma analitica intelligente capace di automatizzare i processi in modo da ridurre le operazioni che richiedono tempo.

Grazie alla Data Governance, i dati sono più attendibili perché è possibile conoscere le fonti e monitorare la qualità dei dati. Inoltre, la data governance permette di proteggere facilmente i dati quando è necessario.

Il discovery è tutto ciò che riguarda l'esplorazione, la visualizzazione e costruzione di modelli. È necessario trovare l'algoritmo giusto attraverso una serie di tentativi documentandoli, salvandoli e confrontandoli. Per trovare l'algoritmo giusto bisogna considerare diversi fattori: dimensioni dei dati, esigenze aziendali, tempi di formazione, parametri, punti dati e altri ancora. Anche i data scientist, che sono degli esperti, non sono capaci di dire quale sia l'algoritmo giusto senza fare una serie di tentativi attraverso approcci diversi. Infatti, è comune confrontare i vari modelli scritti attraverso i vari linguaggi di programmazione e con diverse caratteristiche dei dati.

L'ultima fase riguarda il deployment. Una volta analizzati i dati, è necessario implementare i risultati e metterli in pratica. L'implementazione è la parte in cui l'azienda riscontra più difficoltà.

Il deployment, quindi, è la fase che costituisce un ponte tra la pianificazione e l'operatività. In particolare, mira all'individuazione delle modalità con cui raggiungere

gli obiettivi desiderati. Nella fase di deployment vengono coinvolti tutti gli attori che prendono parte all'attività per il raggiungimento degli obiettivi primari e vengono attivati tutti i documenti necessari alla gestione di queste attività.

Gli analytics sono in piena evoluzione. Molte aziende nell'ecosistema analitico utilizzano delle tecnologie innovative capaci di archiviare, analizzare, gestire, accedere e presentare i dati. Questi si evolvono in intelligenza artificiale quando l'apprendimento è incorporato nei modelli e le capacità di apprendimento sono automatizzate.

1.3.3 Interazione uomo-macchina

Il terzo pilastro dell'industria 4.0 è l'interazione uomo-macchina.

Con interazione uomo-macchina si intende come gli operatori possono interagire in maniera efficiente e come un sistema di macchinari, che costituiscono un sistema di produzione, può essere gestito senza imbattersi in errori.

L'interazione uomo-macchina è una conseguenza di alcune innovazioni che si sono sviluppate durante l'avvento dell'industria 4.0. Infatti, alla base della sopravvivenza di un'industria moderna, c'è la digitalizzazione e l'automazione dei processi di produzione tramite l'utilizzo di sistemi come i sistemi touch e la realtà aumentata. La quarta rivoluzione industriale è stata determinata dall'avvento dell'internet of things che ha innescato l'avvento dell'internet of everything. Un'ulteriore tecnologia che ha caratterizzato questa rivoluzione industriale è data dai sistemi cyberfisici, i quali consentono l'unione del mondo fisico con quello virtuale.

Un'azienda che utilizza tutte queste innovazioni, è destinata a diventare una smart factory, ossia un'azienda in cui queste tecnologie assistono sia gli operatori sia le macchine durante tutto il processo di produzione. Questo crea dinamicità e ottimizza i

metodi e i processi di produzione preesistenti. L'avvento dell'industria 4.0 sta cambiando il modo di interagire con le macchine. I nuovi linguaggi e strumenti rendono questo rapporto sempre più evoluto.

Il progresso dell'interazione uomo-macchina è connesso all'esigenza delle aziende di essere sempre più competitive sul mercato. Questo porta alla continua ricerca dell'innovazione e di soluzioni per il miglioramento di prestazioni produttive.

Uno dei parametri fondamentali di valutazione per il raggiungimento di livelli sempre più elevati di interazione uomo-macchina, è l'Efficienza complessiva di impianto (OEE). L'uso dell'OEE è abbastanza comune nelle situazioni in cui è necessario valutare le prestazioni di una linea o di un sistema di produzione. Questo porta ad ottenere dei miglioramenti continui e creano valore aggiunto, i quali risultano essere dei parametri fondamentali per il progresso dell'interazione uomo-macchina. Vi sono diverse definizioni di interazione uomo-macchina. Quasi tutte non si basano solo sull'interoperabilità condivisa, ossia capacità di scambio, tra uomo e macchina ma anche su quella tra uomo e computer. L'interazione, quindi, prevede la presenza di almeno due protagonisti entrambi operativi con un certo livello di complessità, oltre ad essere molto diversi sia dal punto di vista della comunicazione sia dal punto di vista delle percezioni degli obiettivi relativi alle attività da svolgere.

La componente chiave alla base dell'interazione uomo-macchina è data dalla concettualizzazione dell'interfaccia uomo-macchina. A questo proposito, l'ambito progettuale di un'interfaccia di questo tipo è legato alla prevenzione degli errori mirando al miglioramento della facilità d'uso per gli operatori.

In conclusione, l'interazione uomo-macchina non garantisce il successo all'azienda. Infatti, risulta essere una condizione necessaria ma non sufficiente per il successo aziendale.

L'efficacia dell'interazione uomo-macchina è legata al progresso tecnologico dei macchinari, considerando qualunque aspetto. Un'implementazione efficace di un sistema di interazione richiede una profonda comprensione degli aspetti organizzativi dell'azienda.

1.3.4 Passaggio dal digitale al reale

L'ultimo pilastro dell'industria 4.0 riguarda il passaggio dal digitale al reale. Questo comprende la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le comunicazioni, le interazioni machine-to-machine e le nuove tecnologie per immagazzinare e utilizzare l'energia in modo mirato, razionalizzando i costi e ottimizzando le prestazioni. In questi anni la tecnologia ha fatto molti progressi e sono stati sviluppati macchinari capaci di mettere in comunicazione i sistemi fisici con gli strumenti digitali. Questo porta ad una riduzione dei costi e miglioramenti delle prestazioni, creando valore aggiunto per l'industria 4.0.

1.4 Le tecnologie abilitanti

Con il termine industria 4.0, come già detto in precedenza, si intende una tendenza all'automazione industriale. Nel corso degli anni i processi industriali sono stati integrati con nuove tecnologie sempre più all'avanguardia. Passare da un'industria

tradizionale a un'industria 4.0 non è né facile né veloce. Non ci sono delle linee guida da seguire per far avvenire tale evoluzione.

Sicuramente l'industria 4.0 è un'industria che utilizza delle nuove tecnologie che mirano al miglioramento e all'efficacia dei processi industriali. Le tecnologie abilitanti sono essenziali per la crescita aziendale perché permettono un miglioramento attraverso la ricerca per il sistema produttivo.

Secondo la definizione data dalla Commissione Europea, le tecnologie abilitanti sono “tecnologie ad alta intensità di conoscenza e associate alle attività di Ricerca & Sviluppo, a cicli di lavorazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a posti di lavoro altamente qualificati”. Quindi l'utilizzo di tali tecnologie avanzate, accresce il valore commerciale e sociale di un bene o di un servizio.

Le tecnologie abilitanti sono state suddivise in categorie.

1.4.1 Advanced Manufacturing Solutions

Si tratta di robot collaborativi ossia robot interconnessi. Questi robot sono stati definiti come creature meccaniche che possono funzionare autonomamente. Si definiscono “creature” perché sono capaci di intraprendere un processo di decision making basato sulla percezione, ragionamento e interpretazione. Con il termine “meccaniche” si fa riferimento al fatto che sono assemblate dall'uomo.

Questi robot possono funzionare grazie alla presenza di sensori sempre più potenti e intelligenti e grazie all'uso di software che permettono ai robot di muoversi imitando le mosse dei colleghi umani. Un robot è definito intelligente quando ha mobilità, percezione sensoriale, sistema nervoso centrale digitale, fornitura di energia e comunicazione tramite voce e gesti.

I robot collaborativi, o anche chiamati “cobot” stanno diventando sempre più importanti all’interno di un’azienda. Questi affiancano la mano umana nelle attività più complesse.

I robot collaborativi sono piccoli e agili e non hanno bisogno di molto spazio. Vengono usati soprattutto per svolgere attività più pericolose, noiose e pesanti senza fatica e in modo accurato. Sono utilizzati in tanti ambiti come nei trasporti, nei macchinari, nelle attrezzature elettroniche, nei computer e negli attrezzi elettronici.

Il vantaggio dei robot collaborativi è che, a differenza di quelli tradizionali, riescono ad affiancare l’operato umano nella stessa area lavorativa, agevolandolo. Inoltre, i cobot riescono ad apprendere autonomamente direttamente sul posto di lavoro attraverso l’attività umana. Questo permette di ridurre i costi per gli interventi dei tecnici e dei programmatori.

Per ottimizzare di più il tutto, è importante analizzare e capire come avviene l’integrazione dell’uomo con il robot. Tutto questo avviene tramite l’internet of things e l’intelligenza artificiale che sono sicuramente di grande aiuto per l’attività collaborativa tra l’uomo e i robot.

I robot, quindi, attraverso l’uomo apprendono delle capacità che gli permettono di intraprendere le attività produttive autonomamente. I robot forniscono all’uomo, invece, la capacità di svolgere attività molto velocemente con grande accuratezza, e inoltre gli permette di gestire una grande mole di dati di diversa natura in tempo reale.

1.4.2 Additive Manufacturing

Si tratta della Manifattura Additiva. Questa permette di realizzare oggetti 3D attraverso stampanti connesse a software di sviluppo digitale. La manifattura additiva è in realtà un insieme di tecnologie che permettono di realizzare un oggetto 3D a strati. Ogni strato

successivo si lega al precedente fino ad avere l'oggetto previsto. L'idea di base della manifattura additiva è la realizzazione di pezzi strato per strato, ossia viene aggiunto materiale solo dove necessario eliminando gli sprechi.

Gli oggetti vengono definiti tramite l'utilizzo del software CAD utilizzato per creare dei file che ci permettono di depositare il materiale solo dove necessario e con precisione.

La manifattura additiva ha dato il via per lo sviluppo di altre tecnologie che trovano impiego in diversi ambiti. La fotopolimerizzazione è una tecnologia che si basa sul concetto di far indurire materiale polimerico. Questo viene effettuato tramite la radiazione luminosa o tramite un raggio laser che punta sulla parte da indurire.

L'estrusione di materiale è una tecnologia che fa ammorbidire il materiale che arriva come filamento, e che viene utilizzato per costruire i pezzi.

Il materiale jetting che è una tecnologia che realizza delle gocce di materiale che vengono cedute alla stampante sotto diverse forme, e successivamente vengono depositate sul pezzo.

Il bedding jetting invece prevede la realizzazione di un letto di polvere. Questa tecnologia prevede prima la stesura dello strato di riferimento e poi la deposizione su di esso di materiale che serve per incollare i granelli di polvere precedentemente stesi.

Poi c'è la fusione del letto di polvere che si basa anch'esso su un letto di polvere. Su ogni strato, la sezione del componente in costruzione viene esposta da una sorgente di energia che liquefa il materiale. Questo materiale si solidifica e si ottiene il pezzo.

Infine, c'è la deposizione di energia diretta che si applica esclusivamente a materiali metallici. Anche in questo caso il materiale è sotto forma di polvere e prevede l'accelerazione di particelle di metallo all'interno dell'ugello. All'uscita, la polvere

incontra una sorgente di energia che riscalda la polvere e permette di creare metallo pieno.

L'additive manufacturing ha due vantaggi: la riduzione di tempo e costo di realizzazione e la possibilità di realizzare geometrie molto complesse.

1.4.3 Augmented Reality

Si tratta della realtà aumentata, che permette di aggiungere al mondo reale qualcosa in termini di immagini, suoni e testi senza sostituirlo. Grazie a questa tecnologia futuristica si è più interattivi con l'ambiente ed è possibile manipolarlo digitalmente. La realtà aumentata permette di migliorare ciò che si vede, si sente e si percepisce e si trova nel mezzo tra il mondo reale e quello virtuale.

Con la realtà aumentata, oltre ad avere una simulazione della vita reale, si hanno anche dei miglioramenti generati da un computer. Quindi si tratta di un'integrazione dell'informazione digitale con l'ambiente dell'utente in tempo reale.

Esistono diverse categorie di tecnologie per la realtà aumentata che differiscono per gli obiettivi e l'uso applicativo.

Una prima categoria di tecnologie è quella basata su marker. Questa tecnologia utilizza una fotocamera o altri tipi di dispositivi capaci di leggere un codice QR/2D, per ottenere un risultato solo quando il marker viene rilevato. La fotocamera che viene utilizzata permette di distinguere un marker da qualsiasi altro oggetto del mondo reale.

Un'altra tecnologia della realtà aumentata è quella senza indicatori. Questa tecnologia utilizza il GPS, la bussola e l'accelerometro già presenti sul dispositivo necessari per fornire i dati sulla posizione.

la realtà aumentata, che permette di aggiungere al mondo reale qualcosa in termini di immagini, suoni e testi senza sostituirlo. Grazie a questa tecnologia futuristica si è più interattivi con il l'ambiente ed è possibile manipolarlo digitalmente. La realtà aumentata permette di migliorare ciò che si vede, si sente e si percepisce e si trova nel mezzo tra il mondo reale e quello virtuale.

Con la realtà aumentata, oltre ad avere una simulazione della vita reale, si hanno anche dei miglioramenti generati da un computer. Quindi si tratta di un'integrazione dell'informazione digitale con l'ambiente dell'utente in tempo reale.

Esistono diverse categorie di tecnologie per la realtà aumentata che differiscono per gli obiettivi e l'uso applicativo.

Una prima categoria di tecnologie è quelle basata su marker. Questa tecnologia utilizza una fotocamera o altri tipi di dispositivi capaci di leggere un codice QR/2D, per ottenere un risultato solo quando il marker viene rilevato. La fotocamera che viene utilizzata permette di distinguere un marker da qualsiasi altro oggetto del mondo reale.

Un'altra tecnologia della realtà aumentata è quella senza indicatori. Questa tecnologia utilizza il GPS, la bussola e l'accelerometro già presenti sul dispositivo necessari per fornire i dati sulla posizione.

1.4.4 Simulation

La simulazione riguarda l'interconnessione delle macchine che permettono l'ottimizzazione dei processi industriali. È possibile simulare anche processi più difficili grazie ai nuovi software.

Anche la simulazione a eventi discreti che riguarda i processi di una fabbrica o di un reparto dal punto di vista dei flussi di materiali e utensili, si sta sempre più solidificando.

Quando si parla di simulazione si fa riferimento alla Fabbrica Digitale ossia una mappatura dei processi tecnici e di business nel mondo digitale che supportano la decision making in riferimento alla progettazione di prodotto, processo e sistema, programmazione e controllo della produzione nel mondo reale sfruttando le tecnologie avanzate.

La fabbrica digitale aiuta tutti gli attori aziendali nei loro compiti grazie alla disponibilità di software intelligenti come CAM/CAD, PLM, ERP, strumenti di pianificazione e monitoraggio. Tutti questi software interagiscono tra loro tramite un modello di fabbrica che guida gli utenti ad una corretta fruizione delle funzionalità.

Il modello di interconnessione di sistemi e macchine viene sfruttato dalla fase di progettazione alla fase operativa dell'industria. Ciò richiede uno scambio continuo dei dati in modo da garantire continuità tra la fabbrica reale e la sua rappresentazione virtuale, mantenendo la coerenza dei dati provenienti da fonti diverse.

1.4.5 Horizontal and Vertical Integration

Si tratta dell'integrazione orizzontale e verticale. Questo termine viene utilizzato in diversi settori.

Considerando l'ambito della strategia di crescita aziendale, l'integrazione orizzontale riguarda l'espansione dell'attività di impresa a prodotti, servizi, politiche di mercato, tecnologie, processi e fasi di lavorazioni che sono diverse ma complementari alla filiera

tecnologica-produttiva in cui opera. In questo modo l'azienda allarga la cerchia di clienti e riduce la concorrenza.

Per quanto riguarda l'integrazione verticale, si intende rendere interne tutte le fasi di un processo produttivo necessario per la produzione di un prodotto finito attraverso aziende capaci di ridurre i costi di produzione e rispondere più rapidamente alle opportunità di mercato. Con l'avvento dell'industria 4.0, questo concetto si è ampliato ancora di più in quanto è necessario per lo sviluppo della smart factory. Secondo un'analisi di Deloitte, una fabbrica intelligente non può non avere cinque caratteristiche fondamentali.

La Connessione ossia quella che deve esserci tra macchine, operatori e processi produttivi in modo da sfruttare l'enorme flusso di dati al fine di prendere decisioni in tempo reale basate su condizioni attuali. L'integrazione di tutti questi dati compresi quelli dei fornitori e dei clienti, consente alla smart factory di avere una visione globale di tutto il processo evidenziando i vantaggi a cui ciò può portare.

L'Ottimizzazione dovuto alla sincronizzazione delle risorse, all'automazione dell'attività produttiva e quindi un minor intervento umano che porta a una riduzione dei tempi e di conseguenza aumenta l'affidabilità. L'ottimizzazione porta ad un minor consumo energetico e quindi a una riduzione di costi e sprechi.

La Trasparenza ossia i dati ricavati e trasmessi dall'interconnessione uomo-macchina sono trasparenti in quanto devono consentire di prendere decisioni in tempo reale. Non possono essere nascosti perché contengono informazioni sia per gli umani che per l'intero processo decisionale. Questo permette un monitoraggio costante che porta a un progressivo miglioramento di processo produttivo.

La Proattività ossia in un sistema di questo tipo in cui c'è un costante monitoraggio in tempo reale di una grande quantità di dati, dipendenti e sistemi automatizzati possono

prevedere risultati ed eventuali problematiche, in modo da intervenire prima che si verifichino.

La Flessibilità nel caso della smart factory si traduce in un maggior adattamento con minor spreco di tempo e di energie in caso di cambi di programma e imprevisti da superare. Nell'industria 4.0 la produzione è organizzata in modo più veloce e flessibile per raggiungere la mass customization ossia la produzione di massa. Inoltre è necessario organizzare la produzione considerando le risorse che si hanno a disposizione e quelle che devono essere razionalizzate. Per quanto riguarda i processi e i prodotti, le informazioni devono essere disponibili in tempo reale.

Per questo motivo, l'integrazione orizzontale prevede reti connesse di Cyber Physical System che garantiscono alti livelli di automazione, flessibilità, agilità e capacità lavorativa nei processi di lavorazione. In genere l'integrazione orizzontale è organizzata su più livelli.

All'interno dello stesso impianto di produzione le macchine e le attività di produzione sono sempre connesse. Comunicano tra loro rispondendo così alle esigenze di produzione dinamica. Questa connessione permette di rispondere tempestivamente a problematiche legate al malfunzionamento dei macchinari. In questo modo aumenta l'efficienza dei macchinari e si riducono i tempi di fermo attraverso la manutenzione predittiva.

Se ci sono più impianti di produzione allora l'integrazione orizzontale riguarda i sistemi di gestione della produzione. In questo caso le informazioni che riguardano la produzione vengono condivisi nell'intera azienda e nel caso le attività di produzione vengono spostate tra i diversi impianti per garantire efficienza e tempestività agli eventuali cambiamenti di produzione.

Infine, attraverso tutta la supply chain, l'industria 4.0 prevede trasparenza dei dati e collaborazione tra la catena di approvvigionamento a monte e la catena di logistica a valle. I fornitori di materie prime e quelli dei servizi sono integrati nei sistemi di controllo della produzione e nella logistica dell'impresa.

Per quanto riguarda l'integrazione verticale, questa collega tutti i livelli logici all'interno dell'azienda. In questo modo i dati fruiscono liberamente tra tutti i livelli in modo che le decisioni strategiche e tattiche vengano guidate dai dati. Con integrazione verticale, inoltre, si intende l'integrazione delle tecnologie che favoriscono la comunicazione tra macchine e apparecchiature della fabbrica.

Un'industria 4.0 che dispone dell'integrazione verticale presenta notevoli vantaggi: gestione dei dati in tempi reali, disponibilità di dati sulla produzione e sulla catena di fornitura, automazione di tutte le fasi produttive, misurazione continua dei parametri di produzione. Questo prevede un aumento delle prestazioni dell'impianto e una risposta efficace ai cambiamenti del mercato.

1.4.6 Internet of Things

Questa è definita come “una rete globale ed eterogenea composta da oggetti che hanno un'identità sia reale che virtuale, che siano individuabili e localizzabili e, allo stesso tempo, sorvegliabili e programmabili utilizzando l'infrastruttura più potente al mondo ossia Internet”.

Internet of things è la tecnologia alla base dell'industria 4.0 che viene applicata a vari settori e consiste nell'utilizzare apparecchiature connesse ad internet e piattaforme di analisi avanzate per l'elaborazione dei dati. Inoltre, questa

tecnologia si riferisce anche ai consumatori con tecnologie avanzate come la domotica o i dispositivi indossabili.

Attualmente l'internet of things viene molto sfruttata dall'aziende attraverso altre tecnologie.

Un esempio è il Digital Twin che è un modello informatico capace di prevedere il comportamento di un oggetto reale. Questo permette di ridurre i rischi perché vengono individuati i problemi prima che si verificano e di conseguenza anche i costi. Gli Electronic Logging Device sono dei sensori capaci di monitorare la velocità, il tempo alla guida e il tempo di frenata dei conducenti. In questo modo si prevede una riduzione di carburante, il miglioramento della sicurezza e la riduzione di risorse inattive. I conducenti vengono informati di tutto attraverso una notifica.

Un altro tipo di tecnologia che utilizza l'internet of things è l'Intelligent Edge in cui avviene la gestione, il monitoraggio, l'analisi e l'interpretazione dei dati.

Questo permette di analizzare i dati molto velocemente e garantisce una sicurezza maggiore ossia fa in modo che i dati non possano essere intercettati.

L'IoT viene utilizzato anche nella Manutenzione Predittiva che è un sistema che comprende macchine o componenti che possiedono dei sensori capaci di raccogliere e trasmettere dati che poi vengono analizzati e archiviati all'interno dei database. Questo sistema garantisce la manutenzione solo quando necessaria e aumenta la probabilità di evitare i guasti. Infine, un'altra tecnologia che utilizza l'internet of things è la Radio-Frequency Identification che è caratterizzata da

etichette e lettori, simile al codice a barre. I lettori identificano le etichette attraverso onde radio. Le etichette permettono di monitorare e tracciare gli oggetti su cui sono applicate.

L'internet of things è una tecnologia in continua crescita che può essere utilizzata in vari settori e permette di ottimizzare i processi produttivi aziendali.

1.4.7 Cloud computing

Questo fornisce diversi servizi di calcolo tramite internet. Nel cloud computing i dati e le informazioni a cui si accede si trovano nel cloud o in uno spazio virtuale. Quindi i file non sono più mantenuti in dischi rigidi o su un dispositivo di archiviazione, ma sono salvati in database remoti. In particolare, il cloud computing offre dei servizi molto sicuri, efficienti, rapidi e immediati con risorse flessibili ed economie di scala. Infatti, si verifica una riduzione dei costi per l'infrastruttura perché questi servizi permettono di pagare solo ciò che viene realmente utilizzato dall'azienda.

Il cloud computing, nonostante sia una tecnologia abbastanza nuova, è molto utilizzato da organizzazioni di diverso tipo.

Il cloud computing è definito come un sistema composto da tre tipi di servizi.

Il software as-a-service che richiede una licenza di un'applicazione software per il cliente. Le licenze sono fornite attraverso un modello con pagamento in base al numero di licenze o su richiesta. L'infrastructure as-a-service che prevede la somministrazione di tutto tramite un servizio su richiesta. Per cui le aziende non devono acquistare software o server e possono ottenere le risorse con un servizio su richiesta. Infine, c'è la platform as-a-service la quale è una piattaforma che crea software. È la più complessa

tra i tre servizi offerti dal cloud. Le aziende che utilizzano i software basati sul cloud sono molto avvantaggiate. I dati possono fruire da un dispositivo all'altro in modo flessibile senza che un dispositivo cambi le sue impostazioni di partenza. Con il cloud computing è molto più semplice accedere ai file su diversi dispositivi. Un altro vantaggio è la riduzione dei costi, quindi l'enorme risparmio che è garantito dall'utilizzo di questi software. Infatti, prima dell'avvento del cloud computing le aziende erano costrette ad acquistare delle infrastrutture molto complesse che erano in grado di immagazzinare e gestire l'enorme quantità di dati con il rischio che parte di questa infrastruttura non venisse utilizzata. Grazie al cloud le aziende possono acquistare esclusivamente lo spazio necessario alla memorizzazione e alla gestione dei dati disponibili in tempo reale.

1.4.7 Cybersecurity

Nonostante si sia passata ad un'industria del tutto digitale, questo non significa che non ci sia un rischio legato alla sicurezza. Le nuove tecnologie hanno sicuramente agevolato le aziende ma non hanno eliminato il problema legato alla privacy e alla sicurezza dei dati trattati. Queste innovazioni hanno sviluppato i cyber-attacchi ed è per questo che è necessario implementare tecnologie che renda tutto il sistema sicuro e capace di difendersi da qualunque tipo di attacco.

1.5 I magazzini nell'industria 4.0

Da tutto questo si nota come in un certo senso si sta assistendo ad una smaterializzazione dell'economia rispetto al passato. Con questo si intende che se prima le attività aziendali avevano bisogno di un supporto fisico, ora sono svolte per la maggior parte da macchine automatiche. Nonostante questa digitalizzazione dei processi aziendali, i prodotti materiali continuano ad essere commercializzati sempre di più e a viaggiare da una parte all'altra del pianeta. Tutto questo è dovuto da diversi fattori tra cui la globalizzazione economica, la delocalizzazione produttiva, lo sviluppo dei mercati esteri e il passaggio dalla multicanalità all'omnicanalità. Grazie a questi fattori, le aziende stanno ponendo sempre più l'attenzione sui processi logistici. Non a caso oggi si parla di Logistica 4.0 che non è altro che l'applicazione al mondo della supply chain dei paradigmi dell'industria 4.0, caratterizzata dai nuovi sistemi di stoccaggio, di monitoraggio e trasporto basati sul digitale e sulle nuove tecnologie. Una parte importante da considerare quando si parla di logistica 4.0 è il magazzino, ossia il luogo in cui la merce viene stoccata e conservata per periodi che possono essere più o meno lunghi. Molte volte la gestione del magazzino è stata sottovalutata da molte aziende e questo ha causato delle grosse perdite in termini di costi e tempi. Infatti, una buona gestione del magazzino rende l'azienda efficace ed efficiente e garantisce un risparmio di tempo e denaro.

È innegabile sottolineare come una logistica più efficace e rapida possa portare vantaggi garantendo un'ottima gestione di semilavorati e materie prime nella movimentazione di magazzino. Grazie ai Big Data è possibile tracciare tutti i movimenti del magazzino e rilevare possibili anomalie.

In questi ultimi anni, infatti, le aziende hanno dato molta importanza ai magazzini in modo da ottimizzarli al massimo dal momento che una buona organizzazione garantisce una fonte di guadagno. Basti pensare all'impiego dei veicoli a guida autonoma per l'incremento dell'efficienza e dell'efficacia delle operazioni di picking e all'impiego di algoritmi di intelligenza artificiale per un'efficace previsione della domanda e un corretto dimensionamento e posizionamento delle scorte nei vari nodi della supply chain. Quindi oltre all'introduzione di nuove tecnologie, ci sono tanti altri fattori che hanno provveduto al miglioramento della logistica di magazzino.

Oggi gli operatori mirano a concentrare la merce in un numero limitato di strutture cercando di ridurre quanto più possibile i tempi e velocizzare le operazioni. Inoltre, a causa della personalizzazione di prodotto, e quindi alla varietà di prodotti disponibili in azienda, le operazioni di stoccaggio e di movimentazione all'interno dell'azienda devono essere sempre più specializzate. Tutto questo prevede un controllo continuo delle operazioni di magazzino e i flussi in entrata e in uscita.

1.5.1 Tecnologie utilizzate per la gestione dei magazzini

Nell'industria 4.0 sono molte le tecnologie che sono state introdotte e che quindi caratterizzano questo tipo di evoluzione. In particolare, parlando di magazzini 4.0, le tecnologie che caratterizzano questa nuova organizzazione dei magazzini sono varie. Sicuramente si sono molto sviluppate le tecnologie destinate all'identificazione e alla rintracciabilità delle merci RFID (Radio Frequency Identification), che vengono utilizzati in diversi modi come sugli scaffali o a terra per ottimizzare l'uso del magazzino, oppure vengono utilizzati per creare dei portali che rendono efficiente le operazioni di invio/ricezione e in questo caso si parla di RFID gate. Altre tecnologie che

permettono la rilevazione delle merci in termini di volumi, caratteristiche e letture dei codici sono i Smart Glass, scansioni 2D e 3D e scanner laser.

Nella logistica 4.0 anche l'Internet of Things è una delle tecnologie largamente utilizzate attraverso dei sensori intelligenti associati ad appositi software per la raccolta e l'analisi dei dati. L'IoT viene utilizzata per la pesatura, per la geolocalizzazione dei veicoli, per la rilevazione delle persone e per lo stato di mantenimento dei prodotti lungo tutto il processo logistico.

Sono state introdotte anche delle innovazioni per quanto riguarda i software gestionali attraverso nuovi moduli per ottimizzare la gestione del magazzino, gli ordini, la pianificazione delle attività e l'assegnazione dei compiti. Questi software offrono anche delle applicazioni mobili in modo da integrare una serie di funzioni anche su smartphone o tablet.

Per quanto riguarda la documentazione, anche in questo settore viene dematerializzata e resa virtuale garantendo una sicurezza maggiore tramite l'utilizzo dei cloud.

Anche i Digital Twin sono integrati in questa nuova evoluzione del magazzino. Si tratta di una vera e propria rappresentazione della realtà utile per gestire flotte di container e progettare sistemi logistici. Inoltre, vengono utilizzati per riprodurre e analizzare nel dettaglio tutte le operazioni che si svolgono.

Un'altra tecnologia utilizzata è il Phygital, cioè una combinazione di capacità fisiche e digitali. Si tratta di un marketplace per il trasporto di merci che può connettere trasportatori e mittenti, con algoritmi che relazionano domanda, offerta e geolocalizzazione delle merci.

Una volta analizzate in larga scala quali sono le tecnologie che caratterizzano il magazzino nell'industria 4.0, andiamo ad analizzarle nel dettaglio considerando le fasi

di entrata della merce, quando questa è posizionata all'interno del magazzino, e la fase di uscita.

Come è stato già detto, in entrata la merce è dotata di etichetta RFID. Ogni etichetta è dotata di un chip e di un codice univoco. Queste autonomamente mandano i dati di riconoscimento al lettore ottico attraverso impulsi elettromagnetici così da aggiornare in modo istantaneo il database del magazzino. In alternativa, vengono utilizzati dei citofoni con videocamera e/o di un centralino telefonico integrato all'ERP (Enterprise Resource Planning), ossia una piattaforma software che gestisce i vari processi legati all'amministrazione. Questi citofoni con videocamera e i centralini telefonici, permettono di monitorare in video gli arrivi dei camion, di avvisare della disponibilità della merce e aprire da remoto la giusta saracinesca semplicemente premendo un tasto del telefono o del citofono.

Una volta che la merce entra nel magazzino, le attività di monitoraggio e stoccaggio sono agevolate dai traslo elevatori per pallet, che sono delle macchine che si occupano dello stoccaggio attraverso un software di gestione. Queste attività sono agevolate anche dai Pallet Shuttle che sono delle navette con motore elettrico che si sposta sui binari preimpostati tramite indicazioni assegnate via Wi-Fi dall'operatore con un tablet.

Inoltre, le attività di stoccaggio e monitoraggio sono facilitate dai robot antropomorfi che sono in grado di analizzare i parametri dei prodotti e decidono come posizionarli sui bancali, e dal picking vocale attraverso dei dispositivi in grado di riconoscere la voce dell'operatore in modo da fornire e ricevere informazioni.

All'interno dei magazzini vengono utilizzati altre soluzioni che riguardano la sicurezza sul lavoro. Tra queste soluzioni ci sono i telefoni cordless che presentano un pulsante di allarme, e i dispositivi "uomo a terra" dotati di un sistema di machine learning capaci di

individuare le situazioni di potenziale pericolo. Altri dispositivi sono i sistemi anticollisione che uniscono i sistemi di localizzazione in tempo reale con la banda larga e la sensoristica avanzata. I carrelli elevatori, infatti, sono caratterizzati dalla presenza di un radar capaci di misurare delle distanze fino a cento volte al secondo e gestione di diverse soglie di allarme.

Nella fase di uscita, le nuove tecnologie vengono utilizzate per le operazioni di carico. In questo ambito il monitoraggio viene effettuato combinando sensori 3D ed elaborazione delle immagini per acquisire in tempo reale istantanee di ciò che succede nelle banchine.

Grazie a questo software automatico è possibile conoscere tempestivamente la densità e qualità dei colli, altezze delle pile dei pacchi, livello di riempimento del rimorchio e fornisce soluzioni per ottimizzare i processi.

L'IoT viene utilizzato nella gestione della flotta aziendale, ad esempio l'utilizzo di antifurti satellitari che tracciano la spedizione e migliorano la qualità della consegna, oppure l'installazione di dispositivi-hub su ogni veicolo che permette di comunicare i dati e indicatori alla piattaforma software che li raccoglie, elabora e li utilizza a seconda delle esigenze con avvisi riguardanti la manutenzione, la sicurezza e la sostenibilità.

Quindi l'industria 4.0 risulta essere un cambiamento radicale che ha coinvolto qualunque area aziendale. In particolare, ha coinvolto il settore manifatturiero perché permette alle macchine di interagire con gli operatori anche a distanza. Per cui si tratta di un'azienda del tutto automatizzata in cui non è necessario che operatori e macchine si trovino nello stesso luogo.

2. Metodologie innovative a supporto della gestione dei magazzini

In questo capitolo faremo riferimento ad alcuni articoli scientifici che sono stati pubblicati negli ultimi anni e che ampliano i concetti sopra riportati.

2.1 Model of smart factory using the principles of industry 4.0

Con Industry 4.0 si fa riferimento alla quarta rivoluzione industriale, in particolare è caratterizzata dall'utilizzo di concetti tecnologici come l'Internet of Things, sistemi cyber-fisici e altre moderne tecnologie che permettono l'interconnessione di tutti i processi produttivi. Questa connessione porterà alla creazione della Smart Factory.

L'unico ostacolo dell'industria 4.0 è la mancanza di standardizzazione dei processi. La fabbrica intelligente consente l'interconnessione digitale di tutto il sistema di produzione comprese le macchine, le linee di produzione, i magazzini e le aziende fornitrici. L'elemento chiave della digitalizzazione è la Logistica 4.0, che sarebbe una automazione dei processi logistici. Tutto questo permette una maggior precisione di pianificazione, tempi di attesa più brevi dovuti ad una riduzione dei tempi di consegna e snellimento dell'intero processo logistico. Grazie alla fabbrica intelligente è possibile risparmiare tempo, manodopera, energia e altri costi operativi. Solo queste tipo di fabbriche saranno in grado di gestire l'imprevedibilità della domanda, sono più resistenti ai difetti, saranno in grado di produrre in modo più efficiente possibile, e permettono la cooperazione di persone e macchine. Una delle principali caratteristiche della fabbrica intelligente è la sua capacità di auto-realizzarsi, adattarsi

automaticamente e gestire in autonomia i processi produttivi. Un sistema autonomo può prendere alcune decisioni senza l'intervento umano. La fabbrica intelligente rappresenta un elemento chiave della transazione ad un business digitale. È possibile quindi gestire in completa autonomia il processo produttivo e renderlo più efficiente. Molte aziende hanno già notato grossi vantaggi grazie all'implementazione di queste nuove tecnologie e grazie al nuovo concetto di fabbrica intelligente [1].

2.2 Ean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: an association rule mining

La gestione del magazzino svolge un ruolo fondamentale da un punto di vista organizzativo. Ciò a cui si mira è una gestione snella del sistema. Questo può essere ottenuto riducendo i tempi senza valore aggiunto durante il processo. La corsa verso il punto di prelievo è l'attività che richiede più tempo, seguito dalla ricerca e dal ritiro dei componenti. Quindi è fondamentale che il magazzino sia ben organizzato ai fini di evitare, o meglio eliminare, questi sprechi di tempo. Nel caso di un magazzino, ci sono molti fattori su cui agire per ridurre gli sprechi, come modificare i percorsi di prelievo o il layout.

Una metodologia per eliminare questi sprechi è la metodologia delle 5S, che può essere applicata per migliorare l'attuale organizzazione del magazzino. questa metodologia rappresenta una tecnica interessante per migliorare la produzione.

I cinque step che caratterizzano tale metodologia sono:

- Seiri: separare gli oggetti necessari da quelli non necessari;
- Seiton: posizionare gli articoli nella posizione ottimale;
- Seiso: pulire il luogo di lavoro;

- Seiketsu: standardizzare il processo;
- Shitsuke: sostenere il processo, assicurando che le attività precedenti vengano regolarmente eseguite.

Le pratiche 5S sono applicate per ottenere e mantenere un ambiente di qualità.

La filosofia snella di gestione promuove un uso efficiente dei sistemi di inventario e della minimizzazione dei tempi di prelievo. Per ridurre la distanza di prelievo e quindi ridurre il tempo dedicato a questa attività, è stato proposto di raccogliere gli articoli di uso più frequente nel punto di prelievo più vicino.

È stato sviluppato un algoritmo per il prelievo di più ordini contemporaneamente per ottenere una migliore produttività.

In conclusione, la gestione dell'inventario è uno degli aspetti più vitali ed è un'attività molto dispendiosa nella produzione. Inoltre, risulta rappresentare una delle voci di costo più importanti all'interno del costo totale. Più volte un oggetto viene movimentato all'interno del magazzino, maggiori sono i costi associati all'oggetto. Per la gestione dei materiali è stato proposto una procedura AS/RS. L'obiettivo di questo algoritmo è la possibilità di ridurre al minimo il tempo di raccolta durante le varie operazioni. Questo approccio può essere utilizzato accompagnato dalla metodologia 5S poiché aiuta ad assegnare gli articoli ai vari scaffali rimuovendo quelli non necessari, organizzando gli elementi per ottimizzare l'efficienza e garantendo il mantenimento del posto di lavoro sempre ben organizzato.

Quindi l'obiettivo principale della produzione automatizzata e della lean production è soddisfare al meglio il cliente ottimizzando la linea produttive e minimizzando al massimo il costo totale di gestione [2].

2.3 Warehouse management technology

Le tecnologie dell'industria 4.0 hanno consentito anche ai magazzini di adattarsi ai cambiamenti. Le tecnologie di cui spesso si parla quando si fa riferimento ai magazzini automatizzati sono:

2.3.1 RFID

In un magazzino intelligente è essenziale identificare tutte le merci in entrata solo dopo che vengono identificate possono essere accuratamente lavorate dal sistema. I prodotti possono essere contrassegnati utilizzando codici a barre o un tag RFID. Il codice a barre può contenere solo una piccola quantità di dati e la sua scansione è percepita come dispendiosa in termini di tempo e può essere eseguita solo da una piccola gamma. L'RFID è, invece, più accurata, semplice ed efficiente. L'RFID può essere letto da una grande distanza, può memorizzare una grande quantità di dati e consente una migliore gestione dei dati [4]. Questa tecnologia riflette i comportamenti per consentire la tracciabilità e la visibilità in tempo reale del magazzino. Inoltre, è possibile tracciare le merci per l'incoerenza delle informazioni dovute a modifiche e aggiornamenti delle attività di magazzino. L'RFID consente di memorizzare una grande quantità di dati sui tag a una distanza specifica che richiede movimento minore. Questa tecnologia supporta anche l'identificazione e l'estrazione automatica dei prodotti. L'RFID è rinomata per l'eliminazione dell'inefficienza e l'inefficacia e per la semplificazione della gestione del magazzino per fornire una migliore abilitazione al controllo della qualità, alla visibilità del prodotto e al miglioramento dell'affidabilità della consegna. L'RFID insieme ad altre tecnologie intelligenti, migliorano l'efficienza dello stoccaggio e il perfezionamento del processo con conseguente eliminazione degli

sprechi [5]. Uno dei vantaggi dell'uso di questa tecnologia è che può resistere ad ambienti di lavoro difficili. Tuttavia, ha diverse limitazioni: è difficile tracciare il movimento 3D, è probabile che si ripetano le collisioni tra lettori e tag, può essere costoso, l'accuratezza della localizzazione potrebbe non essere abbastanza precisa per alcune applicazioni [6].

2.3.2 Progetto I-READ 4.0

La soluzione per l'installazione di magazzini intelligenti basati sul progetto I-READ si basa sull'installazione di una rete di lettori UHF-RFID sia fissi che mobili, capaci di raccogliere automaticamente i dati relativi al codice identificativo, alla posizione e allo stato dei pallet all'interno dei magazzini ad alto indice di rotazione.

I principali elementi tecnologici sono gli smart gates UHG-RFID e smart forklift UHG-RFID.

Gli smart gates sono lettori fissi capaci di rilevare pallet in entrata o in uscita dalle aree di interesse. Gli smart forklift sono in grado di localizzare automaticamente sfruttando i dati dei tag di riferimento UHG-RFID nello scenario e quindi di localizzare i pallet taggati nel magazzino interno. Il sistema è a basso costo, riconfigurabile, flessibile e scalabile indipendentemente dalle dimensioni del magazzino, dai tipi buoni e dalla risoluzione spaziale richiesta per la localizzazione degli articoli.

Il sistema I-READ 4.0 è stato progettato per lavorare in magazzini di superficie superiore a 10000 m² e con una movimentazione media di 1000 pallet al giorno.

Lo smart RFID gate (SRG), in particolare, è costituito da un lettore UHG-RFID collegato a una singola antenna. È posto in diversi punti di interessi all'interno del magazzino: all'ingresso dell'area di stoccaggio del magazzino, all'ingresso dell'area di

preparazione fronte ad ogni banchina di carico, e in corrispondenza di ogni porta di carico del magazzino. L'SRG implementa un algoritmo di classificazione in grado di discriminare i pallet che entrano, escono o passano vicino al cancello senza attraversarlo. All'ingresso principale l'SRG deve certificare l'ingresso effettivo dei pallet nel magazzino provenienti dalla fase di produzione. All'ingresso del magazzino, il cancello identifica automaticamente i pallet preparati per la spedizione evitando che questo sia fatto manualmente da un operatore. All'ingresso delle porte di carico l'SRG deve certificare il carico reale di pallet sul camion. In definitiva l'SRG consente la determinazione dello stato del pallet che potrebbe essere "in ingresso", "nell'area di preparazione", o "caricato".

Il sistema di localizzazione viene realizzato attraverso il carrello elevatore già presente nel magazzino e utilizzato per la movimentazione dei pallet.

Lo smart RFID forklift (SRF), questo è dotato di un hardware UHF-RFID commerciale, sensori cinematici, un'unità di elaborazione, un'interfaccia con l'operatore e un dispositivo wireless per la trasmissione dei dati attraverso il Wi-Fi. In particolare, l'UHF-RFID è installato sopra il carrello elevatore e collegato a due antenne. L'antenna installata vicino alle forche ha un raggio di rilevamento limitato e viene utilizzata per rilevare i pallet taggati durante le operazioni di carico/scarico.

L'antenna sul tetto viene utilizzata per rilevare le etichette di riferimento utilizzate per la localizzazione. Il vantaggio dei sistemi di localizzazione basati su RFID è che non richiede un'infrastruttura fissa di dispositivi attivi ad alta intensità. Oltre all'ottimizzazione dei processi logistici all'interno del magazzino interno, il progetto I-READ 4.0 mira a migliorare la sicurezza degli operatori umani [10].

2.3.3 WMS

I magazzini di questi tempi sono molto di più di un semplice luogo per lo stoccaggio delle merci. Sfruttare le nuove tecnologie è molto utile per il miglioramento delle prestazioni del magazzino. Infatti, se prima l'operazione di prelievo veniva effettuata tramite l'utilizzo di carta e penna, ora viene fatta attraverso le liste di prelievo generate da WMS. In questo modo l'operazione di prelievo è sicuramente più efficace e più efficiente. Uno dei vantaggi del WMS è tenere informati i fornitori sui livelli di inventario in modo da avere il magazzino sempre fornito. Molti magazzini collegano il WMS ai sistemi Kanban per generare ordini di prelievo in tempo reale. L'automazione delle operazioni di magazzino consente miglioramenti operativi come l'ottimizzazione delle ubicazioni degli articoli nei magazzini, può anche abilitare il rilevamento delle traiettorie nei magazzini [6].

2.3.4 I robot (AMR)

La gestione del magazzino nell'industria 4.0 svolge un ruolo molto importante perché garantisce fluidità di tutte le operazioni aziendali del sistema. Tutto questo è agevolato dalla collaborazione tra l'uomo e i robot che permette di superare molte limitazioni. L'essere umano all'interno di un'azienda svolge un ruolo importante ed è un fattore positivo grazie alle capacità cognitive e motorie che possono adattarsi a qualsiasi cambiamento operativo che si verifica. I robot mobili autonomi (AMR), sono importanti per la loro capacità unica di navigare in un ambiente incontrollato con una capacità di comprensione attraverso l'uso di sensori e attraverso l'IoT.

L'AMR fornisce un'autonomia in termini di pianificazione del movimento poiché non ci sarà nessun percorso già stabilito e può adattarsi adeguatamente all'ambiente di stoccaggio, e inoltre non ci sarà nessuna dipendenza dai sensori. I recenti progressi della robotica hanno portato ad un maggior controllo ed efficienza delle operazioni ad alta complessità. Un singolo robot automatizzato può essere utilizzato all'interno di piccoli magazzini e può avere un vantaggio legato alla riduzione del traffico all'interno del magazzino stesso. Operazioni complesse non possono essere gestite da un solo robot e infatti questo potrebbe gravare sull'intero sistema.

L'adozione di multi-robot ottimizza le prestazioni del magazzino utilizzando un approccio SLAM e inoltre permette un'ottima comunicazione tra i vari ambienti aziendali.

L'uso dei multi-robot presenta degli aspetti negativi legati al tempo di esecuzione ridotto, la pianificazione del movimento per un ambiente non strutturato in quanto verrà sempre cambiata la planimetria, l'addestramento del robot in modo che sia consapevole di tutti i possibili vincoli [7].

2.3.5 Digital twins

La simulazione è uno strumento importante capace di aiutare i ricercatori e i professionisti ad analizzare il mondo reale e a fornire ottimizzazione. Inoltre permette di ridurre i costi, abbreviare i cicli di sviluppo, aumentare la qualità dei prodotti e processi, e facilitare la gestione delle conoscenze. All'interno dell'industria 4., la simulazione permette di creare i gemelli digitali di complessi processi produttivi e logistici. Un gemello digitale di processo è un modello che imita in dettaglio il comportamento del mondo reale. Questi sono molto importanti nel ciclo di sviluppo

prodotto ma per quando riguarda l'applicazione ai processi industriali, deve essere ancora migliorata.

Un elemento importante è il collegamento in tempo reale tra il mondo reale e il digital twin. Il modello reale e quello di simulazione vengono collegati attraverso sensori intelligenti in modo da fornire la capacità di controllare e agire puntualmente quando necessario.

Uno strumento che permette ciò è il sistema di identificazione a radiofrequenza (RFID) che permette ai ricercatori di progettare e realizzare interessanti applicazioni dell'industri 4.0.

Nel documento analizzato, si fa riferimento ad un digital twin di un magazzino che è stato costruito con l'applicazione parallela e combinata di simulazione di eventi discreti, simulazione basata su agenti e sistemi RFID e utilizzando un approccio modulare.

In particolare, questo modello imita il comportamento di un grande magazzino di impianti di conversione della carta in cui sia i pallet che i carrelli elevatori sono stati identificati tramite tag RFID UHF.

La rete di sensori ha il compito di tenere aggiornate le informazioni riguardo le posizioni fisiche delle merci e dei carrelli elevatori all'interno dei digital twin. Invece il modello di simulazione elabora rapidamente i scenari alternativi, cercando di ottimizzare l'allocazione del magazzino e i percorsi che i carrelli elevatori devono eseguire per minimizzare i costi di gestione del magazzino.

I carrelli elevatori ottengono i percorsi direttamente sugli schermi che possiedono a bordo con cui interagiscono con il sistema di gestione del magazzino.

Per trasformare il modello di simulazione in un vero digital twin è necessaria la seguente struttura: i carrelli elevatori attraverso dei sensori comunicano la loro posizione all'interno del magazzino; i pallet sono dotati di adeguati sistemi di identificazione in modo da essere identificati attraverso delle apparecchiature posizionati sui montati del carrello elevatore; ogni 30 minuti il computer di bordo trasmette informazioni dell'elemento in questione al simulatore tramite un protocollo predefinito; la simulazione viene avviata su richiesta; il simulatore fa una serie di esperimenti con lo scopo di ottimizzare sia la posizione che i percorsi; infine i codici dei pallet vengono reinseriti nel computer e vengono utilizzati per inserimenti e prelievi [8].

2.3.6 I veicoli a guida autonoma (UAV)

I veicoli aerei senza equipaggio (UAV) stanno diventando sempre più importanti in diversi settori, dalla ricerca e soccorso alla sorveglianza e all'ispezione a distanza. Un'attività che trae vantaggio dagli UAV è la gestione del magazzino. Generalmente i magazzini e i centri di distribuzione si basano sullo stoccaggio dell'inventario all'interno degli scaffali lungo i corridoi a cui i lavoratori e le macchine di magazzino possono accedere. Questa tecnologia è fondamentale nell'industria 4.0 per realizzare un magazzino intelligente in grado di eseguire attività come la gestione dell'inventario, la logistica, l'ispezione e la sorveglianza.

La navigazione UAV all'interno di un magazzino dipende dalla sua localizzazione e dalla capacità di osservare o stimare la posizione del veicolo. La localizzazione viene effettuata attraverso l'uso mappe e sensori che permettono la localizzazione del veicolo attraverso caratteristiche e oggetti noti. La creazione delle mappe in fase di esecuzione

durante il processo di localizzazione viene denotata da SLAM. L'uso degli algoritmi basati su SLAM è molto utile per la gestione del magazzino perché impedisce di mappare ogni magazzino in cui viene implementato il sistema che potrebbe essere costoso e dispendioso in termini di tempo [9].

2.4 Selective magnet assembly assisted by an automated warehouse system: algorithms, performance and industry

4.0 readiness

I motori sincroni a magneti permanenti (PMSM) possono avere un funzionamento insufficiente in termini di bassa potenza, bassa efficienza energetica, di conseguenza calore eccessivo, forti vibrazioni e rumori. Per la loro produzione viene proposto un algoritmo per una gestione ottimizzata del magazzino e un'interfaccia utente pronta per l'industria grafica 4.0.

I magneti permanenti possono essere montati sui motori sincroni sia in stato magnetizzato che non magnetizzato. Lo stato non magnetizzato non presenta molti problemi perché non si verificano interazioni magnetiche tra i magneti e le parti ferromagnetiche. Questa modalità di assemblaggio prevede un dispositivo di magnetizzazione specifico per ogni variante.

Per quanto riguarda lo stoccaggio dei magneti, questo si basa sui magazzini automatizzati. I magneti vengono caricati dai robot in camere separate che sono costituite di materiale non magnetico con uno strato ferromagnetico per controllare le varie interazioni magnetiche. Ogni supporto per pezzi è formato da un vassoio a otto strati. Questi vassoi vengono trasferiti su un molo di ritiro tramite trasportatori a nastro e

sono temporaneamente bloccati. L'accesso al vassoio è consentito da un portale di alimentazione. Il sistema di visione robot permette di riempire e svuotare con precisione le camere, poiché il vassoio forma una matrice di stoccaggio bidimensionale.

Anche il layout della cella di magazzino svolge un ruolo importante, infatti questa presenta punti per fornire pile magnetizzate non sequenziate, un dispositivo di separazione, sistemi per la misurazione magnetica e geometrica dei corpi magnetici, un dispositivo di marcatura laser opzionale per consentire la tracciabilità dei singoli magneti, un tampone di smistamento, un dispositivo di stacker e la fornitura delle pile di magneti lavorate e sequenziate per le fasi di assemblaggio del magnete. La cella è anche dotata di un sistema di visione industriale per rilevare l'orientamento del magnete all'interno della zona di stoccaggio e il posizionamento della pinza per le operazioni di prelievo e posizionamento.

Viene utilizzato un PLC del settore per l'automazione del sistema, perché soddisfa i requisiti per la sicurezza e la capacità in tempo reale. Dal momento che il sistema di integrazione di algoritmi di ottimizzazione richiede un'immensa capacità di calcolo, i PLC hardware classici sono sconsigliati.

A questo proposito viene utilizzato un sistema di controllo basato su PC da Beckhoff. Il PC offre un sistema di controllo aperto, potente e affidabile. Questo sistema permette di collegarsi a tutti i sottosistemi di dell'intero sistema, dal semplice sensore fino al Cloud [11].

2.5 Towards a conceptualisation of order picking 4.0

Il prelievo degli ordini è un concetto molto importante in qualunque tipo di azienda nell'ambito della catena di approvvigionamento e della gestione dei magazzini. Alcune aziende effettuano le operazioni di prelievo ancora manualmente, ma l'uso della tecnologia, e quindi la possibilità di automatizzare le attività di prelievo, si sta sempre più diffondendo.

Il prelievo degli ordini rappresenta più della metà dei costi operativo del magazzino. In particolare, i costi di processo sono relativamente elevati nelle aziende che si basano in gran parte sul lavoro umano manuale.

I sistemi di prelievo vengono definiti sistemi sociotecnici grazie alle interazioni tra esseri umani e tecnologie. I sistemi sociotecnici sono sistemi di lavoro in cui i sistemi sociali ossia i dipendenti, e i sistemi tecnici si influenzano a vicenda.

Nei sistemi di prelievo degli ordini (OPS), vengono applicate soluzioni tecniche che supportano il processo manuale di prelievo. In base al grado di automazione del processo di prelievo è possibile differenziare diversi OPS. Nel prelievo manuale gli operatori sono impiegati nelle varie attività e gli OPS da selezione a parti sono quelli più manuali. Poi ci sono i sistemi parts-to-picker sono considerati manuali perché riducono le attività umane, ma l'attività di prelievo viene svolta manualmente. Infine, ci sono gli OPS basati su macchine che automatizzano il prelievo sostituendo l'attività umana. Questi si chiamano sistemi di prelievo automatizzati e di robot.

Negli OPS da selezione a parti i raccoglitori ordini pianificano e impostano le attività prima di camminare nel magazzino per raccogliere gli articoli in una lista di prelievo. Inoltre, le attività principali sono alla ricerca dell'ubicazione dell'articolo, il recupero degli articoli nella quantità richiesta e la documentazione del prelievo. Dopo aver

terminato l'elenco di prelievo, il raccogliitore ordini torna al deposito dove gli articoli vengono preparati per la spedizione.

I sistemi di prelievo basati su macchine, in cui il prelievo degli ordini viene effettuato da robot, sono limitati a causa della minor flessibilità e adattabilità a raccogliere beni eterogenei e la risoluzione dei problemi si basa sull'intervento umano.

Gli OPS manuali permettono agli esseri umani di interagire con i sistemi tecnici che possono includere sia automazione che tecnologie digitali. Gli esseri umani interagiscono anche con i componenti software per pianificare, elaborare e controllare le informazioni in qualunque area di lavoro. In questi casi l'uomo passa da un'attività di esecuzione a un'attività di pianificazione e monitoraggio. Per questo motivo le interazioni varie ed eterogenee devono essere gestite con molta attenzione considerando anche i fattori umani.

Viene definita l'integrazione dei fattori umani (HF) come la disciplina che si occupa dell'interazione tra gli esseri umani e altri elementi del sistema, ed è anche la professione che applica teoria, principi, dati e metodi alla progettazione al fine di ottimizzare il benessere umano e le prestazioni complessive del sistema.

Gli aspetti rilevanti dell'interazione uomo e OPS sono tre: aspetto percettivo, mentale e fisico.

L'integrazione umana è accompagnata dall'integrazione tecnologica. La tecnologia di automazione è correlata al processo fisico, invece la tecnologia digitale consente l'automazione cognitiva. Infatti, nel caso del prelievo ordini, che è un compito principalmente fisico, le tecnologie digitali supportano principalmente il raccogliitore ordini nell'esecuzione delle attività perché queste tecnologie non possono spostare i materiali. Invece le tecnologie di automazione sostituiscono principalmente le attività

perché la parte fisica può essere eseguita dall'uomo o dalla tecnologia di automazione.

La sostituzione o il supporto del processo ha un impatto significativo sull'operatore.

La sostituzione dei compiti potrebbe portare ad una limitazione dei compiti per l'uomo, rendendoli più ripetitivi e riducendone le caratteristiche benefiche, il supporto dei compiti potrebbe portare a un lavoro più flessibile e informato, e quindi ampliare o arricchire il lavoro.

Nel prelievo ordini 4.0 l'interazione tra gli esseri umani e le tecnologie devono adattarsi armoniosamente per migliorare le prestazioni complessive del sistema e raggiungere gli obiettivi di Logistica 4.0.

Quindi i fattori umani sono soddisfatti limitando i carichi per l'uomo rispetto alle esigenze percettive, mentali e fisiche. L'automazione e le tecnologie digitali sostituiscono e supportano le attività durante il processo di prelievo degli ordini che limita i carichi e crea opportunità di diversificazione e motivazione durante il lavoro.

In conclusione, il prelievo ordini 4.0 è definito come un sistema sociotecnico di prelievo ordini in cui gli ordini dei clienti individuali ed eterogenei vengono compilati in modo efficiente e sostenibile in piccole dimensioni di lotti da una grande varietà di merci in un magazzino. Pertanto, vengono considerati alti livelli di automazione di tecnologie di supporto e sostitutive e dei fattori umani [12].

2.6 Testbed for warehouse automation experiments using mobile agvs and drones

I sistemi di stoccaggio mirano all'innovazione adottando tecnologie che rendono le operazioni automatizzate e quindi caratterizzate da un funzionamento autonomo.

Queste soluzioni richiedono test e convalida e questo non è sempre facile in aziende

grandi. Per questo motivo è stato creato un banco di prova per esperimenti di automazione del magazzino. il PhyNetLab è un banco di prova di un magazzino costituito da diversi contenitori intelligenti ognuno collegato a un PhyNode che contiene una scheda per la gestione della piattaforma per l'esperimento. Lo scopo del banco di prova è convalidare i protocolli industriali per i sensori e le soluzioni IoT inclusi i protocolli sui magazzini. Il banco di prova però presenta molti limiti. Per superare tali ostacoli è stato creato un banco di prova flessibile ed estensibile che consiste in un ambiente simile ad un magazzino con AGV e droni. Il banco di prova è costituito da vari elementi che possono essere combinati per modellare diversi scenari di magazzino utilizzando AGV e droni. Tra questi elementi si trova: un ambiente realistico caratterizzato dalla presenza di nastri trasportatori, bracci robotizzati, spazi aperti e chiusi; sistema di localizzazione su larga scala con alta velocità di aggiornamento; sono disponibili più soluzioni legate alla connettività; facile portabilità grazie al sistema wireless e a batterie che permette il trasporto di tecnologie e sistemi senza problemi [13].

2.7 Flatpack: flexible temporal planning with verification and controller synthesis

Quando si parla di industria 4.0 si fa riferimento alla pianificazione automatizzata che utilizza più agenti robotici. I futuri magazzini e fabbriche dell'industria 4.0, useranno una serie di robot per aumentare l'efficienza delle operazioni. Affinché questi robot autonomi siano coordinati, è necessario disporre di meccanismi di pianificazione, verifica ed esecuzione. Uno degli approcci che è stato sfruttato è la pianificazione e la programmazione automatizzata. La pianificazione automatizzata consente la

pianificazione di piani individuali tenendo conto degli obiettivi generali e delle specifiche richieste. I piani possono richiedere un miglioramento durante il processo di esecuzione attraverso la modifica del piano, cambiamenti della timeline o ritorni. Un altro vincolo potrebbe essere legato al controllo della sicurezza. Per gestire questi problemi viene proposto un piano per la pianificazione temporale, la verifica e la sintesi del controller (FLATPACK).

La struttura inizia con piani temporali multi-agente che sono tradotti in modelli di gioco automatico a tempo per l'analisi con UUPPAAL-TIGA.

I modelli di sintesi del controllo in UPPAAL-TIGA permettono di generare una strategia di dispacciamento, che risulta essere una strategia ottima contro eventi ambientali incontrollabili. Un'altra analisi viene fatta sul trade-off tra azioni controllabili e complessità del controllo che deve essere mantenuto. Questi sono spiegati su uno scenario di pick-and-drop in magazzini Industry 4.0 che coinvolge più robot.

La pianificazione automatizzata ha ricevuto un notevole interesse di ricerca con la proposta di un linguaggio standard come il Planning Domain Definition Language (PDDL). Per quanto riguarda la verifica dei modelli di pianificazione, la verifica è usata per specificare se qualche piano può essere generato per gli obiettivi dati e se rispecchia le proprietà. La verifica dei piani è abilitata dallo strumento VAL che fa da supporto per la verifica di situazioni non previste.

La pianificazione automatizzata inizia con la definizione dei domini, piani e obiettivi da raggiungere. Il PDDL è un linguaggio standard che permette due tipi di descrizioni: la descrizione del dominio e la descrizione del problema. Per verificare i piani prima della spedizione sono necessari modelli formali e regole del runtime. Per fare tutto

questo viene utilizzato il FlatPack. Questo comprende il modulo di pianificazione, il modulo di verifica del piano e di sintesi della strategia e il modulo di esecuzione della distribuzione.

Si presume che il controllore sia centralizzato e siano presenti dei robot che svolgono i vari compiti come la pianificazione e il monitoraggio. Questi agenti robotici sono in grado di svolgere le azioni autonomamente con la capacità di adattarsi a cambiamenti e quindi a situazioni imprevedibili.

La pianificazione principale si basa su PDDL con pianificatori temporali abituati a sintetizzare piani strategici. I piani sintetizzati vengono verificati attraverso modelli autonomi temporizzati [14].

2.8 Aosl 2.0: a novel approach and thorough validation of an agent-oriented storage and retrieval wms planner for smes, under industry 4.0

Una parte molto significativa dell'economia mondiale si basa sull'industria manifatturiera. Il mondo industriale si sta muovendo verso una virtualizzazione e digitalizzazione dei processi.

Un'ampia ricerca e sviluppo ha fornito all'industria manifatturiera soluzioni high-tech per accelerare il processo di produzione e consegna dei prodotti ai clienti finali utilizzando il concetto di intelligenza artificiale distribuita, Internet of Things, Big Data, sistemi multi-agente, Cloud Computing e Industria. L'industria 4.0 prevede processi decisionali basati su Big Data abilitati all'IoT, sostenibili e una produzione di massa digitalizzata all'interno dei sistemi di produzione, utilizzando la trasformazione

infrastrutturale avanzata e incorporando macchine intelligenti all'interno della catena di approvvigionamento (SC). Per garantire questa struttura sono necessari strumenti di calcolo avanzati che però aumentano i costi infrastrutturali e operativi. Se le grandi aziende potrebbero permettersi tutto ciò, le piccole imprese (PMI) non sono compatibili con tali sistemi. Per le operazioni di approvvigionamento i magazzini rappresentano la spina dorsale per il mantenimento della catena del valore. Per gestire le operazioni del magazzino è necessario installare un sistema capace di gestire il magazzino (WMS), che è un sistema software che supporta le operazioni quotidiane di magazzino.

Sebbene ormai l'industria 4.0 è molto sviluppata nell'industria manifatturiera, gli standard di questa nuova industria non possono essere applicati alle PMI.

Le PMI si trovano ancora ad affrontare problemi legati allo stoccaggio, valori imprecisi delle scorte in fase di esecuzione, aree di ricezione e spedizione non gestite e pianificazione di recupero inappropriate. Affinché anche le PMI possano trovare vantaggio dall'industria 4.0, si parla di smart factory orientate agli agenti (AOSF) che fornisce un'architettura SC completa e di alto livello per le PMI e inoltre, insieme al recupero orientato degli agenti (AOSR), permette di ottenere un magazzino semi-autonomo a basso costo. Quindi l'AOSR fornisce una soluzione semplice ma completa ai problemi di un magazzino di distribuzione standard. L'obiettivo di tale strategia è quello di ridurre al minimo le ragioni che causano le interruzioni nelle attività generali del magazzino e massimizzare il numero di prodotti immagazzinati. Nonostante l'AOSR permette di risolvere tali problemi di magazzino, di dotarlo di capacità di rilevamento fortificato, sono stati impiegati alcuni concetti avanzati che permettono di costruire un piano di produzione dinamico. I sensori e le reti wireless permettono di ottenere una grande quantità di dati che devono essere analizzati in modo efficiente ed

efficace per supportare il processo decisionale e la gestione di sistemi sempre più complessi. Tutto questo rende il cosiddetto AOSR 2.0 più attivo il che aiuta a gestire il magazzino prima di raggiungere una situazione di collo di bottiglia. L'architettura euristica AOSR 2.0 incorpora informazioni simultanee di prodotti e rack definiti e inoltre le loro caratteristiche e categorizzazioni. Le caratteristiche principali che rendono la strategia AOSR 2.0 più adattabile a qualsiasi ambiente sono la flessibilità e la riconfigurabilità. Inoltre, questa strategia è continuamente aggiornata per cui si è sempre a conoscenza di qualsiasi movimento del prodotto il che ottimizza tutti i processi industriali [15].

2.9 Cyber-physical system integration for industry 4.0: modelling and simulation of an induction heating process for aluminium-steel molds in footwear soles manufacturing

Questo documento propone la modellazione e la simulazione di un processo di riscaldamento a induzione per stampi in alluminio-acciaio che viene utilizzato per la produzione di soles per le calzature. Questa modellazione viene fatta utilizzando un sistema CPS relativo all'utilizzo di un LGV multiuso che trasporta questi stampi da un magazzino alla linea di produzione finale. In particolare, sono stati studiati un modello termico e uno di circuito elettronico di riscaldamento a induzione per descrivere l'intero sistema di riscaldamento degli stampi. Per fare tale simulazione è stato utilizzato Simulink/MATLAB e sono stati sviluppati due tipi di controller, una tecnica

di controllo preriscaldato a induzione basato su un Model Predictive Controller, e un altro basato su PID, in modo da analizzare il diverso comportamento del sistema [16].

2.10 Implementation barriers of smart technology in indian sustainable warehouse by using a delphi-ism-anp approach

Le tecnologie intelligenti sono state adottate dopo l'avvento dell'industria 4.0 in Germania. Queste tecnologie hanno generato enormi opportunità per migliorare la sicurezza e il servizio dei magazzini a causa della digitalizzazione aziendale. Queste nuove tecnologie hanno trasformato i magazzini in magazzini intelligenti con un migliore accesso e visibilità per migliorare la soddisfazione del cliente e gli obiettivi organizzativi strategici. Il magazzino intelligente è diventato una scelta produttiva ed efficace per produttori e distributori che può consentire strutture di magazzino economiche con migliori prestazioni e controllo, stoccaggio e recupero più affidabili con una riduzione di errori e tempi di elaborazione degli ordini. L'utilizzo di queste tecnologie ha aumentato l'emissione di gas inquinanti, ed è per questo che è necessario adottare pratiche sostenibili all'interno di magazzini.

Nonostante i grandi vantaggi ottenuti dall'adozione delle nuove tecnologie, ancora poche aziende le hanno implementate. Questa mancata adozione è dovuta a una serie di motivazioni che vengono definite barriere.

L'implementazione di tecnologie è sempre stata una sfida per le organizzazioni. David ha spiegato che queste tecnologie non garantiscono un'interfaccia uomo-macchina

abbastanza sofisticata, sono molto costose e inoltre c'è una mancata conoscenza tra le organizzazioni.

Anthony e Robert hanno aggiunto che non c'è interoperabilità tra le tecnologie e inoltre c'è una mancanza di infrastrutture che limitano le organizzazioni nell'investire in macchinari nuovi e avanzati. Allo stesso modo le operazioni di stoccaggio hanno sollevato preoccupazioni riguardo all'imprevedibile ritorno finanziario, alla sicurezza e alla riservatezza, e ai problemi di integrazione tecnologica durante l'installazione RFID.

Grazie ai progetti ecosostenibili, molte aziende hanno iniziato a considerare questo concetto. Molti studi hanno applicato con successo concetti di sostenibilità nelle operazioni dei magazzini come la conservazione dell'energia nel magazzino e il magazzino automatizzato ad alta efficienza energetica per aumentare l'efficienza operativa e l'agilità.

Dato che la maggior parte dei magazzini lavorano insieme alla catena di approvvigionamento, l'adattamento di un approccio sostenibile garantisce una serie di vantaggi che potrebbero aumentare la consapevolezza del marchio, la soddisfazione dei clienti e degli stakeholder e una migliore trasparenza per consentire revisioni delle nuove tendenze del mercato.

Questo approccio sostenibile è stato agevolato grazie all'uso del metodo Delphi che è utilizzato principalmente per l'installazione di RFID e l'identificazione dei fattori che guidano l'adozione dell'auto-ID in un magazzino. Viene utilizzato anche il metodo ISM per trovare ed interpretare gli abilitatori per la selezione delle migliori pratiche di sostenibilità. Infine viene utilizzato il metodo ANP per valutare l'elemento critico per la selezione delle ubicazioni del magazzino.

Il metodo Delphi e il metodo ANP sono utilizzati per sviluppare un modello concettuale che si rivolgeva alle persone, ai problemi del magazzino, e per migliorare l'accuratezza delle decisioni in tempo reale [17].

2.11 The impact of logistics 4.0 on corporate sustainability: a performance assessment of automated warehouse operations

Nell'analisi delle prestazioni dei magazzini vengono considerati quattro elementi: l'accuratezza del prelievo, l'accuratezza dell'inventario, la velocità di stoccaggio e il tempo ciclo.

Sono irrilevanti per la sostenibilità aziendale la visibilità e trasparenza della catena di approvvigionamento, che nonostante siano importanti, non vengono misurati o controllati. Un altro fattore irrilevante è il consumo di acqua perché questa viene utilizzata solo nei servizi igienici e nelle pulizie, quindi, nelle aziende non c'è un uso eccessivo di acqua che può incidere sulla sostenibilità. Anche i rifiuti liquidi non sono un problema per le operazioni di magazzino, quindi, non è necessario monitorarlo [18].

3. Rappresentazione grafica

In questo capitolo saranno riportati graficamente gli documenti scientifici di cui si è parlato nel capitolo 2, raccogliendoli sulla base di alcune caratteristiche comuni.

3.1 Documenti per anno di pubblicazione

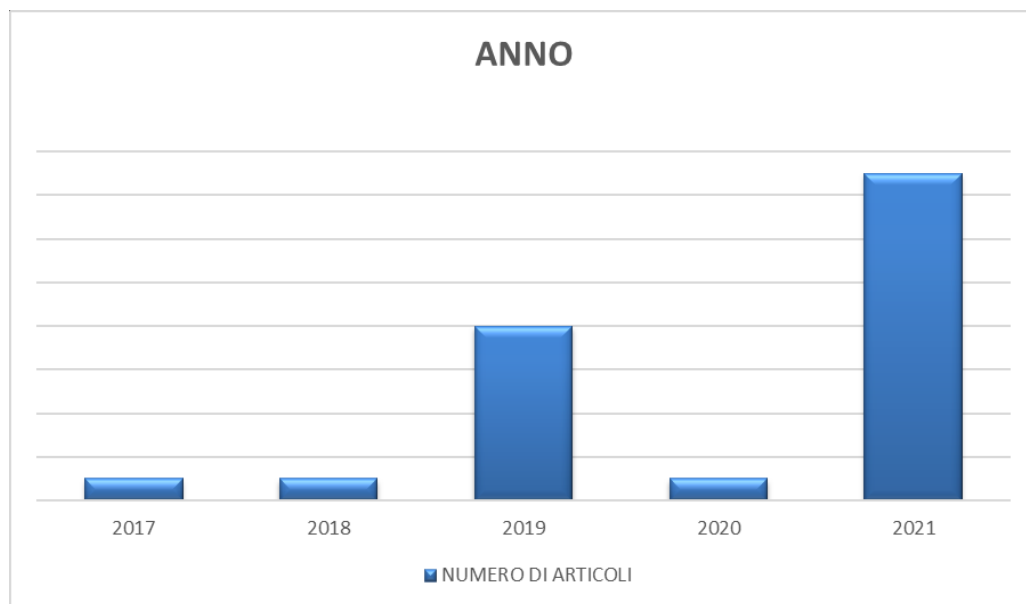


Figura 1.1

In questo grafico, i documenti vengono raccolti in base all'anno di pubblicazione.

Risulta evidente che nell'anno 2021 c'è stato maggior interesse sulla tematica dell'Industria 4.0, in particolare su quello che riguarda la gestione dei magazzini automatizzati.

Da questo è possibile dedurre che il magazzino si sta considerando sempre di più come un elemento fondamentale all'interno dell'industria 4.0 e alla base della competitività aziendale.

3.2 Documenti raggruppati in base alle tecnologie abilitanti

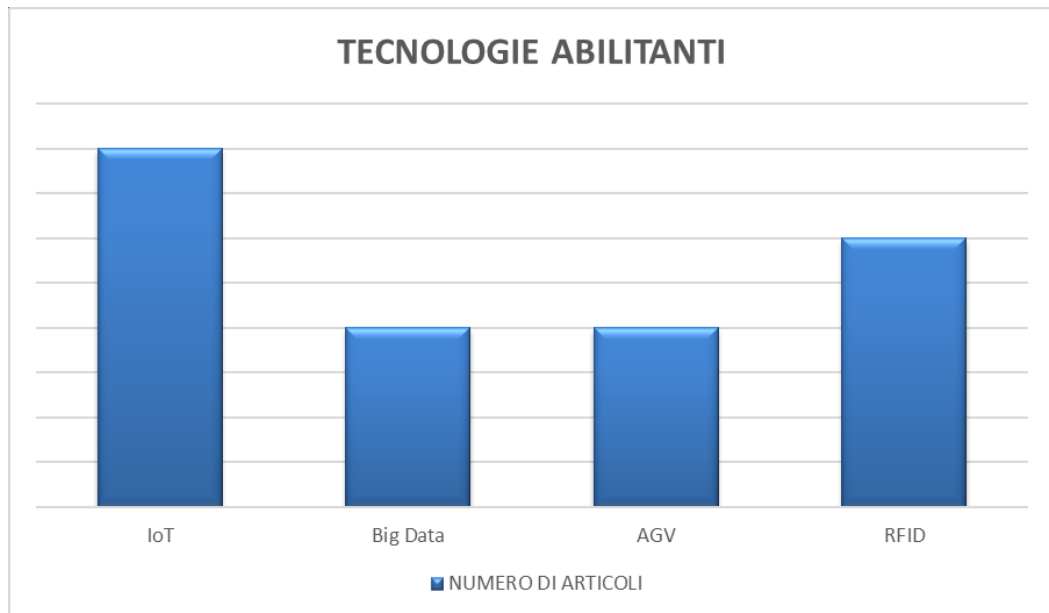


Figura 1.2

In questo grafico, i documenti vengono raggruppati in base alle tecnologie abilitanti che hanno caratterizzato lo sviluppo dell'industria 4.0.

È evidente dalla rappresentazione grafica, che un gran numero di articoli si focalizzano sull'Internet of Things.

L'IoT, infatti, risulta essere alla base di tutta la gestione aziendale e permette l'implementazione di tutte le altre tecnologie.

Un'azienda, che non implementa questo tipo di tecnologia, non sarà competitiva sul mercato attuale.

Allo stesso modo, anche le altre tecnologie abilitanti sono di estrema importanza perché anche queste garantiscono una maggior competitività.

3.3 Documenti raggruppati in base alle keywords

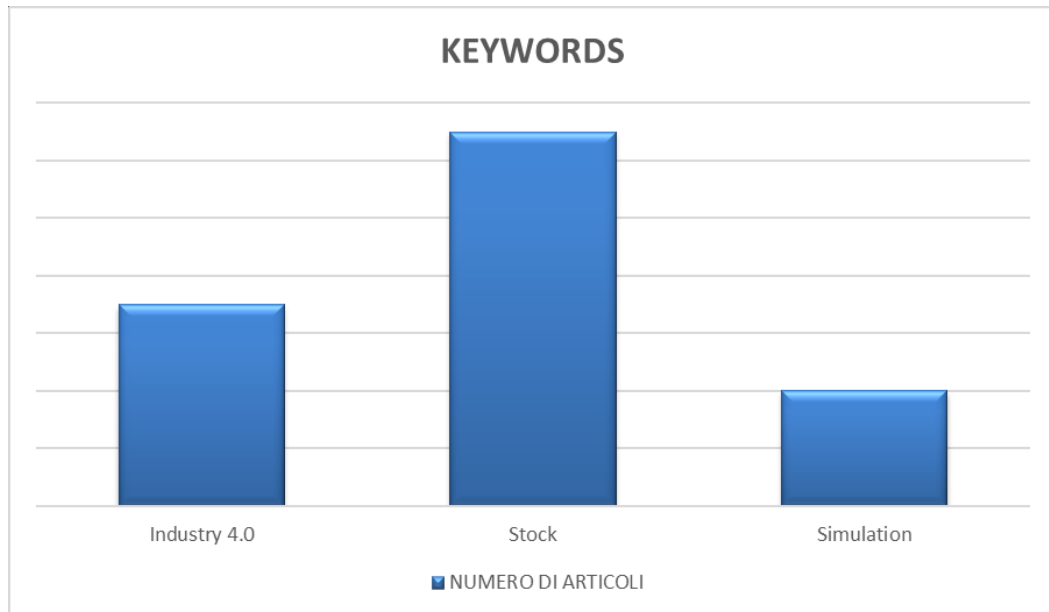


Figura 1.3

In questo grafico vengono raggruppati i documenti in base alle tre keywords:

Industry 4.0, Stock e Simulation.

Da questo grafico è evidente che la maggior parte degli articoli si focalizza sul magazzino.

Questo perché, un'efficiente gestione del magazzino garantisce una competitività e acquisizione di valore all'azienda.

4. Conclusione

La quarta rivoluzione industriale, come tutte le rivoluzioni industriali, rappresenta un'era di grandi innovazioni in cui le tecnologie abilitanti creano e continueranno a generare cambiamenti significativi nella società e nell'economia dell'impresa.

L'industria 4.0 modifica il modo di produrre permettendo di connettere il mondo reale con quello virtuale.

In particolare, da vita ad una realtà produttiva in cui la collaborazione e comunicazione tra le macchine e gli operatori porta all'azienda enormi vantaggi.

In questa tesi si pone l'attenzione sui concetti che hanno portato allo sviluppo dell'industria 4.0, focalizzando l'attenzione sul cambiamento apportato ai magazzini.

In particolare, si è passati da un magazzino tradizionale del tutto autonomo ad un magazzino completamente automatizzato.

Queste innovazioni hanno, non solo reso più efficiente il magazzino stesso, ma hanno ottimizzato anche la gestione totale dell'azienda.

Infatti, la gestione del magazzino rappresenta una fetta molto importante dell'intera gestione aziendale anche in termini di costi.

In futuro si dovranno sicuramente migliorare molti aspetti che sono alla base dell'automazione industriale in modo da accrescere la produttività e garantire una maggiore sicurezza del processo produttivo.

In questo modo è possibile ottimizzare sempre di più il processo aziendale ed avere maggiori vantaggi competitivi in un mercato che è in continua evoluzione.

Bibliografia

- [1] <https://www.mmscience.eu/journal/issues/march-2021/articles/model-of-smart-factory-using-the-principles-of-industry-4-0>
- [2] <https://journals.pan.pl/dlibra/publication/128241/edition/111885/content>
- [3] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.cad.univpm.it/science/article/pii/S2405896319310857?via%3Dihub>
- [4] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.cad.univpm.it/science/article/pii/S0166361520305777?via%3Dihub>
- [5] <https://www-emerald-com.ezproxy.cad.univpm.it/insight/content/doi/10.1108/IJPC-08-2020-0113/full/html>
- [6] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.cad.univpm.it/science/article/pii/S0925527319303676?via%3Dihub>
- [7] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/9494634/>
- [8] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/8892254>
- [9] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/9429791>
- [10] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/8895574>
- [11] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/8328160>
- [12] <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.cad.univpm.it/science/article/pii/S0360835221004150?via%3Dihub>
- [13] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/8845218>
- [14] <https://dl-acm-org.ezproxy.cad.univpm.it/doi/pdf/10.1145/3412841.3441956>
- [15] <https://www.mdpi.com/1999-5903/13/6/155/htm>
- [16] <https://ieeexplore-ieee-org.ezproxy.cad.univpm.it/document/8065972>

[17] <https://www-emerald-com.ezproxy.cad.univpm.it/insight/content/doi/10.1108/IJPPM-10-2020-0511/full/html>

[18] <https://www-emerald-com.ezproxy.cad.univpm.it/insight/content/doi/10.1108/BIJ-11-2020-0583/full/html>