



# TESI DI LAUREA

Università Politecnica delle Marche

Corso di laurea: Laurea Triennale Ingegneria Gestionale

Titolo:

Realizzazione del laboratorio di industria 4.0 per  
l'Università Politecnica della Marche

Relatore: Bevilacqua Maurizio

Tesi di laurea di: Cinciripini Giuseppe

## INDICE

Introduzione	3
Storia Rivoluzioni Industriali	4-5-6-7
Tecnologie Abilitanti	
INDUSTRIA 4.0, LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE	8-9-10
ADVANCE HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)	11
INTERNET OF THINGS	12-13-14
CYBER PHYSICAL SYSTEM	15-16-17
CLOUD	18-19
BIG DATA	20
ADDITIVE MANUFACTURING	21-22
REALTA` AUMENTATA e REALTA` VIRTUALE	23-24
ROBOT	25-26
CYBERSECURITY	27
BIBLIOGRAFIA e CITAZIONI	29

## Introduzione

Lo obiettivo di questa tesi è quello di progettare un laboratorio di industria 4.0 in facoltà. L'idea di questa tesi di laurea nasce dal viaggio di istruzione che la nostra università ha organizzato a marzo del 2018 presso l'università tedesca "Chemnitz University of Technology", al quale ho partecipato. In questo viaggio di istruzione ho avuto la grande opportunità di analizzare e studiare quali sono le potenzialità e le opportunità che offre un laboratorio di industry 4.0 all'interno dell'università. Il termine Industria 4.0 (o in inglese Industry 4.0) indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti. Da questa definizione possiamo dedurre che la tendenza all'automazione non interessa un settore specifico ma abbraccia diversi ambiti: ingegneristico, medico, delle energie rinnovabili, e naturalmente quello dell'informatica. Data la versatilità delle applicazioni di modelli di industria 4.0 nasce spontaneo il desiderio di realizzare un laboratorio di industry 4.0, in cui i ricercatori dei diversi dipartimenti del nostro ateneo possano collaborare per sviluppare nuove idee e progetti volti alla automazione dei processi. Non solo, oltre allo scambio di idee tra ricercatori, docenti e studenti; con la nascita del laboratorio sarà possibile creare una forte connessione con le diverse aziende presenti sul territorio più orientate all'automazione industriale. Di seguito saranno analizzate quali sono le tecnologie necessarie per la realizzazione del laboratorio.

# Storia delle rivoluzioni industriali

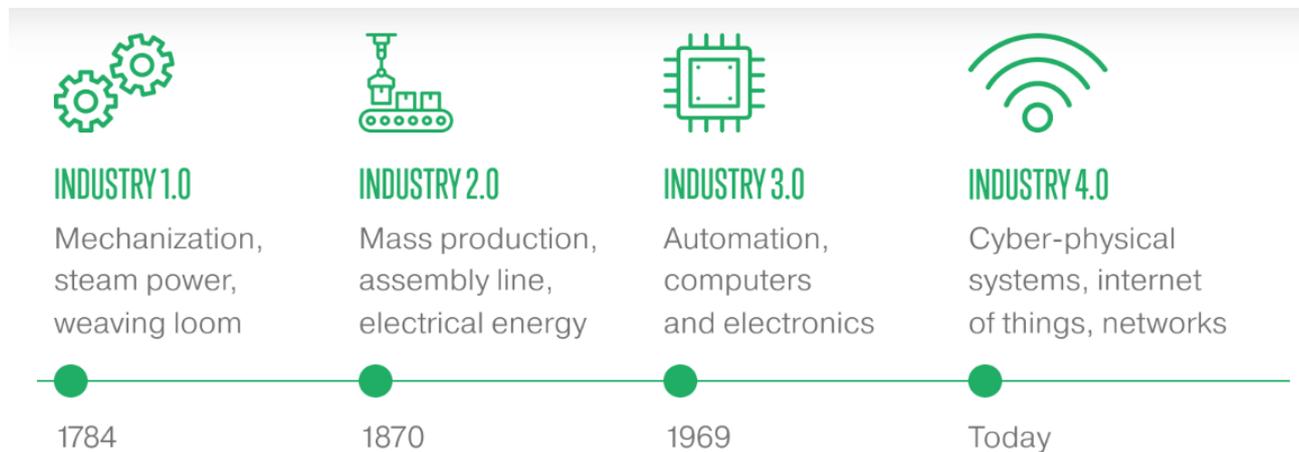


Figura 1

Nel corso della storia ci sono stati diverse scoperte tecnologiche che hanno cambiato la società sotto diversi ambiti, quindi prima di analizzare le tecnologie necessarie per la realizzazione del laboratorio, è opportuno analizzare rivoluzioni industriali che hanno preceduto quella in atto, cercando di capire in che modo queste hanno stabilito un punto di rottura con il passato.

## La prima rivoluzione industriale

La prima rivoluzione industriale interessò il settore metallurgico e quello tessile, con lo sviluppo di nuove tecnologie che cambiarono in modo evidente la società. Uno dei fattori principali che portarono alla prima rivoluzione industriale fu il forte cambiamento nel campo della siderurgia. Agli inizi del 700' Abraham Darby riuscì ad intuire che per la produzione e lavorazione dei minerali ferrosi fosse necessario utilizzare il coke piuttosto che il carbone vegetale. Successivamente nel 1787 Edmund Cartwright inventò il telaio meccanico, con il quale un solo operaio con l'ausilio di due telai meccanici riusciva a svolgere lo stesso lavoro che avrebbe svolto un gruppo di quindici persone tramite l'utilizzo dei telai a mano. Questa stravolgente innovazione tecnologica fece sì che l'Inghilterra consolidasse il suo primato economico. Ma questa è solo la prima delle innovazioni tecnologiche che cambiarono la società; nello stesso anno della scoperta del telaio meccanico James Watt modificò la macchina a vapore, ottenendo come risultato un rendimento quattro volte superiore rispetto alle macchine precedenti. Questa innovazione tecnologica portò un cambiamento nell'utilizzo delle tradizionali fonti di energia le quali non potevano essere sempre disponibili nella quantità e nei tempi richiesti (si pensi ad esempio ai mulini a vento ed acqua).

Possiamo dunque dire che la prima rivoluzione fu la causa di un cambiamento nel sistema economico; se fino ad allora il sistema economico era trainato dai settori agricolo, artigianale e commerciale, dopo tutti i cambiamenti analizzati, nacque un sistema industriale caratterizzato dall'utilizzo delle tecnologie descritte in precedenza. [1]

## La seconda rivoluzione industriale

Se per la prima rivoluzione industriale ci fu un forte cambiamento nel settore tessile, nella seconda i principali settori in cui l'innovazione tecnologica ebbe importanti risvolti furono quello dell'industria siderurgica, meccanica ed elettrica.

Anche il settore dei trasporti di merci e passeggeri fu molto coinvolto dallo sviluppo tecnologico: la rete ferroviaria ebbe uno sviluppo imponente, la navigazione a vapore si intensificò in maniera esponenziale, in modo da consentire un collegamento sempre più rapido tra Europa ed America, con l'utilizzo di piroscafi sempre più sicuri. Sia in Europa che negli Stati Uniti la costruzione della rete ferroviaria fu l'aspetto messo più in evidenza dello sviluppo industriale in quanto il treno divenne il mezzo di trasporto maggiormente utilizzato. Nel 1888 ci fu l'inaugurazione della linea ferroviaria che congiungeva Parigi a Costantinopoli con il treno Orient-Express, il quale determinò uno dei momenti più importanti della storia dei trasporti terrestri, mentre, la ferrovia Transiberiana che collegò Vladivostok con Mosca fu costruita tra il 1891 e il 1905. In questo periodo oltre allo sviluppo rapido e senza precedenti delle linee ferroviarie, nacquero diversi trafori come quelli delle Alpi (il Gottardo e il Sempione). Per quanto riguarda invece i trasporti marittimi, le imbarcazioni a vela diventavano obsolete, mentre si affermarono con decisione quelle a vapore. Il passaggio dagli scafi in legno a quelli in acciaio rese la navigazione più sicura in quanto, con l'utilizzo del nuovo materiale gli scafi vennero resi più resistenti e i trasporti via mare furono semplificati anche grazie alla costruzione di canali artificiali navigabili tra cui: il canale di Suez che aveva come scopo quello di favorire la navigazione diretta del Mediterraneo con l'Oceano Indiano, riducendo in maniera notevole i tempi di trasporto (basti pensare che fino ad allora per effettuare la tratta fosse necessario circumnavigare l'Africa), e il canale di Panama che attraversava l'istmo di Panama in America Centrale, riuscì a collegare in maniera agevole l'Oceano Atlantico con il Pacifico. Oltre il forte cambiamento che interessò il settore dei trasporti, questa rivoluzione ha avuto una forte incidenza storica per quanto riguarda le innovazioni tecnologiche: in questo periodo vi fu l'invenzione del motore a combustione interna e degli pneumatici, che trovarono applicazione pratica nelle prime automobili. L'utilizzo della benzina, derivata del petrolio, portò ad una innovazione del motore a scoppio e successivamente alla produzione delle prime automobili. Nel 1883 l'ingegnere Götthlieb Daimler brevettò il primo motore a

benzina, mentre tre anni dopo il tedesco Carl Friedrich Benz presentò la sua prima automobile. Ma l'industria automobilistica ebbe lo sviluppo maggiore negli Stati Uniti in quanto Henry Ford nel 1903 fondò una delle più importanti case automobilistiche mondiali, la Ford Motor Company. Henry Ford fu il primo a capire che con l'introduzione sul mercato di automobile rivolta a classe operaia e non più rivolta solo alla classe ricca-borghese, sarebbe riuscito ad ottenere una forte crescita per l'azienda. Nacque così il famoso modello "T", prodotto dal 1909 al 1926 per un numero pari a circa 15 milioni. Ciò fu reso possibile grazie all'introduzione del lavoro in serie e all'utilizzo della catena di montaggio e tendo in considerazione i principi del taylorismo. Taylor aveva ideato un metodo di produzione che permetteva di ottimizzare i tempi di produzione: Il processo di produzione consisteva nel far sì che gli operai non si muovessero più all'interno della fabbrica per effettuare le lavorazioni, ma che fossero fissi ad una postazione grazie all'utilizzo del nastro trasportatore su cui si trovavano gli oggetti da assemblare. Ciò permise di ridurre in maniere notevole i tempi di produzione delle autovetture. [2]

La terza rivoluzione industriale (1970-1990): Quando si parla di terza rivoluzione industriale si fa riferimento ad un processo di trasformazione della struttura produttiva, e più in generale del tessuto socioeconomico, avvenuta a partire dalla metà del Novecento, che ha come protagonista una imponente spinta verso l'innovazione tecnologica e il conseguente sviluppo economico della Società. Viene chiamata la rivoluzione digitale in quanto essa coincide con il passaggio dalla meccanica, dalle tecnologie elettriche e da quelle analogiche alla tecnologia digitale, che si è sviluppata grazie all'adozione e la proliferazione dei computer digitali e dei sistemi di conservazione dei documenti. Le tecnologie che hanno dunque caratterizzato la terza rivoluzione industriale sono relative a diversi settori:

Il primo settore analizzato è quello dell'elettronica in quanto nel campo dell'elettronica durante questo periodo storico si è assistito alla diffusione di strumenti elettronici tra i quali la radio, la televisione. Negli anni '70 vi fu la nascita del primo personal computer moderno (quindi del microprocessore), il quale stravolse e tuttora influenza diversi ambiti della società. Con l'invenzione del microprocessore è stato dunque possibile avere dei grossi cambiamenti in diversi ambiti: per esempio in quello militare permise la nascita dei radar e satelliti; in quello medico contribuì alla nascita della tac e alle macchine per l'ecografia.

Il secondo settore analizzato è sicuramente quello delle telecomunicazioni; in questi anni vi fu la nascita della telematica ovvero di quella scienza che consente la trasmissione delle informazioni tra diversi utenti e in modo da rendere queste informazioni maggiormente fruibili agli utenti. Da ciò possiamo capire che la telematica ha reso possibile il telecontrollo e il telelavoro e l'affermazione della rete

internet. La rete internet rimane tuttora il principale mezzo di comunicazione di massa, che offre all'utente che ne usufruisce una vastissima quantità di contenuti.

Durante la terza rivoluzione industriale si è inoltre assistito ad uno sviluppo iniziale delle tecnologie riguardanti l'energia rinnovabile. L'energia solare, idroelettrica, eolica, sono state sviluppate per cercare di ovviare al problema energetico globale. Ancora oggi però queste fonti di energia rinnovabili non riescono a sostituire del tutto l'utilizzo dei combustibili fossili per la produzione di energia.[3]

## Tecnologie abilitanti

### INDUSTRIA 4.0, LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

Industria 4.0 è un termine che è stato utilizzato per la prima volta in Germania alla fiera di Hannover nel 2011; nella quale è stato presentato il piano industriale del governo tedesco messo in atto solo qualche anno dopo, nel 2013. Il piano aveva come obiettivo quello di effettuare importanti investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende in modo tale da modernizzare il sistema produttivo tedesco e da far in modo che la manifattura tedesca tornasse ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

“La quarta rivoluzione industriale, più comunemente conosciuta come Industria 4.0 o Fabbrica 4.0 è quella che stiamo vivendo in questi anni ed è contraddistinta dalla crescente integrazione dei “sistemi cyber-fisici” nei processi industriali, dalla digitalizzazione e informatizzazione della catena di produzione che porta al prodotto finale. Nella nuova “fabbrica intelligente” gli oggetti fisici sono perfettamente integrati nella rete delle informazioni e Internet si combina sempre più con le macchine intelligenti trasformando i processi produttivi in un enorme sistema di informazioni.” [1'] (Leo barozzini; la quarta rivoluzione industriale)

Nell'industria 4.0 gli oggetti fisici (physical items) interagiscono in maniera continuativa, con la rete delle informazioni in modo da far sì che Internet si integri in termine sempre maggiori con le macchine intelligenti trasformando i processi produttivi in un enorme sistema di informazioni. Questa interazione tra sistema fisico (costituito dalle macchine che formano l'impianto produttivo, potenzialmente formato da robot e dispositivi con un elevato grado di automazione) e sistema virtuale (costituito da tecnologie che permettono l'astrazione della percezione sensoriale umana tramite informazioni che non sono percepibili con i cinque sensi; in altre parole costituito dalle tecnologie conosciute come realtà aumentata) è garantita attraverso l'utilizzo di tecnologie tra cui i Cloud (permettono la memorizzazione di dati sulla rete e non più soltanto su strumenti hardware singoli), i Big Data (strumento che permette di analizzare e gestire un vasta quantità di dati) e l'internet delle cose (dispositivi IoT che permettono lo scambio di informazioni e dati con la rete in maniera costante).

Le tecnologie appena introdotte (successivamente saranno meglio esplicate) combinandosi, concorrono alla nascita di luoghi di lavoro caratterizzati da un massimo grado di automazione industriale. Possiamo inoltre suddividere i settori interessati dalla quarta rivoluzione industriale in:

Smart Production: quando si parla di smart production di fa riferimento ad un insieme di nuove tecnologie produttive che creano interazione tra tutti i fattori

legati alla produzione, al fine di creare una forte connessione tra uomini, macchine e il sistema produttivo.

**Smart Services:** per Smart Services si intende una gestione di nuova generazione delle infrastrutture informatiche e tecniche, al fine di aiutare a controllare e presidiare i sistemi, sfruttando logiche di massima integrazione tra tutti gli attori, includendo anche il consumatore finale.

**Smart Energy:** con il termine Smart Energy si fa riferimento ai nuovi sistemi di alimentazione energetica, che focalizzano la loro attenzione sul monitoraggio dei consumi, al fine di ottimizzare tutte le infrastrutture in ambito sia economico che ecologico.

“Segnatevi questi nomi: regulatory affairs, business analyst, Hse specialist, designer engineer, connectivity e cyber security specialist, business intelligent analyst, data scientist, data specialist. Il futuro del lavoro è in queste (ma non solo) nuove professioni, che hanno tutte un unico denominatore comune: a trainarle sarà l’Industria 4.0.” [2’] Biscella Marco, Nuove professioni da Industria 4.0

Molti pensano che con l’avvento dell’industria 4.0 verrà stravolto in mondo del lavoro con conseguenze negative sulla società; non tutti sono a conoscenza però delle nuove potenziali opportunità lavorative che l’affermazione della nuova rivoluzione industriale porta con se. Di seguito ne saranno analizzate alcune:

**Designer engineer:** è una nuova professione che integra le skills creative del designer con le competenze tecniche e scientifiche dell’ingegnere. È infatti, una figura che interagisce in un gruppo formato sia da designer che da ingegneri con lo scopo di creare una serie di prototipi che vadano incontro alle esigenze del cliente.

**Connectivity e cyber security specialist:** la presenza di questa figura è imprescindibile per tutte le aziende che si stanno avvicinando all’ introduzione di un modello di industria 4.0. All’interno di queste aziende si assiste allo scambio di un enorme quantità di dati tra gli oggetti IoT e il sistema produttivo o viceversa. Questa figura professionale ha come obiettivo quello di proteggere, tutti i dati che circolano in azienda da attacchi informatici esterni, al fine di tutelare i lavoratori e salvaguardare l’impianto produttivo.

**Intelligent analyst:** il business intelligence è un processo che trasforma qualsiasi tipo di dato in ‘conoscenza’ utilizzata poi nei processi decisionali. L’analista è quella figura professionale che applicando metodi, modelli e processi di analisi a una grande mole di dati riesce a ricavare informazioni precise e dettagliate. L’analista lavora spesso in aziende nelle quali circolano numerosi dati raccolti da macchinari, prodotti, mezzi o dipendenti, e permette alla azienda di ottenere: ROI (Return of Investment) elevato, minori costi/rischi, maggiori ricavi e decisioni tempestive.

Dopo questa introduzione al mondo dell'industria 4.0, in questo capitolo saranno descritte quali sono le tecnologie abilitanti necessarie per la realizzazione del laboratorio di industry 4.0 presso il nostro ateneo. [4,5,6,7]

## ADVANCE HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)

L'interfaccia uomo macchina è la prima tecnologia abilitante che viene analizzata in questo elaborato, in quanto stravolge l'intero sistema produttivo.

L' HMI è l'interfaccia che collega un essere umano alla macchina che sta utilizzando. Il termine HMI deriva da MMI ovvero Man-Machine Interface e corrisponde genericamente, all'interfaccia utente riguardante il flusso di informazioni per il supporto delle decisioni grazie a messaggi audiovisivi e azioni di controllo su tastiere, pulsanti, interruttori, monitor. In ambito strettamente informatico, viene spesso utilizzato il termine interfaccia grafica (Graphical User Interface o GUI), il quale sta ad indicare l'interfaccia che permetta agli utenti di comunicare con il sistema operativo. In ambito industriale, invece, il termine HMI fa invece riferimento a tecnologie e sistema di diverso tipo. Nella categoria dispositivi di interfaccia uomo-macchina vengono considerati sia dispositivi molto semplici che permettono la visualizzazione di dati e messaggi sia dispositivi high-teck, come ad esempio tablet, i quali influiscono in maniera sempre maggiore nelle applicazioni di automazione industriale.

Grazie all'ausilio di questi dispositivi è difatti possibile visualizzare in tempo reale messaggi diagnostici, allarmi o istruzioni per l'operatore e contemporaneamente si possono modificare i parametri operativi in maniera ottimale. Le interfacce uomo-macchina devono tener conto di criteri ergonomici e di design avanzato quali: visibilità (rendere visibili le funzioni), mapping (relazioni logico-spaziali evidenti fra i comandi e gli effetti del loro uso), inviti e vincoli all'uso, feedback (dare informazioni di ritorno a seguito di ogni azione) e il modello concettuale (fare in modo che l'immagine del sistema fornisca le informazioni essenziali per capirne la struttura ed il funzionamento). [20]



Nella figura 2, viene raffigurato come si presenta un possibile terminal HMI, tramite il quale l'operatore può effettuare rapide analisi dati e modificare istruzioni operative in tempo reale.

*Figura 2*

## **INTERNET OF THINGS**

“L’Industry 4.0 o Industria 4.0 è diventato un vero e proprio Piano del Governo Renzi altrimenti conosciuto anche come Piano Calenda, dal nome del titolare del Ministero dello Sviluppo Economico (MISE) Carlo Calenda. Il Piano Industry 4.0 attribuisce grandissima importanza all’IoT come fattore di sviluppo e di integrazione nelle imprese e come elemento di congiunzione tra la Information Technology e la Operational technology (IT e OT)” [3’]

Ciò ci fa capire come la presenza nel laboratorio di dispositivi IoT, sia fondamentale per avere una massima efficienza dello stesso.

Internet of Things (IoT) è un termine utilizzato per la prima volta recentemente che sta fa riferimento a tutti gli oggetti (physical items) che interagiscono con la rete; questo termine è quindi un neologismo molto utilizzato in telecomunicazioni. Per comprendere al meglio il significato di IoT possiamo analizzare qualche fare degli esempi di dispositivi IoT:



Figura 3

Il primo è quello di un frigorifero “intelligente” il quale tramite l’installazione di una telecamera al suo interno offre la possibilità di monitorare quanti alimenti sono al suo interno ed eventualmente di effettuare nuovi ordini, inoltre il dispositivo IoT più utilizzato al momento è sicuramente lo smartphone (vedi figura 3). Questi sono classici esempi di dispositivi IoT, ovvero di quei dispositivi che tramite un collegamento alla rete riescono a trasferire informazioni tra physical system e virtual system. I motivi che portano all’utilizzo di questi dispositivi, è dato dal fatto che un dispositivo IoT, è in grado di elaborare informazioni e successivamente tramite l’azione dell’uomo (a volte non è neanche necessaria) vi è la possibilità di prendere decisioni operative conseguenti. Se si pensa al contesto cittadino e della viabilità stradale si è assistito alla nascita di un rivelatore stradale il quale monitora i lampioni, in modo tale da segnalare se le lampade al loro interno siano funzionanti o meno. L’evoluzione di internet ha fatto sì che la rete internet inglobasse anche oggetti e

luoghi reali, capaci di trasferire monitorare e elaborare dati. Nella maggior parte dei casi l'oggetto IoT viene identificato tramite un indirizzo IP, ma in casi più particolari si assiste alla presenza di dispositivi IoT che sono identificati tramite etichette Rfid5, QR code o NFC6. Con queste tecnologie la rete internet viene utilizzata al fine trasmettere dati a server remoti o ad altri dispositivi, i quali sono anche loro connessi ad internet. Un oggetto IoT può essere classificato per la sua capacità di interagire e comunicare con uno o più altri dispositivi. Questa classificazione è derivata dall'hardware di cui è costituito il dispositivo a dall'ambiente in cui opera. Possiamo dunque classificarli in:

**One to One:** è un dispositivo IoT in grado di comunicare direttamente e di interagire con un altro dispositivo, sono dispositivi poco complessi come ad esempio una automobile con basso grado di automazione la quale, grazie all'utilizzo degli strumenti di auto diagnostica, può inviare informazioni al computer del tecnico meccanico.

**One to Many:** questi dispositivi possono trasmettere dati su scala maggiore; sono infatti costituiti da molti sensori riceventi che sulla base di informazioni che ricevono dagli stessi, riescono a trasferirli al sistema informatico centrale. Sono dispositivi più complessi dei "one to one". Come esempio si prenda l'autovettura Tesla la quale ottimizza la propria efficienza sulla base dei dati rilevati dai sensori della vettura.

**Many to Many:** è la forma più complessa di IoT nella quale moltissimi sensori comunicano con diversi dispositivi, creando così una vasta rete di informazioni.

In precedenza, abbiamo osservato come l'analisi dei dati sia un concetto strettamente collegato a quello dei dispositivi IoT, infatti, per un funzionamento corretto dell'internet of things e affinché sia davvero efficace, è elemento indispensabile l'elaborazione e il raccoglimento di enormi moli di dati in real time; questo è il motivo che lega le tecnologie IoT ai Big Data. I settori in cui il sistema IoT viene implementato per avere una massima efficienza sono diversi anche al di fuori del contesto dell'industria manifatturiera. Analizziamo alcuni:

**Smart City o città intelligenti:** Per città intelligente si intende una serie di strategie di pianificazione urbanistica che hanno come fine, il miglioramento della qualità di vita in città in modo tale da soddisfare le esigenze ed i bisogni dei cittadini. L'implementazione del sistema IoT definisce quindi, una parte della Smart City che dovrà essere supportato da opportuni Big Data e da sistemi da Cyber Security. Un esempio di dispositivo IoT già implementato in alcune città è quello del semaforo intelligente il quale tramite l'utilizzo di appositi sensori, riesce a rilevare quando non vi sono automobili lungo la strada diventando così verde.

**Smart Building e Smart Home:** Le differenze sostanziali tra edifici e case intelligenti viene definita dal tipo di fruitori del servizio conseguente all'installazione di sistemi di smart home o smart building. Difatti le smart home (case intelligenti) si rivolgono solitamente al pubblico di consumatori finali. I servizi offerti da una smart home sono

molteplici; ad esempio è data la possibilità all'utente della smart home di verificare e modificare la temperatura della propria abitazione a distanza, di verificare la disponibilità del frigorifero o tramite telecamere di verificare la sicurezza della casa), le smart building (edifici intelligenti) si rivolgono invece ad un tipo di clientela business to business, ovvero la smart building comprende la realizzazione ed ottimizzazione di palazzi ed edifici, in modo da dotarli di oggetti intelligenti che interagiscano con l'ambiente interno (ad esempio gestione della luce e dell'energia elettrica). L'approccio alla smart building deve essere condiviso da architetti e progettisti.

Smart Mobility: Oltre ai temi già affrontati, il tema della mobilità è assolutamente centrale per aumentare la qualità della vita dei cittadini nel rispetto delle politiche ambientali; è inoltre un dato di fatto che ci sia un legame che congiunge il tema delle smart city a quello delle smart mobility. Quello delle smart mobility è settore in crescita in quanto diverse aziende stanno investendo ingenti quantità di denaro contribuendo allo sviluppo di queste tecnologie.

Smart Agriculture: L'ultimo settore analizzato è quello della Smart Agriculture. Questo settore si è sicuramente meno affermato rispetto a quelli analizzati in precedenza in quanto riguarda la gestione e l'automazione di processi riguardanti l'utilizzo di acqua fertilizzanti, agrofarmaci e concimi. Questo settore in forte sviluppo offre dunque nuove possibilità di business per diverse aziende hi-teck che vogliono interagire con il mondo dell'agricoltura. [8,10]

## CYBER PHYSICAL SYSTEM

“I Sistemi Cyber Fisici o Cyber Physical Systems (CPS) sono considerati una delle innovazioni tecnologiche chiave (Key Enabling Technology – KET) della quarta rivoluzione industriale, in quanto possono essere collocati in primo piano per le potenzialità promesse ai fini della creazione di valore lungo le tre dimensioni della digitalizzazione del manifatturiero: lo smart product, lo smart manufacturing e i cambiamenti nei business model delle aziende. In letteratura e tra gli esperti esistono diverse definizioni dei CPS, anche per effetto delle diverse prospettive e ricadute applicative che, come KET, possono avere. In questo senso, un Cyber Physical Systems è un insieme di differenti tecnologie abilitanti, le quali generano un sistema autonomo, intercomunicante e intelligente e, pertanto, capace di facilitare l'integrazione tra soggetti diversi e fisicamente distanti. Questo sistema abilita tre scenari sequenziali: generazione e acquisizione dei dati, computazione ed aggregazione dei dati precedentemente acquisiti ed, infine, supporto al processo decisionale.” [4']

Per CPS si intende, un sistema al cui interno per ogni oggetto fisico (physical item) è affiancata la sua rappresentazione digitale (cyber system), in modo tale da far sì che vengano integrati con elementi aventi capacità di calcolo, comunicazione e memorizzazione e che possano inoltre interagire con la rete. Per “oggetto fisico” si intende l'oggetto che viene percepito dai sensi dell'uomo, mentre con “cyber system” viene intesa l'immagine virtuale o anche detta gemello digitale, la quale oltre a rappresentare al meglio l'oggetto reale, può contenere ulteriori informazioni rispetto allo stesso.

Comprendiamo adesso meglio il principio di funzionamento di un sistema CPS: grazie all'utilizzo di sensori integrati, il CPS rileva in maniera automa quale è la sua situazione operativa e a seconda dell'ambiente in cui è implementato; riesce a fornire importanti e specifiche informazioni riguardanti il suo stato, la sua posizione e la sua tipologia. Successivamente intervengono gli attuatori i quali svolgono azioni, in altre parole riescono a mettere in pratica le decisioni operative, le quali correggono il sistema in modo da ottimizzare il processo. Le possibili decisioni operative che svolgono gli attuatori, sono definite tramite un'intelligenza decentrata che, una volta valutate le informazioni fornite dai sensori e di quelle fornite dagli altri CPS, mette in evidenza le possibili decisioni operative segnalando infine, quella più efficiente. Una volta presa la decisione viene comunicata in “real time” parallelamente agli attuatori e agli altri CPS.

Grazie all'utilizzo e all'interazione tra le tecnologie descritte in precedenza è possibile ottenere una disponibilità di informazioni centralizzate che formano il dominio

digitale (cyber level), il quale ha diverse funzionalità: la smart connection ossia la capacità di gestire, acquisire, elaborare i dati resi disponibili in tempo reale grazie a sensori intelligenti e di trasferirli attraverso specifici protocolli di comunicazione; la data-to-information conversion ovvero la capacità di aggregare i dati e di convertirli in informazioni ad elevato valore aggiunto; la digital Twin è la capacità di virtualizzare il physical system in real time; la cognition rappresenta la capacità di identificare i diversi scenari e di completare il corretto processo decisionale ed infine la configuration è la capacità di fornire feedback alla realtà fisica da quella virtuale applicando tutte le azioni correttive scelte al livello precedente.

L'implementazione di un sistema CPS in azienda permette dunque, di approcciare un nuovo concetto di unità produttiva, basato sulla capacità dei sistemi di adattarsi in tempi brevissimi alle nuove richieste ed esigenze dei clienti sia in termini di tempo di risposta sia in base al grado personalizzazione del prodotto. Possiamo dunque capire che le potenzialità di un sistema CPS sono diverse, volendole classificare le dividiamo in (per questa classificazione si è fatto riferimento ai risultati del progetto europeo Scorpis):

La prima classe di benefici, viene detta "New data driven services and business models" e fa riferimento all'azienda nel suo complesso con particolare attenzione all'ambito manageriale. I CPS sono capaci di evidenziare le nuove opportunità di business che consentono all'impresa di diminuire la distanza con il cliente, offrendo nuovi servizi ad alto valore aggiunto sulla base dell'esigenze dell'utenza.

La seconda classe, "Data-based improved products", considera tutti quei vantaggi che derivano dalla digitalizzazione del prodotto. Tramite l'utilizzo del sistema CPS vi è la digitalizzazione del prodotto fisico, quindi la virtualizzazione dell'oggetto permette di comunicare all'interno e all'esterno dell'impianto produttivo condividendo importanti informazioni su diversi livelli. Ciò consente una più efficiente comprensione del processo facendo aumentare il valore aggiunto dell'utilizzatore. I CPS all'interno dei quali sono integrati i prodotti, consentono al produttore di avere le informazioni del consumatore riguardanti l'utilizzo del prodotto. In termini finali questo processo consente al produttore di avere un feedback in tempo reale da parte del consumatore; partendo da queste informazioni il produttore potrà sempre migliorare i propri servizi a seconda delle esigenze del mercato.

Nella terza classe "Closed-loop manufacturing" sono compresi tutti i benefici abilitati dai CPS che possono essere considerati al di fuori dell'azienda. Si tratta di vantaggi che coinvolgono diversi attori del value network tra cui fornitori e clienti.

La quarta classe di benefici, “Cyberized plant- Plug & Produce” considera una serie di vantaggi che i CPS apportano a livello produttivo: consentono una visione migliore dei processi produttivi, e ottimizzano le informazioni e lo scambio di dati, facilitano così le prestazioni grazie al supporto digitale. Nell’impianto produttivo i CPS rendono il processo produttivo molto flessibile, facilitano l’ottimizzazione della gestione delle operations, il self-recovery, self-learning, self-analysys dell’impianto e la tracciabilità del prodotto in tutte le fasi di realizzazione.

La quinta classe denominata “Next step production efficiency” rappresenta quei benefici relativi alla capacità che i CPS hanno di ottimizzare l’utilizzo e la gestione degli assets in fabbrica, quindi riguardante la realizzazione di una produzione più efficiente (produzione suddivisa in piccoli lotti), facilitando così la gestione del magazzino e dell’impianto produttivo.

L’ultima classe di benefici è chiamata “Digital ergonomics”, raggruppa tutti i vantaggi derivanti da tale introduzione-integrazione del sistema CPS come ad esempio la velocizzazione delle conoscenze, il miglioramento del worker experience e del supporto al lavoro e la riduzione della complessità operativa, grazie alla possibilità di avere accesso in tempo reale all’impianto produttivo. [9,11]

## CLOUD

L'archiviazione cloud (o in inglese cloud storage) è uno strumento di archiviazione che permette l'immagazzinamento di dati su uno spazio di archiviazione che viene messo a disposizione degli utenti tramite una rete, solitamente Internet. La memoria non è quindi situata sul singolo dispositivo dell'utente ma su dei server esterni, da ciò consegue difatti, che l'utente non dovrà più acquistare e gestire un hardware per l'archiviazione dei file. Se si utilizza la tecnologia del cloud storage per effettuare il backup dei dati, a differenza del backup su hardware singolo, si ha che l'originale e la copia non sono archiviate nella medesima cella di memoria, garantendo così una migliore gestione e sicurezza del file. Di seguito saranno analizzati ulteriori vantaggi derivanti dall'adozione di questa tecnologia:

**Flessibilità:** il cloud storage permette di "affittare" degli spazi di archiviazione su rete, per cui non essendo proprietario dello spazio vi è la possibilità di annullare il servizio a piacimento. Se invece si utilizzano i metodi di archiviazione tradizionali (tramite hardware) non sarà possibile rinunciare alla memoria in quanto, ne si diventa proprietario.

**Scalabilità:** il processo di virtualizzazione dell'ambiente di archiviazione, consente all'utente di variare il volume dello spazio di archiviazione a seconda delle proprie esigenze.

**Disponibilità:** Questo è forse il vantaggio più importante che è dovuto dall'utilizzo del cloud storage. Difatti con l'archiviazione dei file su cloud è possibile accedere ai file in diversi luoghi e con l'utilizzo di diversi dispositivi capaci di interagire con la rete Internet.

Il principio di funzionamento di un cloud storage non dipende dalla sua tipologia ed è il seguente: il provider di servizi di archiviazione (può essere sia esterno che interno) dispone un'infrastruttura IT la quale consente una gestione molto lineare e in sicurezza dei server considerati. I server non funzionano come singoli indipendenti ma fanno parte di un gruppo. Per questo scopo, vi è una virtualizzazione dello spazio su disco tramite hypervisor. I livelli di astrazione che interagiscono tra hardware e software sono detti Virtual Machine Monitor o VMM (macchina virtuale) e possono essere classificati in 2 categorie: Hypervisor di tipo 1 (bare metal): non è necessario l'utilizzo di un sistema operativo preinstallato ed è software di virtualizzazione che si interfaccia direttamente sul sistema host; e l'Hypervisor di tipo 2 (hosted): software di virtualizzazione in cui è necessario un sistema operativo completo e installato sull'host. In genere, i servizi di cloud storage pubblico danno la possibilità di accedere alla piattaforma cloud sia tramite browser

che tramite l'utilizzo di piattaforme specifiche a seconda del dispositivo. L'utente quindi tramite un login può effettuare l'accesso ai file archiviati. I file sottoposti a backup sono quindi recuperabili tramite qualsiasi dispositivo supportato (pc, smartphone) che possa connettersi ad Internet (figura 4).



Figura 4

I servizi di cloud storage utilizzano due alternative per la formattazione dello spazio di memoria sui propri server:

**Block Storage (archiviazione basata su blocchi):** Il Block Storage è un metodo di archiviazione flessibile e avente una struttura logica, all'interno del quale i dati vengono suddivisi in blocchi di stesse dimensioni, ad ogni blocco viene associato un indirizzo. Dato che gli indirizzi fisici vengono virtualizzati la posizione delle unità di memorizzazione diventa non rilevante per consentire l'immagazzinamento del file. L'archiviazione basata su blocchi viene spesso utilizzata per programmi di database.

**Object Storage (archiviazione basata su oggetti):** L'object storage è invece un sistema di archiviazione che archivia i file come oggetti; ad ogni oggetto viene associato un numero di identificazione univoco che verrà poi, utilizzato per la sua amministrazione accedendo alle applicazioni apposite senza che sia necessario disporre di un controllo di accesso. Questo tipo di archiviazione non consente la modifica degli oggetti già presenti sul cloud in quanto tutte le modifiche dell'oggetto scaturiscono la creazione di un nuovo file. Ciò rende l'object storage il formato di cloud storage ottimale per quanto riguarda situazioni di backup e archiviazione. Inoltre, la gestione basata su oggetti è maggiormente utilizzato per archiviare file multimediali di sola lettura, come ad esempio film o musica. [16]

## **BIG DATA**

Per big data si intende un'estesa raccolta di dati, i quali non potrebbero essere immagazzinati con le tradizionali tecnologie, e per cui viene richiesto l'utilizzo di opportune tecnologie per la loro elaborazione, analisi e estrazione.

In altre parole, una volta raccolta questa enorme quantità di dati spesso anche eterogenei tra loro, è necessario adoperare opportuni strumenti di analisi dati per evidenziare quelli più importanti e significativi. Da ciò si capisce che vi sono degli strumenti che permettono di estrarre da una enorme quantità di dati quelli che creano un elevato valore aggiunto. Di seguito sono elencate e spiegate le caratteristiche che contraddistinguono i Big Data:

**Volume:** alla base dell'utilizzo dei Big Data vi è la necessità di gestire quantità di dati molto elevate che provengono da sorgenti diverse come ad esempio social media, sensori o anche transazioni finanziarie. Se dunque, non si utilizzassero opportuni strumenti di analisi dati, l'immagazzinamento degli stessi potrebbe essere un procedimento molto complicato.

**Velocità:**

La velocità con cui i dati fluiscono all'interno delle sorgenti è molto elevata, per cui l'elaborazione, l'analisi e l'estrazione dei dati deve senz'altro avvenire in tempi molto brevi. Inoltre, se si pensa all'industria manifatturiera l'uso sempre più comune di Tag RFID (identificazioni a radiofrequenza), sensori e smart metering (sistemi di telelettura di contatori), accrescono l'esigenza di gestire e processare i dati in tempo reale o quasi.

**Varietà:** Nei Big Data sono racchiusi dati di qualsiasi tipo di formato. Vengono infatti raccolti file audio, documenti di testo, e-mail.

Analizziamo adesso invece quali sono i campi in cui vengono solitamente utilizzati i big data:

Il primo settore analizzato è quello della manifattura. Grazie alle informazioni estrapolate durante il processo di analisi dati, le aziende riescono ad ottimizzare il processo produttivo riuscendo spesso a minimizzare gli sprechi. Allo stato attuale sono diverse le imprese che utilizzano questa tecnologia in modo da prendere decisioni operative in breve tempo. Il secondo settore in cui viene utilizzata questa tecnologia è quello della Sanità, in quanto in questo campo è necessario avere una elevata velocità e accuratezza nell'elaborazione dei dati. Terzo settore in cui sono spesso utilizzati i Big Data Analytics è quello della pubblica amministrazione, in quanto è fondamentale per questo ente gestire al meglio tutti i servizi pubblici. L'ultimo ma non meno importante settore in cui viene impiegata questa tecnologia riguarda il settore bancario; banche che sono vincolate a trovare delle vie sempre più innovative per la gestione di enormi quantità di dati. [12,14]

## **ADDITIVE MANUFACTURING**

Una delle tecnologie necessarie per la realizzazione di un laboratorio, che si propone l'obiettivo di simulare processi produttivi con la massima automazione industriale, è senza dubbio la stampante 3D. Questa tecnologia svolge un ruolo centrale in questo processo in quanto è in grado di stravolgere le tecniche produttive del passato. Viene considerata come uno strumento che ha contribuito alla quarta rivoluzione industriale in quanto, con le tecniche di additive manufacturing si eliminano gli sfridi (scarti dovuti alle tecniche classiche di lavorazione per asportazione del truciolo). Queste nuove tecniche di produzione si basano sul seguente principio di funzionamento: partendo da un modello 3D virtuale si realizza l'oggetto fisico strato dopo strato. Da ciò deriva il termine manifattura additiva ovvero: l'input è quello di realizzare il modello 3D dell'articolo fisico (questa prima fase viene svolta solitamente tramite software di progettazione come ad esempio CAD); successivamente vi è un processo semi-automatico che riguarda la conversione del file in formato STL, questo formato permette di scomporre il modello digitale in strati (layer), che possono essere interpretati dalla stampante 3D. Come output vi è il processo di stampa ed eventuali operazioni di finitura dell'oggetto fisico. Il vantaggio principale che dunque offre l'utilizzo di questa tecnologia è rappresentato dal fatto che in un unico processo di stampa riesco ad avere il prodotto finito evitando operazioni di asportazione del materiale, fresatura, tornitura, verniciatura e assemblaggio. La nascita di questa tecnica produttiva risale agli anni ottanta in cui fu brevettata la prima stampante 3D, ma sono passati quasi trenta anni per far sì che questa tecnologia si affermasse a pieni titoli nell'industria della manifattura. Nonostante le evidenti potenzialità che l'utilizzo di questa tecnologia porta con sé, alcune aziende della manifattura rimangono scettiche riguardo all'adozione di quest'ultima; in quanto hanno diversi dubbi riguardanti la possibilità di applicare questa tecnologia per la produzione estensiva. Allo stesso tempo, sono diverse le imprese che hanno capito le opportunità che offre la tecnica produttiva dell'additive manufacturing e stiamo quindi assistendo ad una svolta produttiva molto influente. I fattori che hanno contribuito a far sì che queste imprese utilizzino questa tecnologia sono quindi molteplici: quello più influente è senza dubbi il fatto che con la stampa 3D vi è la possibilità realizzare pezzi dalle forme più complicate; stampando un prodotto già assemblato si abbattano immediatamente i costi della manodopera della filiera produttiva tradizionale (tornitori, addetti all'assemblaggio) e anche i costi di trasporto.

Per questo è importante capire quali sono e come si suddividono le tecniche di produzione per manifattura additiva:

Stampa a getto d'inchiostro: Tecnica molto semplice la quale prevede che sia posizionato sul letto della stampante uno strato di gesso o resina, su cui viene gettato

inchiostro e legante i quali durante il processo di solidificazione concorrono alla realizzazione del prodotto. (figura 5)

DLP (digital light processing): È una tecnica in cui si utilizza una vasca di polimeri liquidi su cui agisce la luce di un proiettore che produce la solidificazione del polimero. Al fine della prima solidificazione una piastra esegua un movimento verso il basso con nuovo polimero liquido e si ripete questo procedimento fino alla realizzazione dell'articolo. (figura 6)

LOM (Laminated object manufacturing): Questa tecnica coinvolge l'utilizzo di carta, plastica o laminati sotto forma di strati che vengono tagliati e incollati, con una lama o con l'uso di un laser, fino al raggiungimento della forma desiderata. (figura 7)

EBM (Electron beam melting): alla base di questo procedimento vi è una fusione a fascio di elettroni. La fusione del materiale è garantita dall'azione di una fonte di energia ad alta concentrazione rappresentata da elettroni. (figura 8) [13]



Figura 5

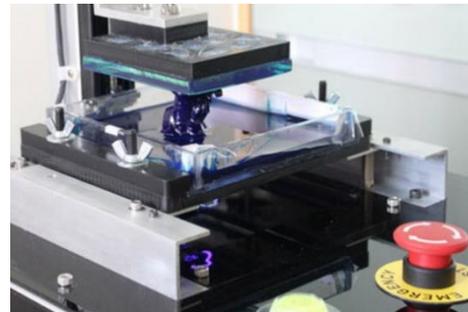


Figura 6

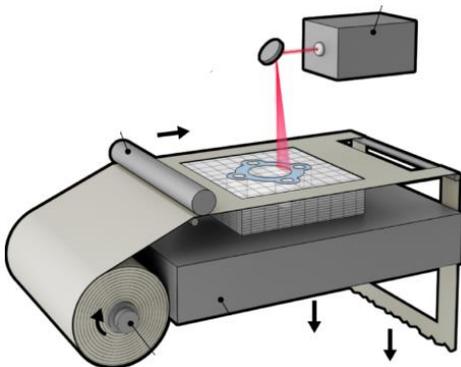


Figura 7



Figura 8

## REALTA' AUMENTATA e REALTA' VIRTUALE

Un'altra delle tecnologie necessarie per la realizzazione di un laboratorio di industria 4.0 all'avanguardia è sicuramente quella della realtà aumentata. La realtà aumentata è una tecnologia di tipo immersivo che ha alla base l'utilizzo di machine learning e artificial intelligence le quale permettono, tramite l'utilizzo di opportuni dispositivi intelligenti, di proiettare nella realtà fisica degli oggetti virtuali.

L'Augmented Reality permette quindi all'utente di ottimizzare ed incrementare la propria esperienza sensoriale, in quanto combina il mondo virtuale a quello reale. Questa tecnologia, grazie all'aumento e alla crescita sul mercato di device smart ed automatizzati, si sta integrando al meglio anche nel settore industriale aumentando sia il grado di automazione dei processi produttivi sia l'efficienza nel settore logistico. Altre conseguenze che porta con sé l'adozione di Augmented Reality in azienda, sono: la possibilità di aumentare la presenza comunicativa con dipendenti e clienti senza che ci si presenti fisicamente presso gli impianti produttivi e la capacità di offrire ai collaboratori aziendali ottime esperienze di formazione. Gli Augmented Reality device sono quindi dei dispositivi che permettono di interagire con la realtà fisica aggiungendo ad essa, degli elementi virtuali (ad esempio sono diverse le applicazioni disponibili per smartphone e tablet che permettono ciò, vedi figura 9).



Figura 9

Spesso però, l'esperienza extrasensoriale garantita dall'utilizzo di Augmented Reality device non è sufficiente nel settore della progettazione industriale o dell'addestramento. In questi casi si utilizzano dispositivi di realtà virtuale. La realtà virtuale a differenza della realtà aumentata che "arricchisce" in un certo modo la realtà fisica, permette di creare un ambiente completamente virtuale tramite l'utilizzo di uno o più dispositivi. La realtà digitale simula dunque la realtà fisica e la ricrea in modo non tangibile; in questo modo la realtà digitale veicola i nostri sensi tramite console che permettono una forte interazione tra l'utente e la realtà virtuale; ciò è garantito da device informatici (come ad esempio visori). Questi visori permettono quindi all'utente di entrare in una simulazione tridimensionale di tipo dinamico, consentendogli di interagire con essa. È inoltre necessario distinguere la realtà virtuale in immersiva e non immersiva. Nella realtà virtuale di tipo immersivo l'utilizzatore della tecnologia si trova completamente estraniato dall'ambiente

esterno e si immerge completamente nella nuova realtà tramite il dispositivo. Ciò è permesso in quanto ai comuni visori sono allegati degli accessori, determinando così la formazione di visori professionali come per esempio l'Oculus Rift (vedi figura 10)



*Figura 10*

La realtà virtuale di tipo non immersivo è una tecnologia nella quale il grado di astrazione dell'utente dalla realtà è sicuramente minore rispetto alle tecnologie di tipo immersivo; ciò è dovuto dal fatto che i visori hanno potenzialità tecniche inferiori rispetto agli Oculus Rift. [17,11]

## ROBOT

Nell'industria 4.0, il robot assume un ruolo centrale per quanto riguarda l'ottimizzazione dei processi produttivi. Seguendo quest'ottica i robot industriali, stanno subendo un forte processo di conversione in quanto, si stanno trasformando in macchine "iperconnesse" con il resto dell'impianto produttivo e in grado di collaborare con gli operatori industriali. In questi termini si parla sempre più spesso dell'adozione in azienda di robot collaborativi, anche detti co-bot, i quali consentono la condivisione del loro spazio di lavoro all'uomo. (vedi figura 11)



Figura 11

Di seguito vengono dunque messi in risalto le potenzialità che un robot possiede nel contesto della fabbrica intelligente. Il primo è sicuramente dato dalla possibilità del robot di raccogliere dati durante il processo produttivo, permettendo così una corretta manutenzione programmata. Così facendo si riduce il rischio di arresto dell'impianto produttivo che comporterebbe ingenti perdite di denaro. Un secondo vantaggio è dato dal fatto che i robot sono "connessi" al resto dell'impianto produttivo e con il sistema CPS: interagendo con il sistema CPS i robot possono accedere a dati salvati in cloud per recuperare i programmi volti all'esecuzione delle attività operative. Così facendo il robot si trova in una sorta di continuo auto-apprendimento che gli permette di essere sempre più efficiente e versatile a seconda delle situazioni operative. Il terzo vantaggio è dato dal fatto che al robot viene associato il suo CPS, il quale viene utilizzato per monitorare le operazioni del robot.

La collaborazione tra uomo e robot è, come già detto in precedenza, di fondamentale importanza per sfruttare al meglio le potenzialità produttive dell'impianto.

Questa collaborazione è possibile in quanto il robot è dotato di capacità percettive che gli consentono di interpretare le azioni svolte dall'uomo che si trova nello stesso spazio di lavoro. Ciò è possibile grazie all'utilizzo di sensoristica di alto livello, di un opportuno sistema di sicurezza dello spazio di lavoro e ad algoritmi di machine learning coinvolgenti il robot. In contesti in cui l'interazione dell'uomo con il robot è maggiore si ha che il sistema robotico, grazie all'utilizzo di specifiche e più aggressive tecniche di machine learning, può prevedere le azioni future dell'uomo. Ciò permette di ottimizzare i tempi di lavorazione in quanto il robot, prevedendo le necessità dell'uomo, sarà sempre pronto per collaborare ed interagire con l'operatore. In questo scenario quindi uomo e robot sono perfettamente sincronizzati favorendo l'ottimizzazione e il miglioramento della produttività aziendale. [18]

## CYBERSECURITY

L'ultima tecnologia che viene analizzata in questa elaborato è la sicurezza informatica, anche detta cybersecurity.

“Due temi sono oggi particolarmente caldi in Italia nel dibattito tra gli addetti ai lavori: Industry 4.0 e Cybersecurity. Bisogna ribadire con forza la strettissima connessione che deve esserci tra i due ambiti e soprattutto come, senza la Cybersecurity, il piano Industry 4.0 possa rischiare non solo di non portare gli effetti da tutti auspicati, ma addirittura di rivelarsi un boomerang sia per le singole realtà coinvolte sia, purtroppo, per l'intero sistema paese.” [5]

Da ciò possiamo capire come se non si predispongono negli impianti produttivi (nel caso specifico nel laboratorio) di un opportuno sistema di cybersecurity si potrebbe verificare avvenimenti davvero spiacevoli.

Il termine Cybersecurity racchiude tutte le tecnologie necessarie per la protezione di un sistema informatico (insieme di più device informatici) da potenziali attacchi esterni, che potrebbero mettere a rischio la perdita, il furto, o la modifica di informazioni e dati importanti.

In questo elaborato sono state messe in evidenza le caratteristiche e le tecnologie che dovrebbero essere presenti in laboratorio. Tutte queste tecnologie portano all'innovazione e all'ottimizzazione del processo produttivo, dei servizi e allo scambio delle informazioni all'interno del sistema informatico. Si è parlato quindi dei Cloud, dei Big Data dei dispositivi IoT tutti caratterizzati da un fattore comune: lo scambio di dati e informazioni tramite la rete internet. È quindi semplice capire come, la Cybersecurity ricopra un ruolo centrale negli impianti produttivi altamente automatizzati. Di seguito sono dunque messi in risalto, i principali rischi che si hanno nell'adozione di un sistema informatico orientato alla massima connettività con il sistema produttivo. L'utilizzo di dispositivi IoT aumenta in maniera esponenziale la potenziale “superficie di attacco”, ovvero il numero di occasioni di entrare nel sistema informatico per effettuare un furto digitale. Inoltre, dal punto di vista aziendale, si ha come conseguenza evidente, un aumento del rischio che i cybercriminali riescano, a costi ridotti, nel concretizzare i loro obiettivi (rubare informazioni e dati). Un altro rischio è quello dovuto al fatto che il sistema informativo e i prodotti, che hanno dei difetti di progettazione, vengono utilizzati come delle “stazioni” da cui i cybercriminali possono partire per poi effettuare azioni criminose come il furto di dati informatici.

Possiamo dunque evidenziare ancora una volta come l'implementazione di un opportuno sistema di Cybersecurity garantisca una tutela per l'impianto produttivo, per i lavoratori e per l'azienda in generale. [19]



## **BIBLIOGRAFIA**

- [1] “La prima rivoluzione industriale” di Eugenio Caruso
- [2] “La seconda rivoluzione industriale”, [bookinprogress.org](http://bookinprogress.org)
- [3] “La terza rivoluzione industriale” di Eugenio Caruso
- [4] “La quarta rivoluzione industriale” di Leo Barozzini
- [5] “Business Model 4.0 I modelli di business vincenti per le imprese italiane nella quarta rivoluzione industriale” di Carlo Bagnoli, Alessia Bravin, Maurizio Massaro, Alessandra Vignotto
- [6] “Fabbrica 4.0”: la quarta rivoluzione industriale di Giuseppe Fiandanese
- [7] “Industria 4.0 e lavoro: le nuove professioni e competenze” di Paola Fantini
- [8] “Industrial Internet of Things: opportunità e sfide da affrontare per le aziende” di Gianluca Torchiani
- [9] “Nel cuore dell’ Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems”, [www.industriaitaliana.it](http://www.industriaitaliana.it)
- [10] “IoT (Internet of Things): significato, esempi, applicazioni pratiche” di Mauro Bellini
- [11] “Industria 4.0: Analisi di una Rivoluzione” di Panigucci Nicola
- [12] “Cosa sono i Big Data” di Alessandro Rezzani
- [13] “Additive manufacturing: cos’è e come funziona la manifattura additiva” di Andrea Bacchetti e Massimo Zanardini”
- [14] “Big Data: Cosa sono e perché sono importanti”, [sas.com](http://sas.com)
- [15] “Cos’è il Cloud: i diversi tipi di Cloud”, [html.it](http://html.it)
- [16] “Cloud storage: come funziona l’archiviazione su cloud?”, [ionos.it](http://ionos.it)
- [17] “Realtà aumentata per aziende: la tecnologia immersiva del business 4.0”, [axempta.it](http://axempta.it)
- [18] “Verso una robotica industriale a misura d’uomo nell’impresa 4.0: ecco come”, [agendadigitale.eu](http://agendadigitale.eu)
- [19] “Cybersecurity in Industry 4.0: ecco tutti i rischi che corriamo e come affrontarli”, di Paolo Prinetto
- [20] HMI (Human Machine Interface), [dizionarioautomazione.com](http://dizionarioautomazione.com)

## **CITAZIONI**

- [1’] (Leo barozzini; la quarta rivoluzione industriale)
- [2’] Biscella Marco, Nuove professioni da Industria 4.0
- [3’] IoT (Internet of Things): significato, esempi e applicazioni pratiche, Mauro Bellini
- [4’] Nel cuore dell’Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems Di Filippo Boschi, Anna De Carolis e Marco Taisch
- [5’] “Cybersecurity in Industry 4.0: ecco tutti i rischi che corriamo e come affrontarli”, di Paolo Prinetto

