



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Gestionale

Industry 4.0 vs Industry 5.0

Industry 4.0 vs Industry 5.0

Relatore:
Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea:
Frenk Gugashi

A.A. 2022/2023

INDICE

Introduzione	3
Capitolo 1.....	4
La Quarta rivoluzione industriale	4
1.1 Industria 4.0.....	4
1.2 Benefici attesi	6
1.2.1 Settore produttivo	7
1.2.2 Società civile	8
1.3 Costi.....	9
1.3.1 Impatto sull'occupazione	9
1.3.2 Cyber-Security.....	10
1.3.3 Privacy	11
Capitolo 2.....	13
Tecnologie abilitanti	13
2.1 Advance Human Machine Interface	13
2.2 Additive Manufacturing	15
2.3 Cyber Physical System.....	19
2.4 Internet of Things	20
2.5 Cloud	22
2.6 Big Data	25
2.7 Machine Learning	27
Capitolo 3.....	28
Industry 5.0.....	28
3.1 Relazione con il concetto di Società 5.0.....	28
3.2 Definizione Industria 5.0	30
3.3 Vantaggi per il lavoratore: un approccio incentrato sull'uomo	32
3.3.1 Un nuovo ruolo per i lavoratori.....	33
3.3.2 Un ambiente di lavoro sicuro e inclusivo.....	34
3.3.3 Le competenze, il loro miglioramento e la loro riconversione.....	35
3.4 I vantaggi per l'industria	37

3.5 Efficienza delle risorse per la sostenibilità e la competitività	38
3.6 Maggiore Resilienza	39
3.7 Dal concetto alla realtà	40
3.8 L'uomo al centro	42
Capitolo 4.....	44
Conclusioni	44

INDICE FIGURE

Figura 1 Esempio di Human Machine Interface	14
Figura 2 Interfaccia remota.....	14
Figura 3 Additive Manufacturing - stampante 3D	16
Figura 4 Additive Manufacturing - cubo di materiale metallico prodotto da una stampante 3D	17
Figura 5 Sterolitografia - funzionamento e componenti	17
Figura 6 Fused Deposition Material - funzionamento e componenti.....	18
Figura 7 industria 5.0	30
Figura 8 . La top-ten delle competenze individuata dal World Manufacturing Forum per il futuro della produzione © World Manufacturing Forum.....	36

Introduzione

Fino ad oggi si sono succedute nel tempo tre rivoluzioni industriali che, a partire da quella di fine 1700 (nota per l'utilizzo della macchina a vapore) all'avvento dei primi computer nelle fabbriche (1960-1970), hanno portato un radicale cambiamento non solo nella produzione in ambito industriale, ma anche nella società.

La tecnologia, da allora, non ha mai smesso di innovarsi. Questa continua evoluzione è stata ed è tuttora alimentata dall'uomo che cerca strumenti sempre più avanzati che migliorino la propria esistenza.

Capitolo 1

La Quarta rivoluzione industriale

Industria 4.0 è un'espressione che ha origine in Germania. È stata, infatti, pronunciata per la prima volta all'annuale Fiera di Hannover nel 2011 da un gruppo di lavoro dedicato all'industria 4.0, presieduto da Siegfried Dais, della multinazionale di ingegneria ed elettronica Robert Bosch GmbH, e da Henning Kagermann della Acatech (Accademia tedesca delle Scienze e dell'Ingegneria). Quando si parla di industria 4.0, si fa riferimento alla quarta rivoluzione industriale, ovvero quella che caratterizza i giorni nostri. Diversamente dalle rivoluzioni del XVIII, XIX e XX secolo, non è possibile attribuirgli un periodo o una data di inizio precisa, ma, in quanto rivoluzione, porterà anch'essa ad un cambiamento su scala globale.

1.1 Industria 4.0

La rivoluzione dei primi anni '70 è nota per l'ingresso dell'elettronica e dell'informatica che hanno portato, nel settore industriale, un aumento dei livelli di automazione incrementando dal punto di vista quantitativo la produzione. L'Industria 4.0 è definita anche la 'rivoluzione digitale' e si concentra su tutte quelle tecnologie digitali che sono in grado di aumentare l'interconnessione e la cooperazione delle risorse (persone o sistemi informatici) senza limitarsi ad un settore piuttosto che ad un altro. Con essa infatti assisteremo a cambiamenti, anche radicali, che interesseranno il settore industriale, con la produzione dei beni e servizi, e la società in ogni suo aspetto.

Ad assumere un ruolo primario, poiché sta alla base di qualsiasi operazione, è il **dato**. È passato dall'essere una semplice informazione nata e morta in un piccolo

sistema locale, a diventare uno strumento che crea valore. É attraverso i dati, infatti, che si determina la potenza di calcolo delle macchine e si muove l'economia di oggi e del futuro. Non per questo è uno dei quattro cardini di questa rivoluzione. Gli altri tre fattori sono:

- **Analytics** - sono tutte quelle operazioni di analisi svolte dopo la raccolta dei dati. Più avanti nella tesi mi soffermerò su questi processi spiegando in modo più chiaro cosa sono, da chi vengono sfruttati e i risvolti occupazionali a cui conducono
- **Rapporto-interazione uomo-macchina** - si intendono quelle modalità con cui l'uomo può interfacciarsi con una macchina: i diversi linguaggi di programmazione, determinati strumenti e interfacce (HMI)
- **La manifattura** - definita anche come il ponte tra il digitale e il reale. Una volta raccolti i dati, processati e resi strumento 'utilizzabile', l'ultimo passaggio è trovare gli strumenti per produrre i beni.

Il fattore comune è appunto la comunicazione o, meglio, l'interconnessione tra più elementi di un sistema. Alti livelli di comunicazione e lo sfruttamento ottimale di tutti quei servizi ad essa correlati diventeranno l'obiettivo primario per chiunque voglia entrare in un'ottica 4.0 e per far questo è quasi inevitabile non appoggiarsi a quelle tecnologie che hanno determinato l'avvio della rivoluzione stessa. Per questo motivo vengono definite come tecnologie 'abilitanti' e si dividono, in base agli ambiti applicativi, in due grandissimi gruppi.

Il primo gruppo riguarda quell'insieme di tecnologie e servizi più vicini all'IT (Information Technology) come:

- **Cloud** - gestione di elevate quantità di dati su server esterni, rendendo l'informazione reperibile a chiunque ne posseda l'autorizzazione
- **Big Data** - analisi di un'ampia quantità di dati al fine di ottimizzare i

prodotti e processi produttivi

- Cyber-security - sicurezza durante lo svolgimento delle operazioni sulla rete e su sistemi aperti

Le tecnologie del secondo gruppo, invece, sono più vicine al livello operativo e sono:

- Augmented reality - la realtà aumentata può trovare applicazione in qualsiasi settore. In quello industriale, per esempio, funge da supporto per i processi produttivi nonché di manutenzione
- Advanced HMI - le interfacce uomo-macchina sono quei dispositivi (display) che permettono all'uomo di interagire con la macchina o con il sistema in genere
- Additive manufacturing - riguarda tutta la produzione di manu- fatti svolta mediante l'uso della stampante 3D

1.2 Benefici attesi

L'industria 4.0 è una rivoluzione che interessa via via un numero crescente di settori (medicina, industria, istruzione, etc) che stanno lentamente incrementando il loro livello di digitalizzazione mediante l'utilizzo di tecnologie sempre più moderne. Si verrà a creare un ambiente in cui i processi saranno completamente automatizzati poiché, supportati da un apposito sistema di comunicazione, saranno in grado di scambiare i dati con altri sistemi, monitorarsi e agire di conseguenza. Verrà così a diffondersi la presenza di macchine e strumentazioni intelligenti che apporteranno più efficienze nei rispettivi ambiti applicativi.

1.2.1 Settore produttivo

Il settore industriale si appresta a beneficiare di significativi miglioramenti lungo l'intera catena produttiva grazie all'implementazione di mezzi tecnologici avanzati. L'introduzione di nuove tecnologie rivoluzionerà ogni singolo passaggio, dalla lavorazione delle materie prime alla consegna del prodotto finito. Tale trasformazione promette di ottimizzare la produzione, ridurre i costi operativi, incrementare la velocità dei processi e minimizzare le perdite economiche dovute a fermi macchina o errori. È importante sottolineare che questi avanzamenti non comprometteranno la qualità del prodotto finale.

La presenza dei robot nell'ambiente industriale diventerà sempre più frequente, con programmazioni che consentiranno una collaborazione più stretta con gli operatori umani. La realtà aumentata sarà impiegata per seguire passo dopo passo gli operatori durante le fasi di montaggio, manutenzione o test, semplificando le operazioni e migliorando la sicurezza complessiva. Questa integrazione sinergica di macchine e operatori umani promette di rivoluzionare le dinamiche del lavoro industriale, garantendo efficienza ed eccellenza operativa.

Tuttavia, nell'analisi complessiva di un'azienda, non solo i macchinari influenzano la produttività e la posizione nel mercato. In particolare, per le grandi aziende, le decisioni gestionali possono avere impatti significativi, sia positivi che negativi. In questo contesto, entrano in gioco algoritmi avanzati di analisi dei dati, noti come data mining, che forniscono risultati utili per semplificare il processo decisionale. Questi algoritmi consentono ai decision-maker di estrarre informazioni preziose dai dati aziendali, aiutandoli a prendere decisioni informate e a ottimizzare le strategie operative.

In sintesi, l'evoluzione del settore industriale sarà guidata da una convergenza di tecnologie avanzate, dalla robotica all'intelligenza artificiale, dalla realtà aumentata all'analisi dei dati. Una gestione oculata e l'adozione di soluzioni tecnologiche all'avanguardia non solo miglioreranno la produttività e l'efficienza, ma garantiranno anche la competitività nell'evolvente panorama industriale globale.

1.2.2 Società civile

A livello sociale l'evoluzione non sarà minore. Gli effetti che ne verranno prodotti cambieranno molti aspetti della nostra vita quotidiana. Molte attività svolte nel tempo libero o nel lavoro hanno già visto il progresso avvalendosi di strumenti moderni e funzionali. È sufficiente pensare al 'boom' di vendite che hanno avuto i dispositivi wearable (circa 19 milioni nel 2014) [1] che permettono, tra le tante funzioni, di monitorare la frequenza cardiaca, ricevere chiamate e messaggi semplicemente collegandosi ad uno smartphone. Un ruolo importante viene assunto anche dai sistemi embedded, i quali si occupano di eseguire ripetutamente operazioni specifiche definite da un software, rispettando, se necessario, anche il real-time. Essi sono sempre più presenti in ogni genere di oggetto di cui ci avvaliamo, dal più semplice come un microonde ai più complessi come un'automobile o uno strumento medico.

Quando si parla di Industria 4.0 in ambito sociale, è facile pensare ad una casa intelligente (Smart Home) nella quale si raggiunge un livello di interconnessione tale che tutti i dispositivi elettronici sono visibili sulla rete e possono essere gestiti a distanza dall'utente tramite smart-phone o tablet.

Ampliando ulteriormente questo concetto si arriva a parlare di **SmartCity**, termine tuttora frainteso e più complesso di quanto si possa pensare. Innanzi tutto, con smart city non si fa riferimento obbligatoriamente ad una 'città digitale' nella quale si ha un livello di digitalizzazione elevato e un utilizzo delle tecnologie più moderne, bensì ad una città gestita efficientemente in ogni suo aspetto al fine di assicurare uno sviluppo sostenibile ed una elevata qualità della vita. Si parla quindi di un insieme organico dei fattori di sviluppo di una città come attività economiche, le risorse ambientali, le relazioni tra le persone, la mobilità e il metodo di amministrazione [2].

1.3 Costi

Come si evince i benefici sono indubbiamente molteplici in una situazione che andrà sempre più a evolversi. Ma come nella maggior parte dei casi, gli effetti prodotti da un evento possono essere di duplice aspetto: favorevoli e sfavorevoli.

1.3.1 Impatto sull'occupazione

L'introduzione dei robot nelle fabbriche ha innegabilmente rivoluzionato la produzione industriale, portando con sé una serie di vantaggi sotto diversi aspetti. Tuttavia, questo progresso non è privo di sfide significative, tra cui una delle più evidenti: la riduzione inevitabile dei posti di lavoro. I robot, grazie alla loro efficienza e precisione, spesso equivalgono al lavoro di diverse unità umane, rendendo la produzione più rapida, precisa e uniforme. Sebbene ciò rappresenti un salto qualitativo in termini di risultati, comporta anche conseguenze sociali ed economiche.

La sostituzione di manodopera umana con robot comporta indubbiamente una riduzione del numero di occupati, generando preoccupazioni riguardo all'impiego e al benessere economico delle persone coinvolte. Un singolo robot può svolgere compiti equivalenti a quelli di un gruppo di lavoratori, con la differenza che il risultato sarà più coerente, identico al precedente e meno suscettibile a errori o imperfezioni umane. Questo scenario evidenzia la necessità di affrontare in modo oculato le dinamiche legate al cambiamento tecnologico nell'ambito dell'occupazione.

Il problema della riduzione dei posti di lavoro non è circoscritto a una specifica regione o settore, ma coinvolge l'intera popolazione industrializzata del mondo. Questa situazione non è unicamente il risultato dell'aumento della tecnologia nelle diverse aree, ma è anche influenzata dalla crescente richiesta di competenze specializzate necessarie per sfruttare appieno tali tecnologie avanzate. La transizione verso un'economia guidata dalla tecnologia impone la necessità di acquisire conoscenze specializzate, creando una

sfida significativa per i lavoratori che devono adattarsi a un panorama in rapida evoluzione.

Affrontare il problema dei posti di lavoro richiede una strategia complessa che bilanci l'innovazione tecnologica con la tutela dell'occupazione e la formazione continua. Investire in programmi di riqualificazione e aggiornamento professionale può aiutare a mitigare gli impatti negativi sulla forza lavoro, garantendo che le persone possano acquisire le competenze necessarie per prosperare in un contesto sempre più tecnologico. Inoltre, è fondamentale sviluppare politiche e strategie economiche che promuovano una distribuzione equa dei benefici derivanti dall'automazione e dalla tecnologia avanzata, assicurando che l'innovazione non conduca a disparità sociali ed economiche crescenti.

1.3.2 Cyber-Security

La perdita del proprio posto di lavoro non è l'unico inconveniente che questa rivoluzione porta, anche se, forse, è quello che suscita più preoccupazione. Con l'industria 4.0, aziende ed enti pubblici devono investire sempre di più sulla protezione di sistemi cyber physical e IoT, poiché questi, se da una parte cambiano il modo di produrre e di vivere, dall'altra aprono la porta a problemi riguardanti la sicurezza. Sono da tenere presente, infatti, i rischi in cui si incorre nell'aver interi sistemi collegati tra di loro attraverso la rete, e che basta un semplice attacco a un anello debole per spezzare tutta la catena; per questo la protezione non diverrà necessaria solo per i dati e per le infrastrutture che li contengono, ma anche per il loro network. Nel 4.0 si chiederà una attenzione alla 'cyber-sicurezza' centuplicata! È sbagliato, però, pensare che gli attacchi avvengano solo dall'esterno, da parte di hacker il cui solo scopo è di arrecare danni ad un'azienda o ad enti pubblici. Degli studi, infatti, hanno dimostrato che la maggior parte delle violazioni vengono commesse da un fornitore dell'azienda o da un dipendente che ha accesso ad account privilegiati e che nel 75% dei casi si tratta di informazioni sensibili portate

fuori dal posto di lavoro. I dipendenti, chi per disinteresse, chi per abitudine o per negligenza, non si curano dei dati su cui lavorano, esponendo, così, l'azienda a possibili intrusioni o perdite di dati. Per risolvere i problemi legati alla cyber-security sono necessari, in ambito aziendale, maggiore:

- conoscenza dei dati trattati dell'azienda. Saper distinguere i dati importanti da quelli meno importanti, sapere dove questi vengono memorizzati e conoscere metodi o software che garantiscano un minimo di sicurezza
- consapevolezza dei rischi provenienti dall'esterno, dalle banali e-mail con virus, a possibili accessi al proprio server o archivio cloud

Per quest'ultimo caso i dipendenti da soli possono far ben poco in quanto esistono decine di modi con cui un hacker può infiltrarsi in un'area. Per minimizzare i rischi si può agire mediante strumenti di cyber-intelligence, cioè soluzioni che entrino in funzione non più quando un attacco è stato ormai subito, ma che collezionino quotidianamente informazioni per prevenire un attacco assicurando all'azienda stessa e ai propri clienti: disponibilità, integrità e riservatezza nelle informazioni, quest'ultima definibile anche come privacy [3].

1.3.3 Privacy

La privacy, intesa come diritto fondamentale, rappresenta lo strumento attraverso il quale ogni individuo preserva la propria riservatezza e il controllo sulle informazioni personali che lo riguardano. È un baluardo che consente a ciascuna persona di decidere in modo autonomo chi è autorizzato a accedere a dati sensibili o identificativi, stabilendo i confini entro cui tali informazioni possono essere condivise. Tuttavia, con l'avanzare delle tecnologie, la protezione della privacy si trova di fronte a nuove sfide, poiché dati personali come lo stato di salute, gli orientamenti politici o gli interessi possono essere dedotti da ogni attività quotidiana, rendendo il controllo su tali informazioni complesso e dispendioso.

Siamo giunti a un punto cruciale in cui per progredire è necessario effettuare adattamenti e ridefinire le nostre concezioni alla luce della nuova realtà emergente. In questo contesto, emerge la necessità di rivedere e aggiornare le normative sulla privacy, che attualmente rappresentano un ostacolo per le tecnologie già affermate. Un esempio eloquente è rappresentato dai dati raccolti dai fitness tracker, i quali attualmente trovano il loro utilizzo limitato al momento in cui vengono visualizzati graficamente su uno smartphone. In una società più avanzata, questi dati potrebbero essere salvati su un sistema cloud e analizzati da professionisti sanitari remoti o da sistemi intelligenti, consentendo di rilevare precocemente possibili patologie e avviare trattamenti preventivi.

Il progresso tecnologico richiede una revisione delle attuali normative sulla privacy per garantire un equilibrio tra l'innovazione e la tutela dei diritti individuali. L'adozione di approcci più flessibili consentirebbe di sfruttare appieno il potenziale benefico delle tecnologie avanzate, come l'analisi dei dati raccolti dai dispositivi indossabili, senza compromettere la riservatezza individuale. Inoltre, l'implementazione di misure di sicurezza avanzate e di protocolli di gestione dei dati consentirebbe di conciliare l'utilità delle informazioni raccolte con la necessità di proteggere la privacy degli individui.

In un contesto di evoluzione tecnologica, la riflessione e l'adattamento delle normative sulla privacy diventano essenziali per garantire un futuro in cui l'innovazione possa coesistere armoniosamente con la protezione dei diritti individuali, consentendo al progresso di servire l'umanità nel rispetto delle libertà fondamentali di ciascun individuo.

Capitolo 2

Tecnologie abilitanti

L'industria 4.0, anche se globale, non è stata recepita in modo uniforme tra i vari paesi sia nella tempistica e sia nella scelta degli investimenti da effettuare. In ogni caso è possibile riconoscere un elemento comune che ha avviato la rivoluzione. Questo elemento è caratterizzato dall'insieme delle tecnologie abilitanti come: Internet of Things, Big Data, Robotica e additive Manufacturing, attraverso le quali, le imprese hanno la possibilità di innovare radicalmente il loro modello di business.

Qui di seguito introduco una visione applicativa delle tecnologie abilitanti descrivendo anche il legame che c'è tra la tecnologia stessa e l'Industria 4.0 e illustrando anche la sua concreta utilità.

2.1 Advance Human Machine Interface

L'interfaccia uomo-macchina (HMI) è quel dispositivo o software che permette all'uomo di interfacciarsi con uno o più macchinari (Fig.1). È possibile quindi supervisionare e gestire, mediante un display single o multi-touch, il corretto funzionamento di un qualsiasi sistema semplice o complesso che sia. Il software utilizzato svolge l'importante ruolo di 'traduttore' che mostra, nel modo più user-friendly possibile, tutte le



Figura 1 Esempio di Human Machine Interface

informazioni che riceve, rendendo più facile, per l'utente, la gestione dei macchinari [4].

In origine questa tecnologia era prevalentemente stand-alone poiché era integrata al macchinario controllato.

Le nuove soluzioni, invece, prevedono postazioni remote che danno la possibilità di gestire anche un complesso sistema, a distanza. (Fig.2)



Figura 2 Interfaccia remota

Se prima, le interfacce uomo-macchina venivano utilizzate per lo più per gestire processi di tipo industriale, oggi vengono utilizzate praticamente in qualsiasi ambito sociale. Con l'Internet of Things (che vedremo più avanti) tutti gli oggetti possono essere interfacciati con la rete, e di conseguenza gestibili da remoto. Se prima l'interfaccia era un complesso software su un terminale composto da 4 schermi, oggi è sufficiente un'applicazione ed uno smartphone per controllare un qualsiasi impianto.

2.2 Additive Manufacturing

L'Additive Manufacturing (AM), conosciuta anche come stampa 3D, è una tecnologia innovativa che rivoluziona la produzione di oggetti tridimensionali. Questa tecnologia si basa su una metodologia meno recente ma altrettanto fondamentale, chiamata Computer a Controllo Numerico (CNC), che converte un file di disegno realizzato tramite la tecnologia di Computer Aided Design (CAD) in un file ISO contenente specifici numeri e lettere. Queste combinazioni di codici numerici e alfa-numerici comunicano al macchinario, connesso al controllo numerico, le coordinate precise in cui lavorare e gli strumenti da impiegare durante il processo produttivo.

Partendo da un elaborato progetto CAD, l'Additive Manufacturing consente la creazione di manufatti strato dopo strato, depositando materiale su una superficie in un processo detto "layering". Questo approccio innovativo rivoluziona il modo in cui gli oggetti vengono concepiti e prodotti, offrendo una flessibilità e una personalizzazione senza precedenti.

L'utilizzo di questa tecnologia consente di tradurre idee virtuali in oggetti fisici in modo efficiente ed economico. Ogni strato di materiale viene depositato seguendo le specifiche del progetto CAD, dando vita a un manufatto tridimensionale in un processo preciso e controllato. Questo approccio rivoluzionario elimina la necessità di forme complesse di produzione e permette la creazione di oggetti intricati e dettagliati che sarebbero difficilmente realizzabili con i tradizionali metodi di produzione.

L'Additive Manufacturing ha applicazioni in molteplici settori, dall'industria manifatturiera alla medicina, consentendo la produzione di prototipi, componenti personalizzati e persino organi biologici. Questa tecnologia apre le porte a un nuovo mondo di possibilità, consentendo una rapida iterazione di design, riduzione degli sprechi di materiali e un grado senza precedenti di flessibilità nella produzione.

In sintesi, l'Additive Manufacturing rappresenta una svolta nella produzione, permettendo di trasformare idee virtuali in realtà tangibili in modo efficiente e

personalizzato. La combinazione di tecnologie come la stampa 3D e il controllo numerico apre nuovi orizzonti per l'innovazione e la creazione di manufatti avanzati, ponendo le basi per un futuro in cui la produzione su misura sarà la norma. (Fig.3).

Perché l'Additive Manufacturing ha avuto così tanto successo?

Un'alternativa alla produzione additiva è quella per 'rimozione'. Si parte da un blocco di materiale per poi rimuoverlo fino ad ottenere l'oggetto desiderato per mezzo di una fresa, trapano o tornio. Nonostante oggi esistano frese ad alta precisione con 4 o 5 assi di rotazione, in alcuni campi, è stata sostituita dalla stampa additiva. Le frese infatti:

- portano materiale di scarto
- sono più pericolose per le alte temperature e per le schegge che si possono creare durante la lavorazione
- richiede più spazio e mezzi più grandi in grado di posizionarla e trasportarla

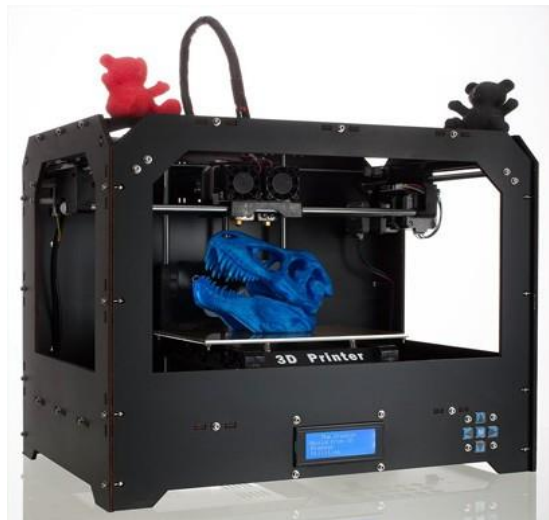


Figura 3 Additive Manufacturing - stampante 3D

- necessitano di un software di controllo più complesso in quanto viene richiesto un toolpath con CAM (Computer Aided Manufacturing - software che analizza un modello virtuale per generare le istruzioni necessarie alla macchina CNC) che determina le dimensioni del blocco da lavorare, le dimensioni della

fresa e la sua velocità.

Un altro motivo è la precisione. In determinati settori, quali la prototipazione (anche in campo medico) o l'hobbistica, viene richiesto un livello tale di precisione irraggiungibile, almeno per ora, dalle fresatrici[5] (Fig.4).

Le caratteristiche della stampa additiva che hanno decretato il suo successo sono le innumerevoli varietà dei materiali e le tecniche utilizzabili [6].

- *StereoLithography Apparatus (SLA)* - la stereolitografia è stata una delle prime tecniche utilizzate nell'AM. Consiste in un laser

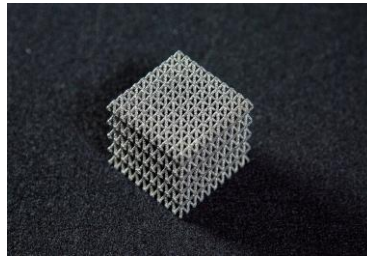


Figura 4 Additive Manufacturing - cubo di materiale metallico prodotto da una stampante 3D

che solidifica porzioni di resina liquida contenuta in una vasca (2.4). I materiali utilizzati sono per lo più resine epossidiche fotosensibili, per la creazione di prototipi trasparenti, e materiali ceramici resistenti ad alte temperature (300°C) [7]

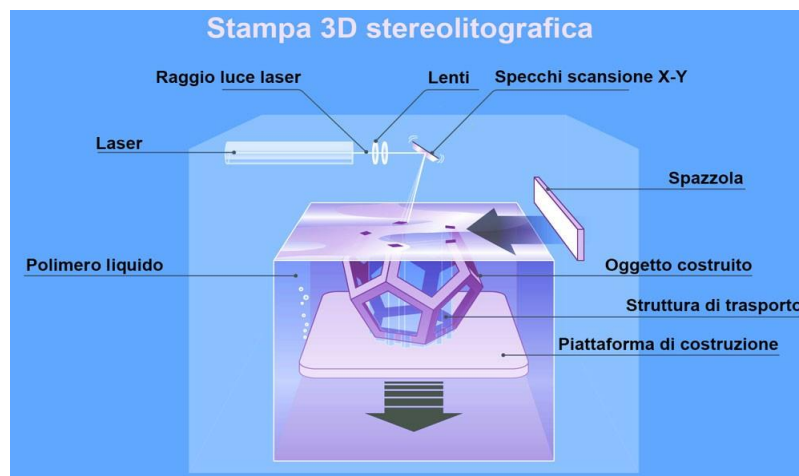


Figura 5 Sterolitografia - funzionamento e componenti

- *Multi Jet Modelling (MJM)* - come nella deposizione fusa, viene riscaldato un filamento di cera e depositato sulla piattaforma di costruzione. Prima di depositare lo strato successivo, la struttura viene solidificata con l'utilizzo di raggi UV. *Fused Deposition Modelling (FDM)* - sviluppata alla fine degli anni '80 da Scott Crump, co-fondatore e direttore della Stratasys, e

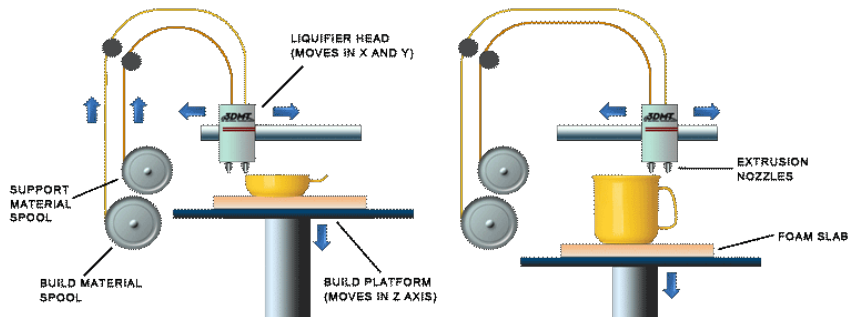


Figura 6 Fused Deposition Material - funzionamento e componenti

commercializzata negli anni '90. È la tecnica più conosciuta e utilizzata e consiste nel deposito di materiale mediante un ugello. L'ugello di estrusione viene riscaldato al punto da rendere malleabile il materiale ma consentendogli comunque di raffreddarsi in tempi brevi consentendo così uno sviluppo orizzontale e verticale del manufatto [8] (Fig.6)

- *Selective Laser Sintering (SLS)* - tecnica molto popolare con il quale è possibile creare oggetti 3D di plastica, vetro, ceramica, nylon e metalli. Utilizza un laser che salda tra di loro le particelle del materiale scelto.
- *Color Jet Printing (CJP)* - tecnica professionale per la stampa 3D a metallo nella quale gli oggetti sono formati incollando le particelle metalliche e poi sinterizzandole (o fondendole). Gli aspetti negativi sono: la necessità di una fase separata di cottura in una fornace apposita e i costi alti; è quindi indicata per manufatti di dimensioni consistenti.

- Directed Energy Deposition (DED) - o Laser Cladding, utilizza un laser per sciogliere la polvere che è lentamente rilasciata e depositata da un braccio robotico per formare gli strati di un oggetto [9]

Le potenzialità della stampa additiva sono infinite. In breve tempo siamo passati dalla progettazione e costruzione di modellini alla costruzione di protesi. È in questo campo, quello medico, che la tecnologia additiva ha suscitato maggior scalpore non limitandosi alle protesi, ma riproducendo anche strutture rigide del corpo come ossa e denti. Da allora ci siamo posti obiettivi sempre più ambiziosi ma realizzabili.

Rimanendo in tema medico, la ricerca ha l'obiettivo di realizzare artificialmente i tessuti molli dell'organismo rendendoli funzionali [10]. In ambito ingegneristico, il reparto aviazione della General Electric, ha già avviato progetti per la creazione di particolari di motori (ugelli, pale dei motori, turbine) per aerei utilizzando materiali quali titanio, alluminio e nichel-cromo [11]. È stato pianificato, inoltre, un progetto che prevede la costruzione di un ponte, su un canale di Amsterdam, mediante la stampa 3D. Verrà utilizzata la tecnologia MX3D, un robot a 6 assi dotato di strumenti e software in grado di monitorare lo sviluppo del progetto [12].

2.3 Cyber Physical System

Il Cyber Physical System è forse il sistema informatico che ha determinato, più di tutti gli altri, l'inizio dell'Industria 4.0 anche perché è stato uno dei primi sistemi in grado di scambiare informazioni, in modo continuo, tra il mondo fisico e il mondo virtuale.

I CPS sono composti da diverse parti, provenienti anche da produttori differenti, che collaborano assieme per svolgere determinate operazioni. Questi sistemi devono rispettare lo schema delle tre 'C': controllo, comunicazione e capacità computazionale (2.3). Essi sono il software, la tecnologia per la comunicazione,

sensori ed attuatori per la rilevazione e la misurazione dei fenomeni nel mondo reale [13].



I CPS già di per sé non hanno confini. Molti sono già utilizzati in più svariati ambiti: in dispositivi medicali, in sistemi di controllo ambientale e di infrastrutture critiche, in sistemi di conservazione e distribuzione dell'energia e nelle strutture smart in genere. Le potenzialità e l'utilità dei Cyber Physical System aumentano se vengono interfacciati alla rete internet [14].

2.4 Internet of Things

Internet of Things, termine utilizzato per la prima volta da Kevin Ashton, ricercatore presso il MIT (Massachusetts Institute of Technology), definisce quell'insieme di oggetti 'smart' che, oltre allo svolgere azioni di geolocalizzazione, elaborazione, acquisizione e identificazione, riescono ad interfacciarsi al mondo della rete e di conseguenza accedere a tutti i servizi che essa può offrire. Ogni oggetto, come un cyber physical system, è identificato da un indirizzo IP oppure da particolari etichette Rfid (Radio-Frequency Identification, tecnologia per l'identificazione e/o memorizzazione automatica di informazioni basata sulla capacità di particolari etichette elettroniche di memorizzazione, chiamate tag, di rispondere all'interrogazione a distanza da parte di appositi apparati fissi o portatili), QRcode o NFC (Near Field Communication - rappresentano l'evoluzione dei più comuni RFID, in quanto tutte le funzioni che richiedono una trasmissione dati con un altro dispositivo, sono supportate da una

comunicazione di tipo bidirezionale peer-to-peer). Con questa tecnologia la rete viene sfruttata come mezzo per trasmettere dati a server remoti o ad altri dispositivi, anch'essi interfacciati ad internet. Un oggetto classificabile come IoT, a seconda dell'hardware che lo definisce e dell'ambiente in cui deve operare, può essere in grado di comunicare con uno o più dispositivi a seconda dei casi. Parliamo quindi di una connessione [15]:

- One to One - è la funzionalità base e più semplice che un dispositivo IoT possa eseguire: la comunicazione diretta con un secondo dispositivo. È il caso di un'automobile che, dotata di strumenti di auto diagnostica, è in grado di inviare informazioni al computer del meccanico
- One to Many - trasmissione dati più su larga scala nella quale c'è un centro che istruisce molti sensori riceventi, sulla base di informazioni che a sua volta aveva ricevuto da essi, ed elaborato in precedenza. Come la casa automobilistica Tesla la quale migliora l'efficienza delle proprie autovetture, già in circolazione, basandosi su dati rilevati dalle stesse
- Many to Many - è la forma più completa di IoT nella quale milioni di sensori comunicano con milioni di dispositivi creando una fitta rete di informazioni in grado di gestire autonomamente intere attività

L'Internet of Things è quindi un'evoluzione che estende internet ad oggetti e luoghi reali.

Secondo alcune stime, svolte da società di ricerca e operatori del settore, entro il 2020 gli apparati IoT potranno superare i 25 miliardi di unità. Questo perché sempre più settori (domotica, robotica, avionica, industria automobilistica e biomedicale, telemetria) utilizzano un numero sempre maggiore di dispositivi, connessi ad internet, per monitorare e poi svolgere azioni conseguenti [16]. Per esempio, in urbanistica, i lampioni possono essere dotati di sensori che segnalano se la lampada funziona oppure rilevare la qualità dell'aria informando in modo opportuno l'ente di riferimento.

2.5 Cloud



Il cloud è un servizio erogato da fornitori, che possono essere aziende o provider esterni, offrendo a clienti autorizzati la possibilità di condividere, archiviare o elaborare dati in modo flessibile e scalabile. In questo scenario, può emergere una figura chiave, quella del cliente amministratore, responsabile di selezionare e configurare i servizi offerti dal fornitore, contribuendo con valore aggiunto attraverso l'integrazione di applicazioni software specifiche.

Per qualificarsi come autentico servizio cloud, devono essere rispettate alcune caratteristiche fondamentali. Tra queste, spicca l'accessibilità globale, una caratteristica distintiva che definisce il vero spirito del cloud computing. Questa capacità consente agli utenti di accedere alle informazioni da qualsiasi terminale e da qualsiasi parte del mondo, abolendo le barriere geografiche e offrendo una connettività senza limiti.

L'accessibilità globale del cloud rivoluziona il modo in cui concepiamo lo spazio e il tempo nella fruizione delle risorse digitali. Gli utenti possono accedere ai propri dati e servizi indipendentemente dalla loro posizione geografica, promuovendo la mobilità e la flessibilità. Questa caratteristica si dimostra particolarmente cruciale in un mondo sempre più interconnesso, in cui la collaborazione e la condivisione di informazioni avvengono in tempo reale, senza vincoli geografici.

Inoltre, il cloud computing offre scalabilità, consentendo ai clienti di adattare dinamicamente le risorse in base alle proprie esigenze in evoluzione. Questa flessibilità si traduce in una gestione ottimizzata delle risorse, garantendo che gli utenti possano usufruire di capacità computazionali e di storage in modo efficiente, pagando solo per ciò che effettivamente utilizzano.

L'elemento del cliente amministratore svolge un ruolo chiave nell'ecosistema del cloud. Questa figura non solo personalizza e configura i servizi offerti, ma apporta un valore aggiunto attraverso l'integrazione di applicazioni software specifiche, adattando il cloud alle esigenze specifiche dell'utente. Questo approccio su misura contribuisce a massimizzare i benefici del cloud computing, offrendo soluzioni personalizzate e ottimizzate.

In conclusione, il cloud computing non è solo una tecnologia, ma un paradigma che ridefinisce la nostra interazione con l'informazione e la tecnologia. L'accessibilità globale, la scalabilità e la personalizzazione attraverso il cliente amministratore sono elementi fondamentali che trasformano il cloud in uno strumento potente, rimodellando la nostra connessione digitale in un mondo senza confini geografici e temporali.

[17].

Dalla fine degli anni '90, con l'enorme crescita degli utenti internet, il cloud ha riscosso sempre più successo. Anche i giganti dell'IT, come Microsoft, iniziarono ad investire in questa tecnologia potenziando, pian piano, i propri servizi web.

Dalla fine degli anni '90, con l'enorme crescita degli utenti Internet, il paradigma del cloud computing ha sperimentato un notevole successo. Giganti dell'IT, come Microsoft, hanno avviato significativi investimenti in questa tecnologia, potenziando progressivamente i propri servizi web. Questo fenomeno ha avuto un impatto profondo sulla società, estendendosi in modo pervasivo e influenzando diversi aspetti della vita quotidiana.

Oggi, il cloud computing ha permeato una vasta gamma di servizi, trasformando radicalmente la nostra interazione con la tecnologia. Dai comuni servizi di acquisti online

alle piattaforme di posta elettronica, dalle applicazioni di editing online per foto e testi alle innovative piattaforme di streaming, il cloud è diventato una componente essenziale della nostra vita digitale. La sua adozione ha raggiunto livelli senza precedenti, facilitando l'accesso immediato a risorse computazionali, archiviazione e servizi senza dover ricorrere a risorse locali.

L'ascesa del cloud computing è ancor più evidente nell'era dell'Internet delle Cose (IoT). Con la sempre crescente integrazione di dispositivi connessi nella società, il cloud diventa un elemento chiave per gestire e analizzare il flusso massivo di dati generato da sensori e dispositivi IoT. Appare evidente come il cloud, con la sua capacità di offrire spazio di archiviazione virtualmente illimitato e potenza computazionale scalabile, giochi un ruolo cruciale nell'espansione e nell'efficienza dell'IoT.

In particolare, dispositivi come microcontrollori, che possono richiedere una quantità significativa di memoria a lungo termine o l'elaborazione di informazioni complesse, trovano nel cloud una risorsa preziosa. Lo storage cloud, con la sua capacità di gestire centinaia di Terabyte di dati, offre una soluzione ideale per archiviare informazioni che possono essere facilmente accessibili e condivise tra dispositivi autorizzati. Questo approccio permette una distribuzione efficiente delle risorse, consentendo a microcontrollori e dispositivi IoT di operare in modo più snodato e senza limitazioni di memoria locale.

In conclusione, l'evoluzione del cloud computing è stata una delle trasformazioni più significative nella storia dell'informatica. Da un fenomeno emergente alla fine degli anni '90, il cloud è diventato una forza trainante per l'innovazione digitale, rivoluzionando la nostra esperienza online e sostenendo la crescita esplosiva dell'IoT. L'integrazione sempre più stretta tra il cloud e la tecnologia è destinata a plasmare ulteriormente la nostra interazione con il digitale, aprendo la strada a nuove possibilità e sfide nell'era dell'informazione globale. Ma quando si raggiungono dimensioni di dati nell'ordine di migliaia di Petabyte, come vengono elaborati?

2.6 Big Data

È importante sapere che oggi qualsiasi oggetto connesso alla rete e qualsiasi servizio, online e non, producono dei dati. Il flusso di informazioni è tale che, i soli dati accumulati negli ultimi due anni hanno raggiunto ormai l'ordine di zetabyte (10^{21} bytes). Se, a causa delle dimensioni, questi dati non vengono utilizzati, viene resa vana la memorizzazione degli stessi. Con il termine **BigData** non ci si riferisce unicamente all'effettiva quantità di dati, bensì alla sua analisi. A riguardo, l'analista Doug

Laney, che collabora oggi con Gartner.inc, articolò nel 2001 una definizione di BigData basandosi su tre concetti:

-Volume - necessità di determinare i dati rilevanti all'interno di un'enorme mole di dati

-Velocità - con un flusso di dati che viaggia ormai a velocità senza precedenti, è necessario, da parte di organizzazioni, riuscire ad elaborare i dati abbastanza velocemente

-Varietà - oltre alla velocità, le organizzazioni si devono confrontare con l'enorme varietà di dati esistenti (file numerici, file di testo, audio, video, dati provenienti da quotazioni in borsa, ecc)

Dall'analisi dei dati possono essere estrapolate ogni tipo di informazioni utili a privati o società e viene eseguita mediante il *data mining*, processo di estrazione di 'conoscenza' da banche dati di grandi dimensioni. Il data mining sfrutta opportuni algoritmi e tecniche come grid computing, in-database processing e in-memory analytics che individuano associazioni, pattern o sequenze rendendo le informazioni disponibili e immediatamente utilizzabili nell'ambito del decision making.

È il caso della UPS, il rinomato corriere a livello mondiale, che tiene traccia dei dati riguardanti 16,3 milioni di colli per 8,8 milioni di consumatori, con una media giornaliera di 39,5 milioni di richieste di monitoraggio da parte dei clienti. Solo analizzando i dati provenienti dai sensori di circa 46000 veicoli, la UPS ha risparmiato

solo nel 2011 oltre 8,4 milioni di litri di benzina tagliando 85 milioni di miglia effettuate sulle rotte giornaliere. A tale riguardo c'è l'iniziativa ORION (On-Road Integration Optimization and Navigation), il progetto di ricerca, su queste attività, più grande al mondo. Il progetto si avvale di numerosi dati tra quelli provenienti dalle mappe online, con i quali sarà in grado di riconfigurare, anche in tempo reale, i tragitti che gli autisti devono percorrere.

Un altro utilizzo dei BigData sono le proposte di siti e-commerce, di shopping online o di streaming (Netflix, Infinity, ecc). Amazon, Ebay e tanti altri mostrano nella 'home' del proprio sito i prodotti consigliati in modo specifico per ciascun cliente. La scelta tra i miliardi di prodotti viene effettuata analizzando gli acquisti, le ricerche e le preferenze che l'utente esegue quotidianamente online [18][19].

Al di là del semplice marketing o, per quanto importante, dell'ottimizzazione dei trasporti e dei processi in genere, le reali capacità dell'elaborazione dati sono già state dimostrate anni fa da Google. A Mountain View, quartier generale di Google, lo chiamano processo di 'nowcasting' (previsione del presente), secondo il quale è possibile effettuare previsioni analizzando le ricerche su google effettuate dai milioni di utenti. È il caso di Google Flu Trends, un sistema che nel 2008 è stato in grado di prevedere l'avanzamento dei focolai di influenza negli USA unicamente analizzando le ricerche effettuate di sintomi influenzali e le aree geografiche in cui le ricerche stesse venivano effettuate [20].

2.7 Machine Learning

Il Machine Learning rappresenta una rivoluzione sostanziale, oltrepassando i confini della semplice automazione per immergersi nell'affascinante territorio dell'intelligenza artificiale. In questo campo, l'obiettivo è comprendere e emulare i complessi processi mentali attraverso l'elaborazione computazionale. Un parallelo intrigante con il data mining si manifesta: entrambi affrontano il compito titanico di analizzare immense quantità di dati, scolpendo informazioni di valore dalla loro mole. La divergenza fondamentale risiede nell'utilizzatore finale di tali analisi: mentre il data mining diviene un alleato dell'umano per ottimizzare operazioni specifiche, il Machine Learning immette intelligenza direttamente nelle macchine.

L'essenza distintiva del Machine Learning risiede nella sua capacità di apprendere, un'abilità che trasforma un oggetto in qualcosa di più che un mero tramite di dati. Non solo riceve e trasmette informazioni, ma apprende autonomamente, senza il bisogno dell'intervento umano. Attraverso l'elaborazione di dati passati e appena acquisiti, il sistema perfeziona progressivamente le sue capacità, fornendo risultati sempre più raffinati e affidabili nel corso del tempo.

L'applicazione di sistemi intelligenti si traduce in un balzo avanti in svariati settori, aprendo le porte a obiettivi precedentemente considerati inaccessibili. La capacità di apprendimento delle macchine, ad esempio, potrebbe rivoluzionare la sicurezza, generando sistemi avanzati e predittivi in grado di anticipare minacce prima che si manifestino. Inoltre, si intravede la possibilità di creare soluzioni proattive capaci di prevedere e affrontare specifiche problematiche, rappresentando un passo significativo nell'evoluzione dell'intelligenza artificiale e del Machine Learning.

Capitolo 3

Industry 5.0

Se quanto descritto nei capitoli precedenti possa rappresentare una grande innovazione per l'avanzamento tecnologico a supporto delle aziende e della collettività; in realtà, questo concetto di Industry 4.0 può essere considerato, per le aziende che hanno già accolto questa rivoluzione, già superato. Di conseguenza, osservando come il mondo del mercato odierno sia costantemente in evoluzione, quanto esplicito nei capitoli precedenti sta lasciando spazio ad un nuovo concetto, una trasformazione del precedente: Industry 5.0. È importante sottolineare che l'Industria 5.0 non va intesa come continuazione cronologica, né come alternativa all'attuale paradigma di Industria 4.0. Industria 5.0 è il risultato di un esercizio lungimirante, un modo per inquadrare le modalità di coesistenza dell'industria europea con le emergenti tendenze ed esigenze sociali. Il concetto di Industria 5.0 pertanto si pone a completamento e ampliamento delle caratteristiche distintive di Industria 4.0: sottolinea quelli che saranno i fattori decisivi per il collocamento dell'industria nella società europea del futuro, fattori non solo di natura economica e tecnologica, ma anche di importante valenza ambientale e sociale.

3.1 Relazione con il concetto di Società 5.0

I concetti di Società 5.0 e Industria 5.0 sono correlati in quanto entrambi si riferiscono alla fondamentale transizione della nostra società e della nostra economia verso un nuovo paradigma.

Il concetto di Società 5.0 fu introdotto da Keidanren, la maggiore associazione di imprese del Giappone, nel 2016, e fu successivamente oggetto di promozione da parte del governo giapponese. In sostanza, il Giappone trasferisce le dimensioni della

digitalizzazione e della trasformazione, fino ad allora vissute principalmente a livello di singole imprese e di ben determinate parti della società, sul piano di una vera e propria strategia di trasformazione nazionale, una politica e persino una filosofia. Nel concetto di "società", il modo in cui le persone provvedono al proprio sostentamento è direttamente correlato al modo in cui esse costruiscono la società. La scelta del numero "5" è dettata da una scala temporale assai diversa e molto più lunga di quella delle rivoluzioni industriali. Le prime due "società" corrispondono ai periodi preindustriali (fino alla fine del XVIII secolo) e sono rispettivamente legate all'economia di caccia e alla raccolta nell'agricoltura. La Società 3.0 è una società industriale corrispondente all'incirca al periodo della prima, seconda e, in parte, della terza rivoluzione industriale. La Società 4.0 è caratterizzata dal predominio dell'"informazione" e si può affermare si sia evoluta a partire da una versione altamente digitalizzata della terza rivoluzione industriale, fino ai giorni nostri.

La Società 5.0 punta a trovare un equilibrio tra lo sviluppo economico e la soluzione dei problemi sociali e ambientali. Non si limita al settore manifatturiero, ma affronta sfide sociali più ampie, basandosi sull'integrazione di spazi fisici e virtuali. Nella Società 5.0, le tecnologie informatiche avanzate, l'Internet delle cose, i robot, l'intelligenza artificiale e la realtà aumentata vengono utilizzate attivamente nella vita quotidiana, nell'industria, nell'ambito sanitario e nelle altre sfere di attività, con il fine principale non del vantaggio economico, bensì a beneficio di ogni individuo.

3.2 Definizione Industria 5.0

Per quanto Industria 5.0 sia un concetto relativamente nuovo, vi sono già alcuni scritti accademici che ne descrivono le caratteristiche principali. L'analisi della letteratura in materia mostra che vi è molta incertezza sui futuri apporti di Industria 5.0 e su come essa possa in concreto rivoluzionare le imprese, oltre che sulla sua capacità di abbattere le barriere tra il mondo reale e quello virtuale. [21]

In base alla rassegna della letteratura e alla nostra analisi, rivolta al lungo termine, riteniamo che Industria 5.0 sarà definita alla luce di un senso ritrovato e più ampio che andrà al di là della mera produzione di beni e servizi a scopo di lucro, e che fa emergere tre elementi fondamentali: la centralità dell'uomo, la sostenibilità e la resilienza. Un approccio puramente orientato al profitto si fa ormai sempre meno sostenibile. In un mondo globalizzato, concentrarsi unicamente sul profitto significa non tenere in debito conto i costi e benefici per ambiente e società. Perché l'industria sia foriera di una prosperità reale, la definizione del suo vero scopo non può prescindere da considerazioni sociali e ambientali, tra cui un'innovazione responsabile che non sia solo o principalmente finalizzata ad aumentare l'efficienza in termini di costi o alla massimizzazione dei profitti, ma anche ad incrementare la prosperità per tutti i soggetti coinvolti: investitori, lavoratori, consumatori, società e ambiente.



Figura 7 industria 5.0

Nel mondo dell'industria, un approccio incentrato sull'essere umano fa dei bisogni e degli interessi fondamentali dell'uomo il cuore del processo di produzione, anziché concentrarsi unicamente sulle tecnologie emergenti e sulla loro potenziale capacità di aumentare l'efficienza produttiva. Anziché domandarciche cosa possiamo fare con la nuova tecnologia, chiediamoci che cosa la tecnologia può fare per noi. Anziché

chiedere ai lavoratori dell'industria di adattare le loro competenze alle esigenze di una tecnologia in rapida evoluzione, vogliamo sfruttare la tecnologia per adattare il processo di produzione alle esigenze del lavoratore, per esempio per guidarlo e formarlo in modo adeguato. Ci preoccupiamo pertanto anche di assicurare che l'uso delle nuove tecnologie non leda i diritti fondamentali dei lavoratori, quali il diritto alla privacy, all'autonomia e alla dignità umana.

Per rispettare i limiti del pianeta, l'industria deve farsi sostenibile, sviluppando processi circolari che riutilizzino, convertano e riciclino le risorse naturali, riducano gli sprechi e l'impatto ambientale. Sostenibilità significa ridurre il consumo di energia e le emissioni di gas serra, per evitare l'esaurimento e il degrado delle risorse naturali, per garantire la soddisfazione dei bisogni delle generazioni di oggi senza mettere a repentaglio la soddisfazione dei bisogni delle generazioni future. Tecnologie come l'intelligenza artificiale e la produzione additiva possono svolgere un ruolo importante in tal senso, ottimizzando l'efficienza delle risorse e riducendo al minimo gli sprechi.

La resilienza si riferisce alla necessità di sviluppare una produzione industriale più solida e meglio preparata a far fronte a malfunzionamenti, capace di fornire e sostenere le infrastrutture fondamentali in tempi di crisi. I cambiamenti geopolitici e le catastrofi naturali, come la pandemia di Covid-19, evidenziano la fragilità del nostro attuale approccio alla produzione globalizzata. È necessario trovare un equilibrio con lo sviluppo di catene del valore strategiche sufficientemente resilienti, una capacità di produzione adattabile e processi aziendali flessibili, soprattutto dove le catene del valore siano al servizio dei bisogni fondamentali dell'uomo, come nel campo dell'assistenza sanitaria e della sicurezza.

Come indicato in precedenza, il nostro concetto di Industria 5.0 è aperto e in evoluzione e costituisce la base per l'ulteriore sviluppo di una visione collaborativa e co-creativa dell'industria europea del futuro. Riteniamo comunque che l'essenza di Industria 5.0 possa definirsi come segue:

“Industria 5.0 riconosce il potere dell'industria di raggiungere obiettivi sociali che vanno al di là dell'occupazione e della crescita, per affermarsi

quale fonte resiliente di prosperità, assicurando al contempo che la produzione rispetti i limiti del nostro pianeta e ponendo il benessere dei lavoratori dell'industria al centro del processo di produzione.” [22]

3.3 Vantaggi per il lavoratore: un approccio incentrato sull'uomo

Una delle rivoluzioni più significative nell'ambito dell'Industria 5.0 è rappresentata dalla transizione paradigmatica che sposta il fulcro dall'avanzamento tecnologico a un approccio totalmente antropocentrico. In questo contesto, si pone l'accento su una prospettiva che tiene conto dei vincoli sociali, proponendosi l'arduo compito di garantire che nessuno venga lasciato indietro in questo accelerato progresso industriale. Tale cambiamento di focus non riguarda solamente l'aspetto tecnologico, ma investe profondamente l'etica, la sicurezza e il comfort nell'ambiente di lavoro, il rispetto dei diritti umani dei lavoratori e le competenze richieste per affrontare la nuova realtà.

In questo scenario, la sicurezza sul luogo di lavoro diventa una priorità fondamentale, poiché l'Industria 5.0 non mira solo a ottimizzare la produzione, ma anche a garantire un ambiente di lavoro sicuro e sano. Ciò implica l'implementazione di tecnologie avanzate di monitoraggio e prevenzione degli incidenti, nonché la creazione di procedure che tengano conto degli impatti sociali di qualsiasi innovazione introdotta.

Il rispetto dei diritti umani dei lavoratori assume un ruolo centrale, in quanto il passaggio a un approccio antropocentrico richiede una riflessione profonda sulle condizioni di lavoro, la giusta remunerazione e il benessere complessivo dei dipendenti. Le aziende devono essere responsabili non solo nei confronti dei propri azionisti, ma anche nei confronti della comunità di lavoratori, garantendo condizioni eque e dignitose.

Parallelamente, l'Industria 5.0 porta con sé una ridefinizione del ruolo del lavoratore. Non più solo esecutori di compiti meccanici, ma protagonisti di processi decisionali e innovativi. Questa nuova prospettiva richiede un investimento significativo nella

formazione e nello sviluppo delle competenze, poiché le richieste del mondo del lavoro evolvono in modo rapido e significativo.

In sintesi, l'Industria 5.0 non è solamente un passo avanti dal punto di vista tecnologico, ma una riconsiderazione completa del rapporto tra tecnologia e umanità. Implica un impegno concreto a garantire un progresso equo e sostenibile, prendendo in considerazione non solo l'efficienza produttiva, ma anche il benessere sociale, la giustizia e il rispetto per i diritti umani.

3.3.1 Un nuovo ruolo per i lavoratori

L'avvento dell'Industria 5.0 incide in modo sostanziale sul paradigma tradizionale del ruolo del lavoratore, andando al di là della concezione di quest'ultimo come semplice "costo" aziendale. Piuttosto, si propone di riscrivere la narrativa sottostante, considerando il lavoratore non solo come un "costo" da sostenere, ma come un autentico "investimento" capace di catalizzare lo sviluppo tanto dell'azienda quanto del lavoratore stesso. Questa prospettiva rappresenta un cambio di mentalità che sottolinea l'importanza strategica e il valore intrinseco che i dipendenti portano all'interno dell'organizzazione.

In questo contesto, il datore di lavoro si posiziona come un attore chiave nel processo di crescita globale. Per raggiungere i propri obiettivi, l'azienda riconosce la necessità di investire attivamente nelle competenze, nelle capacità e nel benessere dei propri dipendenti. Questo approccio non è motivato solo da un'etica aziendale avanzata, ma anche dalla consapevolezza che il successo a lungo termine dell'azienda è intrinsecamente legato al livello di competenza, motivazione e soddisfazione dei lavoratori.

L'investimento nelle competenze diventa, quindi, un pilastro fondamentale. La formazione continua e lo sviluppo professionale non sono più semplici optional, ma diventano un elemento essenziale per mantenere l'organizzazione al passo con i rapidi cambiamenti tecnologici e di mercato. Il datore di lavoro riconosce che investire nelle

competenze dei dipendenti è un veicolo diretto per stimolare l'innovazione, migliorare l'efficienza operativa e aumentare la competitività complessiva dell'azienda.

Parallelamente, l'attenzione al benessere dei dipendenti diventa un imperativo strategico. La promozione di un ambiente di lavoro sano, equo e sostenibile non solo accresce la motivazione e la produttività, ma contribuisce anche a ridurre l'assenteismo e migliorare la retention del personale. Un lavoratore soddisfatto e ben inserito nell'ambiente aziendale è più propenso a mettere in campo il massimo delle sue potenzialità, diventando un attivo strategico per il raggiungimento degli obiettivi aziendali.

In conclusione, l'Industria 5.0 non è solo un avanzamento tecnologico, ma una riconcettualizzazione del rapporto tra l'azienda e il suo capitale umano. La trasformazione del lavoratore da "costo" a "investimento" riflette una visione progressiva e orientata al futuro, in cui la crescita dell'azienda e il benessere del lavoratore sono interconnessi e reciprocamente arricchenti.

3.3.2 Un ambiente di lavoro sicuro e inclusivo

Tra i timori associati alla diffusione delle nuove tecnologie vi è quello della perdita di posti di lavoro. Se applicate correttamente, tuttavia, le nuove tecnologie possono rendere i luoghi di lavoro più inclusivi e più sicuri per i lavoratori, nonché aumentare la loro soddisfazione sul lavoro e il loro benessere.

I robot potrebbero svolgere i compiti più ripetitivi e semplici, rendendo i luoghi di lavoro più sicuri per i lavoratori. Il potenziale della tecnologia robotica è lungi dall'esaurirsi, soprattutto perché ad alimentarlo vi è l'intelligenza artificiale. Le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale, così come gli strumenti di realtà virtuale e aumentata, possono essere utilizzati per guidare il lavoratore nelle operazioni più specializzate, per le quali sarebbero altrimenti necessarie competenze e formazione specifiche. Ciò potrebbe anche offrire maggiori opportunità d'inserimento nell'ambiente lavorativo di persone con capacità mentali ridotte. Analogamente, i robot mobili e gli esoscheletri hanno possono rendere alcune attività meno impegnative dal punto di vista fisico. Le

donne potrebbero così svolgere mansioni prima riservate ai soli uomini in considerazione della forza fisica richiesta. L'ulteriore digitalizzazione della forza lavoro porterà diverse nuove opportunità. La digitalizzazione dei processi industriali rende possibile il lavoro a distanza, consentendo a chi vive in luoghi remoti di inserirsi nel mercato del lavoro e incrementando la resilienza della produzione. La recente crisi provocata dal Covid-19, che con le misure di distanziamento sociale ha messo a rischio l'operatività di molte imprese, ha mostrato chiaramente le potenzialità della digitalizzazione per l'operatività da remoto.

Garantire la sicurezza e il benessere dei lavoratori non significa solo garantire e sostenere la salute fisica sul luogo di lavoro. La salute mentale e il benessere devono essere posti su un piano di parità nella progettazione dei luoghi di lavoro digitali. Sebbene la digitalizzazione del lavoro comporti rischi nuovi, come il burnout causato da una cultura del lavoro "sempre online e sempre disponibile", le tecnologie digitali potrebbero utilizzarsi a supporto dei lavoratori, per meglio controllare e gestire i rischi e l'impatto del nuovo ambiente di lavoro sulla loro salute mentale e sul loro benessere. Soluzioni digitali e dispositivi indossabili potrebbero aprire nuovi canali per avvisare i lavoratori e i loro medici di base su condizioni di salute critiche, sia fisiche sia mentali, e potrebbero aiutare i lavoratori nell'adozione di comportamenti sani sul posto di lavoro [23]

3.3.3 Le competenze, il loro miglioramento e la loro riconversione

La sfera delle competenze comporta un'altra, importante serie di considerazioni nell'ambito di Industria 5.0. Le competenze si evolvono velocemente quanto le tecnologie. Le industrie europee stanno lottando contro la carenza di competenze e gli istituti di istruzione e formazione non sono in grado di rispondere a tale necessità. Ciò vale per le competenze digitali generali come anche per quelle di livello specialistico. Dal lato dell'offerta, i giovani non si sentono adeguatamente dotati delle competenze

necessarie per il mercato del lavoro del futuro. Uno studio di Deloitte ha rilevato che il 70% dei giovani ritiene di possedere solo alcune delle competenze che saranno necessarie per avere successo nel mondo del lavoro del futuro.

Le competenze digitali non sono le uniche richieste ai lavoratori dell'industria nelle fabbriche del futuro. Il World Manufacturing Forum ha stilato la top-ten delle competenze necessarie alla produzione del futuro. Sorprendentemente, solo quattro sono di natura digitale: "alfabetizzazione digitale, intelligenza artificiale e data analytics", "lavorare con le nuove tecnologie", "cybersecurity" e "data-mindfulness". Le altre competenze sono più trasversali, legate al pensiero creativo e imprenditoriale, flessibile e aperto [24].



Figura 8 . La top-ten delle competenze individuata dal World Manufacturing Forum per il futuro della produzione © World Manufacturing Forum

3.4 I vantaggi per l'industria

L'Industria 5.0 emerge come catalizzatore di benefici significativi, contribuendo in modo sostanziale al progresso sia dei lavoratori che delle imprese. I vantaggi per l'industria sono eclettici e multifattoriali, abbracciando una vasta gamma di aspetti che vanno oltre la mera efficienza operativa. Questa evoluzione non solo consolida l'attrattiva dell'industria, ma incide positivamente sulla sua capacità di attirare e trattenere talenti di elevato calibro, ponendola al centro di un ecosistema lavorativo dinamico e all'avanguardia.

Tra i benefici tangibili, spicca la possibilità di conseguire notevoli risparmi energetici, un elemento critico non solo per la sostenibilità ambientale ma anche per una maggiore competitività economica. L'efficienza energetica rappresenta uno snodo chiave nell'Industria 5.0, traducendosi in minori costi operativi e in una maggiore responsabilità sociale da parte delle imprese.

La resa tangibile dell'Industria 5.0 si riflette altresì nella costruzione di una maggiore resilienza. La capacità di adattarsi agilmente alle mutevoli condizioni di mercato, tecnologiche e sociali diventa un pilastro fondamentale, fornendo un'assicurazione contro le incertezze e garantendo la stabilità a lungo termine. Questo aspetto si traduce in un posizionamento strategico, consentendo all'industria europea di mantenere una competitività costante e una rilevanza continua.

Tuttavia, è importante riconoscere che, nel breve termine, gli investimenti necessari per l'implementazione dell'Industria 5.0 possono rappresentare una sfida. Il rischio di una temporanea perdita di competitività, in confronto con industrie che non hanno ancora abbracciato questa trasformazione, è un ostacolo che richiede una gestione oculata. Mitigare questo rischio implica la necessità di programmare e coordinare gli investimenti con attenzione, assicurandosi che il ritorno sull'investimento sia adeguato e sostenibile.

Un aspetto cruciale che si delinea come potenziale rischio maggiore per l'industria è la mancanza di impegno nella dimensione sociale della transizione verso la sostenibilità e la centralità dell'uomo. Questo aspetto va al di là dei meri indicatori economici e si

concentra sulla costruzione di un tessuto sociale sano e sostenibile. Un mancato coinvolgimento in quest'ambito potrebbe comportare una perdita di competitività nel lungo periodo, minando la fiducia dei consumatori e dei lavoratori e minacciando la reputazione stessa dell'industria europea. Pertanto, è imperativo che l'industria affronti questa sfida con un approccio proattivo, integrando principi di responsabilità sociale e sostenibilità nella sua roadmap evolutiva.

3.5 Efficienza delle risorse per la sostenibilità e la competitività

La comprensione della "competitività" di un settore va oltre i tradizionali indicatori economici di capitalizzazione, penetrazione del mercato, ricavi e profitti. Questi parametri, sebbene importanti, spesso non riflettono in maniera completa né il vero stato attuale né le prospettive complessive di un settore. Ad esempio, la redditività potrebbe essere derivata dall'utilizzo di risorse non rinnovabili, da un marchio forte e consolidato nel tempo o da condizioni di mercato temporanee e mutevoli.

Il concetto rivoluzionario di Industria 5.0 introduce una prospettiva innovativa che va al di là del puro rendimento economico. Invece di concentrarsi esclusivamente sugli indicatori finanziari, promuove le prestazioni economiche delle imprese all'interno di un contesto più ampio, tenendo conto delle esigenze e degli interessi dei lavoratori e garantendo al contempo la sostenibilità ambientale. Questa visione ampliata della competitività non solo si rivolge agli imprenditori ma coinvolge attivamente potenziali investitori e consumatori.

La sostenibilità ambientale gioca un ruolo centrale in questa nuova prospettiva. L'Industria 5.0 sottolinea l'importanza di adottare pratiche industriali che rispettino l'equilibrio ecologico, riducendo l'impatto ambientale e favorendo la transizione verso un'economia più verde. Le imprese che abbracciano questo approccio non solo rispondono alle crescenti preoccupazioni ambientali, ma si preparano anche ad affrontare sfide future legate alle normative ambientali e alla responsabilità sociale.

La componente sociale è altrettanto rilevante. L'Industria 5.0 incoraggia un ambiente lavorativo che valorizza e rispetta i lavoratori. La partecipazione attiva dei dipendenti, l'attenzione al benessere sul luogo di lavoro e la promozione di pratiche di lavoro etiche diventano aspetti essenziali per garantire una competitività sostenibile nel lungo periodo.

Questo approccio integrato rende l'Industria 5.0 allettante non solo per gli imprenditori, ma anche per gli investitori che vedono nella sostenibilità e nella responsabilità sociale un elemento cruciale per il successo a lungo termine delle imprese. I consumatori, a loro volta, possono beneficiare della disponibilità di prodotti derivati da pratiche sostenibili e responsabili, contribuendo così a modellare un'economia più etica e orientata al benessere comune. In questo modo, l'Industria 5.0 non solo ridefinisce la competitività, ma apre la strada a un futuro economico più equo, sostenibile e inclusivo.

3.6 Maggiore Resilienza

La resilienza è la capacità di affrontare in modo flessibile il cambiamento. Le catene del valore e i mercati globalizzati sono sempre più esposti a cambiamenti dirompenti quali quelli causati dai cambiamenti (geo)politici (Brexit, conflitti commerciali, protezionismo, ecc.) e dalle emergenze naturali (pandemie, impatto dei cambiamenti climatici, ecc.). L'industria del futuro deve attrezzarsi in modo da potersi adattare rapidamente alle mutevoli circostanze delle catene del valore fondamentali, per garantire il proprio ruolo di motore sostenibile della prosperità. Un'industria resiliente può far fronte alle vulnerabilità che possono presentarsi ai livelli più diversi, da quello del singolo stabilimento a quelli della rete di forniture e dell'intero sistema industriale.

In una situazione sociale e ambientale stabile, l'innovazione industriale tende a concentrarsi sull'aumento dell'efficienza delle linee di produzione e delle catene di fornitura. Questa crescita dell'efficienza, tuttavia, va spesso a scapito della resilienza. Una catena del valore a basso costo può essere fragile e presentare singole falle, le fabbriche più efficienti possono avere una struttura tanto rigida da dover cessare o

almeno ridurre in modo significativo la produzione in casi di circostanze impreviste. La ricerca sulla resilienza industriale può contribuire alla comprensione dei rischi globali, locali e tecnici che l'industria si trova a dover affrontare con sempre maggior frequenza, può sviluppare e mettere in atto strategie di mitigazione suscettibili di costituire il fulcro di un funzionamento ottimale e resiliente dell'industria in futuro. Tecniche innovative, tra cui linee di produzione più modulari, fabbriche gestite da remoto, utilizzo di nuovi materiali e monitoraggio e gestione dei rischi in tempo reale possono aiutare l'industria a raggiungere la resilienza di cui ha bisogno.

Le tecnologie digitali svolgeranno un ruolo speciale. L'interconnessione digitale abiliterà una serie di tecnologie resilienti (tra cui raccolta di dati, analisi automatizzata dei rischi e misure di mitigazione automatizzate), e una maggiore dipendenza dalle tecnologie digitali esporrà l'industria a interruzioni tecniche dovute a malfunzionamenti e attacchi informatici. La ricerca e l'innovazione avranno un ruolo chiave nello sviluppo del livello di cybersecurity necessario alla resilienza dell'industria del futuro.

3.7 Dal concetto alla realtà

Sostenibilità, centralità dell'uomo e resilienza sono le caratteristiche distintive di Industria 5.0. Riteniamo che tali caratteristiche non siano semplicemente auspicabili, bensì che siano necessarie perché l'industria europea si confermi importante, competitiva e pronta per il futuro. Pertanto, quando ci chiediamo come realizzare l'Industria 5.0, di fatto ci chiediamo come la politica europea possa creare le condizioni necessarie perché l'industria possa prepararsi e innovarsi per il futuro.

Quel futuro potrebbe essere più vicino di quanto sembri, e per certi aspetti, potrebbe già essere qui. La rivoluzione digitale è in pieno svolgimento e non mostra segni di rallentamento. Il cambiamento climatico è sempre più una realtà. La pandemia da Covid-19 ha già avuto un forte impatto sulla produzione in molti settori industriali. I cambiamenti nel clima politico, come la crescente diffusione di ideologie protezionistiche, stanno mettendo in discussione le catene del valore a livello globale. Molti settori industriali

sono costantemente afflitti dalla difficoltà di trovare nuovo personale dotato delle giuste competenze e dalla difficoltà di aggiornamento delle competenze interne.

L'Europa sta già elaborando policy in grado di dare risposte solide a diverse questioni: la Commissione europea sta procedendo con il supporto e la regolamentazione delle tecnologie digitali emergenti, compresa l'IA. Il suo ambizioso Green Deal è stato approvato da tutti gli Stati membri. Sono state proposte una nuova Strategia industriale europea e un'Agenda per le competenze. Il Pacchetto per la ripresa contiene disposizioni rigorose volte a garantire che la ripresa dopo la pandemia da Covid-19 sia forte, a prova di futuro e resiliente.

Il nostro concetto di Industria 5.0 è guidato da questi cambiamenti, di grande impatto, e dalle corrispondenti risposte a livello di policy. Il paradigma di Industria 4.0 è stato principalmente guidato dal potenziale delle tecnologie emergenti per migliorare l'efficienza e la produttività, mentre quello di Industria

5.0 è spinto dai cambiamenti e dalle realtà sociali emergenti. L'industria 5.0 si concentra sulla tecnologia e sull'innovazione in quanto componenti necessarie per la transizione verso un nuovo paradigma industriale in cui l'industria europea sia sempre più resiliente e capace di adattarsi alla nuova realtà sociale, in cui la produzione è chiamata a rispettare i limiti del pianeta e il benessere dei lavoratori è posto al centro del processo produttivo. Il nostro ruolo specifico come Direzione generale per la Ricerca e l'Innovazione della Commissione europea consiste nel sostenere lo sviluppo delle tecnologie nuove ed emergenti, che costituiscono la base per questa transizione.

3.8 L'uomo al centro

L'Unione europea ha già adottato un approccio incentrato sull'uomo e sulla società, in molte delle sue policy chiave. Per citarne alcune, il Regolamento generale per la protezione dei dati personali (GDPR) tutela il diritto dell'individuo alla protezione dei propri dati personali nell'utilizzo di servizi aziendali e governativi; il Libro bianco sull'intelligenza artificiale stabilisce i principi per un'eventuale regolamentazione dell'IA che tuteli determinate categorie di utenti delle tecnologie basate sull'IA. Sebbene entrambe le iniziative siano state oggetto di critiche da parte del mondo imprenditoriale, esse ribadiscono ancora una volta l'impegno europeo alla protezione dei diritti umani e fondamentali, che costituiscono una priorità. Con le sue policy basate sui valori, l'Europa è davvero leader a livello mondiale.

In ambito industriale, c'è ancora margine di progresso per quanto riguarda l'approccio incentrato sull'uomo. Per garantire che sia le imprese sia i lavoratori traggano vantaggio dalla transizione digitale, è necessario ripensare e ridisegnare i modelli di business e coinvolgere i lavoratori in ciascuna delle fasi del processo di transizione.

Per beneficiare dei punti di forza delle tecnologie e dei lavoratori, le imprese devono investire su entrambi. È necessaria una cooperazione più solida tra imprese e istituti di istruzione e formazione, perché le imprese sono in grado di individuare i gap di competenze e indicare le competenze necessarie nel prossimo futuro. La ricerca deve sostenere tale processo apportando competenze in linea con le tendenze generali della società e del mercato del lavoro.

Istruzione, formazione, miglioramento e riconversione delle competenze sono di certo tra le questioni più urgenti da affrontare per accogliere la transizione digitale nelle imprese, perché un capitale umano debitamente qualificato è essenziale per concretizzare questa transizione. Dobbiamo purtroppo ammettere che non tutti saranno idonei alla riqualificazione. Alcuni lavoratori potrebbero mancare persino delle competenze digitali di base necessarie all'istruzione e formazione continue.

Vi è già una serie di iniziative di policy previste dall'Agenda per le competenze dell'UE. In particolare, il Piano d'azione per l'istruzione digitale (2021-2027), aggiornato, delinea la

visione della Commissione europea per sistemi di istruzione e formazione di alta qualità, inclusivi e accessibili, adatti all'era digitale. Le due priorità del Piano si concentrano sulla necessità di promuovere lo sviluppo di un ecosistema formativo digitale di alta qualità e di potenziare le capacità e le competenze digitali per la trasformazione digitale. Potrebbero essere comunque necessarie ulteriori misure nell'ambito delle policy sul lavoro, per il giusto riconoscimento del lavoro nell'economia digitale (p.e. l'etichettatura dei dati), il lavoro sulle piattaforme o la revisione dell'orario di lavoro standard.

Potrebbero essere inoltre necessarie riforme sostanziali nelle politiche sociali, quali i sistemi di protezione sociale e sanitaria. Infine, potrebbero doversi ripensare i collegamenti tra lavoro retribuito e prestazioni previdenziali, e rivedersi i sistemi di tassazione in essere. Poiché non tutti i lavoratori saranno in grado di ricollocarsi nelle imprese trasformate, vi è la responsabilità sociale di garantire che essi rimangano comunque membri importanti e protetti della società.

Capitolo 4

Conclusioni

La fusione tra l'Industry 4.0 e la rivoluzionaria Industry 5.0 rappresenta una pietra miliare nell'evoluzione del panorama industriale, segnando una transizione significativa da una fase incentrata sulla digitalizzazione e l'automazione a una che pone maggiormente l'accento sulla collaborazione tra l'uomo e la macchina, sull'individualizzazione dei prodotti e sulla sostenibilità ambientale.

L'Industry 4.0 ha innescato una vera e propria rivoluzione nella produzione, introducendo concetti come la fabbrica intelligente, la connettività estesa e l'analisi avanzata dei dati. In questa fase, abbiamo assistito alla diffusione di tecnologie all'avanguardia come l'Internet delle Cose (IoT), l'intelligenza artificiale (IA) e la robotica, mirate ad aumentare l'efficienza operativa e la flessibilità della produzione. Tuttavia, il passaggio all'Industry 5.0 porta con sé una trasformazione più profonda, mettendo in risalto la necessità di una collaborazione più stretta tra lavoratori e macchine.

Nel cuore dell'Industry 5.0 c'è la valorizzazione della sinergia tra l'uomo e la tecnologia. La robotica collaborativa, ad esempio, consente ai robot di lavorare fianco a fianco con gli operatori umani, sfruttando le rispettive competenze per creare un ambiente di lavoro più produttivo ed efficiente. Questa collaborazione umano-macchina non solo ottimizza i processi, ma pone anche l'attenzione sulla creatività umana, promuovendo un ambiente in cui l'innovazione è incoraggiata e la diversità di idee è valorizzata.

Un aspetto chiave dell'Industry 5.0 è la personalizzazione su larga scala. La produzione su misura diventa la norma, con tecnologie avanzate che consentono la configurazione flessibile dei prodotti in base alle esigenze specifiche dei clienti. Ciò non solo soddisfa la crescente richiesta di prodotti personalizzati, ma promuove anche una maggiore sostenibilità, eliminando gli sprechi associati alla produzione di massa.

Parallelamente, l'Industry 5.0 si impegna a raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale. Attraverso l'adozione di tecnologie green, come l'uso efficiente delle risorse e la riduzione delle emissioni, le aziende possono contribuire a mitigare gli impatti ambientali della produzione industriale.

Tuttavia, la transizione all'Industry 5.0 non è solo una questione tecnologica. Comporta un cambiamento culturale profondo all'interno delle aziende. La formazione continua diventa essenziale per garantire che i lavoratori acquisiscano le competenze necessarie per interagire in modo efficace con le nuove tecnologie. Inoltre, l'importanza di una cultura aziendale che abbracci la diversità, l'inclusività e la creatività diventa centrale per sfruttare appieno i vantaggi offerti dall'Industry 5.0.

In conclusione, l'Industry 5.0 rappresenta un passo audace verso un futuro in cui l'umanità e la tecnologia collaborano armoniosamente per creare un ambiente produttivo più sostenibile, personalizzato e innovativo. Le aziende che adottano questa visione avranno l'opportunità di prosperare in un panorama industriale sempre più competitivo, contribuendo allo stesso tempo a plasmare un futuro in cui la tecnologia e l'umanità si integrano in modo sinergico per il bene comune. Questa fusione di intelligenza, creatività umana e innovazione tecnologica potenzierà non solo la competitività aziendale ma plasmerà un futuro industriale che risponde alle esigenze della società e dell'ambiente.

Bibliografia:

- [1] Paparo Alexis, Wearable Technology, cosa succede in Italia, www.wired.it, 16/01/2015.
- [2] What is Smart City, www.smartcities.gov.in
- [3] Industria 4.0 e cyber security aziendale, www.pmi.it, 12/01/2016
- [4] Gonzalez Carlo, What are Human Machine Interface and Why are they becoming more important?, www.machinedesign.com, 16/9/2015
- [5] Favero Marco, Produzione sottrattiva vs stampa 3D: quando il meno è di più, www.stampa-3d.com, 2/1/2013
- [6] What is Additive Manufacturing?, additivemanufacturing.com
- [7] Palermo Elizabeth, What is Stereolithography?, www.livescience.com, 16/7/2013
- [8] Palermo Elisabeth, Fused Deposition Modeling: Most Common 3D Printing Method, www.livescience.com, 19/9/2013
- [9] Stampa 3D a metallo: cosa dovete sapere, www.replicatore.it
- [10] Pace Alice, Dopo le protesi, la biomedicina sfrutterà la stampa 3D per replicare i tessuti molli dell'organismo. Ecco come e, soprattutto, perché, www.wired.it, 29/10/2015.
- [11] LaMonica Martin, Additive Manufacturing GE, the world's largest manufacturer, is on the verge of using 3-D printing to make jetparts, www.technologyreview.com
- [12] Il ponte MX3D, www.processinnovation.wordpress.com, 12/5/2016
- [13] Cyber-Physical Systems, www.cpse-labs.eu, 2016
- [14] I sistemi cyberfisici, www.automazione.it, 20/5/2016
- [15] Russo Massimiliano, Privacy, Internet delle cose, big data e intelligenza artificiale: ecco perché serve un nuovo contratto sociale, www.wired.it, 7/4/2015

[16] Bellini Mauro, Internet of Things, gli ambiti applicativi in Italia, www.internet4things.it

[17] Cos'è il Cloud: i diversi tipi di Cloud, html.it

[18] Big Data : Cosa sono e perché sono importanti, sas.com

[19] Cosa sono i Big Data: esempi concreti della vita quotidiana, www.cloudtalk.it

[20] Madrigal Alexis C., In Defense of Google Flu Trends,

www.theatlantic.com, 27/3/2014

[21] Scanlon S. (2018) Now prepare for the 5th Industrial Revolution, <https://gadget.co.za/now-prepare-for-the-5th-industrial-revolution/>

[22] Industria 5.0 Verso un'industria europea sostenibile, centrata sull'uomo resiliente

[23] Houston Richard, (2020) Technology can hinder good mental health at work. Here's how it can help. <https://www.weforum.org/agenda/2020/03/how-can-technology-help-mental-health-at-work/>

[24] xix WMF (2019) The WMF's Top Ten Skills for the Future of Manufacturing, <https://www.worldmanufacturingforum.org/skills-for-future-manufacturing>