



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PADOVA**  
**DIPARTIMENTO DI SCIENZE ECONOMICHE ED AZIENDALI**  
**"M. FANNO"**

**CORSO DI LAUREA IN ECONOMIA**

**PROVA FINALE**

**"Tecnologie digitali e comportamenti nel shop floor:  
Una revisione della letteratura"**

**RELATORE:**

**CH.MO PROF. ANDREA FURLAN**

**LAUREANDO: ALESSANDRO FARIO**

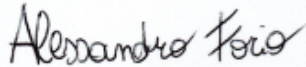
**MATRICOLA N. 1217218**

**ANNO ACCADEMICO 2021 – 2022**

Dichiaro di aver preso visione del “Regolamento antiplagio” approvato dal Consiglio del Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali e, consapevole delle conseguenze derivanti da dichiarazioni mendaci, dichiaro che il presente lavoro non è già stato sottoposto, in tutto o in parte, per il conseguimento di un titolo accademico in altre Università italiane o straniere. Dichiaro inoltre che tutte le fonti utilizzate per la realizzazione del presente lavoro, inclusi i materiali digitali, sono state correttamente citate nel corpo del testo e nella sezione ‘Riferimenti bibliografici’.

*I hereby declare that I have read and understood the “Anti-plagiarism rules and regulations” approved by the Council of the Department of Economics and Management and I am aware of the consequences of making false statements. I declare that this piece of work has not been previously submitted – either fully or partially – for fulfilling the requirements of an academic degree, whether in Italy or abroad. Furthermore, I declare that the references used for this work – including the digital materials – have been appropriately cited and acknowledged in the text and in the section ‘References’.*

Firma



# **Indice:**

Introduzione

Capitolo I

- Industry 4.0 e Digital transformation
- Nuovi processi produttivi introdotti dalla tecnologia
- Smart Supply Chain
- Perché è importante studiare la relazione tra uomo e macchina?

Capitolo II

- Selezione delle fonti
- Relazione Uomo-Macchina e Work Design
- Feedback
- Proattività

Capitolo III

- Rischi per l'uomo e l'industria
- Sostenibilità nel futuro

Conclusione

# Introduzione

Sempre di più, negli ultimi anni, la tecnologia è entrata a far parte della nostra vita quotidiana, partendo dagli smartphone fino alla più recente domotica; le industrie non sono certo rimaste indietro, anzi, sempre di più, grazie al rapido progresso tecnologico hanno cominciato ad utilizzare le nuove tecnologie come big data, la rete Internet, i servizi Cloud, la robotica e l'intelligenza artificiale per competere le une con le altre nel mercato globale.

In questa review, si presenta inizialmente il concetto di Industry 4.0 ed una revisione delle principali tecnologie adottate dalle aziende nel shop floor, che permettono l'integrazione, l'adattabilità, ottimizzazione e interoperabilità dei processi produttivi manifatturieri. (Lu 2018). I digital twins, l'additive manufacturing e il cloud manufacturing sono solo alcuni dei più dirompenti e innovativi processi che possono essere adottati dalle aziende per perseguire un vantaggio competitivo nei confronti delle altre, in termini di riduzione dei costi, aumento del volume produttivo, aumento della sicurezza e dell'affidabilità, perseguimento delle politiche più green e per aumento dei margini di profitto (Choi T., 2022). Si analizza quindi come costruire una Smart Supply Chain che permetterà alle aziende di interfacciarsi con il cliente lungo tutta la linea produttiva, garantendo quindi un elevato tasso di personalizzazione seppur mantenendo una produzione standardizzata (Jabbour, 2018). Si indaga inoltre come si svilupperà la prossima rivoluzione industriale, denominata "5.0", la quale pone al centro l'intercambiabilità e la sinergia che si verrà per forza di cose a creare tra uomo e macchina.

Successivamente, attraverso le ricerche e i documenti di Sharon K. Parker prima e in secondo luogo grazie ai documenti reperiti nella piattaforma Scopus si indaga la relazione tra il comportamento dei lavoratori e l'introduzione nelle industrie di tecnologie sempre più invasive e potenti. L'obiettivo è quello di comprendere come il lavoratore reagisca al repentino cambiamento messo in atto dalla propria azienda e come si adatti al nuovo ambiente di lavoro. L'avanzare della digitalizzazione, come l'uso crescente dell'IA, significa che gli individui dovranno essere in grado di adattarsi rapidamente apprendendo nuove competenze e nuovi ruoli (Dellot & Wallace-Stephens, 2017); vengono quindi approfonditi i temi del work design, dei feedback nel luogo di lavoro e della proattività.

Viene infine introdotto il tema della sostenibilità, il quale viaggia di pari passo con l'avanzamento della tecnologia verso fonti sempre più sostenibili e rinnovabili, come le centrali elettriche virtuali (VPP). (Kenzhina, 2019). Spesso, tuttavia, si ignorano i possibili effetti negativi che la stessa tecnologia può avere sull'ambiente (e non solo) se utilizzata in

modo improprio, vengono infatti presentati i rischi che l'introduzione di strumenti così autonomi e avanzati come i big data, la robotica e l'intelligenza artificiale possono rappresentare per il benessere psico-fisico del lavoratore, che tende ad essere sempre più relegato a mero osservatore e che in alcuni casi è protagonista di una vera e propria "erosione delle competenze".

# CAPITOLO I

## 1. INDUSTRY 4.0 E DIGITAL TRANSFORMATION

Il concetto di "Industry 4.0" (I4.0) fu introdotto per la prima volta in Germania nel 2011 come elemento fondamentale del piano del paese per migliorare la capacità industriale, influenzare interi modelli di business e per integrare i servizi di "IoT" (internet of things) e IT (information technology) attraverso le nuove tecnologie; il tutto in cerca di perseguire uno "smart environment", ovvero un ambiente ad alta intelligenza artificiale in grado di prendere decisioni e di organizzare al meglio l'ambiente lavorativo (Luthra, 2020).

L'industry 4.0 rappresenta la più avanzata e attuale frontiera della produzione industriale; questa, combina tecnologie di information e communication con le tecnologie digitali del settore manifatturiero (Kang, 2016). Possiamo dire che le principali caratteristiche dell'Industry 4.0 sono l'integrazione, l'adattabilità, l'ottimizzazione e interoperabilità dei processi produttivi manifatturieri. (Lu, 2017).

Secondo Shrouf (2014), infatti, la principale caratteristica dell'I4.0 è quella della inter-connettività tra macchinari, ordini, impiegati, operai, fornitori e clienti attraverso servizi di Internet Of Things (IoT) e dispositivi elettronici; come conseguenza, le imprese sono capaci di produrre utilizzando sistemi di decisione autonomi e decentralizzati.

L'internet of things (IoT), si riferisce proprio all'inter-connettività delle cose, come dispositivi elettronici, smartphone, macchinari, metodi di trasporto e l'internet, che, attraverso codici di identificazione univoci permettono di comunicare le une con le altre per perseguire obiettivi comuni. (Atzori et al. 2010). Come conseguenza dell'interoperabilità tra i sistemi tecnologici anche dati possono essere condivise con tutte le parti coinvolte in tempo reale. Lo scambio di dati tra oggetti e macchinari, infatti, generano una grandissima quantità di dati che potranno successivamente essere analizzati per migliorare il vantaggio competitivo delle aziende.

In questo senso, l'approccio attraverso i big data permette l'analisi del grande volume e della grande varietà di dati che risultano dall'applicazione dell'IoT (Akter and Fosso Wamba 2017; Witkowski 2017). I Big Data sono stati usati per esempio, per migliorare lo sviluppo del prodotto (Zhan et al. 2016), per prevedere la domanda nelle supply chain (Li et al. 2016), e avviare politiche di produzione green (Du et al. 2016).

Un altro obiettivo, altrettanto importante dei Big Data è quello di fornire informazioni in tempo reale sulla produzione, sui macchinari e sul flusso dei componenti, permettendo così ai vari manager di prendere decisioni, monitorare le performance e tracciare singole parti o interi prodotti (Lu, 2018); in futuro sempre più il problema non sarà più la ricerca di informazioni, quanto la selezione di esse; tuttavia, le supply chain saranno in grado, utilizzando modelli, analisi e simulazioni intelligenti di organizzarle in modo da renderle disponibili ai manager. (IBM, 2009)

Questa dirompente ed innovativa disciplina è al primo piano nell'agenda di qualsiasi top manager di organizzazioni, istituti di ricerca e organizzazioni no profit. A causa del progresso sempre più rapido è possibile affermare che il ciclo vitale delle industrie si sta accorciando sempre di più e questo induce le organizzazioni e i loro stakeholder ad impegnare tutto il loro potenziale per quanto riguarda l'innovazione e le strategie di supply chain al fine di sviluppare nuovi vantaggi competitivi. (Bienhaus F. 2018) Secondo Choi T. (2022) le tecnologie inerenti all'I4.0 creano vantaggi competitivi attraverso la riduzione dei costi, nel miglioramento della qualità del prodotto, nella flessibilità aziendale e nel miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi. Tutto questo è possibile fondendo il mondo materiale della produzione industriale con il mondo digitale dell'IT generando un valore immenso; si pensi che uno studio condotto dal World Economic Forum e McKinsey ha riportato che il potenziale economico portato dall'Industry 4.0 possa raggiungere i 3.7 trilioni di dollari nel 2025 (Luthra, 2020).

La Digital Transformation (DT) che si sta verificando incorpora l'uso di tecnologie digitali per sviluppare innovazioni riguardo l'operations o per creare dei nuovi processi produttivi o trasformarne i vecchi, cambiando la cultura aziendale e l'esperienza diretta dei clienti già esistenti per andare incontro alle esigenze e richieste del mercato (Vial, 2019).

Attraverso la DT le organizzazioni rivisitano i loro sistemi interni seguendo le indicazioni dettate dai clienti sia fisicamente, negli store, sia attraverso sondaggi online, riprogettando efficacemente i loro processi non solo evolvendoli, ma rivoluzionandoli (Luthra, 2020). Questo influenza la competitività del mercato offuscando il confine dell'organizzazione aziendale e facendo nascere nuove industrie ed ecosistemi.

Le tradizionali attività di product development e ingegneria manifatturiera si focalizzano sul prodotto come una macro-classe di oggetti identici tra loro, prodotti in massa. Anche quando sono effettuati contemporaneamente miglioramenti al prodotto e al suo design, ogni prodotto di uno stesso tipo è processato nella stessa maniera. Attraverso la digitalizzazione, invece, ogni singolo e unico artefatto digitale può essere tramutato in una copia equivalente ed unica nel mondo reale, rendendo possibile effettuare modifiche personalizzate (continuous design). Questo permette sia la standardizzazione, sia la personalizzazione di tutti i prodotti in una classe, rendendo il processo di progettazione e produzione per ciascun prodotto suscettibile di adeguamento man mano che vengono ricevuti nuovi input. Heinen and Hoberg (2019) descrivono, infatti, di come la digitalizzazione permetta alle imprese di staccarsi dalle economie di scala, ormai necessarie.

I principali punti di forza con cui può essere sintetizzata la digitalizzazione sono:

**Indipendenza:** Ogni prodotto digitalizzato può essere e agire indipendentemente dagli altri.

**Redistribuzione:** I prodotti digitalizzati permettono la redistribuzione delle attività all'interno della situazione territoriale e geografica.

**Interattività:** I prodotti digitalizzati possono essere parte interattiva del processo produttivo.

Queste tre peculiari caratteristiche possono tuttavia essere implementate nelle aziende solamente grazie a determinate tecnologie e strumenti che si presentano in seguito, (Mastrocinque, 2022)

- **Servizi mobile**, che consentono la trasformazione delle imprese tradizionali e il cui utilizzo è diventato un indicatore primario di come le tecnologie digitali stiano influenzando le aziende.

- **Tecnologie cloud**, per promuovere l'uso di applicazioni centralizzate e coordinate e per accedere a dati, informazioni e documenti praticamente da qualsiasi luogo.

- **Internet of Things (IoT)**, come infrastruttura informatica per raccogliere e condividere dati tra diversi dispositivi al fine dell'identificazione, la localizzazione, il monitoraggio e il tracciamento degli oggetti.

- **Soluzioni di cybersecurity**, per proteggere le preziose risorse digitali delle aziende, dato l'uso crescente di architetture cloud e la necessità di gestire la sicurezza di molti più dispositivi.



- **Robotica** e macchinari automatizzati, nel tentativo di migliorare la qualità e ridurre i costi di produzione nelle industrie degli utenti finali, adottando robot per applicazioni industriali con lo scopo di modificare abbassare il rapporto manodopera/capitale.

- **Big data** e analisi dei dati per ottenere approfondimenti aziendali, sfruttando la capacità computazionale dei computer e liberando così i responsabili dalle decisioni derivanti da analisi complesse, fornendo "intelligenza in tempo".

- **La stampa 3D**, come nuova tecnologia che trasforma la progettazione, lo sviluppo, la produzione e la distribuzione dei prodotti, producendo parti più velocemente e facilmente.

- **L'intelligenza artificiale**, che porta a molti vantaggi: come prodotti personalizzati, produzione distribuita e localizzata basata su nuovi modelli intelligenti di business che responsabilizzano cittadini e comunità, nonché una migliore condivisione delle conoscenze e delle strutture. Inoltre, l'intelligenza artificiale genera chiari vantaggi indiretti per i consumatori, grazie a una produzione di beni più flessibile, reattiva e personalizzata, con meno ritardi, meno difetti e consegne più rapide.

- **I social media** hanno avuto un grosso impatto sugli imprenditori di oggi: al di là delle funzioni di marketing e di creazione di una community intorno al proprio prodotto o servizio, i social media sono in grado di discernere in maniera più approfondita il comportamento dei clienti, e consentono la condivisione di informazioni e dati in tempo reale. (Mastrocinque, 2022)

Queste tecnologie, spesso combinate tra loro, portano le aziende a diventare delle vere e proprie "città smart" permettendo così processi produttivi più snelli, ma sempre più complessi.

Mentre le altre supply chain entrano in contatto con il cliente solamente per assicurarsi di consegnare puntualmente ed efficacemente, la smart supply chain, digitalizzata, interagirà con il cliente fin dal principio attraverso tutto il processo produttivo, dalla ricerca e sviluppo, all'uso quotidiano fino allo smaltimento del prodotto usato. Maggiori strumentazioni permetteranno supply chain più intelligenti, che intercetteranno i segnali della domanda alla fonte e agiranno di conseguenza sugli scaffali del magazzino. (IBM, 2009)

In molti casi, con l'AI e l'Internet of Things (IoT), la robotica diventa intelligente e può supportare la logistica intelligente, esse sono in grado non solo di elaborare i dati forniti ma anche di interagire attivamente con l'ambiente esterno. La robotica viene ampiamente utilizzata nei magazzini e nei centri di distribuzione, ad oggi, possiamo già vedere un simile

approccio nelle maggiori aziende: nei magazzini di Amazon, ad esempio, un sistema di intelligenza artificiale, robot e macchine autonomamente preleva, impacchetta e spedisce i prodotti direttamente ordinati dal loro sito dai clienti, anche JD utilizza già da tempo robot automatizzati per attività di tipo logistico in molte delle sue strutture. Questi colossi stanno anche valutando la possibilità di utilizzare su larga scala veicoli senza pilota (come i droni) per le consegne dei loro prodotti.

Un punto importante da tenere in considerazione, tuttavia, è il meccanismo dei protocolli di sicurezza di tali strumentazioni: risultano molto preoccupanti le statistiche raccolte riguardanti incidenti nei quali sono stati coinvolti lavoratori delle linee di produzione automatizzate nelle fabbriche (Forrest 2017).

## **NUOVI PROCESSI PRODUTTIVI INTRODOTTI DALLA TECNOLOGIA**

Tra le centinaia di nuovi processi produttivi introdotti grazie all'avvento delle nuove tecnologie e all'Industry 4.0 ce ne sono alcune che spiccano per portata e importanza. Di seguito si approfondiscono le più importanti.

Non è difficile immaginare come i Digital Twins (DT), che incorporeranno big data, intelligenza artificiale, machine learning e Internet of Things diventeranno fondamentali nell'Industry 4.0. Il Digital Twin è "una simulazione multifisica, multiscala e probabilistica integrata di un veicolo o sistema costruito online che utilizza i migliori modelli fisici disponibili, aggiornamenti dei sensori, e lo storico per rispecchiare la vita del suo "gemello" reale corrispondente" (Glaessgen 2012). Le tecnologie DT sono studiate e implementate in diverse aree, tra cui la progettazione del prodotto, i sistemi di supporto alle decisioni, le città intelligenti, i processi di produzione, il magazzino, la stima dei costi e la gestione delle risorse. (Davies, 2021) I DT esprimono un asset ingegneristico come un modello virtuale in grado di comprendere il degrado operativo, che è più comunemente associato per esempio alla revisione e alla manutenzione dell'asset. Le tecnologie DT, infatti, possono essere impiegate per prevedere il guasto dei componenti basandosi su molteplici fonti di dati. Data la natura del sistema DT, i dati in ingresso sono continui e in tempo reale; l'intero sistema potrebbe quindi essere anche etichettato come un essere vivente. (Oliver Davies, Abhishek Makkattila, 2021).

Collegandosi al bisogno, sempre più attuale di raccogliere intere banche dati in un luogo sicuro e accessibile allo stesso tempo, si presenta ora il processo di Cloud Manufacturing.

Il Cloud manufacturing è una tecnologia che crea uno spazio globale e virtuale per permettere alle notizie condivise riguardo le risorse e le capacità di essere condivise attraverso Internet. La logica dietro il cloud manufacturing è service based, ciò significa che i fornitori e i clienti interagiscono al fine di comprare e vendere servizi, per esempio design, simulazioni, manufatti e assemblamenti di prodotti. (Jabbour, 2018)

Cosa manca nella lavorazione del prodotto tradizionale sono la gestione centralizzata delle operazioni e dei servizi, scelte di diverse modalità operative e accesso integrato alle attrezzature e risorse di produzione, senza le quali non possono essere garantiti una transazione di alta qualità e i servizi base. In un tipico ambiente manifatturiero, il fornitore di servizi e il richiedente degli stessi hanno poca coordinazione. Pertanto, l'adozione del concetto di produzione in networking è stata lenta e meno efficace. Passando dalla manifattura production-oriented al service-oriented , il Cloud Manufacturing sembra offrire una soluzione attraente e naturale.

Tra gli altri vantaggi il Cloud manufacturing è inoltre estremamente raccomandato per le sue caratteristiche affini all' e-commerce (Yu et al. 2015), e comprende anche altre tecnologie dall'Industry 4.0 come l'Additive Manufacturing.

L'Additive Manufacturing è basato sulla manifattura di parti del prodotto senza il bisogno di acquistare o utilizzare particolari strumenti di precisione; inoltre, la produzione avviene principalmente attraverso il digital design, che permette sia un minor lead time nella produzione che una connettività tra i designer, gli ingegneri e gli utilizzatori finali (Holmström et al. 2016). Le stampanti 3D, ad esempio sono una delle principali risorse associate all'additive manufacturing.

Si propone infine una tabella riassuntiva delle principali sistemi di utilizzo dell'industry 4.0 (Jabbour, 2018)

<b>Tecnologia</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Esempio di Risorsa</b>
Informatic Systems	Enables automation, monitoring, and control of processes and objects in real time (Wang et al. 2015)	Controllers and sensor systems (Wang et al. 2015; Yu et al. 2015)
Cloud Systems	Virtual portals which create a shared network of	

	manufacturing resources and capabilities offered as services (Yu et al. 2015)	The internet
IoT (Internet of Things)	A computational system which collects and exchanges data acquired from electronic devices (Kang et al. 2016)	Radio-frequency identification (RFID) technology tags, sensors, barcodes, smart phones (Da Xu et al. 2014; Atzori et al. 2010)
Additive Manufacturing	Represents agile and connected prototyping of parts of products on a large scale, enabling customisation (Holmström et al. 2016)	3D printers

## SMART SUPPLY CHAIN

Secondo IBM (2009) la futura supply chain sarà costituita da tre principali fattori chiave basati su tecnologie strumentali, di interconnessione e di intelligenza artificiale.

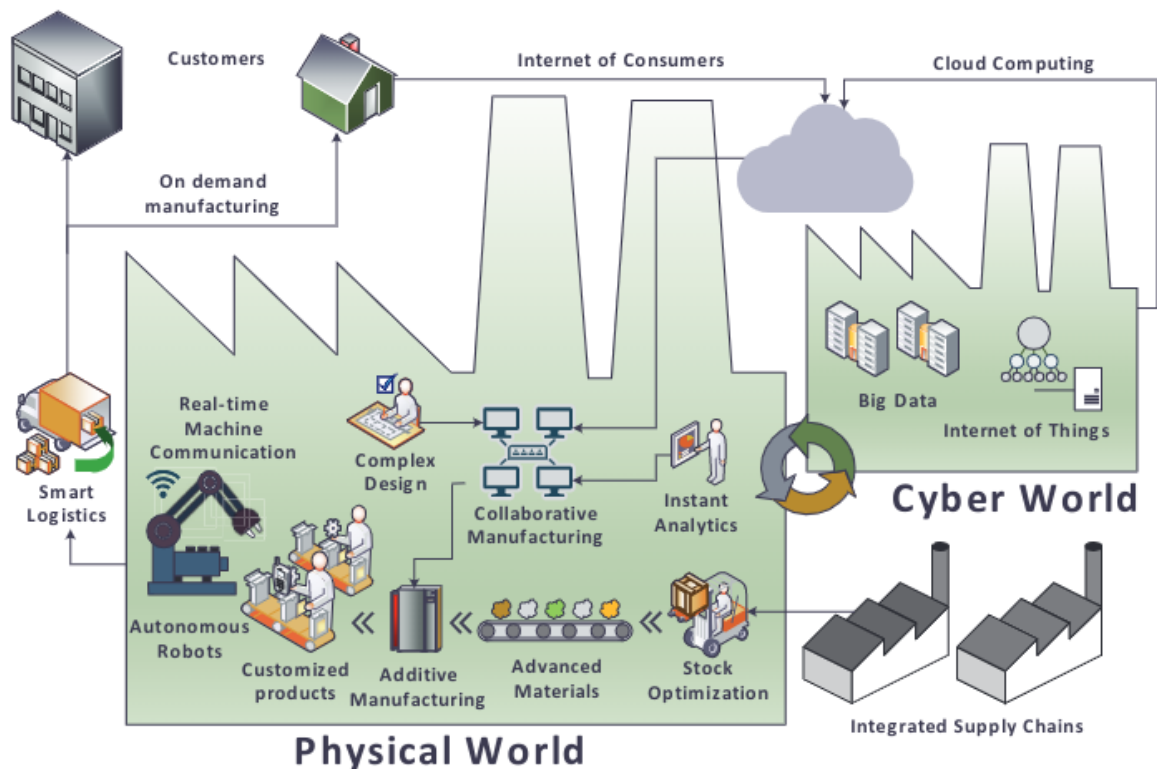
Per tecnologie strumentali ci si riferisce a processi di transazione che saranno totalmente automatizzati e gestiti, ad esempio, da tecnologie attraverso sensori, RFID (identificazione a radiofrequenza), barcode, sistemi di localizzazione globale, ecc., per aumentare la visibilità, ridurre rischi e costi e superare le complessità attuali.

Questi processi faranno meno affidamento sul monitoraggio basato sul lavoro manuale, poiché oggetti come container, camion, prodotti e parti di spedizione garantiranno un sistema di reportaggio autonomo. Dashboard su dispositivi che forse non sono ancora stati inventati mostreranno in tempo reale lo stato dei piani, degli impegni, delle fonti di approvvigionamento, delle scorte o le esigenze dei consumatori. Un esempio di tecnologia autonoma che utilizzi uno strumento innovativo è sicuramente la stampa 3D, tecnologia che è già stata adottata tra le altre da Mercedes Benz e General Motors.

Per interconnessione si pensi alle tecnologie che sfruttano Internet anche al di là della collaborazione diretta dei partner della supply chain, come poter analizzare gli sviluppi del mercato in tempo reale, o, ad esempio, visualizzare il feedback dei clienti dalle attività sui social media e condividere, monitorare e gestire le attività di follow-up e le decisioni in tempo reale. Ad esempio, la blockchain viene attualmente utilizzata nel mercato dei diamanti per informarsi sulla provenienza dei prodotti; i clienti possono facilmente controllare online le note permanenti riguardo l'autenticità come anche altri dettagli (da dove proviene il diamante, chi sono gli artigiani che ci hanno lavorato sopra, ecc..) per il prodotto da loro acquistato. (Choi, 2019)

L'intelligenza artificiale è legata a simulazioni di eventi della supply chain ed è supportata dalle tecnologie; così è possibile creare in anticipo numerosi scenari a seconda di possibili situazioni future che si traducono in un controllo della supply chain più efficiente ed efficace e la possibilità di valutare ed eliminare i rischi prima che si verifichino. L'intelligenza artificiale aiuta i produttori a individuare in anticipo i problemi di qualità e a reagire in modo più rapido. In aggiunta tale strumento permette ai produttori di identificare più facilmente nuovi fornitori: l'IA è infatti in grado di analizzare automaticamente tutti i criteri e selezionare le scelte migliori dal database. La selezione dei fornitori, infatti, è una delle decisioni critiche che possono avere un grosso impatto per il successo di un'azienda e il raggiungimento di un vantaggio competitivo. (IBM,2009) Viene riportato ad esempio, che i produttori di semiconduttori, grazie a questa selezione utilizzando l'IA stiano già migliorando i tassi di rendimento sui loro prodotti di oltre il 30%. (McKinsey & Company. 2017.)

Nella prossima era dell'Industry 5.0, se si vuole creare davvero valore, l'Operations Management dovrebbe tracciare un equilibrio tra macchine e uomini e focalizzarsi su pratiche più concrete e sulla responsabilità sociale dell'uomo. Tra le altre cose, in seguito a tutte queste pratiche, in futuro si innalzerà tremendamente il fabbisogno di energia elettrica e se non agiamo rapidamente con implementazione di fonti di energia rinnovabile, questo porterà ancora una volta a fare del male alla natura, ovvero a noi stessi.



## Perché è importante studiare la relazione tra uomo e macchina?

Grazie all'abbassamento dei prezzi e all'aumento dell'affidabilità di tecnologie come i sensori, o i sistemi cloud praticamente ogni attività e processo si può monitorare. Gli oggetti possono comunicare direttamente tra di loro senza l'intervento umano e interi sistemi possono essere connessi, non solo supply chain con supply chain, ma anche con sistemi di trasporto, mercati finanziari, reti elettriche e pure con elementi naturali quali fiumi e condizioni atmosferiche. Una domanda sorge spontanea, perché è importante studiare la relazione tra uomo e macchina? Dobbiamo preoccuparci della crescente disoccupazione?

Una parziale risposta la trova IBM (2009): “con tutta questa intelligenza a disposizione, il supply chain management può evolversi dal praticare solamente supporto decisionale al delegare le decisioni alle macchine e concentrarsi, così sulla capacità predittiva. Con questa estesa inter-connettività si faciliterà la collaborazione su scala globale; in tutto il mondo network di supply chain saranno capaci di fare piani e prendere decisioni assieme, e per questo diventeranno estremamente flessibili.”

Non sembra quindi preoccupare questo aspetto, garantendo la tecnologia una traslazione di ruoli verso ad un lavoro sempre più concettuale; tuttavia, nel capitolo seguente scenderemo più in dettaglio per quanto riguarda la relazione uomo e macchina e affronteremo più nel concreto il tema.

È da tenere comunque in considerazione che la digitalizzazione nelle organizzazioni è ad un livello molto più alto nei paesi più sviluppati, a causa di maggiori infrastrutture, capacità e capitale umano; quindi, almeno per ora un mondo di aziende completamente collegato e senza barriere di alcun tipo resta ancora un'utopia. Questo non significa che non bisogna attivarsi fin da ora per creare un percorso da seguire, anche per le aziende meno sviluppate, che vorranno intraprendere questa strada, in una scelta che negli anni diverrà sempre più forzata.

# Capitolo II

Questa sezione riporta un'analisi più dettagliata riguardo il tema del rapporto tra uomo e tecnologia, e le conseguenze dell'introduzione di queste ultime all'interno delle nuove aziende. È presentata inizialmente la ricerca e la selezione dei documenti utilizzati, ordinandoli per anno di pubblicazione e fonte di riferimento. Successivamente sono presentati i risultati dell'analisi delle pubblicazioni, collegando tra loro varie parti di questi articoli e approfondendo i principali aspetti che queste analizzano.

## SELEZIONE DELLE FONTI

Come prima fonte, attraverso il sito di Sharon K. Parker, una delle maggiori ricercatrici riguardo la relazione uomo-macchina, si accede alla sezione pubblicazioni, dove sono stati selezionati i documenti più appropriati per questa revisione.

Successivamente si è utilizzato il motore di ricerca Scopus per effettuare la ricerca di documenti e pubblicazioni riguardanti il l'Industry 4.0 e il comportamento nel shop floor.

La prima ricerca effettuata su Scopus è risultata in 4385 documenti disponibili, utilizzando le parole chiave “behaviour OR behaviur AND digital AND technologies AND industry 4.0 AND automation”, tuttavia i risultati non erano differenziati in alcuna maniera per quanto riguarda fonte della pubblicazione o disciplina del documento.

Ho quindi utilizzato il servizio di CABS (Chartered Association of Business School) per stilare la classifica, per disciplina, dei migliori 10 giornali al mondo riguardo tre discipline:

Operations and Technology Management, Organisation Studies, Operations Research and Management.

Di seguito il risultato della ricerca:

### Operations and technology management

ISSN	Field	Journal Title	Publisher Name
1873-1317	OPS&TEC H	Journal of Operations Management	Wiley-Blackwell



1758-6593	OPS&TEC H	International Journal of Operations and Production Management	Emerald
1937-5956	OPS&TEC H	Production and Operations Management	Wiley-Blackwell
1745-493X	OPS&TEC H	Journal of Supply Chain Management	Wiley-Blackwell
1872-6194	OPS&TEC H	Computers in Industry	Elsevier
1558-0040	OPS&TEC H	IEEE Transactions on Engineering Management	IEEE
1873-7579	OPS&TEC H	International Journal of Production Economics	Elsevier
1366-588X	OPS&TEC H	International Journal of Production Research	Taylor & Francis
1526-5498	OPS&TEC H	Manufacturing and Service Operations Management	Institute for Operations Research and the Management Sciences
1366-5871	OPS&TEC H	Production Planning and Control	Taylor & Francis

### Organisation studies

ISSN	Field	Journal Title	Publisher Name
1526-5455	ORG STUD	Organization Science	Institute for Operations Research and the Management Sciences
1741-282X	ORG STUD	Human Relations	SAGE
1741-3044	ORG STUD	Organization Studies	SAGE
1873-3409	ORG STUD	Leadership Quarterly	Elsevier
1552-7425	ORG STUD	Organizational Research Methods	SAGE
0191-3085	ORG STUD	Research in Organizational Behavior	Elsevier
0733-558X	ORG STUD	Research in the Sociology of Organizations	Emerald
1552-3993	ORG STUD	Group and Organization Management	SAGE
1461-7323	ORG STUD	Organization	SAGE
1873-3530	ORG STUD	Organizational Dynamics	Elsevier

## Operations research and management

ISSN	Field	Journal Title	Publisher Name
1526-5501	OR&MANS CI	Management Science	Institute for Operations Research and the Management Sciences
1526-5463	OR&MANS CI	Operations Research	Institute for Operations Research and the Management Sciences
1436-4646	OR&MANS CI	Mathematical Programming	Springer Nature
1872-6860	OR&MANS CI	European Journal of Operational Research	Elsevier
1941-0026	OR&MANS CI	IEEE Transactions on Evolutionary Computation	IEEE
1540-5915	OR&MANS CI	Decision Sciences	Wiley-Blackwell
1526-5447	OR&MANS CI	Transportation Science	Institute for Operations Research and the Management Sciences
1476-9360	OR&MANS CI	Journal of the Operational Research Society	Taylor & Francis
1872-8200	OR&MANS CI	International Journal of Forecasting	Elsevier
1572-9338	OR&MANS CI	Annals of Operations Research	Springer Nature

Successivamente si sono cominciati a selezionare gli articoli escludendo quelli che non avessero citazioni relativamente all'ambito economico, e che non avessero come fonte o non fossero pubblicati da questi prestigiosi giornali internazionali. Inoltre, è stato necessario leggere l'introduzione e la conclusione degli articoli, in quanto, essendo l'Industry 4.0 e 5.0 (quindi il rapporto uomo-macchina) un argomento del tutto nuovo e ancora in via di sviluppo, spesso non era trattato come capitolo principale. Una volta fatto questo, la ricerca si era ristretta a poco più di un centinaio di articoli. Di questi, si sono presi in considerazione i documenti più aggiornati e recenti. Generalmente è buon uso su un'analisi di questo tipo prendere in considerazione una soglia di citazione (McCain, 1990) e considerare solamente gli articoli al di sopra o al pari di questa soglia, in questo caso, tuttavia, non è stata fissata alcuna soglia, in quanto come già detto l'argomento è ancora interamente in evoluzione in questi anni

ed è esso stesso ancora oggi studiato. Potrebbero quindi esserci dei documenti aggiornati recentemente che contengono preziose informazioni ma che verrebbero scartati per mancanza di citazioni.

Infine, sono stati selezionati 57 articoli, che rappresentano e analizzano l'evoluzione e l'avanguardia dell'Industry 4.0 e dell'imminente 5.0, l'introduzione di tecnologie e processi produttivi che segnano un punto di svolta per le attuali imprese, che analizzano il comportamento dell'uomo in relazione a questi macchinari e alle nuove tecniche introdotte, focalizzandosi sui vantaggi che queste portano al benessere non solo dell'individuo ma anche dell'intera comunità, attraverso politiche più green e sostenibili. Vengono infine indagati anche i rischi che un cambiamento così repentino e drastico porta inevitabilmente con sé.

## **RELAZIONE UOMO-MACCHINA E WORK DESIGN**

Per molto tempo, la semplificazione del lavoro è stata il paradigma dominante per la progettazione del lavoro nel settore manifatturiero e non solo; un lavoro semplificato implica un livello inferiore di competenze dei dipendenti, che possono così imparare il lavoro ed eseguirlo più rapidamente. Inoltre, riducendo tutti i movimenti lenti o inutili, i dipendenti potevano svolgere un maggior numero di compiti nello stesso tempo. Quando sono state introdotte le catene di montaggio mobili, i dipendenti non solo hanno avuto compiti semplificati, ma il lavoro è stato spostato automaticamente tra le diverse fasi, dando vita a lavori in cui il ritmo era deciso dalla tecnologia. (Parker, 2022) Il ruolo del manager era quello di garantire il rispetto di questi metodi migliori, oltre che di prendere decisioni e di svolgere tutti gli aspetti pensanti del lavoro.

Si vogliono introdurre due concetti, fondamentali per comprendere l'oggetto della discussione: il primo è il Benessere dei lavoratori; Fusternau (2020) afferma che nei paesi e nelle città sviluppate, gli esseri umani lavorano non solo per denaro e beni tangibili, ma anche per il senso di soddisfazione che ne traggono dal lavoro come modo di essere utile al prossimo. Il secondo è la soddisfazione lavorativa che può essere spiegata come la misura con cui un dipendente di un'organizzazione si sente auto-motivato e soddisfatto del lavoro. Ciò si verifica quando il dipendente percepisce la stabilità del proprio lavoro nell'organizzazione in questione, una significativa possibilità di carriera e un felice equilibrio tra vita lavorativa e vita privata.

Ad oggi, le organizzazioni fanno uso dell'"intelligenza artificiale" (AI) nei cosiddetti supply chain ecosystems che, in combinazione con il comportamento umano, puntano a creare un nuovo livello di intelligenza, innovazione e collaborazione. (Bienhaus, 2019)

Come descritto da Walsh e Strano (2018), la tecnologia può sostituire "lavori noiosi, sporchi e pericolosi". L'avanzare della digitalizzazione, tuttavia, come l'uso crescente dell'IA, implica che gli individui dovranno essere in grado di adattarsi rapidamente apprendendo nuove competenze e nuovi ruoli (Dellot & Wallace-Stephens, 2017). Molti nuovi ruoli saranno più impegnativi dal punto di vista cognitivo, poiché i compiti manuali e di routine saranno automatizzati (Frey & Osborne, 2017). Le informazioni che prima venivano fornite dalle persone saranno in futuro sempre più sostituite da quelle ricavate da sensori, tag RFID, contatori, attuatori, GPS e altri dispositivi e sistemi elettronici. (IBM, 2009). La lean production, con la sua enfasi sulla specializzazione e sui processi "standardizzati", può ridurre la varietà dei compiti degli operatori di produzione (Delbridge, 2005; Parker, 2003).

Il work design viene così, in soccorso dei manager e dei lavoratori; esso si riferisce al "contenuto e all'organizzazione dei compiti, delle attività, delle relazioni e delle responsabilità del lavoro" (Parker, 2014).

Il work design è una componente della progettazione organizzativa, che riguarda più in generale la struttura, la strategia, i sistemi, i processi e le pratiche dell'organizzazione. Un lavoro ben progettato dal punto di vista psicologico, come un lavoro che offre autonomia e varietà, migliora la motivazione, il rendimento, la salute e il benessere dei dipendenti (Parker, 2021). Il work design è influenzato dalla progettazione organizzativa. Ad esempio, se il sistema informativo digitale non fa passare un flusso di informazioni alle persone al livello più basso dell'organizzazione, l'autonomia lavorativa tenderà ad essere bassa perché gli individui non hanno le informazioni necessarie per prendere decisioni sensate.

I dirigenti dovrebbero quindi mirare a progettare e strutturare il lavoro in modo da ridurre al minimo i fattori di stress lavorativo, la noia e l'affaticamento e a fornire, quando possibile, supporto strumentale e sociale ai dipendenti per aiutarli ad alleviare o a tamponare i potenziali fattori di stress.

In questo senso i manager studiano job design che prevede la progettazione di un lavoro stimolante e responsabile che offre maggiori opportunità di realizzazione personale, crescita e riconoscimento dei propri sforzi (Paul & Robertson, 1970). È importante notare che il job design è quello in cui i dipendenti sono in grado di prendere decisioni sugli aspetti chiave del loro lavoro. Gli studi dimostrano che l'autonomia lavorativa aumenta la motivazione sul

lavoro che, a sua volta, riduce il turnover e l'assenteismo e favorisce comportamenti come la performance lavorativa, la creatività e la proattività (Parker, 2017).

Capire se e come la progettazione del lavoro e delle tecnologie influisce sulla cognizione umana è importante perché: la cognizione è necessaria per le prestazioni lavorative, le tecnologie digitali aumentano il bisogno di cognizione ed è fondamentale mantenere il funzionamento cognitivo nella forza lavoro matura (Parker, 2020).

La complessità del lavoro si riferisce alla misura in cui un lavoro pone al lavoratore richieste mentali che richiedono attitudine, abilità, formazione, pensiero, creatività e indipendenza di giudizio (Schaubroeck, Ganster, & Kemmerer, 1994). Alcuni studi (ad esempio, Fisher et al., 2014) fanno riferimento alle richieste mentali piuttosto che alla complessità del lavoro, e termini come richieste cognitive, lavoro intellettualmente stimolante o richieste di sfida colgono anche questo aspetto.

Esiste una forte evidenza che l'autonomia, il feedback e la complessità del lavoro operano in modo sinergico per accelerare l'acquisizione di conoscenze da parte dei lavoratori, riducendo di molto la complessità del lavoro con la teoria e la ricerca attraverso i fattori umani e le prospettive di progettazione del lavoro che dimostrano che queste caratteristiche lavorative insieme accelerano l'apprendimento (Parker, 2022).

## **FEEDBACK**

La fornitura di feedback digitali, grazie ai big data può, ridurre lo stress e la tensione perché i dipendenti sanno meglio cosa ci si aspetta da loro. Humphrey (2007) ha presentato prove analitiche di questo processo: il feedback sul lavoro (valutato come giudizio complessivo sul possesso di informazioni sulle proprie prestazioni) è stato associato a minore ambiguità di ruolo, conflitto di ruolo, ansia, assenteismo e stress; inoltre, il feedback ha predetto minore stress e burnout.

A livello personale, il feedback derivante dall'uso di dispositivi può migliorare l'apprendimento e la produttività individuale, mentre a livello di team e di organizzazione, le informazioni possono essere trasferite molto più facilmente a tutti i dipendenti (Parker, 2020) È interessante notare che uno dei primi studi sull'automazione (Zuboff, 1988) ha sottolineato che, soprattutto per quanto riguarda il feedback, esistono due strategie: "automatizzare" e "informare".

Mentre "automatizzare" si concentra sull'automazione delle operazioni, con l'obiettivo principale di sostituire con le macchine lo sforzo e l'abilità dell'uomo, le strategie di

"informazione" utilizzano deliberatamente l'informazione generata dai processi automatizzati per fornire un feedback ai lavoratori, i quali sono quindi autorizzati a prendere decisioni complesse. Pertanto, mentre una strategia di automatizzazione della tecnologia potrebbe portare a lavori di qualità inferiore, una strategia dell'informazione porterà probabilmente a posti di lavoro di qualità superiore poiché in questo caso la tecnologia aumenta le capacità umane piuttosto che sostituirle.

I feedback sono fondamentali nella vita del lavoratore, attraverso questi i dipendenti hanno maggiori conoscenze per prendere decisioni e possono capire meglio come i loro compiti si inseriscono nel quadro generale, tuttavia, l'effetto della tecnologia sul feedback del lavoro e le caratteristiche lavorative associate possono avere effetti molto diversi sulla padronanza e sull'apprendimento dei lavoratori, a seconda della loro progettazione e implementazione.

Ad esempio, il feedback sul lavoro è influenzato anche da sistemi in cui le prestazioni dei lavoratori vengono automaticamente tracciati e valutati. Gli Algoritmi sono utilizzati per svolgere sei funzioni manageriali chiave, queste sono: il monitoraggio (cioè algoritmi utilizzati nei sistemi che mirano a raccogliere e riportare qualsiasi dato sui dipendenti durante il loro lavoro), la definizione degli obiettivi (cioè algoritmi che assegnano compiti, che organizzano il lavoro dei dipendenti, o che stabiliscono obiettivi di performance o di produttività), la gestione delle prestazioni (cioè algoritmi che eseguono e/o visualizzano le valutazioni delle prestazioni dei dipendenti o forniscono feedback automatizzati sulle prestazioni), programmazione (algoritmi che eseguono gli orari dei dipendenti o inviano suggerimenti per gli orari di lavoro suggeriti), retribuzione (calcolo automatizzato della retribuzione in base a condizioni e metriche gestite in modo algoritmico) e cessazione del rapporto di lavoro (decisioni e/o annunci di cessazione algoritmici). (Xavier Parent-Rocheleau, Sharon K. Parker, 2022). Il monitoraggio algoritmico guidato dall'IA consente quindi di raccogliere e registrare una vasta gamma di nuove informazioni e metriche, come le emozioni, i movimenti, il tempo di sonno, le condizioni fisiche e di salute, l'attività sui social media, la cronologia del browser Internet il calendario dei dipendenti, i livelli di stress, la postura, l'ergonomia e le minacce alla sicurezza durante il lavoro o l'uso della scrivania, il carico di lavoro cognitivo o fisico dei dipendenti. Inoltre, mentre i sistemi tradizionali di monitoraggio elettronico trasmettevano le informazioni a un manager, gli algoritmi sono spesso autonomi nell'elaborare i risultati di questi dati o nel trasferire informazioni in tempo reale ad altri algoritmi di un sistema integrato (ad esempio, algoritmi di programmazione o di definizione degli obiettivi).

Questi feedback sono essenziali per il funzionamento dei sistemi algoritmici fornendo una forma di controllo della qualità in assenza di supervisor umani. Tuttavia, anche il feedback mediato da algoritmi può essere problematico. Ad esempio, le informazioni possono essere usate in modo punitivo, e le recensioni dei clienti possono avere un forte effetto sulla reputazione del lavoratore, causando stress e frustrazione. Il controllo si ripercuote sul morale e sulla soddisfazione lavorativa dei dipendenti e ha effetti contrastanti sulle loro prestazioni. Livelli estremi di tracciamento fanno sì che le persone siano scollegate e si sentano prive di potere. Il monitoraggio elettronico delle prestazioni, infatti, può essere finalizzato a fornire ai dipendenti un feedback per aiutare l'apprendimento e lo sviluppo, ma possono anche avere lo scopo di confrontarli e premiare diversi livelli di prestazione e quindi di sorvegliarli/controllarli (Ravid, Tomczak, White, & Behrend, 2020). Ciò significa che i sistemi di feedback sono talvolta invasivi e poco trasparenti, e tali fattori spiegano perché i sistemi di monitoraggio elettronico spesso causano tensione psicologica (Aiello & Kolb, 1995).

## **PROATTIVITA'**

Una delle più grandi virtù di un lavoratore sembra proprio essere la proattività, in questo paragrafo ne approfondiamo la natura.

L'essere proattivi implica sforzi personali per apportare un cambiamento nell'ambiente di lavoro e/o in sé stessi, al fine di ottenere un risultato diverso. La proattività è orientata al futuro, all'autoavvio e al cambiamento. Ashford e Cummins (1985) hanno riferito che i dipendenti che svolgono lavori con maggiore ambiguità e incertezza tendono a cercare feedback per ridurre questa incertezza, soprattutto tra i dipendenti con scarsa tolleranza all'ambiguità.

La personalità proattiva è attualmente trattata come un costrutto unidimensionale, tuttavia uno studio (Wu, Wang e Mobley, 2012) ha dimostrato che la personalità proattiva ha due dimensioni: l'iniziativa, ovvero la tendenza a generare attivamente idee e a intraprendere azioni non richieste, e la persistenza, ovvero la tendenza ad investire continuamente sforzi per raggiungere gli obiettivi.

La ricerca si è concentrata sul modo in cui la personalità proattiva influenza l'ambiente attraverso azioni proattive, ma trascura la possibilità che la personalità proattiva possa essere influenzata dall'ambiente e dalle esperienze, anche se probabilmente a lungo termine sono visibili degli effetti.

Parker e Sprigg (1999) hanno dimostrato che il controllo del lavoro (job control) attenua gli effetti stressanti delle elevate richieste di lavoro per i dipendenti con una personalità proattiva, mentre il controllo fa poca differenza per gli individui più passivi. I ricercatori sostengono che i dipendenti con una personalità proattiva sfruttano il job control per gestire in modo più efficace le richieste di lavoro, rispetto ai dipendenti con una personalità poco proattiva.

Con il lavoro sempre più basato sul team work, la prestazione di un individuo come membro di un team è stata riconosciuta come diversa dallo svolgimento dei suoi compiti individuali. Una personalità proattiva, inoltre, è più incline a sviluppare adattabilità nei confronti dell'ambiente ed a accettare più facilmente il cambiamento.

L'adattabilità si riferisce alla capacità di affrontare, rispondere e sostenere i cambiamenti (Griffin et al., 2007). L'adattabilità richiede conoscenze (ad esempio, la comprensione dei nuovi requisiti), capacità (essere in grado di cambiare), motivazione (volontà di fare le cose in modo diverso) e opportunità (la possibilità di applicare le conoscenze per affrontare il cambiamento). Si teorizza che l'autonomia svolga un ruolo centrale nel facilitare il comportamento adattivo. La teoria dei sistemi sociotecnici sottolinea come l'autonomia consenta agli individui di affrontare le variazioni, o le incertezze, alla fonte (Cherns, 1987).

Un esempio di adattabilità nelle aziende lo abbiamo avuto a causa della pandemia mondiale COVID-19 che ha costretto la totalità delle aziende a dover implementare lo Smart working all'interno dell'impresa.

La progettazione dello Smart work, prevede la progettazione di un lavoro per i team che sia stimolante, orientato alla padronanza, agile, relazionale e con richieste tollerabili.

Con lo smart work design, ci si aspetta che i membri abbiano anche un aumento della motivazione, una maggiore soddisfazione, una crescita personale e una riduzione dei livelli di stress. Nel complesso, un migliore funzionamento del team aiuta i team virtuali a raggiungere prestazioni migliori e ad avere alti livelli di benessere.

Poiché i team virtuali lavorano con la tecnologia per comunicare e pianificare le loro attività, queste tracce digitali costituiscono "big data" che possono essere elaborati e fornire un feedback sui modelli di partecipazione. In questo senso, la tecnologia virtuale ha il potenziale per migliorare l'apprendimento dei team.

Lo Smart working è destinato a crescere ancora di più, con molte aziende a livello globale che si stanno orientando verso modalità di lavoro virtuali e a distanza come risultato della rapida riqualificazione che si è verificata durante la pandemia, i manager e le organizzazioni



dovrebbero tenere presente che, con la velocità di sviluppo della tecnologia virtuale, l'esecuzione di compiti pratici potrebbe sempre più essere possibile anche con elevati livelli di virtualità.

# CAPITOLO III

## RISCHI PER L'UOMO E L'INDUSTRIA

Il rischio più noto della tecnologia nelle aziende è la crescente erosione della necessità di avere lavoratori umani. Nel loro studio, Frey e Osborne (2017), concentrandosi sugli effetti della tecnologia AI (intelligenza artificiale), hanno previsto che il 47% dei posti di lavoro negli Stati Uniti sarà eliminato dall'automazione.

L'intelligenza artificiale e la robotica sono così ben sviluppate da aver superato da diverso tempo gli esseri umani in diversi ambiti e settori, con la delegazione di molti compiti, fino ad oggi prettamente di competenza umana, all'intelligenza artificiale e della robotica, ha portato inevitabilmente ad un aumento dei licenziamenti del personale. Inoltre, è stato riferito che diverse aziende come Amazon abbiano persino utilizzato l'IA come strumento per identificare automaticamente prestazioni insufficienti da parte dei lavoratori al fine di licenziarli. (Geva, T., M. Saar-Tsechansky. 2021)

Il tempo ha portato l'IA a comportarsi alla stregua di un vero e proprio manager. In quanto tale, l'IA non rischia di minacciare solo la sicurezza del posto di lavoro del personale junior a livello operativo, ma anche dei manager stessi. Le criticità non si fermano solo al licenziamento dei dipendenti, in alcuni casi, l'automazione ha comportato il passaggio da un uso attivo delle competenze, a lavori di monitoraggio per lo più passivi. Come ha notato Bainbridge (1983): "è impossibile, anche per un essere umano altamente motivato, mantenere un'attenzione visiva efficace verso una fonte di informazioni su cui accade ben poco, per più di circa mezz'ora". Più in generale, con la digitalizzazione, i compiti cognitivi vengono sempre più sostituiti, il che può portare a un'erosione delle competenze ancora più ampia. Inoltre, l'introduzione di vari sistemi elettronici che permettono di risparmiare tempo, spesso, aumentano le richieste di carico di lavoro dei dipendenti e la mancanza di autonomia che provoca tensione psicologica, perché è uno stato avverso in cui le persone non soddisfano i loro bisogni di autonomia e perché non hanno il controllo per gestire adeguatamente le richieste. Holman e Wall (2002) hanno dimostrato che una bassa autonomia lavorativa predice livelli più elevati di depressione che, a loro volta, si traducono in un minore utilizzo delle competenze.

Nell'era dell'Industria 4.0, dove intelligenza artificiale e big data analytics sono diventate preponderanti nella vita di tutti i giorni è molto comune assistere inoltre a fenomeni di violazione della privacy, poiché i dati raccolti agli utenti possono essere analizzati e sfruttati per scopi diversi. Le piattaforme di social media e persino i servizi wifi forniti dai centri commerciali possono essere esposti a potenziali minacce alla privacy personale. Questa situazione diventa sempre più difficile da controllare, con l'incessante e sempre crescente sviluppo di applicazioni intelligenti supportate dall'AI e da sistemi real-time connessi alla rete. Gli individui che tengono con forza alla piena protezione della privacy potrebbero avere grosse difficoltà a sopravvivere. (Furstenau et al. 2020)

Inoltre, molte piattaforme di social media utilizzano l'intelligenza artificiale per vietare o filtrare molti contenuti. Sta diventando un problema diffuso, non solo per i dipendenti anche quello legato alla privacy dei propri dati; non dimentichiamo quanto i sistemi che operano nel campo dell'Informazione possano essere vulnerabili. Questo è particolarmente vero quando si parla di sistemi informatici. La sicurezza informatica diventa una priorità soprattutto nel caso in cui le aziende scelgano soluzioni come i digital twins. Per le industrie intelligenti con sistemi interconnessi automatizzati, anche la sicurezza informatica è fondamentale, poiché chiunque riesca a entrare nel sistema può creare enormi danni all'azienda.

## **SOSTENIBILITA'**

L'ultimo aspetto che si vuole approfondire è quello ecologico. L'uso delle tecnologie dell'Industria 4.0 può aiutare l'ambiente (ad esempio, l'uso dei digital twins per la gestione dei cosiddetti e-waste o rifiuti elettronici: nella categoria rientrano tutti quei dispositivi come vecchi televisori, smartphone, computer, radio e molte altre apparecchiature dannose per l'ambiente ma i cui componenti sono ancora preziosi e riutilizzabili). Oggi, con la rapida crescita della popolazione e il conseguente aumento della domanda energetica, la scarsità di energia derivante da fonti fossili sta diventando un problema sempre più reale e preoccupante. Al contrario, l'utilizzo di fonti energetiche convenzionali come il carbone, il petrolio e il gas comporta inavvertitamente gravi problemi ambientali. Per ridurre il tasso di inquinamento e salvaguardare l'ambiente, le tecnologie rinnovabili assumono un ruolo di primo piano nell'approvvigionamento dell'energia. (Kenzhina, 2020)

L'industria 4.0 ha aperto la strada allo sviluppo di sistemi energetici modernizzati in grado di integrare un maggior numero di fonti a energia rinnovabile. (IBM, 2009) Le energie rinnovabili e l'efficienza energetica sono due pilastri della sostenibilità energetica e i fattori

chiave per il raggiungimento degli obiettivi internazionali di mitigazione del clima e di sviluppo sostenibile (Kenzhina, 2019).

I sistemi digitali monitorano e gestiscono in modo efficiente la generazione, la distribuzione e il consumo di diverse fonti energetiche disperse per coprire la domanda fluttuante degli utenti finali. Inoltre, consente la flessibilità necessaria per integrare le fonti rinnovabili nelle reti elettriche su vasta scala. Il concetto di cycle-economy aiuta tantissimo in questo. La CE si concentra sulla massimizzazione del circolo delle risorse e dell'energia all'interno dei sistemi produttivi, basandosi sul fatto che le risorse naturali sono scarse e che i rifiuti a fine vita possono conservare un certo valore (Ghisellini et al. 2016).

Tre sono i principi che regolano i cicli CE: la conservazione del capitale naturale, ovvero la creazione di un equilibrio di consumo tra risorse rinnovabili e non rinnovabili; l'aumento della durata di vita delle risorse attraverso i cicli biologici e tecnici, ovvero il potenziamento della circolarità delle risorse e dell'energia; e la riduzione degli effetti negativi dei sistemi produttivi (MacArthur et al. 2015).

Un recente approccio digitale volto a integrare ulteriormente lo sfruttamento di energia rinnovabile è lo sviluppo di centrali elettriche virtuali (VPP). (Kenzhina et al., 2019). Il VPP è definito come una singola centrale elettrica di grandi dimensioni che interconnette e controlla, attraverso una piattaforma informatica (o sistema in cloud), diversi generatori dispersi nell'area circostante. La motivazione principale dello sviluppo dei VPP è quella di affrontare in modo efficiente il problema del consumo variabile di energia, da parte dei consumatori, in concomitanza con l'incertezza nella quantità di energia generata negli impianti rinnovabili. I dati in tempo reale, relativi all'energia consumata dai clienti, possono essere utili per ottimizzare le risorse da energie rinnovabili. In questo modo, l'I4.0 può adattarsi rapidamente ai cambiamenti nel consumo energetico passando ad altri processi ad alta produzione energetica. Il rovescio della medaglia nell'utilizzo dell'intelligenza artificiale e della robotica però, è determinato inoltre dalla possibilità di ridurre di molto i costi di produzione nelle grandi industrie. Ciò può portare a una situazione di sovrapproduzione da parte di molti produttori e a una maggiore quantità di merce in eccedenza da inviare in discarica. Nel settore dell'abbigliamento e della moda, il concetto di disposal fashion, che si può tradurre in moda di smaltimento, ben noto e sostenuto da molti marchi di fast fashion, suggerisce ai consumatori, mossi dalle nuove tendenze, ad acquistare sempre più prodotti. Da un altro punto di vista il concetto di disposal fashion può essere visto come il miglioramento dell'efficienza produttiva e dell'automazione, che crea prodotti di abbigliamento a prezzi

molto bassi e inonda il mercato. Gli sprechi e gli smaltimenti che ne derivano sono però notevoli. (Furstenau 2020)

Bisognerà quindi utilizzare in modo consapevole e accurato questa enorme potenza tecnologica che abbiamo tra le mani, perché potenzialmente abbiamo tutte le carte in regola per poter produrre in modo totalmente sostenibile e rinnovabile già da questo momento, basterebbe solo cambiare mentalità.

## **CONCLUSIONE**

Le tecnologie sono una risorsa potentissima che permettono alle aziende di esplorare processi produttivi nemmeno mai pensati prima, Walsh e Strano (2018) affermano che la tecnologia può sostituire "lavori noiosi, sporchi e pericolosi". Tuttavia, inevitabilmente, questo cambiamento radicale, avvenuto in pochi anni e denominato Digital Transformation porta con sé incertezza e insicurezza nei lavoratori, che si sentono minacciati e succubi delle tecnologie che stanno inesorabilmente sostituendo i processi manuali. Nei lavori attuali, infatti, il ritmo è dettato dalla tecnologia (Parker, 2022) e i ruoli sono molto più impegnativi dal punto di vista cognitivo, poiché i compiti manuali e di routine sono automatizzati (Frey & Osborne, 2017). La presenza di feedback è continua e incessante; questi permettono al lavoratore di avere minore ambiguità di ruolo, ansia, assenteismo e stress; poiché egli sa ciò che ci si aspetta da lui (Humphrey, 2007). A livello personale, inoltre il feedback derivante dall'uso di dispositivi può migliorare l'apprendimento e la produttività individuale, mentre a volte può rivelarsi invasivo e poco trasparente; tali fattori spiegano perché i sistemi di monitoraggio elettronico spesso causano tensione psicologica (Aiello & Kolb, 1995). Quello che sembra fare la differenza tra una tecnologia utilizzata in modo corretto ed una tecnologia sfruttata e troppo invasiva è il work design; Sharon K. Parker insiste molto su questo punto affermando che: "un lavoro ben progettato dal punto di vista psicologico, come un lavoro che offre autonomia e varietà, migliora la motivazione, il rendimento, la salute e il benessere dei dipendenti". Devono quindi essere i manager a saper organizzare e allocare le giuste tecnologie ai giusti dipendenti, suddividendo i compiti in modo equo tra di essi.

La sostenibilità, infine, è un concetto molto importante che va di pari passo con la tecnologia nelle aziende, ad oggi essere green è una prerogativa essenziale non solo per i chiari fini ambientali e di sopravvivenza della specie, ma anche per essere competitivi nel mercato. Il concetto di cycle-economy si basa proprio sulla massimizzazione del circolo delle risorse e dell'energia all'interno dei sistemi produttivi, basandosi sul fatto che le risorse naturali sono scarse e che i rifiuti a fine vita possono conservare un certo valore (Ghisellini et al. 2016)

## **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

**Aiello, J. R., & Kolb, K. J. (1995).** Electronic performance monitoring and social context: Impact on productivity and stress. *Journal of Applied Psychology*, 80(3), 339-353.

**Akter, S., & Wamba, S. F. (2017).** Big data and disaster management: A systematic review and agenda for future research. *Annals of Operations Research*.

Susan J. **Ashford, L. L. Cuummins** , Proactive feedback seeking: The instrumental use of the information environment, 1985

**Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010).** The internet of things: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.

**Bainbridge, L. (1983).** Ironies of automation. In G. Johanssen & J. E. Rijnisdorp (Eds.), *Analysis, design and evaluation of man–machine systems* (pp. 129-135): Pergamon Press.

**Bienhaus F., Haddud A.** Procurement 4.0: factors influencing the digitisation of procurement and supply chains, 2018 *Business Process Management Journal*

**Cherns A (1987)** Principles of sociotechnical design revisited. *Human relations* 40(3) 153-161.

**Choi T.-M., Kumar S., Yue X., Chan H.-L.** Disruptive Technologies and Operations Management in the Industry 4.0 Era and Beyond 2022 *Production and Operations Management*

**Da Xu, L., He, W., & Li, S. (2014).** Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on industrial informatics*, 10(4), 2233–2243.

**Daniela M. Andrei & Sharon K. Parker, 2018,** *Work Design for Performance: Expanding the Criterion Domain*

**Oliver Daviesa, Abhishek Makkattila (2021)** *A Digital Twin Design for Maintenance Optimization*

**Dellot, B., & Wallace-Stephens, F. (2017).** The Age of Automation: Artificial intelligence, robotics and the future of low-skilled work.

- Delbridge, R.** (2005). Workers under lean manufacturing. In D. Holman, T. D. Wall, C. W. Clegg, P. Sparrow, & A. Howard (Eds.), *The essentials of the new workplace: A guide to the human impact of modern working practices* (pp. 15-32).
- Du, S., Tang, W., Zhao, J., & Nie, T.** (2016). Sell to whom? Firm's green production in competition facing market segmentation. *Annals of Operations Research*, 1–30
- Fisher, G. G., Stachowski, A., Infurna, F. J., Faul, J. D., Grosch, J., & Tetrick, L. E.** (2014). Mental work demands, retirement, and longitudinal trajectories of cognitive functioning. *Journal of Occupational Health Psychology*, 19(2), 231-242.
- Forrest, C.** 2017. Robot Kills Worker on Assembly Line, Raising Concerns About Human–Robot Collaboration.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A.** (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280
- L. B. Furstenau et al.,** "Link Between Sustainability and Industry 4.0: Trends, Challenges and New Perspectives," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 140079-140096, 2020
- Holman, D. J., & Wall, T. D.** (2002). Work characteristics, learning-related outcomes, and strain: A test of competing direct effects, mediated, and moderated models. *Journal of Occupational Health Psychology*, 7(4), 283-301.
- Geva, T., M. Saar-Tsechansky.** 2021. Who is a better decision maker? Data-driven expert ranking under unobserved quality. *Production and Operation Management*)
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S.** (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32.
- Glaessgen EH, Stargel DS.** The digital twin paradigm for future NASA and U.S. Air force vehicles. 2012
- Griffin, M. A., Neal, A., & Parker, S. K.** (2007). A new model of work role performance: Positive behaviour in uncertain and interdependent contexts. *Academy of Management Journal*, 50, 327–347.
- Holmström, J., Holweg, M., Khajavi, S. H., & Partanen, J.** (2016). The direct digital manufacturing (r) evolution: Definition of a research agenda. *Operations Management Research*, 9(1–2), 1–10

**Humphrey, S. E., Nahrgang, J. D., & Morgeson, F. P. (2007).** Integrating motivational, social, and contextual work design features: a meta-analytic summary and theoretical extension of the work design literature. *Journal of applied psychology*, 92(5), 1332-1356.

**IBM (2009),** “The smarter supply chain of the future”

**Jabbour A.B., Jabbour C.J.C., Godinho Filho M., Roubaud D.** Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations 2018 *Annals of Operations Research*

**Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., et al. (2016).** Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1), 111–128.

**Kenzhina, I. Kalysh, I. Ukaegbu and S. K. Nunna,** "Virtual Power Plant in Industry 4.0: The Strategic Planning of Emerging Virtual Power Plant in Kazakhstan," 2019 21st International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT), 2019, pp. 600-605

**Klonek, F., & Parker, S. K. (2021).** Designing SMART teamwork: How work design can boost performance in virtual teams. *Organizational Dynamics*, 50(1), 100841. 2022

**Li, L., Chi, T., Hao, T., & Yu, T. (2016).** Customer demand analysis of the electronic commerce supply chain using Big Data. *Annals of Operations Research*, 1–16.

**Lu, D., Ding, Y., Asian, S. et al.** From Supply Chain Integration to Operational Performance: The Moderating Effect of Market Uncertainty

Sunil **Luthra**, Anil Kumar, Edmundas Kazimieras Zavadskas, Sachin Kumar Mangla & Jose Arturo Garza-Reyes (2020) Industry 4.0 as an enabler of sustainability diffusion in supply chain: an analysis of influential strength of drivers in an emerging economy, *International Journal of Production Research*, 58:5, 1505-1521

**MacArthur, D. E., Zumwinkel, K., & Stuchtey, M. R. (2015).** Growth within: A circular economy vision for a competitive Europe. Report of Ellen MacArthur Foundation

Ernesto **Mastrocinque**, F. Javier Ramírez, Andrés Honrubia-Escribano, Duc T. Pham, Industry 4.0 enabling sustainable supply chain development in the renewable energy sector: A multi-criteria intelligent approach, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 182, 2022



**McKinsey & Company.** 2017. Smartening Up with Artificial Intelligence (AI)—What’s in It For Germany and Its Industrial Sector?

**MCCAIN, K.W.,** 1990. Mapping authors in intellectual space: A technical overview. *Journal of the American Society for Information Science*, 41(6), pp. 433-443.

**Parker SK and Sprigg CA** (1999) Minimizing strain and maximizing learning: the role of job demands job control and proactive personality. *Journal of Applied Psychology* 84(6) 925-939

**Parker, S. K.** (2003). Longitudinal effects of lean production on employee outcomes and the mediating role of work characteristics. *Journal of applied psychology*, 8(4), 620-634.

**Parker, S. K.** (2014). Beyond Motivation: Job and Work Design for Development, Health, Ambidexterity, and More. *Annual Review of Psychology*, 65(1), 661-691.

**Parker, S. K., Andrei, D. M., & Van den Broeck, A.** (2019). Poor Work Design Begets Poor Work Design: Capacity and Willingness Antecedents of Individual Work Design Behavior. *Journal of applied psychology*

**Parker, S.K. and Grote, G.** (2020), Automation, Algorithms, and Beyond: Why Work Design Matters More Than Ever in a Digital World. *Applied Psychology*,

**Parker, S. K., Morgeson, F. P., & Johns, G.** (2017). One hundred years of work design research: Looking back and looking forward. *Journal of applied psychology*, 102(3), 403.

**Parker, S. K., Van den Broeck, A., & Holman, D.** (2017). Work design influences: A synthesis of multi-level factors that affect the design of jobs. *Academy of Management Annals*, 11(1), 267-308.

**Ravid, Tomczak** EPM 20/20: A Review, Framework, and Research Agenda for Electronic Performance Monitoring, *Journal of Management*, 2020

**Schaubroeck, J., Ganster, D. C., & Kemmerer, B. E.** (1994). Job complexity, “Type A” behavior, and cardiovascular disorder: A prospective study. *Academy of Management Journal*, 37(2), 426- 439.

**Tangermann, V.** 2019. Amazon Used an AI to Automatically Fire Low-Productivity Workers.

**Vial, G.** (2019). Understanding Digital Transformation: A Review and a Research Agenda, *The Journal of Strategic Information Systems*

**Wang, L.,** Törngren, M., & Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 37(2), 517–527.

**Walsh, S. M.,** & Strano, M. S. (2018). *Robotic Systems and Autonomous Platforms: Advances in Materials and Manufacturing*. Duxford, United Kingdom: Woodhead Publishing.

**Witkowski, K.** (2017). Internet of things, big data, Industry 4.0: Innovative solutions in logistics and supply chains management. *Procedia Engineering*, 182, 763–769.

**Wu C., Ying Wang, William H. Mobley,** (2012), "Understanding Leaders' Proactivity from a Goal-Process “2012 View and with Multisource Ratings”

**Xavier Parent-Rochelleau, Sharon K. Parker,** Algorithms as work designers: How algorithmic management influences the design of jobs, *Human Resource Management Review*, Volume 32, Issue 3, 2022

**Yu, C., Xu, X., & Lu, Y.** (2015). Computer-integrated manufacturing, cyber-physical systems and cloud manufacturing: Concepts and relationships. *Manufacturing Letters*, 6, 5–9.

**Zhan, Y., Tan, K. H., Li, Y., & Tse, Y. K.** (2016). Unlocking the power of big data in new product development. *Annals of Operations Research*, 1–19.

**Zuboff, S.** (1988). *In the age of the smart machine: The future of work and power*.