STATI GENERALI DELLA MECCATRONICA
2025

POSITION PAPER

IL FUTURO DELLA MECCATRONICA: L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE E L'IMPORTANZA STRATEGICA DEL DATO

CONFINDUSTRIA
Bergamo

INTELLIMECH®
CONSORZIO PER LA MECCATRONICA

STATI GENERALI DELLA MECCATRONICA **2025**

> ***Internet: non dà informazione, dà soltanto dati.***
>
> Federico Faggin

CONFINDUSTRIA
Bergamo

INTELLIMECH®
CONSORZIO PER LA MECCATRONICA

/Administration
/Human Resources
/Legal
/Accounting
/Finance
/Marketing
/Publicity
/Promotion
/Research
/Business
/Development
/Engineering
/Manufacturing
/Planning

Indice

1. Introduzione **6**

2. Meccatronica: contesto nazionale **10**

3. La centralità del dato: paradigma e percorso **12**

4. Intelligenza Artificiale e meccatronica **15**

4.1 Applicazioni 18

4.2 Barriere 21

4.3 Fattori di successo 23

5. Conclusioni **25**

Appendice

Nota di introduzione all'Intelligenza Artificiale **27**

Definizione di sistema di Intelligenza Artificiale **27**

Indice delle figure **28**

Bibliografia **29**

1. Introduzione

La meccatronica, intesa come disciplina che integra la meccanica, l'elettronica e l'informatica, **si è affermata come uno dei pilastri fondamentali per l'automazione industriale e l'innovazione tecnologica**, caratterizzando, di fatto, la quarta rivoluzione industriale. Nata dalla necessità di coniugare la progettazione elettromeccanica con l'esigenza di migliorare precisione, efficienza e versatilità dei sistemi produttivi, questa disciplina ha reso possibile l'evoluzione di macchine e apparecchiature intelligenti, capaci di adattarsi dinamicamente e interagire con l'ambiente circostante.

Grazie a una crescente interdisciplinarità, la meccatronica ha aperto la strada a nuovi orizzonti di automazione complessa, con applicazioni in molteplici settori produttivi. Questo processo evolutivo è stato reso possibile dall'utilizzo di sensori avanzati, attuatori e dispositivi interconnessi, che alimentano una costante generazione e raccolta di dati. Essi rappresentano una risorsa strategica, fondamentale per l'ottimizzazione delle performance di sistemi complessi e per il miglioramento dei processi decisionali, non solo in ambito industriale, ma anche a livello di impresa.

In questo scenario, estendendo l'orizzonte oltre le applicazioni industriali, emerge come la **centralità del dato** sia divenuto un concetto cardine la cui comprensione può generare impatti significati sul benessere e sulla crescita della collettività.

Recentemente, il volume e la velocità di generazione dei dati provenienti da prodotti e apparecchiature connesse ha raggiunto tassi di crescita importanti, in termini di quantità e valore. Molti beni e servizi sono basati sui dati, la cui continua proliferazione porterà, secondo stime della Commissione Europea, a quintuplicarne il volume globale, raggiungendo, nel 2025, 175 zettabyte[1] a fronte dei 33 zettabyte registrati nel 2018; correlato a ciò, a livello più qualitativo, le previsioni indicano come il valore dell'economia dei dati nell'UE27 raggiugerà, sempre entro il 2025, la cifra di 829 miliardi di euro con 10,9 milioni di professionisti, più del doppio rispetto al 2018.

Ne consegue che la sfida consisterà nell'**estrarre valore** da una risorsa che altro non è che materia prima, grezza, la cui funzione è essere trasformata per generare informazioni e conoscenze che, a loro volta, saranno in grado di influenzare decisioni, strategie e opportunità di business.

Pertanto, un approccio centrato sui dati rappresenta, in modo trasversale, dalle smart cities alla pubblica amministrazione fino all'industria, la chiave di volta per costruire una società competitiva e sostenibile.

La Commissione Europea indica come l'80% dei dati industriali rimane non utilizzato, rappresentando, di fatto, un notevole spreco di potenziale. In questo contesto, il dato è un asset che, se accuratamente raccolto, validato, archiviato, utilizzato e mantenuto crea efficienza e profitto. Le imprese che investono nell'innovazione trainata dai dati, infatti, registrano una crescita di produttività più rapida del 5% - 10% rispetto alle controparti che non lo fanno **[1]**.

[1] 1 zettabyte è pari a $1x10^{12}$ gigabyte

Non ultimo, **il dato è l'abilitatore del potenziale offerto dai sistemi di Intelligenza Artificiale**, non soltanto generativa. Per addestrare i modelli, infatti, l'Intelligenza Artificiale, in quanto combinazione di dati, algoritmi e potenza di calcolo, non può prescindere da un dato di qualità **[2]**.

Sebbene fonte di dibattito, legato alla capacità di generare a medio e lungo termine un valore economico significativo rispetto ai costi da sostenere **[3]**, l'Intelligenza Artificiale e le relative applicazioni rappresentano, in ambito industriale, una leva che, se ponderatamente pianificata, introdotta e gestita, porta ad un vantaggio competitivo.

A rafforzare tale affermazione, il recente Rapporto Draghi (2024) evidenzia come, se da un lato a livello complessivo le imprese EU non siano state in grado di cogliere tutti i benefici della digitalizzazione, dall'altro l'**Intelligenza Artificiale potrebbe rappresentare uno strumento per rilanciare il potenziale del continente**, integrandosi nei settori chiave dell'economia, come il farmaceutico, l'automotive, l'energia e i trasporti. Esempi di attività riguardano la progettazione avanzata, la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione delle catene di fornitura **[4]**.

Affinché ciò avvenga, tuttavia, sono necessari **modelli organizzativi e competenze imprescindibili dalla gestione del dato**; questi aspetti sono, ad oggi, tra le barriere all'implementazione dell'Intelligenza Artificiale, in particolare per le PMI.

Nello scenario descritto, la meccatronica è ad una svolta. Essa è un connubio di tecnologie hardware e software basate su processi complessi, per la quale disporre della possibilità di trarre informazioni dalla correlazione di dati, sia strutturati sia non strutturati, è fonte di vantaggio competitivo e prestazionale.

Ancora più importante, **la meccatronica è strategica e trasversale** per il manifatturiero. Fornisce, infatti, con strumenti necessari alla produzione i settori tecnologicamente avanzati come, tra gli altri, l'automotive, l'aerospazio, il medicale, l'alimentare, il machinery, la logistica e il packaging. Non solo, un sistema meccatronico, inteso come la meccanica potenziata con l'elettronica, la pneumatica e l'informatica, contempla innovazione di frontiera, fattore umano, competenza, prontezza, creatività, personalizzazione; tratti che posizionano il settore al centro della **transizione verso il manifatturiero ad elevato valore aggiunto**, incidendo su produttività, occupazione e sviluppo.

La meccatronica ha una ricaduta diretta sui comparti industriali che generano e utilizzano una quantità significativa di dati (es. automotive, aerospazio). Il dato, pertanto, rappresenta una risorsa primaria il cui ciclo di generazione, raccolta, archiviazione e utilizzo deve essere considerato in maniera olistica e sinergica tra Original Equipment Manufacturer (OEM), fornitori di tecnologie e utenti finali. Così facendo, si genera vantaggio competitivo win-win ed esternalità: a titolo esemplificativo, ma non esaustivo, le aziende OEM e i fornitori di tecnologie possono beneficiare di informazioni per sviluppare nuovi business legati ai servizi (es. pay-per-use, vendita di capacità produttiva, manutenzione, virtual-commissioning, assistenza remota e post-vendita) e migliorare le performance dell'impianto, del prodotto e del business stesso.

In tutto ciò, la meccatronica data centrica, in sinergia con i sistemi di Intelligenza Artificiale, può conseguire un volano di produttività, cost-saving e riduzione dei tempi di commissioning. L'approccio può essere concepito a livello di prodotto, fabbrica e catena del valore, con impatti ampi, dalla progettazione all'assistenza post-vendita.

L'Intelligenza Artificiale può, ad esempio, accelerare la concezione di nuovi prodotti, servizi e prodotti / servizi, incidere sulle scorte e l'inventario con strumenti sofisticati di previsione della domanda, supportare il controllo qualità aumentando la probabilità di rilevare difetti mediante sistemi di visione basati su algoritmi di classificazione avanzati, ampliare, nella fase di assemblaggio, i benefici della robotica collaborativa rendendola più flessibile e human-centered, stimare la vita residua di macchine e sistemi ed allungarla con una manutenzione che anticipi guasti e malfunzionamenti.
Quanto descritto è imprescindibile dal dato; l'Intelligenza Artificiale può apprendere, migliorare e fornire soluzioni solo se alimentata con dati di qualità. Tale affermazione infonde una riflessione in merito alla prontezza delle imprese meccatroniche, in quanto, alla luce delle previsioni di McKinsey, entro il 2025 (oggi), **dati e analisi saranno al centro delle decisioni aziendali** e soltanto le realtà che riusciranno a sfruttare al meglio i dati avranno un vantaggio competitivo importante **[5]**.

> ***Il presente documento, pertanto, sostiene la centralità del dato, quale elemento abilitante all'introduzione di soluzioni di Intelligenza Artificiale, strumento cardine per il futuro della meccatronica vista la rilevanza del settore per il comparto industriale nazionale in generale e di alcuni territori in particolare.***

Coerentemente con quanto esposto, si delinea la necessità di intraprendere un percorso finalizzato in primis alla creazione di **consapevolezza del dato** come risorsa centrale e strategica per le aziende a supporto delle decisioni aziendali: da quelle operative sino a quelle direzionali. Tutto ciò, deve necessariamente considerare lo stato di maturità e l'approccio attuale dell'azienda, in ottica prospettica ed evolutiva.

Quanto evidenziato, infine, è al centro della Strategia Europea per i Dati. Lanciata nel 2020, lo scopo è regolamentare l'accesso ai dati, facilitarne la condivisione e il rispetto della privacy creando, al contempo, spazi comuni per facilitarne la fruizione e il riutilizzo in settori chiave, come la salute, l'agricoltura, la pubblica amministrazione, l'energia, la mobilità e, ovviamente, il manifatturiero.

Al centro della Strategia Europea per i Dati vi sono due regolamenti: il **Data Governance Act** (2022), il cui scopo è normare i processi e le strutture per facilitare la condivisione dei dati, e il **Data Act** (2024) che pone l'accento sui dati generati dall'uso di prodotti connessi come, tra gli altri, i macchinari e i beni strumentali. Nel 2024, inoltre, è ufficialmente entrato in vigore il Regolamento Europeo sull'Intelligenza Artificiale noto come **AI Act**, per disciplinare l'uso delle applicazioni che contemplano l'Intelligenza Artificiale **[6;7]**.

Da quanto descritto, emerge chiaramente come la trasformazione in atto non sia solo un cambiamento tecnologico, ma un processo evolutivo destinato a ridisegnare in modo profondo le attività e i processi aziendali. Con il giusto approccio, questa transizione consentirà alle aziende di cogliere nuove opportunità, adattandosi alle sfide future e consolidando la propria posizione nel mercato globale.

2. Meccatronica: contesto nazionale

I dati ISTAT di settore[2] più recenti (2022) evidenziano quasi 82.000 imprese, di cui il 46% società di capitale, con 1,2 milioni di addetti e un fatturato di 366 miliardi di euro (+9,5% rispetto al 2021), di cui circa il 60% generato dall'export, cresciuto del 24% nel periodo 2019-2023.

Questi numeri sostengono la **centralità della meccatronica per l'economia e il comparto industriale nazionale**. Tutto ciò richiede una particolare attenzione, soprattutto alla luce della perdita di competitività del 2023 segnalata da Federmeccanica[3]. Il comparto metalmeccanico-meccatronico ha registrato, infatti, rispetto ai principali concorrenti europei, una stagnazione della produzione, un peggioramento delle esportazioni e una crescente incertezza occupazionale e finanziaria. A ciò si aggiunge, secondo ulteriori dati nazionali, un calo della domanda di robot in Italia.

Questa situazione riflette in parte una congiuntura sfavorevole che sta colpendo i settori utilizzatori, in primis l'automotive, e che di riflesso si traduce sull'ambito della meccatronica.

Per la ripresa, il comparto metalmeccanico-meccatronico rappresenta il perno della twin transition e delle direttrici manifatturiere a medio e lungo termine. Grazie all'integrazione di hardware, software, soluzioni Internet of Things e sistemi cyber-fisici, esso contribuisce in modo significativo al monitoraggio e alla gestione in tempo reale dei processi e dei consumi energetici.

In tale senso, il ruolo della meccatronica è cardine perché al centro di tendenze che sono dettate dal mercato[4], dal progresso tecnologico, e dall'emergere di nuove competenze e fabbisogni professionali di cui l'ambito è promotore, sia in termini di sviluppo che di adozione.

> ***Le aziende meccatroniche, inoltre, sono inserite in catene del valore internazionali e pertanto stimolate dai capi-filiera ad agire in anticipo rispetto alla domanda e alle normative, traducendo il tutto in un circolo virtuoso che vede al centro l'innovazione di prodotto, di processo e organizzativa.***

[2] I dati si riferiscono ai codici ATECO 26-27-28-29 (a esclusione del 29.2)-30-32.5-33 (a esclusione del 33.11 e 33.19). Elaborazione Ufficio Studi Confindustria Bergamo.

[3] Federmeccanica (2023). 167° Indagine Congiunturale

[4] A titolo esemplificativo si menziona l'automotive, con la richiesta di veicoli elettrici e autonomi, l'aerospazio, sempre più orientato alla sostenibilità e alla manutenzione predittiva e il machinery, con la richiesta di macchinari flessibili e modulari per la produzione personalizzata.

A tale riguardo, la Roadmap per la Ricerca e l'Innovazione del Cluster Tecnologico Nazionale Fabbrica Intelligente (2023), traccia **importanti linee strategiche e priorità di ricerca e innovazione di cui la meccatronica è chiave di volta per un manifatturiero più competitivo**: *sostenibilità industriale*, perseguibile con l'adozione di modelli e tecnologie che abilitano l'economia circolare, il ri-uso, il disassemblaggio, avendo come fattore abilitante la digitalizzazione; *produzione personalizzata e produzione evolutiva e resiliente*, conseguibile con soluzioni modulari e impianti flessibili e riconfigurabili; *alta efficienza e produzione a zero difetti*, indirizzabile con l'uso, ad esempio, di strumenti di machine learning e visione artificiale per il controllo qualità in tempo reale; *processi produttivi innovativi*, raggiungibile con l'introduzione di tecnologie avanzate come la manifattura additiva e i sistemi di lavorazione ibridi, l'integrazione della robotica nei processi tradizionali e lo sviluppo di soluzioni ad-hoc e tailor-made per rendere fattibile, tra le altre attività, la realizzazione di componenti complessi; *valorizzazione delle persone*, riconducibile all'individuazione di figure professionali emergenti e al determinarsi dell'evolversi delle competenze di cui, trasversalmente, la meccatronica, agendo in settori con elevato valore aggiunto per addetto, è trainante. Non ultimo, le *piattaforme digitali* per il monitoraggio, il controllo e la gestione dell'avanzamento della produzione lungo tutta la catena del valore, dove sono necessari dispositivi modulari, supportati dai dati, per controllare gli asset produttivi ed indirizzare le decisioni operative, di configurazione e manutenzione, il tutto integrando aspetti di cybersicurezza e di Intelligenza Artificiale **[8]**.

Federmeccanica, inoltre, nel dossier "Il futuro della meccatronica in Italia" (2024), pone l'accento su quattro elementi tra loro interconnessi (qualità, servizio al cliente, flessibilità produttiva e personalizzazione) che delineano la proposta competitiva per il futuro del settore. Essi, riassuntivi di quanto già menzionato, evidenziano la **necessità di differenziarsi** per evitare competizioni basate sul prezzo e acquisire vantaggio sostenibile, sia per le aziende che operano in nicchie sia per quelle più orientate ai volumi. Non solo, Federmeccanica sottolinea un concetto rilevante: l'importanza di **sviluppare una visione di medio-lungo periodo** per adeguare l'azienda ai mutevoli scenari futuri. Ciò, deve essere trasversale ed indipendente sia dai mercati di riferimento sia dalle specificità della singola azienda e deve contemplare aspetti quali **la sostenibilità ambientale e sociale, l'organizzazione produttiva e l'innovazione di prodotto e di processo [9]**.

Va evidenziato, in particolare, come la **personalizzazione di prodotto o di servizio** risulti essere l'elemento preponderante per la competitività attuale e prospettica delle aziende meccatroniche. Questo aspetto si fonda su diversi fattori abilitanti, che includono integrazione tecnologica, aspetti organizzativi, ad es. modularità nei processi, relazionali, ad es. approcci di Open Innovation, e interazione con il mercato.

Da ciò emerge l'importanza di adottare una strategia che ponga i dati al centro, integrandoli per migliorare l'efficienza operativa e aumentare la probabilità di rendere le organizzazioni più redditizie e sostenibili nel lungo termine.

3. La centralità del dato: paradigma e percorso

Il valore del dato a supporto delle decisioni aziendali non è una novità nel panorama aziendale. McKinsey, già nel 2019, riportava come **il successo di un'impresa fosse legato alla capacità di utilizzare i dati per trainare le decisioni aziendali**; inoltre, la medesima fonte poneva l'accento sulla cultura del dato come abilitatore di decisioni informate per **rendere le aziende più reattive, incrementare la produttività e la soddisfazione del cliente [10]**.

Non solo, nel 2021, il World Economic Forum evidenziava come fosse importante creare economie trainate dai dati e come essi potessero essere utilizzati per migliorare il benessere della società. Il medesimo documento illustrava, inoltre, come il 90% dei dati a livello globale fosse stato generato nei due anni precedenti e come essi fossero, di fatto, rimasti privi di utilizzo per l'assenza di regole e strumenti idonei per la loro gestione e condivisione **[11]**.

In tutto ciò, la quarta rivoluzione industriale, con i macchinari connessi e la sensoristica avanzata, ha rappresentato un volano per la proliferazione del volume e della frequenza dei dati. Purtroppo, la maggior parte delle imprese italiane ha mostrato un **approccio limitato**, rimanendo perlopiù attratta dall'incentivo fiscale come strumento per acquistare nuovi macchinari. Di fatto, **è stato sottovalutato il valore strategico che costituiva l'essenza di Industria 4.0**: l'utilizzo prospettico dei dati, abilitato dall'interconnessione, per generare informazioni oggettive atte a supportare il processo decisionale **[12]**.

La mancanza di visione strategica descritta è oggi amplificata dalla maturità raggiunta dall'Intelligenza Artificiale.

> ***Un approccio ancora poco evoluto nell'uso strategico dei dati riduce, infatti, la capacità delle aziende di adottare tempestivamente le soluzioni di Intelligenza Artificiale.***

Diventa quindi essenziale strutturare un percorso che conduca le imprese meccatroniche verso una piena consapevolezza del valore e del potenziale racchiuso nei dati con l'obiettivo di sviluppare una vera e propria "cultura" del dato, capace di farlo riconoscere come parte strategica del patrimonio aziendale.

Tuttavia, **affinché un'azienda possa essere definita "data centrica", è necessario che tutte le funzioni aziendali sviluppino una consapevolezza orientata alla raccolta, validazione, archiviazione e condivisione dei dati** affinché possano essere davvero percepiti come risorse cruciali per ottimizzare prodotti e processi, contribuendo al miglioramento complessivo dell'efficienza e della competitività aziendale.

Il percorso auspicato implica la necessità di porsi domande mirate a fare chiarezza in merito all'applicazione dei dati in coerenza con gli obiettivi strategici. È necessario, inoltre, considerare che non tutte le funzioni aziendali sono ugualmente pronte o capaci di trarre vantaggio dai dati nel breve-medio periodo. Per questo motivo, **le aziende manifatturiere, e in particolare le PMI, devono sviluppare un approccio al dato che consenta la valorizzazione dello stesso come strumento fondamentale a supporto delle decisioni aziendali**, creando così le basi per l'introduzione di soluzioni basate sull'Intelligenza Artificiale. Ciò richiede anche un investimento **nella formazione per acquisire competenze avanzate**, indispensabili per garantire un vantaggio competitivo in contesti altamente dinamici.

Alcuni studi evidenziano che nel contesto attuale le aziende più avanzate dovranno possedere caratteristiche quali, tra le altre, la capacità di raccogliere, validare, elaborare e distribuire i dati in real-time, nonché disporre di architetture flessibili in grado di integrare e rendere interoperabili i dati provenienti da fonti diverse e in formati variabili, così da poterli utilizzare in ogni decisione e processo aziendale. Investire in una "cultura del dato", che renda i dati rapidamente disponibili e facilmente utilizzabili, consente di prendere decisioni basate su informazioni affidabili, generando così benefici tangibili.

Diverse sono le possibilità, oltre all'introduzione di sistemi di Intelligenza Artificiale, che è possibile indirizzare attraverso un utilizzo consapevole dei dati. Bain & Company (2024), ad esempio, pone l'accento sulla possibilità di abilitare un approccio al Product Lifecycle Management (PLM) di tipo "Closed Loop", così da utilizzare i dati, raccolti real-time durante ciascuna dalle fasi del ciclo di vita del prodotto, per ridurre il time-to market e i costi nonché per affrontare le richieste riguardanti qualità e personalizzazione. Tramite una struttura organizzativa centrata sul "prodotto" e continuamente "alimentata" dai dati, infatti, è possibile razionalizzare i costi (es. migliorando la gestione della BOM) e integrare dati provenienti da più fonti così da anticipare le esigenze del mercato e reagire in maniera reattiva alle richieste dei clienti **[13]**.

Una ulteriore sfida, che può essere indirizzata con una logica "data-centrica", risiede, inoltre, nella possibilità di creare **organizzazioni più antifragili**, ovvero in grado di cogliere nuove opportunità e rispondere tempestivamente ai cambiamenti, migliorando le performance aziendali **[14]**.

> ***L'elemento differenziante sarà la presenza di un modello organizzativo orientato a considerare i dati come "prodotto" ovvero percepiti come proprietari di un valore intrinseco.***

Ciò implica la presenza di funzioni dedicate alla gestione dei dati per garantirne la qualità, l'ottimizzazione, l'aggiornamento, la sicurezza e la migliore fruizione da parte delle diverse funzioni aziendali.

In questo contesto emergono quindi, chiaramente, due aspetti fondamentali: **una governance in grado di garantire l'allineamento con gli obiettivi aziendali e un modello organizzativo flessibile e trasversale** che possa favorire la collaborazione e la condivisione dei dati in ottica multidisciplinare e interfunzionale.

Sarà cruciale considerare, in ottica futura, la **possibilità di accedere e creare "ecosistemi" e "filiere" di dati mediante la condivisione interaziendali e intraziendali tramite piattaforme dedicate**.

Questo approccio faciliterebbe non solo la raccolta e l'elaborazione delle informazioni, ma permetterebbe anche di distribuire la capacità computazionale. Evidentemente, tutto questo implica la volontà, per le realtà della meccatronica, di investire in piattaforme comuni, magari su stimolo dei capo-filiera, nonché di sviluppare accordi adeguati alla condivisione dei dati.

4. Intelligenza Artificiale e meccatronica

È ormai noto come l'Intelligenza Artificiale si stia affermando come una delle principali opportunità per le imprese, prospettando impatti significativi nei modelli di business e offrendo la possibilità per ottimizzare i processi e migliorare le prestazioni dei prodotti.

In particolare, a supporto di ciò, si evidenzia, a titolo esplicativo, come **il mercato dell'Intelligenza Artificiale per il settore dei macchinari e della meccatronica** sia di recente affermazione e come esso **abbia importanti prospettive in termini di valore di mercato**. Nello specifico, le previsioni riportate suggeriscono come la componente del valore di mercato imputabile alla parte "software e servizi" sarà sempre più preponderante rispetto a quella hardware (Figura 1) **[15]**.

VALORE DI MERCATO A LIVELLO GLOBALE DELL'IA NEL SETTORE DEI MACCHINARI

CAGR (2023-2033): 32,5%

(miliardi di $)

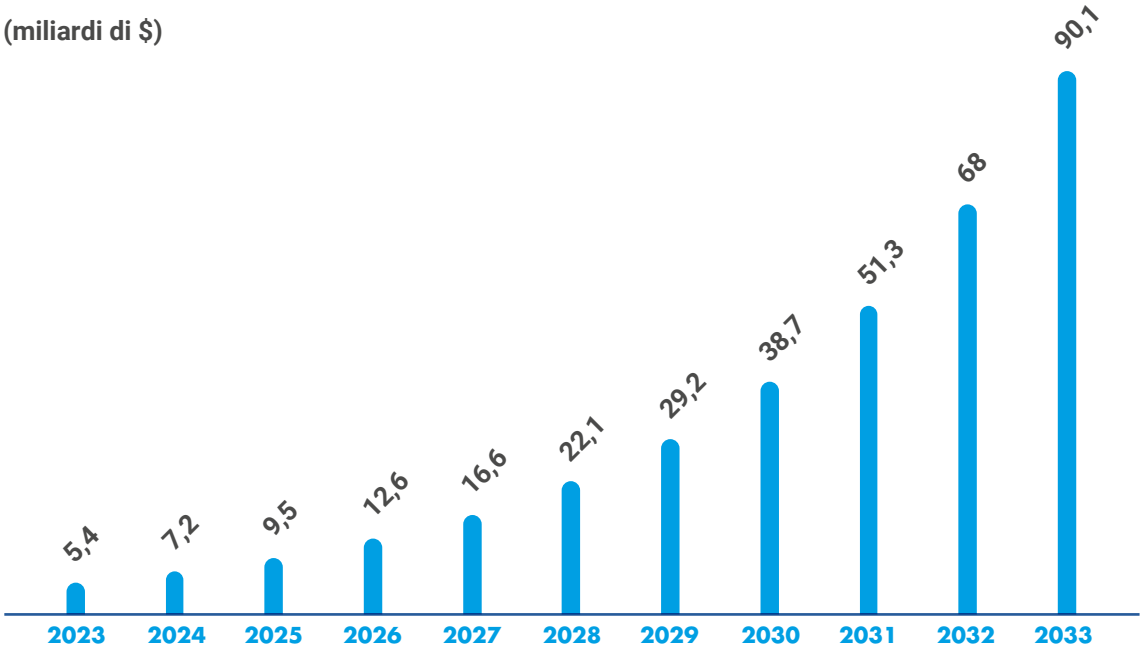

Figura 1: Previsioni 2023-2033 del mercato globale dell'IA nel settore dei macchinari/meccatronica (elaborazione propria basata su fonte Market.us, documento "AI in Industrial Machinery Market: Enhancing Productivity with AI-driven Machinery", 2024, in bibliografia)

Ma in cosa, l'Intelligenza Artificiale si differenzia concretamente e sul piano dell'applicazione industriale nella risoluzione di un problema, rispetto alle soluzioni basate su algoritmi "tradizionali"? La differenza fondamentale risiede nel diverso approccio con cui un algoritmo "tradizionale" e l'Intelligenza Artificiale analizzano i dati. Il primo, elabora le informazioni seguendo una serie di istruzioni predefinite dall'utente, che sono basate su una conoscenza del sistema già acquisita. **L'Intelligenza Artificiale**, invece, **utilizza metodi basati sull'inferenza induttiva**, servendosi di algoritmi statistici e probabilistici per individuare modelli o correlazioni sottostanti, senza richiedere che queste siano note a priori.

Tuttavia, il punto cruciale non è unicamente nel tipo di algoritmi impiegati (statistici e probabilistici rispetto a quelli deterministici), quanto nella capacità dell'Intelligenza Artificiale di generare **risposte dinamicamente diverse** a una stessa domanda, adattandole sia ai nuovi dati analizzati sia alle precedenti elaborazioni. Gli algoritmi di Intelligenza Artificiale, infatti, sono in grado di "auto apprendere" dai dati; ciò consente un impiego per attività che contemplano una predizione.

Questo approccio di "apprendimento", caratteristico del "Machine Learning", se da un lato offre una maggiore adattabilità a contesti dinamici e complessi, dall'altro può introdurre **sfide interpretative**. La potente capacità dell'Intelligenza Artificiale di individuare correlazioni e schemi complessi, spesso non rilevabili con analisi tradizionali, può talvolta portare a risultati controintuitivi o inattesi, evidenziando la necessità di un controllo umano per verificare l'affidabilità stessa dei risultati.

In coerenza con questa precisazione, quali sono i motivi che potrebbero indurre l'adozione di soluzioni di Intelligenza Artificiale nel contesto industriale e specificatamente nella meccatronica?

Tendenzialmente, gli ambiti potrebbero essere tre, tra loro interconnessi: **analisi**, **ottimizzazione** e **generazione**. Nel primo caso, l'Intelligenza Artificiale estrapola "insights" dai dati per restituire informazioni in merito al prodotto/macchinario/impianto, fornendo indicazioni all'utilizzatore su come sfruttare al meglio il bene; nel secondo, l'Intelligenza Artificiale, apprendendo dai dati e auto-regolandosi può supportare la gestione delle prestazioni dei macchinari/impianti e, più in generale, dei processi industriali, ad esempio adattando la velocità di produzione per ridurre le difettosità e consumi energetici; infine, nel terzo caso, l'Intelligenza Artificiale può consentire la creazione di nuovi output, come la progettazione di un prodotto non ancora esistente o la redazione di manuali tecnici.

> ***Tutto ciò, sfruttando la caratteristica di "self-learning" degli algoritmi di Intelligenza Artificiale, si traduce nella configurazione di tre principali scenari d'uso in ambito produttivo: l'evoluzione dei macchinari e robot da programmati ad auto-apprendenti, il passaggio da un approccio "preventivo" ad uno "predittivo" e la transizione da una produzione statica ad una adattiva.***

In quest'ultima situazione, l'Intelligenza Artificiale potrebbe supportare l'automazione industriale migliorando la capacità dei robot nello svolgere compiti complessi nonché di adattarsi ad ambienti non strutturati. Grazie a metodologie avanzate come il Machine Learning, i robot saranno in grado di apprendere e ottimizzare le loro performance in tempo reale, garantendo una maggiore efficienza produttiva e riducendo al minimo gli errori. Inoltre, l'integrazione con tecnologie IoT e l'Edge Computing consentirà un'elaborazione dei dati in tempo reale, migliorando la reattività dei sistemi e la loro capacità decisionale.

L'Intelligenza Artificiale, inoltre, agevolerà anche la collaborazione tra macchine e operatori, rendendo i processi più sicuri e flessibili. I cobot e i sistemi di manutenzione predittiva ridurranno i tempi di inattività e prolungheranno la vita operativa delle apparecchiature. Ne consegue, come l'adozione dell'Intelligenza Artificiale sia in crescita, con un aumento delle possibili applicazioni in diversi ambiti lungo la catena del valore.

4.1 Applicazioni

Alcuni report di recente pubblicazione (es. Bain & Company, McKinsey, Roland Berger) riportano una panoramica delle applicazioni di Intelligenza Artificiale nella value chain di un'impresa manifatturiera **[13; 16; 17]**.

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE - CASI D'USO

	ALCUNI CASI D'USO	IMPATTO POTENZIALE		
		Basso	Medio	Alto
Servizi post-vendita	• Chatbots per supporto all'assistenza cliente • Assistenza da remoto • Manutenzione predittiva in ottica servizio	○	○	●
Marketing & Vendite	• Supporto per contenuti web nella realizzazione di materiale promozionale • AI-powered CRM per personalizzare la strategia e il processo di vendita • Supporto per analisi di prezzo veloci e approfondita	○	●	○
Supply Chain & Logistica	• Supporto per analisi dei routing di spedizione • Supporto per l'analisi e insights sui tempi di consegna • Supporto per la previsione della domanda	○	○	●
Produzione	• Utilizzo di sistemi di visione per quality check automatizzati • Monitoraggio delle condizioni degli asset • Manutenzione predittiva • Troubleshooting e supporto alla programmazione PLC	○	○	●
Acquisti	• Supporto alla sviluppo di una «category strategy» basata sui dati • Supporto al processo di autorizzazione e revisione contrattuale • Supporto per la generazione di documentazione (es. tender)	○	●	○
Progettazione	• Progettazione predittiva di parti e l'ottimizzazione dei processi • Screening di soluzioni esistenti di design tramite benchmark	○	●	○
R&D	• Supporto al check per la compliance brevettuale • Supporto nel generare le specifiche tecniche sulla base dei requisiti • Ottimizzazione della BOM (Bill of Materials) • Supporto nello screening di soluzioni per la riduzione di costi	○	○	●

Figura 2: Intelligenza Artificiale - Casi d'uso (elaborazione propria basata su fonte Roland Berger, documento "Boosting AI in operations", 2024, in bibliografia)

In particolare, diversi sono gli scenari d'uso che evidenziano gli impatti dell'Intelligenza Artificiale. Tra essi, esemplificativi ma non esaustivi, in **ricerca e sviluppo** l'Intelligenza Artificiale può ottimizzare i tempi di concezione di un prodotto grazie all'automazione di attività come la generazione di specifiche tecniche e la progettazione predittiva di componenti e parti. Gli algoritmi, infatti, aiutano a migliorare il design dei prodotti a partire dalle fasi iniziali, mentre il monitoraggio automatico dei brevetti garantisce maggiore conformità e riduzione dei rischi di compliance. I digital twins, inoltre, consentono di simulare le performance dei prodotti in un ambiente virtuale, riducendo il numero di prototipi fisici necessari e i relativi costi. La distinta base (BOM), in aggiunta, può essere ottimizzata automaticamente, permettendo di integrare componenti più efficienti o meno costosi.

L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN R&S IMPATTO POTENZIALE

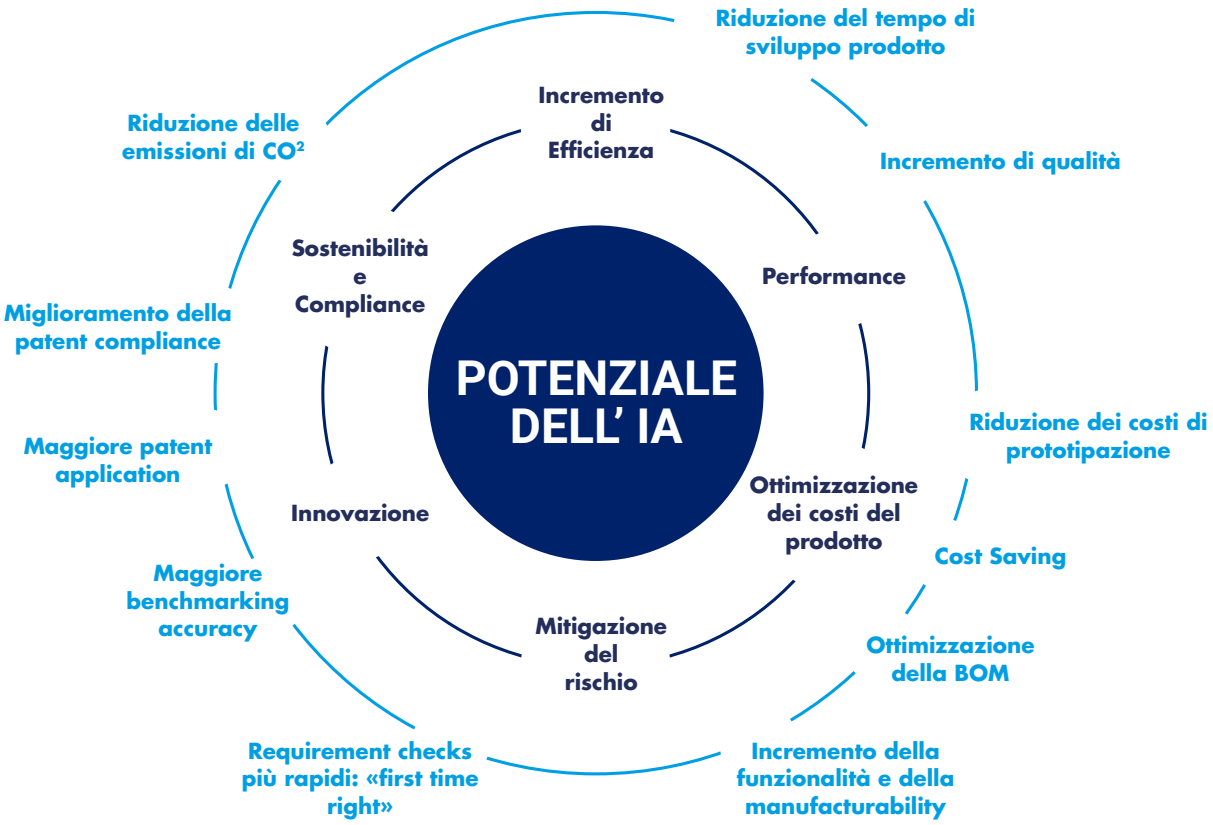

Figura 3: Intelligenza Artificiale – Impatto potenziale in R&S (elaborazione propria basata su fonte Roland Berger, documento "Boosting AI in operations", 2024, in bibliografia)

Tutto ciò accelera il ciclo dell'innovazione realizzando prodotti più performanti e di maggiore qualità. In **produzione**, l'Intelligenza Artificiale può contribuire alle esigenze di flessibilità e reattività alle dinamiche di mercato, ottimizzando l'allocazione delle risorse, prevedendo la domanda e adattando i cicli produttivi in tempo reale. L'Intelligenza Artificiale, inoltre, permette di considerare diverse variabili utili ad effettuare una pianificazione ed una schedulazione integrata, come, ad esempio, la disponibilità dei macchinari, della manodopera e delle materie prime. Per quanto concerne la **qualità**, attraverso l'uso di tecniche di visione, l'Intelligenza Artificiale consente di identificare i difetti e le anomalie nei prodotti con un livello di precisione maggiore, al netto di una adeguata conoscenza del dominio di applicazione. Nei processi di **logistica, gestione del magazzino** e lungo la **supply chain**, l'Intelligenza Artificiale può consentire l'ottimizzazione del routing di consegna, riducendo i tempi di spedizione e i costi operativi. Nella gestione del magazzino, l'Intelligenza Artificiale può incrementare l'efficienza nella gestione delle scorte, prevedendo i fabbisogni di approvvigionamento e riducendo i rischi di esaurimento o eccesso di inventario. Non solo, McKinsey evidenzia anche una interessante considerazione per quanto concerne l'uso dell'Intelligenza Artificiale nella supply chain: alla luce dei recenti progressi, i digital twins potrebbero essere integrati con l'Intelligenza Artificiale per renderli sia predittivi (cosa potrebbe accadere?) sia prescrittivi (cosa dovremmo fare per ottenere il miglior risultato?); in ambito supply chain, i digital twins integrati con l'Intelligenza Artificiale potrebbero essere utilizzati per modellare le interazioni lungo la supply chain dalla concezione del prodotto sino alla sua distribuzione, includendo logistica diretta e inversa. Ciò consentirebbe di effettuare delle analisi di scenario per suggerire aree di miglioramento e giungere ad una gestione della supply chain ottimizzata in maniera dinamica **[18]**.

> ***L'Intelligenza Artificiale riveste un ruolo fondamentale per il conseguimento del paradigma della servitizzazione, raccogliendo, ad esempio, insights sulle condizioni di utilizzo di un macchinario e/o di un prodotto.***

Per concludere, l'Intelligenza Artificiale potrebbe abilitare l'effettiva possibilità di effettuare la **manutenzione predittiva**, attività, ad oggi, ancora limitata a causa, ancora una volta, della mancanza di dati (di guasto) adeguati allo scopo. L'Intelligenza Artificiale, infatti, potrebbe consentire di analizzare in tempo reale lo stato e le prestazioni dei macchinari, prevedendo possibili guasti e pianificando interventi di manutenzione anticipando le interruzioni.

4.2 Barriere

L'Intelligenza Artificiale è uno strumento che deve essere **coerente e aderente** alla strategia aziendale. Questi sistemi non sono, come da convinzione diffusa, "on-the-shelf"; la loro concreta introduzione sottende una cultura precisa e orientata nonché un percorso organizzativo e gestionale formalizzato, strutturato e non estemporaneo. Come sottolineato da Roland Berger, infatti, se da un lato l'Intelligenza Artificiale può contribuire a conseguire vari benefici, come ridurre i tempi di sviluppo di un prodotto finito e aumentare l'efficienza dei processi di approvvigionamento, si riscontra che solo un numero limitato di aziende (meno del 20%) è riuscito a incorporare con successo soluzioni di Intelligenza Artificiale nei propri processi **[17]**.

L'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nel contesto industriale deve necessariamente contemplare in primis il coinvolgimento del top management e la coerenza con gli obiettivi di medio e lungo periodo, nonché essere sostenuti da "business case" convincenti, che ne giustifichino l'adozione per il particolare caso d'uso, in comparazione con quanto ottenibile utilizzando algoritmi "tradizionali".

Considerando che in ambito industriale le sfide da affrontare e gli impatti potenziali sono più rilevanti e critici rispetto al settore consumer, è fondamentale pianificare di utilizzare l'Intelligenza Artificiale in modo mirato, **privilegiandone l'adozione nei casi in cui rappresenta un reale valore aggiunto**, come in situazioni in cui è necessario garantire adattabilità a contesti in continua evoluzione. Inoltre, è bene considerare condizioni in cui **la soluzione di Intelligenza Artificiale si dimostra altrettanto affidabile e robusta rispetto a un algoritmo tradizionale**. Al contrario, è opportuno valutare con attenzione l'implementazione di tali sistemi, laddove un algoritmo convenzionale sia sufficiente a raggiungere gli obiettivi prefissati.

A fronte dei benefici già evidenziati e le premesse esistenti, l'integrazione dell'Intelligenza Artificiale nei processi produttivi richiede un percorso strutturato. A tale riguardo, alcuni analisti (es. Goldman Sachs, Roland Berger) **[3;17]** concordano nell'evidenziare che **esistono difficoltà e barriere che, senza adeguati presupposti, possono inibire l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale nelle aziende, specialmente in quelle di medio-piccole dimensioni**.

Una delle principali sfide emerse è **dimostrare il business case** dell'Intelligenza Artificiale: molte aziende faticano, infatti, a misurare il ritorno economico delle applicazioni basate su questo strumento e a giustificare l'investimento, se comparato, in termini di risultato, con quello ottenibile utilizzando un algoritmo tradizionale. Tale aspetto è particolarmente evidenziato con riferimento alla GenAI, una delle più recenti applicazioni dell'Intelligenza Artificiale. Secondo Goldman Sachs, infatti, gli investimenti in essere nella GenAI potrebbero non **risultare così profittevoli** per le aziende nel breve-medio periodo, anche alla luce dei rilevanti costi, in particolari quelli **energetici**. La **qualità e la disponibilità dei dati** è, inoltre, l'elemento cruciale: l'Intelligenza Artificiale richiede grandi volumi di **dati accurati**, la cui mancanza ne compromette l'efficacia, soprattutto in contesti industriali. In molti casi, infatti, i dati presentano criticità a seguito di inaccuratezza o incompletezza, influendo sulla effettiva efficacia delle applicazioni basate su Intelligenza Artificiale nell'identificare i modelli e le anomalie.

Un altro limite significativo è rappresentato dalla **carenza di infrastrutture tecnologiche** adeguate; spesso le aziende non dispongono di sistemi di Information Technology (ad es. reti, risorse cloud) e di Operational Technology (come i PLC) capaci di supportare il volume e la complessità dei dati

necessari per implementare con successo le soluzioni di Intelligenza Artificiale, limitando così la possibilità di scalare tali soluzioni.

Un ulteriore ostacolo è rappresentato dalla **scarsità di competenze specializzate**: reperire e trattenere talenti con esperienza in Intelligenza Artificiale e Data Science è, infatti, particolarmente complesso anche in settori avanzati come la meccatronica.

Le aziende devono, inoltre, affrontare la **resistenza culturale** interna all'introduzione di nuovi strumenti, rendendo spesso necessario un cambiamento organizzativo.

> ***Ne consegue, come queste barriere richiedano un approccio strategico per essere superate e consentire alle imprese di cogliere appieno i vantaggi dell'Intelligenza Artificiale.***

Solo così sarà possibile valorizzare pienamente il potenziale offerto da questi sistemi e, di conseguenza, favorire la crescita non solo della singola azienda ma della filiera nella sua interezza con una prospettiva nazionale e internazionale.

4.3 Fattori di successo

L'adozione di sistemi di Intelligenza Artificiale nel settore della meccatronica richiede alle aziende di considerare diversi aspetti chiave, al fine di assicurare una implementazione efficace e un impatto tangibile e sostenibile.

Ciò deve essere chiaramente integrato in una logica più ampia che consenta di coniugare tutti gli aspetti che caratterizzano la produzione del "futuro" (Figura 4).

LA FABBRICA DEL FUTURO

STRATEGIA DI PRODUZIONE

La strategia di produzione della «fabbrica del futuro» dovrà essere integrata direttamente nella strategia di produzione globale, includendo pertanto anche dati esterni, come, ad esempio, quelli provenienti dai clienti e dal mercato.

SISTEMA DI PRODUZIONE DEL FUTURO

I sistemi IT/OT dovranno essere interfunzionali e flessibili, nonché interfacciati lungo tutta la value chain in una logica integrata sia con i clienti sia con i fornitori.

ABILITATORI TECNOLOGICI

Sostenibilità, circolarità e digitalizzazione dovranno essere integrati con gli approcci di operational excellence tradizionali (es. lean, TPM e Six Sigma) in una logica di catena di valore.

PERSONE E MODELLO OPERATIVO

La struttura organizzativa dovrà porre sempre più le persone «al centro», con un approccio che preveda l'utilizzo delle tecnologie digitali, in una logica di sostenibilità e che includa gli aspetti inerenti le competenze in ottica di upskilling e acquisizione di nuove abilità.

Figura 4: La Fabbrica del Futuro – i 4 aspetti (elaborazione propria basata su fonte Bain & Company, documento "Global Machinery and Equipment Report", 2024, in bibliografia)

Innanzitutto, è essenziale sviluppare una **strategia chiara** che allinei l'uso dell'Intelligenza Artificiale con gli obiettivi di business complessivi. I progetti di Intelligenza Artificiale non devono rimanere "stand-alone", magari guidati esclusivamente dagli incentivi disponibili al momento.

> ***L'impresa deve avere una chiara roadmap di sviluppo ben definita integrata con gli obiettivi aziendali e con quelli riguardanti la digitalizzazione in una accezione più ampia.***

Per Roadmap di sviluppo si intende un piano a breve, medio e lungo termine per integrare le diverse soluzioni tecnologiche, incluse quelle basate su Intelligenza Artificiale, in maniera coerente con la strategia di alto livello.

Un altro punto critico è la **creazione di una solida infrastruttura tecnologica**. È necessario dotarsi di abilitatori tecnologici, ovvero sistemi di IT – Information Technology – e OT – Operational Technology – adeguati a supportare l'accessibilità, l'integrazione dei dati e la sicurezza degli stessi.

Inoltre, le aziende devono puntare su **piattaforme modulari e scalabili** per consentire la crescita e l'adattamento delle soluzioni di Intelligenza Artificiale, garantendo al contempo una gestione efficace dei costi di funzionamento.

Un altro aspetto essenziale è la potenziale **semplificazione** (ad es. No-Code IA) nell'utilizzare soluzioni di Intelligenza Artificiale sempre più alla portata anche di operatori che non hanno particolari competenze specialistiche. A tal proposito, un altro passaggio fondamentale è quello di investire nella **formazione del personale** in quanto le competenze e l'accettazione dell'Intelligenza Artificiale da parte dei dipendenti rappresentano fattori chiave per l'introduzione di queste tecnologie e, in generale, dei processi di cambiamento.

Le aziende devono anche sviluppare un approccio **sicuro e standardizzato alla gestione dei dati**, in modo che essi siano facilmente accessibili e utilizzabili, anche in modo trasversale. È cruciale, infine, **monitorare costantemente i risultati e gli impatti** delle applicazioni di Intelligenza Artificiale, per verificare periodicamente l'adeguatezza dell'elaborazione nel contesto applicativo e integrare feedback e sviluppi tecnologici, al fine di adattare la strategia e migliorare continuamente prodotti e processi.

Una gestione consapevole degli aspetti menzionati potrebbe consentire alle aziende di adottare l'Intelligenza Artificiale in modo efficace, mitigando i rischi e massimizzando i benefici lungo tutta la filiera produttiva.

Non solo, per conseguire il paradigma di "Fabbrica del Futuro", potrebbe risultare cardine il **nesso tra digitalizzazione, Intelligenza Artificiale e metodologie di "lean manufacturing"**. Ciò potrebbe essere il risultato conclusivo del percorso di trasformazione, garantendo flessibilità, automazione e agilità operativa per adattarsi dinamicamente alle sfide e alle opportunità, costruendo un modello produttivo sostenibile, interconnesso e trainante lungo la filiera e la catena di valore.

5. Conclusioni

Lo scenario prospettico e futuro della meccatronica nell'era del "dato" e dell'Intelligenza Artificiale è destinato a essere significativamente diverso rispetto alla situazione attuale, aprendo nuovi contesti e opportunità. Grazie all'integrazione e all'utilizzo consapevole di "dati di qualità", la meccatronica potrà affermarsi come un settore centrale per lo sviluppo di soluzioni produttive avanzate, flessibili e sostenibili, soprattutto in relazione del posizionamento delle imprese del settore all'interno di filiere internazionali.

L'Intelligenza Artificiale, supportata da una gestione oculata, strutturata e strategica dei dati, permetterà di ampliare le capacità dei sistemi meccatronici, rendendo più efficienti gli "use case" legati all'adattabilità della produzione, alla manutenzione predittiva e allo sviluppo di prodotti e servizi personalizzati.

Il "dato" è la risorsa essenziale per il conseguimento di quanto descritto. La capacità di raccogliere, valutare, archiviare, analizzare e condividere i dati in modo efficace e sicuro rappresenterà il fattore distintivo tra chi, sviluppando una cultura solida e strategica nella gestione dei dati, saprà sfruttare appieno il potenziale dell'Intelligenza Artificiale e chi rischierà di rimanere indietro o di utilizzare questo strumento senza la necessaria consapevolezza.

Per le imprese meccatroniche, in particolare, è imprescindibile adottare una visione strategica sia alla gestione del "dato" sia all'Intelligenza Artificiale quali elementi chiave per ripensare processi, modelli di business, interazioni con il mercato e naturalmente i prodotti. Questa trasformazione richiede un cambiamento culturale, un impegno nel formare competenze e nello sviluppare "ecosistemi di innovazione" che favoriscano la condivisione delle conoscenze.

Anche se si potrebbe sostenere che siamo ancora in una fase embrionale, le applicazioni dell'Intelligenza Artificiale, tra cui la GenAI, si stanno rapidamente evolvendo come **opportunità irrinunciabili** per la trasformazione digitale delle aziende, grazie alla loro capacità di supportare i processi produttivi e di migliorare i prodotti. In particolare, l'Intelligenza Artificiale generativa, recentemente al centro dell'attenzione, offre potenzialità avanzate per creare autonomamente soluzioni e contenuti, facilitando la progettazione e la simulazione di nuovi prodotti, riducendo i tempi di sviluppo e ottimizzando le risorse. Complessivamente, le applicazioni di Intelligenza Artificiale **migliorano la produttività** integrandosi nei flussi di lavoro, consentendo alle aziende di ridurre i tempi di esecuzione delle attività complesse e **potenziando l'automazione industriale. I robot**, in questo contesto, **diventano più adattabili, efficienti e capaci di decisioni autonome** in tempo reale, migliorando così la collaborazione uomo-macchina e il controllo qualità in tempo reale, individuando difetti e anomalie con una precisione superiore rispetto ai metodi tradizionali, garantendo standard elevati e costanti.

In termini di servizio al cliente, i sistemi di Intelligenza Artificiale possono **migliorare la customer experience** attraverso soluzioni come chatbot e sistemi di CRM intelligenti che consentono di rispondere in modo immediato e personalizzato alle richieste, aumentando così la soddisfazione e la fidelizzazione. Anche la **reattività al mercato** viene notevolmente migliorata, grazie al potenziamento dell'analisi dei dati di mercato e della previsione dei trend, consentendo di anticipare le esigenze dei clienti e adattare la produzione e la logistica.

L'impatto energetico dell'utilizzo dell'Intelligenza Artificiale non può essere trascurato. Tali sistemi, tuttavia, possono contribuire alla riduzione delle spese operative **ottimizzando il consumo energetico nei processi, prevenendo guasti e razionalizzando l'uso delle risorse**. L'Intelligenza Artificiale riveste, infatti, un ruolo cruciale anche nel rispondere alla crescente **carenza di personale qualificato**, supportando gli operatori nell' esecuzione di attività complesse.

Permangono, tuttavia, ancora significative barriere che ostacolano l'implementazione di soluzioni di Intelligenza Artificiale in ambito industriale: dalla difficoltà nel dimostrarne il ritorno economico rispetto a quanto ottenibile con algoritmi "tradizionali", alla mancanza di infrastrutture tecnologiche integrate. Introdurre in maniera efficace l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale nelle operations richiede una visione di insieme e una pianificazione strategica che valorizza i dati come asset. È essenziale avere consapevolezza di tutti i flussi di dati disponibili, sia strutturati sia non strutturati, in termini di quantità, qualità, significatività, reperibilità e coerenza. A tale riguardo, la letteratura manageriale sottolinea l'importanza di prassi consolidate che spaziano dall'infrastruttura tecnologica per l'accesso e la condivisione di "dati di qualità", sino alla governance per la gestione dei rischi e il rispetto delle normative nonché degli standard etici **[19]**.

In conclusione, le imprese che investiranno in un approccio centrato sui dati saranno in grado di sfruttare pienamente e consapevolmente la potenzialità dell'Intelligenza Artificiale per i benefici che è possibile derivare, non solo in ottica di "efficienza" interna ma anche di esternalità con ricadute che si potrebbero diffondere a livello di filiera.

In questo scenario, il settore della meccatronica, grazie alla sua centralità, trasversalità e posizionamento in filiere internazionali a medio-alto valore aggiunto e ad alta intensità tecnologica rappresenta l'elemento cardine per trainare la trasformazione in atto con un approccio "antifragile" per adattarsi e prosperare in un contesto globale in continua evoluzione.

Appendice

Nota di introduzione all'Intelligenza Artificiale

L'aumentata capacità di calcolo e la disponibilità di dati ha condotto l'Intelligenza Artificiale (IA) al centro del dibattito attuale, ponendola tra le priorità della Commissione Europea.

L'IA è una disciplina dell'informatica che si concentra sulla creazione di sistemi in grado di simulare comportamenti "intelligenti", tipicamente associati all'essere umano, come apprendere, ragionare, prendere decisioni e risolvere problemi. Attraverso l'elaborazione di grandi quantità di dati e l'uso di algoritmi avanzati, l'IA permette alle macchine di analizzare informazioni, adattarsi a nuove situazioni e migliorare le proprie prestazioni con l'esperienza. L'IA è presente in molte applicazioni quotidiane, inclusa l'automazione industriale.

In particolare, grazie a una sotto-disciplina dell'Intelligenza Artificiale chiamata Machine Learning, le macchine sono diventate capaci di apprendere dai dati anziché essere programmate con regole rigide. Questo approccio consente agli algoritmi di analizzare enormi quantità di informazioni, identificando schemi e modelli utili. Il Machine Learning, quindi, rappresenta un metodo che conferisce "intelligenza" alle macchine.

Gli avanzamenti progressivi in questo campo hanno portato allo sviluppo di una tecnologia avanzata nota come Generative AI. Questa tecnologia ha permesso alle macchine di interpretare e analizzare il linguaggio umano, rispondere a domande, comprendere immagini o video e creare nuovi contenuti, da cui il termine "generativa".

I continui progressi nell'Intelligenza Artificiale non solo hanno migliorato le prestazioni tecnologiche, ma hanno anche reso queste innovazioni più accessibili. La riduzione delle barriere di adozione ha amplificato l'impatto dell'Intelligenza Artificiale in settori come l'industria, la sanità, i servizi e la società nel suo insieme.

Definizione di sistema di Intelligenza Artificiale

Il REGOLAMENTO (UE) 2024/1689 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 13 giugno 2024, "AI ACT" **[20]** definisce un sistema di Intelligenza Artificiale come "*un sistema automatizzato progettato per funzionare con livelli di autonomia variabili e che può presentare adattabilità dopo la diffusione e che, per obiettivi espliciti o impliciti, deduce dall'input che riceve come generare output quali previsioni, contenuti, raccomandazioni o decisioni che possono influenzare ambienti fisici o virtuali*".

Indice delle figure

Figura 1:
Previsioni 2023-2033 del mercato globale dell'IA nel settore dei macchinari/meccatronica (elaborazione propria basata su fonte Market.us, documento "AI in Industrial Machinery Market: Enhancing Productivity with AI-driven Machinery", 2024, in bibliografia) **15**

Figura 2:
Intelligenza Artificiale - Casi d'uso (elaborazione propria basata su fonte Roland Berger, documento "Boosting AI in operations", 2024, in bibliografia) **18**

Figura 3:
Intelligenza Artificiale - Impatto potenziale in R&S (elaborazione propria basata su fonte Roland Berger, documento "Boosting AI in operations", 2024, in bibliografia) **19**

Figura 4:
La Fabbrica del Futuro - i 4 aspetti (elaborazione propria basata su fonte Bain & Company, documento "Global Machinery and Equipment Report", 2024, in bibliografia **23**

Bibliografia

[1] EUROPEAN COMMISSION (2020).
STRATEGIA EUROPEA IN MATERIA DI DATI

[2] EUROPEAN COMMISSION (2020).
LIBRO BIANCO SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

[3] GOLDMAN SACHS (2024).
GENERATIVE AI: TOO MUCH SPEND, TOO LITTLE BENEFIT?

[4] EUROPEAN COMMISSION (2024).
THE FUTURE OF EUROPEAN COMPETITIVENESS – A COMPETITIVENESS STRATEGY FOR EUROPE

[5] MCKINSEY (2022).
THE DATA DRIVEN ENTERPRISE OF 2025

[6] EUROPEAN COMMISSION (2022).
DATA GOVERNANCE ACT

[7] EUROPEAN COMMISSION (2024).
DATA ACT

[8] CFI (2023).
ROADMAP PER LA RICERCA E L'INNOVAZIONE PER FABBRICA INTELLIGENTE E INDUSTRIA 4.0

[9] FEDERMECCANICA (2024).
IL FUTURO DELLA MECCATRONICA IN ITALIA

[10] MCKINSEY (2019).
CATH THEM IF YOU CAN.

[11] WORLD ECONOMIC FORUM (2021).
DATA-DRIVEN ECONOMIES: FOUNDATIONS FOR OUR COMMON FUTURE

[12] LIUC, ICIM GROUP (2023).
IL FENOMENO INDUSTRIA 4.0 NELLE AZIENDE MANIFATTURIERE ITALIANE

[13] BAIN & COMPANY (2024).
GLOBAL MACHINERY & EQUIPMENT REPORT 2024

[14] BUSINESS FINLAND (2021).
ANTIFRAGILE MANUFACTURING FOR PEOPLE, PLANET, AND PROFIT WITH PASSION

[15] MARKET.US (2024).
AI IN INDUSTRIAL MACHINERY MARKET

[16] MCKINSEY (2024).
HOW MANUFACTURING'S LIGHTHOUSES ARE CAPTURING THE FULL VALUE OF AI

[17] ROLAND BERGER (2024).
BOOSTING AI IN OPERATIONS

[18] MCKINSEY (2024).
USING DIGITAL TWINS TO UNLOCK SUPPLY CHAIN GROWTH

[19] BCG (2024).
CEO GUIDE TO MAXIMIZING VALUE POTENTIAL FROM AI IN 2024

[20] EUROPEAN COMMISSION (2024).
AI ACT

Il Position paper “Il futuro della meccatronica: l’Intelligenza Artificiale e l’importanza strategica del dato” di Confindustria Bergamo è disponibile in formato elettronico a questo link:

oppure all’indirizzo:

https://bit.ly/PositionPaperCBG

A cura di:
Confindustria Bergamo

Predisposto con il supporto di:
Consorzio Intellimech

Progetto Grafico:
PoliedroStudio

CONFINDUSTRIA Bergamo

INTELLIMECH® CONSORZIO PER LA MECCATRONICA

817.92
641.52
753.95
789.51