

White Paper

## Intelligenza artificiale.

Tecnologie e applicazioni  
industriali.

Novembre 2020



A cura del WG Software Industriale di ANIE Automazione  
in collaborazione con gli Osservatori Artificial Intelligence e Industria 4.0 del Politecnico di Milano.

Realizzato da



<b>1. ANIE AUTOMAZIONE: CHI SIAMO</b>	<b>p.6</b>
<b>2. IL WORKING GROUP SOFTWARE INDUSTRIALE</b>	<b>p.7</b>
<b>3. PERCHÉ UN LIBRO BIANCO SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE</b>	<b>p.8</b>
<b>4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE: LE MACCHINE INTELLIGENTI</b>	<b>p.9</b>
4.1 LA STORIA DELL'ARTIFICIAL INTELLIGENCE	p.9
4.2 LE TECNOLOGIE DI BASE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	p.11
Machine Learning	p.11
Deep Learning	p.12
4.3 LE TECNOLOGIE CHE ABILITANO E SUPPORTANO L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	p.12
4.4 LE APPLICAZIONI DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	p.14
4.5 IL COGNITIVE COMPUTING	p.16
<b>5. ARTIFICIAL INTELLIGENCE NELL'INDUSTRIA: LO STATO DELL'ARTE E I CASI D'USO</b>	<b>p.18</b>
5.1 LE ORIGINI DELLE APPLICAZIONI INDUSTRIALI BASATE SU AI	p.20
5.2. AI NEL SETTORE MANIFATTURIERO: IL QUADRO APPLICATIVO	p.21
5.3 I CASI D'USO	p.23
Robot Delta (Pick & Place)	p.23
Condition monitoring specializzato per applicazione-macchina	p.26
Applicazioni di adaptive intelligent per il manufacturing	p.28
L'Intelligenza Artificiale "Acustica" quale tecnologia 4.0 abilitante soluzioni di assistenza virtuale per l'addestramento e supporto alle operazioni di collaudo e riparazione a distanza di componenti aeronautici	p.33
Applicazioni in ambito progettazione/design	p.40
Applicazioni in ambito sourcing e standardizzazione	p.40
5.4 IL PERCORSO DI ADOZIONE	p.41

## 6. IL FUTURO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELL'INDUSTRIA

6.1. COSTRUIRE UNA DATA DRIVEN ENTERPRISE

6.2. AUTOMAZIONE 5.0: VERSO PIATTAFORME DI CONTROLLO "AS A SERVICE"

6.3. L'EVOLUZIONE DELL'INTERAZIONE UOMO-MACCHINA: LA TECNOLOGIA VOICE

Un mercato in forte crescita

La storia degli Assistenti Vocali

Gli assistenti vocali nella Smart Factory

6.4. INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN EDGE O NEL CLOUD?

6.5. CYBER-PHYSICS: EVOLUZIONE DELLA SIMULAZIONE DI PROCESSO ATTRAVERSO AI

6.5.1 - 5G E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

6.6. PROBLEMATICHE ETICHE

p.43

p.43

p.47

p.49

p.51

p.52

p.53

p.54

p.62

p.64

p.70



# White Paper

# Intelligenza artificiale.

# Tecnologie e applicazioni industriali.



## 1. ANIE AUTOMAZIONE: CHI SIAMO

Ad ANIE Automazione aderiscono le imprese, piccole medie e grandi, produttrici di beni e di servizi operanti nel campo dell'automazione dell'industria manifatturiera, di processo e delle reti di pubblica utilità. ANIE Automazione è una delle 14 Associazioni di settore di ANIE – Federazione Nazionale delle Imprese Elettrotecniche ed Elettroniche, aderente a Confindustria. Le oltre 100 Aziende associate ad ANIE Automazione rappresentano un settore che in Italia realizza un fatturato aggregato di oltre 5 miliardi di euro.

Si tratta di un network di imprese impegnate a sostenere e promuovere l'eccellenza tecnologica del comparto, avvalendosi del lavoro di un'organizzazione consolidata che offre ai propri Soci competenza, professionalità, formazione e supporto non solo nello specifico settore di riferimento, ma anche sui nuovi mercati dell'industria delle tecnologie.

L'Associazione è membro di CEMEP (European Committee of Manufactures of Electrical Machines and Power Electronics).



## 2. IL WORKING GROUP Software Industriale

Nell'ambito delle aziende associate ad ANIE Automazione e nel contesto evolutivo delle tecnologie e dei paradigmi legati alla quarta rivoluzione industriale, il software industriale ha assunto una centralità assoluta essendo il fattore abilitante di questa rivoluzione.

È nato, quindi, all'interno dell'Associazione, uno specifico Gruppo di lavoro con lo scopo di aiutare gli associati e le aziende nei loro mercati di riferimento a meglio comprendere la tecnologia, le modalità di utilizzo ed i vantaggi che ne derivano.

Obiettivo principale del gruppo di lavoro è promuovere e supportare la crescita culturale delle aziende sui temi 4.0 e sul ruolo del software industriale in questo contesto attraverso la partecipazione a fiere e convegni e l'organizzazione di tavole rotonde e meeting.

Il Gruppo organizza il Forum Software Industriale con l'obiettivo di affermare il ruolo strategico dei sistemi informativi nella fabbrica intelligente e digitalizzata e di offrire la visione dei fornitori sul futuro delle applicazioni software per l'industria italiana.

### Altre attività recenti del Gruppo:

- redazione delle linee guida per l'implementazione dei benefici derivanti dall'utilizzo di soluzioni software avanzate e delle tecnologie abilitanti I4.0. Il Gruppo ha pubblicato nel 2017 il suo primo White Paper dedicato a "Il Software Industriale 4.0" e alle opportunità derivanti dagli investimenti in un percorso di digitalizzazione convergente sul paradigma di Industria 4.0;
- definizione dei modelli di calcolo del ROI con riferimento ad aree applicative specifiche. A tal fine è stato redatto nel 2019 il White Paper "ROI 4.0. Un modello di ROI per la valutazione della creazione di valore in Industria 4.0" in collaborazione con l'Università degli Studi di Firenze, l'Università di Pisa, la Scuola Universitaria Superiore Sant'Anna di Pisa.

Nell'ambito delle iniziative volte a promuovere l'utilizzo delle nuove tecnologie, il Gruppo ha deciso di realizzare un terzo White Paper dedicato alla evoluzione delle applicazioni industriali dell'intelligenza artificiale (AI). Il presente documento è stato realizzato in collaborazione con il Politecnico di Milano e, in particolare, con gli Osservatori Artificial Intelligence e Industria 4.0.

La documentazione è disponibile online sul sito dell'Associazione ([www.anieautomazione.anie.it](http://www.anieautomazione.anie.it)).

### 3. PERCHÉ UN LIBRO BIANCO SULL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

La Digitalizzazione dei processi è diventata un fattore imprescindibile e necessario per mantenere e migliorare la competitività delle aziende produttive ed il paradigma "Industria 4.0" è il criterio portante di un'evoluzione complessiva del nostro sistema industriale.

L'interconnessione dei macchinari e, in generale, l'interconnessione delle "cose" è, nel paradigma 4.0, elemento centrale. L'interconnessione produce i dati che sono il vero cuore abilitante per un approccio data driven al percorso di digitalizzazione dei processi.

L'intelligenza artificiale (AI) ricopre, in questo contesto, un ruolo chiave nella trasformazione digitale dell'industria manifatturiera. Oggi le aziende si trovano a dover gestire una mole crescente di dati, generati dai nuovi paradigmi operativi, che l'AI è in grado di elaborare ed interpretare, valutando milioni di potenziali scenari per individuare la soluzione ottimale rispetto alla funzione obiettivo, che può cambiare a seconda del contesto e dello "use-case" di applicazione.

Questo concetto trova applicazione pratica in molti ambiti industriali, da design ed ingegnerizzazione, alla produzione, alla sempre più complessa gestione della supply chain - che negli anni ha raggiunto una scala di global value network, includendo non solo fornitori ma anche partner industriali e diversi stakeholders.

L'implementazione di applicazioni di Intelligenza Artificiale (AI) e Machine Learning (ML) presenta alcune sfide che vanno affrontate per poter estrarre il valore da iniziative di IA/ML. È necessario abbattere le barriere tra le diverse funzioni aziendali e i diversi team coinvolti

nei progetti, per poter condividere e mettere a fattor comune dati ed informazioni, provenienti da diverse fonti, sia interne che esterne all'azienda, e con diverse strutture e formati.

L'idea di un libro bianco sull'AI applicata al mondo industriale nasce con lo scopo di creare un elemento di supporto agli imprenditori ed ai manager del comparto industriale per comprendere le possibilità attuali e future che si possono indirizzare nell'ambito dei processi di fabbrica. Il libro non vuole essere un trattato sull'AI in generale, ma vuole dare delle indicazioni pragmatiche e direttamente fruibili per fornire degli spunti di possibili adozioni operative nell'industria.

### 4. ARTIFICIAL INTELLIGENCE: LE MACCHINE INTELLIGENTI

#### 4.1. LA STORIA DELL'ARTIFICIAL INTELLIGENCE

La nascita ufficiale dell'Artificial Intelligence quale disciplina di ricerca scientifica avviene nel 1956, quando, nel New Hampshire al Dartmouth College, si tenne un convegno al quale presero parte alcune delle figure di maggior spicco nel campo dell'informatica, tra cui John McCarthy, Marvin Minsky, Claude Shannon, Nathaniel Rochester, Allen Newell, Herbert Simon, Trenchard More, Arthur Samuel, Ray Solomonoff e Oliver Selfridge. Il convegno del 1956 fu il risultato del fermento scientifico diretto allo studio del calcolatore e al suo utilizzo per i sistemi intelligenti che si era sviluppato tra gli anni '30 e gli anni '50. Infatti, per quanto alcuni passi verso la costruzione del calcolatore furono compiuti nei secoli precedenti, fu proprio in quegli anni che l'attenzione sui calcolatori ritornò ad accendersi.

In particolare, Alan Turing, nel 1936, pose le basi dell'informatica introducendo i concetti di calcolabilità, computabilità e macchina di Turing. Successivamente, nel 1937, Claude Shannon mostrò che l'algebra booleana e le operazioni binarie potevano essere svolte tramite circuiti elettrici. L'interesse per i sistemi intelligenti arrivò nella decade successiva, quando, nel 1943, McCulloch e Pitts proposero l'utilizzo di modelli computazionali per simulare l'intelligenza.

Infine, nel 1950, sulla rivista Mind, Alan Turing scrisse un articolo dal titolo "Computing machinery and intelligence", in cui proponeva quello che sarebbe divenuto noto come il test di Turing: una macchina sarebbe stata da considerarsi intelligente se il suo comportamento, osservato da un essere umano, fosse stato indistinguibile da quello di un essere umano.

Il lavoro di Turing ricoprì un ruolo centrale nel convegno di Dartmouth e, per molti anni successivi, un artefatto fu ritenuto intelligente se capace di superare il test di Turing. Il campo dell'Artificial Intelligence ricevette una grande attenzione dalla comunità scientifica e approcci di diversa natura furono esplorati. Tra questi, i due approcci principali furono la logica matematica (per la dimostrazione di teoremi e l'inferenza di nuova conoscenza) e le reti neurali. In breve tempo si generarono grandi aspettative. Ad esempio, Herbert Simon, nel 1957, stimò che in dieci anni la comunità scientifica avrebbe progettato macchine capaci di competere con i campioni di scacchi. La previsione di Herbert si sarebbe avverata, ma con trent'anni di ritardo. Questo accadde per varie ragioni, tra cui (forse la principale) l'insufficiente capacità computazionale dei sistemi disponibili al tempo. Un ulteriore problema fu l'impossibilità del trattare molti problemi che l'intelligenza artificiale si era proposta. Questo perché si riteneva che "scalare" le dimensioni di un problema fosse solo una questione di hardware e memoria. Questo tipo di ottimismo fu presto spento quando i ricercatori fallirono nel dimostrare teoremi a partire da più di una dozzina di assiomi. Si capì quindi che il fatto di disporre di un algoritmo che, a livello teorico, fosse in grado di trovare una soluzione a un problema non significava che un corrispondente programma fosse in grado di calcolarla effettivamente a livello pratico. Un terzo tipo di difficoltà furono le limitazioni alla base della logica, nel senso di ragionamento, dei calcolatori.



Le precedenti difficoltà portarono l'area dell'Artificial Intelligence a frazionarsi in una molteplicità di sotto aree, ognuna delle quali basata su paradigmi diversi. In particolare, si distinse tra paradigmi di Intelligenza **Artificiale Forte** e **Debole**.

La prima teorizza la possibilità che le macchine diventino sapienti o coscienti di sé, senza necessariamente mostrare processi di pensiero simili a quelli umani. Quest'area di ricerca ha ricevuto però poco interesse da parte della comunità scientifica, che in buona parte segue la teoria per cui l'intelligenza umana è troppo complessa per essere replicata completamente.

Il paradigma dell'Intelligenza Artificiale Debole va nella direzione opposta, ponendosi l'obiettivo di produrre macchine capaci di risolvere specifici problemi senza avere coscienza dell'attività svolta. Seguendo il paradigma debole, la comunità scientifica ebbe una notevole crescita.

Un ulteriore passo in avanti verso l'utilizzo pratico dell'AI si è fatto quando è maturata la consapevolezza che le macchine intelligenti necessitassero di una buona conoscenza del campo di applicazione. Proprio a partire da queste constatazioni sono nati gli studi che hanno portato agli attuali linguaggi dichiarativi. Linguaggi logici che basano il loro funzionamento sull'interazione delle clausole o regole (le istruzioni in questi linguaggi) con la conoscenza (la base di dati).

Attraverso questi linguaggi, uno tra i più noti è il PROLOG, sono nati i Sistemi Esperti ovvero programmi intelligenti che, attraverso un motore inferenziale e una base di conoscenza, cercano di riprodurre le prestazioni di una o più persone esperte in un determinato campo di attività. Proprio questi sistemi, nati negli anni '70 del secolo scorso, iniziarono ad essere utilizzati in ambito industriale negli anni '80. In particolare, il primo sistema di intelligenza artificiale utilizzato in ambito commerciale fu R1, utilizzato dalla Digital Equipment nel 1982. Lo scopo del sistema era quello di aiutare a configurare gli ordini per nuovi computer. Nel 1986, tale sistema fu in grado di far risparmiare alla compagnia 40 milioni di dollari all'anno. Nonostante questa prima diffusione fu solo nella seconda metà degli anni '90 che questi sistemi ottennero un discreto successo. Il vero salto in avanti si è fatto con lo sviluppo di sistemi che permettevano di simulare, almeno parzialmente, i meccanismi fondamentali di funzionamento del cervello umano, ovvero le reti neurali. La rete neurale artificiale è un modello computazionale, composto di neuroni artificiali, con il funzionamento che riproduce, in maniera semplificata, il comportamento di una rete neurale biologica.

Oggi l'Artificial Intelligence gioca un ruolo centrale nella comunità scientifica informatica. Le principali sotto-aree di ricerca si occupano di machine learning, elaborazione del linguaggio naturale, visione artificiale, robotica, pianificazione, rappresentazione della

conoscenza e ragionamento, intelligenza sociale. Ogni azienda informatica si sta dotando di importanti gruppi di ricerca in Artificial Intelligence, assumendo ricercatori accademici e investendo in modo importante. La stessa cosa, in scala ridotta, sta avvenendo per le principali aziende italiane.

Al giorno d'oggi quindi i sistemi intelligenti sono sempre più presenti ed importanti in ogni campo, scientifico, sociale, economico, ecc. Tale diffusione genera però anche problematiche etiche, sociali, culturali e militari. Per affrontarle sono stati redatti vademecum sottoscritti

da numerosi esponenti della comunità scientifica (ad es. I principi di Asilomar del 2017) e codici di comportamento come il Codice etico EU per l'intelligenza artificiale redatto nell'aprile 2019 che contiene le linee guida su utilizzo e sviluppo di sistemi di Intelligenza Artificiale. Il punto di partenza dell'intero documento, predisposto da un gruppo di 52 esperti, è che l'Intelligenza Artificiale deve avere l'uomo al centro e deve essere al servizio del bene comune per migliorare il benessere e garantire la libertà.

## 4.2. LE TECNOLOGIE DI BASE DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

L'intelligenza artificiale è una disciplina appartenente all'informatica che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono la progettazione di sistemi hardware e sistemi di programmi software capaci di fornire all'elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana.

L'Artificial Intelligence rappresenta una trasformazione digitale pervasiva, che si intreccia con altri mega-trend digitali, quali la Cloud Transformation e l'Internet of Things: da un lato il Cloud mette a disposizione un ecosistema che abilita e accelera l'analisi massiva di dati e che rende disponibili building block personalizzabili e integrabili, dall'altro l'IoT offre una varietà di dispositivi e sensori connessi che possono essere utilizzati non solo come strumenti di raccolta dati, ma anche come canali per veicolare servizi basati sull'Artificial Intelligence.

Dalla distinzione tra AI debole e AI forte dipendono le differenze sostanziali tra AI, machine learning e deep learning.

### Machine Learning

Nato come algoritmo per migliorare l'intelligenza artificiale, è il sistema che permette alle macchine di apprendere affinché svolgano un compito o una attività (di intelligenza artificiale, quindi) senza che questa attività venga programmata. Il Machine Learning è quindi il sistema che allena l'intelligenza artificiale a svolgere un compito correggendo, adattando e migliorando tale capacità con l'apprendimento. In altre parole, si tratta di algoritmi che possono imparare dai dati e a fare previsioni mediante i dati, con un certo intreccio con discipline come la statistica e l'analisi predittiva. A fare la differenza in questi sistemi è il modello di apprendimento degli algoritmi:

- con supervisione didattica: esistono esempi sia di input sia di output e l'algoritmo usa questi dati per apprendere come comportarsi;
- senza supervisione didattica: in questo caso gli algoritmi trovano i propri modelli senza particolari dati di input o output ma mappando i risultati;
- reinforcement learning: il sistema impara attraverso una sorta di premiazione abbinata ai risultati corretti (quanto più viene premiato tanto più migliora le sue capacità).

### Deep Learning

Il Deep Learning è l'ultima frontiera dell'intelligenza artificiale, la parte più evoluta del machine learning (di cui è una sottocategoria) perché ispirato alla struttura e al funzionamento della mente umana. Il deep learning è l'algoritmo che porta l'AI ad emulare la mente umana. Da un punto di vista tecnico, richiede l'utilizzo di reti neurali artificiali (deep artificial neural networks), algoritmi e una capacità computazionale tali da replicare il cervello umano.

Si tratta in questo caso di algoritmi ad alta potenza perché il loro modello di apprendimento si basa su differenti strati di calcolo e analisi. Ogni strato utilizza gli input del livello precedente e fornisce output a quello successivo. Questo modello si presta per l'analisi di grandi quantità di dati ed è già oggi in uso, per esempio, per pattern recognition, speech recognition, image recognition e natural language processing.



## 4.3. LE TECNOLOGIE CHE ABILITANO E SUPPORTANO L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Dal quantum computing, ai chip neuromorfici, alle ReRAM, ecc., la ricerca per sviluppare tecnologie hardware in grado di supportare gli sviluppi in ambito software dell'intelligenza artificiale è intensa. Si riporta nel seguito un elenco delle tecnologie attualmente disponibili, o in avanzata fase di rilascio, e che possono consentire di realizzare pienamente le promesse di questa disciplina.

### General Purpose GPU

Nate nel mondo dei videogiochi per elaborare le informazioni grafiche dei computer, le GPU (Graphic Processing Unit) hanno via via aumentato le proprie prestazioni, soprattutto dopo l'introduzione della grafica 3D nei videogiochi. Le General Purpose GPU, grazie ad una struttura con migliaia di unità di elaborazione ottimizzate per lavorare in parallelo, possono eseguire porzioni di codice o programmi differenti in parallelo trovando applicazione in campo scientifico, per esempio, dove diversi problemi possono essere scomposti e analizzati parallelamente; velocizzano enormemente, per esempio, le operazioni nelle quali sono richiesti elaborazione e trattamento delle immagini.

### Tensor Processing Unit (TPU)

Le Tensor Processing Unit (TPU) sono ASIC (Application specific integrated circuit) progettati e realizzati da Google espressamente per operazioni caratterizzate da alto carico di lavoro, quindi tipicamente quelle di machine learning. Questi circuiti sono destinati a ridurre il tempo dedicato alla fase inferenziale del machine learning (ossia quella che compara i singoli dati con il modello creato nella fase di apprendimento e che costituisce quella con il più elevato carico di lavoro), per questo vengono definiti "acceleratori di AI".

### ReRam – Resistive Random Access Memory

Le memorie resistive ad accesso casuale sono in grado di immagazzinare dati per 1 terabyte (1.000 gigabyte) in chip grandi come un francobollo, sono non volatili (capaci di mantenere l'informazione salvata anche in assenza di alimentazione elettrica), non hanno bisogno di essere "avviate" e consumano pochissimo. Sono un grande abilitatore tecnologico per le applicazioni di intelligenza artificiale perché componente ideale per la costruzione di reti neurali.

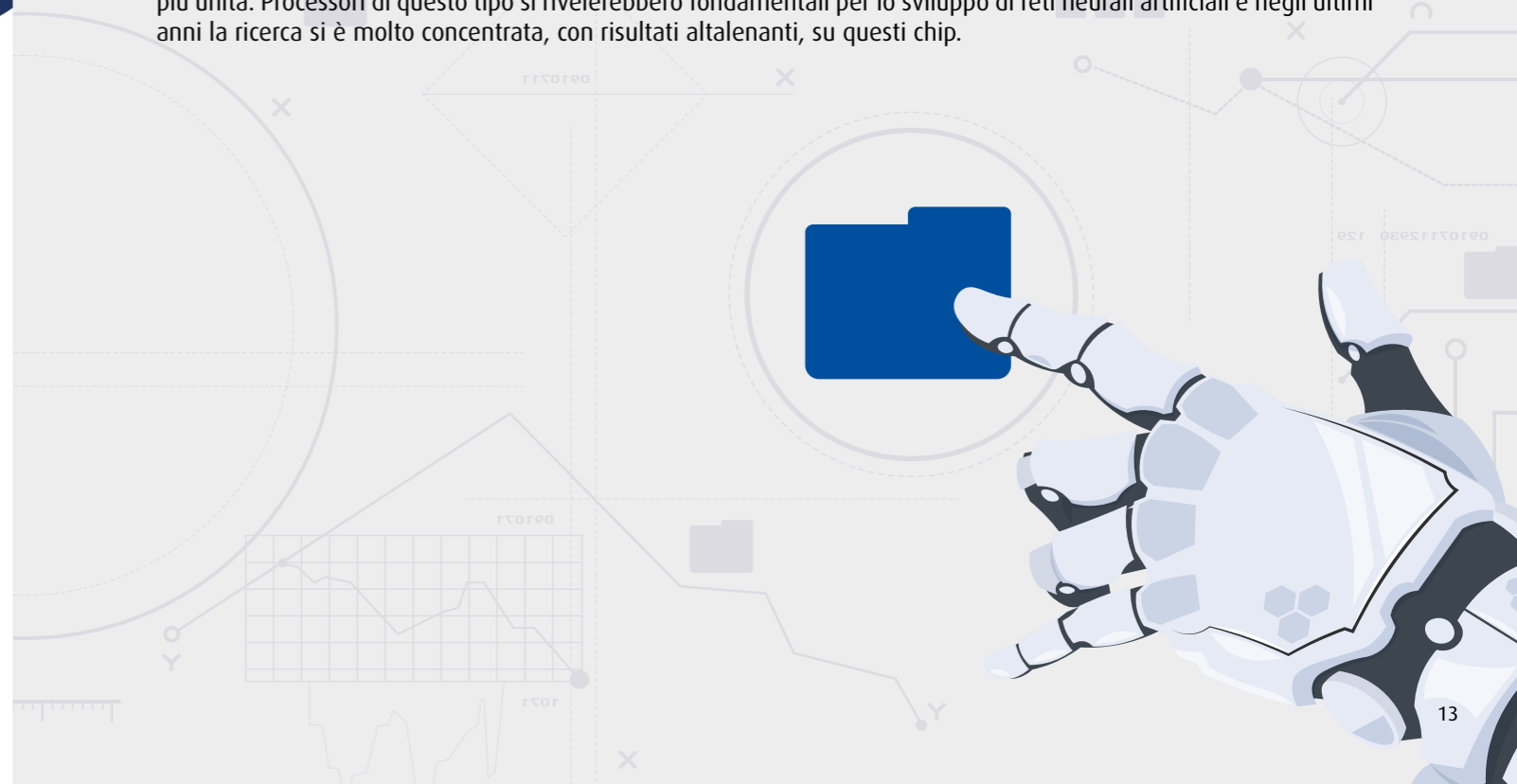
### Quantum Computing

La definizione di computer quantistico è: "Macchina che elabora l'informazione e compie operazioni logiche in base alle leggi della meccanica quantistica. Esso opera cioè secondo una logica quantistica, profondamente diversa da quella classica in base alla quale funzionano gli attuali calcolatori. L'unità di informazione quantistica è il qubit".

Agli inizi degli anni '80 del secolo scorso, grazie all'elaborazione di diversi scienziati, si arriva a teorizzare un possibile uso della teoria dei quanti in informatica: i fenomeni che si riveleranno particolarmente importanti per lo sviluppo della tecnologia di cui stiamo parlando sono quelli della sovrapposizione degli effetti e della correlazione quantistica (detta entanglement) in base ai quali in determinate condizioni lo stato quantico di un sistema fisico non può essere descritto singolarmente, ma solo come sovrapposizione di più sistemi (o strati). Ciò ha portato negli ultimi anni alla creazione di processori quantistici sempre più performanti.

### Chip neuromorfici

Si tratta di chip in grado di simulare il funzionamento del cervello umano, quindi basati su una logica di funzionamento non binaria bensì analogica: si attivano in maniera differente a seconda del gradiente di segnale scambiato tra due o più unità. Processori di questo tipo si rivelerebbero fondamentali per lo sviluppo di reti neurali artificiali e negli ultimi anni la ricerca si è molto concentrata, con risultati altalenanti, su questi chip.





#### 4.4. LE APPLICAZIONI DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

In base alla finalità di utilizzo degli algoritmi di intelligenza artificiale, è possibile identificare otto classi di applicazioni:

**1. Autonomous Robot:** Robot in grado di muovere se stessi, o alcune loro parti (e.g. bracci), manipolare oggetti ed eseguire azioni di vario genere senza intervento umano, traendo informazioni dall'ambiente circostante e adattandosi a eventi non previsti o codificati. In questa categoria rientrano sia i robot industriali, quindi in connessione col fenomeno di Industria 4.0 e con la nuova automazione dei processi produttivi e logistici, sia robot pensati per il mercato civile come gli assistenti alla vendita, che forniscono informazioni ai clienti aggirandosi per il negozio.

**2. Autonomous Vehicle:** Mezzo a guida autonoma adibito al trasporto di persone, animali cose, sia circolante su strada (veicolo), sia destinato alla navigazione marittima, lacustre e fluviale (natante), sia infine al volo nell'atmosfera o nello spazio (velivolo), capace di percepire l'ambiente esterno e di individuare le manovre corrette da fare per adattarsi ad esso. In questa categoria rientrano, principalmente, i grandi progetti di Self-driving car, o iniziative relative alla realizzazione di droni, navi cargo, etc. a riprova della pervasività e della rilevanza pratica di queste applicazioni.

**3. Image Processing:** Soluzioni di analisi di immagini, singole o in sequenza (video), orientate al riconoscimento di persone, animali e cose presenti all'interno dell'immagine stessa, al riconoscimento biometrico (e.g. volto, iride) e in generale all'estrazione di informazioni dall'immagine. Questi sistemi si stanno affermando, tra gli altri, nel mercato della video sorveglianza, con soluzioni in cui il sistema intelligente analizza la scena catturata dalle telecamere e individua eventuali minacce o situazioni anomale.

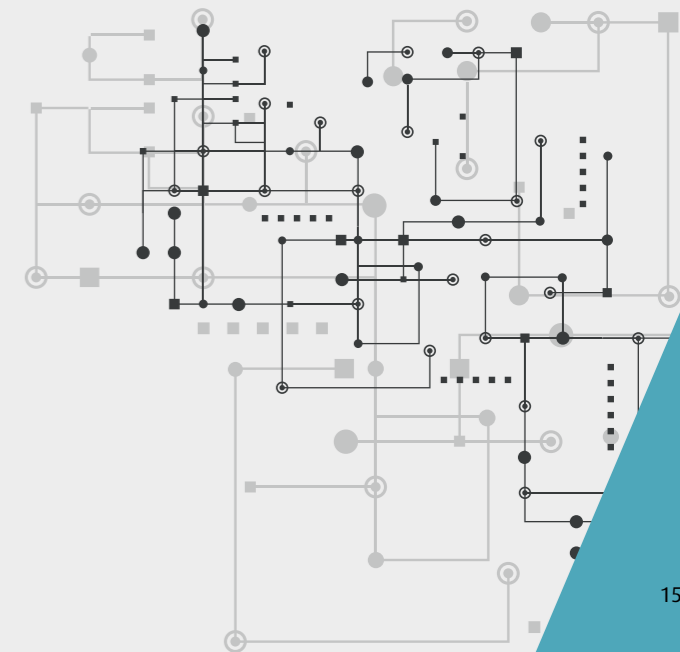
**4. Intelligent Data Processing:** In questa categoria rientrano quelle soluzioni che utilizzano algoritmi di intelligenza artificiale su dati strutturati e non strutturati, per finalità collegate all'estrazione dell'informazione presente nel dato e per avviare azioni in conseguenza.

**5. Intelligent Object:** Oggetti in grado di eseguire azioni e prendere decisioni senza richiedere l'intervento umano, interagendo con l'ambiente circostante mediante l'utilizzo di sensori e attuatori, apprendendo dalle abitudini o dalle azioni delle persone che vi interagiscono. La fonte dell'intelligenza può essere interna al prodotto o accessibile mediante una connessione al Cloud. A titolo di esempio, fanno parte di questa categoria oggetti come la valigia intelligente che è in grado di identificare e seguire la posizione del proprietario.

**6. Language Processing:** Soluzioni di elaborazione del linguaggio, con finalità che possono variare dalla comprensione del contenuto, alla traduzione, fino alla produzione di testo in modo autonomo a partire da dati o documenti forniti in input. Alcuni esempi di applicazione sono l'analisi dei testi su social e web, l'interpretazione di documenti e la traduzione automatica (scritta o parlata), con una capacità lessicale, di contestualizzazione e di comprensione del tono sempre più assimilabili a quelle dell'uomo.

**7. Recommendation:** Soluzioni orientate a indirizzare le preferenze, gli interessi o più in generale le decisioni dell'utente, basandosi su informazioni da esso fornite, in maniera indiretta e diretta. L'output consiste in raccomandazioni personalizzate che possono collocarsi in punti differenti del customer journey o, più in generale, del processo decisionale. A questa categoria appartengono i sistemi che suggeriscono l'acquisto di un prodotto sulla base degli acquisti precedenti oppure che consigliano la visione di un film all'interno di una delle note piattaforme di video on-demand.

**8. Virtual Assistant/Chatbot:** Agenti software in grado di eseguire azioni e/o erogare servizi ad un interlocutore umano, basandosi su comandi e/o richieste ricevuti attraverso una interazione in linguaggio naturale (scritto o parlato). I sistemi più evoluti si contraddistinguono per la loro capacità di comprendere tono e contesto del dialogo, memorizzare e riutilizzare le informazioni raccolte e dimostrare intraprendenza nel corso della conversazione. Questi sistemi sono sempre più utilizzati come primo livello di contatto con il cliente nel caso questo richieda assistenza al Customer Care aziendale.





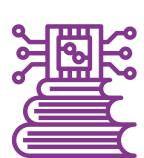


## 4.5. IL COGNITIVE COMPUTING

Intelligenza artificiale e machine learning sono due facce della stessa medaglia e hanno un obiettivo comune: replicare il funzionamento del cervello umano. La prima tecnologia rappresenta l'architettura (comprende le reti neurali), mentre la seconda consente invece alle macchine di migliorarsi. In mezzo c'è il cognitive computing, che avvicina ancora di più l'intelligenza artificiale a quella biologica.

Rispetto ai classici big data e analytics con il termine cognitive computing si intendono tutti quegli strumenti che consentono di riprodurre a il funzionamento del cervello umano, riuscendo ad apprendere e interagire naturalmente con chi li usa. In questo modo riescono a fornire degli elementi significativi per prendere decisioni di fronte ad una elevatissima quantità ed eterogeneità di dati e di variabili. Più tecnicamente, stiamo parlando di piattaforme tecnologiche in grado di apprendere autonomamente, ragionare, comprendere, elaborare e utilizzare il linguaggio naturale dell'uomo, comprese le capacità visive e dialettiche (Nlp - Natural Language Processing), per contestualizzare le informazioni e fornire degli "insight" anche estremamente dettagliati.

### Machine Learning



Artificial intelligence



### Cognitive computing

Fig. 1: Il cognitive computing

Per chiarire ancor meglio il significato di questa tecnologia, nel seguito è proposta una tabella comparativa tra le principali caratteristiche del calcolo cognitivo con le corrispondenti tecnologie più tradizionali.

Sistemi Tradizionali	Sistemi di Cognitive Computing
Calcolano, manipolano set di numeri	Comprendono significato e relazioni
Programmati tramite operazioni successive predeterminate con chiari processi logici	Apprendono e traggono conclusioni dalle interazioni con persone e informazioni
Fanno affidamento su query strutturate e regole predefinite per generare risposte	Comprendono la comunicazione umana, non lineare e "attingono da" una varietà di "informazioni e connessioni potenzialmente rilevanti"
Non sono in grado di gestire dati non strutturati senza una significativa programmazione	Derivano significato da qualsiasi tipo di testo e incorporano dati non strutturati nell'analisi

La capacità di comprendere la lingua, di riconoscere schemi e di apprendere dalle informazioni può aiutare le aziende del settore manifatturiero ad affrontare sfide più significative e complesse. Il "Cognitive Computing" è ideale per "decifrare" grandi masse di dati costituite in gran parte da informazioni non strutturate, i dati qualitativi fatti di testo piuttosto che di numeri, come e-mail, post sui social media, sondaggi sui clienti, notizie e altro ancora. Laddove possono essere impiegati sistemi tradizionali per elaborare dati strutturati, i sistemi cognitivi possono invece gestire la parte testuale di informazioni non strutturate contenute in un certo contesto e derivando significati importanti che vanno oltre i contenuti dei dati di base.

Il mercato della tecnologia del "cognitive computing" sta oggi guadagnando un'enorme attenzione nel mercato globale. Infatti, i progressi nel suo sviluppo hanno portato oggi a una sua crescente adozione. La sempre maggiore disponibilità di insiemi di dati di grandi dimensioni, non strutturati e complessi, i progressi nelle piattaforme di elaborazione (mobile o cloud) nonché lo sviluppo di sistemi analitici sono alcuni dei principali fattori che contribuiscono alla veloce crescita del mercato delle tecnologie di elaborazione cognitiva. I principali attori di questo mercato si stanno concentrando sugli investimenti in ricerca e sviluppo al fine di ottenere soluzioni cognitive avanzate e complete.

Source: Marketers Media 2019

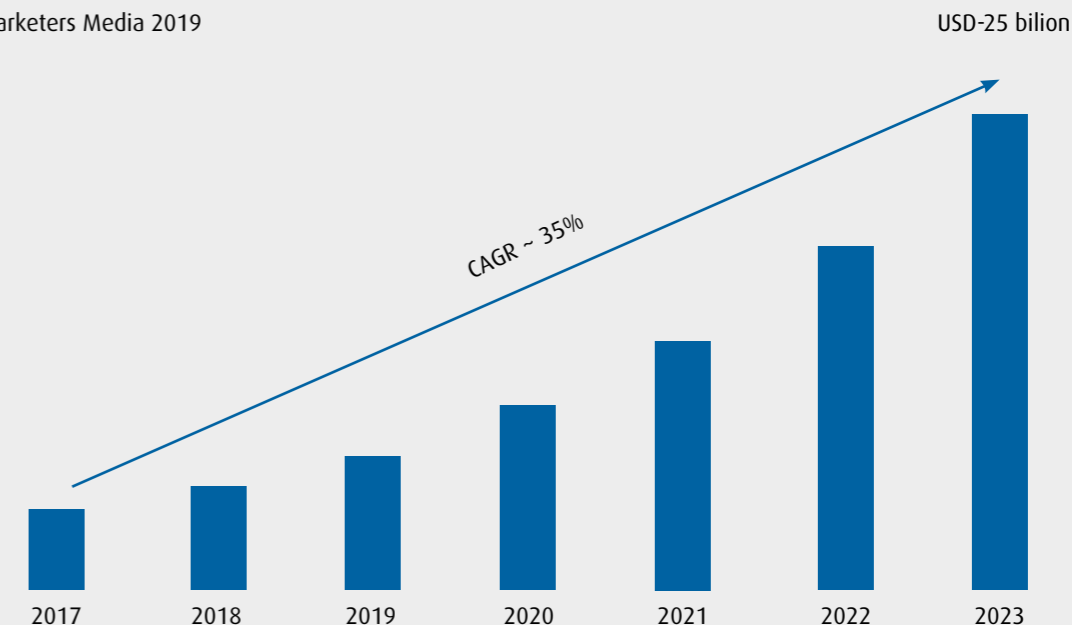


Fig. 2 Crescita del mercato delle tecnologie di elaborazione cognitiva

## 5. ARTIFICIAL INTELLIGENCE NELL'INDUSTRIA: LO STATO DELL'ARTE E I CASI D'USO

Al giorno d'oggi i sistemi che utilizzano principi di intelligenza artificiale sono largamente impiegati nelle applicazioni informatiche ed ingegneristiche e se ne immagina un forte sviluppo per il prossimo futuro. In particolare, nel settore industriale l'AI sta introducendo elementi innovativi in molti ambiti della gestione della produzione e della conduzione aziendale sottraendo progressivamente all'operatore umano l'onere di decisioni sempre più complesse e critiche che possono essere invece prese in autonomia, velocemente e in maniera affidabile da una macchina ben addestrata.

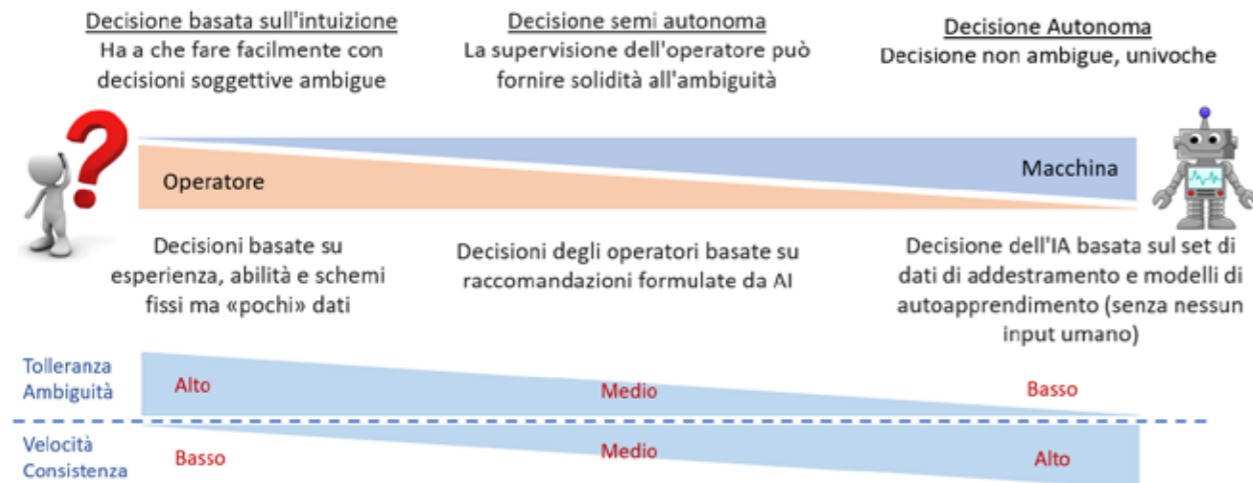


Fig. 3 Fonte: Courtesy of Apostolos Georgiou, Onur Onel, ExxonMobil

Di seguito la classificazione pubblicata recentemente da ARC Advisory Group dei livelli di Autonomia nell'ambito delle Tecnologie Operazionali. La classificazione rispecchia quella già utilizzata per la guida autonoma.

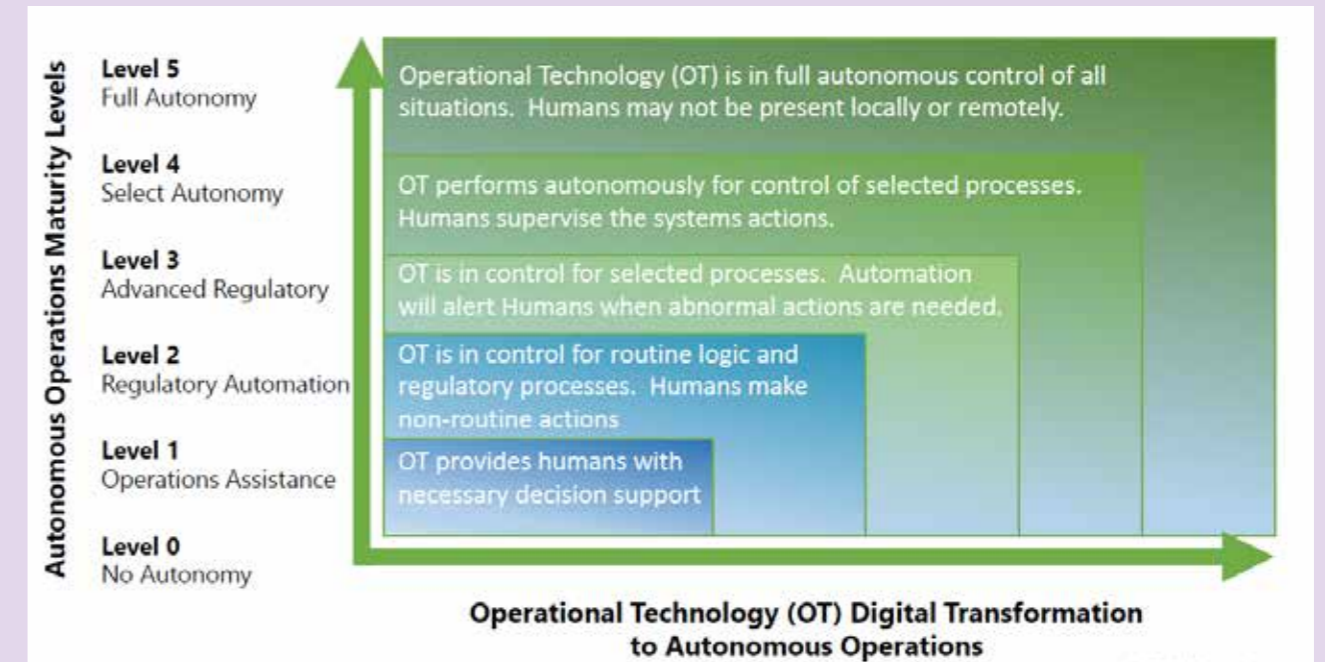


Fig. 4: Classificazione dei livelli di autonomia nelle tecnologie operazionali.



A fronte di una elevatissima varietà di campi di applicazione ed eterogeneità di dati, il vantaggio di affidare una decisione a un programma non è solo la velocità, ma la capacità di autoapprendimento tipica dell'Intelligenza Artificiale.

## 5.1. LE ORIGINI DELLE APPLICAZIONI INDUSTRIALI BASATE SU AI

In questa fase storica, il tema Artificial Intelligence sta riscuotendo grande interesse mediatico e, comprensibilmente, le imprese che offrono soluzioni di AI cavalcano questa enfasi nel presentare le loro soluzioni, al punto che si assiste ad una comunicazione che sembra associare ad ogni applicazione l'etichetta "con AI". Già altre volte in passato abbiamo assistito a simili fasi di hype comunicativo e, nella nostra esperienza, questi eccessi non aiutano lo sviluppo di una buona cultura manageriale, perché distorcono la vera natura dell'innovazione dando enfasi strumentalmente a un aspetto in particolare, perché contribuiscono a drogare le aspettative e perché banalizzano il trade-off tra innovatività e certezza del risultato che, più specificamente, si associa al tema Artificial Intelligence.

Parlando di AI in ambito manifatturiero, questi rischi sono ancora più presenti perché storicamente sono stati numerosi i punti di contatto tra questi due mondi, sin dall'inizio della terza rivoluzione industriale che ha visto la informatizzazione dell'industria, con applicazione di numerose metodologie e tecnologie che rientrano nel dominio passato e presente dell'AI.

A titolo di esempio, nella schedulazione, breve termine, e nella pianificazione, medio termine, della produzione, di fronte alla complessità subito emersa nell'uso di metodi ottimizzanti, ha fatto seguito l'adozione di approcci di AI, come i sistemi esperti, la swarm optimization, gli agenti autonomi (MAS), metodi ispirati alla Insect Society e, con ottimi risultati, gli algoritmi generici (GA). Anche le reti neurali, ovviamente non deep, trovavano applicazione già negli anni 80-90 in problemi di modellazione, stima e controllo di processo. Proprio l'industria di processo, caratterizzata da enormi quantità di dati raccolti dalla sensoristica di impianto, ha rappresentato un segmento del mondo industriale che ha favorito lo sviluppo di metodi di data analytics, di stream analytics, e di controllo avanzato. Anche il mondo del controllo qualità, guardando indietro nel tempo, ha contribuito allo sviluppo di tecniche di elaborazione dell'immagine ed algoritmi di computer vision per il riconoscimento di anomalie dimensionali o morfologiche. Infine, tutti i temi legati alla model prediction, dalla previsione della domanda, alla stima della produttività sono ambiti in cui algoritmi di "apprendimento", ovvero le cui prestazioni migliorano al crescere dell'esperienza sul problema, hanno trovato da anni una valida applicazione.

Questi ambiti, appunto storicamente consolidati e su cui vi sono ormai delle referenze applicative solide, non possono tuttavia essere considerati come "vere" applicazioni di intelligenza artificiale up-to-date: l'AI è un tema di frontiera, che mira a spostare dall'uomo alla macchina task decisionali sempre più complessi, sia tecnologicamente sia organizzativamente, in un trade-off tra innovatività e valore, da un lato, e rischio di insuccesso dell'applicazione, dall'altro, che è completamente diverso rispetto agli ambiti consolidati.

È su queste applicazioni AI "genuine" che si concentra questo White Paper, e su cui si dovrebbe concentrare l'attenzione delle imprese, evitando di accontentarsi di una etichetta commerciale, e mirando invece a progetti complessi, dove non vi sia una garanzia di buone performance, ma che possano portare a notevoli benefici e a differenziarsi rispetto ai competitor.

## 5.2. AI NEL SETTORE MANIFATTURIERO: IL QUADRO APPLICATIVO

A livello internazionale è ormai da qualche anno che si registra un continuo incremento di applicazioni di intelligenza artificiale in ambito manifatturiero. Monitorando i progetti avviati dalle grandi imprese manifatturiere che operano a livello internazionale, di cui esse abbiano dato visibilità al pubblico, emerge il seguente quadro:

- le soluzioni di Intelligent Data Processing si confermano le più diffuse a livello internazionale. All'interno di questa classe di soluzioni si trovano principalmente progetti di:
  - **Predictive Analysis**, in cui si analizzano i dati al fine di fornire previsioni sull'andamento futuro del fenomeno studiato come, per esempio, soluzioni di Predictive Maintenance e Demand Forecasting. In questa famiglia di progetti si applicano tipicamente modelli di apprendimento supervisionato;
  - **Pattern Recognition**, il compito dell'algoritmo risiede nell'identificazione di schemi (pattern) all'interno di dati grezzi al fine di classificarli. In funzione della disponibilità di dati in quantità e qualità sufficiente, si applicano sia modelli supervisionati che non supervisionati. Un'applicazione tipica riguarda le attività di Quality Inspection;
  - **Design Creation**, in cui l'analisi dei dati è volta alla creazione di nuovi contenuti o alla progettazione di nuovi prodotti senza la stretta supervisione di un essere umano. In questo contesto si applicano modelli non supervisionati; è la macchina a valutare le proprie prestazioni continuando a migliorarsi nel tempo. Numerose applicazioni, per lo più prototipali, si trovano in ambito chimico e farmaceutico, dove agli algoritmi è affidato il compito di combinare delle molecole col fine di scoprire e validare nuovi materiali o formule;
  - **Anomaly Detection**, il cui fine consiste nell'identificazione di elementi, eventi o osservazioni che non sono conformi rispetto ad un modello previsto, ad esempio, nell'ambito del monitoraggio dei processi produttivi.
- Seguono, più distanti, le applicazioni di **Computer Vision e Virtual Assistant/Chatbot**. Mentre la prima trova applicazione principalmente all'interno della fabbrica, nell'ambito del monitoraggio (es. asset e qualità) e sicurezza, la seconda viene impiegata in attività non specifiche di una impresa manifatturiera: l'assistenza al cliente prima e dopo l'acquisto.
- Infine, tra le restanti classi di soluzioni dell'intelligenza artificiale, trovano una discreta diffusione i **Recommendation System**, utilizzati dal Marketing col fine di meglio indirizzare le azioni commerciali dell'azienda verso specifici segmenti di mercato, e gli **Autonomous Robot**, trainati dalla diffusione della robotica collaborativa che, sebbene rimanga una nicchia nel mercato della robotica, riscontra sempre maggiore interesse da parte delle imprese.



Guardando alle aree di implementazione, è l'area Factory a concentrare il maggior numero di casi applicativi, trainata principalmente dalle applicazioni per l'ambiente produttivo (pianificazione delle attività, monitoraggio delle prestazioni, ecc...). Anche i processi non operativi sono al centro del processo di trasformazione, in particolare con applicazioni nell'ambito del Marketing (es. Dynamic Advertising) e dell'assistenza al cliente (es. Chatbot). Chiudono quindi le aree Product Life Cycle, trainata dai progetti nei settori chimici e farmaceutici inerenti la scoperta di nuove molecole (Design Creation), e Supply Chain.

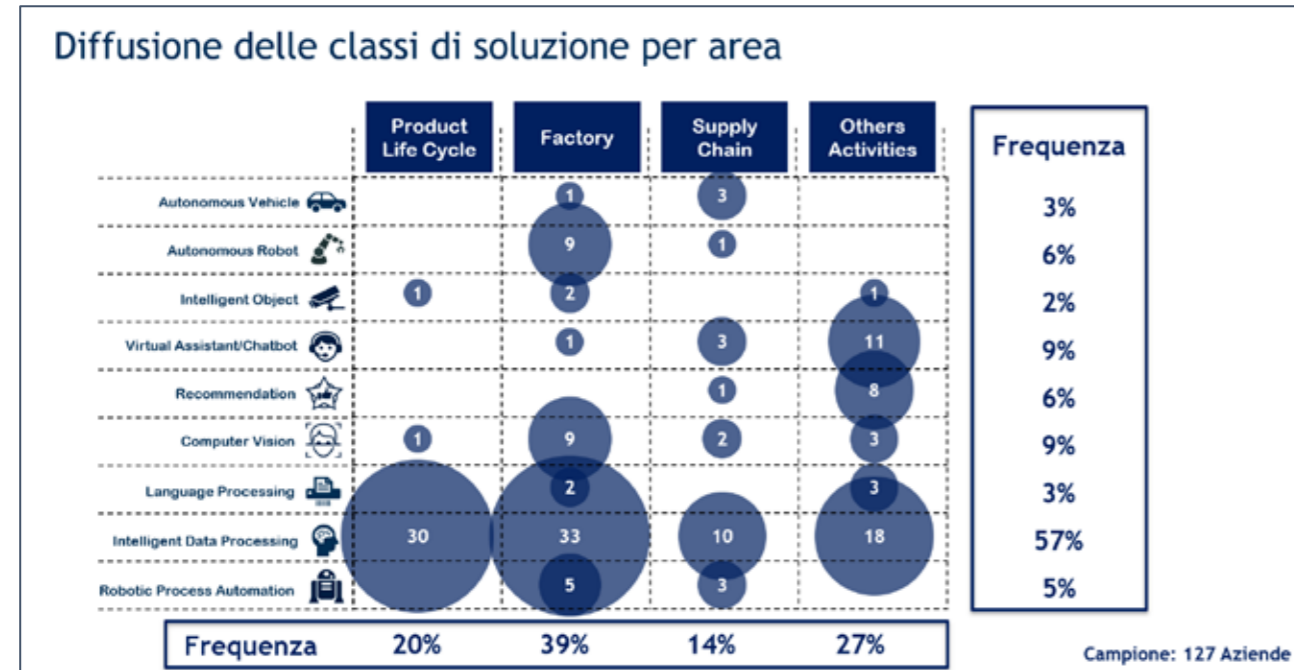


Fig. 5: La diffusione dei progetti di AI in uno studio condotto dall'Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano

In funzione del reale stato di avanzamento dei progetti nel percorso di adozione, circa il 40% è riuscito a superare la fase di progetto pilota e solo il 16% è oggi a regime a dimostrazione che validato il modello la strada verso la piena operatività rimane lunga e necessitante di grandi attenzioni. Le applicazioni di **Design Creation** sono quelle più immature, ma le grandi potenzialità della tecnologia stanno portando numerose aziende ad investire in questa area confidenti dei ritorni che nel medio periodo potranno ottenere.

Guardando all'Italia, il quadro applicativo rimane di fatto comparabile a quanto osservato a livello internazionale. La fiducia delle imprese manifatturiere italiane rispetto alle opportunità offerte dall'intelligenza artificiale è buona, con circa i 2/3 delle imprese convinte che l'AI possa costituire una opportunità per la propria realtà. Le applicazioni più diffuse riguardano l'uso della **Computer Vision** e, più in generale, delle metodologie ricomprese nella classe dell'Intelligent Data Processing con le medesime finalità di quanto osservato a livello internazionale. Agli antipodi troviamo le soluzioni di **Natural Language Processing**, fisiologico in un settore in cui l'analisi e la redazione di testi scritti non costituiscono una attività preponderante, e di **Autonomous Robot**. Quest'ultimo dato è in leggera controtendenza rispetto a quanto osservato all'estero.

### 5.3. I CASI D'USO

#### ROBOT DELTA (PICK & PLACE)

**Processi abilitati:** analisi performance, manutenzione predittiva, supporto alle decisioni

**Settore target:** Food&Beverage (Macchina di packaging)

**Ambito di applicazione:** raggruppamento delle capsule di caffè per tipologia partendo da un flusso di capsule in ordine casuale

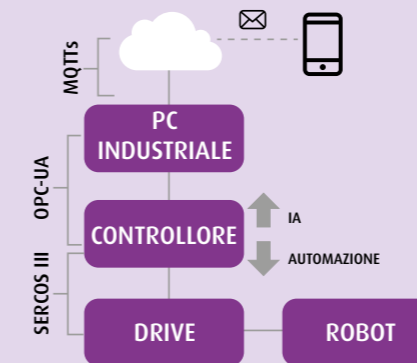
**KPI dello Use Case:** riduzione fermi macchina inaspettati; allungamento della vita utile della macchina

**Tecnologie di automazione:** sensori, motori elettrici, controllore

**Strumenti IT e standard:** raccolta dati dal controllore tramite il protocollo OPC-UA; Invio dati verso il cloud con il protocollo MQTTs

**Implementazione:** Ibrida - Cloud e Locale

#### DIAGRAMMA FUNZIONALE



#### IMMAGINE DEL ROBOT DELTA



## DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA

L'architettura del sistema di automazione è composta da un controllore, un robot delta con tre assi, tre drive (per il controllo degli assi del robot) e un PC industriale (come intermediatore tra l'hardware e il mondo digitale).

Per poter disegnare un sistema di Intelligenza Artificiale il lavoro preliminare è la definizione dei pain point, ovvero gli asset che hanno una usura precoce e che vanno a ridurre la vita utile della macchina.

In questo caso, gli asset identificati sono i tre assi e per ognuno sono state studiate le variabili più significative.

Ai fini di questa analisi è stato sviluppato uno script Python in grado di identificare quali variabili siano significative applicando degli algoritmi basati sulla distribuzione.

I dati che rappresentano lo stato di salute dei pain point indicati, sono raccolti dal controllore e si inviano verso un PC industriale al livello Edge tramite il protocollo OPC-UA.

Come primo passo verso l'AI è stata eseguita una fase di learning per un periodo di circa 2 mesi in cui il robot ha lavorato in continuazione; il campionamento dei dati viene presso ogni millisecondo.

Al livello Edge viene applicata una pre-elaborazione dei dati nell'ambiente di sviluppo open-source NodeRED che ha una capacità importante di integrazione e di comunicazione con sistemi eterogeni.

Grazie all'ambiente di sviluppo NodeRED è stato possibile integrare diversi sistemi eterogeni, ovvero integrazione dei dati che provengono da diverse sorgenti: controllore, variatori di velocità, sensori usando diversi protocolli di comunicazione (HTTPS, Modbus, OPC-UA).

Inoltre, al livello Edge, sempre usando NodeRED è stato sviluppato anche un flusso per fare un'aggregazione dei dati raccolti per ogni 5 minuti con il valore massimo. Il motivo per cui si è deciso di fare un'aggregazione sulla base del valore massimo per ogni 5 minuti è dovuto a uno studio effettuato con un Dipartimento Universitario, in cui si è concluso che non è necessario analizzare i dati ogni millisecondo perché i guasti delle macchine industriali non avvengono con questa velocità e di solito c'è un pattern precauzionale. In più, l'invio del dato con una frequenza più bassa verso il cloud è sicuramente un'ottimizzazione anche in termini di costi della soluzione.

Il dato elaborato viene inviato verso il cloud con il protocollo MQTTs dove poi vengono applicati degli algoritmi di analytics non supervisionati.

Una volta che il sistema dell'AI è stato creato, vengono applicati degli algoritmi di reinforcement learning per garantire di ottenere un sistema intelligente, capace di ricevere feedback dall'utilizzatore, adattarsi e dare dei risultati precisi.



## IMPLEMENTAZIONE E OPERATIONS

Per l'implementazione fisica dell'architettura di un sistema AI, sono coinvolti il costruttore della macchina che ha il know-how della macchina e il vendor della tecnologia di AI.

Il sistema viene poi gestito e supportato direttamente dal costruttore della macchina.

Le decisioni e le azioni che derivano dall'uso del sistema AI sono legate alla manutenzione predittiva e possono essere implementate dal costruttore o dall'utilizzatore finale della macchina, a seconda della presenza di eventuali accordi di service.

### Return On Investment

Il ROI viene misurato prendendo in considerazione il valore dell'investimento per l'uso del sistema di AI, il costo del fermo macchina e il costo della sostituzione di una parte del robot nel caso di eventuale rottura.

Indicativamente, il tempo entro il quale i benefici economici superano il costo è di 12-15 mesi.



## CONDITION MONITORING SPECIALIZZATO PER APPLICAZIONE-MACCHINA

**Processi abilitati:** monitoraggio stato di funzionamento macchina, manutenzione predittiva, supporto alle decisioni

**Settore target:** qualsiasi applicazione di automazione per manifattura discreta con predominanza di attuatori elettrici

**Ambito di applicazione:** applicazioni di movimentazione (robot cartesiani o a portale, trasloelevatori, trasporti a nastro), taglio continuo - estensibili ad altre applicazioni

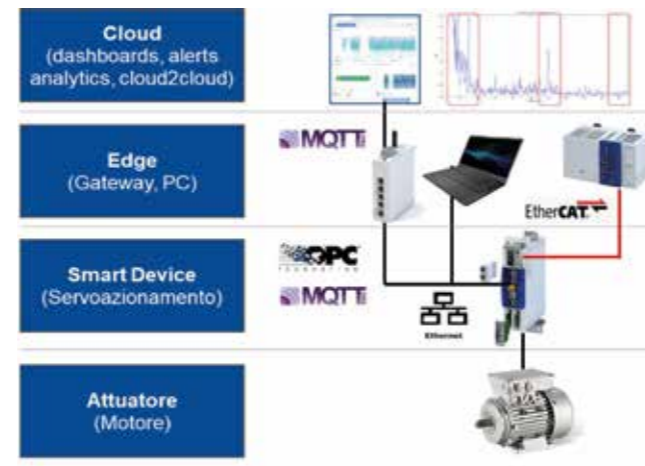
**KPI dello Use Case:** riduzione frequenza e durata fermi macchina inaspettati; supporto a root cause analysis dei fault OEE

**Tecnologie di automazione:** motori elettrici, servo intelligente, PC locale o gateway

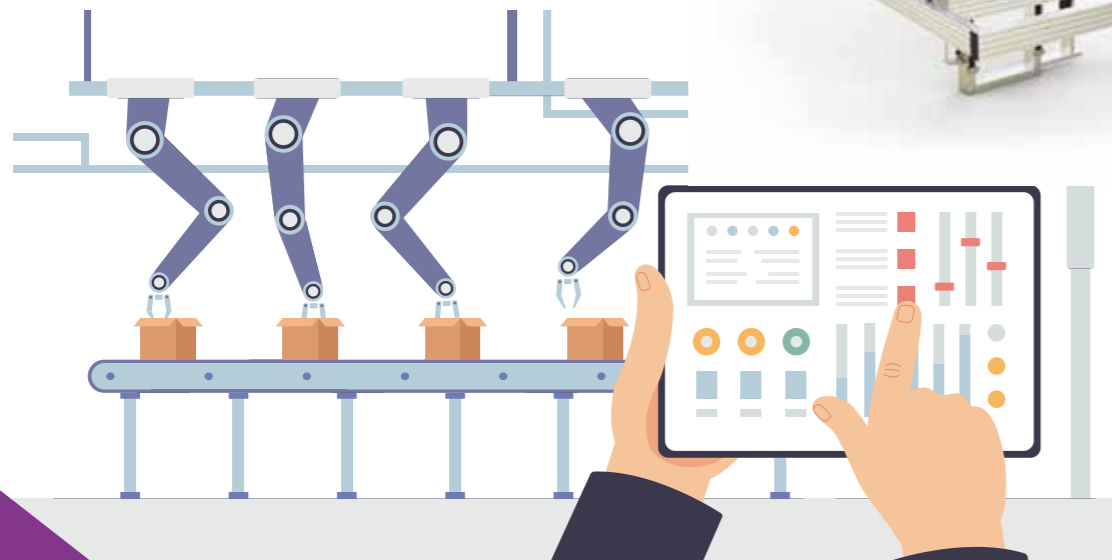
**Strumenti IT e standard:** Raccolta dati dal controllore tramite il protocollo OPC-UA; Invio dati verso il cloud con il protocollo MQTTs

**Implementazione:** sia puro edge che ibrida cloud/edge; cloud2cloud tramite

## ARCHITETTURA IT-OT



## APPLICAZIONE A ROBOT 2 ASSI



## DESCRIZIONE DELL'ARCHITETTURA

L'elemento base delle architetture IT e OT è la coppia servoazionamento/motore (singola nel caso dell'applicazione di taglio tramite lama rotante, doppia nel caso di robot a due assi). Il servoazionamento è controllato tramite Ethercat da un PLC (architettura OT).

L'architettura IT prevede invece che i dati siano trasmessi a un PC locale e/o a un gateway tramite OPC-UA o MQTT. Il gateway invia poi i dati in cloud tramite MQTT, dove possono essere condivisi con ambienti cloud privati o pubblici (es. Azure, AWS) tramite API cloud2cloud. L'architettura è strettamente sensorless: il servoazionamento stesso rileva i dati oggetto di analisi. In caso di analisi che richiedono una banda passante molto elevata (es. analisi delle armoniche superiori del sistema), è possibile pre-analizzare i dati sul servodrive ed esportarli via Ethernet.

L'analisi è basata sul confronto tra modelli nominali preconfigurati per la specifica applicazione del modulo macchina e i dati rilevati dal campo. Sono disponibili modelli nel dominio tempo e nel dominio frequenza. Questi ultimi sono indicati per sistemi con fenomeni di risonanza evidenti. L'architettura IT supporta inoltre l'uso di AI per integrare i modelli nominali: l'applicazione può essere scomposta in moduli descritti analiticamente e moduli per cui si implementano soluzioni di reti neurali/regressione.

Durante la vita della macchina, al crescere della base dati, è possibile enfatizzare il ruolo del machine learning in affiancamento o in sostituzione dei moduli nominali.

## IMPLEMENTAZIONE E OPERATIONS

La parametrizzazione dei modelli nominali avviene in collaborazione tra il fornitore di automazione e il costruttore della macchina. L'aggiornamento dei parametri del modello nominale a seguito di variazioni delle condizioni operative può essere svolto con facilità dall'utente finale. L'applicativo cloud consente all'utente finale di discriminare gli interventi in base a gravità e complessità, intervenendo direttamente ove opportuno o coinvolgendo se necessario il costruttore della macchina o il vendor di automazione attraverso lo stesso applicativo cloud.

## Return On Investment

La facilità di parametrizzazione del modello e l'assenza di sensoristica aggiuntiva consentono di recuperare l'investimento in pochi mesi (a seconda del caso specifico) grazie alla riduzione di frequenza e durata dei fermi.

## APPLICAZIONI DI ADAPTIVE INTELLIGENT PER IL MANUFACTURING

Nell'attuale contesto di business, le aziende devono utilizzare un approccio fortemente basato sui dati, per realizzare risparmi significativi e raggiungere una maggiore eccellenza operativa, rendendole più agili e competitive.

Le tecniche di reporting operativo e di business intelligence tradizionali non forniscono risposte concrete alle difficili domande poste dagli utenti del settore manifatturiero perché si concentrano su "What Happened" e non su "Why It Happened". In molti casi, gli utenti del settore manifatturiero potrebbero anche non conoscere le domande giuste da porre. L'aspettativa degli utenti è quella di poter disporre di un "sistema esperto" basato su ML / AI, capace di lavorare automaticamente sull'apprendimento e fornire approfondimenti, previsioni, raccomandazioni e suggerimenti. Quindi è innanzitutto importante capire quali sono i dati che necessariamente vanno raccolti. I produttori hanno a che fare con due principali categorie di dati. In primo luogo, i dati IT (Information Technology) provenienti da applicazioni aziendali come ERP / SCM / CRM / HCM / MES / Qualità ecc. E, in secondo luogo, i dati OT provenienti dal mondo fisico di macchine, apparecchiature, sensori, stazioni di prova ecc. I dati OT devono essere ulteriormente contestualizzati con i dati IT per avere una visione olistica di ciò che sta accadendo.

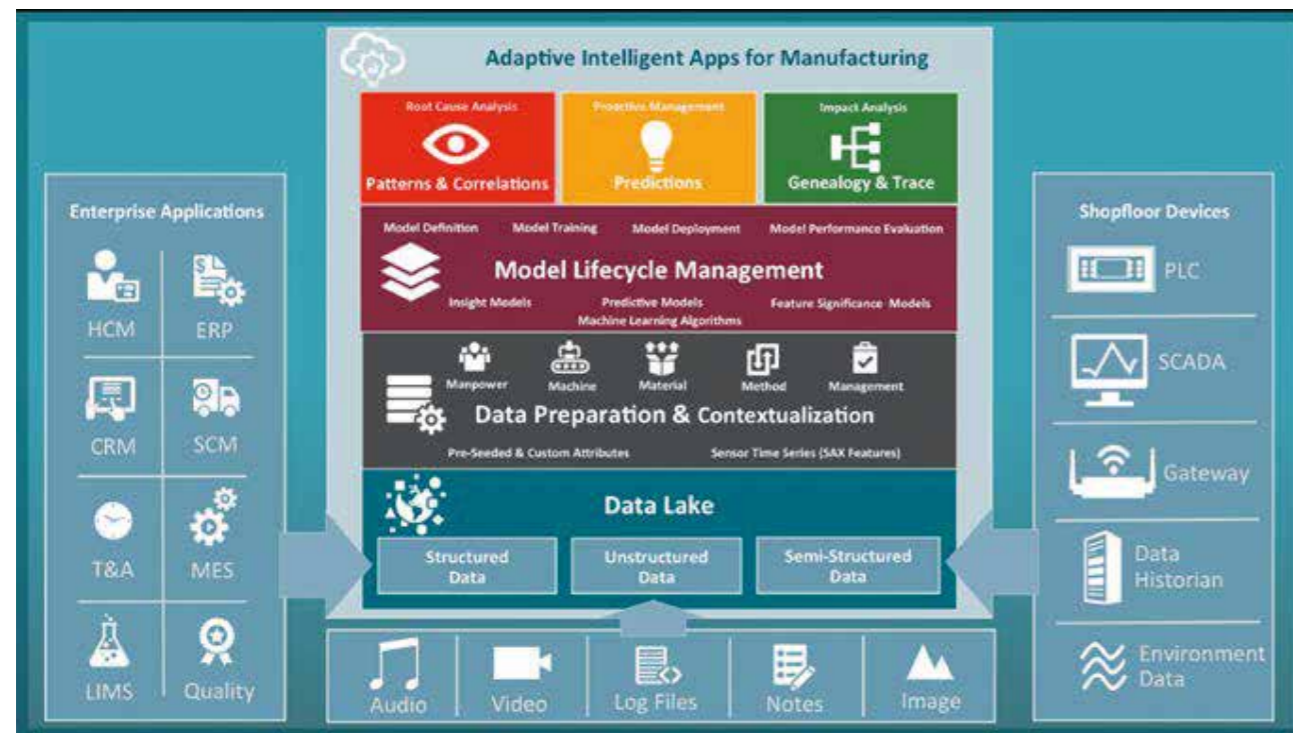


Fig. 6: Modello di Digital Enterprise

Nella Fig. 6, si vede come un provider tecnologico ha interpretato questa esigenza. Sfruttando questo concetto, sono di fatto state sviluppate e rese disponibili applicazioni specifiche capaci di fornire funzionalità complete per la tracciabilità all'indietro e in avanti di prodotti e processi che coprono manodopera, macchine, materiale, metodo e informazioni relative alla gestione e facilitare la rapida analisi della causa, dell'impatto e del contenimento.

### Domande alle quali le applicazioni possono fornire risposta:

- Esistono modelli nei dati che sono fortemente correlati alla perdita di rendimento o ai difetti?
- Esiste una correlazione tra guasti del prodotto sul campo o resi dei clienti e il processo di fabbricazione utilizzato?
- Quali sono i principali fattori che influenzano la qualità, la resa e il tempo di ciclo?
- Possiamo prevedere le deviazioni del processo e i difetti del prodotto nelle prime fasi della produzione per ridurre al minimo scarti e rilavorazioni?
- Possiamo rintracciare l'uomo, la macchina, il metodo e il materiale per prodotti difettosi e identificare prodotti simili e clienti interessati (richiamo intelligente)?

### Come funzionano le applicazioni e come lavorano sui dati.

#### 1. Acquisizione e Data Storage

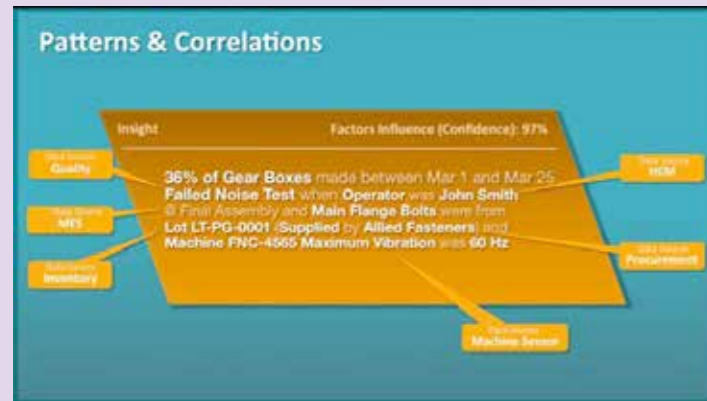
- Data from Machines and Equipment: funzionalità di caricamento automatico e manuale per inserire dati da apparecchiature, macchine e strutture abilitate per sensori in officina.
- Data from Enterprise Applications: import dei dati da applicazioni transazionali come MES, gestione della qualità, LIMS, ERP, SCM, HCM e CRM.
- Embedded Data Management Platform: data lake che memorizza dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati provenienti da una varietà di fonti.

#### 2. Contestualizzazione e preparazione dei dati

- OT and IT Data Contextualization: contestualizzazione dei dati provenienti da macchine e apparecchiature abilitate per i sensori (dati OT) con dati transazionali (dati IT) provenienti da MES, gestione della qualità, LIMS, ERP, SCM, HCM e CRM, per ottenere un'istantanea completa dello stato di produzione in un dato momento.
- Sensor-Time-Series Data: conversione dei flussi continui di dati (serie temporali) provenienti da sensori su macchine e apparecchiature in aggregati di finestre temporali utilizzando SAX (Symbolic Aggregate approXimation) per facilitare l'analisi dell'apprendimento automatico.
- 5M Data Preparation: organizzazione dei big data presenti nel data lake in 5M category (manodopera, macchina, metodo, materiale e management) con una libreria pre-seeded di attributi, per facilitare l'analisi dell'intera produzione.

### 3. Model Lifecycle Management

- Model Creation: interfacce utente semplici e intuitive per consentire ai data scientist di creare un numero illimitato di modelli descrittivi e predittivi per l'analisi di KPI come rendimento, qualità, tempo di ciclo, scarti, rilavorazioni, costi e altri.
- Model Training and Deployment: addestramento continuo dei modelli con set di dati storici per raggiungere i livelli di precisione richiesti. La distribuzione one-touch consente di distribuire immediatamente modelli selezionati per monitorare i processi di produzione in corso.
- Model Performance Evaluation: lavora sull'accuratezza dei modelli predittivi utilizzando una matrice di confusione confrontando i valori previsti con gli effettivi e continua a perfezionare i modelli per una maggiore accuratezza.



Grazie a queste caratteristiche, è possibile implementare i seguenti casi di uso:

#### Insights (Patterns and Correlations Analysis)

- 5M Input Factors: analisi 5M sulle informazioni da operation e produzione per comprendere l'impatto sui principali risultati aziendali.
- Top Influencing Factors: per identificare i fattori e le variabili nell'ambiente di produzione che hanno la maggiore influenza sulle principali metriche delle prestazioni.
- Patterns and Correlations from Historical Data: per identificare la relazione tra una moltitudine di fattori e variabili che influenzano il processo di produzione e che influiscono su KPI come rendimento, qualità, tempo di ciclo, scarto, rilavorazione e costi.



Fig. 7a: Esempio di interfaccia conversazionale  
Fig. 7b: Esempio di consolle eventi e analytics

#### Predictive Analysis

- Critical Outcomes During Manufacturing: confronta le attuali condizioni di produzione con i modelli dell'analisi dei dati storici per prevedere la potenziale perdita di rendimento e difetti del prodotto.
- Prediction Alert Rules: configurare l'applicazione per ricevere avvisi per previsioni che soddisfano condizioni specifiche come % di affidabilità, contesto del prodotto, ecc.
- Downstream Orchestration: connessione con servizi REST per avvisi predittivi (ad esempio, mettere in attesa un lavoro, creare non conformità di qualità, ecc.) così da creare transazioni in altre applicazioni.

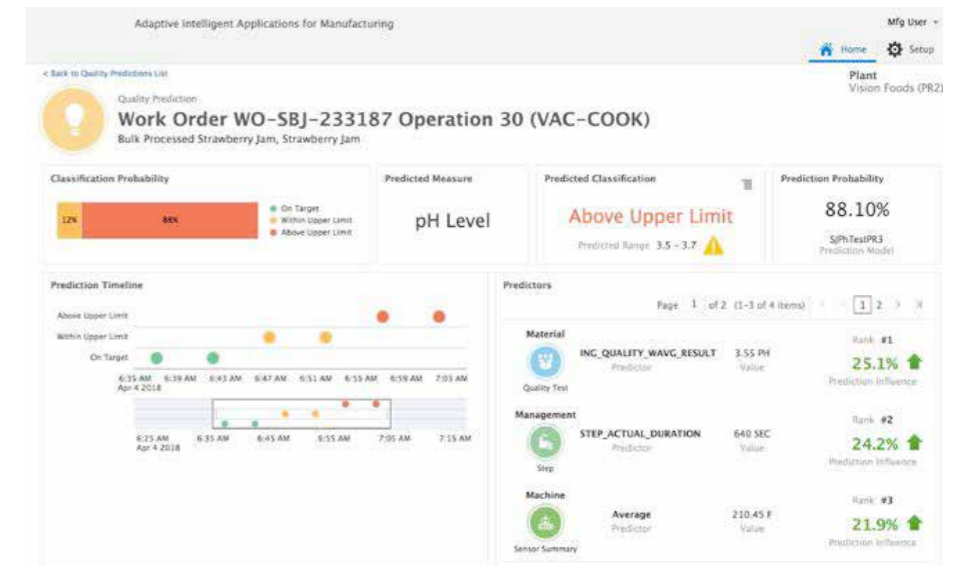


Fig. 8: Impatti sugli ordini di lavorazione



## Genealogy and Traceability Analysis

- Self-Guided Navigation for Traceability: un'intuitiva navigazione basata su grafici, per attraversare l'intero processo di produzione ed identificare le informazioni relative a 5M (manodopera, materiale, metodo, macchina, gestione).
- Time-Window Traceability: per un dato periodo di tempo, visualizza tutti gli eventi di produzione rilevanti come anomalie nella lettura del sensore della macchina, allarmi / avvisi, risultati del test di qualità, avvio / arresto dell'ordine di lavoro e cambiamenti di stato come rilasciati, in attesa, ecc.
- Impacted Products and Customers: Tracciamento di qualsiasi combinazione di fattori produttivi per identificare i prodotti realizzati in tali condizioni ed analisi dei clienti interessati.

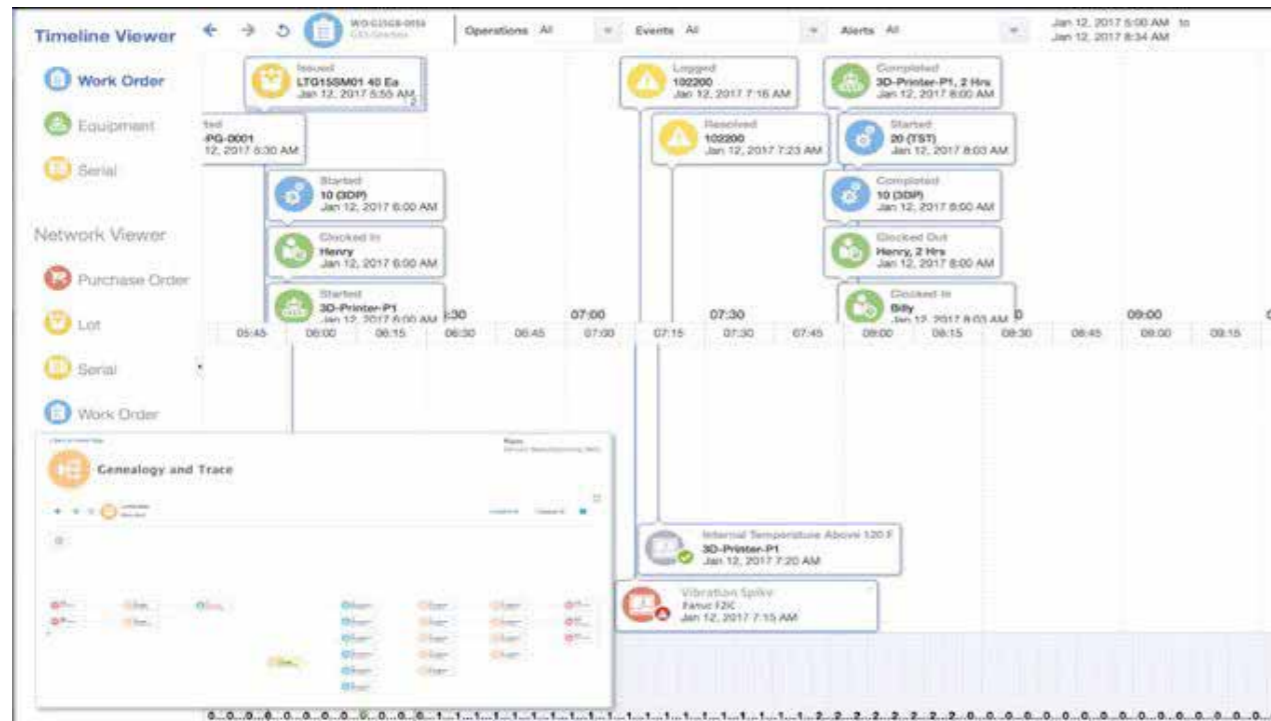


Fig. 9: Genealogia e tracciamento dei fattori impattanti la produzione

## L'Intelligenza Artificiale "Acustica" quale tecnologia 4.0 abilitante soluzioni di assistenza virtuale per l'addestramento e supporto alle operazioni di collaudo e riparazione a distanza di componenti aeronautici.

### Processi abilitati:

Automazione delle operazioni di collaudo tramite applicazione basata sull'Intelligenza Artificiale Acustica, auto addestrata, con funzionalità predittive sull'integrità strutturale di componenti "critici" nell'aerospace.

Ottimizzazione dell'addestramento manutentivo a distanza tramite il supporto di un virtual assistant.

### Settore target:

Collaudo strutturale non distruttivo di componenti e prodotti finiti.

Precise repair delle strutture di componenti aeronautici.

### KPI dello Use Case:

Ottimizzazione degli interventi manutentivi di riparazione e incremento della precisione nella identificazione della loro posizione spaziale.

Ottimizzazione del ciclo di vita di utilizzo del componente aeronautico.

Riduzione dei rischi di rottura del componente durante le fasi di esercizio.

### Tecnologie di automazione:

Microfoni, telecamere, algoritmi di Intelligenza Artificiale Acustica (Software as a Service).

### Strumenti IT e standard:

Abbinamento dei file multimediali con la posizione spaziale della struttura da cui viene generato il sonoro per effetto dell'operazione di collaudo

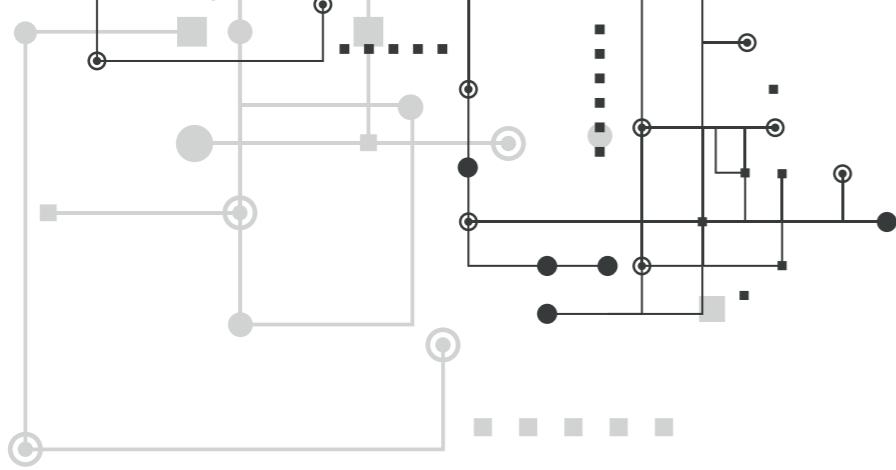
AI Acustica (SaaS)

Modelli fisici

Digital Twin

Protocollo MQTT

Implementazione: Cloud



**Diagramma e immagine significativi**

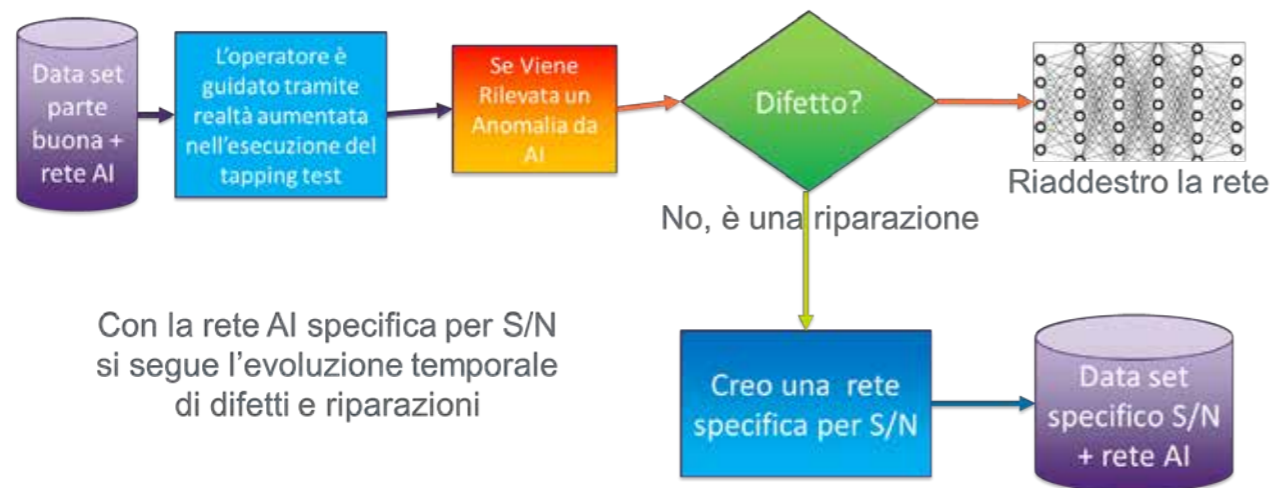


Fig. 10: Workflow operativo dell'interazione fra l'AI e l'Operatore durante un Tapping Test

**Architettura e Flusso Dati**

La piattaforma è costituita da:

- Un Casco di Realtà Aumentata, dotato di una elevata capacità computazionale. Il device è in grado di operare stand-alone da altri dispositivi; quindi non necessita di collegamento ad un'altra periferica o PC.

Il Casco fra le sue funzionalità permette, oltre al riconoscimento della geometria dello spazio circostante, di associare ad ogni suono la corrispondente posizione spaziale.

Fig. 11: Casco AR



Fig. 12: Riconoscimento della geometria dello spazio circostante e della posizione del suono

- Uno specifico applicativo software installato nel Casco che, per ogni pala inquadrata, genera un reticolo che viene posizionato in sovrapposizione sulla pala stessa con una risoluzione/dettaglio desiderati.

Ogni singola "Martellata" viene registrata e, in base alle logiche del software, inviata al Cloud Service.

Casco per Realtà Aumentata con Microfono 3D

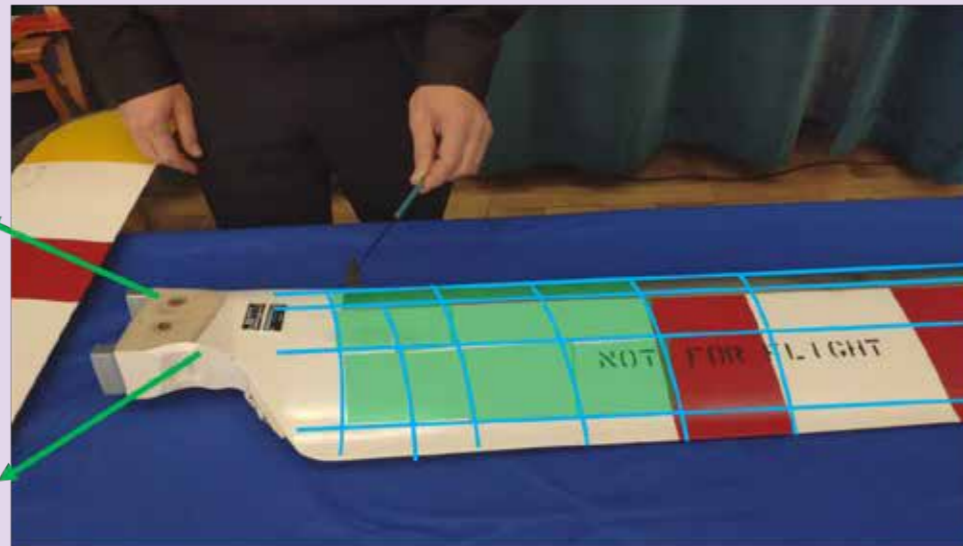


Fig. 13: Riconoscimento della geometria dello spazio circostante

- L'applicazione AI Acustica in Cloud con funzionalità di Addestramento, Riconoscimento e Scoring. In particolare, durante l'Addestramento dell'AI Acustica, viene richiesto all'Operatore di ripetere più volte, per ciascun reticolo, il test di tapping sino a quando l'applicazione stessa non valuta, in base all'algoritmo proprietario, di disporre di dati a sufficienza per realizzare un modello AI valido.

In fase di Riconoscimento/Scoring è quindi disponibile, per ciascun reticolo, un modello AI dedicato che il software installato nel Casco valuta di interrogare in base alla posizione in cui viene effettuato il Tapping Test.

## La soluzione - Riconoscimento

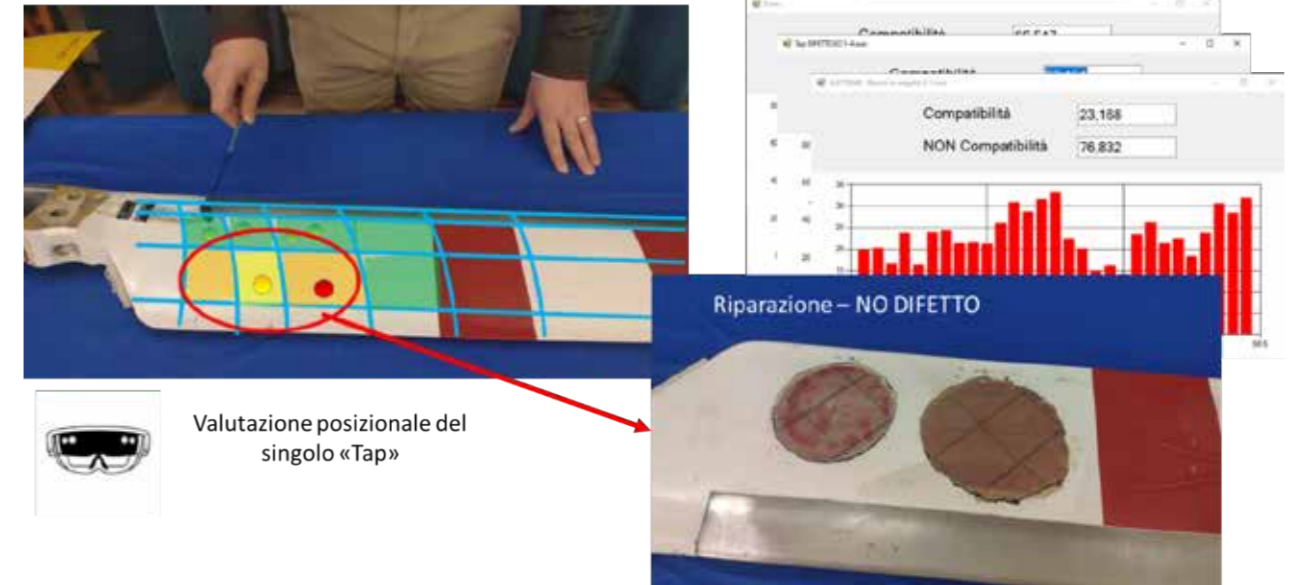


Fig. 14: Associazione del suono alla corrispondente posizione spaziale del singolo "Tap"



### INTERFACCIA UOMO/MACCHINA

L'interfaccia uomo/macchina avviene tramite il Casco di Realtà Aumentata.

La sua interfaccia visiva e operativa è posta completamente all'interno della vista Operatore e si sovrappone in maniera intelligente alla pala guidandolo nelle azioni successive che devono essere reiterate.

L'interfaccia richiede all'Operatore esclusivamente di indicare se l'operazione si riferisce ad una fase iniziale di Training dell'AI o ad una fase di Riconoscimento/Scoring.

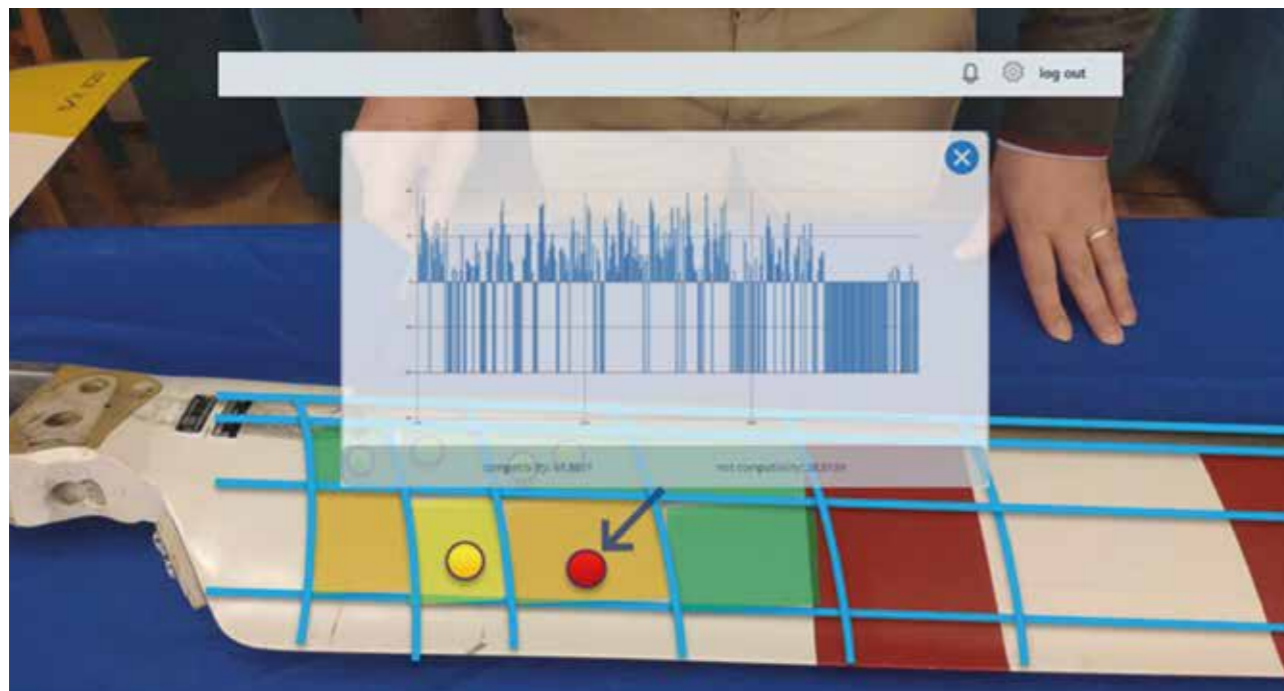


Fig. 15: Vista dal Casco dello scoring puntuale su un singolo Tap

## IMPLEMENTAZIONE E OPERATIONS

L'architettura è fisicamente implementata dal fornitore della soluzione applicativa.

L'applicazione di Intelligenza Artificiale Acustica ha permesso di mettere a punto un sistema che consente di identificare quando una pala di un elicottero è prossima ad una rottura strutturale. Tale componente è realizzato in materiale composito, con una stratificazione interna molto sofisticata: l'orientamento delle fibre di carbonio è progettato e realizzato, infatti, in funzione della direzione delle sollecitazioni generate durante il funzionamento. Le fibre di carbonio, nonostante l'insita rigidità strutturale e le proprie elevatissime caratteristiche di resistenza meccanica alla trazione, collassano singolarmente e progressivamente con l'incremento del numero di ore di volo fino ad arrivare alla rottura definitiva della parte strutturale della pala incapace a resistere all'entità delle sollecitazioni concentrate, evento ovviamente da scongiurare.

Per prevenire la rottura, la pala dell'elicottero è sottoposta al cosiddetto "Tapping Test" che viene eseguito con cadenze predefinite, in funzione del numero di ore di volo. Le procedure convenzionali prescrivono che durante il test l'addetto al controllo agisca con un martelletto apposito colpendo una predeterminata zona della superficie della pala, ascoltando il rumore generato da tale operazione e segnalando la necessità di un intervento manutentivo sulla porzione della struttura interessata come conseguenza di un suono anomalo generato durante il test.



La soluzione di Acoustic AI è concepita per automatizzare le operazioni manuali di "Tapping Test" sulla pala di un elicottero tramite l'applicazione basata sull'Intelligenza Artificiale Acustica, auto addestrata, con la quale è possibile prevenire gli esiti sull'integrità strutturale di tale componente in modo da ottimizzarne gli interventi manutentivi di riparazione. Il sistema si avvale dell'interazione dell'Intelligenza Artificiale sia con l'ambito dell'addestramento sulle migliori pratiche di testing e manutentive, che grazie all'utilizzo di piattaforme virtuali possono essere notevolmente ottimizzate e velocizzate, sia con l'attività di manutenzione/riparazione a distanza tramite il supporto della funzionalità di un virtual assistant.

Nello specifico l'applicazione di Acoustic AI ascolta il suono generato dal Tapping Test e con l'ausilio di un Casco a Realtà Aumentata, che sovraimprime un reticolo virtuale sulla pala durante l'operazione di martellamento, in base al punto in cui la si colpisce, addestra una rete neurale che riconosce esattamente il suono generato da una pala nuova, in assenza di anomalie strutturali, da quello generato da una pala caratterizzata da una determinata durata di utilizzo o che è stata oggetto di una precedente riparazione. Quando, infatti, si martella una pala di un elicottero si riscontrano, punto per punto, le anomalie in una scala da 0% a 100%, laddove il 100% identifica la conformità del comportamento strutturale in assenza di difetti, mentre lo 0% identifica, rispetto ad una situazione di riferimento, una forte anomalia di comportamento strutturale della pala in quel determinato punto.

### Ritorno dell'investimento:

- Ottimizzazione del circolante dei componenti "critici" fra quelli in esercizio e quelli in riparazione
- Migliore pianificazione degli interventi di sostituzione dei componenti "critici"
- Riduzione costi di fermo veicolo per interventi di riparazione straordinaria

Benefici cash Vs costi investimento: pay-back period non superiore mediamente ai 3-4 mesi.

## APPLICAZIONI IN AMBITO PROGETTAZIONE/DESIGN

AI/ML trovano applicazione nella fase di progettazione dello sviluppo prodotto, in combinazione con il gemello virtuale e la simulazione per la progettazione iterativa. Queste tecnologie sono infatti in grado di analizzare e valutare milioni di varianti e opzioni progettuali diverse, e identificare automaticamente la soluzione che ottimizza un insieme di criteri, come ad esempio costo, proprietà meccaniche, requisiti normativi, ...

Nella fase concettuale AI/ML possono essere applicate a sistemi cognitivi di ricerca ("cognitive search systems") per aiutare i designer a esplorare diversi "design concept" utilizzando funzioni di ricerca di immagini e testo, e capire attraverso l'analisi automatizzata di informazioni provenienti da fonti esterne come social media o customer feedback e recensioni.

## APPLICAZIONI IN AMBITO SOURCING E STANDARDIZZAZIONE

I costi di acquisti/approvvvigionamento, progettazione e produzione sono funzione anche del numero di parti e componenti diversi che costituiscono i prodotti a portafoglio dell'azienda. Sviluppo di nuovi prodotti, iniziative di innovazione, acquisizioni e riorganizzazioni, possono portare a una proliferazione eccessiva del numero di parti e componenti a catalogo, andando ad incrementare i costi. Sarebbe essenziale consolidare un catalogo ottimizzato di componenti, andando ad analizzare tutti quelli esistenti ed identificando opportunità di standardizzazione. Spesso la complessità da gestire è estremamente elevata per i team coinvolti, ed è qui che tecniche di IA/ML possono essere di supporto con applicazioni in grado di analizzare i singoli componenti, categorizzarli e raggrupparli sulla base delle loro caratteristiche semantiche e della loro forma, identificando similarità e aggregando le relative informazioni tecnologiche e di business, per eliminare inutili duplicazioni e ridurre la complessità.

Queste soluzioni IA/ML supportano la funzione acquisti/procurement e i team coinvolti nel processo di sviluppo prodotto ad affrontare problematiche come la definizione degli standard di parti e componenti, il loro riutilizzo per progetti diversi, le scelte "make or buy", migliorando così l'efficienza dei costi.



## 5.4 IL PERCORSO DI ADOZIONE

Le imprese hanno iniziato a comprendere le opportunità offerte dall'intelligenza artificiale, e stanno iniziando a valutare come potere trarre il massimo beneficio dalla sua introduzione in azienda. Il percorso di adozione, tuttavia, è complesso e multidimensionale.

Per questo motivo, l'Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano ha definito un modello di riferimento, denominato AI Journey, che possa fungere da riferimento per le imprese. Attraverso questo modello sono state identificate 5 dimensioni da presidiare per fare sì che l'azienda sia pronta ad affrontare un qualsiasi progetto di intelligenza artificiale:

- **Dati e patrimonio informativo:** misura il livello di quantità, qualità e gestione dei dati necessari per lo sviluppo di algoritmi di AI;
- **Metodologie e algoritmi:** indica la capacità di comprendere le metodologie e gli algoritmi di AI;
- **Modelli di governance e competenze:** misura la capacità di possedere o acquisire competenze necessarie per lo sviluppo di un'AI;
- **Cultura aziendale:** indica la diffusione di una cultura aziendale propensa ai cambiamenti dovuti allo sviluppo e all'adozione di sistemi di intelligenza artificiale;
- **Relazione con il cliente:** misura la comprensione, accettazione o addirittura il desiderio degli utenti finali di prodotti o servizi di AI.



Fig. 16: Il modello AI Journey sviluppato dall'Osservatorio Artificial Intelligence del Politecnico di Milano



L'approccio tipico verso l'intelligenza artificiale vede un primo step verso la sistematizzazione e l'arricchimento del proprio patrimonio informativo, consapevoli del fatto che alla base della maggior parte delle applicazioni di AI ci sono i dati dell'azienda, necessari in quantità, profondità e qualità adeguate. Una buona qualità e ricchezza delle informazioni consente quindi di avviare la sperimentazione delle prime metodologie AI, partendo da quelle più consolidate (o addirittura pronte all'uso in pacchetti SW a scaffale), via via esplorando l'uso di librerie e piattaforme di sviluppo che permettono una maggiore flessibilità e, sovente, migliori prestazioni a patto di avere le competenze adeguate. Molte imprese italiane oggi sono in questa situazione.

Le dimensioni legate alla cultura aziendale e alla relazione con il cliente, invece, non sembrano ancora percepite come prioritarie sebbene in alcune progettualità, l'aver seminato cultura internamente o esternamente all'azienda possa essere un fattore determinante per il successo o meno dell'iniziativa.

## 6. IL FUTURO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELL'INDUSTRIA

### 6.1. COSTRUIRE UNA DATA DRIVEN ENTERPRISE

Nel contesto manifatturiero l'obiettivo è l'integrazione tra le tecnologie di shop-floor e l'information technology che supporta i processi gestionali. Se guardiamo dalla prospettiva dell'IT, una forte automazione permette di cogliere tutte quelle opportunità di business derivanti dalla capacità di dominare a pieno tutti i processi chiave e contemporaneamente, ridurre il livello di rischio. Su un piano strategico, l'automazione consente poi di elaborare gli scenari potenziali e valutare la loro evoluzione sulla base dei dati di input. La grande quantità di dati oggi disponibili permette infatti di lavorare alla costruzione di percorsi decisionali su tutta la catena delle operations. Dall'analisi del mercato, della rete di fornitura, della capacità interna e delle terze parti di produrre e distribuire, è possibile ricavare tutti gli insight necessari per definire strategie aziendali volte all'ottimizzazione del risultato end to end e, per manager ed operativi, prendere le migliori decisioni.

In questo nuovo panorama di integrazione funzionale, le nuove tecnologie permettono di costruire quella che viene definita data driven enterprise. Nella data driven enterprise, cade l'organizzazione per silos, cedendo il passo ad un modello organizzativo collaborativo ed interconnesso, dove tutte le aree che vanno dall'innovazione di prodotto, al procurement, alla produzione, vendite e logistica sono in costante dialogo. Un modello di impresa dove la capacità di saper leggere le informazioni funzionali al business, diviene elemento chiave per la competitività. Insieme chiaramente alle capacità dell'uomo di fornire un apporto fondamentale, grazie alle sue prerogative, oggi supportate da una tecnologia capace di essere veramente un utile compagno di lavoro.

L'Intelligenza Artificiale rappresenta di certo l'elemento chiave in questa nuova visione. Una recente ricerca (BCG & MIT Sloan Management Review, Reshaping Business with Artificial Intelligence) racconta che l'84% delle aziende intervistate hanno dichiarato che l'intelligenza artificiale rappresenterà per esse il fattore competitivo nei prossimi anni. Autorevoli fonti (IDC, Gartner, Deloitte) riportano come la spesa in sistemi AI arriverà nel 2023 a circa 98 billion \$, che già nel 2020 circa l'80% delle applicazioni cloud enterprise faranno uso di AI e che l'AI contribuirà all'economia mondiale per più di 10 trillion \$ entro il 2030.

È chiaro come per poter sfruttare al meglio le potenzialità dell'AI in un simile contesto, il dato rappresenta il punto di partenza su cui porre attenzione. Oggi le aziende spendono più tempo a collezionare dati che nelle attività legate all'analisi degli stessi. Nella maggior parte dei casi è molto complesso estrarre dati che spesso risiedono in sistemi legacy. Ed in ultimo, la capacità di integrare dati afferenti a diversi processi risulta appannaggio di pochi.

Su questo fronte è bene quindi riportare alcune raccomandazioni in materia:

- Per ottenere indicazioni di valore, i dati utilizzati devono avere una elevata qualità. Vale la regola che in inglese suona “Garbage in, garbage out” (cattiva qualità dei dati in input, cattiva qualità degli insight);
- I dati devono essere rappresentativi e completi. Se infatti il modello AI non viene alimentato con dati che rappresentano il contesto nel suo complesso, il suo output rischierà di essere non aderente alla situazione reale;
- I dati devono essere attuali ed includere segnali dinamici. Solo in questo modo è possibile ottenere dall’AI risultati utili ad affrontare le situazioni correnti.

Per garantire accesso sostenibile a questa importante tecnologia, mantenendo le prerogative sopra esposte, un importante provider tecnologico ha scelto ad esempio, oltre che rendere disponibile l’AI a tutti i livelli, di incorporare l’intelligenza artificiale nelle Enterprise Application, disponibili in Cloud attraverso un modello Software as a Service. In questo modo, aziende di ogni dimensione possono accedere in modo scalabile e sulla base del reale utilizzo delle risorse a strumenti per loro natura molto complessi da gestire in autonomia e caratterizzati da elevati livelli di investimento necessario.

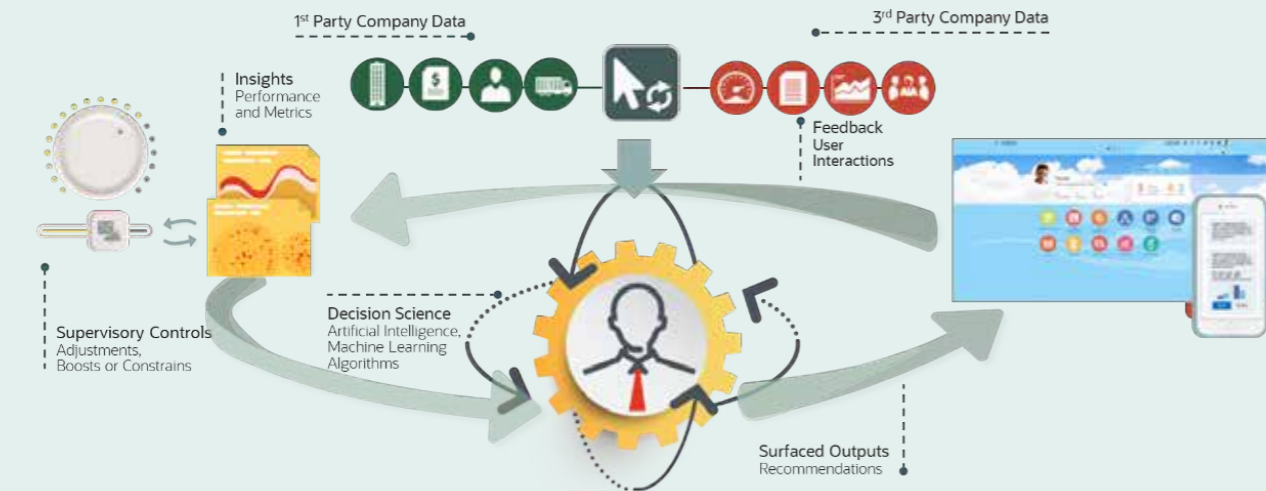


Fig. 17: L'immagine fornisce una rappresentazione grafica dell'approccio esposto

Si vuole qui enfatizzare come i dati che provengono dal comportamento dei clienti possano essere utilizzati come fonte di alimentazione di informazioni per l'ecosistema. Nel dettaglio, le classi di dati utilizzati vengono inserite nel processo di modellazione AI, attivando poi un meccanismo di feedback che istruisce l'algoritmo ML. I risultati sono resi disponibili al livello delle applicazioni enterprise, consentendo agli utenti di business di rimanere al livello di “superficie”.

Se stringiamo il focus all'area Supply Chain, l'AI può supportare processi innovativi quali ad esempio:

- Predict Demand
- Identify “At-Risk” Deliveries
- Anomaly Detection
- Maintenance Prediction and Planning
- Pattern Analysis
- Predict Operations Yield and Throughput
- Predict Product Quality, Scrap, and Returns
- Supplier Spend Intelligence
- Smart Supplier Profile
- Supplier Categorization
- Supplier Spend Advanced Insights
- Intelligent Payment Discount



Fig. 18: La Fig. riporta schematicamente l'organizzazione di una data drive company fondata sull'adozione di nuove tecnologie ed AI, con la realizzazione di una Digital Supply Chain

Come si può vedere, sono tre le fasi su cui questo organismo basa il suo funzionamento:

- Detect: la capacità di raccogliere informazioni;
- Decide: la capacità di elaborare le informazioni grazie all'adozione dell'AI;
- Execute: la capacità di utilizzare applicazioni enterprise per l'execution dei processi, grazie al supporto dell'AI, anche in termini di interfaccia utente.



Fig. 19: Viene schematizzato un processo di Supplier Intelligence. Ripercorrendo i passi sopra analizzati e tenendo conto di tutte le raccomandazioni precedentemente esposte, è possibile utilizzare l'AI per gestire in modo ottimizzato il parco dei propri fornitori in modo dinamico e multidimensionale.

## 6.2. AUTOMAZIONE 5.0: VERSO PIATTAFORME DI CONTROLLO "AS A SERVICE"

Automazione 5.0 deriva dai progressi dell'Industria 4.0 e permette di introdurre il nuovo concetto di automazione completa con "intelligenza autonoma". Dopo gli sviluppi significativi di nuove tecnologie che vanno dall'IoT, al cloud computing, agli analitici e al "machine learning", a valle della fase di Industria 4.0, nel prossimo decennio, **l'automazione e il controllo dei processi manifatturieri** saranno soggetti, come in altri settori industriali, allo **sviluppo di una nuova generazione tramite l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale**. Con l'analitica sempre più basata su una scienza informatica cognitiva e il cloud computing che diventa una soluzione di largo consumo, sicura e a basso costo, le soluzioni d'avanguardia e i relativi benefici si baseranno su sistemi intelligenti completamente automatizzati, lasciando gli utenti finali totalmente liberi dall'infrastruttura, potendosi così concentrare maggiormente sul core business. Guardando oggi all'evoluzione dell'automazione, con una visione a lungo termine, solo sensori e dispositivi di controllo finale verranno installati nel sito di produzione, ognuno dotato del proprio indirizzo IP individuale e con alcune funzionalità di "edge computing" in casi specifici. Il sistema di controllo completo sarà guidato sempre più da un'architettura definita "Software Defined Automation" (SDA) basata su una piattaforma in esecuzione nel cloud (pubblico o privato) e spostandosi progressivamente verso soluzioni "As-a-Service". Le applicazioni di cognitive computing saranno in grado di analizzare tonnellate di dati e prendere decisioni in modo tempestivo, guardando da un lato alle prestazioni del processo, ma anche evitando incidenti o condizioni anomale. L'automazione 5.0 progredirà con due approcci principali, sequenziali e/o con paralleli, ma comunque basati su una forte componente di AI:

- **Intelligenza Aumentata** in cui la piattaforma di automazione permetterà le interazioni consentendo agli operatori di identificare e collegarsi in remoto, tramite dispositivi portatili, a tutte le apparecchiature, analizzando le informazioni e fornendo azioni per integrare il sistema di controllo centrale, mantenendo quindi una significativa interazione uomo-macchina;
- **Intelligenza Autonoma** dove la piattaforma di automazione sarà completamente autonoma nelle decisioni, incorporando una capacità di autoapprendimento per la gestione completa delle operazioni dell'impianto, riducendo sostanzialmente a zero le interazioni uomo-macchina.

Tuttavia, oggi, aziende con automazione spinta, in settori considerati ad alto rischio come Chimico, Petrolchimico, O&G, etc., utilizzano sistemi autonomi e robot essenzialmente solo per svolgere compiti particolari e specifici in territori difficili o ambienti altamente pericolosi. La ragione di questo limitato uso, per la maggior parte delle società operative, risiede nella preoccupazione che continua a destare la sicurezza informatica e l'affidabilità che l'intera infrastruttura di una "Intelligenza Autonoma Centrale" può comportare. Va però sottolineato che, recentemente, la tecnologia di Cyber Security sta progredendo velocemente a tutti i livelli (privato e industriale) dimostrando, passo dopo passo, la robustezza che il nuovo livello di automazione può raggiungere. Anche in questo caso l'intelligenza artificiale viene in aiuto. Infatti, l'introduzione di metodologie di "machine learning" permette ai sistemi di protezione informatica di imparare il comportamento "normale" di una rete e di rilevare eventuali discrepanze tra il sistema simulato e l'attività di traffico reale del network in oggetto. Questo consente di creare un'allerta che, anticipando gli effetti della violazione o del malfunzionamento informatico, permette di intraprendere le adeguate azioni correttive e/o di blocco.



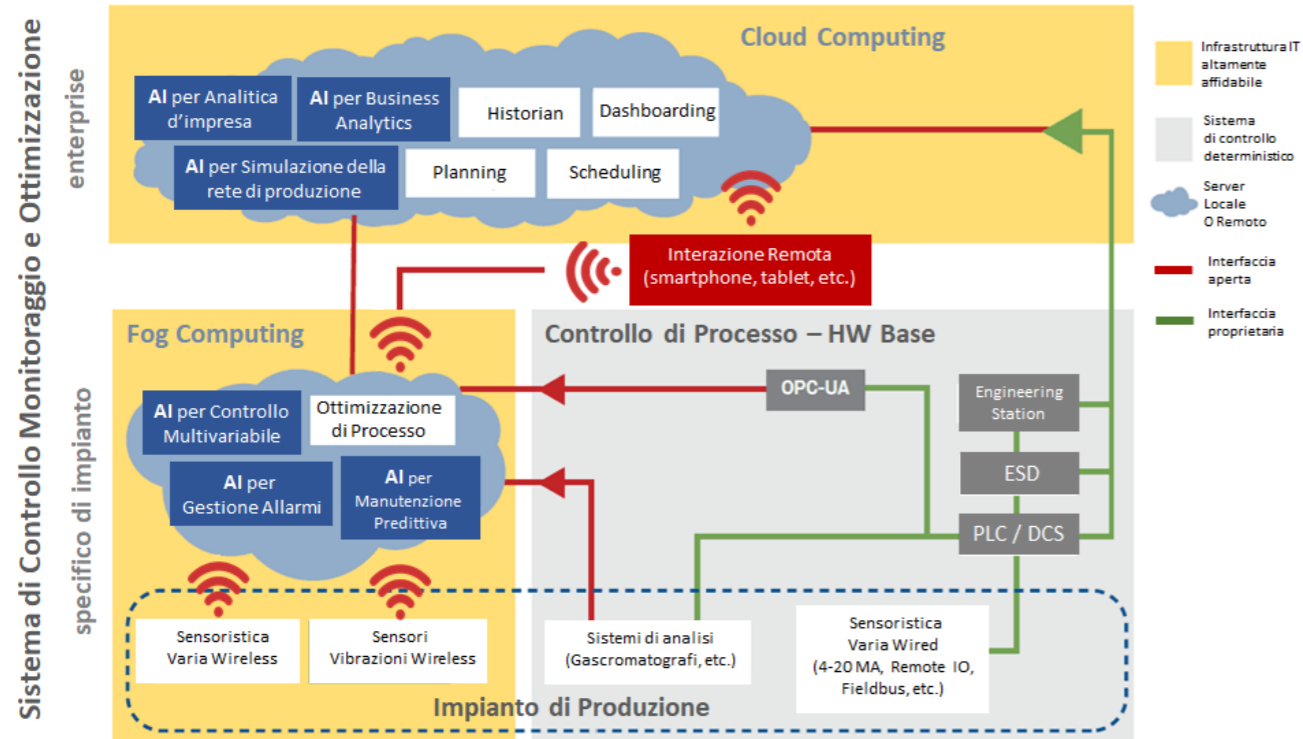


Fig. 20: Intelligenza artificiale e automazione 5.0

Seguendo la metodologia del **“Software Defined Automation”**, con l’obiettivo di accedere a una più ampia comunità di competenze per condividere e concordare nuovi standard, ExxonMobil ha promosso a partire dal 2016, un **“Open Process Automation Forum” (OPAF)**, sotto la guida dell’organizzazione **“The Open Group”** (ente consortile americano per lo standard nelle tecnologie informatiche), che si concentra sullo sviluppo di un’architettura di controllo di processo **“intelligente”** basata su standard comuni, aperta all’integrazione multiprodotto e multiscopo, sicura e interoperabile. Il forum è un gruppo basato sul consenso di utenti finali, fornitori, integratori di sistemi, organizzazioni di standardizzazione e università di tutto il mondo. Affronta sia problemi tecnici che collaborazioni aziendali per il miglior futuro dell’automazione di processo. OPAF conta circa 20 importanti società operative e 60 tra fornitori, integratori, società di consulenza e analisti di mercato. Il gruppo ha previsto un programma delle attività con lo sviluppo di prototipi di testing, da parte di consorzi, nel biennio 2018/19 e la potenziale produzione della nuova piattaforma di automazione 5.0, da parte dei diversi fornitori, a partire dal 2020/21.



### 6.3. L'EVOLUZIONE DELL'INTERAZIONE UOMO-MACCHINA: LA TECNOLOGIA VOICE

**Siri, che tempo fa oggi?“, Ehi Google che programmi ho per la giornata?“, “Alexa accendi le luci“.**

Ormai tutti parlano di Voice Technology, ma in concreto cos’è?

La Voice Technology è un ecosistema che permette l’interazione tra uomo e macchina attraverso la voce.

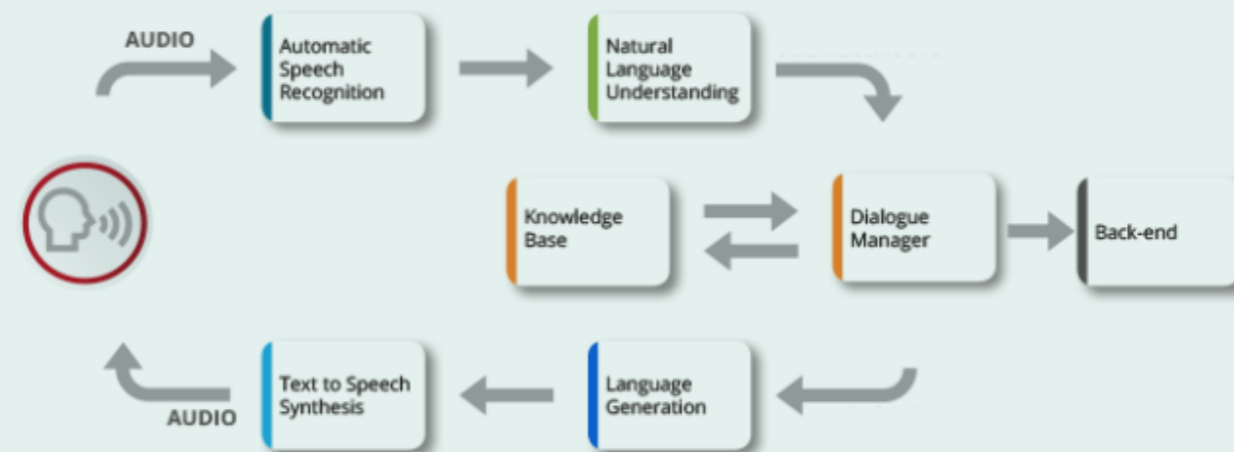


Fig. 21: tecnologie che compongono l’Ecosistema Voice First

“Ecosistema” in quanto caratterizzato da una serie di elementi che lo costituiscono:

- **Automatic Speech Recognition**, tecnologia di riconoscimento vocale che permette di distinguere le parole pronunciate;
- **Natural Language Understanding**, sistema che permette di comprendere quanto detto dall'utente tramutandolo in una azione;
- **Text-to-Speech System**, software che trasforma il testo scritto, ricevuto in input, in una rappresentazione linguistica e/o fonetica; quest'ultima, eventualmente arricchita di altre informazioni linguistiche (come, ad esempio, pause ed intonazione), viene passata ai componenti successivi, i quali, a loro volta, la elaborano, ricostruendo la corrispondenza tra la rappresentazione simbolica del suono e il suono stesso. L'output finale è una vocalizzazione del testo originariamente acquisito in input dal TTS;
- **Dialogue manager**, si occupa di controllare il flusso della conversazione e di far entrare in azione i vari componenti del sistema di dialogo al momento opportuno. Un Dialogue manager consentirà ad ogni utente di portare a termine il proprio obiettivo tramite una conversazione efficiente;
- **AI & Machine Learning**, l'Intelligenza Artificiale e Machine Learning hanno come obiettivo quello di rendere sempre più precisa la tecnologia Voice, permettendogli di imparare e di evolversi ad ogni conversazione.



## Un mercato in forte crescita

L'introduzione dell'Internet of things ha dato vita a nuovi metodi di comunicazione e iterazione sia dal punto di vista umano che a livello industriale.

Se fino a poco tempo fa l'IoT si focalizzava principalmente sul trasferimento silenzioso di dati, da oggi l'integrazione di comandi vocali e nello specifico la Voice User Interface (VUI) offre maggior versatilità nell'interazione uomo-macchina-oggetti, nella comunicazione e nella gestione delle applicazioni.

Il “Voice First” in ambito sia privato, sia industriale e commerciale è una tendenza crescente e costante: nell'ultimo anno risultano installati nel mondo 2,5 miliardi di AI Voice assistant, e nel 2023 si prevede, secondo le stime di Juniper Research, istituto di ricerca britannico verticalizzato sulla industry tech, che ve ne saranno in azione 8 miliardi: si tratta di strumenti importanti nella realizzazione di reti 'parlanti' uomo, oggetti e macchine.

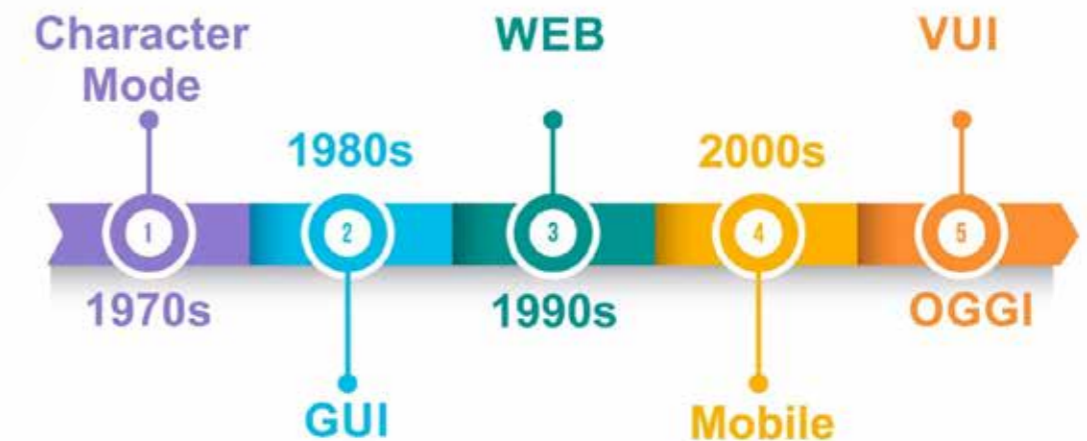


Fig. 22: Evoluzione della tecnologia: Dal Character Mode al Voice User Interfaces

## La storia degli Assistenti Vocali

La sua prima implementazione risale al 1952, quando fu costruito Audrey (Automatic Digit Recognizer), un dispositivo per il riconoscimento di singole cifre parlate. Nel 1964, al Salone di New York, IBM presentò invece Shoebox, una sorta di calcolatore controllabile attraverso comandi vocali. Le persone potevano risolvere piccoli calcoli direttamente comunicandoli all'apparecchio attraverso un microfono. Durante gli anni settanta si studiò sempre con maggiore attenzione questa tecnologia, ma fu a partire dagli anni ottanta che vennero fondate le prime grandi corporation che si occuparono di riconoscimento vocale.

Nuance Communication, la più grande multinazionale al mondo ad occuparsi di tecnologie vocali, lanciò la sua prima applicazione vocale per automatizzare i contact centre nel 1996.

L'evoluzione del riconoscimento vocale si fece sempre più rapida. Accanto ad alcuni player storici come Nuance entrarono ben presto in scena anche giganti del calibro di Amazon, Apple, Google e Microsoft.

Ma la vera rivoluzione arriva con il machine learning e l'intelligenza artificiale, che hanno permesso di migliorare drasticamente l'efficienza del riconoscimento vocale rendendo possibile la nascita dei veri e propri assistenti vocali.



## Gli assistenti vocali nella Smart Factory

Oggi, perlopiù, conosciamo gli assistenti vocali perché integrati nei nostri smartphone oppure negli home device, tuttavia le loro applicazioni sono tutt'altro che limitate.

Le tecnologie abilitate dalla voce, alimentate dall'intelligenza artificiale, secondo molti analisti saranno le nuove "killer applications".

Una trasformazione che non riguarderà solo le aziende con un modello B2C, quelle che si rivolgono ai consumatori finali, ma anche quelle che operano con un modello B2B per le quali questo tipo di tecnologie avranno impatti significativi sui processi, sull'efficienza e l'agilità di business.

Una delle maggiori sfide legate alla smart Factory è relativa all'integrazione del Voice Assistant con macchine e linee di produzione.

In questo contesto, l'introduzione di tali soluzioni genererà diversi vantaggi:

**Efficienza:** la comprensione del linguaggio naturale permette di delegare i compiti alle machine in maniera più rapida e precisa, semplificando o eliminando passaggi superflui.

**Mani & occhi liberi:** l'operatore può eseguire in contemporanea altre attività disponendo massima libertà di movimento.

**Aumento della qualità:** Il processo viene immediatamente confermato e verificato a voce, questo comporta una riduzione del margine di errore e di ulteriori controlli manuali.

**Sicurezza:** potendo il sistema vocale agire come una terza mano, gli addetti sono nella situazione di poter operare con entrambe le mani anche in ambienti potenzialmente pericolosi o in cui i sistemi di protezione sono di ostacolo alla manualità.

**Accessibilità:** è possibile avere anche vantaggi dal punto di vista sociale in quanto, questo nuovo paradigma di interfaccia uomo-macchina (HMI), consente la riduzione delle barriere operative a vantaggio delle persone affette da limitazioni nella mobilità o sensorialità.

Ad oggi l'area con il maggior numero di aziende con progetti legati all'utilizzo del riconoscimento vocale è quella degli Usa, in particolare nell'area smart production, mentre l'Europa è quella che registra un maggior tasso di crescita. Per quanto riguarda invece le soluzioni proposte, si tratta perlopiù di prodotti semicustomizzati che, partendo da un prodotto base, vengono quindi finalizzati secondo le necessità della committente e integrati nella linea di produzione.

## 6.4. INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN EDGE O NEL CLOUD?

Sino a qualche anno fa sembrava che la tendenza irresistibile dell'IT, ma anche dell'OT, fosse andare nel cloud. In effetti la tendenza di esternalizzare e servitizzare (leggi rendere un servizio a pagamento) l'infrastruttura informatica non solo si è confermata, ma si è sviluppata ben oltre le più rosee aspettative.

### Ma allora dov'è la questione?

I numeri relativi allo sviluppo del cloud sono effettivamente imponenti, anche per le aziende industriali, ma riguardano solamente una parte dei sistemi informatici: in pratica quasi tutti i sistemi IT business sono (o stanno per essere migrati) in cloud ma molto poco di quello che risiede a livello di impianto produttivo ha effettuato lo stesso percorso.

Già in passato erano successi fenomeni analoghi con altri temi caldi che ipotizzavano standardizzazioni informatiche calate dall'alto verso lo shop-floor (vedi ad esempio il Soft Logic di quasi trent'anni fa, o la Business Intelligence un po' più recente). Il confine con l'impianto di produzione sembra quindi nascondere delle insidie invisibili che ostacolano la standardizzazione uniforme delle tecnologie informatiche.

Quali sono queste insidie? Possiamo affermare, in prima approssimazione, che questi due mondi (l'IT e l'OT) convivono e collaborano, ma con paradigmi di funzionamento estremamente differenti.

Nell'ambito informatico gestionale i requisiti fondamentali sono: la sicurezza e l'integrità dei dati, anche a fronte di un aggiornamento lungo e deterministico; la standardizzazione delle piattaforme; il downtime di alcuni minuti può non rappresentare un problema. Per i sistemi ICS e SCADA (i sistemi di elaborazione di impianto), è fondamentale l'aggiornamento real-time e il determinismo dei dati (leggi rispettare la sequenza temporale), i sistemi e le piattaforme sono largamente legati al brand, un downtime di un minuto può causare perdite enormi, ad esempio nelle lavorazioni batch.

Sino ad oggi le piattaforme di elaborazione IT e OT erano sostanzialmente differenti, unico punto di contatto lo SCADA, primo sistema nella gerarchia ISA 95 ad avere un sistema operativo standard (tipicamente MS).

Proprio per far fronte alla crescente necessità di convergenza e di integrazione, fra i sistemi di livello business, largamente in cloud, e gli impianti di produzione con logiche prevalentemente "on premise", recentemente, si sono sviluppate nuove tecnologie di confine, denominate Edge.

Attraverso i sistemi Edge, veri e propri server standard con caratteristiche di elaborazione molto spinte e notevoli capacità di integrazione e di comunicazione, si stanno riformulando i criteri di progettazione di tutti i sistemi di conduzione aziendale.

Il modello che si sta affermando è ibrido: invece di trasferire grandi quantità di dati nel cloud per poter prendere decisioni, si effettuano aggregazioni e valutazioni locali (attraverso l'analisi e l'elaborazione di grandi quantità di dati real-time, vedi figura pagina successiva) e si trasferiscono nel cloud solo le possibili alternative per la decisione finale. Il miglioramento dell'affidabilità del sistema complessivo e la riduzione dei costi (l'elaborazione e la storicizzazione dei dati in cloud sono molto onerosi) sono rilevanti.

Nondimeno lo sviluppo dell'intelligenza artificiale sta portando ulteriori miglioramenti a questo modello ibrido: attraverso l'AI associata alle tecnologie Edge è possibile realizzare sistemi autonomi locali ("on premise"), ovvero che non supportano le decisioni ma decidono in autonomia, notificando solamente l'esito.

Dall'altro lato i sistemi in cloud liberano capacità elaborativa per dedicarsi alle decisioni più complesse e strategiche ovvero maggiormente legate all'andamento del business.

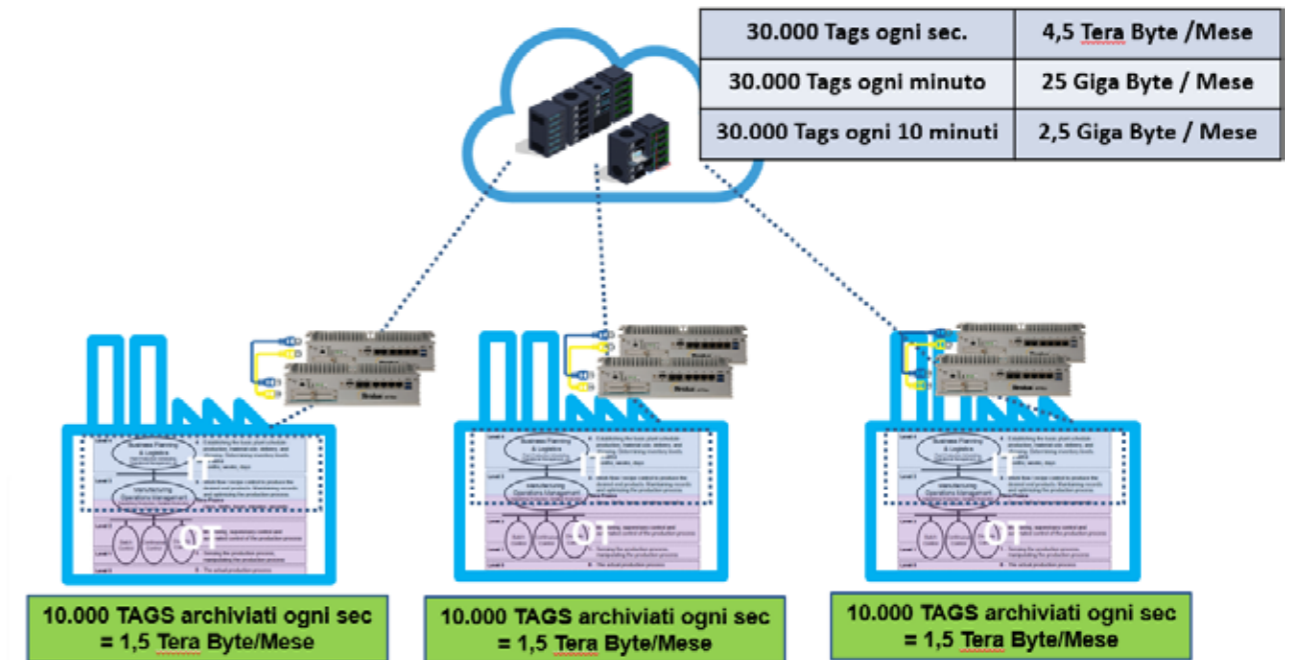


Fig. 23: Esempio di applicazione multi-sito che archivia su un sistema in cloud con frequenze di archiviazione variabili, è evidente l'onere decrescente di archiviazione centralizzato mensile riducendo la frequenza di scansione (ad esempio aumentando il carico elaborativo delle piattaforme Edge locali)

## L'Edge Computing e i benefici per l'Industria

L'Edge Computing è una componente delle infrastrutture IoT sempre più importante soprattutto nei casi in cui sia necessaria una risposta tempestiva e autonoma dei dispositivi, sulla base degli input ricevuti. Ciò è particolarmente evidente in alcuni settori del manifatturiero, dove la capacità delle macchine di agire autonomamente in base alle circostanze è uno degli aspetti principali di Industria 4.0.

Secondo Business Insider Intelligence, i dispositivi IoT arriveranno ad essere 40 miliardi entro il 2023. Diviene difficile pensare che ci possa essere un'infrastruttura cloud in grado di processare in tempo reale la quantità di dati che tali dispositivi genererebbero, a causa sia delle limitazioni di banda che del tempo di latenza. Da qui la necessità di spostare quanta più intelligenza possibile dal cloud verso la parte periferica dell'infrastruttura IoT, vale a dire l'Edge.

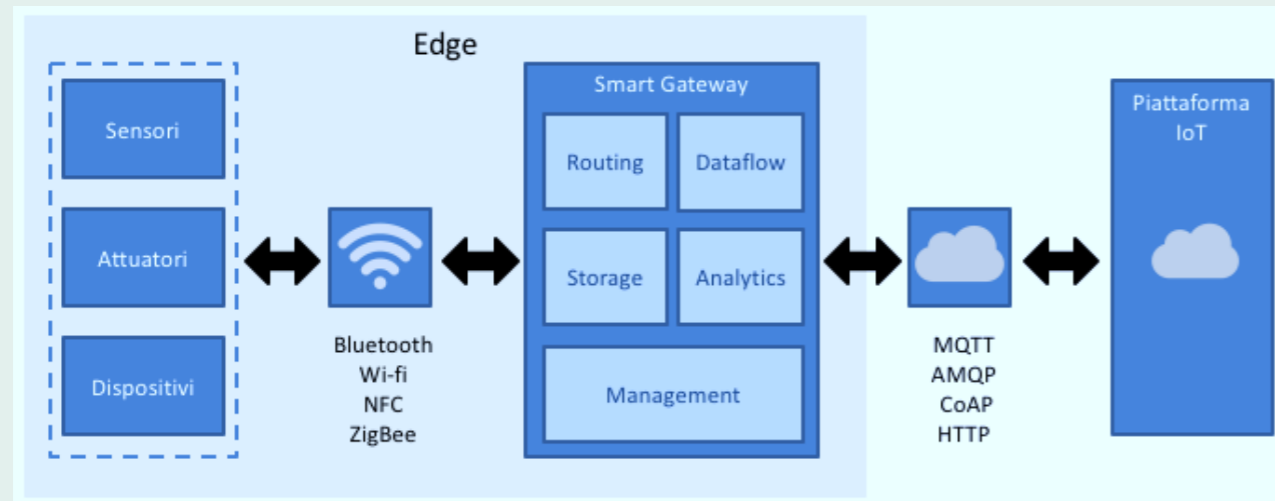


Fig. 24: Edge Computing nell'infrastruttura IoT

A livello macroscopico, un'architettura di Edge Computing si presenta come un'architettura IT distribuita e decentralizzata, formata da centri di elaborazione dati minori (micro datacenter) in grado di elaborare e memorizzare dati critici localmente e di trasmetterli a un datacenter centrale o a un repository di cloud storage.

Si pensi ad esempio ai dispositivi e alle implementazioni IoT, che spesso devono fronteggiare problemi di latenza, mancanza di banda, affidabilità, non indirizzabili attraverso il modello cloud convenzionale. Qui l'architettura di Edge Computing è in grado di ridurre la mole di dati da inviare nel cloud, elaborando i dati critici, sensibili alla latenza, nel punto di origine, tramite uno smart device, oppure inviandoli a un server intermedio, localizzato in prossimità; i dati meno time-sensitive possono, invece, essere trasmessi all'infrastruttura cloud o al datacenter dell'impresa, per consentire elaborazioni più complesse, come: l'analisi di big data; le attività di training per affinare l'apprendimento degli algoritmi di machine learning (ML); lo storage di lungo periodo; l'analisi di dati storici.

In generale, esistono tre tipi di Edge Computing come illustrato in Fig. 2.

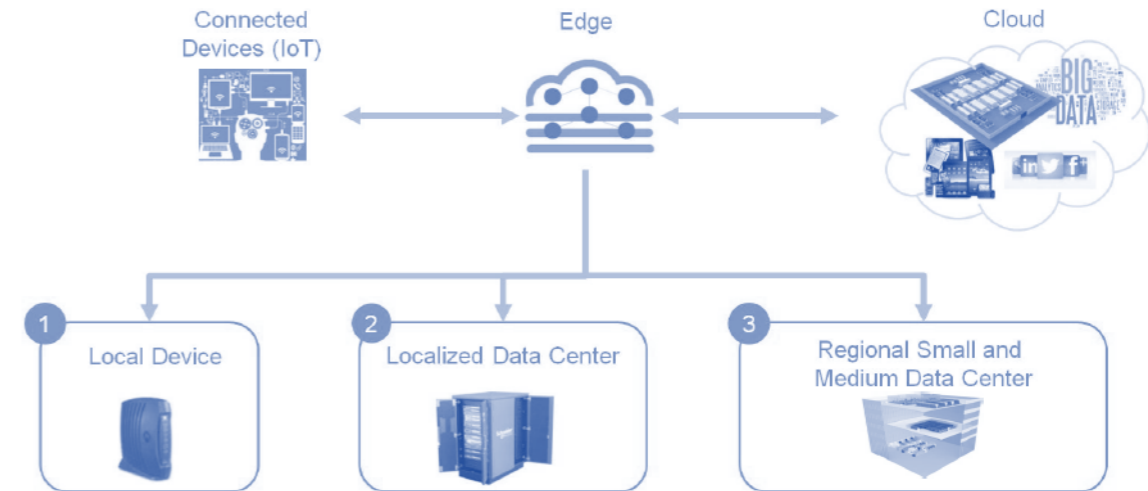


Fig. 25: Diversi tipi di Edge Computing

Qualsiasi azienda in qualunque settore può applicare la tecnologia IoT e l'Edge Computing per sviluppare nuovi flussi di entrate, migliorare l'esperienza dei clienti e incrementare l'efficienza operativa. Con la crescita delle progettualità legate a Industria 4.0 e all'IoT, gli esempi di applicazione dell'Edge Computing si stanno facendo più numerosi nei più

disparati settori industriali: dai sistemi di monitoraggio della produzione ai droni utilizzati nella sorveglianza nei progetti in ambito smart city, fino alle applicazioni per la gestione dell'operatività dei datacenter.

Una fabbrica intelligente è un sistema di dispositivi, macchine e sensori collegati in rete, che comunicano tra loro attraverso l'Internet of Thing per gestire i processi produttivi. Il sistema di comunicazione della Smart Factory include anche il prodotto finito e può, quindi, reagire automaticamente alla domanda e all'offerta. I sistemi di intelligenza artificiale e l'apprendimento automatico possono essere utilizzati per automatizzare i processi di manutenzione e per ottimizzare la produzione. Ciò richiede un'infrastruttura IT in grado di valutare grandi quantità di dati e di rispondere senza ritardi a eventi imprevisti. L'Edge Computing risolve il problema della latenza attraverso l'elaborazione distribuita dei dati. Le funzionalità Edge dell'IoT consentono alle macchine in produzione di acquisire capacità autonome di intelligenza, specialmente nei seguenti due ambiti: la manutenzione predittiva e la riduzione automatica della difettosità di produzione, grazie all'adozione di sistemi di controllo ad anello chiuso, che mettono in comunicazione reciproca le apparecchiature di diagnostica con quelle di produzione.

È verosimile che le architetture di computing continueranno ad evolvere verso infrastrutture IT ibride, composte da: un cloud centrale per il calcolo e lo storage massivi; un regional edge in prossimità degli utenti con server e memorie di elevata capacità; un local edge che porta l'elaborazione e l'archiviazione dei dati alla fonte, dove vengono generati e utilizzati. Secondo Gartner, a usufruire particolarmente dell'Edge Computing sarà soprattutto il mondo della sanità, che conoscerà il più elevato tasso di crescita da qui al 2025, beneficiando delle capacità di archiviazione e di computing in tempo reale offerte dalle soluzioni di calcolo Edge. Più trasversalmente, le PMI utilizzeranno l'Edge Computing più rapidamente delle grandi imprese, con un tasso di crescita annuale previsto del 46,5%. La chiave, in questo caso, è la riduzione dei costi operativi garantita dalle soluzioni Edge.



## L'Artificial Intelligence implementata all'interno del controllore

Il mondo manifatturiero è sempre teso alla ricerca di nuove tecnologie hardware e software per competere nelle sfide globali, dove efficienza, qualità, personalizzazione e time to market rimangono i paradigmi fondamentali.

I dati acquisiti sul campo possono essere elaborati da sistemi Edge, in locale, quando è necessaria un'analisi in tempo reale dei parametri di processo, oppure passati attraverso gateway a soluzioni IoT che risiedono su Cloud.

I dispositivi locali più evoluti sono in grado di consolidare, contestualizzare ed elaborare rapidamente i dati vicino alla sorgente (edge computing), anche attraverso l'utilizzo dell'intelligenza artificiale.

Qualora l'elaborazione debba essere particolarmente veloce (a livello di millisecondi), e la mole di dati relativamente ridotta (alcune decine di parametri), il dispositivo Edge può essere il PLC stesso. Attraverso schede dedicate per avere maggiore potenza di calcolo, che sfruttano la velocità del bus di comunicazione interna ed eliminano ogni tipo di latenza, questi sistemi sono in grado di analizzare i dati acquisiti ed eseguire algoritmi di Machine Learning.

L'intelligenza artificiale (AI) viene utilizzata per rilevare anomalie di produzione e avvisare gli operatori in modo che possano indagare o intervenire, se necessario.

Molte tecnologie di analisi esistenti richiedono una profonda esperienza sia in data science che nei processi industriali; queste soluzioni embedded nel PLC invece sono semplici da configurare ed analizzare. I dati del controllore presenti sul backplane vengono acquisiti per creare dei modelli predittivi.

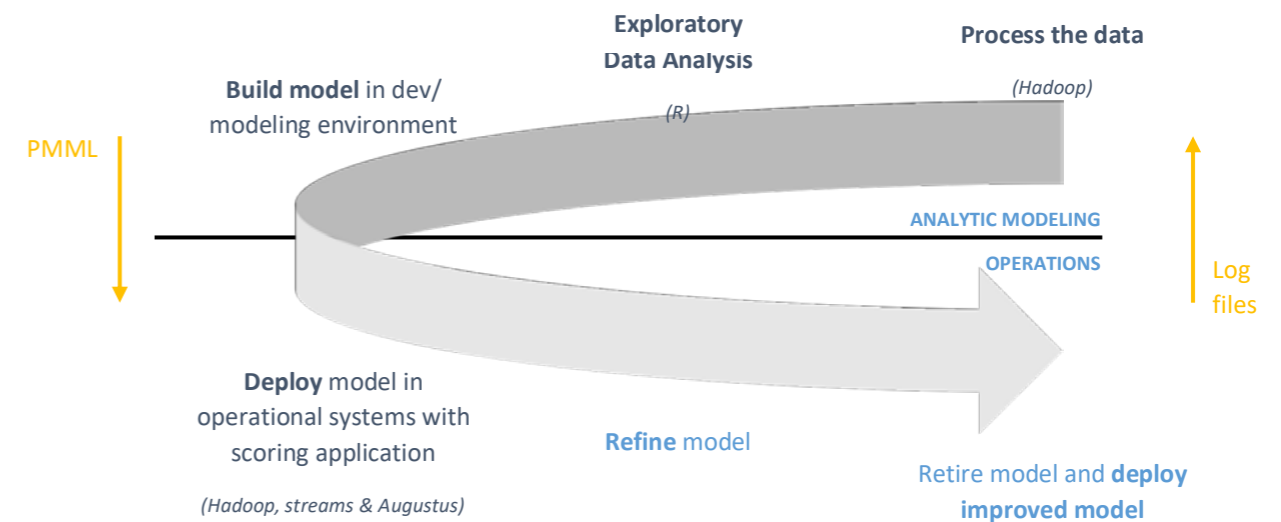


Fig. 26: Lifecycle di un modello predittivo

Il modulo di AI “apprende” l’applicazione del controllore ed informa gli operatori e i tecnici quando il comportamento del processo sta cambiando in modo inaspettato: in questo modo la “predizione” aiuta a superare problemi di qualità del prodotto e protegge l’integrità del processo.



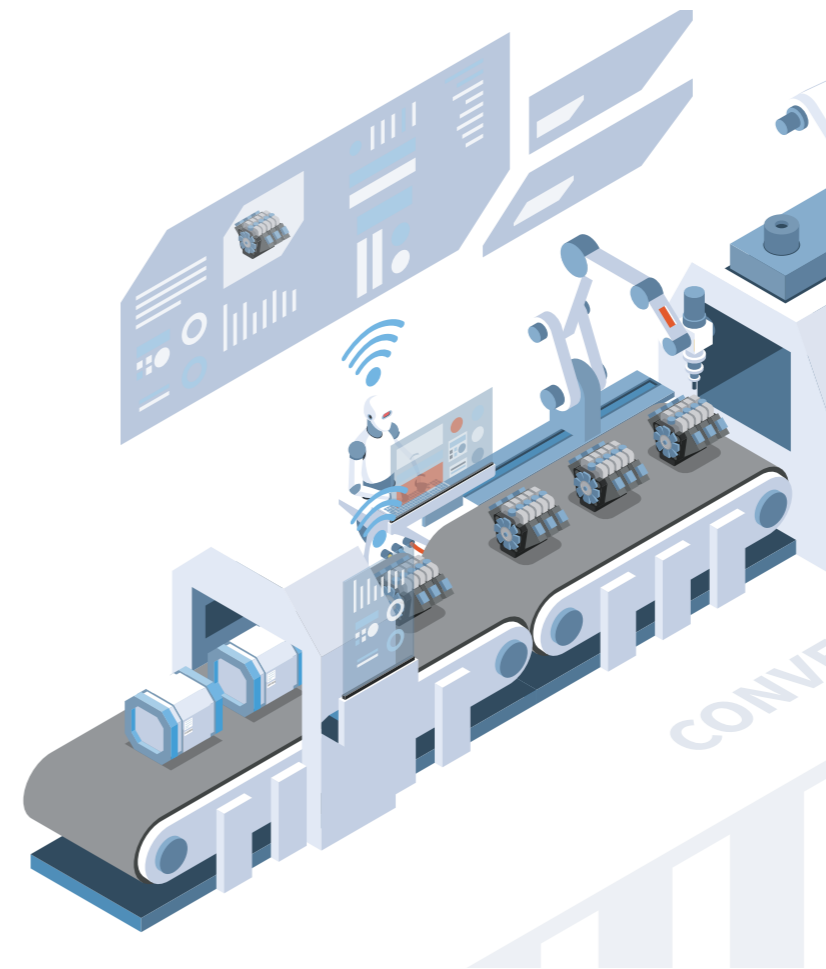
Fig. 27: Tempi di misurazione

### Cosa è NORMALE ???

Se il problema può essere identificato solo mediante ispezione visiva, il valore di qualsiasi analisi è minimo!

Ad esempio, il sistema può fare **anomaly detection** per trovare le deviazioni da un funzionamento definito “normale”.

Un comportamento anomalo che non è rilevato dal sistema e che non può essere definito come allarme all’interno di un sistema tipico di automazione può causare scarti di produzione, difettosità, scarsa qualità o operazioni indesiderate.



Un modello predittivo è quindi utilizzato per comprendere se una variabile di output potrebbe superare i limiti operativi accettabili.

Un modello predittivo può fungere anche da **senore virtuale** (noto anche come “soft sensor”) per stimare i valori di output.

Avere un valore di output previsto e stimato riduce la necessità di un lavoro manuale (spesso legato ad una elevata esperienza dell’operatore), necessario per acquisire e registrare le letture.

Un sensore virtuale può:

- ridurre e talvolta eliminare completamente la necessità di utilizzare strumenti e sensori costosi difficili da implementare;
- verificare l’affidabilità di un dispositivo di rilevamento fisico laddove le condizioni ambientali possano causare il degrado della capacità di lettura del sensore (es. calore, umidità, detriti);
- consentire uno stretto controllo o una distribuzione proattiva delle risorse quando

si prevede che la variabile di output stimata raggiunga una condizione fuori specifica;

- individuare deviazioni con cambiamento lento che non possono essere rilevate con altri mezzi, consente di affrontare potenziali condizioni critiche prima che la produzione venga influenzata.

Gli operatori possono quindi essere informati delle segnalazioni inviate dagli algoritmi predittivi configurando gli allarmi su un’interfaccia uomo-macchina (HMI) o attraverso una dashboard.

Le informazioni così preparate dal modulo possono essere passate a sistemi di analisi di livello superiore, se presenti, per consolidarli ed aggregarli con dati provenienti da altri sistemi intelligenti per ottenere modelli predittivi a livello di linea o impianto.

## 6.5. CYBER-PHYSICS: EVOLUZIONE DELLA SIMULAZIONE DI PROCESSO ATTRAVERSO AI

### Definizione

Vi sono molteplici tipologie di Simulazione definite attraverso vari criteri. Alcuni di questi criteri sono legati a contesti applicativi specifici, per esempio in ambito scientifico la più tradizionale distinzione è quella legata alla logica di gestione del tempo e corrisponde a Simulazione Continua e Simulazione ad Eventi Discreti: nella prima si fa riferimento ad un logica continua del tempo ancorché elaborata di norma tramite metodi numerici per integrare le equazioni differenziali che regolano le variabili del sistema, mentre nella seconda il tempo evolve tramite eventi e tra questi lo stato delle variabili non ha rilevanza oppure non è direttamente calcolabile. Il termine Simulazione Combinata viene impiegato per definire le simulazioni ove le due logiche operano in modo combinato integrando numericamente le equazioni differenziali tra gli eventi per eliminare buona parte delle discontinuità. Un ulteriore criterio, di riferimento in letteratura, è legato all'integrazione della Simulazione Continua/Combinata con altri sistemi ed in particolare di intelligenza artificiale. Si fa quindi riferimento a **Simulazione Ibrida** come la **Simulazione connessa con AI (Intelligenza Artificiale)** dove quest'ultima "dirige" l'evoluzione del modello. Si parla anche di Simulazione Guidata da agenti o Simulazione ad Agenti nel caso appunto di integrazione con agenti Intelligenti (**Cyber-Physics**).

### Contesto

L'industria di processo, e manifatturiera più in generale, si trova molto spesso a fronteggiare potenziali rischi operativi e/o economici derivanti dalla necessità di decisioni da prendere repentinamente nella conduzione dei processi produttivi. Necessità della variazione delle condizioni operative dovute ad esigenze di mercato, il calo di efficienza imprevisto o la rottura improvvisa di un'unità di processo sono tutte situazioni che richiedono una capacità reattiva immediata ed adeguata, ma ancor meglio, una capacità predittiva per una miglior pianificazione e una conseguente efficienza operativa ed economica. La connettività e la grande disponibilità di dati hanno portato negli ultimi anni ad un grande sviluppo di metodi analitici predittivi. Questi sistemi si basano in generale su metodi di "machine learning" dove sulla base di dati storici disponibili si sviluppano modelli "data-driven" di tipo statistico computazionale, o reti neurali artificiali, i quali apprendono informazioni direttamente dai dati, senza modelli matematici con equazioni predeterminate. Gli algoritmi di "machine learning" migliorano le loro prestazioni in modo "adattivo" via via che gli "esempi" da cui apprendere aumentano.

Tuttavia, questa tipologia di modelli predittivi, basati su tecniche computazionali classiche di "machine learning", presentano una serie di punti deboli o limiti:

- l'accuratezza della capacità predittiva di questi modelli dipende dalla qualità e dalla quantità dei dati disponibili, ciò rende ovviamente impossibile il loro utilizzo in caso di assenza di dati; quindi nel caso di nuovi impianti o nuove apparecchiature è necessario creare in buon archivio di dati operativi prima di poter utilizzare tali strumenti predittivi;
- la creazione di modelli puramente "data-driven" richiede la combinazione di competenze sia in termini di processo che di "data-science" per poter condurre l'appropriato pre-processamento dei dati; questo comporta il coinvolgimento di risorse appropriate;



• i modelli "data-driven" hanno la capacità di predire solo eventi che si siano già manifestati nel processo in oggetto e quindi possano essere già disponibili nell'archivio storico, questo rende ovviamente difficile, per non dire impossibile, predire situazioni atipiche o condizioni di malfunzionamento particolarmente rare.

Infine, ritornando alla necessità di pianificazione per variabilità delle condizioni di mercato piuttosto che all'esigenza di definire nuove condizioni economiche ottimali di produzione, i modelli di tipo "machine learning" lavorando a parametri fissi e solo attraverso dati di impianto, non offrono la flessibilità necessaria al fine di esplorare il funzionamento del processo al di fuori dello spazio di funzionamento usuale, limitando così l'impiego di tali modelli alla sola manutenzione predittiva per specifiche unità.

### La tecnologia Cyber-Physics

La soluzione alle problematiche sopra esposte per la costruzione di un modello di simulazione più completo e versatile, può essere trovata attraverso i seguenti passi di sviluppo:

- combinare metodi di simulazione tipo "machine learning", o basati puramente su dati, con modelli di simulazione continua "ai principi primi" o meglio modelli che interpretano i fenomeni chimico-fisici che avvengono all'interno del processo attraverso un set di equazioni matematiche predeterminate;
- creare uno strumento che permetta di combinare in modo agevole varie tipologie di modelli senza necessariamente scrivere codice o sviluppare modelli nuovi, ma piuttosto avere la possibilità di combinare modelli esistenti e testati "ai principi primi" con una varietà di modelli "data-driven" che assumano un ruolo adattivo attraverso un set di parametri preselezionati;
- implementare le soluzioni sopra esposte in una piattaforma "low/zero coding" che consenta la scelta e il set up del modello senza la necessità di risorse con conoscenze approfondite in termini di modellistica matematica o data processing;
- costruire uno strumento "IOT ready" cioè che permetta facilmente l'integrazione con le più comuni piattaforme di IOT industriale consentendo una facile connettività con i dati di campo senza passaggi intermedi a complessi e ingombranti data base.



Lo sviluppo di questi passi consente di arrivare ad una piattaforma di Simulazione Ibrida che combinando le caratteristiche della Simulazione Continua con strumenti di Intelligenza Artificiale consente di sfruttare quanto già esistente (conoscenze, dati, modelli) integrando e migliorando il tutto attraverso un affinamento guidato e/o automatico. L'uso del modello ai principi primi per esempio può sopperire alla mancanza totale o parziale di un archivio storico di dati che consentano il training del modello "data-driven". Oppure il modello ai principi primi può essere utilizzato per creare una base dati "pseudo-storici" per addestrare il modello "data-driven" a situazioni particolari non presenti in archivio.

### 6.5.1 - 5G E AUTOMAZIONE INDUSTRIALE

La tecnologia per reti radiomobili 5G ha il potenziale di trasformare le tecnologie di automazione - e l'intelligenza artificiale applicata all'automazione - come nessuna tecnologia di trasmissione dati wireless ha mai fatto.

La capacità del 5G di introdurre una discontinuità nelle architetture IT e OT a supporto della manifattura risiede nelle caratteristiche intrinseche di questa tecnologia, nelle nuove potenzialità di implementazione del 5G e anche nelle possibili sinergie con altre tecnologie che stanno gradualmente trasformando le architetture di automazione.

#### Cosa c'è di nuovo nella tecnologia 5G

Il 5G come lo intendiamo ora è specificato nella Release 15 prodotta nel 2018 dal 3GPP (organismo di standardizzazione delle comunicazioni radiomobili) e soprattutto nella Release 16 - praticamente completata. L'ambito della nuova Release 17 è stato definito e la stesura è in corso.

Le caratteristiche più evidenti del nuovo standard sono la capacità di gestire in contemporanea flussi dati su più bande di frequenza e provenienti da stazioni radiobase differenti (MIMO: multiple input, multiple output), l'utilizzo di una codifica dei dati più efficiente e versatile e un'architettura di rete a livello di trasporto e di "core" di gran lunga più potente e flessibile - largamente basata su architetture virtualizzate anziché componenti di rete specializzati.

Queste caratteristiche consentono prestazioni radio notevolmente migliori del 4G: banda trasmissiva di picco fino a decine di Gb/s e latenza nella rete di accesso radio inferiore al millisecondo.

Ma l'aspetto forse più rivoluzionario del 5G è la capacità di implementare dei "network segment" differenziati a seconda dell'utilizzo della rete:

1. mMTC (massive Machine Type Communication): dispositivi a basso costo, volume dati limitato, copertura pervasiva;
2. eMMB (enhanced Mobile BroadBand): banda e volumi di dati elevati, bassa latenza - ma comunque best effort;
3. URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication): garanzia di latenza minima, affidabilità fino al 99.9999% = perdita di un pacchetto su un milione;
4. Industrial Automation IoT: integrazione con bus di campo basati su Ethernet e possibilità di sincronizzazione con rete Time-Sensitive Network (URLLC specializzato per il manufacturing)



Il network segment mMTC è basato sull'architettura NB-IoT (Narrowband Internet of Things) e sulla modalità LTE-M (LTE per machine2machine) già disponibili nel 4G.

Consente prestazioni eccellenti in termini di risparmio batteria, densità di apparati e penetrazione del segnale. L'introduzione del 5G non inserisce - per ora - funzionalità legate all'identificazione degli apparati, al loro onboarding automatico sulla rete o all'asset management. E' prevista invece la possibilità di gestire apparati senza SIM, in particolare su reti virtuali private.

Il network segment eMMB migliora sostanzialmente le prestazioni in termini di banda, robustezza del segnale e latenza del 4G, ma non introduce per il momento funzionalità drasticamente nuove - che saranno incluse nella Release 17 (es. Augmented Reality/Virtual Reality, integrazione di reti satellitari...)

E' il network segment URLLC a introdurre una forte discontinuità in termini di integrazione di reti radiomobili con le tecnologie di automazione: latenza dell'interfaccia radio inferiore a 1 ms, latenza end-to-end di 15-20 ms per applicazioni cloud, massima affidabilità grazie all'utilizzo contemporaneo di più bande e di più stazioni radiobase, integrabilità con protocolli basati su Ethernet - incluse rete deterministiche.

#### Le reti 5G saranno implementate in modo completamente nuovo

Le attuali reti radiomobili possono essere viste come un'architettura piuttosto monolitica: una sola rete per tutti gli utenti, suddivisa in accesso (radio), trasporto e core; funzionalità di gestione centralizzate; gestione dei livelli di servizio relativamente limitata; flessibilità ridotta nel gestire flussi dati da e per la rete internet nei segmenti di accesso e trasporto.

Il 5G rappresenta un cambiamento drastico rispetto a questo modello, grazie alle seguenti caratteristiche:

- possibilità di creare segmenti di rete con livelli di servizio fortemente specializzati (mMTC, eMMB, URLLC) che convivono sulla stessa infrastruttura fisica;
- gestione dinamica di reti virtuali dedicate a specifici servizi o anche a specifici utenti (reti private), basate su uno o più segmenti di rete;

- massima flessibilità nella gestione dei flussi dati, sia verso internet (possibilità di gestire flussi dati addirittura dalla singola antenna), sia in termini di creazione di rete VLAN, con traffico tra apparati gestito localmente (e dunque con latenza minima);
- implementazione di reti dedicate a specifici siti, con rete di accesso privata, senza necessità di SIM e con gestione interamente locale di tutte le funzionalità di controllo (a meno di quelle legate alla gestione del ciclo di vita delle reti virtuali, che sono necessariamente centralizzate);
- integrazione del 5G con altri protocolli di rete - wireless o wired - gestita a livello locale.

Alcuni siti industriali di grandi dimensioni stanno testando l'implementazione di reti di sito private, completamente gestite a livello di singola azienda, ma comunque in grado di garantire il "roaming" verso la rete 5G pubblica, per esempio per applicazioni di logistica. Un approccio di questo tipo richiede l'allocazione di spettro radio dedicato ed è pertanto ancora riservato a poche aziende o siti.



### Sinergia con altre tecnologie

Il terzo punto di discontinuità del 5G è la forte sinergia con altre tecnologie in via di implementazione.

Citando V.Hugo: *“non c'è nulla di più inarrestabile di un'idea la cui tempo è giunto”*. Se poi questa idea si unisce ad altre idee che stanno giungendo a maturazione, la loro implementazione non può che essere accelerata ed estesa a nuove applicazioni.

L'integrazione del 5G con le reti TSN è già stata citata. Lo standard OPC-UA si sta progressivamente affermando come l'approccio più credibile per la creazione di modelli informativi e la trasmissione di dati tra macchine, linee e sistemi IT. Una delle evoluzioni più attese per OPC UA è l'estensione a comunicazioni che richiedono tempi di trasmissione deterministici e minima latenza, ovvero l'implementazione di OPC UA su reti time sensitive. È pertanto verosimile che le capacità TSN del segmento di rete 5G URLLC possano contribuire ulteriormente allo sviluppo e all'adozione dello standard OPC UA.

La virtualizzazione delle funzionalità di rete del 5G (nota come NFV - network function virtualization) è largamente basata sul passaggio da componenti di rete HW dedicate (switch e router, per esempio) all'utilizzo di algoritmi SW di gestione del traffico e controllo della rete implementati su server standard. Si parla pertanto di Software-Defined Network.

È facile intuire il parallelo con la Software-Defined Automation, in cui le funzionalità di controllo dell'automazione sono svolte da algoritmi Software implementati su server locali. Un ulteriore punto di contatto da SDN per il 5G e SDA è il ruolo degli Edge server: sia il controllo del traffico tra apparati, che il controllo dell'automazione devono avvenire a livello locale per soddisfare i requisiti di latenza delle applicazioni gestite. Il passo successivo è quello dell'integrazione tra algoritmi di rete e di automazione e la loro implementazione in un mini-datacenter di fabbrica: tutto il resto dell'architettura di fabbrica è interamente wireless - a meno dei collegamenti di potenza e di possibili "isole" di motion ad alta performance, per cui è ancora richiesto l'utilizzo di reti cablate.

Questo approccio, che consente la più totale flessibilità nella gestione della produzione e rapidità nel cambiare il lay out fisico della fabbrica, è già oggetto di test in settori come la robotica per l'automotive.

## Il 5G e l'intelligenza artificiale

Le reti 5G sono largamente basate sul concetto di Software-Defined Network, ovvero sono gestite in massima parte da algoritmi SW e non da componenti HW. Questo significa che le logiche di gestione della rete possono evolvere grazie a continui aggiornamenti del SW. Non solo: gli algoritmi stessi di rete sono programmati per apprendere a gestire la rete tramite apprendimento continuo, facendo fronte a situazioni non previste in fase di progettazione. Il ruolo dell'intelligenza artificiale rispetto a questo modello di funzionamento è evidente.

Già oggi l'intelligenza artificiale gioca un ruolo fondamentale nelle reti: basti pensare a come il machine learning consenta alle applicazioni di Cyber Security di individuare comportamenti anomali che possono essere sintomi di attacchi informatici. La capacità di distinguere il normale funzionamento della rete da potenziali situazioni critiche viene affinata di continuo grazie ad algoritmi di apprendimento.

Non è difficile intuire come questo approccio possa essere esteso dalla gestione della sicurezza all'ottimizzazione del funzionamento di rete.

La gestione di centinaia o migliaia di reti virtuali, con fabbisogni di banda e livelli di servizio che variano continuamente, appoggiate su un'infrastruttura fisica comune, non può essere programmata a priori. Solo l'utilizzo dell'intelligenza artificiale potrà consentire alle architetture di 5G di gestire l'immensa complessità di questo compito.

Il 5G avrà un ruolo determinante anche nell'implementazione dell'intelligenza artificiale all'interno degli impianti di produzione.

Da un punto di vista architetturale, l'intelligenza artificiale è di per sé un algoritmo SW che trova la sua applicazione nella gestione e ottimizzazione di algoritmi SW. Dunque, qualsiasi tecnologia che estenda l'applicazione di algoritmi SW in sostituzione di HW dedicato (es. per il controllo di rete, l'automazione, la sicurezza, etc.) amplia il dominio dell'intelligenza artificiale, rendendola più pervasiva e determinante nel contesto fabbrica.

In secondo luogo il 5G consente una versatilità superiore nella gestione del traffico dati, consentendo una differenziazione spinta nei livelli di servizio. Per esempio, i servodrive sono componenti di automazione che possono svolgere anche il ruolo di sensori, acquisendo dal campo una grandissima quantità di dati non necessari al controllo, ma estremamente utili per la manutenzione predittiva o l'ottimizzazione delle performance.

Il flusso dati per il controllo del drive deve essere gestito in modo deterministico, con la latenza minima, volumi di dati relativamente bassi e, probabilmente, in modo integrato con altre reti Ethernet-based presenti in campo: è l'impiego perfetto per il segmento URLLC.

I flussi dati legati alla predictive maintenance e ottimizzazione delle performance sono meno soggetti a requisiti di latenza e affidabilità, ma possono raggiungere picchi di banda estremamente elevati, che non devono in alcun modo perturbare i flussi dati di controllo: possono pertanto essere serviti in modo ottimale dal segmento eMMB. Infine, il segmento mMTC può gestire sensoristica distribuita, applicazioni di tracing o anche logistica estesa.

Un altro potenziale beneficio del 5G rispetto all'impiego dell'intelligenza artificiale in ambito manifatturiero è la capacità di integrare tecnologie di rete eterogenee, dall'integrazione con reti cablate Ethernet fino a sistemi satellitari

(Release 17): è facilmente intuibile che, quanto più si espande il numero e la natura delle sorgenti dati, tanto più l'intelligenza artificiale prende il sopravvento rispetto ad algoritmi predefiniti nell'analisi e nella gestione di questi dati.

## Scenari di implementazione

I principali scenari di implementazione del 5G sono due: creazioni di rete private a livello di sito e utilizzo di reti geografiche. Si tratta di due scenari estremi, con molteplici potenziali declinazioni intermedie.

Per esempio, è possibile pensare di integrare la rete geografica con mini stazioni radiobase private operanti su spettro libero, creando una rete virtuale a supporto della singola azienda gestita a livello di "provider edge" (ovvero presso il datacentre regionale più vicino del gestore di rete, non a livello di impianto) in modo da minimizzare la latenza senza il bisogno di collocare intelligenza di rete a livello di sito. Un modello di questo tipo ovvia ad alcune delle limitazioni del modello geografico, ma con costi e complessità molto inferiori rispetto alla creazione di una rete di sito.

Un limite comune a tutti gli approcci è costituito dalla disponibilità e dal costo delle interfacce di rete 5G per i componenti di automazione. Questo è un vincolo molto forte al momento, ma destinato a divenire meno critico al progressivo diffondersi della tecnologia 5G. Semplici modem 5G arriveranno in pochi anni a costare poche decine di euro - o pochi euro nel caso di device mMTC - diventando quindi competitivi rispetto a soluzioni cablate.

Una sfida forse più complessa sarà legata alle competenze necessarie per l'implementazione di reti 5G dedicate all'automazione: conoscenze di automazione industriale, reti radiomobili e algoritmi AI molto raramente sono detenute da uno stesso individuo e, anche singolarmente prese, richiederanno investimenti ingenti per aziende di dimensioni medie o piccole. E' pertanto verosimile che il ruolo giocato da system integrator specializzati diventerà determinante.



## 6.6. PROBLEMATICHE ETICHE

L'intelligenza delle macchine avrà sempre più peso nella realizzazione dei sistemi automatici ed autonomi, e le potenzialità che si intravedono oggi sono moltissime. Grazie all'uso dell'intelligenza artificiale è possibile far in modo che la macchina possa muoversi e agire in totale autonomia e sicurezza. In passato i robot erano confinati in strutture metalliche, il cui scopo era principalmente di garantire la sicurezza dell'uomo attraverso la separazione fisica.

In futuro con l'aumentare della collaborazione uomo-macchina, robot collaborativi, le barriere fisiche non saranno più necessarie e tutto verrà demandato ad una maggiore capacità da parte del robot di interpretare il mondo che lo circonda, grazie ad un miglior uso dell'intelligenza e della sensoristica.

Bisogna però considerare che l'intelligenza artificiale non ha nulla a che vedere con il concetto di intelligenza umana, ricordiamo infatti che le AI non sono intelligenti in senso stretto, capaci quindi di leggere dentro (intus legere). Sono ad oggi una tecnologia che può aiutare il processo di miglioramento della vita dell'uomo, occorre però fare molta attenzione all'uso che l'uomo farà di questa tecnologia.

Secondo quanto proposto dal gruppo di esperti che hanno contribuito alla stesura del documento "Strategia nazionale per l'intelligenza artificiale", l'AI non potrà essere potenziata completamente senza sviluppare parallelamente una serie di altre tecnologie abilitanti come mostrate dalla seguente immagine.

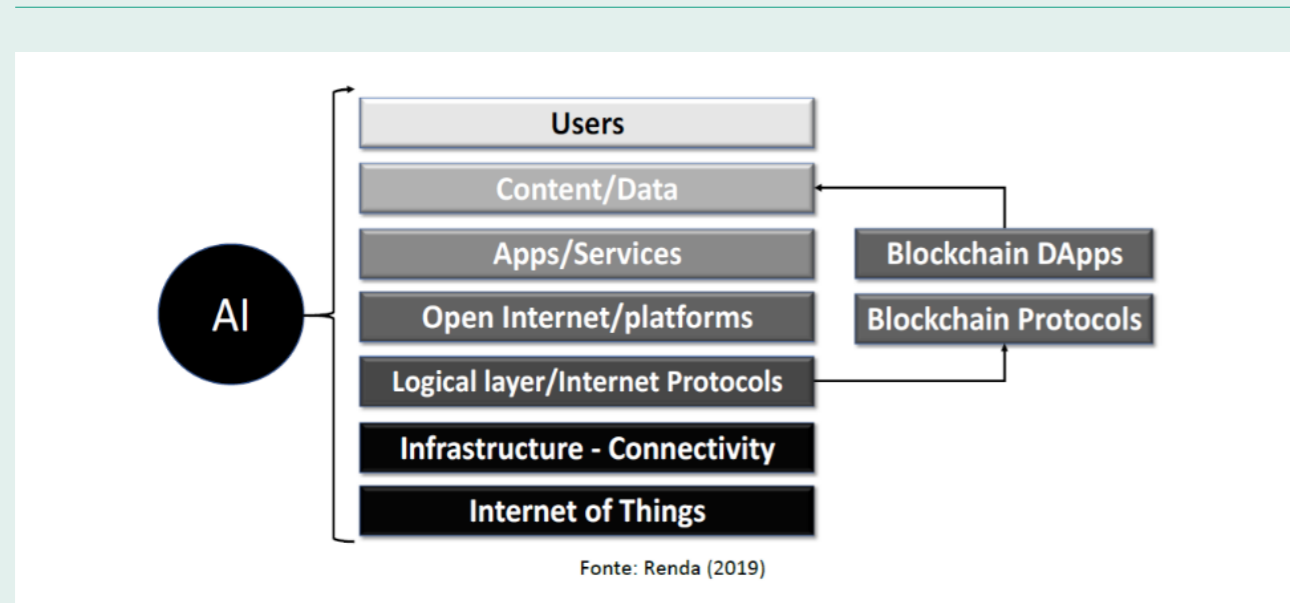


Fig. 28: La nuova "technology stack"

Uno degli aspetti fondamentali di cui sarà necessario tener conto è il grado di autonomia che andremo a fornire a queste macchine. Nessuno, immagino, vorrà un robot che sia completamente autonomo.

Il problema quindi su cui porre attenzione nel prossimo futuro è essenzialmente un problema morale ed etico. Sappiamo, infatti, che le AI se usate in modo superficiale amplificano gli errori umani, rischiando di attuare una vera e propria discriminazione sociale. L'AI, infatti, ha già dato modo di verificare come riesca a dedurre comportamenti umani che producono una discriminazione all'interno della società, a causa di un cattivo Input fornito al modello.

Negli USA si sono sviluppati moltissimi algoritmi di "risk-assessment" il cui scopo è quello di assistere i giudici nel processo decisionale rispetto ai potenziali criminali. Questi algoritmi hanno ampiamente dimostrato di generare discriminazione.

Il prof. Benanti - docente presso la Pontificia Università Gregoriana, esperto di etica, bioetica ed etica delle tecnologie e membro del Gruppo di esperti del Mise - ci mette in guardia circa l'uso indiscriminato di queste tecnologie, e ci dà qualche suggerimento su nuovi modi di pensare alla scrittura degli algoritmi delle AI, definendo il concetto di algor-etica.

Bisogna riflettere sul concetto di incertezza, insito in ogni processo decisionale. Infatti, l'uomo è consapevole delle incertezze legate ad una decisione e per questo si assume il rischio delle conseguenze della scelta fatta. Le macchine autonome, le AI spesso predicono dei valori basati proprio su una probabilità, quindi è fondamentale fare sempre in modo che l'uomo abbia l'ultima parola sul processo decisionale della macchina.

*"Se la macchina ogni volta che si trova in una condizione di incertezza chiede all'uomo, allora quello che stiamo realizzando è una intelligenza artificiale che pone l'umano al centro o come si suole dire tra i tecnici uno human-centered design."*

Infine, è utile sottolineare alcuni aspetti fondamentali che il prof. Benanti ci suggerisce in merito al nuovo linguaggio algor-etica, queste sono:

**Transparency** - I robot funzionano comunemente secondo algoritmi di ottimizzazione: l'uso energetico dei loro servomotori, le traiettorie cinematiche e le velocità operative sono calcolate per essere il più possibile efficienti nel raggiungimento del loro scopo. Affinché l'uomo possa vivere assieme alla macchina, l'agire di quest'ultima dovrà essere intellegibile. L'obiettivo principale del robot non dev'essere l'ottimizzazione delle proprie azioni, bensì rendere il proprio agire comprensibile e intuibile per l'uomo.

**Customization** - Un robot, attraverso la AI, si relaziona all'ambiente aggiustando il proprio comportamento. Lì dove uomo e macchina convivono, il robot deve essere in grado di adattarsi anche alla personalità dell'umano con cui coopera. L'homo sapiens è un essere emotivo; la macchina sapiens deve riconoscere e rispettare questa caratteristica unica e peculiare del suo partner di lavoro.

**Anticipation** - Quando due umani lavorano assieme, l'uno riesce ad anticipare e ad assecondare le azioni dell'altro intuendone le intenzioni. Questa competenza è alla base della duttilità che caratterizza la nostra specie: fin dai tempi antichi ha permesso all'uomo di organizzarsi. In un ambiente misto, anche le AI devono essere in grado di intuire cosa gli uomini vogliono fare, e devono assecondare le loro intenzioni cooperando: la macchina deve adattarsi all'uomo, non viceversa.

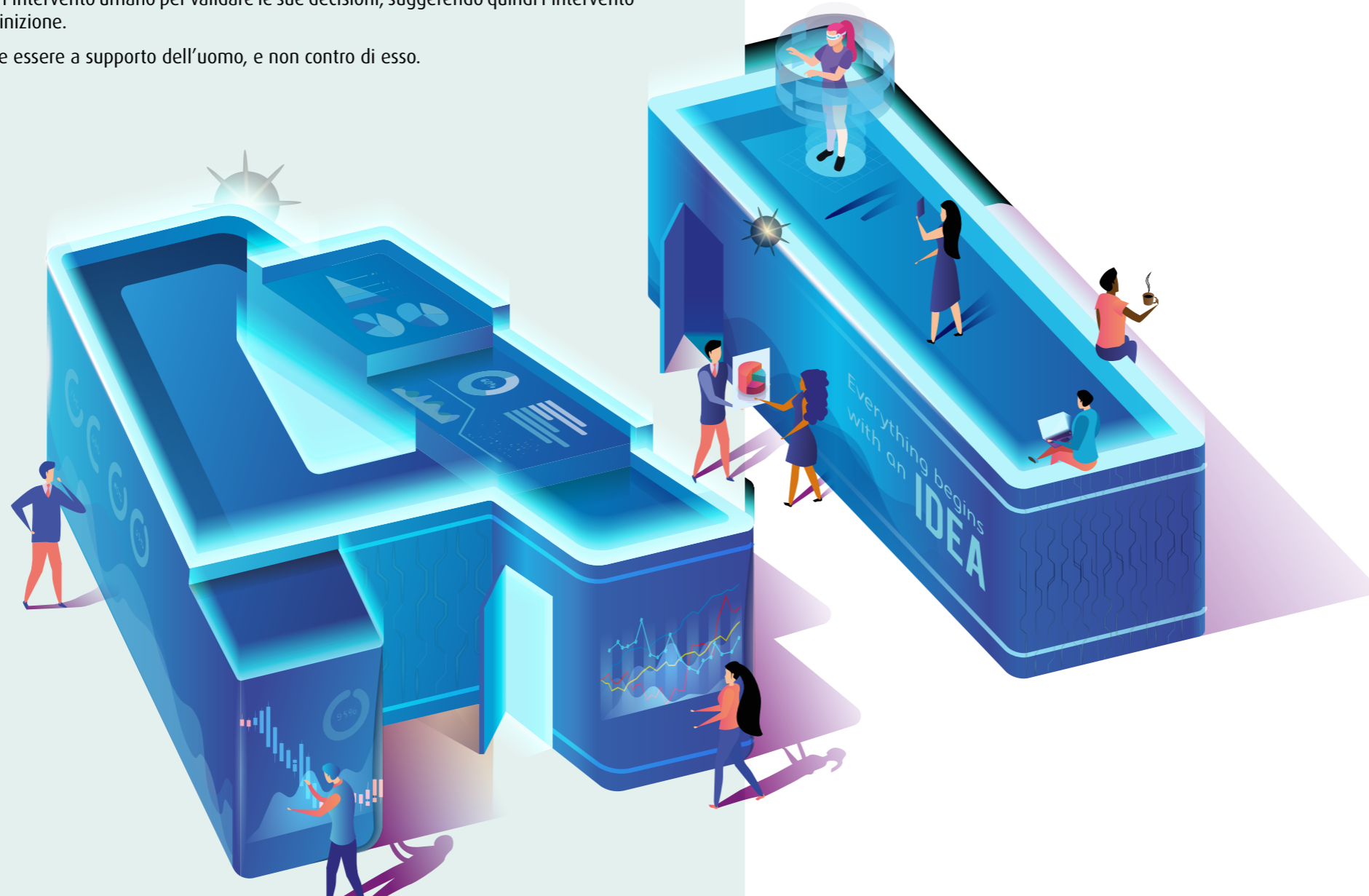
**Adequation** - Gli algoritmi di un robot ne determinano le linee di condotta. In un ambiente condiviso, il robot deve saper adeguare i propri fini osservando la persona e comprendendo così qual è l'obiettivo pertinente in ogni specifica situazione. La macchina deve, in altri termini, acquisire una "umiltà artificiale" per assegnare una priorità operativa alle persone presenti, e non al raggiungimento di un fine predefinito.

Nell'epoca delle AI, questi quattro parametri sono un esempio di come tutelare la dignità della persona.

In definitiva è necessario, in questa fase di sviluppo delle AI, coinvolgere diversi attori tra cui l'industria, l'università, lo stato, al fine di creare, a più mani, un linguaggio specifico che racchiuda valori, principi e norme "umane", tradotte appunto per la macchina.

Un primo passo può consistere nell'introdurre la consapevolezza dell'incertezza nel robot, in modo che di fronte ad una reale perplessità possa richiedere l'intervento umano per validare le sue decisioni, suggerendo quindi l'intervento da parte di chi detiene l'etica per definizione.

Così facendo le AI potranno realmente essere a supporto dell'uomo, e non contro di esso.





The logo for ANIE Automazione features a stylized blue and grey 'A' icon to the left of the text 'ANIE' in a bold, blue, sans-serif font, with 'AUTOMAZIONE' in a grey, sans-serif font below it.

# ANIE AUTOMAZIONE



Federazione ANIE

[ANIE Automazione](#)

Viale Lancetti 43 - 20158 Milano - Tel. 02 3264.252 - Fax 02 3264.212

[anieautomazione@anie.it](mailto:anieautomazione@anie.it) - [www.anieautomazione.anie.it](http://www.anieautomazione.anie.it)

[www.anie.it](http://www.anie.it) - [@ANIEAutomazione](#)