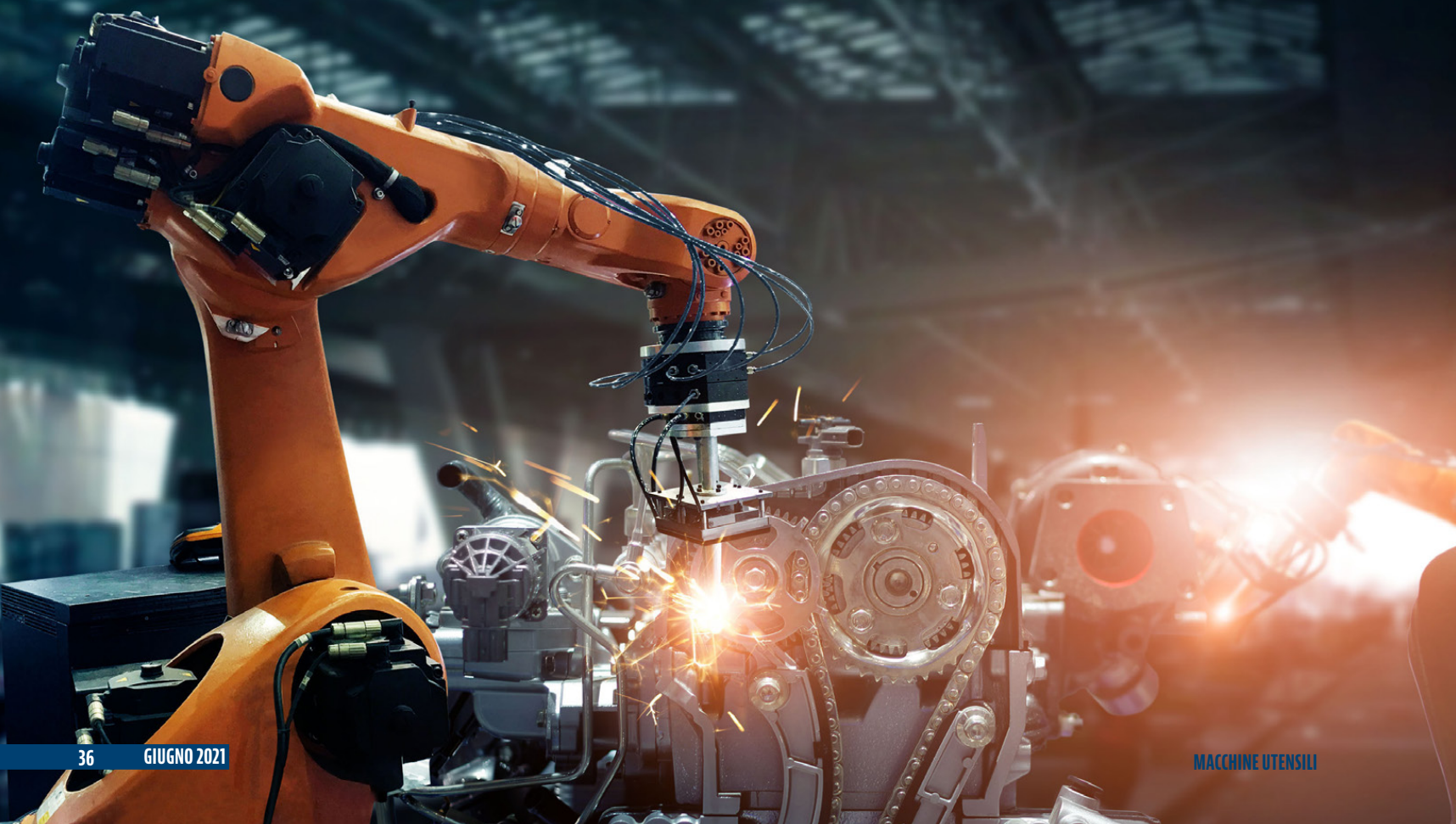


# Specializzazione intelligente per le macchine utensili

È CON IL PROGETTO DIGIMAN CHE DALL'EMILIA ROMAGNA SI SPINGE  
NELLA RICERCA DI "SOLUZIONI PER LA DIGITALIZZAZIONE  
DELLE AZIENDE NEL SETTORE MANIFATTURIERO"

Sanzia Milesi





**Mattia Torta,**  
Senior  
Researcher  
MUSP

Una ricerca finalizzata allo sviluppo di strumenti e soluzioni sensoriali innovative per taglio e output della lavorazione, tramite modellazione virtuale e funzionalità basate sull'intelligenza artificiale. Il progetto DIGIMAN riunisce tre laboratori della Rete Alta Tecnologia dell'Emilia Romagna e sei aziende, anch'esse emiliano-romagnole, sotto la responsabilità tecnica dell'ingegnere Paolo Albertelli. Mira allo sviluppo manifatturiero in ambito di Industria 4.0 e propone lo sviluppo di un Cyber Physical System, grazie ad una macchina che sposa una AMP, ossia una Augmented Manufacturing Platform,

in grado di migliorare anche in real-time strategie di intervento e qualità dei prodotti. Tra Virtual Operator e Digital Twin, un progetto che qui ci descrive in ogni suo particolare da Mattia Torta, Senior Researcher MUSP.

### **Obiettivi e finalità**

«DIGIMAN – spiega Mattia Torta - viene finalizzato nel tardo 2018 come “Progetto di ricerca industriale strategica” rivolto agli ambiti prioritari della specializzazione intelligente della Regione Emilia-Romagna, all'interno del Fondo Europeo di Sviluppo Regionale Por Fesr 2014-2020, e quindi finanziato con un contributo regionale pari a 800mila euro, a fronte di un budget complessivo di un milione 100mila euro. Il progetto nasce come risultato di una naturale integrazione ed evoluzione di idee e concetti già presenti nelle attività svolte dai laboratori coinvolti, maturati nel tempo attraverso progetti di ricerca precedenti. Dallo sviluppo di sensori ed elettroniche customizzate, allo studio di soluzioni innovative con materiali piezoelettrici, dalla definizione di algoritmi per l'acquisizione e l'elaborazione di segnali dal campo, allo sviluppo di modelli per stimare il comportamento delle macchine. Obiettivo del progetto è lo sviluppo di una piattaforma hardware-software, definita come Augmented Manufacturing Platform (AMP), che possa essere installata su centri di lavoro, andando a integrare funzionalità innovative con lo scopo di migliorare la qualità del prodotto, ridurre gli scarti e le non conformità, aumentare la disponibilità della macchina.

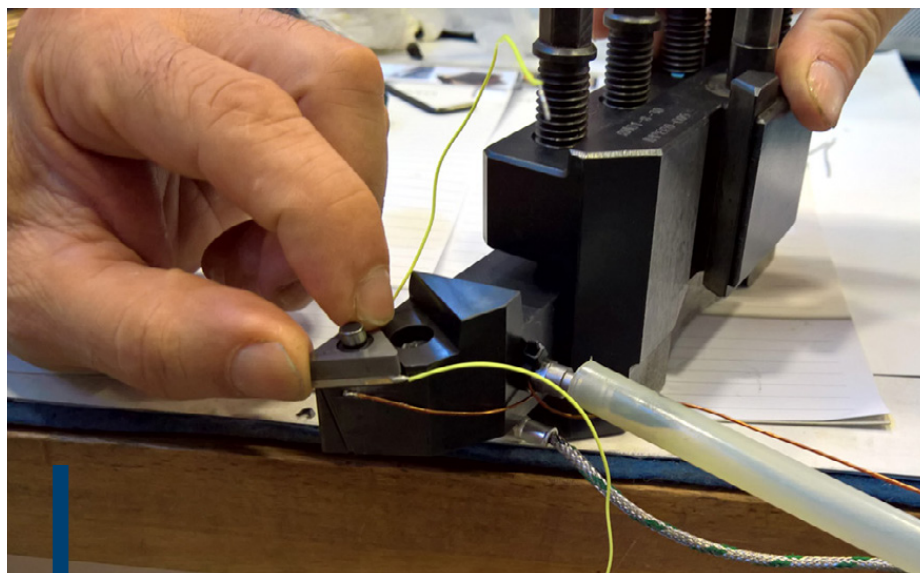
Nel suo complesso, la AMP comprende l'introduzione di innovative soluzioni di sensorizzazione, come l'impiego di materiali piezoelettrici al di sotto degli inserti per monitorare le forze di taglio, l'integrazione di accelerometri ed elettroniche customizzate per monitorare la vibrazione durante il processo con trasmissione wireless dei dati, la definizione di un sistema robotizzato intelligente per l'ispezione visiva delle parti lavorate. A coadiuvare questa componente



hardware, la AMP comprende una serie di componenti software che definiscono le vere e proprie funzionalità della piattaforma. In particolare: un modulo di elaborazione dei dati acquisiti ed estrazione di indicatori rilevanti ai fini del monitoraggio della macchina; un modulo di simulazione dell'interazione tra utensile e pezzo in lavorazione con lo scopo di caratterizzare e prevedere la qualità in uscita; un modulo di controllo e aggiornamento dei parametri al fine di ottimizzare il processo di taglio dal punto di vista della qualità e, infine, un modulo (Virtual Operator) che integra algoritmi di intelligenza artificiale al fine di valutare in autonomia il risultato delle lavorazioni, identificare anomalie, proporre azioni correttive e formalizzare la conoscenza che operatori esperti hanno sul processo, per poi rendere possibile trasferire queste conoscenze verso operatori meno esperti.»

### Soggetti e competenze

«Il progetto – prosegue il ricercatore – coinvolge tre laboratori della Rete Alta Tecnologia dell'Emilia Romagna, ossia MUSP, MISTER e ISTECCNR, e sei realtà industriali del territorio regionale. Coordinatore di progetto, il ruolo di MUSP comprende lo sviluppo di un set-up sensoristico per l'ispezione visiva delle parti prodotte e per il monitoraggio in process, lo sviluppo di un modello di simulazione dell'interazione tra utensile e pezzo in lavorazione (Digital Twin) e di un set di algoritmi di intelligenza artificiale, allo scopo di centralizzare tutte le informazioni provenienti dal processo e sviluppare tutte le funzionalità del Virtual Operator. Il Laboratorio MISTER, con le sue competenze nei temi della sensoristica e dello sviluppo di elettronica custom, si occupa dell'implementazione dei sensori di temperatura e vibrazione sull'utensile avanzato, nonché dello sviluppo dell'elettronica di monitoraggio e gestione degli stessi. Mentre infine il contributo di ISTECCNR è relativo ai materiali elettro-ceramici, e in particolare ai materiali piezoelettrici che, grazie alle pro-



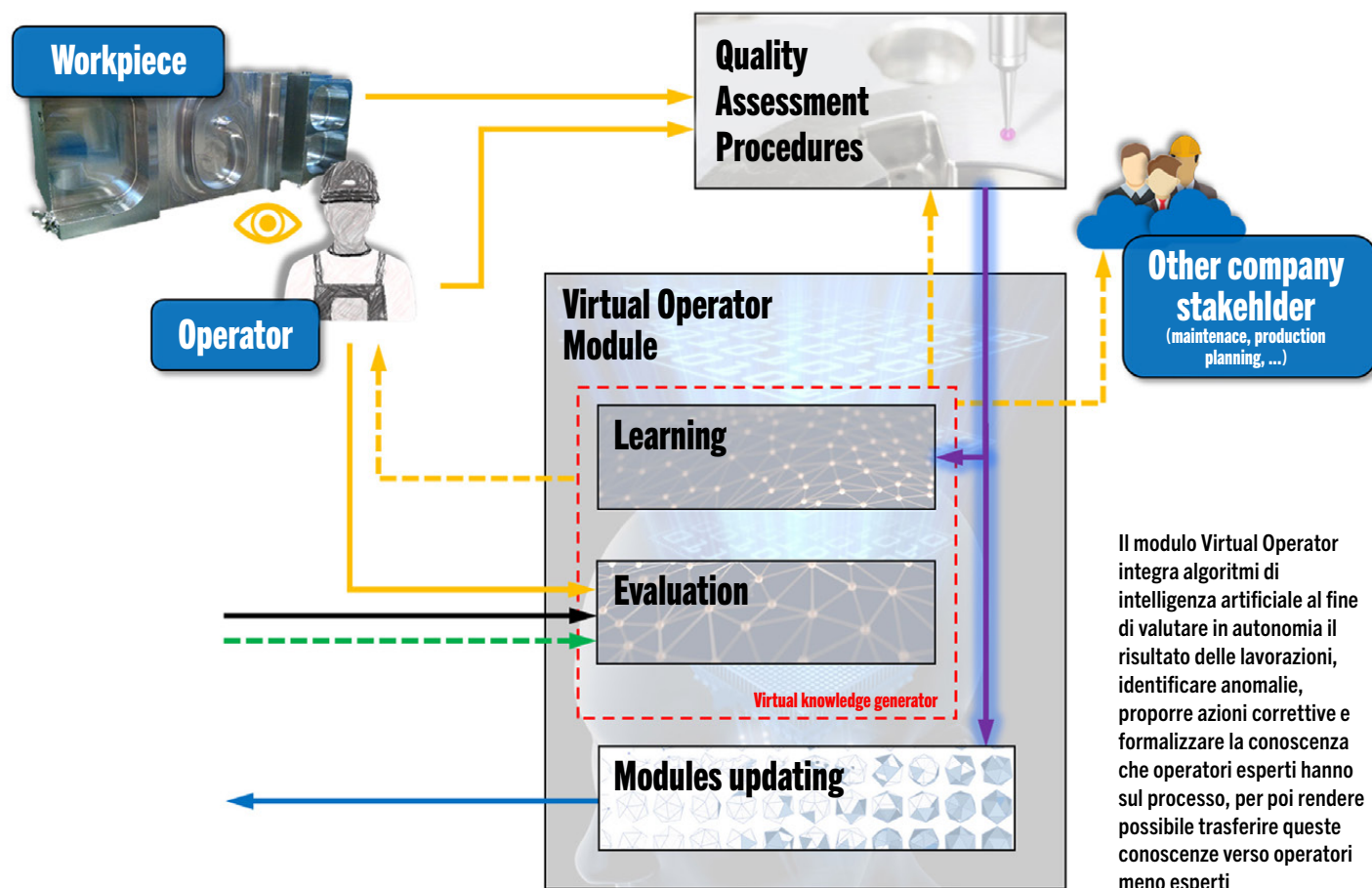
### Impiego di materiali piezoelettrici al di sotto degli inserti per monitorare le forze di taglio

prietà di generare una risposta elettrica (sensore) a fronte di una sollecitazione meccanica (come sforzo, deformazione, vibrazione), o viceversa, di rispondere ad un segnale elettrico generando una risposta meccanica (attuatore), possono essere impiegati rispettivamente con funzione di sensori per la misura delle sollecitazioni meccaniche sull'utensile oppure come attuatori per modificare la posizione dei taglienti durante le lavorazioni. Quanto infine al partenariato industriale, le sei industrie emiliano-romagnole coinvolte (attraverso manifestazione di interesse) sono JOBS, MANDELLI, MARPOSS, MCM, POGGIPOLLINI e SCM, che supportano le attività di progetto attraverso la condivisione di know-how e best practices, così anche fornendo supporto sperimentale in termini di ore-uomo e disponibilità di macchinari per test specifici.»

### Organizzazione e programma

«La concretizzazione delle attività di progetto - chiarisce più in dettaglio - sta procedendo attraverso riunioni remote di aggiornamento e coordinamento, nonché attività di sviluppo sperimentale all'interno dei laboratori dei singoli partner. In particolare, all'interno dei laboratori ISTECCNR hanno luogo le attività di realizzazione dei prototipi di sensori piezoelettrici da impiegare negli utensili, mentre all'interno dei laboratori MISTER lo sviluppo della sensoristica accelerometrica (sensore ed elettronica) customizzata per utensili da tornitura e fresatura. All'interno dei laboratori MUSP trova invece luogo l'integrazione di quanto sviluppato dai partner, così come i test sperimentali volti alla validazione degli approcci e alla creazione di dataset su cui addestrare e sviluppare gli algoritmi di Intelligenza Artificiale, validare i modelli di stima del comportamento delle macchine e calibrare le metodologie di data processing. L'emergenza Covid ha certamente avuto un impatto non trascurabile, dilatando i tempi delle attività sperimentali e rallentando in generale lo sviluppo di progetto nel suo complesso. Così che il suo termine è stato posticipato a febbraio 2022. In ogni caso, il progetto non si è certamente fermato. Ad oggi, sono già state sviluppate le prime

# DIGIMAN



versioni prototipali dei sensori piezoelettrici, così come del sensore accelerometrico a trasmissione wireless per utensili di tornitura e fresatura. Sono già stati svolti test sperimentali preliminari al fine di valutare l'efficacia dei sensori, con risultati ad oggi promettenti, e a fine febbraio, un'intensa campagna sperimentale ha coinvolto centinaia di lavorazioni per l'asportazione di truciolo su provini in acciaio, al fine di generare la base dati principale su cui addestrare gli algoritmi AI. Dal punto di vista degli approcci di intelligenza artificiale, è stata già portata a termine un'intensa analisi e sono stati identificate le metodologie più promettenti per implementare le funzionalità dell'Operatore Virtuale, ossia algoritmi in grado di valutare la qualità dei pezzi prodotti, individuando e classificando

eventuali problematiche emerse durante il processo a supporto degli operatori macchina.»

## Risultati e innovazioni

«Il progetto sta evolvendo e dal nostro punto di vista – riferisce ancora l'ingegnere MUSP - abbiamo acquisito anche risorse, sia tecnologiche (di fatto, per costruire prototipi) che in termini di capitale umano (in particolare, due ingegneri neolaureati, che si stanno occupando delle attività di formalizzazione della conoscenza e dello sviluppo dell'utensile sensorizzato). Al momento esistono le prime versioni di utensile sensorizzato per operazioni di tornitura e una prima versione del prototipo di accelerometro con elettronica custom e trasmissione wireless del segna-

le per montaggio su utensili da fresatura. L'intero prototipo di sistema d'ispezione, comprensivo di hardware e modulo software di interfaccia e controllo, è già stato installato a bordo di un centro di lavoro nel nostro laboratorio per eseguire i primi test di ispezione. Per quanto riguarda i moduli software più evoluti presenti nell'architettura della AMP, il modello di simulazione dell'interazione tra utensile e pezzo in lavorazione ha già raggiunto una prima versione funzionante, garantendo risultati promettenti per quanto riguarda superfici piane. L'architettura dell'operatore virtuale ha così oggi una sua prima definizione e, come accennavo, abbiamo appena ultimato una campagna sperimentale incredibilmente dettagliata al fine di addestrarne gli algoritmi di intelligenza artificiale. Pro-

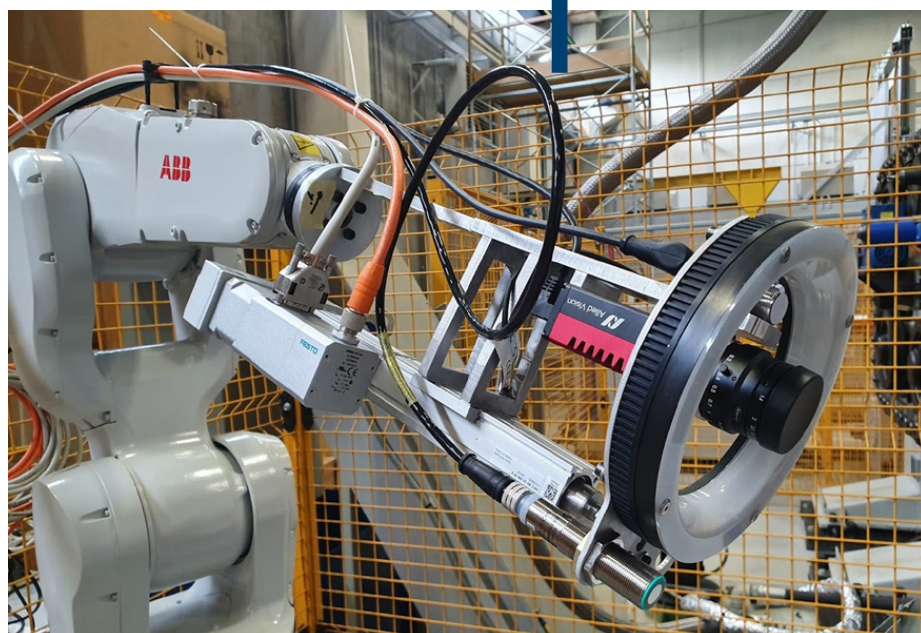
vo un attimo a descrivere un caso concreto, per esemplificare meglio il flusso di lavoro. Un generico centro di lavoro dotato di AMP è in grado di monitorare le caratteristiche del processo, dalle forze di taglio alle vibrazioni, alimentando il modello di simulazione dell'interazione tra utensile e pezzo e garantendo una stima in tempo reale della qualità risultante e l'individuazione immediata di eventuali fonti di anomalie. I dati raccolti sono poi associati alle acquisizioni ottenute dal sistema di ispezione visiva e al feedback di operatori esperti al fine di addestrare un sistema in grado di valutare in modo autonomo la qualità risultante ed eventuali azioni correttive volte al miglioramento di quest'ultima. La macchina è così in grado di ridurre al minimo gli scarti e le fonti di anomalie nei pezzi prodotti, imparando da operatori esperti a valutare tale qualità e identificare problematiche.»

### La digitalizzazione delle macchine utensili

«La tematica non è certamente nuova – commenta Mattia Torta - Il concetto di Digital Manufacturing risale addirittura agli anni '70 e da allora diverse sono state le sigle che ne hanno contraddistinto l'evoluzione. Negli anni '90 è sta-

ta la volta del Computer Integrated Manufacturing (CIM), mentre dai primi anni 2000 si sono succedute la Digital Factory e l'iniziativa Factory 2.0 dell'Unione Europea, giungendo poi al programma Smart Factory dell'Università di Stoccarda del 2007. Tutte queste iniziative non riuscirono a portare i risultati sperati al mondo industriale e furono caratterizzate da una comune delusione rispetto alle aspettative. Il medesimo concetto ha poi visto un ulteriore rilancio con Industria 4.0, in cui l'obiettivo non è tanto sviluppare nuove tecnologie, quanto integrare tecnologie già esistenti e sintetizzabili in: Robot autonomi, Simulazione, Integrazione orizzontale e verticale di sistemi, Internet of Things (IoT) industriale, Cybersecurity, Cloud, Additive manufacturing, Realtà aumentata, Big Data. In questo senso, diversi sono gli

### Sistema robotizzati intelligenti per l'ispezione visiva delle parti lavorate



aspetti che solo una quindicina di anni fa sarebbe stato impensabile implementare in pochi e semplici passaggi: l'interazione uomo macchina così stretta e diretta, generare e trasferire dati produttivi, elaborarli, aggiornare software da remoto, verificare fermi macchina, usura degli utensili, o anomalie senza presidio umano, calcolare con precisione i tempi di lavoro e gli interventi manuali, trasferire disegni e dati di programmazione a distanza. Tutte operazioni oggi facilmente integrabili in una normale gestione imprenditoriale.»

### Le nuove sfide

«Uno dei temi che sta plasmando molti settori e inizia, allo stesso modo, ad avere risonanza nel mondo della ricerca è l'intelligenza artificiale – conclude il Senior Researcher MUSP, Mattia Torta - In questo senso, non si tratterà soltanto di implementare algoritmi scritti per altri ambiti adattandone le caratteristiche, ma di sviluppare soluzioni dedicate, così come di partire dalla progettazione delle macchine affinché queste siano, fin dalla loro concezione, sviluppate per coesistere con l'intelligenza artificiale. In questo senso saranno sempre di più quelle funzionalità che passeranno da operatore a macchina, permettendo la definizione autonoma di percorsi di movimento, la valutazione autonoma della qualità in uscita, la scelta autonoma dei parametri di lavorazione, etc. Nell'ambito macchine utensili, trascurando i problemi che il comparto sta affrontando a causa della pandemia, le principali questioni oggi sul tavolo riguardano principalmente la differenziazione rispetto ad alcuni mercati (Cina in primis) in termini qualitativi e di funzionalità evolute rispetto a tale concorrenza. In questo senso, i costruttori italiani si stanno muovendo nell'ambito R&D al fine di introdurre valore aggiunto nei propri prodotti, aumentando performance e integrando funzionalità innovative. Ciò che giunge a noi in termini di richieste è in linea con tutto ciò, nella medesima direzione in cui il progetto DIGIMAN ha già iniziato muoversi.»