MUSP
Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

# Processi di assemblaggio e formalizzazione della conoscenza

Il settore manifatturiero si trova oggi ad affrontare una duplice sfida: da un lato, l'opportunità offerta dalle tecnologie digitali per rendere i processi più efficienti; dall'altro, il rischio crescente di perdita delle competenze operative maturate sul campo, soprattutto nei processi di assemblaggio, dove l'esperienza diretta degli operatori è spesso non documentata ma fondamentale.
Per rispondere a questa esigenza, è stata sviluppata una piattaforma tecnologica modulare che integra:
• interfacce uomo-macchina avanzate (HMI) basate su realtà aumentata,
• acquisizione dati da macchinari tramite architetture edge,
• formalizzazione e condivisione del know-how operativo in ambiente cloud.
La piattaforma consente di acquisire, conservare e trasferire conoscenze pratiche implicite, supportare la formazione in sito e migliorare la gestione dei processi di assemblaggio, anche in un'ottica di economia circolare.

| | |
|---|---|
| **Laboratory** | MUSP |
| **Specialization Area** | Digitale, Meccatronica e Materiali |
| **Contacts** | Paolo Albertelli |
| **Keyword** | Knowledge representation and reasoning, AI, Advanced manufacturing, Digital platform |

***"KnowledgeX - Piattaforma modulare per la formalizzazione della conoscenza"***



*Fig. 1: eXpert Knowledge formalization for a human-centered manufacturing*




*Fig. 2: Expert Knowledge Formalisation*

## Description

Sulla base di un'esigenza condivisa da molte ditte manifatturiere e legata in particolare ai processi di **assemblaggio**, disassemblaggio e manutenzione, il laboratorio MUSP insieme ad altri partner del territorio regionale ha sviluppato una tecnologia digitale innovativa volta a preservare e valorizzare il know-how degli operatori esperti, specialmente in presenza di personale prossimo al pensionamento e difficoltà di reperimento di nuove competenze.

Questo viene fatto attraverso un sistema integrato edge/cloud e interfacce avanzate basate su dispositivi di realtà aumentata (AR), visori e display che consentono agli operatori di ricevere istruzioni e suggerimenti contestuali basati sull'esperienza pregressa, migliorando così la qualità e l'efficienza delle operazioni di assemblaggio.

Questa piattaforma di integrazione supporta gli operatori nella **selezione e gestione di componenti da assemblare**, anche recuperati e compatibili, favorendo pratiche di economia circolare attraverso la condivisione delle disponibilità di componenti disassemblati per un successivo riutilizzo.

Questo strumento è stato sviluppato nell'ambito del progetto KnowledgeX.

## Innovative aspects

KnowledgeX: un approccio human-centered alla gestione del know-how nell'assemblaggio, introduce una piattaforma modulare che integra edge computing, cloud, intelligenza artificiale e realtà aumentata, offrendo un approccio unico e human-centered alla gestione del know-how nei processi di assemblaggio.

L'innovazione principale risiede nella capacità del sistema di estrarre conoscenza tacita da operatori esperti e dati di processo, trasformandola in ontologie e knowledge graph. Questa conoscenza diventa accessibile in modo contestuale e interattivo tramite visori AR.

Rispetto alle soluzioni tradizionali, KnowledgeX consente di:

- Preservare e digitalizzare il know-how implicito legato alla scelta e all'assemblaggio, inclusi componenti recuperati;
- Offrire formazione personalizzata e contestuale, con supporto AR che guida l'operatore in tempo reale;
- Semplificare le decisioni operative, ad esempio nella selezione di componenti compatibili o nel riciclo;
- Rafforzare la resilienza produttiva, riducendo i tempi di integrazione dei nuovi operatori grazie a istruzioni interattive basate sull'esperienza pregressa.

## Potential applications

La tecnologia è applicabile in contesti manifatturieri con assemblaggio, disassemblaggio e manutenzione ad alta variabilità. Risulta utile in caso di carenza di manodopera qualificata o ricambio generazionale, facilitando il trasferimento del know-how operativo. Attraverso dispositivi di realtà aumentata e sistemi edge/cloud, gli operatori ricevono istruzioni contestuali che migliorano qualità ed efficienza, favorendo anche il riuso di componenti in ottica di economia circolare.

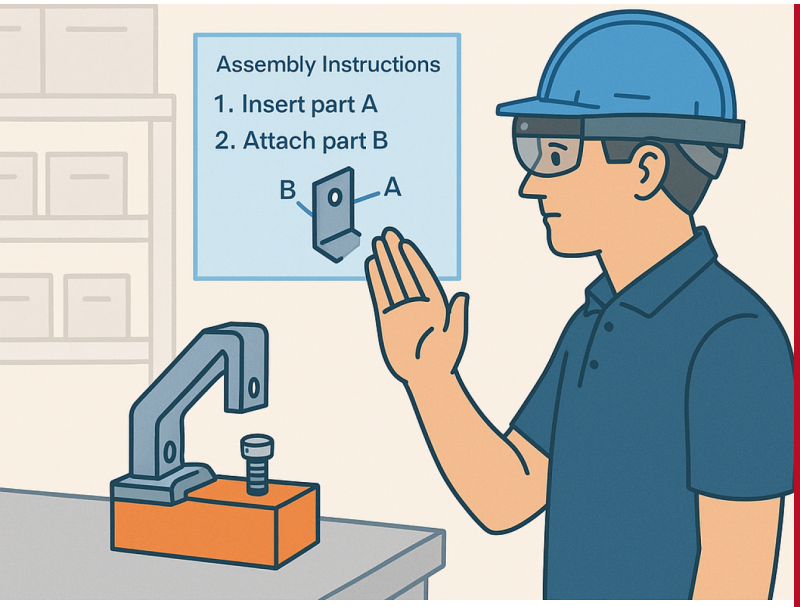



*Fig. 3: Approcci semiautomatici e human-oriented per l'estrazione e la rappresentazione della conoscenza in operazioni di assemblaggio*

| | |
|---|---|
| **Involved partners** | Partenariato di ricerca: Consorzio MUSP (coordinatore), ISTC-CNR, MISTER.<br>Partenariato industriale: BLM, CAPELLINI, MCM. |
| **Implementation Time** | 18 mesi |
| **Technology Readiness Level** | TRL 6 - tecnologia dimostrata in ambiente rilevante |
| **Exploitation** | Sono in corso attività di valorizzazione della tecnologia, tra cui la valutazione per la brevettazione di metodologie per l'acquisizione, la formalizzazione e la trasmissione della conoscenza implicita degli operatori esperti. Parallelamente, si stanno esplorando collaborazioni con aziende di settori diversi per estendere l'utilizzo della piattaforma in contesti produttivi eterogenei. |

# Application example

**Applicazione in ambito manifatturiero con processi di assemblaggio, disassemblaggio e manutenzione ad alta variabilità.**

La tecnologia è integrabile in un ambiente industriale caratterizzato da elevata variabilità nei processi di assemblaggio e dalla presenza di operatori esperti prossimi al pensionamento. Grazie all'uso di dispositivi AR e visori, gli operatori meno esperti possono accedere in tempo reale a un patrimonio di conoscenze pratiche raccolte da colleghi senior, sotto forma di suggerimenti contestuali e istruzioni operative. Questo database, costruito tramite osservazione, interviste e registrazioni in sito, rappresenta una risorsa fondamentale per affrontare situazioni non standard, spesso assenti nei manuali tecnici.
I principali risultati ottenuti includono:

- **Riduzione dei tempi di formazione** dei nuovi operatori grazie a un training immersivo, guidato e basato sull'esperienza reale;
- **Incremento dell'efficienza operativa** e diminuzione degli errori, soprattutto nei passaggi critici del processo;
- **Diminuzione dei difetti di assemblaggio** riscontrati nel periodo successivo all'introduzione della tecnologia;
- **Integrazione di pratiche di economia circolare**, grazie alla selezione ottimizzata e al riutilizzo di componenti recuperati.

MUSP
Macchine Utensili e Sistemi di Produzione

# MUSP

**Consorzio MUSP**

MUSP si dedica alla ricerca applicata nell'ambito dei sistemi di produzione, stimolando il trasferimento tecnologico tra università e industria e rafforzando la competitività del tessuto industriale regionale e nazionale.
MUSP opera principalmente nel settore della produzione meccanica con una serie di attività integrate che comprendono lo sviluppo di progetti di ricerca, servizi di supporto e consulenza R&D, attività di formazione tecnica.
MUSP si è specializzato in diverse tecnologie legate ai sistemi e ai processi di produzione, arricchendosi di competenze specifiche nei seguenti ambiti:
• Simulazioni strutturali, di processo e fluidodinamiche: modellazione e analisi al supporto della progettazione di sistemi complessi, della caratterizzazione dei processi e dell'ottimizzazione delle performance.
• Processi di asportazione di truciolo: monitoraggio e controllo di processo, ottimizzazione delle performance della macchina e criogenia per la lubrorefrigerazione.
• Manifattura additiva: soluzioni innovative per la stampa 3D su larga scala.
• Tecnologie laser: soluzioni innovative per il deep engraving, la funzionalizzazione superficiale e la saldatura.
• Robotica: manipolatori industriali a supporto di soluzioni avanzate per l'ispezione, la manifattura additiva e l'asportazione di truciolo.
• Monitoraggio e controllo qualità: soluzioni per l'ispezione automatizzata e la manutenzione predittiva.

**Website** http://www.musp.it

**Director** Michele Monno

**Published on** 25/08/2025