



Smart Factories, Design e Big Data: un percorso a ritroso attraverso Industry 4.0

Digital Intelligent Assistant nella Smart Factory: l'Intelligenza Artificiale Generativa per il supporto all'assemblaggio manuale

Nicolò Sabetta

Phd candidate Sapienza Università di Roma

Next Gen-AI commission E.N.I.A





Agenda

- ❖ Dall'Industria 4.0 all'Industria 5.0
- ❖ L'Intelligenza Artificiale Generativa (genAI) nella Smart Factory
- ❖ Digital Intelligent Assistans (DIAs)
- ❖ DIAs per il supporto ad operazioni di assemblaggio manuale industriale
- ❖ Altre applicazioni del DIAs
- ❖ Limitazioni della genAI nella Smart Factory



Industria 4.0

01

Integrazione totale

Automazione, connettività e dati lavorano insieme.

02

Monitoraggio IoT

Sensori e dispositivi consentono il controllo continuo dei processi.

03

Sistemi cyber-fisici

Collegamento tra mondo fisico e digitale.

04

Ottimizzazione

Analisi dei dati per migliorare prestazioni, qualità e costi.



Limiti del paradigma Industria 4.0

Flessibilità ridotta

L'elevato livello di automazione può limitare l'adattabilità operativa.

Complessità d'uso

I sistemi sono difficili da utilizzare per utenti non specialisti.

Conoscenza frammentata

Informazioni distribuite in documenti, software e persone con difficoltà di accesso.

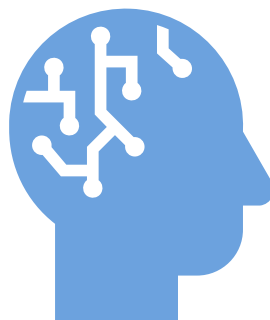


Questi limiti evidenziano la necessità di un approccio più orientato all'essere umano.



Industria 5.0

L'**Industria 5.0** è un paradigma industriale che pone **l'essere umano al centro dei sistemi produttivi**, valorizzando la collaborazione tra persone e tecnologie avanzate, in particolare l'intelligenza artificiale, per creare processi **più resilienti, sostenibili e adattivi**.





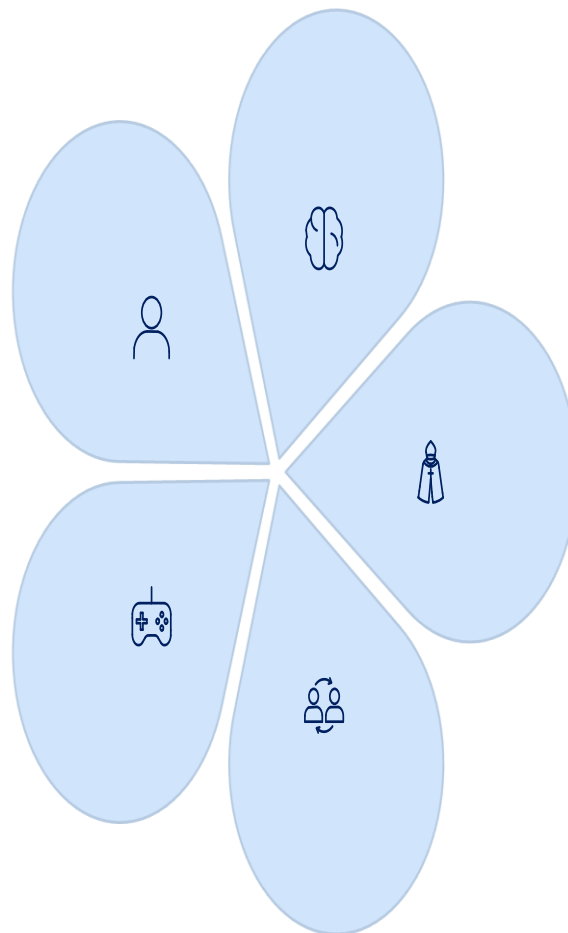
Industria 5.0

Human-Centric

L'essere umano al centro dei sistemi produttivi.

Controllo umano

L'ingegnere mantiene decisioni critiche.



Supporto cognitivo

Tecnologia per capacità cognitive, decisionali e creative.

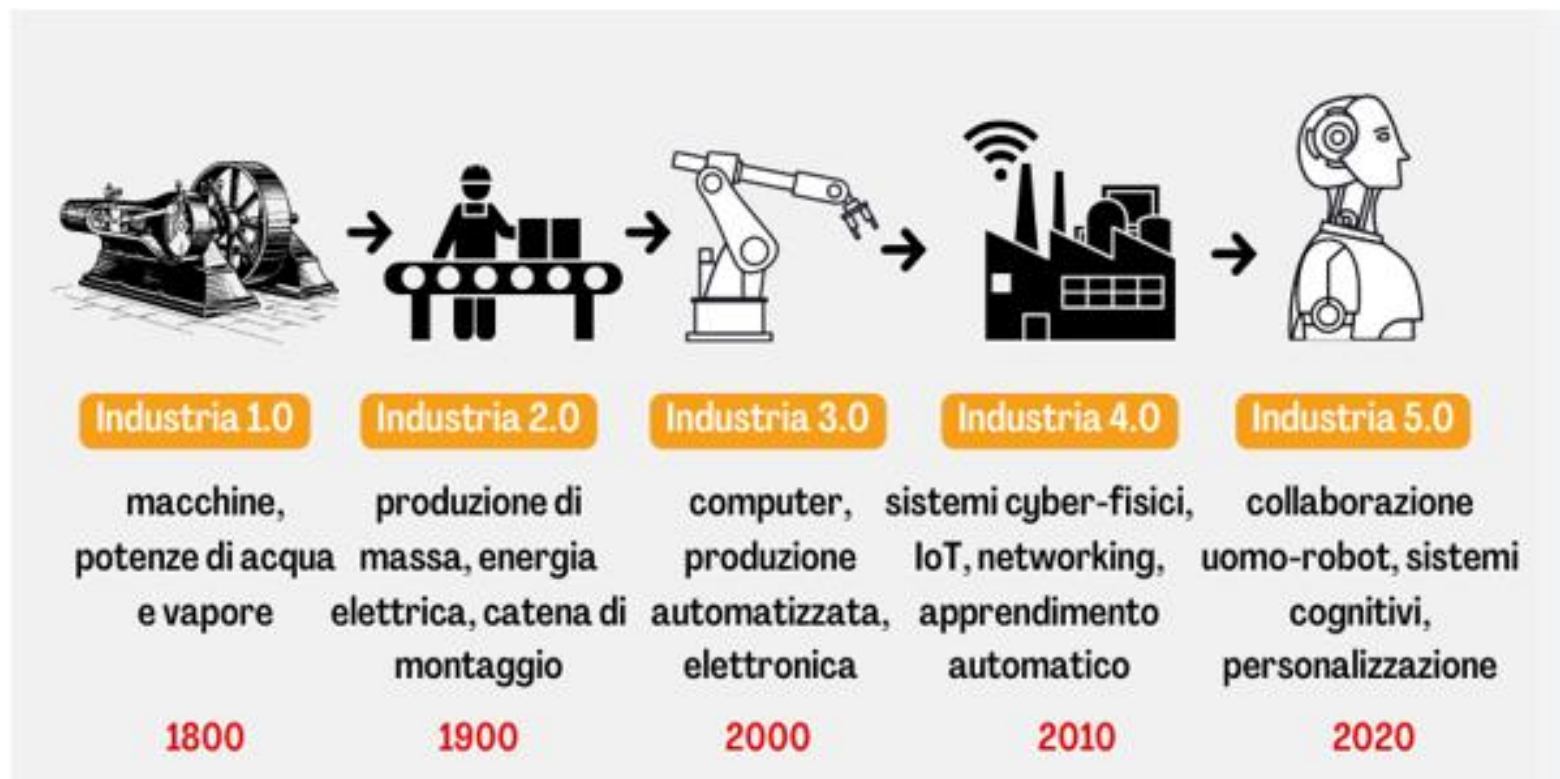
Resilienza

Sistemi adattivi e sostenibili.

Collaborazione

Uomo e macchina lavorano insieme.

Dall'Industria 4.0 all'Industria 5.0





Dall'Industria 4.0 all'Industria 5.0



Automazione

Ottimizzazione dei processi



Supporto decisionale

Affiancamento intelligente



Centralità umana

Dalla macchina all'uomo

Il passaggio dall'Industria 4.0 all'Industria 5.0 non rappresenta una rottura, ma un'evoluzione naturale.

La fabbrica viene interpretata come un **sistema socio-tecnico**, in cui tecnologia, persone e organizzazione sono strettamente interconnesse.



Intelligenza Artificiale Generativa

Generazione contenuti

Modelli che creano testo, immagini e codice.



Large Language Models

Addestrati su grandi quantità di dati eterogenei.



Linguaggio naturale

Comprensione e risposte contestuali.



Interfaccia intelligente

Ponte verso sistemi complessi.



AI Generativa nella Smart Factory



Ponte dati-persone

L'AI generativa collega informazioni tecniche e operative alle persone.



Accesso semplificato

Informazioni tecniche disponibili in modo intuitivo e immediato.



Supporto operativo

Aiuta operatori, tecnici e ingegneri nella comprensione del sistema.

Abilita nuove forme di collaborazione uomo-macchina
coerenti con il paradigma dell'Industria 5.0.





Digital Intelligent Assistants (DIAs)

I **Digital Intelligent Assistants (DIAs)** sono chatbot progettati per **potenziare le capacità umane**, riducendo il carico cognitivo e supportando l'allineamento delle attività, **elevando il ruolo dell'operatore a decisore**, piuttosto che a semplice esecutore di compiti.



GenAI

Sistemi basati su intelligenza artificiale generative (LLMs)



Linguaggio naturale

Interazione fluida con gli utenti attraverso conversazioni naturali



Integrazione dati

Conoscenza di dominio, dati di processo e documentazione tecnica unificati



Supporto operatore

Riduzione del carico cognitivo e miglioramento della qualità del lavoro



Perché i DIAs sono utili nell'assemblaggio industriale

Elevata variabilità

Componenti diversi richiedono procedure specifiche e adattabili

Numerose regole

Complessità operativa con molteplici protocolli da seguire

Rischio di errori

Attività manuali soggette a imprecisioni e sviste

Alto carico cognitivo

Richiesta costante di attenzione e memoria operativa

DIAs a supporto dell'assemblaggio manuale



Guida passo-passo

Istruzioni sequenziali durante l'intero processo di assemblaggio

Istruzioni contestuali

Informazioni specifiche fornite su richiesta dell'operatore

Risposte in tempo reale

Risoluzione immediata di dubbi operativi durante il lavoro

Riduzione complessità

Eliminazione della necessità di consultare manuali cartacei o sistemi complessi

DIA a supporto dell'assemblaggio manuale



Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Computers in Industry

journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/computers-in-industry



Assessment of a large language model based digital intelligent assistant in assembly manufacturing

Silvia Colabianchi, Francesco Costantino, Nicolò Sabetta *

Department of computer, control, and management engineering Antonio Ruberti, Sapienza University of Rome, Via Ariosto 25, Rome 00185, Italy

ARTICLE INFO

Keywords:

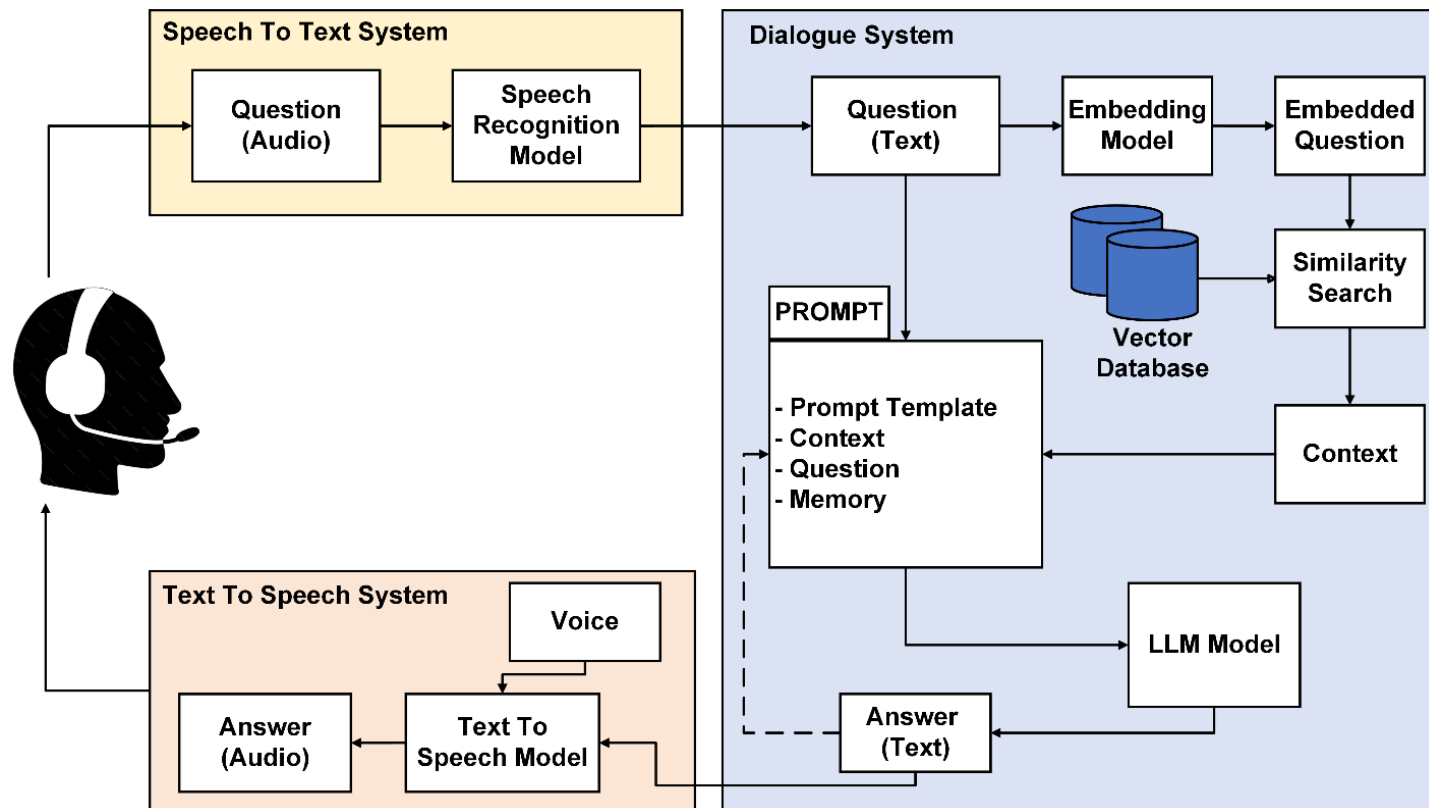
Chatbot
Experimental design
Artificial intelligence
Natural language processing
Industry 4.0
Industry 5.0

ABSTRACT

The use of Digital Intelligent Assistants (DIAs) in manufacturing aims to enhance performance and reduce cognitive workload. By leveraging the advanced capabilities of Large Language Models (LLMs), the research aims to understand the impact of DIAs on assembly processes, emphasizing human-centric design and operational efficiency. The study is novel in considering the three primary objectives: evaluating the technical robustness of DIAs, assessing their effect on operators' cognitive workload and user experience, and determining the overall performance improvement of the assembly process. Methodologically, the research employs a laboratory experiment, incorporating a controlled setting to meticulously assess the DIA's performance. The experiment used a between-subjects design comparing a group of participants using the DIA against a control group relying on traditional manual methods across a series of assembly tasks. Findings reveal a significant enhancement in the operators' experience, a reduction in cognitive load, and an improvement in the quality of process outputs when the DIA is employed. The article contributes to the study of the DIA's potential and AI integration in manufacturing, offering insights into the design, development, and evaluation of DIAs in industrial settings.



Architettura del DIA





Percezione degli Operatori

Maggiore facilità

Esecuzione delle operazioni più semplice e intuitiva

Minore frustrazione

Esperienza lavorativa più positiva e gratificante

Riduzione sforzo mentale

Minore affaticamento cognitivo durante le attività

Maggiore coinvolgimento

Partecipazione attiva e motivata nel compito

📄 Il sistema è stato percepito come un supporto utile e non come un vincolo.



Riduzione del carico cognitivo



Riduzione affaticamento

Gli operatori si sentono significativamente meno stanchi



Maggiore concentrazione

Capacità di focalizzazione migliorata durante le attività



Sicurezza nelle azioni

Incremento della fiducia nelle proprie decisioni operative

I risultati mostrano una riduzione significativa del carico cognitivo percepito. Questo è particolarmente rilevante in attività ripetitive e ad alta variabilità.



Qualità del processo e degli output



Riduzione errori

Diminuzione significativa degli errori umani durante l'assemblaggio



Miglioramento qualità

Standard qualitativi più elevati nell'assemblaggio finale



Coerenza procedurale

Maggiore uniformità nel rispetto delle procedure operative

Anche quando i tempi non risultano significativamente ridotti, la qualità complessiva del processo migliora.



Generative AI Multimodale nella Smart Factory

In ambito industriale, molte informazioni sono visive: componenti, assemblaggi, difetti e posture operative.



Componenti

Identificazione e classificazione automatica delle parti.



Assemblaggi

Verifica della corretta sequenza di montaggio.



Difetti

Rilevamento anomalie e non conformità.

La generative AI multimodale collega ciò che l'operatore vede con ciò che il sistema conosce.



DIA Multimodali per il Supporto all'Assemblaggio

Input visivo

Telecamere e immagini catturano il contesto operativo reale.



Input linguistico

L'operatore formula domande e richieste in linguaggio naturale.



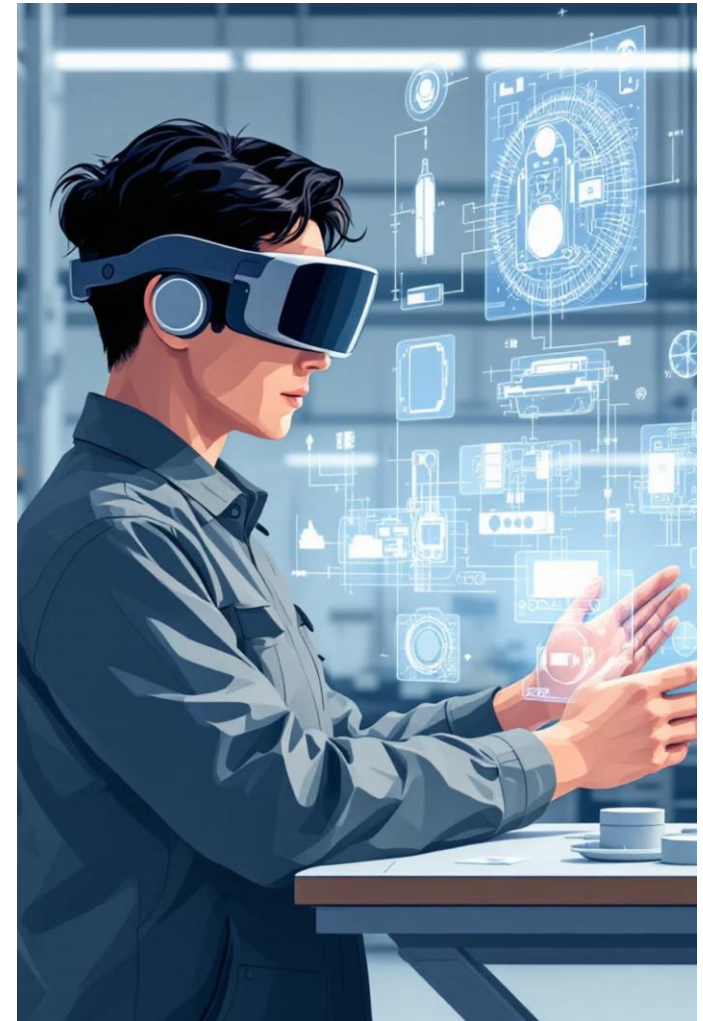
Analisi contestuale

Il sistema integra le informazioni visive e linguistiche.



Risposta mirata

Fornisce supporto specifico e contestualizzato all'attività.





Supporto operativo in tempo reale

Chiedere spiegazioni

L'operatore ottiene chiarimenti su procedure e operazioni complesse.

Ricevere conferme

Validazione immediata delle azioni eseguite per maggiore sicurezza.

Ottenere suggerimenti

Raccomandazioni proattive per ottimizzare le attività operative.



Il supporto avviene in linea con un approccio human-centric, valorizzando l'esperienza dell'operatore.



Dall'Industria 4.0 all'Industria 5.0

Confronto automatico

Verifica l'assemblaggio reale rispetto a quello atteso.

Segnalazione immediata

Identifica e comunica le incongruenze rilevate.

Correzione guidata

Supporta l'operatore nella risoluzione dell'errore.





Estrazione conoscenza

Work as Imagined

Procedure formali, documentazione ufficiale e protocolli standard definiti dall'organizzazione.

Work as Done

Pratica reale, adattamenti sul campo e soluzioni operative sviluppate dagli operatori esperti.

Estrazione conoscenza

La genAI multimodale analizza il lavoro reale svolto dagli operatori, confrontando teoria e pratica. Emergono così elementi di conoscenza tacita difficilmente catturabili tramite documentazione tradizionale.





Limitazioni attuali

Nonostante le potenzialità, esistono limiti rilevanti che richiedono cautela e presidio ingegneristico.

1

Allucinazioni

I modelli possono generare risposte non affidabili o inventare informazioni non presenti nei dati.

2

Natura Black-Box

Difficoltà nel comprendere e spiegare i processi decisionali interni dei modelli AI.

3

Interpretazione Complessa

Limitazioni nell'elaborare correttamente schemi, grafi e tabelle tecniche articolate.



Questi aspetti richiedono validazione rigorosa e un forte presidio ingegneristico per garantire affidabilità e sicurezza.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

 **Nicolò Sabetta**



nicolo.sabetta@uniroma1.it



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

