

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
Cooperazione e collaborazione in ambito
Industria 4.0: il rapporto tra uomo e robot***

Tutor universitario: Prof. Martina Calzavara

Laureando: *Eleonora Zanardo*

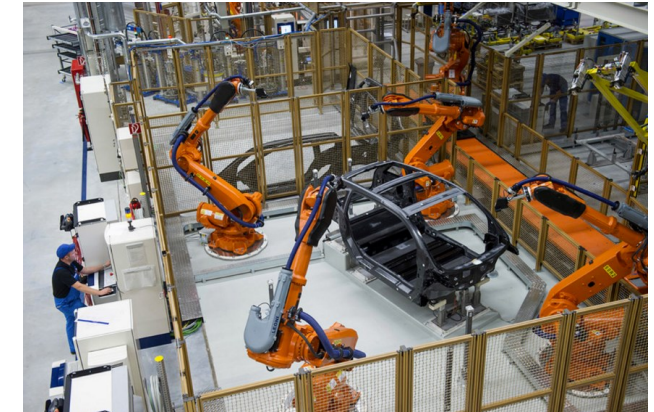
Padova, 26/09/2023

1. Introduzione
2. Progettazione dell'interazione uomo – robot
3. Operatore industriale
4. Relazione industriale
5. Sicurezza
6. Caso studio
7. Applicazioni
8. Conclusioni

→ Industria 4.0

Approccio industriale che prevede l'integrazione di nuove tecnologie produttive per migliorare l'efficienza produttiva industriale. Questo nuovo approccio vede come protagonisti:

- Robot: «operatore meccanico automatico controllato da un cervello elettronico per operazioni seriali e automatiche»
- Cobot: robot collaborativo che consente lo sviluppo di una relazione più serrata tra uomo e macchina, dando maggiore flessibilità alla linea produttiva.



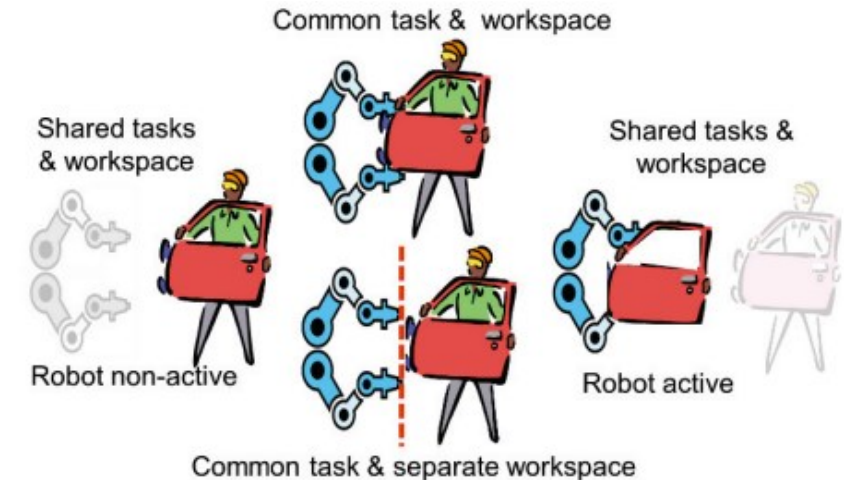
[1] A.C. Simoes, 2022; [2] A. Zacharaki, 2020; [3] A. Keshvarparast, 2021
[4] A. Weiss, 2021; [5] G. Fitzpatrick, 2013; [6] A. Fast-Berglunda, 2016.

→ Human Robot Collaboration

L'applicazione all'HRC nell'industria 4.0 prevede la realizzazione di un complesso sociotecnico distribuito tra uomo, macchine, robot, sensori e programmi. Questi interagiscono tra di loro per creare un contesto industriale all'avanguardia e prestazionale.

I sistemi HRC generalmente si possono suddividere in tre macrocategorie:

- «common task and workspace» attività e area di lavoro comune.
- «share tasks and workspace» attività e area di lavoro condivise.
- «common tasks and separate workspace» attività comune e area di lavoro separata

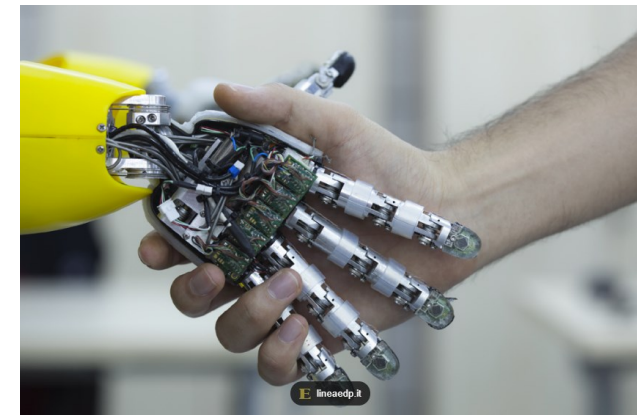


[2] A. Zacharaki, 2022; [3] A. Keshvarparast, 2021; [4] A. Weiss, 2021; [7] A. Fasth; [8] A. Malik, 2021; [9] G. Michalos, 2015; [10] A. Vysocky, 2016; [11] M. Rinaldini, 2018; [12] C. Zhuang, 2018; [13] L.V. Guerrero, 2014; [14] A.Keshvarparast, 2022; [15] S. Schillmoeller, 2013; [16] J.E. Colgate, 2003.

→ Operatore 4.0

Il nuovo contesto industriale che si crea esige una nuova figura operativa che sia adatta a cooperare e collaborare con i nuovi sistemi introdotti. Diventa necessario considerare:

- Competenze tecniche, la continua evoluzione industriale determina l'esigenza di corsi di aggiornamento e di formazione.
- Fisionomia dell'operatore, caratteristiche fisiche quali altezza, peso.
- Psicologia della persona.



[3] A. Keshvarparast, 2021; [4] A. Weiss, 2021; [9] G. Michalos, 2015;
[14] A.Keshvarparast, 2022; [18] O. Ogorodnikova; 2008; [19] D. Norman, 1986.

Uomo e robot condividono lo stesso spazio di lavoro all'interno del contesto industriale creato dall'industria 4.0 diventando colleghi.

I due lavorano a stretto contatto condividendo lo stesso spazio e scambiando informazioni
Si ha lo sviluppo una nuova relazione industriale che consente efficienza, flessibilità e produttività nella linea di produzione.

Nasce l'esigenza di definire una direttiva per la corretta divisione delle responsabilità, ovvero come le singole entità debbano rispondere al funzionamento del sistema.



[3] A. Keshvarparast, 2021; [4] A. Weiss, 2021; [9] G. Michalos, 2015;
[14] A.Keshvarparast, 2022; [18] O. Ogorodnikova; 2008; [19] D. Norman, 1986.

→ Normativa

Data la rapida evoluzione dell'industria 4.0, la normativa in vigore viene continuamente revisionata per garantire linee guida efficaci e adatte al problema, rendendo la concorrenza pari.

- Standard di sicurezza ISO EN 10218 individua delle soluzioni di lavoro, quali:
 - ❖ Safety-rated Monitored Stop: arresto monitorato di sicurezza
 - ❖ Hand Guiding: guida manuale
 - ❖ Speed and Separation monitoring: monitoraggio di velocità e di distacco
 - ❖ Power and Force Limiting: limitazione di forza e potenza
- Standard di sicurezza ISO/TS 15066:2016 definisce i requisiti per i sistemi robot e per l'ambiente di lavoro.

→ Strategie progettuali

- Sensori LiDAR, interruttori, barriere fisiche.
- Caratteristiche fisiche del robot, dimensioni e forze, utili per controllare il funzionamento.

[2] A. Zacharaki, 2020; [3] A. Keshvarparast, 2021; [6] A. Fast-Berglunda; 2016;
[8] A.Malik, 2022; [9] G. Michalos; 2015; [10] A. Vysocky, 2016; [17] P. Chemweno, 2022

CEJN ITALY SRL: azienda leader nella produzione di accoppiamenti e connessioni rapide.

Per migliorare la performance di produzione l'azienda testa delle soluzioni di automazione per l'assemblaggio di un attacco rapido.

Si propone l'introduzione di tre robot, un UR5 e due UR3. La procedura prevede un'analisi per valutare quanto il processo si presti ad essere automatizzato, attraverso:

- DFA (Design For Assembly)
- DYNAMO++ con la matrice LoA

La difficoltà di automazione deriva da due componenti: MOLLE e O-RING.

L'analisi ha verificato che l'automazione consente una soluzione efficace, anche se non ancora applicata.



[6] A. Fast-Berglunda, 2016

- BMW Group ha introdotto i robot universali UR10 per eseguire la sigillatura delle portiere.
- Audi AG ha introdotto il robot PART4you nella linea di montaggio.
- GM, Toyota, Honda, Ford, Visteon, Nissan e DaimlerChrysler utilizzano i sistemi IAD per spostare, sollevare e posizionare carichi in modo sicuro e accurato.



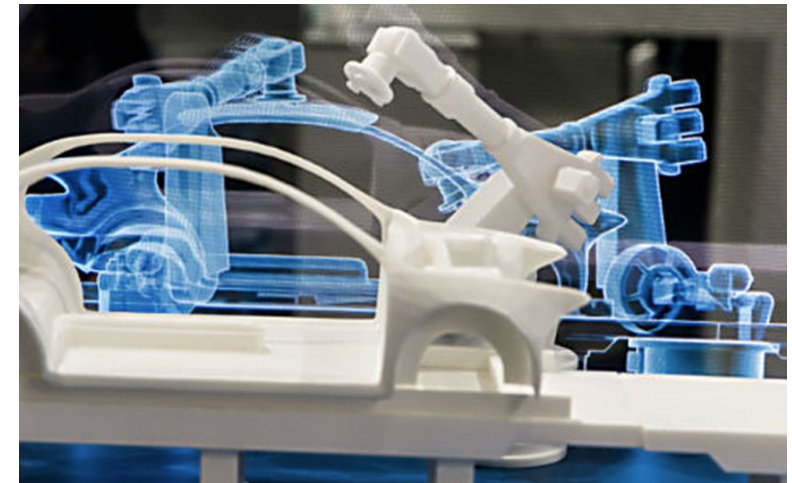
[9] G. Michalos, 2015; [10] A. Vysocky, 2016;
[15] S. Schillmoeller, 2013; [16], J.E. Colgate, 2003

«Gemello digitale»: rappresentazione virtuale dell'entità fisica attraverso cui si svolge un lavoro di analisi per progettare la configurazione lavorativa adatta, prima della sua realizzazione fisica.

Questo sistema di analisi è sempre più scelto dalle aziende per poter poi elaborare un sistema fisico adeguato.

Attraverso questo sistema è possibile:

- Effettuare una valutazione sulla complessità delle attività
- Programmare intuitivamente i robot
- Valutare la sicurezza dell'operatore umano
- Generare una raccolta dati per le azioni critiche
- Incorporare l'intelligenza artificiale



[8] A.Malik, 2021; [12] C. Zhuang, 2018

Per poter quindi elaborare un'efficace cooperazione e collaborazione tra uomo e robot al fine di automatizzare una linea produttiva, diviene necessario considerare i seguenti punti chiave:

- L'interazione elaborata sia efficace per la produzione
- La configurazione di lavoro rispetti le norme di sicurezza, garantendo l'incolumità ai lavoratori
- Definire le competenze richieste all'operatore per interagire efficacemente con i sistemi industriali

Il tutto deve essere elaborato considerando i costi che ne derivano, verificando la sostenibilità economica della soluzione.