

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

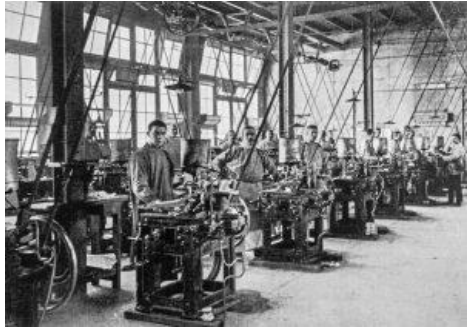
Corso di Laurea in Ingegneria ...

***I robot collaborativi per migliorare
ergonomia e sicurezza nella
produzione industriale***

Tutor universitario: Prof. Serena Finco

Laureando: *Giampaolo Righetto*

Padova, 18/09/2024



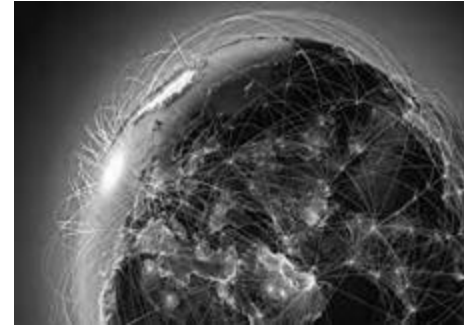
prima rivoluzione industriale:

- utilizzo del carbone
- macchina a vapore
- primi macchinari



seconda rivoluzione industriale:

- introduzione del petrolio e dell'elettricità
- introduzione catena di montaggio (Henry Ford 1913)



terza rivoluzione industriale:

- fonti energetiche rinnovabili
- internet e personal computer
- automazione dei processi produttivi



quarta rivoluzione industriale:

- fonti energetiche rinnovabili
- largo impiego di strutture robotizzate



Quinta rivoluzione industriale:

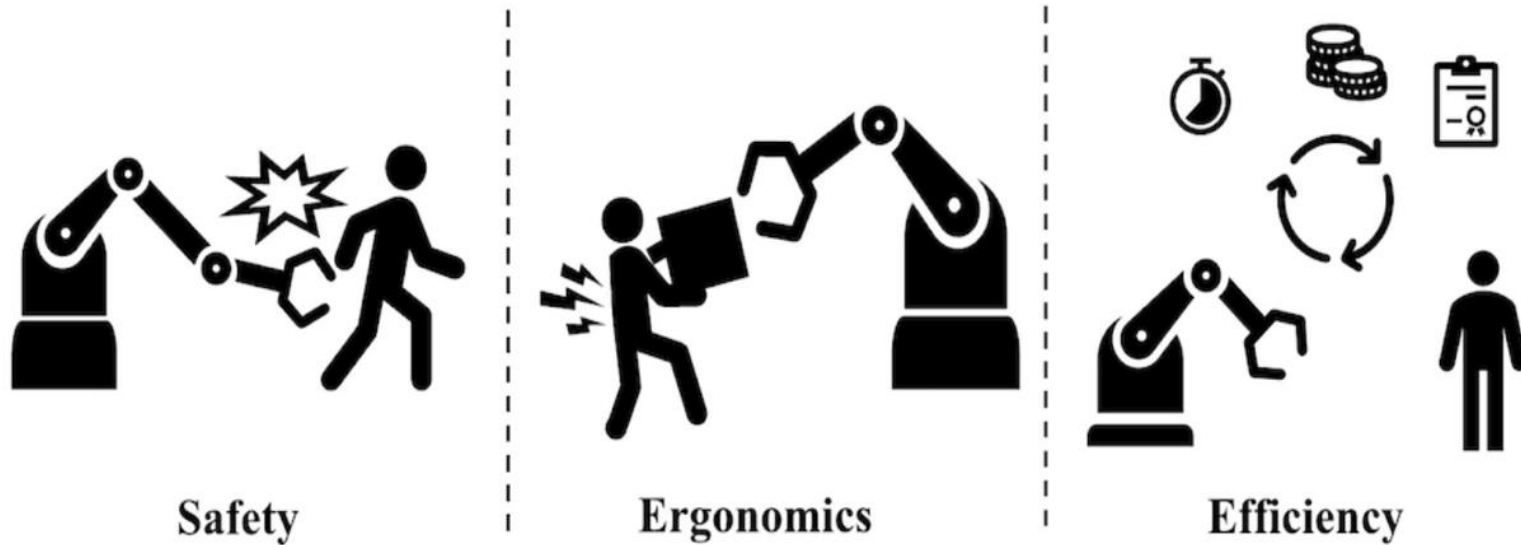
- Rivoluzione energetica: fonti energetiche rinnovabili e sostenibili
- Industria: impiego dei cobot, sistemi robotizzati collaborativi

La robotica ha comportato l'avvento di nuove problematiche a cui far fronte. Tra le principali troviamo le criticità correlate alla sicurezza, all'ergonomia, alla sostenibilità e accessibilità, al benessere fisico e mentale del lavoratore

La literature review in questione si pone l'obiettivo di approfondire alcuni argomenti relativi al campo della cobotica.

Verranno dunque approfonditi alcuni dei principali ambiti di ricerca relativi ai cobot e alle tecnologie collaborative. In particolare si esamineranno aspetti relativi alla sicurezza, all'ergonomia, alla flessibilità e ad alcuni scenari collaborativi.

La seguente sezione si occupa di prendere in esame quanto la letteratura ha da offrire in merito ai campi di ricerca considerati.



/	Robot	Cobot
Interazione	Operano generalmente isolati dagli umani	Progettati per lavorare fianco a fianco con gli umani
Sicurezza	Necessitano di barriere di sicurezza	Dotati di sensori e sistemi di sicurezza integrati
Programmazione	Richiede competenze tecniche avanzate	Facilmente programmabile anche da non esperti
Flessibilità	Limitata, specifico per compiti ripetitivi	Elevata, adattabile a diversi compiti
Capacità di apprendimento	Tradizionalmente programmato per compiti fissi	Può utilizzare l'apprendimento automatico per migliorare le prestazioni
Costo	Spesso elevato, adatto a grandi produzioni	Generalmente meno costoso e più economico da implementare per piccole e medie imprese
Installazione	Complessa e lunga	Rapida e semplice
Versatilità	Meno versatile, più specializzato	Alto grado di versatilità, adatto ad una grande varietà di compiti
Manutenzione	Richiede manutenzione specializzata	Semplice, spesso progettato per una manutenzione semplice
Utilizzo	Ideale per compiti ripetitivi e a lungo termine	Adatto per ambienti di produzione dinamici e flessibili

- 1) *Collaborazione indipendente*
- 2) *Collaborazione sequenziale*
- 3) *Collaborazione simultanea*
- 4) *Scenario di supporto*

La comunicazione tra uomo e macchina avviene tramite:

- 1) Interfacce grafiche (visual displays)
- 2) Gestii
- 3) Comunicazione vocale
- 4) Interazioni fisiche e tattili

Il concetto di flessibilità può essere trattato sotto diversi punti di vista:

- 1) *Cobot flessibile*—> facile riprogrammazione
- 2) *Collaborazione flessibile*—> adattabilità delle parti
- 3) *Flessibilità di volume*—> capacità di gestire diversi volumi di produzione
- 4) *Flessibilità mista*—> capacità di gestire una modesta quantità di componenti e prodotti

IIoT—> industrial internet of things

- 1) Ergonomica: aspetti anatomici, biomeccanici, antropometrici
- 2) L'ergonomia: aspetti cognitivi e psicologici → fattori umani [2], [6]

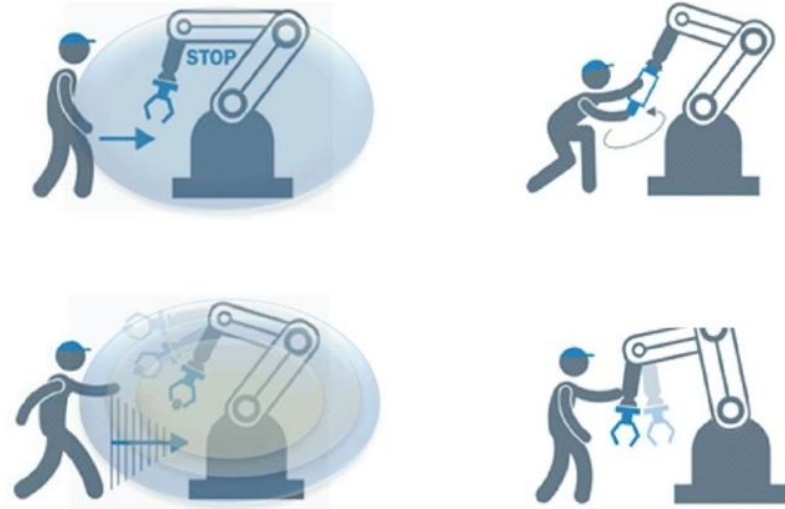
Lo studio delle traiettorie di movimento:

- 1) RULA: rapid upper limb assessment;
- 2) LUBA: postural loading on the upper body assessment;
- 3) OCRA: occupational repetitive actions;
- 4) REBA: rapid entire body assessment.

CATIA: software utile per simulazioni 3D [7]

Indice di sforzo denotato nel seguente modo: $S=\{IE, DE, EM, HWP, SW, DD\}$. [8]

- 1) IE: intensità dello sforzo
- 2) DE: durata dello sforzo
- 3) EM: numero di sforzi per minuto
- 4) HWP: posizione mano/polso
- 5) SW: velocità di lavoro
- 6) DD: durata per giorno



La sicurezza, vista la sua importanza, è una tematica fortemente normata e per tale motivo ritengo utile citare alcune normative:

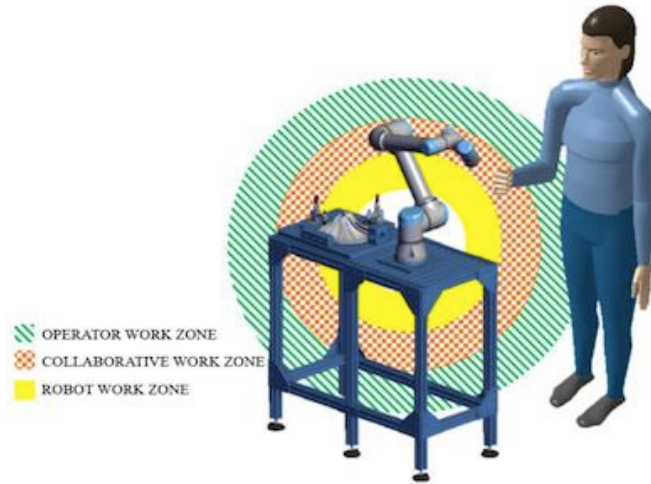
- 1) UNI EN ISO 12100 (2010) riguardante le principali caratteristiche utili a valutare e ridurre i rischi relativi ai sistemi robotici; [14]
- 2) UNI EN ISO 10218-2 (2011) & UNI EN ISO 10218-1 (2012) riguardanti i prerequisiti di sicurezza relativi alle isole robotizzate; [15] [16]
- 3) ISO TS 15066 (2016) riguardante i requisiti di sicurezza richiesti ai sistemi robotici collaborativi. [17]

Sistemi di sicurezza:

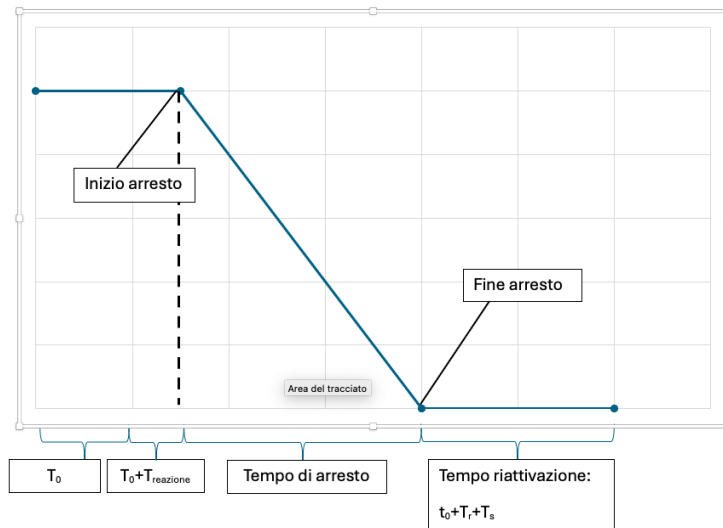
- 1) SRMS (safety rotated monitored stops)
—> $S(t_0) = S_h + S_r + S_s + C + Z_d + Z_r$
- 2) HAND GUIDING
- 3) SSM (speed separation monitoring)
- 4) PFL (power and force limiting)

Individuiamo dunque:

- 1) Zona di lavoro dell'operatore (zona verde)
- 2) Zona di lavoro collaborativa (zona rossa)
- 3) Zona di lavoro del cobot (zona gialla)



Da questo punto di vista le modalità e le tempistiche di arresto possono essere rappresentate graficamente secondo lo schema seguente.



Collaborazione uomo-macchina, flessibilità, ergonomia e sicurezza rappresentano tematiche di principale interesse per quanto riguarda la cobotica.

Collaborazione uomo-macchina:

- 1) **Collaborazione indipendente**
- 2) **Collaborazione sequenziale**
- 3) **Collaborazione simultanea**
- 4) **Collaborazione di supporto**

La tematica riguardante l'ergonomia rappresenta la concreta possibilità di rivoluzionare e influenzare il benessere fisico, nonché mentale dei lavoratori incidendo anche sulla loro efficienza e produttività

La sicurezza ha da sempre rappresentato una sfida, la cobotica, così come la robotica, richiedono requisiti stringenti (espressi tramite normativa) e sistemi di sicurezza all'avanguardia (SRMS, HAND GUIDING, SSM, PFL)