



Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti
per il Manifatturiero Avanzato
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sistemi sensoriali intelligenti per il benessere e la sicurezza delle persone nelle fabbriche

*Tiziana D'Orazio,
STIIMA-CNR*

*Workshop: La Fabbrica delle Persone nell'Industria 4.0
Foligno, 12 Dicembre 2019*

Contesto

- Incremento del numero dei **lavoratori anziani**. La fascia di età compresa tra 55 e 64 anni aumenterà di circa il 16% tra il 2020 e il 2030. Tutte le altre fasce d'età diminuiranno dal 5,4% (40-54 anni) al 14,9% (25-39 anni).
- Bassa attrattività dei percorsi **STEM e ITS** rispetto alla domanda potenziale.
- Aumento dei **prodotti personalizzati**, necessità di gestire processi produttivi in continua evoluzione.
- Richiesta di una facile **riconversione e adattamento** dei lavoratori in nuove soluzioni basate su strumenti ICT e sull'automazione.

Perché usare sistemi sensoriali intelligenti?

- L'innovazione e le nuove tecnologie possono consentire una **migliore integrazione tra macchine e persone** per realizzare prodotti più intelligenti in ambienti di lavoro più confortevoli
- Sistemi sensoriali intelligenti possono essere utilizzati per analizzare le **dinamiche di interazione** tra persone e macchine
- L'analisi dei movimenti delle persone può consentire lo studio del corretto utilizzo degli spazi e delle procedure per garantire alti standard di **sicurezza**
- **Interfacce evolute** uomo macchina possono consentire un facile adattamento alle nuove procedure in situazioni di confort di qualsiasi lavoratore

Integrazione di macchine e persone

- L'introduzione di soluzioni collaborative nella *smart factory* consente di incrementare la **flessibilità** degli operatori, riducendo la monotonia delle operazioni
- L'obiettivo non è la realizzazione di processi interamente automatizzati, ma **l'automazione parziale** che coniuga sinergicamente i punti di forza dei robot con quelli degli umani
- Le risorse umane possono astenersi dalle operazioni più stressanti, pesanti, pericolose e ripetitive, lasciate ai robot, e può migliorare **l'ergonomia delle postazioni di lavoro** andando incontro al mutato contesto demografico



Divisione del lavoro

- Per favorire l'accettazione di soluzioni collaborative occorre consentire agli operatori di apportare il loro valore aggiunto al processo produttivo, continuando a **lavorare in tutta sicurezza**
- Consentire una **facile interazione** tra persone e robot per un effettivo miglioramento della tensione mentale del lavoratore
- È necessario che sia l'operatore umano a stabilire i **ritmi delle operazioni** e non che avvenga il contrario.



Osservare le operazioni del lavoratore

- Sensori indossabili
- Sensori ambientali invasivi
- Sensori ambientali non invasivi



Interpretare le operazioni del lavoratore

- Analisi automatica dei dati acquisiti
- Riconoscimento delle posture corrette
- Valutazione del rischio attraverso l'analisi dello spazio occupato



Sensori Inerziali Indossabili per l'analisi del movimento di qualsiasi segmento corporeo

Inertial and Magnetic Measurement Systems (IMMSs) = Accelerometro + giroscopio + magnetometro

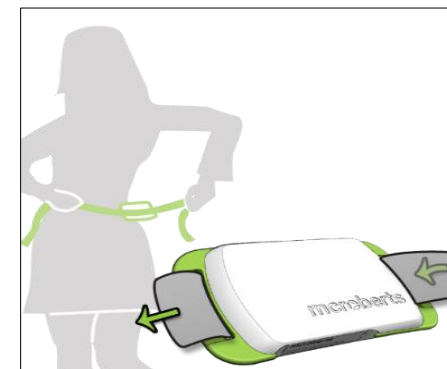
G•Walk Sensor



II-Node Philips



DynaPort McRoberts

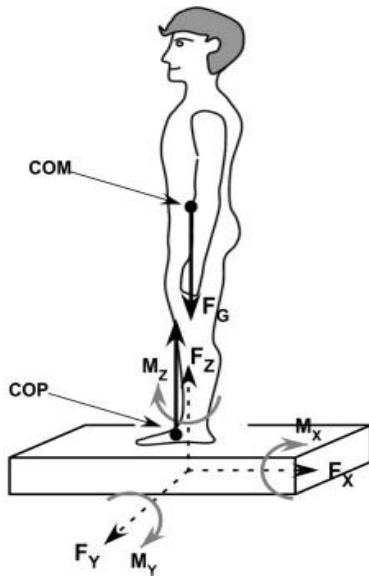


GYKO Sensor



Sensori Ambientali non invasivi

Force Plate



Kistler



ARGO



AMTI@

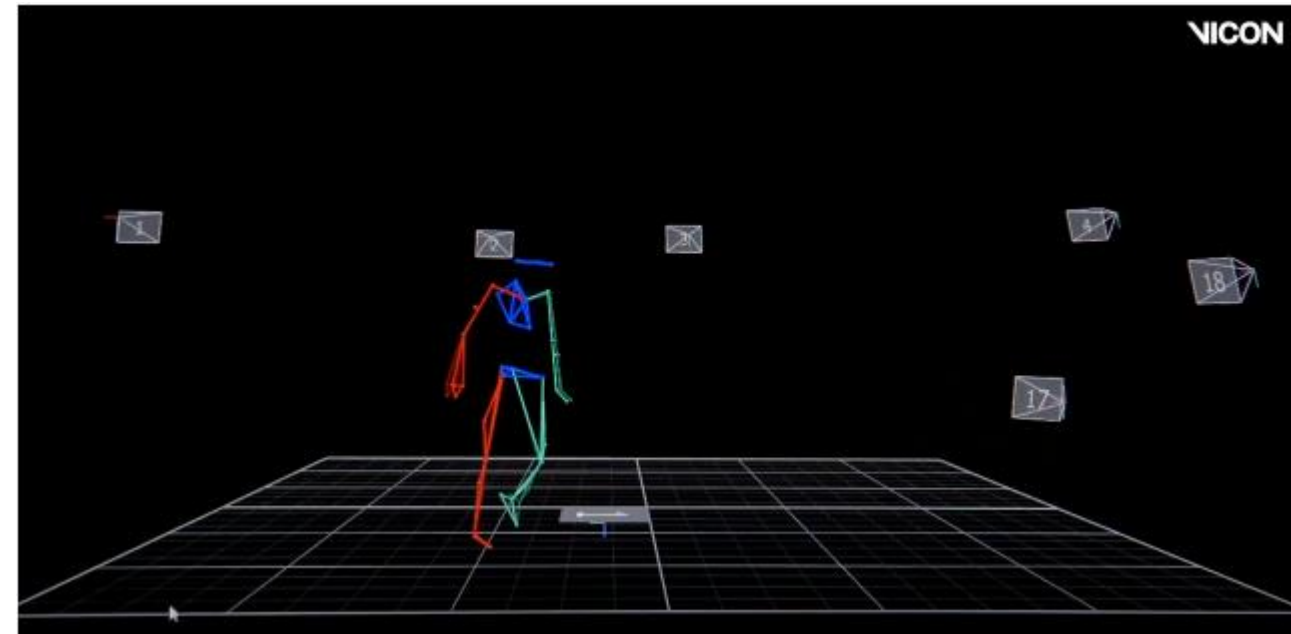


GaitRite® System

Sensori Ambientali (marker based)

3D Motion Capture

- *VICON System,*
- *Qualisys System*

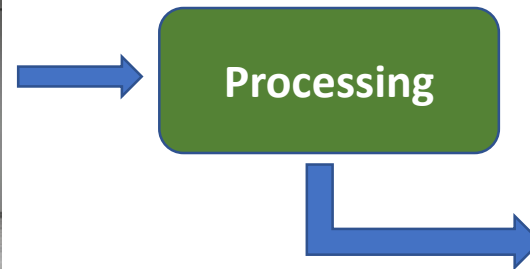
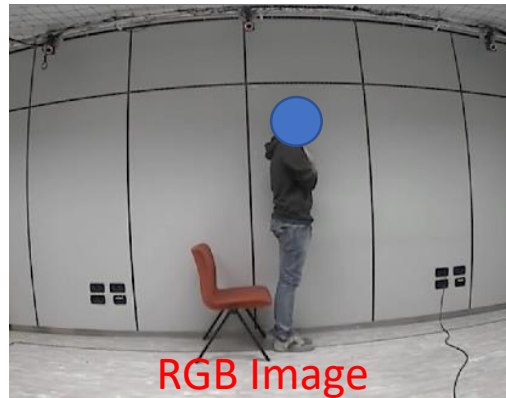


Sensori Ambientali non invasivi (markerless)

Intel RealSense



Axis Cameras



HIKVision Cameras



Semantics

SENSORI

- Telecamere
- Sensori a Infrarosso
- Sensori di Pressione
- Sensori Indossabili
- ...

ATTIVITÀ

- Sicurezza
- Interfacce naturali
- Benessere
-

ESTRAZIONE DELLE FEATURES

- Giunti dello Skeleton
- Posizione dei Giunti
- Orientazione dei Giunti
- Velocità/accelerazione
-

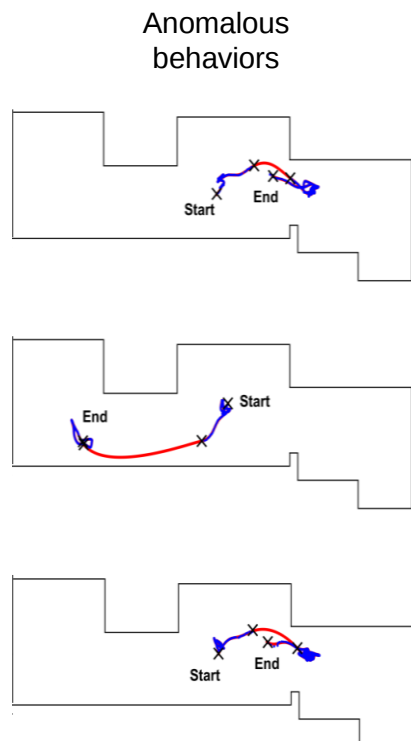
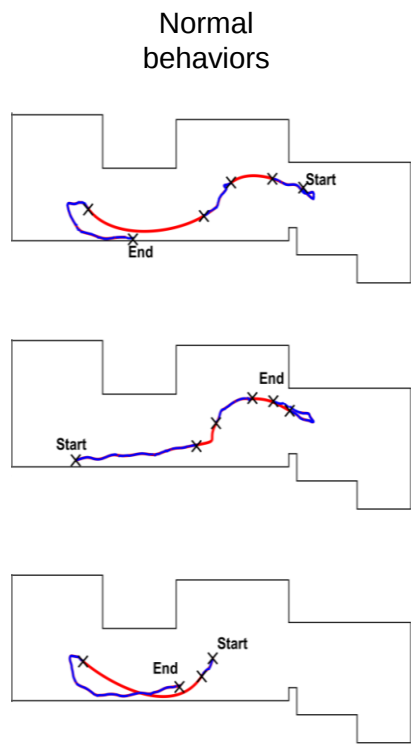
MACHINE LEARNING

- Neural Networks
- Hidden Markov Models
- Dynamic Time Warping
- Support Vector Machines
- Deep Learning
- ...

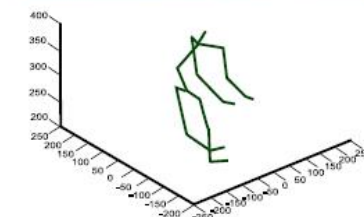
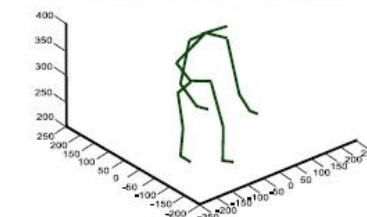
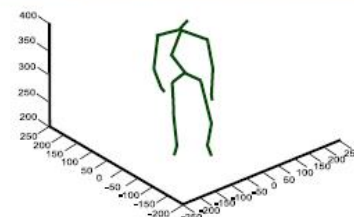
Garantire la sicurezza dell'operatore

- Analisi dei **movimenti del corpo** per garantire che tutte le interazioni avvengano in sicurezza
- Stima del moto per **predire il comportamento dell'uomo** sia per motivi di sicurezza sia per una sincronizzazione delle attività a vantaggio della fluidità dell'operazione collaborativa
- Valutazione del **carico di lavoro** per stabilire i ritmi delle operazioni in base alle esigenze del lavoratore

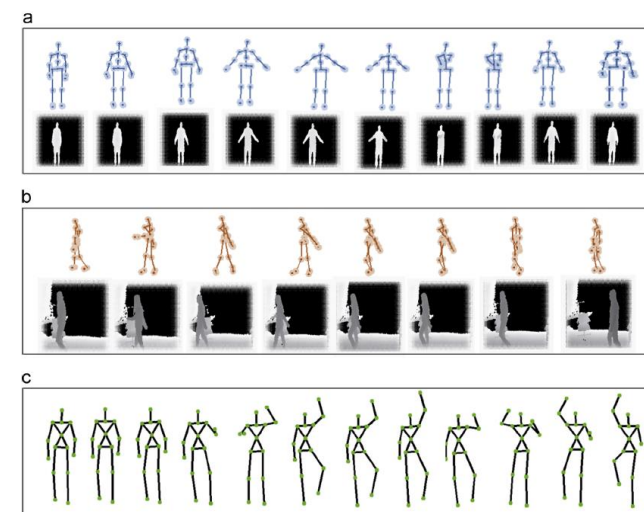
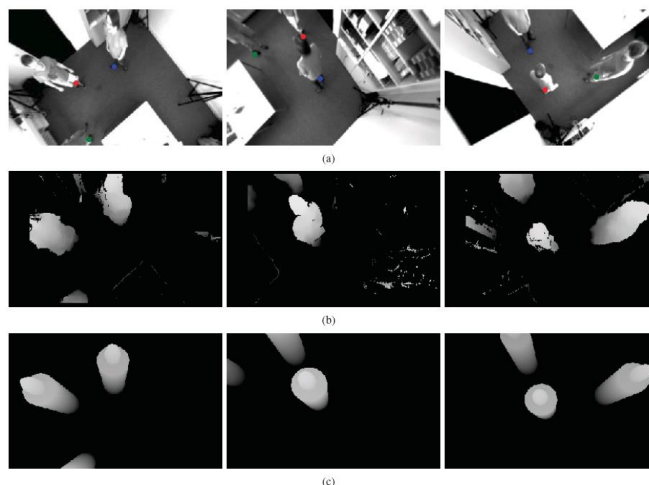
Analisi delle traiettorie nello spazio



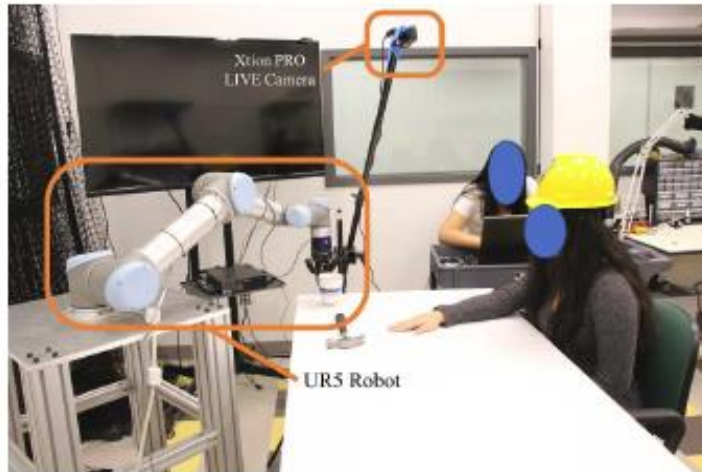
Tracciare i movimenti nello spazio



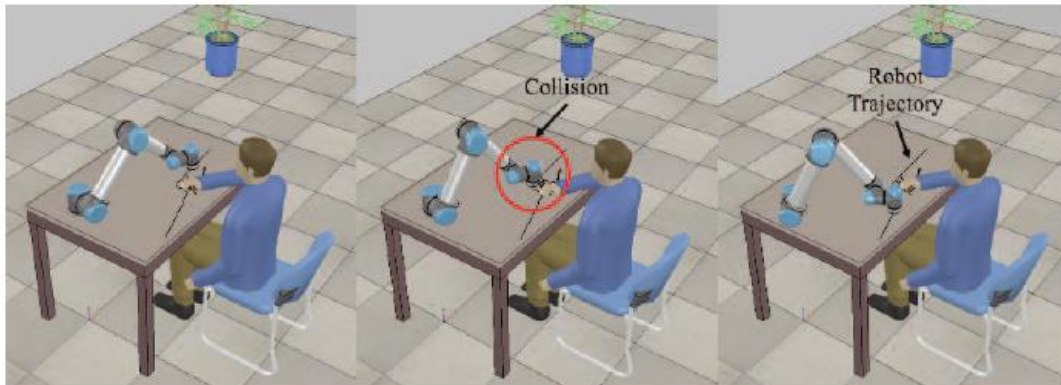
Riconoscere le posture corrette



Predizione del moto



Stima delle traiettorie di parti del corpo per prevedere collisioni e situazioni di pericolo



Valutazione del carico di lavoro

Stima della velocità con cui si eseguono le operazioni

Stima del numero di ripetizioni di azioni definite



Realizzare interfacce naturali

- L'operatore deve poter **comunicare in modo molto naturale** con il robot collaborativo senza dover conoscere procedure o interfacce complesse.
- Attraverso strumenti di visione si può vedere cosa sta facendo l'uomo e predire il comportamento futuro, sintonizzando così le operazioni collaborative secondo le **tempistiche stabilite dall'operatore stesso**
- L'uso di gesti naturali per comunicare rende **l'accettazione dei nuovi processi produttivi collaborativi** più facile anche per i lavoratori non dotati di *skill* particolari.

Riconoscimento di gesti delle mani



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Riconoscimento di gesti statici



1

2

3

4

5



6



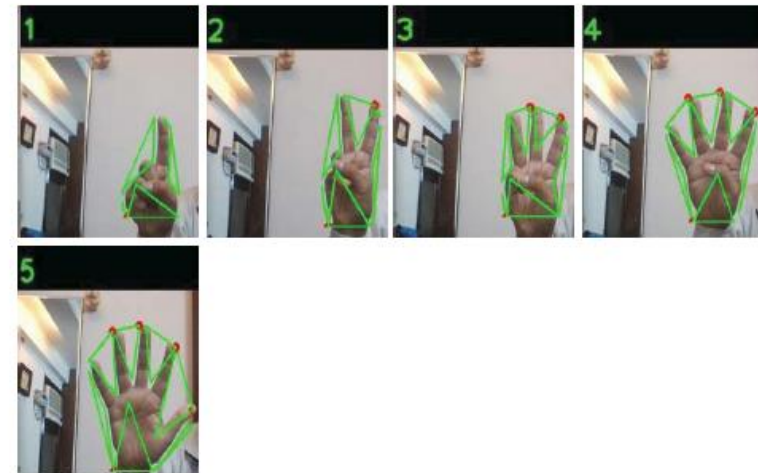
7



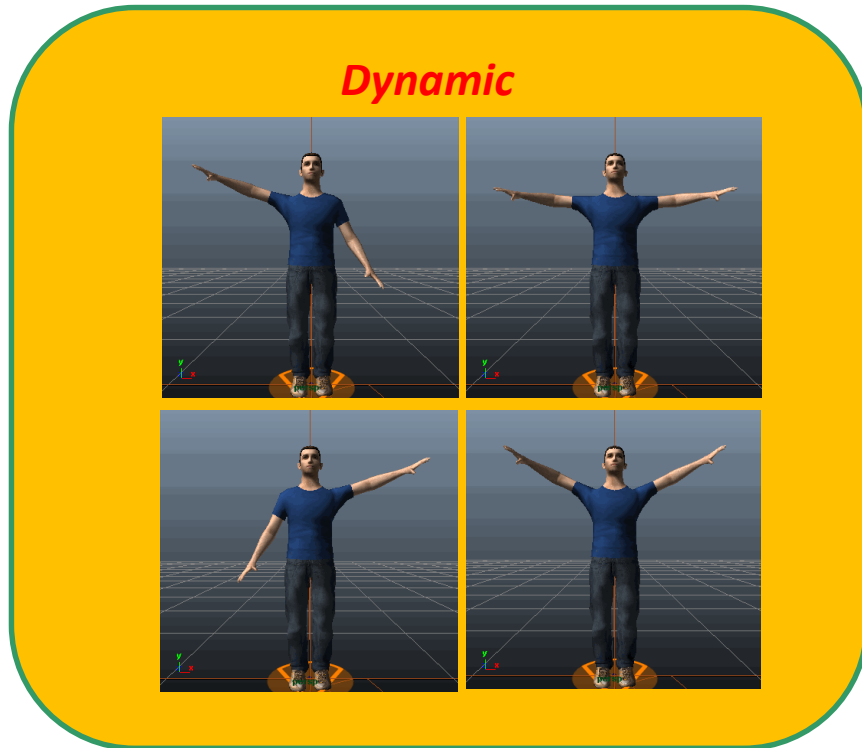
8



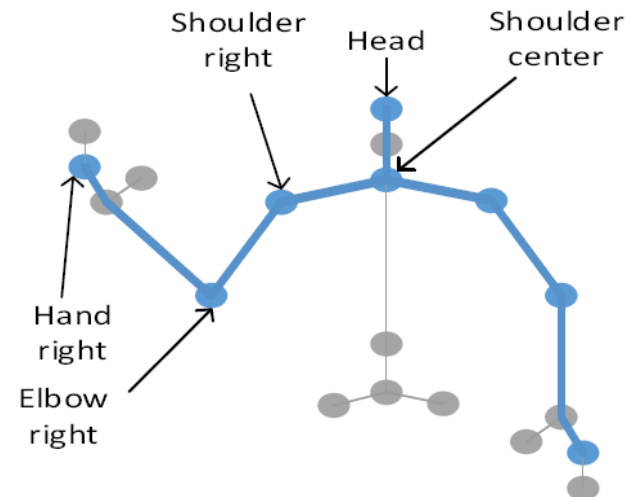
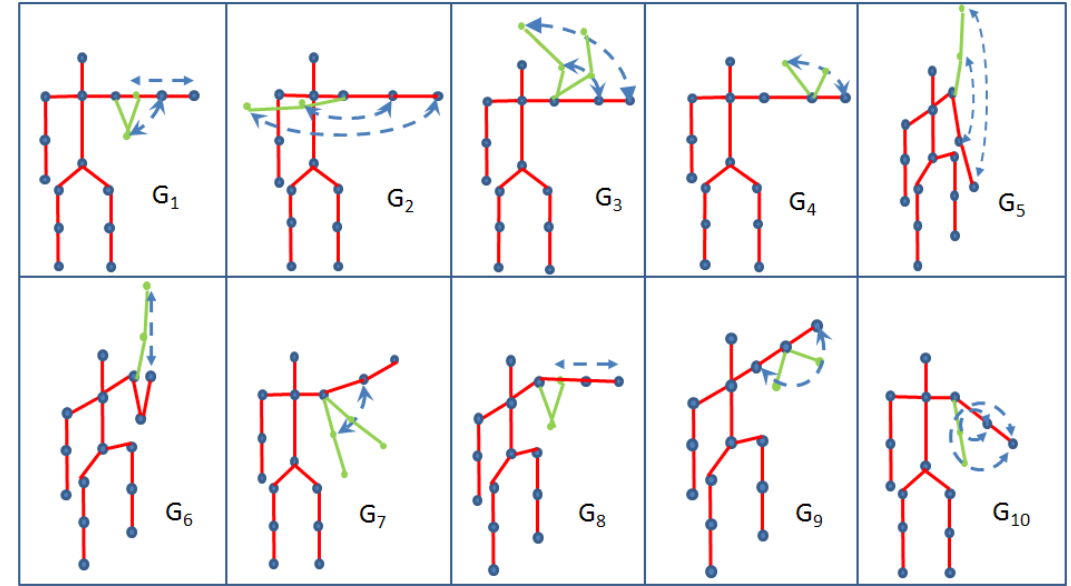
9



Riconoscimento di gesti delle braccia

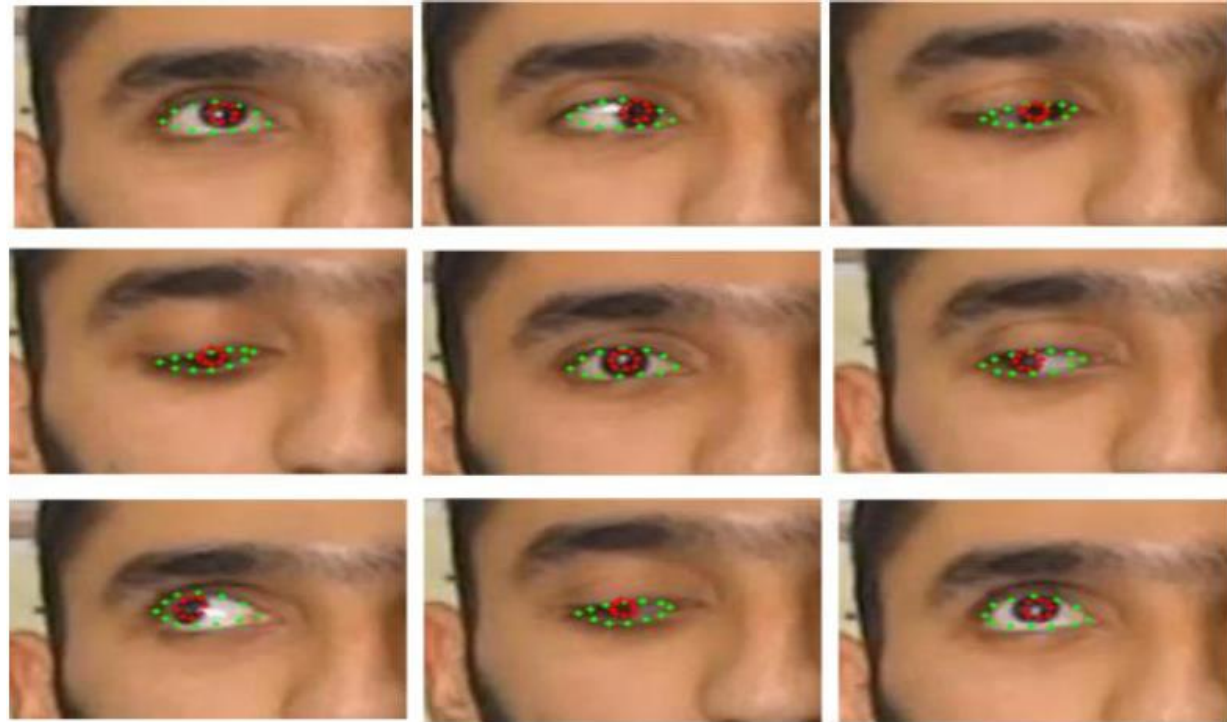
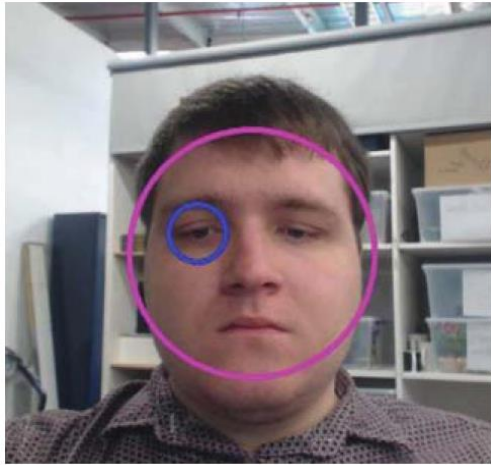


Riconoscimento di gesti dinamici

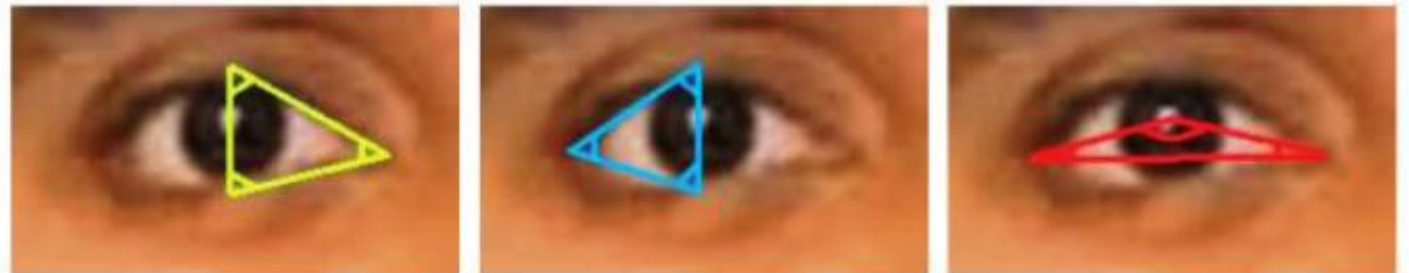


Tracciamento dei giunti nel tempo e nello spazio

Riconoscimento di gesti attraverso lo sguardo



Riconoscimento della direzione dello sguardo



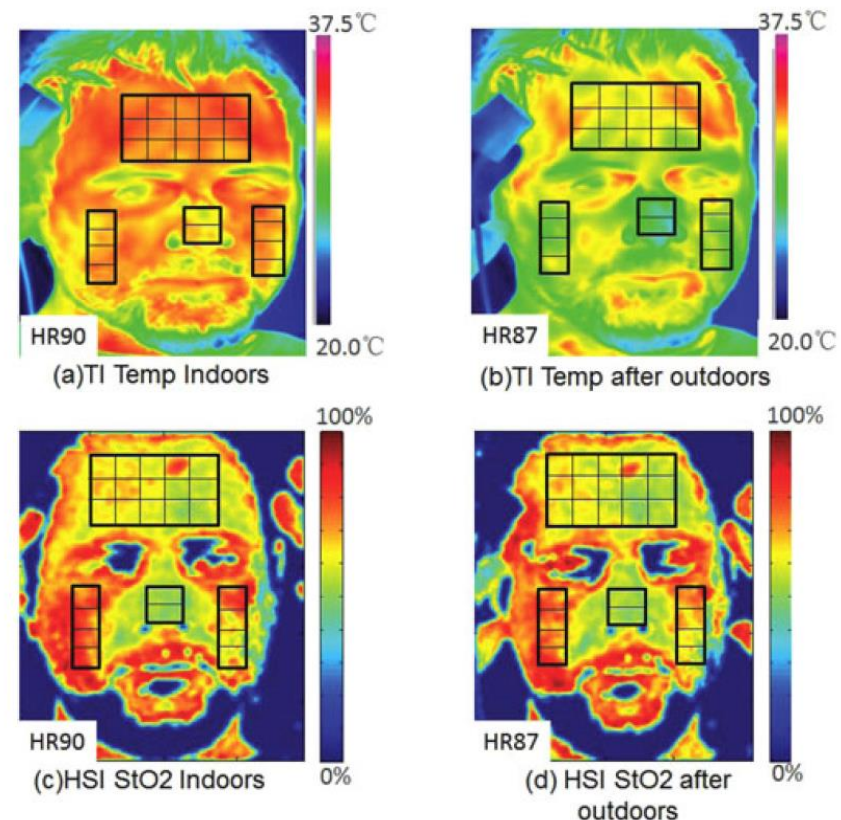
Stimare il benessere del lavoratore

- Sistemi produttivi dotati di capacità percettive possono consentire il monitoraggio e la **stima del benessere del lavoratore**
- Stima di **parametri oggettivi** che caratterizzano il benessere del lavoratore
- Analisi delle **espressioni facciali**, dei **gesti corporei** per valutare lo stress del lavoratore

Riconoscimento di parametri fisiologici

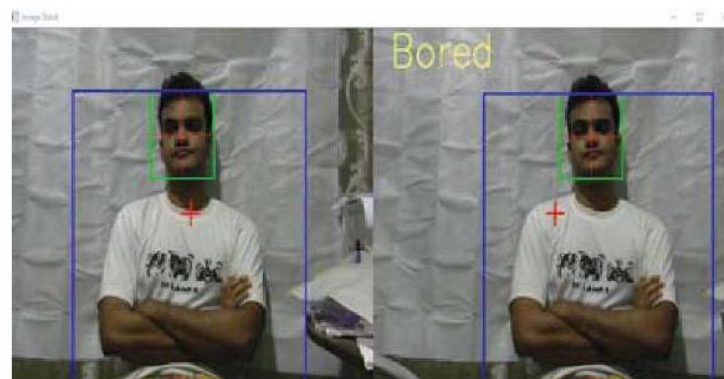
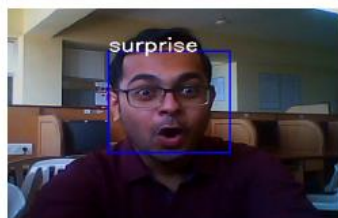
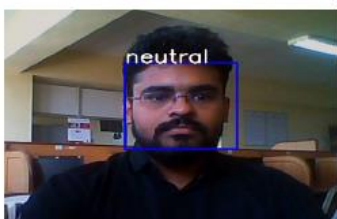
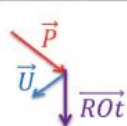
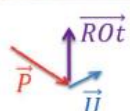


Analisi di segnali respiratori

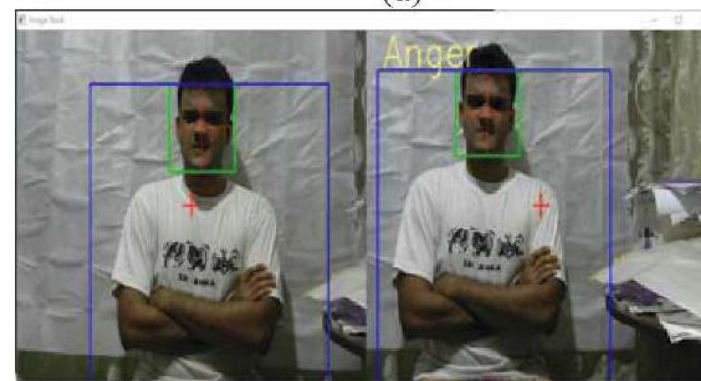


Riconoscimento dello stress da immagini iperspettrali

Riconoscimento di espressioni facciali



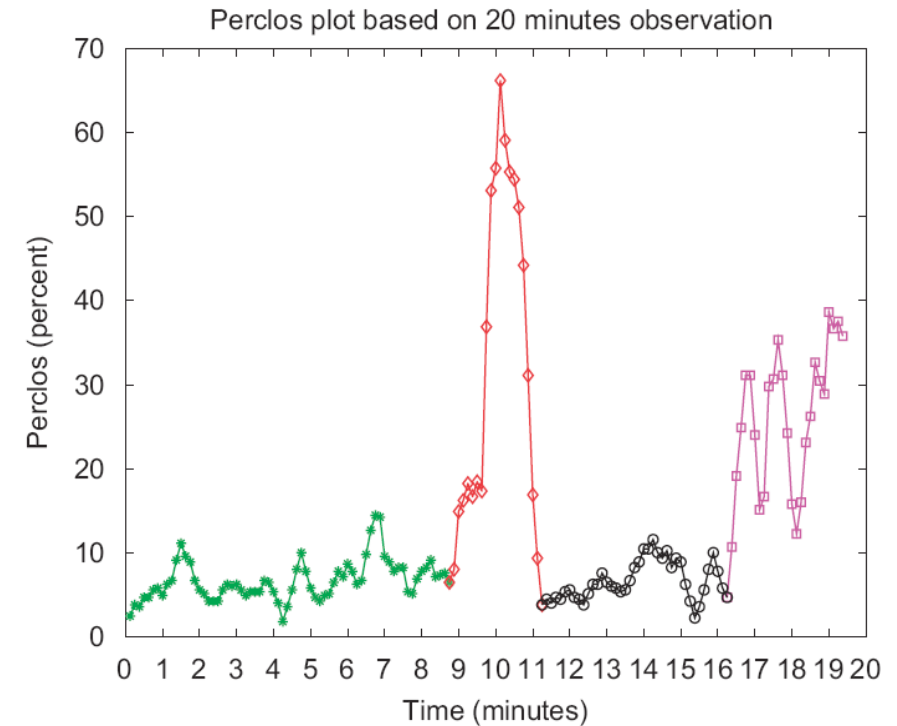
(a)



(b)

Analisi di features significative del volto a cui è possibile associare modelli di espressioni facciali

Riconoscimento di comportamenti anomali



Stima dei parametri di chiusura degli occhi per valutare la stanchezza

Conclusioni

- Possibilità di utilizzo di numerose tecnologie per l'**osservazione** della persona nei contesti lavorativi
- La ricerca scientifica ha oramai raggiunto risultati **consolidati** in molti contesti e può mettere a disposizione metodologie per l'analisi di dati sensoriali e fornire supporto alle decisioni
- Il **trasferimento tecnologico** di tali conoscenze per la valorizzazione delle persone nell'ambito della fabbrica è essenziale per l'innovazione dei processi produttivi



Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti
per il Manifatturiero Avanzato
Consiglio Nazionale delle Ricerche

Grazie per l'attenzione!

tiziana.dorazio@stiima.cnr.it