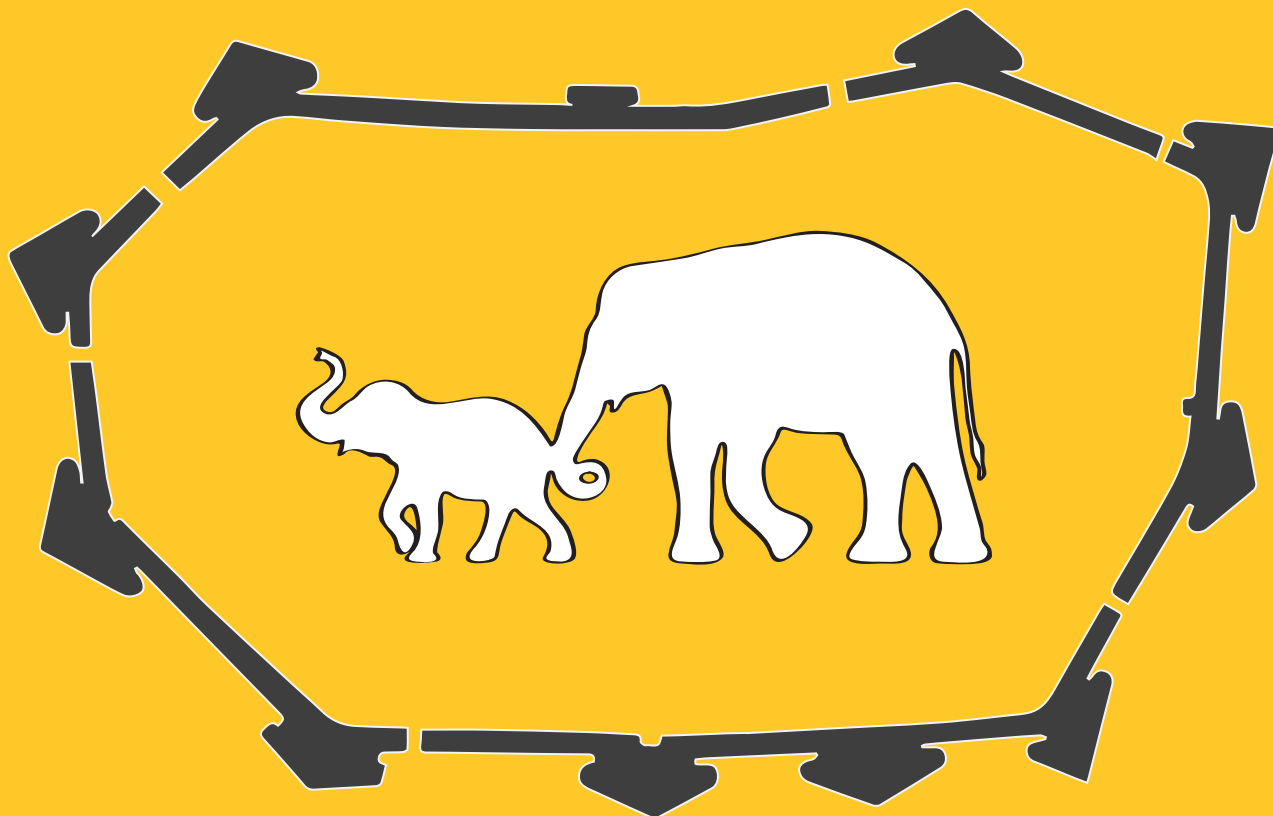


# SIE2022

XII Congresso nazionale SIE  
Società Italiana di Ergonomia e Fattori Umani

2-3-4 maggio Campus Scuola IMT Altissimi Studi Lucca



## L'ERGONOMIA GENTILE

PER LA SALUTE, LA SICUREZZA E LA FELICITÀ

- PROCEEDING BOOK -

# Real-time data analysis and 3D representation for postural assessment in manufacturing processes

Chiara Carnazzo<sup>1</sup>, Stefania Spada<sup>1</sup>, Sebastiano Lamacchia<sup>2</sup>, Federico Manuri<sup>3</sup>[0000-0002-6599-9949], Andrea Sanna<sup>3</sup>[0000-0001-7916-1699], Maria Pia Cavatorta<sup>4</sup>[0000-0002-1569-1444]

<sup>1</sup> Stellantis, EE HR&Transformation – Wellbeing and Health & Safety – Ergonomics, Torino, Italy

<sup>2</sup> Stellantis, Stellantis Production Way, Torino, Italy

<sup>3</sup> Politecnico di Torino – Department of Control and Computer Engineering, Torino, Italy

<sup>4</sup> Politecnico di Torino - Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Torino, Italy

autore di contatto: chiara.carnazzo@stellantis.com

**ABSTRACT:** Industry 4.0 passes through the concept of smart factory, bringing into the industrial context a new vision of production lines and workflows, which can now be designed considering ergonomics and thus the interaction among operators, machines and tools. Virtual simulations help in reproducing such interactions and in foreseeing solutions to improve the working conditions before installing tools and equipment. Motion capture techniques have proven capable to guarantee the reproduction of human motion with sufficient accuracy. The present work aims at the development of an integrated tool for ergonomics risk assessment index calculation, using motion capture in 3D environments: an engine for postural angle calculation, in accordance with international standards, together with a Unity-based application have been specifically designed and validated. The work is part of the IM.PR.ES.S.E.D. (IMmersive PRocESs ergonomicS by wEarable Devices) project.

**Parole chiave:** Ergonomics, Industry 4.0, Motion Capture, Virtual Simulation

**Preferenza di presentazione:** Orale

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 *Il contesto*

La corretta applicazione dei principi ergonomici risulta quanto mai centrale nel contesto dell'ambiente produttivo odierno, caratterizzato da una complessità cooperativa tra individuo, macchina e sistema..

Ergonomia come disciplina che studia, per migliorarla, l'interazione tra uomo ed elementi del sistema di lavoro in cui l'uomo è inserito (UNI EN ISO 6385 "Principi ergonomici nella progettazione dei sistemi di lavoro") con il duplice obiettivo di ottimizzare:

- la produzione in termini di qualità e quantità;
- il carico di lavoro complessivo tramite l'attuazione di una progettazione incentrata sull'utente (Human Centered Design).

È fondamentale, nell'ottica di un miglioramento generale delle condizioni di lavoro e del contenuto tecnologico per la

sicurezza, agire fin dalla fase di progettazione sia per la singola stazione di lavoro che per l'intera linea produttiva. Adottando i principi ergonomici fin dalla fase progettuale, infatti, è possibile prevenire effetti negativi, come ritardi nella realizzazione e bassa qualità (e usabilità) del sistema progettato, nonché costi aggiuntivi dovuti alla successiva necessaria modifica dello stesso.

Una tale attenzione al fattore umano è peraltro incoraggiata da numerosi studi e trend di settore. Dati recenti Eurofond indicano che un quarto della popolazione lavorativa europea presenta disturbi cronici (Eurofound, 2020). In particolare, l'incidenza di malattie dell'apparato muscolo scheletrico, tra gli stati membri dell'Unione Europea, è aumentata dal 54.2% (2007) al 60.1% nel (2013) (EU OSHA report, 2020). Questo dato diventa ancora più importante se si considera che, il tasso di occupazione dei lavoratori anziani di età compresa tra i 55 e i 64 anni nell'UE si è attestato al 55,3 % nel 2016 (Eurofound, 2020).

In Italia, l'impatto economico delle malattie all'apparato muscolo-scheletrico è stimato intorno ai 7.2 miliardi di euro (ilSole24Ore, 2017), con un elevato costo sociale sia a livello nazionale che a livello aziendale. Costo purtroppo destinato ad aumentare se si considera che gli stessi dati Eurofond stimano che entro il 2021 il 24% della forza lavoro italiana avrà un'età superiore ai 55 anni.

Le ricerche di gruppi come Gartner Research evidenziano come l'introduzione di tecnologie digitali attraverso iniziative come la realizzazione in ambiente virtuale di prodotti, macchinari e linee di produzione, secondo il modello digital-twin, rappresenti un forte impulso alla produttività e agilità manifatturiera (Gartner, 2021).

La sfida da cogliere è accrescere la flessibilità del sistema produttivo, massimizzandone la capacità di produzione, centralizzando e valorizzando il ruolo dell'uomo come elemento di esperienza, intelligenza operativa e capacità di soluzione dei problemi.

## 1.2 *Gli obiettivi*

Le attività svolte nell'ambito del progetto descritto nel presente lavoro mirano ad applicare, attraverso uno strumento informatico, trasversale, flessibile e multidisciplinare, una serie di azioni preventive mirate all'ottimizzazione del processo produttivo attraverso una valutazione ergonomica della postazione di lavoro secondo gli standard e le normative vigenti, seguendo lo Human Centered Design, disponibile in ambiente virtuale, fin dalla fase progettuale.

In particolare, le tecnologie di Extended Reality (XR) permettono di combinare insieme ambienti reali e virtuali nei quali è abilitata l'interazione uomo macchina prevalentemente tramite dispositivi indossabili (visori HMD, sistemi di tracking, sensori inerziali, ecc.).

Ad oggi, seppur vi sia un ampio utilizzo di sensori indossabili per applicazioni industriali, non sono presenti sistemi che dispongano di motori di calcolo, in grado di elaborare i dati collezionati, interpretarli e utilizzarli allo scopo di valutare la rispondenza ai principi ergonomici.

Pertanto, l'obiettivo del progetto è quello di sviluppare un motore di calcolo in grado di estrapolare ed elaborare dati relativi al movimento nello spazio di un soggetto utilizzatore quando questo indossa una apposita sensoristica. I dati di interesse sono quelli richiesti dal calcolo di indici ergonomici necessari per la valutazione dell'attività manuale studiata, nonché per l'individuazione di eventuali disergonomie e il conseguente miglioramento della progettazione del sistema uomo – macchina;

In aggiunta, eventualmente sviluppare un'estensione della realtà immersiva con strumenti specifici dell'analisi della postazione di lavoro e integrarla con il motore di calcolo di cui al punto precedente.

## 2. METODOLOGIA E DESIGN

Lo studio è stato organizzato in due fasi, ognuna delle quali comprensiva di una sessione di test e validazione:

- Sviluppo del motore di calcolo (engine) per la lettura degli angoli posturali;
- Sviluppo del modulo per le analisi Ergonomiche (EAWS);

In particolare, la prima fase è incentrata sullo sviluppo di un'applicazione Unity-based in grado di gestire i dati di Motion Capture (opportunamente elaborati dal motore di calcolo) provenienti dalla sensoristica indossata dal soggetto che esegue il ciclo di lavoro. Il software deve essere in grado di creare una rappresentazione grafica animata del soggetto e della sua struttura scheletrica e calcolare istantaneamente gli angoli posturali secondo le normative di riferimento UNI ISO 11226 "Ergonomics - Evaluation of static working postures" e UNI EN 1005-4 "Ergonomics - Evaluation of static working postures". Il software deve prevedere due modalità di input dei dati:

1. in streaming in tempo reale, direttamente dai sensori tramite il plugin del provider;
2. offline gestendo i dati precedentemente registrati.

Infine, il software deve rielaborare le informazioni posturali rendendole compatibili con gli input necessari per il calcolo degli

indici ergonomici tramite applicativo certificato (EAWSDigital).

Il toolkit è concepito principalmente per funzionare con le registrazioni effettuate con i sensori Xsens MVN Awinda. La scelta di questa tecnologia è da ricercare nella sua versatilità: i sensori inerziali Xsens possono essere utilizzati sia all'esterno che all'interno, senza vincoli di illuminazione o occlusione di marker.

Gli strumenti sviluppati possono essere utilizzati in ambiente virtuale immersivo, così come in fisico.

### 3. RISULTATI

Durante lo studio sono stati analizzati 10 giunti articolari (collo, spalle, gomiti, polsi, tronco e ginocchia) e per ognuno di questi sono stati sviluppati algoritmi per uno o più angoli, a seconda dell'asse di rotazione e dei piani di riferimento, così come richiesto dalle normative di riferimento sopra citate.

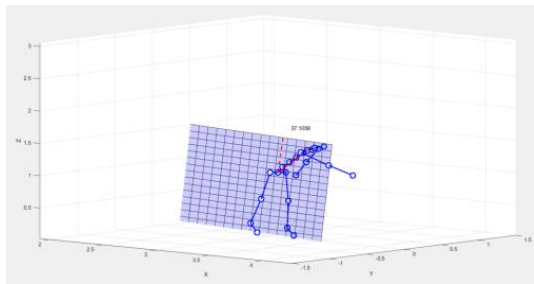


Figura 1 – Misurazione della flessione del tronco su piano di riferimento

Attraverso l'interfaccia grafica, è stata resa possibile sia la visualizzazione del valore istantaneo di tali angoli, sia il calcolo dell'indice EAWS a partire da questo contributo. Il software sviluppato permette, inoltre, l'estrapolazione e l'analisi dettagliata degli angoli selezionati su frame statici.

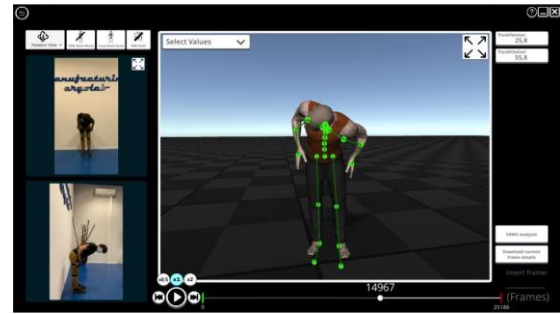


Figura 2 – Interfaccia grafica

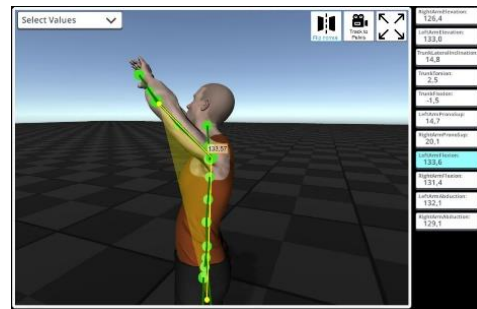


Figura 3 – Visualizzazione istantanea degli angoli

### 4. DISCUSSIONE

Durante la sessione di validazione, gli angoli articolari calcolati si sono rivelati fortemente correlati ai movimenti del corpo umano. La coerenza tra i movimenti e gli angoli articolari, infatti, è mantenuta entro limiti ragionevoli anche in caso di posture di lavoro miste e/o fortemente incongrue. Questa verifica è stata ritenuta fondamentale per misurare la robustezza dell'algoritmo per la registrazione della postura. Una ulteriore verifica ha riguardato la riproducibilità delle posture di lavoro in coerenza con la normativa di riferimento, tenuto in considerazione un ragionevole livello di tolleranza.

Analoghe considerazioni sono valide per la validazione del software, che è risultato rispondente alle specifiche richieste, capace di mostrare in tempo reale le posture assunte dal soggetto e visualizzare istantaneamente il valore di ogni angolo corporei calcolato.

L'attenzione è stata quindi posta sulla determinazione del punteggio EAWS della sezione delle posture. A tal scopo, le regole per la determinazione dell'indice EAWS (rif. Manuale applicatore) sono state tradotte in linguaggio informatico in base agli angoli e

alle velocità calcolati.

## 5. CONCLUSIONI

Il presente lavoro ha permesso lo sviluppo e validazione di un sistema (hardware-software) capace di valutare in tempi brevi e in modo oggettivo l'ergonomia dei movimenti e delle posture di una intera attività lavorativa. Tale supporto rende la progettazione e riprogettazione delle postazioni di lavoro in fabbrica più efficace e maggiormente integrata con i sistemi ICT già utilizzati per la progettazione del prodotto.

Numerose implementazioni sono possibili in futuro; tra queste, le maggiormente importanti riguardano l'integrazione di strumenti per la misurazione in streaming delle forze esercitate e la previsione di movimenti e relative posture su percentili antropometrici diversi.

## RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro è parte del progetto biennale IM.PR.ES.S.E.D. (IMmersive PRocESs ergonomicS by wEarable Devices) coordinato da Stellantis (FCA Italy) in collaborazione con Politecnico di Torino, Università degli Studi di Napoli Federico II e CIM4.0 (Competence Industry Manufacturing 4.0) di Torino per le consulenze tecniche e di sviluppo e Mare Digital per gli strumenti di realtà immersiva.

Gli autori desiderano ringraziare Gianfranco Diana, Luigi Amato e Maurizio Mondelli per il loro prezioso supporto durante le attività di sviluppo e validazione degli strumenti frutto del progetto.

## BIBLIOGRAFIA

- (1)<https://www.eurofound.europa.eu/news/news-articles/just-one-in-three-workers-with-limiting-chronic-disease-in-adapted-workplace>
- (2) Joanne O. Crawford and Alice Davis, Institute of Occupational Medicine (IOM), Edinburgh – United Kingdom Title of EU-OSHA project: Review of research, policy

and practice on prevention of work-related musculoskeletal disorders (MSDs)

- (3)<https://www.eurofound.europa.eu/it/topic/ageing-workforce#>
- (4)[https://www.sanita24.ilsole24ore.com/art/medicina-e-ricerca/2017-09-14/dolori-muscolo-scheletrici-un-anno-stimati-costi-79-miliardi-euro-125716.php?uuid=AEGLF3SC&refresh\\_c=1](https://www.sanita24.ilsole24ore.com/art/medicina-e-ricerca/2017-09-14/dolori-muscolo-scheletrici-un-anno-stimati-costi-79-miliardi-euro-125716.php?uuid=AEGLF3SC&refresh_c=1)
- (5) <https://www.gartner.com/en/doc/344077-accelerating-digitalization-in-manufacturing-industries-primer-for-2018>