

# STRUMENTI INTERATTIVI PER LA SICUREZZA 4.0: ERGONOMIA VIRTUALE E GIOCHI SERI PER L'INDUSTRIA

A. LANZOTTI\*, A. TARALLO\*, F. CARBONE\*, D. COCCORESE\*\*, R. D'ANGELO\*\*\*, C. GRASSO\*\*\*\*, V. MINOPOLI\*, S. PAPA\*

## RIASSUNTO

L'industria manifatturiera 4.0 sfrutta le nuove tecnologie per facilitarne le attività dei lavoratori [1, 2]. È ben noto, infatti, che la prevenzione degli infortuni e il miglioramento delle condizioni lavorative influenza significativamente la produttività [3]. Migliorare l'ergonomia e la sicurezza sul lavoro, quindi, non deve essere considerato solamente un obbligo di legge, ma anche una concreta opportunità economica per tutti i portatori di interesse.

In particolare, il presente lavoro esplora l'utilizzo delle tecniche della Progettazione Interattiva [5,6] abbinata all'*Ergonomia Virtuale* (VErg) e ai cosiddetti “giochi seri” (*Serious games*, SG) per il miglioramento del flusso di informazioni sulla sicurezza sul lavoro.

L'ergonomia virtuale utilizza i Modelli umani digitali (*Digital Human Models*, DHMs) [7-9] e le tecnologie di realtà virtuale per tenere in considerazione il fattore umano sin dalle prime fasi della progettazione. L'utilizzo dei DHM dimostra un notevole potenziale non solo per la progettazione di prodotti [10], ma anche per quella di processi e delle postazioni di lavoro [11-14]. I cosiddetti “giochi seri”, invece, condividono la stessa struttura dei videogame ma con uno scopo intenzionalmente formativo e non ludico [15].

## 1. APPROCCIO METODOLOGICO

### 1.1 Ergonomia virtuale per l'informazione

Le simulazioni ergonomiche, condotte con l'ausilio di manichini virtuali sono particolarmente utili per scopi formativi. In linea di principio, al posto delle simulazioni digitali, potrebbero essere utilizzati semplici filmati dal vivo che mostrino come effettuare correttamente una certa operazione. Tuttavia, le simulazioni digitali hanno un potere comunicativo maggiore: ad esempio, gli indici ergonomici oggettivi relativi alle posture di lavoro possono essere mostrati ai discenti in tempo reale. Ciò rende i lavoratori più consapevoli dell'importanza del rispetto delle procedure di lavoro per la loro salute e sicurezza. Più in generale, contenuti digitali multimediali stimolano l'attenzione dell'utente e ne aumentano il coinvolgimento emotivo, avendo un impatto positivo sulla memorizzazione a lungo termine delle informazioni [16]. Il software scelto per le simulazioni ergonomiche è *Jack*® prodotto da Siemens [17].

\* Fraunhofer Joint Lab IDEAS, Federico II, Napoli.

\*\* Consorzio CREATE, Napoli.

\*\*\* Inail, Direzione regionale Campania, Contarp.

\*\*\*\* Tower Automotive Italy Srl, Pignataro Maggiore (CE).

## 1.2 Giochi seri per la formazione virtuale

I giochi seri possono trasmettere conoscenza in modo efficace attraverso strumenti interattivi e coinvolgenti, proprio come i comuni videogame. I giochi finalizzati alla formazione simulano uno scenario lavorativo, all'interno del quale l'utente dovrà scegliere tra varie opzioni per completare un'operazione pianificata. Le scelte sono organizzate in modo simile ad un questionario di formazione tradizionale e sono indipendenti tra loro: eventuali errori non influiscono sui passi successivi e non modificano le opzioni a disposizione o lo scenario. L'*usabilità* (ISO 9241-11:2018) del gioco deve essere presa in seria considerazione, in quanto una buona *esperienza d'uso* incoraggia all'utilizzo di questo strumento digitale [18-19].

*Unity3D* è il motore grafico scelto per la realizzazione della simulazione, soprattutto per la sua rapida curva di apprendimento e le sue caratteristiche di portabilità che rendono la simulazione fruibile su dispositivi elettronici diversi (personal computer, piattaforme mobili, visori per realtà virtuale/aumentata, ecc.).

## 2. CASO STUDIO

La metodologia sviluppata è stata applicata ad un caso studio industriale, fornito dall'azienda Tower Automotive Italy srl, sita a Pignataro Maggiore (CE). Le prove sono state svolte in collaborazione con la Contarp - Direzione regionale per la Campania. Tower Automotive Italy Srl produce componenti in acciaio per il settore automotive: le lamiere sono prima formate nelle presse e poi saldate con processi automatizzati o manuali. Il processo produttivo coinvolge più di 200 operai, su 3 turni di lavoro. Tower fa uso da molti anni sia di *Safety Talk* sia di *Safety Walk* su base settimanale. Dopo 30 giorni di osservazione delle attività produttive e di studio delle condizioni di rischio e dei *near-miss* registrati nel database aziendale, sono state scelte due problematiche legate alla sicurezza adatte all'applicazione della metodologia sviluppata. Il primo caso riguarda la movimentazione manuale di un carrello industriale, mentre il secondo riguarda una potenziale condizione di rischio durante lavorazione delle lamiere di acciaio nelle presse.

### 2.1 Caso 1 - Movimentazione dei carrelli industriali

Il primo caso studio riguarda la postura adatta alla movimentazione manuale dei carrelli industriali. Infatti, in alcuni casi, i lavoratori preferiscono trainare questi carrelli piuttosto che spingerli (come raccomandato dalla normativa UNI ISO 11228-2). L'ergonomia virtuale viene dunque esplorata come strumento di persuasione per risolvere tale problematica. Gli elementi dello scenario sono stati modellati e poi importati in *Jack®*. Sono state quindi simulati e analizzati tre possibili scenari. Il primo riguarda la postura scorretta ("traino" del carrello); il secondo una postura accettabile per disimpegnare il carrello ove non sia possibile spingerlo; l'ultimo simula la movimentazione corretta, condotta secondo la normativa tecnica. Sei modelli umani digitali (tre uomini e tre donne appartenenti rispettivamente ai percentili 5°, 50° e 95°) sono stati implementati. Come previsto, gli indici ergonomici variano sensibilmente da scenario a scenario. I valori del PEI relativi allo scenario 2 (postura corretta), in media, sono circa la metà di quelli relativi allo scenario 1 (postura scorretta). Comunque, questi valori sono sempre maggiori di quelli dello scenario 3 (postura ideale). Ciò conferma che la postura simulata nello scenario 2 non è la migliore e va assunta solo

quando è inevitabile. Questi risultati sono stati discussi durante il Safety Talk in azienda che ha coinvolto circa 150 operai attraverso una presentazione interattiva.

## 2.2 Caso 2 - Lavorazione di una lamiera d'acciaio in una pressa

Per ridurre il rischio di incidente durante la rimozione di un semilavorato incastrato in uno stampo è stata elaborata in Tower la seguente procedura di sicurezza (SOP):

- delimitazione di una zona di sicurezza;
- chiusura delle botole laterali per la raccolta degli scarti di lavorazione;
- abbassamento del controstampo per ridurre lo spazio tra gli stampi;
- disincagliamento del pezzo facendo leva tra la lamiera e lo stampo mediante un palanchino di almeno 2.5 m.

Gli operatori sono informati della SOP in questione durante appositi safety talk. Normalmente, però, nessuno può mettere in pratica la conoscenza teorica ricevuta, a causa soprattutto della difficoltà nel riprodurre questo scenario nel contesto produttivo reale.

La scena virtuale include una postazione su cui vi sono i dispositivi di protezione individuale (DPI), un pannello affisso al muro a cui sono sospesi i palanchini e una pressa per stampaggio. La maggior parte dei DPI inseriti sono obbligatori per eseguire l'operazione, ma alcuni sono facoltativi. Il gioco è stato progettato in modo che il giocatore non possa indossare nello stesso momento più di un DPI per la stessa parte del corpo, ad esempio un semplice cappello antiurto e l'elmetto di sicurezza.

Il punteggio finale indica se il giocatore ha vinto o ha perso, fornendo informazioni su ogni scelta effettuata.

## 3. RISULTATI E CONCLUSIONI

Per valutare l'efficacia della formazione a lungo termine, dopo tre mesi è stato somministrato un questionario a dieci operatori, la metà dei quali era stato addestrato con tecniche di ergonomia virtuale, l'altra metà aveva invece partecipato ad un safety talk convenzionale. Gli intervistati dovevano rispondere ad alcune domande (cinque in tutto). I risultati mostrano l'efficacia della metodologia. I partecipanti al safety talk multimediale hanno risposto in maniera corretta alle domande con un tasso di successo del 100%, a differenza dei partecipanti al safety talk convenzionale (84% di risposte corrette).

Dodici operatori della Tower sono stati coinvolti nella sperimentazione del gioco serio e sono stati divisi in due gruppi (Gruppo A e Gruppo B) di sei persone ciascuno, tutti uomini, con mansioni diverse. Tutti i partecipanti erano già stati formati sulla SOP in esame. I membri del gruppo A hanno usato il "gioco serio", mentre i membri del gruppo B hanno risposto ad un tradizionale questionario scritto, strutturato in modo analogo al gioco. Il gruppo A è stato selezionato in modo che i partecipanti avessero lo stesso livello di confidenza con l'uso di videogiochi (che si è rivelato in generale basso) per non condizionare i risultati rispetto alle consuetudini dei degli utenti. I risultati del gruppo A sono, a prima vista, abbastanza deludenti. In particolare, il punteggio totale è stato fortemente influenzato da errori nella sequenza dei comandi scelta per mettere in sicurezza la pressa prima di procedere all'operazione di rimozione del pezzo. Tuttavia questo risultato fa emergere che la conoscenza teorica (certificata dal successo nella risposta ad un questionario) non corrisponde necessariamente ad una reale competenza pratica (simulata dal "gioco serio").

I risultati della sperimentazione in un caso studio reale legato all'industria hanno mostrato che, in relazione alla metodologia di formazione tradizionale, i contenuti multimediali e le analisi ergonomiche quantitative migliorano i livelli di attenzione e consapevolezza degli operatori sulla sicurezza.

## RINGRAZIAMENTI

Il presente lavoro fa parte del progetto *IDEE*, nato dalla collaborazione tra il *DII - IDEAS* e Contarp - Direzione regionale per la Campania. Gli autori ringraziano Tower Automotive Italy Srl per aver fornito i casi studio e tutte le persone coinvolte nella sperimentazione, operatori e rappresentanze sindacali, per la loro disponibilità.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aromaa, S., Leino, S.P., Viitaniemi, J., 2014. Virtual Prototyping in Human-Machine Interaction Design. *VTT Technology: 185*. VTT, Espoo, Finland.
2. Di Gironimo, G., Mozzillo, R., Tarallo, A., 2013. From virtual reality to web-based multimedia maintenance manuals, *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 7(3), pp. 183-190.
3. EHS Today, <http://www.ehstoday.com/safety-leadership-conference-2015/safety-productivity>, ultimo accesso il 06/04/2018.
4. Celentano, M.G., 2014. Interfacce e Sistemi a Realtà Virtuale per un Apprendimento Esperienziale. *Italian Journal of Educational Research*, vol. 4, pp. 21-33.
5. Di Gironimo, G., Marzullo, D., Mozzillo, R., Tarallo, A., Villone, F., 2017. The DTT device: First wall, vessel and cryostat structures. *Fusion Engineering and Design*, vol. 122, pp. 333-340, DOI: 10.1016/j.fusengdes.2017.04.132.
6. Labate, C., Di Gironimo, G., Renno, F., 2015. Plasma facing components: a conceptual design strategy for the first wall in FAST tokamak. *Nuclear Fusion*, vol. 55, DOI:10.1088/0029-5515/55/11/113013.
7. Duffy, V.G., 2009. Handbook of Digital Human Modeling: Research for Applied Ergonomics and Human Factors Engineering. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
8. Nérot, A., Skalli, W., Wang, X., 2015. An Assessment of the Realism of Digital Human Manikins used for Simulation in Ergonomics. *Ergonomics*, vol. 58, Taylor and Francis, London.
9. Pelliccia, L., Klimant, F., De Santis, A., Di Gironimo, G., Lanzotti, A., Tarallo, A., Putz, M., Klimant, P., 2017. Task-based Motion Control of Digital Humans for Industrial Applications. *10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*.

10. Di Gironimo, G., Lanzotti, A., Melemez, K., Renno, F., 2012. A Top-Down Approach for Virtual Re-Design and Ergonomic Optimization of an Agricultural Tractor's Driver Cab. *ASME 11th Biennial Conference on Engineering Systems Design and Analysis*, vol. 3, pp. 801-811.
11. Aiello, A., et al., 2015. Finalization of the conceptual design of the auxiliary circuits for the European test blanket systems. *Fusion Engineering and Design*, vol. 96-97, pp. 56-63.
12. Tarallo, A., Mozzillo, R., Di Gironimo, G., Aiello, A., Utili, M., Ricapito, I., 2015. Preliminary piping layout and integration of European test blanket modules subsystems in ITER CVCS area. *Fusion Engineering and Design*, vol. 93, pp. 24-29.
13. Di Gironimo, G., Patalano, S., 2008. Re-Design of a Railway Locomotive in Virtual Environment for Ergonomic Requirements. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 2, pp. 47-57.
14. Lanzotti, A., Vanacore, A., Percuoco, C., 2017. Robust Ergonomic Optimization of Car Packaging in Virtual Environment. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, pp. 1177-1186.
15. Abt, C.C., 1970. *Serious Games*. Viking Press, New York City, NY, USA.
16. Argenton, L., Schek, E., Mantovani, F., 2014. Serious Games as Positive Technologies. *6th International Conference on Virtual, Augmented and Mixed Reality, VAMR. Virtual, Augmented and Mixed Reality. Applications of Virtual and Augmented Reality*, vol. 8526, pp. 169-177.
17. Website: <https://www.plm.automation.siemens.com/store/it-it/jack/index.html>, ultimo accesso il 30/03/2018.
18. Patalano, S., Lanzotti, A., Del Giudice, D. M., Vitolo, F., Gerbino, S., 2017. On the Usability Assessment of the Graphical User Interface related to a Digital Pattern Software Tool. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, vol. 11, Issue 3, pp. 457-469.
19. Di Gironimo, G., Matrone, G., Tarallo, A., Trotta, M., Lanzotti, A., 2013. A Virtual Reality Approach for Usability Assessment: Case Study on a Wheelchair-Mounted Robot Manipulator. *Engineering with Computers*, vol. 29, Issue 3, pp. 359-373.