

# Un approccio proattivo alla qualità e sicurezza “in uso” delle HMI: ottimizzazione Human-Centred dei CENTRI CONTROLLO CIRCOLAZIONE di RFI

Stefano Rosini<sup>1</sup>, Renzo Canepa<sup>1</sup>, Simone Petralli<sup>1</sup>, Simon Mastrangelo<sup>2</sup>

## Sommario

Gli operatori dei CENTRI CONTROLLO CIRCOLAZIONE (CCC) di RETE FERROVIARIA ITALIANA (RFI) devono elaborare e rispondere in contemporanea a una quantità di stimoli e informazioni estremamente eterogenea. L'aspetto quali-quantitativo dell'interazione uomo-macchina diventa, così, centrale nella prestazione del sistema socio-tecnico nel suo insieme. RFI, che già da tempo applica criteri di ergonomia<sup>3</sup> fisica nella progettazione delle postazioni di lavoro, ha avviato una valutazione sull'opportunità di adottare metodiche di ergonomia non solo fisica ma anche psicocognitiva, nella progettazione e verifica anche delle proprie *Human-Machine Interface* (HMI). Negli ultimi anni, inoltre, un ulteriore supporto alla progettazione delle HMI di sistemi complessi, è stato offerto dallo sviluppo della *Visual Analytics*, cioè l'ingegnerizzazione di una biblioteca di soluzioni di visualizzazione adatte a vari scopi e contesti, con l'obiettivo al tempo stesso di testarne l'efficacia: in altri termini il tentativo di dare seguito applicativo a quelli che a lungo erano rimasti concetti e risultati ambito di studio della Psicologia. Anche in questo campo RFI si è mossa, intraprendendo collaborazioni con università europee e primarie società specializzate, nel contesto soprattutto di progetti internazionali, quali SHIFT2RAIL (cfr. *call IN2DREAMS*).

Partendo da quanto detto, e da alcune considerazioni generali sul comparto ferroviario e sull'ergonomia, si descrive nel prosieguo l'adozione di un possibile approccio progettuale *Human-Centred Design* per RFI.

## 1 Introduzione

### 1.1 La premessa: la sfida europea 2015-2050

Le politiche nel settore trasporti, e i conseguenti investimenti, stanno portando a un numero crescente di passeggeri e merci da movimen-

---

<sup>1</sup> RETE FERROVIARIA ITALIANA – Direzione Tecnica

<sup>2</sup> Ergoproject Srl.

<sup>3</sup> “*Ergonomics (or Human Factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of the interactions among human and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance*”, definizione elaborata dalla INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (2000).

tare coerentemente con gli obiettivi qualitativi e quantitativi che si è dato il comparto ferroviario europeo di qui al 2050: su tutti, triplicare la lunghezza delle attuali infrastrutture ad Alta Velocità per superare il trasporto aereo su tratte fino a 1000 km, fare in modo che ogni centro urbano di media grandezza disti massimo un'ora di treno da un nodo di interscambio con Alta Velocità, collegare tutti i principali porti e aeroporti alla infrastruttura ferroviaria, raddoppiare le capacità di trasporto merci per km rispetto al 2005, dimezzare l'utilizzo di macchine nelle aree urbane (*Shift2Rail Master Plan*, 2015). In tale scenario, i sistemi di controllo, comando e comunicazione “should go beyond being only a contributor for the control and safe separation of trains and become a flexible, real-time, intelligent traffic management and decision support system.” (*Shift2Rail Master Plan*, 2015). Un cambio di paradigma e di aspettative in possibile conflitto con la scarsa resilienza del trasporto ferroviario, che dagli indici risulta senza dubbio uno dei sistemi di mobilità più sicuri<sup>4</sup>, ma ciò, storicamente, guadagnato a scapito della flessibilità e capacità di adattamento agli eventi in tempo reale:

Safety of the train in respect of avoidance of collisions is currently bought at the cost of a 'stop and restart' philosophy. No plans are made on a routine basis to cope with operation outside this envelope. The controllers therefore have to work out on the spot, or with a time horizon of only a few minutes, what to do in such cases. This often means that they are not able to do it fast enough to ensure smooth continuation of operations without introducing delays (Hollnagel, 2007).

## 1.2 *Il problema: le due facce dell'innovazione tecnologica*

La prima risposta che è stata data, in Italia come all'estero, a questa richiesta di prestazioni, è stata di tipo tecnologico, mediante l'avvio di un processo di centralizzazione e automazione delle attività di control-

---

<sup>4</sup> Secondo dati Eurostat (agosto 2015), in ambito Unione Europea è al secondo posto tra i sistemi di trasporto in termini di sicurezza, con 0.04 morti per miliardo di chilometri, contro gli 0.03 del comparto aeronautico. Si osservi che i dati Eurostat considerano anche incidenti ai Passaggi a Livello o di altra causa non strettamente riconducibili a responsabilità dirette del Gestore Infrastruttura.

lo e comando. Attualmente, in ambito italiano, si riconosce una fase di transizione che vede la convivenza in sala di più sistemi e tecnologie, sviluppati nel corso degli anni per il mantenimento/miglioramento dei richiesti livelli di sicurezza e regolarità del servizio. Proprio la pluralità di sistemi, in generale sommatasi invece che integratisi, ha fatto sì che le postazioni operatore siano spesso cresciute di dimensioni andando ad aumentare la complessità dell'interazione tra l'operatore e la pluralità delle informazioni (e.g. visive vs. uditive, digitali vs. analogiche, di supervisione vs. di sicurezza) e dei comandi necessari allo svolgimento delle attività di gestione, tanto della circolazione normale quanto delle anomalie. A titolo di esempio, la postazione-tipo di ultima generazione di un Centro di Controllo della Circolazione (CCC) di RFI, prevista per un operatore della circolazione dei treni (DCO), è dotata delle interfacce del sistema RFI di supervisione e automazione (SCC-M), del sistema di segnalamento (ACCM e talvolta *Radio Block Centre*), consolle telefoniche, e altri sistemi informativi.

Questo processo di innovazione che certo ha, da parte sua, contribuito ad aumentare efficienza e sicurezza<sup>5</sup> del sistema globale, ha anche introdotto nuovi problemi legati all'interazione dell'uomo con la tecnologia (Bearman, 2013):

- Inadequate operator understanding of the technology;
- Sub-optimal physical design or location of the technology;
- Sub-optimal information provision or feedback;
- Distraction;
- Attenuation to alarms;
- Failing to act on an alarm;
- Problem transitioning between different modes;

RFI ha conseguentemente avviato un'attività esplorativa per verificare in che termini queste problematiche riguardassero i suoi CCC, ed ha riscontrato (Mastrangelo *et al.*, 2016) una scarsa ottimizzazione dei layout fisici (e.g. numero di monitor e loro disposizione), una presentazione delle informazioni e dei feedback all'interno delle interfacce grafiche (e.g. dovuta alla notevole densità informativa) ampiamente

---

<sup>5</sup> Basti pensare alla riduzione degli SPAD a seguito dell'introduzione dei train protection systems (Rail Accident Investigation Branch, 2008).

efficientabile, una ridotta integrazione tra sistemi diversi (e.g. utilizzo simultaneo di sistemi presenti su monitor o schermate differenti) e una tendenza all'abituazione agli allarmi (e.g. tacitazione). Ciò non influenza in modo diretto la Sicurezza della circolazione, presidiata dai sistemi e dalle norme in utilizzo, ma contribuisce al livello di *stress* cui è soggetto l'operatore ed al livello di prestazione complessiva del sistema uomo-macchina.

Da qui l'esigenza RFI di avviare un percorso di maturazione del proprio know-how aziendale rispetto alle caratteristiche del dialogo tra operatore e sistema, ai fattori che ne definiscono la prestazione, e a come questi vadano gestiti all'interno dei processi di definizione dei requisiti, progettazione, verifica e collaudo dei sistemi medesimi, per aumentare l'efficienza e la sicurezza dell'intero processo. Argomenti tradizionalmente trattati in ambito ergonomico e che spiegano il numero crescente di partecipanti alle *International Conference on Rail Human Factors* che si sono susseguite a partire dal 2003 (Wilson et al., 2012) e cui l'Italia ha partecipato ancora limitatamente.

### 1.3 La risposta di RFI: ergonomia e fattori umani

Come accennato, all'interno del proprio piano pluridecennale di creazione di CCC ove concentrare la gestione da remoto di aree sempre più estese e nodi sempre più complessi, RFI ha quindi avviato anche un processo per la definizione di nuovi criteri ergonomici di progettazione e verifica delle *Human-Machine Interface* (HMI), non tanto legati agli aspetti di ergonomia fisica delle postazioni operatore, per i quali RFI si è mossa ormai da qualche anno con specifiche linee guida (RFI/ErgoCert, 2011), ma soprattutto per quelli di ergonomia cognitiva. Questo perché, contrariamente all'ergonomia fisica delle postazioni di lavoro, dove la normativa tecnica e giuridica di riferimento è relativamente consolidata e conosciuta, quando si entra nel dominio dell'ergonomia cognitiva del software, i riferimenti, soprattutto in ambito nazionale, diventano più sfumati tanto da apparire, in alcuni casi, troppo generici per essere applicati. Prendiamo, ad esempio, quanto previsto dal D.Lgs. 81/08 e ss.mm.ii. (allegato XXXIV, paragrafo 3) che prevede per l'interfaccia elaboratore/uomo:

All'atto dell'elaborazione, della scelta, dell'acquisto del software, [...], il datore di lavoro terrà conto dei seguenti fattori:

- a) il software deve essere adeguato alla mansione da svolgere;
- b) il software deve essere di facile uso adeguato al livello di conoscenza e di esperienza dell'utilizzatore. [...];
- c) il software deve essere strutturato in modo tale da fornire ai lavoratori indicazioni comprensibili sul corretto svolgimento dell'attività;
- d) i sistemi devono fornire l'informazione di un formato e ad un ritmo adeguato agli operatori;
- e) i principi dell'ergonomia devono essere applicati in particolare all'elaborazione dell'informazione da parte dell'uomo.

Principi molto generici e difficilmente verificabili, se non attraverso un approccio ergonomico quali-quantitativo che specifichi la metodologia che si intende adottare e il processo che si intende seguire per la valutazione e l'implementazione della prestazione delle proprie HMI in relazione agli operatori. Per procedere in questa direzione RFI ha svolto un esame della normativa tecnica e della letteratura scientifica, di settore ed extra-settore, per raccogliere le *best practice* utilizzabili, e rivedere la propria filosofia progettuale in ottica ergonomica.

## 2 Filosofia progettuale *Human-Centred Design* (HCD)

La scelta della filosofia progettuale non poteva che cadere sulla progettazione orientata all'utente che, nata negli anni '80 del XX secolo (Norman, 1986) sotto il nome di *User-Centred Design* (UCD), poi evolutasi in *Human-Centred Design* (HCD), è diventata la parola chiave di qualsiasi processo progettuale ergonomico ed ha permeato i contesti più disparati (es. aeronautico, *Oil&Gas*, sanità) anche se con declinazioni, in alcuni casi, un po' diverse<sup>6</sup>.

RFI, in questa fase preliminare, ha deciso di seguire il framework proposto dalle ISO, SERIE 9241 e 11064, che definiscono l'HCD come "approach to systems design and development that aims to make interactive systems more usable by focusing on the use of the system

---

<sup>6</sup> Qualsiasi processo HCD, ancorché declinato con nomi e procedure differenti (es. Human-Systems Integration, Human Factors Integration, Usability Engineering), mantiene al centro l'utente tanto nella fase di definizione dei requisiti quanto di verifica delle soluzioni.

and applying human factors/ergonomics and usability knowledge and techniques” (ISO 9241-210:2010), così come sintetizzato in Figura 1. L’ergonomia, dunque, diventa in questa visione il motore metodologico che permette di lavorare sull’usabilità<sup>7</sup> dei sistemi, andando ad ottenere una serie di benefici, quali “improved productivity, enhanced user well-being, avoidance of stress, increased accessibility and reduced risk of harm” (ISO 9241-210:2010). Particolarmente interessante il parallelo tra un concetto tendenzialmente lontano dal mondo della *safety* (i.e. usabilità), e il ruolo che può giocare nel prevenire danni potenziali per salute, sicurezza, economia e ambiente. Questo deriva dalla difficoltà di qualsiasi analisi dei rischi nel gestire la complessità del cosiddetto “errore d’uso”:

Probability is very difficult to determine for use errors, and in fact many use errors cannot be anticipated until device use is simulated and observed, the severity of the potential harm is more meaningful for determining the need to eliminate (design out) or reduce resulting harm. If the results of risk analysis indicate that use errors could cause serious harm to the patient or the device user, then the manufacturer should apply appropriate human factors or usability engineering processes (UCM259760, 2011).

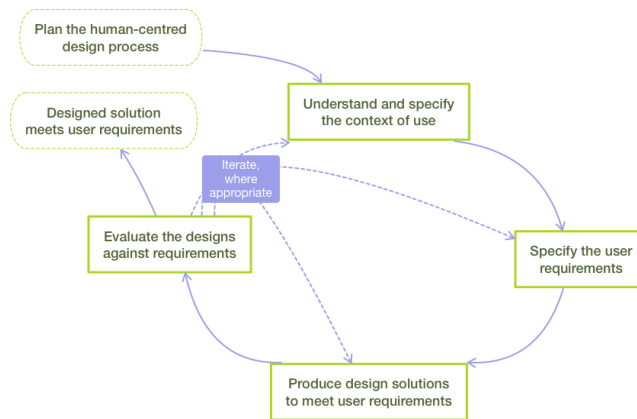


Figura 1: Processo Human-Centred Design (ISO 9241-210:2010)

<sup>7</sup> L’usabilità è definibile come “extent to which a product can be used by specified users to achieve specified goals with effectiveness, efficiency and satisfaction in a specified context of use” (ISO 9241-11).

Chiarito il ruolo che gioca l'usabilità, tanto sul lato della prestazione quanto della sicurezza, veniamo alle quattro fasi principali di un processo HCD (v. Fig. 2):

- comprendere il contesto d'uso (*e.g.* caratteristiche ed esigenze dell'utenza target, compiti che devono essere gestiti, in quale ambiente fisico e sociale e con quali risorse)
- derivare dei requisiti utente qualitativi e quantitativi che guidino, insieme a tutti gli altri requisiti (*e.g.* legali, mercati, business), i requisiti del sistema;
- sviluppare delle soluzioni progettuali che rispondano ai requisiti utente;
- valutare iterativamente la qualità dell'interazione raggiunta sulla base dei requisiti utente quantitativi definiti precedentemente.

L'adozione di queste fasi nello sviluppo delle nuove HMI di RFI permetterebbe di aggiornare e consolidare in maniera ragionata (*evidence-based*) le specifiche tecniche andando a standardizzare, laddove possibile, i requisiti legati agli allarmi ed alle interfacce (es. Grafico Treni, Terminale Operatore) al fine di ottenere un miglioramento della prestazione uomo-sistema ed una diminuzione dei rischi derivanti dall'utilizzo delle HMI.

Prendiamo ad esempio i risultati ottenuti dalle linee guida del Consorzio ASM<sup>®</sup> “*Effective Console Operator HMI Design*”, sviluppate attraverso un processo HCD che ha permesso di ottenere delle prestazioni decisamente superiori rispetto alle HMI di vecchia generazione in quanto a efficacia (+ 26%), efficienza (+41%) e capacità di anticipare l'insorgere di problemi (+38%).

Interessante anche l'approccio delle linee guida EEMUA 191, che propongono per gli allarmi dei “*core principle*” HCD (come *usability, safety, performance monitoring, investment in engineering*) con specifiche metriche, e relativi parametri di riferimento, per la verifica quantitativa delle prestazioni (*e.g.* numero massimo di allarmi per unità di tempo).

Volendo rimanere all'interno dell'ambito ferroviario, si può invece citare il progetto *Future Train Traffic Control*: nato nei primi anni 2000 in ambito svedese dalla cooperazione tra UPPSALA UNIVERSITET, TRAFIKVERKET e la SWEDISH TRANSPORT ADMINISTRATION, ha applicato l'HCD allo sviluppo di nuovi sistemi TG (*Train Graph*) e CATO (*Computer Aided Train Operation*), e i primi calcoli hanno evidenziato un beneficio del 25% di risparmio energetico e un incremento del 10% in puntualità (Tschirner *et al.*, 2014).

Non è da sottovalutare, poi, che la definizione di linee guida adatte al contesto RFI, può rappresentare un approccio al tentativo di misurare in modo obiettivo, in fase di attivazioni impiantistiche, l'incidenza di Non Conformità, rispetto allo standard stabilito: situazioni che, per ragioni sempre esterne alla volontà del Gestore Infrastruttura, possono verificarsi, soprattutto nella realizzazione di progetti tecnologici complessi, che per forza di cosa necessitano spesso di attivazioni “per fasi” (*e.g.* ACCM), e di volta in volta necessitano di valutazione se possono essere considerate accettabili.

### **3 Il ruolo delle Visual Analytics Techniques**

Chiarita la centralità dell'interfaccia operatore, una nuova prospettiva di analisi e definizione puntuale dei requisiti può emergere dall'applicazioni di tecniche basate sullo studio dei dati presenti nel sistema che dovranno essere gestiti dall'operatore.

Su tale base, RFI ha concorso, nel 2017, assieme a università e aziende europee, ad una open call di SHIFT2RAIL che ha portato al progetto *IN2DREAMS*, finalizzato, tra gli altri obiettivi, anche alla analisi delle attuali postazioni operatore di un Centro di Controllo (prendendo a riferimento quelle di più recente realizzazione) e all'esame di scenari applicativi utili a identificare soluzioni di visualizzazione ed erogazione delle informazioni sulle HMI più performanti dello standard consolidato da anni.

In tal senso, la parte del progetto denominata “Visual Analytics of Railway Data and Models”, anche se in corso di affinamento, mostra primi risultati incoraggianti e per il secondo semestre del 2019 è pre-



vista la realizzazione di un prototipo utile a valutare la bontà delle soluzioni proposte.

Si tratta in pratica dello sviluppo, e relativa dimostrazione di bontà, di strumenti e tecniche che mirino a estrarre conoscenza da algoritmi di analisi dei dati, con l'obiettivo generale di renderli interpretabili all'operatore umano in un modo più immediato: lo studio presuppone una acquisita consapevolezza, da parte di chi lo conduce, di come funzionano gli approcci profondamente umani di estrarre conoscenza dal mondo reale. Il *modus operandi* cognitivo tipico cui dà seguito la Visual Analytics, è sintetizzabile in Figura 2:

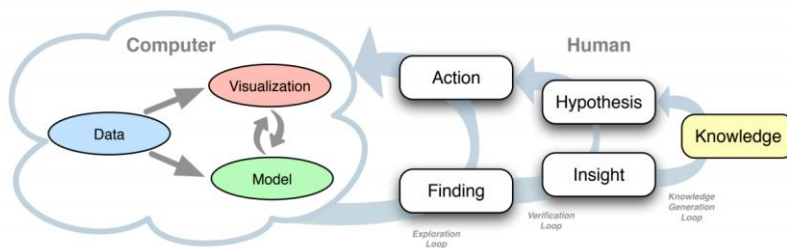


Figura 2: processo di estrazione di conoscenza tipico della Visual Analytics. Descrive l'interazione tra l'elaborazione algoritmica dei dati e l'approccio tipicamente umano di dedurre conoscenza tramite l'esame visivo. Tipicamente, la decisione viene presa tramite un processo iterativo di interrogazione e aggiornamento delle informazioni visualizzate.

Il lavoro procede quindi con lo studio e la realizzazione di *proof-of-concept*, e proprio tramite l'utilizzo delle metodologie e metriche descritte ai paragrafi precedenti, è auspicabile la misura/validazione dei metodi di visualizzazione individuati.

#### 4 Istituzionalizzare

Alla luce di quanto detto, e della usabilità degli standard ottimi individuati (la cui identificazione, come detto, è tra gli obiettivi dei progetti in parola), per valutare lo scostamento tra quanto previsto da un processo HCD ideale e le vigenti procedure di RFI, occorre in primo

luogo fare riferimento alle caratteristiche fondanti di una progettazione orientata all'utente (vedere Tabella 1):

*Tabella 1: Caratteristiche di un processo HCD*

Si basa su una chiara comprensione degli utenti, dei compiti che devono portare a termine, con quali strumenti e in quale ambiente (quali <i>field studies</i> , <i>task analysis</i> , interviste, questionari).
Gli utenti (rappresentativi dell'utenza reale) sono coinvolti in tutto il processo progettuale ed implementativo (quali <i>co-design</i> , <i>participatory ergonomics</i> ).
La progettazione è guidata da valutazioni quali-quantitative " <i>user-centred</i> " (e.g. test di usabilità, carico di lavoro mentale) che si svolgono sin dalle prime fasi (e.g. su prototipi su carta o sulle tassonomie dell'architettura dell'informazione).
Il processo è iterativo.
La progettazione riguarda la <i>user experience</i> nella sua interezza <sup>8</sup> .
Il team di progetto ha una composizione interdisciplinare (e.g. ergonome-cognitivo, fisico, delle organizzazioni).

In tal senso, un esercizio di confronto con quanto attualmente previsto in ambito RFI, ha permesso di evidenziare i punti su cui intervenire per avvicinarsi ad un processo HCD, cui dovrebbero seguire le fasi di preparazione (dei processi, principi di dialogo, linee guida di progettazione, protocolli, metodi, strumenti di valutazione), esecuzione (dell'HCD su vari progetti) e, come già evidenziato al paragrafo precedente, valutazione/validazione dei risultati ottenuti nei vari progetti.

Per procedere in questo percorso di istituzionalizzazione di una filosofia progettuale orientata all'utente, per RFI si pongono i seguenti obiettivi:

- Estendere l'attività di ricerca sul campo per studiare il contesto d'uso di riferimento (tipologia dell'utenza, dei compiti, delle HMI e dell'ambiente fisico e organizzativo).

---

<sup>8</sup> Nello specifico, la progettazione non si deve interessare solo del momento in cui si interagisce con un sistema, dominio dell'usabilità, ma si deve occupare anche delle percezioni antecedenti l'utilizzo come delle reazioni che seguono l'utilizzo.

- Formalizzare un processo HCD contestualizzato rispetto alla realtà di RFI.
- Applicare un processo HCD pilota per la progettazione di un CCC, e relative HMI, di nuova generazione tenendo conto e verificando i seguenti fattori: utenza di riferimento e adattamento alle relative caratteristiche psico-fisiche; tipologia di attività e di compiti svolti dall'utenza; riduzione dei rischi di natura bio-medica associati all'attività svolta; misurazione ed incremento dell'usabilità; pulibilità, manutenibilità e adattabilità delle caratteristiche del progetto nel tempo.
- Definire linee guida di progettazione ergonomica finalizzate ad eventuali successive richieste di certificazione ergonomica di processo e/o di prodotto (e.g. postazioni messe in opera) sulla base di disciplinari e specifiche tecniche dedicate.

## 5 Bibliografia

- ASM<sup>®</sup> Consortium Guidelines (2015). *Effective Console Operator HMI Design* (2<sup>nd</sup> ed. rev., Houston - TEX: ASM Consortium)
- D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81 e ss.mm.ii.
- EEMUA 191 (2013). *Alarm systems: a guide to design, management and procurement* (3<sup>rd</sup> ed., London: EEMUA)
- *Europeans' Satisfaction With Rail Services* (Flash Eurobarometer 382°, 2013)
- Evans, A. (2014). *Fatal train accidents on Europe's railways: 1980–2013* (Accident Analysis & Prevention, Vol. 43, 2011, pp. 391–401)
- Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. (2007). *Resilience engineering: Concepts and precepts* (Ashgate Publishing, Ltd.)
- ISO 9241-210, *Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems*
- Mastrangelo, S., Ostuni, C., Bordignon, M., Marcolin, F., Trignani, G., Carannante, S., Orrù, G., Rosini, S., Petralli,

- S., Canepa, R., Mastrodonato, E., Cirillo, F., De Falco, F., Di Nocera, F. (2016). *Pilot Study for an Italian Human-Centered Design (HCD) Strategy*. (11<sup>th</sup> WORLD CONGRESS ON RAILWAY RESEARCH, Milan 2016)
- Naweed, A., Dorrian, J., Rose, J. and Bearman, C. (2013). *Evaluation of Rail Technology: A Practical Human Factors Guide* (Ashgate Publishing Ltd.)
  - Norman, D. and Draper, S. (1986). *User Centered System Design: New Perspectives on Human-Computer Interaction*. (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates)
  - RFI/ErgoCert (2011). “Linee guida per la progettazione ergonomica di postazioni operatore di sale controllo”.
  - Tschirner, S., Sandblad, B., Andersson, A.W., Hellström, P., Isaksson- Lutteman, G. (2013). *Analysis of collaboration applied to train drivers and train traffic controllers in Sweden. Rail Human Factors: Supporting Reliability, Safety and Cost Reduction*. (Taylor & Francis, pp. 389–398)
  - U.S. Food and Drug Administration. (2011, June 21). *UCM259760 Applying Human Factors and Usability Engineering to Medical Devices. Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff*. (Retrieved February 03, 2016)
  - Wilson, J. (2012). *Rail human factors around the world*. (Leiden, The Netherlands: CRC Press.)
  - progetto IN2DREAMS e relativi deliverables già emessi <http://www.in2dreams.eu/>