Vittorio Sarnelli - Virginia Santoro - Vincenzo De Simone - Flavia De Simone - Simona Collina

Analisi dei fattori di distrazione in differenti postazioni di una catena di montaggio*

Introduzione

La diffusione delle nuove tecnologie ha rappresentato per la ricerca scientifica la possibilità di esplorare nuove metodologie e contesti applicativi. In particolare, ci stiamo riferendo alle possibilità offerte dall'uso dell'*eye tracker*, uno strumento di tracciamento oculare, nello studio dei processi cognitivi sottostanti l'interazione di un soggetto impegnato nell'assolvimento di uno specifico compito. I metodi di rilevazione, al giorno d'oggi, sono molteplici: dalle check list (utilizzate per facilitare eventuali osservatori nella rilevazione di indicatori precedentemente concettualizzati) ai più complessi questionari generatori di indici e punteggi. Il limite dei metodi tradizionali di indagine risiede nella necessità di un passaggio fondamentale, una traduzione che possa essere codificata ed analizzata, così da poter trarre conclusioni in merito al fenomeno analizzato. Tramite l'introduzione di tecnologie di nuova generazione la ricerca è finalmente giunta a dati obiettivi riguardanti i movimenti oculari.

* Simona Collina è autrice dell'*Introduzione*; Vittorio Sarnelli è autore del paragrafo 1; Virginia Santoro è autrice del paragrafo 2; Flavia De Simone è autrice del paragrafo 3; Vincenzo De Simone è autore delle Conclusioni.

1. Obiettivo

L'obiettivo del lavoro è quello di validare l'*eye tracking* all'interno di un contesto lavorativo utilizzato per la valutazione della gestione e dello svolgimento delle mansioni lavorative quotidiane. E' nostro interesse osservare in che modo è possibile rilevare dati in contesti ecologici, contesti esistenti nella realtà e non ricostruiti in laboratorio, e in contesti dinamici cioè dati visivi raccolti da una persona in movimento per valutarne l'efficacia e l'efficienza. Per analizzare i movimenti oculari, e di conseguenza i processi cognitivi, sono sempre stati valutati dati provenienti da persone alle quali è stato chiesto di esplorare visivamente un target predeterminato. L'idea di poter raccogliere dei dati da una persona libera di muoversi nello spazio si è potuta prendere in considerazione solo con l'avvento delle tecnologie head-mounted. Specie se in condizione ecologica, le variabili che intervengono in una condizione dinamica sono molte di più rispetto ad una condizione statica, ma se tenute sotto controllo, e se sono soddisfatti i criteri di ricerca sperimentale, i dati ottenuti risulteranno notevolmente preziosi. L'*eye tracking* è, infatti, stato utilizzato in molteplici studi e campi differenti fornendo dati preziosi e altamente attendibili, ma in letteratura non sono presenti riferimenti ad esperimenti svolti in condizione dinamica. In questo lavoro saranno approfondite le variabili che intervengono nel passaggio da una condizione statica ad una dinamica.

2. L'eye tracking

E' il processo di rilevazione del punto esatto (anche detto di "fissazione oculare") dove, nell'osservazione di un qualsiasi ambiente/oggetto/persona, lo sguardo dell'osservatore si sofferma indipendentemente dal movimento della testa. Questo indicatore può essere ricavato mediante appositi strumenti di tracciamento e trova applicazione nei più disparati campi, dallo studio neuro-scientifico fino alle mansioni svolte in una catena di montaggio. I primi studi sui movimenti oculari risalgono all'inizio dell'Ottocento ed erano basati

su osservazioni dirette, che non portarono però a risultati notevoli. Bisognerà attendere Edmund Burke Huey per la realizzazione di un primo rudimentale strumento attraverso il quale fu possibile dimostrare, in un compito di lettura, come l'attenzione del lettore non si concentri su ogni singola parola, ma sui termini ritenuti maggiormente pregnanti di significato. La ricerca moderna si affida a strumenti d'avanguardia indossabili che accompagnano il soggetto durante la performance analizzata. Tale tecnologia si basa sul tracciamento oculare, ovvero sulla rilevazione dei punti precisi in cui lo sguardo del soggetto va a posarsi, generando anche altri indicatori informativi come, ad esempio, il tempo di permanenza (basti pensare a stimoli di diversa complessità posti a confronto). Il dispositivo è associato ad un software deputato all'estrazione degli indicatori interessati. Grazie ad una fase di calibrazione individuale, le videocamere possono individuare il punto esatto che il soggetto sta guardando. Il software ottiene tali dati mediante il tracciamento di alcune aree di interesse, specifiche per compito (AoI), e può generare cluster di esplorazione spaziale. Tale strumento è stato sviluppato per ovviare ai problemi derivanti dalla sperimentazione in ambienti dinamici. Permette, infatti, un aggiustamento continuo delle AoI, così da garantire la massima precisione nella rilevazione del gaze. Inoltre, gli indici che si possono ottenere mediante questa analisi sono molteplici: dai tempi di reazione per l'individuazione di una determinata AoI (Time to first fixiation), al tempo medio di visita totale in ogni singola AoI nell'intera performance (Total visit duration Mean). Le caratteristiche di non intrusività e di facilità di applicazione hanno permesso l'utilizzo nella quasi totalità dei campi di ricerca scientifica, oltreché del design e, ovviamente, del marketing. In una rewiew sull'argomento, Duchowski[1] individua numerosi campi di applicazione dove la tecnologia eye tracking ha già trovato la propria applicazione con successo:

1 A. T. DUCHOWSKI, *A breadth-first survey of eye-tracking applications*, in «Behavior Research Methods, Instruments, & Computers», MMII (2002).

- Neuroscienze

Nel campo della ricerca neuro-scientifica, come non citare il campo del Functional Brain Imaging. Recentemente, questo strumento ha avuto una grande importanza nella raccolta di dati integrativi alle tecniche di Brain Imaging durante lo studio dei processi attentivi. Ozyurt et al[2] compararono i correlati neurali degli spostamenti oculari guidati e gli stessi movimenti prodotti spontaneamente in un compito. I risultati ottenuti permisero una maggiore comprensione dell'attivazione neurale in fase di performance (spontanea), rispetto all'attivazione consapevole.

- Environment and human factor

L'eye tracking risulta fondamentale nella valutazione e nella progettazione degli ambienti di lavoro dove un operatore dovrà trascorrere più ore consecutive e interagire con i più disparati macchinari e attrezzature. Il campo dove troviamo la maggior produzione bibliografica, subito seguito dallo studio dell'interazione fra pilota e autoveicolo, è quello dell'aviazione. Basti pensare ad una cabina di pilotaggio di un aereo, per rendersi conto dell'importanza di una progettazione che tenga conto delle capacità umane. Lo studio di Anders[3], riguardante gli elementi più informativi per un pilota in cabina di pilotaggio, ha messo in evidenza numerosi fattori che in seguito sono stati integrati nelle procedure di addestramento reclute, oltre ad aver messo in luce le individuali procedure di ragionamento nell'assolvimento di un compito per ogni singolo pilota sottoposto al test.

2 J. ÖZYURT, P. DESOUZA, P. WEST, R. RUTSCHMANN, M.W. GREENLEE, *Comparison of cortical activity and oculomotor performance in the gap and step paradigms*, in «European Conference on Visual Perception», MMI (2001).

3 G. ANDERS, *Pilot's attention allocation during approach and landing–eye- and head-tracking research in an A330 full flight simulator*, in «Focusing Attention on Aviation Safety», MMI (2001).

- Marketing/advertising

L'utilizzo di questa tecnologia ha permesso un'esplorazione sistematica di come l'attenzione di un potenziale consumatore possa andare a disperdersi nei diversi elementi informativi. Inoltre, Wedel & Pieters[4] verificarono sperimentalmente la possibilità predittiva, nella consultazione di alcune riviste, secondo la quale le fissazioni rilevate sui marchi e sulle immagini vengono ricordate e richiamate alla memoria per un tempo e un'intensità significativamente maggiore, rispetto alle stesse informazioni rappresentate come testo.

- Eye-based interaction

Riguarda il campo di ricerca che spazia sulla possibilità di progettazione di sistemi operativi con i quali l'utente potrà interagire tramite semplici movimenti oculari. Abbraccia ovviamente anche il campo delle disabilità e in questo senso possiamo citare il lavoro di Jacob[5], che presentò un sistema operativo gaze-based, capace di eseguire una serie di comandi percependo i micromovimenti oculari dell'utente (scorrere finestre, chiusure e aperture di programmi, etc). Dagli studi qui presentati, riteniamo che la tecnologia eye tracking abbia dimostrato la sua applicabilità in particolare in due ambiti:
- Studi diagnostici: Lettura o qualsiasi compito cognitivo che preveda una componente di processamento delle informazioni.

- HCI (Human-computer interaction)

Grazie alla possibilità di ottenere misure quantitative oggettive

4 M. WEDEL, R. PIETERS, *Eye Tracking for Visual Marketing,* in «Foundations and Trends® in Marketing», Vol. 1, No. 4, MMVIII (2008), pp. 231-320.
5 R.J. JACOB, *What you look at is what you get: eye movement-based interaction techniques*, in «Proceeding CHI '90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems», MCMXC (1990).

in tempo reale, si configura come uno strumento di eccellenza nella valutazione e nella progettazione di sistemi interattivi.

In conclusione, le evidenze presenti in letteratura mettono in luce i molteplici vantaggi derivanti dall'utilizzo di tale tecnologia. Come chiaro negli esempi riportati, i contesti di applicazione fino ad oggi esplorati risultano essere di tipo statico (eccezion fatta per lo studio di Anders), così come anche i compiti svolti dai soggetti, maggiormente orientati all'esplorazione spaziale di un determinato stimolo/contesto. Il nostro lavoro vuole porre invece l'accento sulla possibilità di utilizzo di tale metodo di ricerca all'interno di contesti ecologici in cui il soggetto può muoversi liberamente e ottenere così dati informativi sui processi di attenzione, esplorazione spaziale e carico cognitivo inerenti a compiti dinamici in cui, oltre che guardare, l'operatore agisce attivamente.

3. Metodologia

La libertà di movimento nell'ambiente ecologico e dinamico è data dalla potenzialità di un dispositivo indossabile a preferenza di una postazione fissa. Quest'analisi, pur essendo molto valida, subisce l'influenza di una serie di variabili e quindi può risultare meno precisa. Prima di iniziare la registrazione occorre istruire un iter procedurale affinché non vi siano inconvenienti di alcun genere durante lo studio.

a) Metodo

Da attenti studi è emerso che il movimento oculare dipende dal tipo di compito. Dagli studi effettuati da Yi-Fang Tsai, Erik Viirre, Christopher Strychacz, Bradley Chase e Tzyy-Ping Jung[6], relativi

6 Y-F. TSAI, E. VIIRRE, C. STRYCHACZ, B. CHASE, T-P. JUNG, *Task performance and eye activity: predicting behavior relating to cognitive workload*, in «Aviat Space Environ Med», MMVII (2007).

all'analisi dei cambiamenti del comportamento oculomotorio durante compiti di ascolto e di guida, è emerso che dalla tendenza di tale comportamento si traevano delle indicazioni utili per il comportamento umano circa il carico cognitivo. Quest'ultimo è stato dunque scelto come soggetto di analisi viste le possibilità offerte dai movimenti oculari che hanno delle particolari caratteristiche che permettono di intercettare dimensioni come attenzione, influenza della condizione fisica e mentale ed orientamento oculare.

b) Campione di studio

I partecipanti hanno tutti aderito spontaneamente a partecipare allo studio. I compiti che sono stati valutati corrispondono ai singoli compiti di assemblaggio normalmente svolti in linea. Le loro attività sono state svolte in due condizioni separate: la prima in linea, in una condizione dinamica, e la seconda in un'area di addestramento che riproduce in scala ridotta tutti i reparti produttivi che non hanno sequenza mobile, definita condizione statica. Visto che solo due partecipanti su sei erano già formati per coprire in condizione statica le sei posizioni, i sei partecipanti sono stati fatti ruotare al fine di ottenere misurazioni riguardo la condizione di svolgimento del compito familiare, cioè il compito svolto quotidianamente, e poi è stato loro assegnato un nuovo compito per il quale non erano stati addestrati.

c) Strumento

Per lo studio si è utilizzato il sistema indossabile Tobii Glasses[7], uno strumento per l'eye tracking indossabile. Nella cornice di un semplice paio di occhiali è situata una fotocamera frontale, volta verso l'esterno, e una telecamera tracciante atta a monitorare il movimento e il comportamento oculare del soggetto. Il sistema è integrato con gli

7 V. il sito TOBII, https://www.tobii.com/

IR Markers (InfraRed Markers), piccoli dispositivi a luce infrarossa che segnalano la loro posizione agli occhiali. Essi vengono utilizzati per la definizione delle Aree di Analisi (AOA) per il raggruppamento automatico dei dati e per la loro visualizzazione e analisi statistica. Agli occhiali si collega, tramite un filo, il modulo tascabile di archiviazione dei dati (Recording Assistant) il quale registra i dati, i video e le posizioni degli IR Marker su una memory card. L'uso di Tobii si è rivelato particolarmente adatto al fine preposto per la rispondenza delle sue caratteristiche in quanto, essendo il dispositivo solidale con i movimenti della testa di chi li indossa, rende il compito esplorativo più naturale e meno condizionato. Il soggetto ha completa libertà di movimento e la registrazione dei tracciati relativi ai percorsi di esecuzione dei compiti avviene permettendo la visualizzazione contestuale della scena osservata dai soggetti. L'analisi dei dati acquisiti è stata ricondotta al carico cognitivo associato a ciascun compito eseguito grazie al software Tobii Studio, piattaforma che facilita tra l'altro l'interpretazione riguardo il comportamento dei soggetti.

d) Procedura

Ogni partecipante ha indossato l'eye tracker per 20 minuti durante l'esecuzione del compito assegnato. Inoltre, è stato sottoposto ad una fase di calibrazione che è stata registrata e utilizzata nel momento del suo turno sperimentale. La calibrazione e lo studio devono essere attuati ricercando la condizione ottimale riguardo il luogo, le luci e prevedendo qualsivoglia evento probabile e improvviso che possa influire sulla fase procedurale.

e) Procedura in ambiente ecologico e dinamico

Dai rilevamenti e dall'analisi dei dati video/statistici, si può avanzare un'apprezzabile ipotesi al riguardo. Nel realizzare uno studio ecologico in un contesto reale e dinamico, come quello di una catena

di montaggio, ci accorgiamo di una serie di accortezze metodologiche e procedurali che è necessario seguire, in quanto è una procedura dove l'utente ottimizza il processo operativo interagendo con l'ambiente tramite degli stimoli dinamici che inducono dei movimenti. Nella valutazione dello studio, bisogna considerare che l'uso di occhiali nei tempi di prova, può causare all'utente delle inefficienze nel senso che gli stessi possono rivelarsi:
- pesanti.
- ingombranti per l'effetto della montatura doppia che può limitare la piena visione, anche lateralmente.
- falsare la visione rendendo i movimenti imprecisi in quanto pur essendo solidali con la testa potrebbero non esserlo con il corpo.
- stanchezza ai non portatori di occhiali.
- scaricamento delle batterie e dei marker dovuto ad uso prolungato.
- riempimento della memory card.

Per ovviare ad eventuali anomalie, non rilevate dagli occhiali, lo sperimentatore può annotare le varie fasi sperimentali per una più precisa analisi dei dati, utile anche in caso di variabili suscettibili incontrate dall'utente nello svolgimento di un compito come imprevisti, casualità, interruzioni, eventi involontari, la cui ripercussione può incidere sull'analisi dei dati.

Conclusioni

Lo studio mostra che è possibile usare la metodologia eye tracking sia in contesti ecologici che dinamici per misurare processi cognitivi come l'attenzione, il carico di lavoro, l'esplorazione spaziale e i requisiti cognitivi atti allo svolgimento dei task. Principalmente dall'analisi dei movimenti oculari abbiamo ottenuto informazioni riguardo:
- Il carico cognitivo richiesto per lo svolgimento di ogni postazione e compito. E' stato possibile eseguire dei confronti rivelatisi statisticamente significativi.
- I livelli di attenzione, valutare la costanza dell'attenzione ma anche la natura della distrazione e le sue fonti (interazione con altri operatori,

rumori inattesi etc).
- I livelli di logistica e organizzazione del lavoro, individuare ed eliminare le fonti di distrazioni aumentando la sicurezza all'interno del dominio, osservare in che modo e quando gli operatori interagiscano tra loro, individuando così postazioni che entrano in conflitto tra loro.