

## **L'ergonomia cognitiva**

Antonio Rizzo

Università di Siena

### **Introduzione**

L'ergonomia cognitiva ha come oggetto di studio l'interazione tra il sistema cognitivo umano e gli strumenti per l'elaborazione di informazione. La conoscenza prodotta da questo studio è utilizzata per supportare la progettazione di strumenti appropriati per i più svariati usi, dal lavoro, all'educazione, al divertimento.

Questa definizione dell'ergonomia cognitiva deriva dallo statuto della Società Europea di Ergonomia Cognitiva (EACE, costituita nel 1987) e solleva alcune domande che verranno affrontate nel presente capitolo:

- Quali sono le proprietà del sistema cognitivo umano che presiedono al controllo delle azioni ed all'uso di strumenti? (L'azione umana e l'uso di strumenti)
- Che tipo di interazione si instaura tra il sistema umano di elaborazione dell'informazione e gli strumenti, e che effetti ha sulla mente umana l'uso di sistemi artificiali di elaborazione dell'informazione? (L'attività cognitiva distribuita)
- Quali sono i requisiti per la progettazione di sistemi artificiali di elaborazione dell'informazione con cui l'uomo può interagire efficacemente? (La progettazione di interfacce uomo-computer)

Prima di affrontare queste domande tratteremo un breve profilo storico dell'ergonomia cognitiva per meglio comprendere la sua natura e la sua rapidissima evoluzione.

### **Origini dell'ergonomia cognitiva**

L'ergonomia cognitiva ha una storia recente, ed è legata principalmente allo sviluppo delle tecnologie a base informatica. Queste tecnologie hanno assunto nel corso degli ultimi anni un ruolo determinante nella nostra organizzazione sociale e la spinta di questa impronta tecnologica promette per il futuro implicazioni che sono impossibili da

prevedere. Il computer è uno strumento dalle potenzialità enormi, con ogni probabilità il più potente che sia mai stato prodotto dall'uomo. In soli quattro decenni ha già trasformato molti aspetti della vita delle società tecnologicamente avanzate.

La rapidità con cui questa tecnologia si è evoluta è a dir poco impressionante. Un modo per rendere l'idea del suo progresso è compararlo con l'evoluzione dell'industria automobilistica. Se tra gli anni '60 e oggi l'industria automobilistica fosse progredita così rapidamente come l'industria informatica, attualmente una automobile avrebbe un motore con uno spessore inferiore ad un quarto di centimetro, l'auto percorrerebbe 50.000 Km con un litro di benzina, potrebbe raggiungere una velocità di 400.000 Km/h, e costerebbe 5.000 Lire! (Questo è un puro esercizio di fantasia, ma l'analogia è suggerisce l'idea del progresso tecnologico del computer.)

La principale funzione di un computer è elaborare informazione: acquisirla, organizzarla, immagazzinarla, trasferirla e renderla accessibile all'utente. Tenendo presente che ogni forma di conoscenza umana si esprime attraverso l'uso di informazioni è facile prevedere che non ci sarà area dell'attività umana che non sarà coinvolta dalla tecnologia informatica. Potenzialmente qualunque forma d'attività umana può infatti essere modificata dal computer, dal lavoro allo sport, dall'arte all'educazione. Sin dalla realizzazione dei primi computer (es. ENIAC, 1941-45) fu però chiaro che una comprensione dei modi in cui l'attività umana è eseguita è di cruciale importanza per un uso efficiente dei nuovi strumenti. La stessa introduzione dell'architettura di von Neumann, che permetteva di rappresentare ed immagazzinare il programma di un computer nella stessa memoria dove erano immagazzinati i dati, ebbe ripercussioni importantissime per la facilità d'uso. Fu questa idea, infatti, che condusse ad un uso pratico della nuova tecnologia. Senza un programma immagazzinato, ENIAC poteva ancora ricevere istruzioni per eseguire compiti diversi, ma le nuove istruzioni richiedevano praticamente di ri-cablare gran parte della macchina! Mauchly, presentando il suo lavoro nel 1947 sulla programmazione del computer EDVAC affermava testualmente "Ogni sistema di codice macchina sarà giudicato in gran misura dal punto di vista della facilità con cui un operatore può ottenere i risultati voluti" (Mauchly, 1973).

L'obiettivo principale in quei lontani anni quaranta era di velocizzare i laboriosi calcoli di routine richiesti dalla balistica e dall'energia atomica. Forse il primo a scorgere nel computer uno strumento fondamentale per trasformare il pensiero e la creatività umana fu Vannevar Bush (1945). Egli propose un sistema dal nome MEMEX.

"MEMEX è uno strumento nel quale un individuo immagazzina tutti i suoi libri, registrazioni, comunicazioni, ed è meccanizzato in modo da poter essere consultato con eccezionale velocità e flessibilità. E' un supplemento peculiare e potenziante della memoria di un individuo. Consiste di una scrivania, che pur potendo essere manipolata anche a distanza è principalmente un pezzo d'arredo sul quale un individuo lavora. Sulla scrivania ci sono degli schermi traslucidi inclinati sui quali può essere proiettato del materiale per la lettura. C'è una tastiera e una serie di bottoni e leve... Sulla parte superiore di MEMEX c'è una tavoletta trasparente. Su questa sono collocate delle note, fotografie, memos, e tutti i generi di oggetti"

La visione di Bush è sorprendente, non solo egli prevedeva le applicazioni per immagazzinare e recuperare le informazioni e il potere di memoria associativa esterna di un tale strumento, ma anche anticipava la natura multimediale del computer e suggeriva la metafora della scrivania per il suo uso.

L'idea del computer come strumento utile non solo a facilitare calcoli e a risolvere problemi in base a procedure preformulate era tuttavia ancora troppo in anticipo rispetto ai tempi. Comunque negli anni cinquanta altri la ripresero e la proposero, fra questi Licklider (1960) il quale concepì una simbiosi uomo-computer. Licklider si fece promotore dell'idea che nel giro di pochi anni i cervelli umani e le macchine calcolatrici sarebbero state unite insieme molto strettamente e che la risultante collaborazione avrebbe prodotto una forma di pensiero che nessun cervello umano avrebbe mai potuto produrre da solo, e avrebbe elaborato i dati in un modo non possibile per i soli computer. Nel suo lavoro Licklider sottolineò come la generazione di computer di allora non fosse assolutamente adeguata a facilitare la simbiosi uomo-computer. Negli stessi anni Doug Engelbart (1963) e Ted Nelson (1965) ripresero e rielaborarono in modo più puntuale le idee di Bush. Nelson era più interessato ai collegamenti e alle interconnessioni fra diversi raggruppamenti di informazioni. Egli vide nelle potenzialità di riconfigurare le informazioni offerte dal nuovo strumento, un modo diverso e soprattutto non realizzabile con materiale cartaceo, di presentare e manipolare testo, immagini e suoni: l'ipertesto. Un ipertesto, secondo Nelson, era un oggetto che aveva potenzialità completamente nuove per l'insegnamento, la raccolta e il recupero delle informazioni, il senso di controllo e la motivazione di un individuo ad usarlo. Un

ipertesto ha natura modulare e può crescere in modi nuovi e imprevisi in funzione degli interessi dell'utente. Nelson sosteneva che nel progettare un sistema bisognava considerare la sua architettura psichica, ovvero i concetti mentali e le strutture spaziali attraverso le quali un utente si muove, la loro collocazione e le loro qualità, soprattutto la chiarezza e l'integrazione. Nelson (1974) propose anche una regola per valutare l'interfaccia uomo-computer, la regola dei 10 minuti: "Qualunque sistema che non possa essere adeguatamente insegnato da un tutore ad un profano in dieci minuti in presenza dello strumento è troppo complicato". Vent'anni dopo chi naviga fra i nodi dell'ipertesto virtuale più grande del mondo WorldWideWeb con strumenti tipo Mosaic può farsi un'idea di cosa Nelson intendesse.

Engelbart (1963) concepiva i supporti informatici come un accrescimento dell'intelletto umano. L'accrescimento per Engelbart era essenzialmente la possibilità di affrontare problemi complessi e di derivare soluzioni a questi problemi, soluzioni che sarebbe stato difficile trovare senza uno strumento informatico. Engelbart fu uno dei primi ad avere una visione del computer come strumento per mediare la comunicazione e facilitare la cooperazione tra più utenti, un settore che attualmente rappresenta uno dei settori più importanti dei sistemi uomo-computer e che è conosciuto con il nome di *groupware* (Greif, 1988). Ma il contributo più importante di Engelbart per l'ergonomia cognitiva risiede nell'uso della sperimentazione per testare vari approcci e soluzioni nella progettazione delle interfacce uomo-computer. Infatti, insieme alla visione del computer come strumento cognitivo, è la sperimentazione l'altro elemento caratterizzante l'ergonomia cognitiva. Alla fine degli anni sessanta e nel corso degli anni '70 si osserva la nascita e la proliferazione di laboratori per lo studio sperimentale del comportamento umano in interazione con strumenti informatici. A parte il laboratorio Engelbart presentato insieme a English (1968) nel noto articolo "A research center for augmenting human intellect", sorgono in quegli anni laboratori che ancora oggi sono tra i centri più importanti in questo campo di ricerca: L'IBM research center a Yorktown Height (USA) guidato da John Gould; l'Applied Information Processing Psychology Project di Allen Newell, Stuard Card e Tom Moran allo Xerox PARC di Palo Alto (USA); il Research Group on Human Science and Advanced Technology (HUSAT) fondato da Brian Shackel alla University of Loughborough (UK). Fra gli studiosi che avviarono importanti centri di ricerca presso le Università sono da ricordare: Donald Norman (University of California, San Diego; USA), James Foley (George Washington University; USA), Ben Shneiderman (University of Maryland,

USA), Thomas Green e Max Sime (Medical Research Council Social e Applied Psychology Unit, University of Sheffield; UK), Phil Barnard, John Long e John Morton (Medical Research Council Applied Psychology Unit, Cambridge; UK).

Negli stessi anni vengono organizzati i primi convegni e sono stampate le prime riviste specializzate. L'anno più importante è il 1969. In quell'anno la rivista *Ergonomics* dedica un numero speciale ai lavori presentati all'International Symposium on Man-Machine Systems tenutosi a Cambridge, Inghilterra, e la rivista *IEEE Transaction on Man-Machine System* ristampa gli stessi lavori per favorirne una diffusione più ampia. Infine nello stesso anno la rivista *International Journal of Man-Machine Studies* inizia le pubblicazioni. Negli anni seguenti si assiste alla nascita del Technical Group on Computer System all'interno della Human Factor Society, nel 1971, e della Software Psychology Society, a Washington, DC nel 1976. Nello stesso anno si tiene il primo workshop specializzato, il NATO Advanced Study Institute on Man-Computer Interaction. Nel 1982 la rivista *Behaviour and Information Technology* inizia le sue pubblicazioni e si tiene la prima conferenza di quella che sarà la serie più importante di incontri annuali: l'ACM Human Factor in Computer Systems a Gaithersburg, Maryland. Il successo della conferenza in termini di pubblico e interesse fu sorprendente e inatteso per gli stessi organizzatori. Da quell'anno in poi il numero di eventi dedicati a questo settore di studio è cresciuto con una rapidità impressionante.

Agli inizi degli anni ottanta lo studio dell'interazione uomo-computer era un settore di studio interdisciplinare ben definito, con propri convegni e riviste, e aveva nel computer Apple Macintosh una espressione fattuale delle sue potenzialità. Ma l'interfaccia di Macintosh era solo l'implementazione di alcune idee in embrione e non ancora una misura del successo dell'applicazione delle tecniche e conoscenze della emergente scienza cognitiva alla nuova tecnologia del computer, come ebbe modo di sottolineare uno dei suoi progettisti, Alan Kay, in un discorso fatto al SIGGRAPH '84.

### **L' azione umana e l'uso di strumenti**

La psicologia cognitiva ha storicamente trascurato l'azione umana. Ha considerato la percezione e l'azione come due separati domini di studio ed ha privilegiato il primo. Ancora oggi in molti manuali di psicologia è assente un capitolo dedicato all'azione ed in altri in cui è presente essa è trattata separatamente dalla percezione. Tale distinzione è

però ingannevole (vedi ad es. Neisser, 1976; Arbib, 1989), poichè è stato mostrato che la percezione è coinvolta nella selezione delle azioni, nella loro esecuzione e nella continua valutazione dei risultati (Norman & Shallice, 1980). Infatti un'azione non può, sia da un punto di vista fisiologico che psicologico, considerarsi completata senza una fase di valutazione (Arbib, 1989).

Norman (1988; Hutchins, Hollan e Norman, 1985) ha proposto un modello dell'azione nell'interazione uomo-computer. Il modello deriva dalla teoria del controllo delle azioni di Norman & Shallice (1980) e tenta di rendere conto sia delle fasi che delle possibili difficoltà di passaggio da una fase all'altra (distanze) osservate nell'uso di strumenti. In figura 1 è riportato uno schema che esemplifica il modello con le fasi d'azione e le relative distanze.

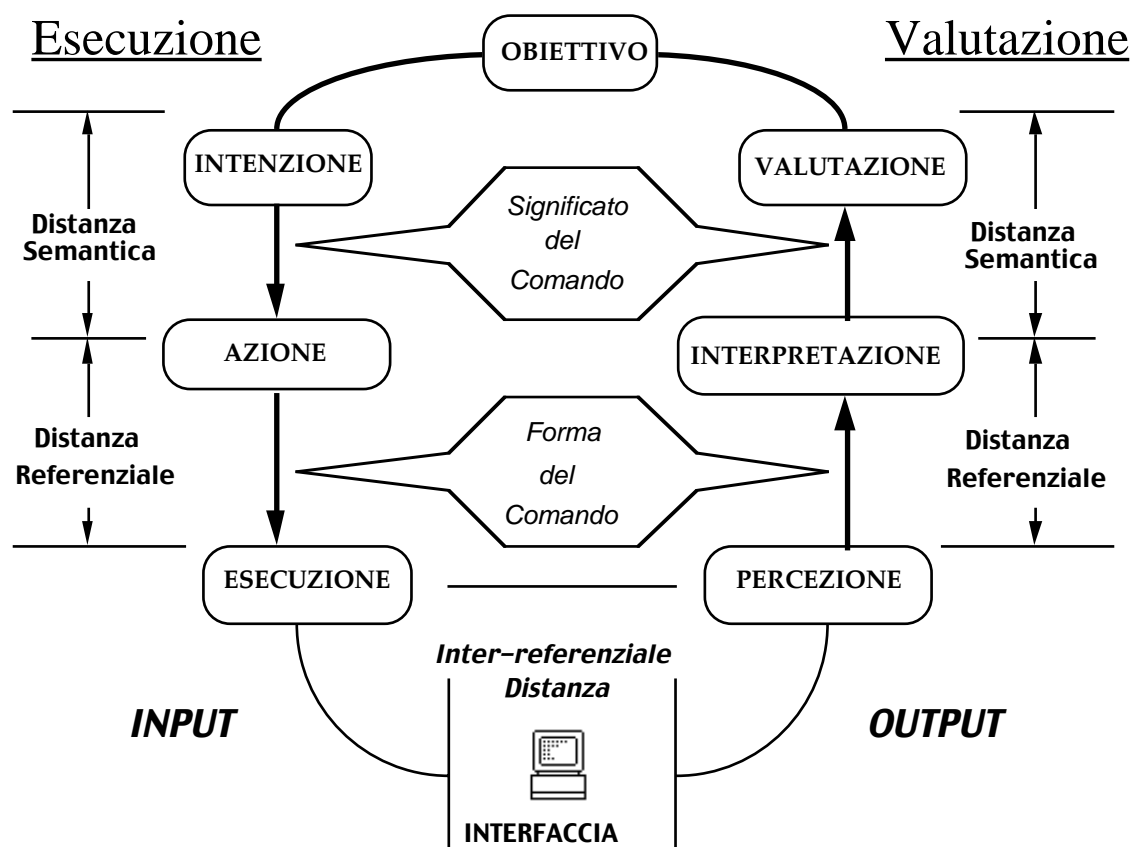


Figura 1. Il modello di Hutchins, Hollan e Norman (1985).

Le fasi del modello sono sette, una per gli obiettivi, tre per l'esecuzione e tre per la valutazione:

Formazione dell'obiettivo

Formazione dell'intenzione

Specificazione dell'intenzione

Esecuzione dell'azione

Percezione dello stato del mondo

Interpretazione dello stato del mondo

Valutazione del risultato

Le distanze sono invece tre, due delle quali sono presenti sia sul lato dell'esecuzione che sul lato della valutazione: la distanza semantica e la distanza referenziale. La terza distanza si riferisce al passaggio dall'esecuzione alla valutazione dell'azione. Sia le fasi che le distanze non devono essere considerate come entità discrete dai contorni ben separati ma piuttosto come momenti più o meno presenti in tutte le attività. Di fatto, molti comportamenti non richiedono il coinvolgimento di tutte le fasi, e molte attività non sono eseguite con azioni singole. Il modello ha lo scopo principale di definire le potenziali unità di analisi attraverso le quali è possibile rappresentare il comportamento umano nell'uso di strumenti e non ha né la pretesa di essere esaustivo né quella di essere corretto. Ha però il merito di essere una guida efficace nell'analisi delle difficoltà d'uso di strumenti, e di fornire un framework entro il quale collocare molte delle conoscenze della psicologia cognitiva (Bagnara e Rizzo, 1989).

Per esemplificare il modello proviamo a fornire un esempio di attività descritta attraverso il modello di Norman.

Immaginiamo di lavorare al computer, di usare un programma di scrittura e di aver più files aperti. Immaginiamo inoltre di usare una interfaccia grafica a manipolazione diretta (ad es. le interfacce che fanno uso di icone, finestre, sistemi di puntamento, etc.). Sto lavorando sul file A ma decido che ho bisogno di alcune informazioni che sono sul file B (questo è il mio obiettivo: avere una parte delle informazioni presenti nel file B attivo in prima schermata sul computer). Il mio obiettivo deve essere tradotto nelle intenzioni che definiscono le azioni appropriate nel mondo: prendere il mouse, muovere

il puntatore sopra il comando *Finestra* nella barra di menu, cliccare, selezionare il nome del file desiderato, rilasciare il bottone del mouse, osservare in che punto è evidenziato il testo del file B nella finestra, etc.). Ma c'è dell'altro. Devo anche specificare come muovere la mia mano, come impugnare propriamente il mouse e come spingere il suo bottone controllando il puntatore sullo schermo. L'obiettivo deve quindi essere tradotto in specifiche intenzioni, che a loro volta devono essere tradotte in specifiche sequenze di azioni, azioni che controllano i miei apparati percettivo-motori. E' da notare inoltre, che posso soddisfare il mio obiettivo attraverso altre sequenze di azioni e altre intenzioni. Se per esempio muovendo il puntatore verso la barra di menu mi accorgo che sul retro della finestra attiva è parzialmente evidente la finestra relativa al file B, posso portare il puntatore su quell'area dello schermo e cliccare in modo da rendere tale finestra attiva in primo piano. L'obiettivo non è cambiato ma parte della sequenza di azioni e delle relative intenzioni lo sono.

L'attività appena descritta sarebbe profondamente diversa se io stessi lavorando non con un'interfaccia grafica a manipolazione diretta bensì con un sistema che usa una interfaccia a linea di comando (es. VI per UNIX o WordStar per DOS 3.3). L'obiettivo potrebbe rimanere immutato ma le intenzioni, le azioni, l'interpretazione degli eventi e le valutazioni dei risultati sarebbero radicalmente diverse.

Le distanze tra le varie fasi del modello dell'azione si riferiscono proprio al modo con cui si realizza più o meno prontamente il passaggio da una fase ad un'altra.

Più specificamente la distanza semantica, per ciò che concerne l'azione, riguarda la relazione fra le intenzioni dell'utente ed il significato dei comandi che è possibile eseguire sull'interfaccia. In altre parole, tale distanza è funzione della facilità con cui l'interfaccia fornisce mezzi e strumenti per esprimere le intenzioni dell'utente. Intenzioni, si noti bene, pertinenti al dominio di applicazione dell'attività (es., mantenere costante la pressione in una valvola, modulare il livello di luminosità di una sala, sovrapporre ad un grafico un testo con differenti orientamenti, etc.) Sul lato della valutazione, la distanza semantica si riferisce all'elaborazione che è richiesta all'utente per determinare se le condizioni di soddisfacimento delle proprie intenzioni sono state realizzate. Se i termini dell'output non sono quelli definiti nell'intenzione dell'utente, all'utente viene di fatto richiesto di tradurre l'output in termini che siano compatibili con l'intenzione al fine di valutare i risultati della sua azione.



Per esemplificare quando detto, si consideri il caso del testo scritto su un grafico. Se l'aver compiuto l'azione di scrivere non fornisce immediatamente informazioni sul suo esito (posizione del testo in relazione al grafico) ma richiede passi successivi per ottenere la rappresentazione di tale informazione, allora la distanza cresce proporzionalmente alle informazioni che devono essere gestite per anticipare l'esito o per produrlo materialmente. Il sistema operativo DOS e molte delle sue applicazioni sono caratterizzate da elevate distanze semantiche sia sul lato dell'esecuzione che sul lato della valutazione. Questo comporta che l'intenzione di avere, per esempio, un testo sottolineato venga tradotta in una serie articolata di comandi dalla sintassi rigida che devono essere recuperati dalla memoria a lungo termine ed eseguiti. Il risultato poi può essere valutato solo operando ulteriori trasformazioni mentali sugli effetti realmente prodotti o eseguendo la serie di operazioni necessaria per ottenere il risultato finale (il testo stampato) e solo allora valutarne il risultato.

La distanza di riferimento intercorre fra il significato di una espressione e la sua forma fisica, sia sul lato dell'esecuzione che su quello della valutazione. Le interfacce a linea di comando, ad esempio, hanno solitamente una distanza di riferimento elevata a causa della relazione arbitraria tra la forma di una espressione ed il suo significato. Per esempio, se vogliamo duplicare con un solo comando un certo numero di files da un disco ad un altro usando una interfaccia di tipo DOS è necessario attribuire ai files di interesse un nome composto con una appendice comune, e poi eseguire (digitare) il comando di copia. Con una interfaccia grafica a manipolazione diretta tipo Apple Macintosh le azioni ed il loro significato in relazione al compito sono un tutt'uno: si selezionano con il mouse i files di interesse e si trasporta la loro immagine direttamente sul nuovo disco. L'azione si identifica direttamente con l'intenzione, ed è di fatto, ciò a cui si riferisce (da cui il nome distanza di riferimento, cioè la forma delle azioni coincide o si sovrappone con la definizione operativa dell'intenzione).

Vi è infine la distanza inter-referenziale, che riguarda la relazione fra le forme di input e quelle di output presenti nel corso dell'interazione uomo-computer. Questa distanza è massima quando le due forme sono completamente distinte. Si pensi ad esempio al caso di una tastiera con tasti rigidi (dove non ci sia feedback in corrispondenza dell'azione di premere) e ad un video che presenta solo una lettera per volta. Nella misura in cui l'output del sistema può essere liberamente usato come input o perlomeno come una sua componente, tale distanza è ridotta. Nelle interfacce grafiche un'icona, ad

esempio, rappresenta un output del sistema ma è nello stesso tempo oggetto di possibili azioni dell'utente, ed i risultati di queste azioni costituiscono a loro volta nuovi input per il sistema. Nelle interfacce tradizionali tipo DOS l'input e l'output non solo sono operativamente differenti ma spesso hanno un lessico differente (gli stessi termini hanno significati differenti se sono usati come input o come output).

Qualcuno si potrà chiedere a questo punto come mai molti utenti di vecchi sistemi con interfaccia a linea di comando preferiscano continuare ad usare il loro vecchio sistema piuttosto che passare alle interfacce grafiche. La risposta viene fornita dal processo di automatizzazione del controllo dei processi cognitivi. In base a tale processo con la pratica si riduce progressivamente il numero di informazioni sotto controllo attento necessarie ad attivare le conoscenze rilevanti per il compito in atto. Si pensi alle prime interazioni con l'automobile per apprendere la guida. Moltissime delle sequenze devono essere specificate in dettaglio da intenzioni specifiche (ad es; rilasciare l'acceleratore e premere la frizione per effettuare un cambio di marcia). In seguito l'intenzione di cambiare marcia non è più presente se non in specifiche situazioni impreviste o inusuali. Nelle condizioni usuali, routinarie, l'attivazione delle conoscenze rilevanti è fornita in modo diffuso dall'obiettivo dell'utente (ad es. guidare verso casa) ed in modo puntuale dalle azioni precedenti e dall'informazione ambientale. Lo stesso avviene anche per gli utenti dei sistemi a linea di comando. Attraverso la pratica questi utenti hanno sviluppato processi di attivazione di conoscenza che fanno sì che le loro intenzioni relative a specifici compiti vengano formulate dapprima nei termini stessi dei comandi possibili sull'interfaccia (per loro sottolineare un testo significa alt-k-alt-f all'inizio e alla fine del testo) ed in seguito che la sola definizione dell'obiettivo sia sufficiente ad evocare il pattern motorio adeguato. Potrebbe però sembrare che la differenza tra uno strumento che riduce le distanze cognitive e uno che le mantiene sia solo una questione di pratica. Questa è una conclusione indebita perchè non considera le opportunità che uno strumento può offrire. Infatti le distanze cognitive sono una misura dei vincoli di uno strumento e per rendersi conto della differenza che esiste tra utenti che operano con strumenti a distanza cognitiva ridotta rispetto a quelli che operano con strumenti a distanza cognitiva elevata, è sufficiente ascoltare il gergo che si sviluppa nell'interazione. Più questo è vicino alla sintassi (ai vincoli) dello strumento meno svolge la sua funzione di strumento cognitivo. Inoltre la rapidità con cui degrada l'abilità di un utente quando ci si allontana dalle attività routinarie è decisamente

superiore per gli strumenti con distanze elevate. Una ulteriore conferma è data dalla difficoltà di recuperare l'abilità nell'uso di uno strumento se non lo si è usato per lungo tempo: laddove la distanza semantica è considerevole il riappropriarsi dell'uso dello strumento, e quindi il ricordare sintassi e sequenze di azioni, diventa un compito davvero oneroso.

Il modello delle fasi dell'azione e delle relative distanze offre un framework nel quale integrare molte delle conoscenze prodotte dalla psicologia cognitiva e che sono state tradotte in linee guida per la progettazione di interfacce. Tuttavia è bene tener presente che non esiste un semplice ed univoco modo di trasformare in tecnologia le conoscenze sul sistema cognitivo umano come vedremo nell'ultimo paragrafo.

### **L'attività cognitiva distribuita**

La mente umana è decisamente limitata nella sua capacità di fare elaborazioni simboliche. Per un uomo condurre ragionamenti complessi senza l'aiuto di strumenti è veramente difficile, spesso impossibile. Le forme più elevate di pensiero avvengono sempre in collaborazione con degli strumenti e la stessa intelligenza umana è intimamente legata agli strumenti che sostengono il pensiero. Di fatto, l'intelligenza umana ha la sua massima espressione nell'invenzione e realizzazione di strumenti che permettono di superarne i limiti. Infatti, più una società è avanzata tecnologicamente, più è raro che il ragionamento venga effettuato in assenza di strumenti. Gli strumenti che rappresentano, conservano e manipolano informazioni sono stati definiti artefatti cognitivi (Norman, 1993).

Gli artefatti cognitivi incorporano una parte di storia intellettuale di una particolare cultura, sono l'espressione fattuale di una teoria, e gli utenti di questi artefatti accettano queste teorie, sebbene spesso inconsapevolmente, quando li usano. (Resnick, 1987).

L'approccio alla cognizione distribuita sostiene che l'attività cognitiva umana non è caratterizzata esclusivamente dall'attività cerebrale bensì è distribuita tra il cervello e gli artefatti cognitivi che l'uomo adopera. Questa tesi risale alla scuola storico-culturale sovietica che sosteneva che tutti i tipi di attività umana cosciente sono sempre formati con l'appoggio di strumenti esterni. Vygotskij (1974) definì il principio sottostante la distribuzione dell'attività cognitiva come il principio dell'organizzazione extracorticale

delle funzioni mentali complesse.

Per meglio comprendere il ruolo degli artefatti cognitivi nel caratterizzare l'attività cognitiva umana, proviamo a fare il seguente gioco.

#### Il gioco del 15

Consideriamo i nove numeri che vanno da 1 a 9, due giocatori a turno possono prendere uno dei nove numeri. Ogni numero può essere scelto una sola volta, quindi se un numero è stato preso da un giocatore non è più disponibile per l'altro giocatore. L'obiettivo del gioco è di mettere insieme qualunque tripletta di numeri la cui somma sia 15. Non c'è il rischio di sballare poichè non è importante quanti numeri sono stati scelti da un giocatore, importa solo che tra questi numeri selezionati ce ne siano tre e solo tre la cui somma sia 15.

Questo gioco non è molto diffuso e neppure divertente, infatti il gioco è abbastanza difficile ed è facile fare degli errori se non si ricorre a supporti esterni quali la scrittura. Eppure con ogni probabilità il lettore avrà giocato non poche volte a questo gioco. In realtà il gioco a cui ha giocato aveva un altro nome: tris o filetto. Nella figura 2 è possibile vederne la relazione.

8	3	4	X		
1	5	9		O	
6	7	2	X		O

Figura 2. Relazione tra il gioco del 15 e quello del tris.

La struttura formale del tris e del 15 è identica, ciò che ne fa due diverse realtà psicologiche è il diverso uso degli artefatti cognitivi, di strumenti per la

rappresentazione, la conservazione e la manipolazione di informazioni (Norman, 1993). Nel gioco del tris sono presenti alcune caratteristiche fondamentali degli artefatti cognitivi: a) distribuzione nel tempo dell'attività; b) distribuzione nello spazio dell'attività; c) modifica dell'attività. Nel tris, la distribuzione nel tempo dell'attività comporta che le combinazioni vincenti siano state pre-calcolate e, attraverso una particolare rappresentazione esterna (distribuzione nello spazio), configurate in relazioni geometriche. Ne consegue una modifica dell'attività cognitiva coinvolta nell'esecuzione dell'attività. In realtà è importante notare che data la struttura formale sottostante al 15 e al tris le persone percepiscono l'attività relativa come gioco solo nella particolare configurazione di distribuzione spazio-temporale delle informazioni fornita dal tris e solo per un periodo limitato di tempo. Infatti, giocatori minimamente esperti giungono presto alla conclusione che il gioco può, con semplici strategie, condurre a situazioni in cui non è possibile per nessuno dei due giocatori vincere. Questo fatto ci dovrebbe far riflettere ed il modo migliore per farlo è provare a rispondere alla seguente domanda (che lascio come esercizio al lettore): è possibile concepire una versione del gioco che conduca necessariamente alla patta? (suggerimento: bisogna pre-calcolare e rappresentare esternamente le strategie che conducono alla patta).

Un artefatto cognitivo non modifica la capacità di elaborazione della mente umana bensì modifica il contenuto delle conoscenze che sono coinvolte nell'elaborazione. Ma poiché la nostra abilità nell'elaborare conoscenze dipende criticamente dal loro contenuto, come è stato mostrato in compiti di ragionamento deduttivo (vedi ad es; Johnson-laird, Legrenzi, Legrenzi, 1972; Girotto, Light, Colbourn, 1988), di apprendimento nei processi decisionali (Rizzo, Parlangeli, Cambiganu, Bagnara, 1993; Rizzo, Parlangeli, 1994) e nelle differenze culturali nel ragionamento (D'Andrade, 1989), di fatto un artefatto cognitivo modificando il contenuto modifica anche la possibilità di essere creativi o stupidi.

E' sorprendente come nonostante le chiare e puntuali posizioni espresse dalla scuola storico-culturale sovietica (Vygotskij, 1974; vedi Mecacci, 1977, per un'introduzione all'approccio sovietico), e nonostante il massivo ruolo svolto dalle tecnologie nella società occidentale, la psicologia cognitiva abbia trascurato fino a tempi recenti il ruolo degli strumenti nel caratterizzare i processi cognitivi. In tale direzione l'ergonomia cognitiva sta sicuramente giocando un ruolo determinante per colmare questa profonda

lacuna.

L'approccio all'attività cognitiva distribuita permette di affrontare problemi e tematiche che vanno al di là dell'individuo e riguardano il comportamento di gruppi di persone che comunicano e cooperano. La descrizione della cognizione in questi casi è distribuita tra gli individui, gli strumenti e il contesto in cui operano. Questo è particolarmente importante perchè le tecnologie correnti sono sempre più orientate verso strumenti che mediano la comunicazione e la cooperazione, come le tecnologie di *groupware*.

### **La progettazione di interfacce uomo-computer**

La progettazione e lo sviluppo di interfacce interattive è con ogni probabilità la parte di lavoro più intensa e difficile nel processo di sviluppo di strumenti informatici. Per avere una idea di ciò, basti pensare che il 50% del codice di un moderno software è dedicato all'interfaccia e che il 75% delle revisioni di software riguardano ancora l'interfaccia. Le principali ragioni di ciò risiedono nel fatto che progettare un'interfaccia prevede una varietà di scelte e decisioni progettuali che coinvolgono gli utenti e i possibili compiti che potranno essere svolti sull'interfaccia, e la gran parte delle conseguenze di queste decisioni sono imprevedibili. E' principalmente per questo che la progettazione di interfacce interattive è un'attività sperimentale per la quale sono state concepite metodologie di sviluppo (ad es. Pressman, 1987, Shneiderman, 1992), tecniche di valutazione (ad es. Dumas e Redish, 1993) e vengono costantemente proposti nuovi approcci (cfr. van der Veer, Bagnara, Kempen, 1992).

La progettazione dell'interfaccia più rivoluzionaria della breve storia del computer derivava diversi principi dalla psicologia cognitiva (Bewley, Roberts, Schroit, Verplank, 1983): si trattava dell'interfaccia della Xerox 8010 Star, che poi divenne l'interfaccia di Apple Lisa ed infine Apple Macintosh. Tra questi principi:

- il ragionamento analogico; l'utente dovrebbe avere un modello esplicito del sistema ispirato alla sua esperienza concreta (*uso delle metafore*);
- il riconoscimento è più facile del ricordo; l'utente non dovrebbe ricordare quali azioni

sono possibili e quali no. Vedere qualcosa ed indicarla è più facile che ricordare un nome e digitarlo (*see and pointing*);

- il trasferimento di conoscenze è mediato dalla consistenza; i comandi dovrebbero essere uniformi tra le varie applicazioni, con la metafora e con le aspettative dell'utente (*consistenza*);
- la valutazione dei risultati deve essere possibile in diretta contiguità temporale con l'esecuzione delle azioni; lo schermo deve fedelmente mostrare lo stato dell'oggetto sul quale l'utente sta lavorando (*What you see is what you get*);

Ma nonostante queste ed altre conoscenze sulla psicologia dell'utente, lo spazio potenziale per definire un'interfaccia è enorme. Inoltre alcuni dei principi possono portare a conflitti non risolvibili logicamente. Una metodologia di sviluppo sperimentale, basata sull'analisi cognitiva dei compiti eseguiti dall'utente prima ancora della concezione del nuovo strumento, fu la via indicata dal team di sviluppo della Xerox Star (Smith, Irby, Kimball, Verplank, Harslem, 1982) e che ancora oggi rappresenta un fondamentale punto di riferimento.

La sperimentazione svolge un ruolo così importante che John B. Gould dell'IBM propose di eseguire i test prima ancora che fosse stata scritta una sola riga di codice. Gould fu tra i progettisti di uno dei sistemi considerati paradigmatici per la progettazione ergonomica centrata sull'utente: l'Olympic Message System (Gould, Boies, Levy, Richards, Schoonard, 1987).

L'Olympic Message System era un chiosco, collocato presso il villaggio olimpico nelle olimpiadi di Los Angeles del 1984, che permetteva agli atleti e ai loro parenti, amici e sostenitori di scambiarsi messaggi verbali. Furono sviluppate e testate con i principali gruppi di utenti (atleti, parenti e amici) oltre 200 versioni prima che la versione finale fosse collocata nel villaggio olimpico, ed anche dopo il suo lancio continuarono i test sul campo.

I principi da adottare per una progettazione ergonomica centrata sull'utente sono vari ed hanno ricevuto varie formulazioni, ma ancora oggi i quattro principi formulati da Gould e Lewis (1983) rappresentano un valido sistema di riferimento:

- I) Comprensione dell'utente. Rappresentazione esplicita sia delle caratteristiche cognitive e attitudinali dell'utente che della natura cognitiva del lavoro che deve essere svolto.
- II) Progettazione interattiva. Un campione rappresentativo dell'utenza (ad es. cassieri, studenti di fisica, agenti di turismo, etc.) deve far parte del team di progettazione per tutto il processo di sviluppo.
- III) Misurazione costante dei risultati conseguiti. Sin dalle prime fasi della progettazione i potenziali utenti finali devono essere coinvolti nella sperimentazione dell'usabilità del prodotto, e il sistema uomo-computer deve essere testato e valutato nel suo insieme.
- IV) Progettazione iterativa. La progettazione deve realmente avere un carattere ciclico: progettare, testare e misurare, riprogettare; sino ad una prestazione del sistema uomo-computer che soddisfi lo scopo per cui quel sistema è stato concepito.

Come procedere allora nello sviluppo di uno strumento informatico? Qui di seguito verrà abbozzata una metodologia di massima con il semplice obiettivo di specificare la natura sperimentale del processo di sviluppo.

#### Item A - Acquisizione dei requisiti dello strumento

- Analisi dei compiti dell' attività attuale (interviste con l' utenza)
- Tendenza del settore (interviste con progettisti ed utenti di sistemi analoghi)
- Definizione a lungo termine dei requisiti previsti dal fornitore di servizio  
(interviste con i responsabili della fornitura di servizio)

#### Item B - Sviluppo di prototipi

- Creazione della sintassi d'azione  
(modello del compito - distanze cognitive)
- Definizione dei feedback per le singole azioni  
(modello del compito - distanze cognitive)
- Specifica dei tempi di risposta e dei messaggi
- Definizione di formati alternativi

#### Item C - Valutazione e affinamento dei requisiti



- Confronto tra prototipo e requisiti (questionario)
- Valutazione di massima attraverso checklist (checklist di usabilità)
- Definizione delle modifiche

Item D - Valutazione sperimentale in laboratorio

- Costruzione dei compiti per la valutazione (analisi dei compiti)
- Test sperimentali (protocolli verbali, tempi di esecuzione, questionari, errori)
- Analisi dei risultati (test statistici)

Item E - Valutazione sperimentale sul campo

- Costruzione dei compiti per la valutazione (analisi dei compiti)
- Test sperimentali (tempi di esecuzione, questionari, errori)
- Analisi dei risultati (test statistici)

L'ergonomia cognitiva così come l'ergonomia in genere (vedi Marcolin questo volume) può fornire il suo contributo allo sviluppo di artefatti informatici sia nella fase di valutazione di uno strumento già parzialmente o del tutto sviluppato che nell'intero ciclo di sviluppo. Purtroppo nella maggior parte dei casi ancora oggi, almeno in Italia, si assiste ad un contributo dell'ergonomia del primo tipo. Come documentato attraverso moltissimi casi, i costi di eventuali modifiche sono elevatissimi e l'inerzia di quanto già prodotto diviene troppo grande, spesso tanto grande da scoraggiare le possibili modifiche. In base all'esperienza di chi scrive la valutazione di uno strumento già sviluppato ha un senso (anche se molto limitato) solo se la progettazione si è servita di piattaforme di sviluppo avanzate e se nel team di progettazione vi era almeno un rappresentante degli utenti finali del sistema (ovvero di chi utilizzerà realmente lo strumento per le sue attività quotidiane).

## **Conclusioni**

Siamo ormai abituati a pensare all'interfaccia di un computer in termini di schermo, tastiera, eventuali sistemi di puntamento e di applicazioni specifiche per elaborare informazioni. Come già ricordato i prodotti commerciali attualmente disponibili non rappresentano altro che la realizzazione degli strumenti concepiti negli anni '50 e '60. Questa situazione è destinata a mutare rapidamente nei prossimi anni, gli stessi creatori delle interfacce grafiche, ad esempio Smith e Tognazzini, hanno di recente affermato,

nel corso di due separate relazioni tenute all' ACM Computer Human-Interaction '93, come la metafora della scrivania e l'interfaccia grafica tradizionale siano quasi un ostacolo allo sviluppo di nuovi sistemi. La mancanza di una cultura in scienza cognitiva da parte di molti informatici fa sì che questi vedano nelle interfacce grafiche un punto d'arrivo piuttosto che qualcosa da superare (dieci anni dopo le posizioni espresse da Alan Kay).

L'interfaccia utente media i processi di acquisizione, manipolazione, navigazione, analisi, archiviazione, visualizzazione di dati e di condivisione di questi dati con altri. Per sfruttare adeguatamente questi processi le interfacce future saranno tridimensionali, dinamiche, virtuali, pervasive, uditive, guidate dai gesti e forse immersive. Ovvero le prossime interfacce andranno sempre più nella direzione di adeguarsi alle modalità proprie dell'agire umano. Se nei primi anni di sviluppo del computer era l'uomo a dover apprendere modalità di comportamento nuove e bizzarre per poter usare il nuovo strumento, è ormai chiaro che le potenzialità enormi e difficilmente immaginabili del più potente artefatto cognitivo mai sviluppato dall'uomo sono perseguibili solo costruendo sistemi che si adeguino alle caratteristiche del sistema cognitivo umano e ne esaltino le potenzialità. I nuovi strumenti renderanno possibili, agendo in modo spontaneo e creativo, risultati che avrebbero richiesto lunghi tempi di apprendimento. Ad esempio, sono già disponibili commercialmente interfacce gestuali, ovvero interfacce che permettono all'utente di muoversi liberamente (senza indossare alcuno strumento di Realtà Virtuale) in uno spazio fisico reale e vedere proiettata la propria immagine su uno spazio virtuale dove sono manipolati vari oggetti. Ma l'esempio più stimolante viene dalle reti di computer, il Cyberspazio, un universo condiviso di informazioni. Il WorldWideWeb è una rete interattiva di computer, dei loro dati e dei loro utenti, che attraverso strumenti quali NCSA Mosaic permette, con le stesse modalità d'uso di un ipertesto, di utilizzare strumenti quali ftp, posta elettronica, gopher, WAIS e di accedere a tutti i siti Internet nel mondo. Strumenti tipo Mosaic evolvono rapidamente: sono testati ogni giorno da migliaia di utenti in tutto il mondo che forniscono informazioni sulla qualità dello strumento, ne rilevano i difetti, e defiscono in tempo reale i requisiti. Perché lo sviluppo di un'interfaccia è fondamentalmente un'attività sperimentale, è questo l'insegnamento più importante di trenta anni di ricerca.

Antonio Rizzo  
Università di Siena & Istituto di Psicologia del CNR  
via del Giglio 14  
53100 Siena  
rizzo@media.unisi.it

## **Bibliografia**

- Arbib, M. A. (1989). *The Metaphorical Brain 2*. New York: Wiley.
- Bagnara S., Rizzo A. (1989) A methodology for the analysis of error processes in human-computer interaction. In *Work with Computers: Organizational, Management and Health Aspects*, eds M.J. Smith and G. Salvendy (Amsterdam: Elsevier Science), pp. 605-612.
- Bewley W.L., Roberts T.L., Schroit D., Verplank W.L. (1983). Human factors testing in the design of Xerox's 8010 Star office workstation. *Proceedings of CHI '83 Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, New York, pp.72-77.
- Bush V. (1945). As we may think. *The Atlantic Montly*, 176, 101-108.
- D'Andrade R. (1989). Culturally based reasoning. In *Cognitions and social worlds*, eds A. Gellantly and D. Rogers (Oxford, Eng.: Oxford University Press).
- Dumas J.S., Redish J.C. (1993). *A practical guide to usability testing*. Norwood, NJ: Ablex.
- Engelbart D. (1963). A conceptual framework for the augmentation of man's intellect. In *Vistas in information handling*, eds Hwerton & Weeks (Washington, DC: Spartan Books), vol. 1, pp 1-29.
- Engelbart D.C., English W.K. (1968). A research center for augmenting human intellect. *AFIPS Conference Proceedings*, 33, 395-410.
- Giroto V., Light P., Colbourn C.J. (1988) Pragmatic schemas and conditional reasoning in children. *Quartely Journal of Experimental Psychology*, 40, pp. 342-357.
- Gould J.D. and Lewis C., (1983). Designing for usability: Key principles and what designers think. *Proceedings of the CHI'83 Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, New York, pp. 50-53.
- Gould J.D., Boies S.J., Levy S., Richards J.T., Schoonard J. (1987). The 1984 Olympic Message System: a test of behavioural principle of system design. *Communication of the ACM*, 30, 758-769.
- Greif I. (1988). *Computer-supported cooperative work: A book of readings*. San Matteo, CA: Morgan Kaufmann.
- Hutchins E.L., Hollan J.D. and Norman, D.A. (1985). Direct manipulation interfaces. *Human-Computer Interaction*, 1, 311-338.
- Johnson-Laird P.N., Legrenzi P., Legrenzi M. (1972). Reasoning and a sense of reality. *British Journal of Psychology*, 16, 243-275.
- Licklider J.C.R. (1960). Man-computer symbiosis. *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, 1, 4-11.

Marcolin (questo volume)

Mauchly J.W. (1973). Preparations of problems for EDVAC-type machines. In *The origins of digital computers: Selected papers*, ed B. Randell (Berlin: Springer), pp. 365-369.

Mecacci L. (1977). *Cervello e storia*. Roma: Editori Riuniti.

Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality*. San Francisco: Freeman & Co.

Nelson T.H. (1965). A file structure for the complex, the changing, and the indeterminate. *Proceedings of the ACM National Conference, Association for Computing Machinery*, pp. 84-100.

Nelson T.H. (1974). *Computer Lib and Dream Machines*, South Bend, IN: The Distributors.

Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York: Basic Books.

Norman, D.A. (1993). *Things that make us smart: Tools*. Reading, MA: Addison Wesley

Norman, D.A. and Shallice, T. (1980). Attention to action: Willed and automatic control of behavior. (Tech. Rep. 8006). San Diego: University of California, San Diego.

Pressman R.S. (1987). *Software Engineering*. London: McGraw-Hill

Resnick L. B. (1987). Learning in school and out. *Educational Researcher*, 16(9), 13-20.

Rizzo, A., Parlangei, O. (1994) Learning strategies and situated knowledge. *Behavioral and Brain Sciences*. 17, 420-421.

Rizzo, A., Parlangei, O., Cambiganu, C. & Bagnara S. (1993) Control of complex systems by situated knowledge: The role of implicit learning. In *Human-Computer Interaction 19b: software and hardware interfaces*, ed. M.J. Smith & G. Salvendy. (Amsterdam: Elsevier Science), pp. 605-612.

Shneiderman B. (1992). *Designing the User interface*. Reading MA: Addison Wesley

Smith D.C., Irby R., Kimball W., Verplank, W.L. Harslem E. (1982). Designing the star user interface. *Byte*, 7, 242-282.

van der Veer G.C., Bagnara, S., Kempen G.A.M. (1992). *Cognitive ergonomics: Contributions from experimental psychology*. Amsterdam: North-Holland.

Vygotskij (1974). *Storia dello sviluppo delle funzioni psichiche superiori e altri scritti*. Firenze: Giunti Barbera.

