

Max Dorfer

Psicologia del traffico

Analisi e trattamento del comportamento alla guida



Presentazione del Professor

Paolo Moderato

Ordinario di Psicologia Generale

Università degli Studi di Parma

McGraw-Hill

Milano • New York • San Francisco • St. Louis • Auckland • Bogotá • Caracas • Lisbon •
London • Madrid • Mexico City • Montreal • New Delhi • San Juan • Singapore • Sydney •
Tokyo • Toronto

G09-405

Assistenza alla guida: quando, come e per chi?²

Alf Zimmer

Introduzione: dal controllo diretto del veicolo al controllo assistito

A prima vista, i sistemi di informazione, come l'ABS, sembrano il prodotto di sviluppi tecnici che conferiscono ai conducenti un ruolo del tutto nuovo. In quanto assistiti da informazioni e/o da automi, i conducenti risultano ora dipendenti da sistemi tecnici e, per tale motivo, non sembrano controllare più direttamente il veicolo. In realtà, il sistema di navigazione sostituisce solamente la conoscenza di un passeggero relativa alle modalità di raggiungimento di un dato luogo e l'ABS, in principio, non si distingue dai sistemi servo di tipo meccanico, se non nei sensori e nel sistema di controllo elettronico. Ma è da molto tempo che la guida di un veicolo non corrisponde ormai più, in senso stretto, al principio del controllo diretto. Senza dubbio, comunque, lo sviluppo attuale dell'elaborazione e trasmissione delle informazioni, fino alla telematica, con la misurazione delle condizioni del veicolo e la capacità di influenzare automaticamente le sue prestazioni, rende sempre più difficile separare in modo preciso l'assistenza e il supporto tecnico alla guida dal controllo volontario del veicolo. Per tale motivo, insorgono problemi inediti relativamente alla competenza del conducente e alla sua responsabilità, anche di tipo giuridico, nel caso di un fallimento del sistema di assistenza.

Questi problemi non sono risolvibili da un punto di vista puramente tecnico o sulla base di una stretta regolamentazione giuridica. Tali interventi, infatti, anche se appropriati alle capacità ed esigenze del conducente, potrebbero condurre a un controproducente aggravamento del compito di guida. In effetti, l'introduzione di sistemi avanzati di assistenza richiede un loro preciso adattamento alle caratteristiche del conducente, per cui l'individuo deve poter utilizzare tali sistemi senza che venga meno la sensazione da parte sua di un controllo diretto. Inoltre, devono essere comunicati sempre i limiti e le possibilità del sistema, in modo tale che i suoi servizi possano essere utilizzati con immediatezza nel corso della guida.

² Traduzione italiana di "Assistenz: Wann, wie und für wen?" pubblicata su *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 48, (1), 15-21, 2002. TÜV-Verlag GmbH, Unternehmensgruppe TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg- Köln. Per gentile concessione.

Principi nella configurazione dei sistemi uomo-macchina

In seguito allo sviluppo dei primi attrezzi, e specialmente dopo lo sviluppo di macchine di vario tipo, che potevano essere controllate in modo analogico o digitale, è stato possibile constatare che l'interazione tra l'uomo e gli artefatti o le macchine si sviluppa in modo asimmetrico: l'uomo si adatta alla macchina anche quando si tratta di un artefatto "intelligente", come il computer, e non viceversa. Una conseguenza di tale asimmetria è data dal fatto, come ha mostrato Hermann Haken con la teoria della sinergetica, che, in generale, i sistemi che si adattano rapidamente vengono "ridotti a schiavi" dai sistemi che si adattano solo lentamente o non si adattano affatto. L'estrema capacità di adattamento dell'uomo, fa sì che l'adeguamento imposto dai sistemi uomo-macchina venga pagato, fra l'altro, sotto forma di danno alla salute.

Lo sviluppo della tutela della salute dei lavoratori nel XIX secolo ha introdotto misure compensative e anche preventive o riabilitative. La compensazione può essere effettuata in forma monetaria (attualmente, per es., vengono pagati negli USA circa 20 miliardi di dollari come compensazione per dolori alla schiena causati dallo svolgimento di determinate mansioni) o sotto forma di cambio del tipo di lavoro o di prepensionamento. Secondo le dichiarazioni dell'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) del Governo americano relative al 2001, negli USA vengono pagati circa 30 miliardi di dollari per malattie alla schiena provocate dall'attività lavorativa. Il livello delle misure compensative indica la rilevanza politico-economica, e quindi anche sociale, di una configurazione a misura d'uomo dei sistemi uomo-macchina. Si deve tenere presente che questi sistemi uomo-macchina costituiscono il fondamento di ogni sistema economico moderno. Il fatto che l'OSHA si soffermi, nelle sue argomentazioni di politica economica e nella maggior parte delle sue *success story*, su disturbi e malattie della schiena significa che attualmente questo problema porta (a livello mondiale in tutte le nazioni industrializzate) a frequenti incidenti sul posto di lavoro e alla cessazione del lavoro stesso. Ciò si riflette nei nuovi standard dell'OSHA, in cui vengono espresse le misure ergonomiche che devono contrastare le sollecitazioni a livello della schiena (misure entrate in vigore il 16 gennaio 2001, ma successivamente abrogate dal Presidente degli USA, in quanto dannose all'industria).

In seguito ai lavori di Fitts (1951), sono stati sistematicamente individuati e raggruppati i presupposti per l'interazione tra l'uomo e i sistemi tecnici complessi. Inoltre, sono stati sviluppati metodi e tecniche di rappresentazione che riducono o codificano deficit complessi nelle informazioni in modo

tale che importanti parametri o condizioni critiche del sistema siano rapidamente accessibili (e comprensibili) all'utilizzatore. Nel caso dei grandi impianti tecnici, gestiti da specialisti appositamente formati, il problema dell'adattamento ottimale tra uomo e macchina è meno critico, poiché gli impianti sono utilizzati da personale esperto. Nel corso del controllo di veicoli in situazioni altamente complesse a livello informativo, di regola non è disponibile una conoscenza specialistica, per cui, nella configurazione dei sistemi di informazione e nella presentazione delle informazioni stesse, deve essere considerata sistematicamente la capacità di elaborazione dei dati da parte del conducente.

L'approccio classico elaborato da Fitts consiste nell'elencare le situazioni in cui la macchina prevale sull'uomo o l'uomo sulla macchina. In tal modo, si ottengono delle linee guida che suggeriscono i punti in cui si dovrebbe procedere all'introduzione di automazioni. Dalla figura 5.10, che rappresen-

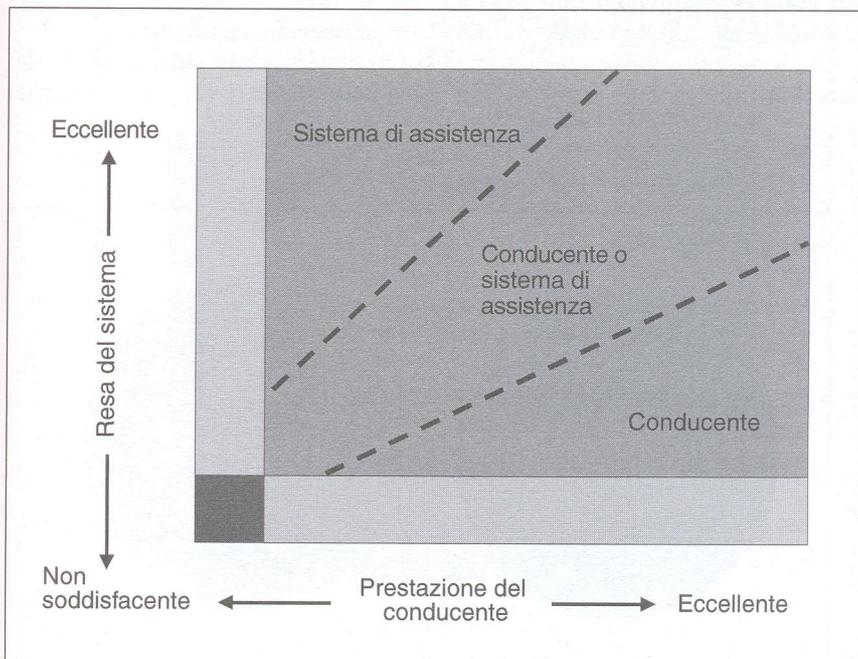


Figura 5.10 Schema della suddivisione dei compiti tra conducente e sistema tecnico nel veicolo.

ta schematicamente questo modo di procedere, risulta che, nel caso del sistema conducente-veicolo, esiste un ambito molto ampio in cui né l'uomo né la macchina prevalgono.

Un motivo per cui, in questo caso, non è possibile un adattamento migliore tra uomo e macchina è dato dal fatto che solitamente il sistema uomo-macchina è modellato come completamente parallelo e come ricevente un feedback relativamente ai risultati. Se si analizza, invece, la struttura interna dei processi che avvengono nella componente "uomo" del sistema conducente-veicolo (fig. 5.11), risulta chiaro che non si tratta di un sistema con controllo di tipo feedback, ma di un sistema con controllo di tipo *feed-forward*.

Per l'approccio alla configurazione dei sistemi uomo-macchina, questo significa che l'usuale analisi centrata su incidenti o quasi-incidenti non è sufficiente. In questa analisi, dopo aver cercato solamente le cause di incidenti o eventi critici, si procede quindi a trattarle tecnicamente. Tuttavia, affinché l'interazione uomo-sistema tecnico produca un reale incremento della capacità complessiva di controllo, la componente "uomo" del sistema deve essere considerata come in grado di introdurre attivamente sicurezza.

Quali siano le conseguenze, se non si presta particolare attenzione all'elaborazione umana delle informazioni come nella figura 5.12, può essere rile-

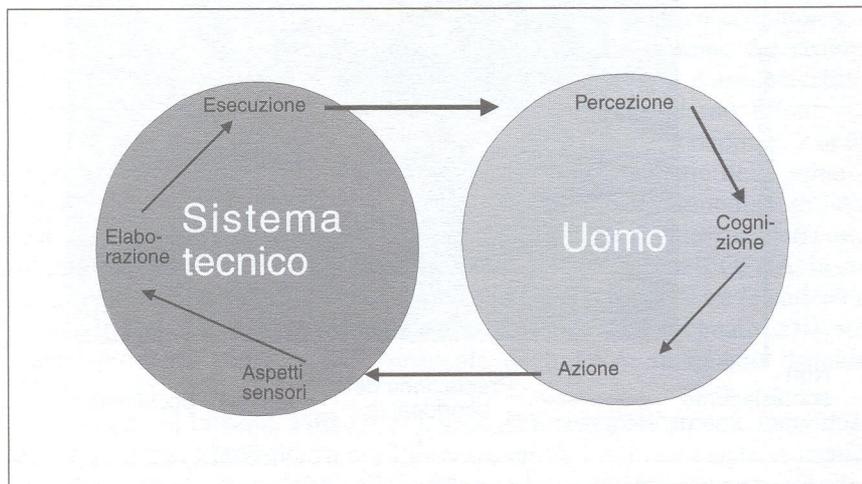


Figura 5.11 Interazione tra uomo e sistema tecnico.

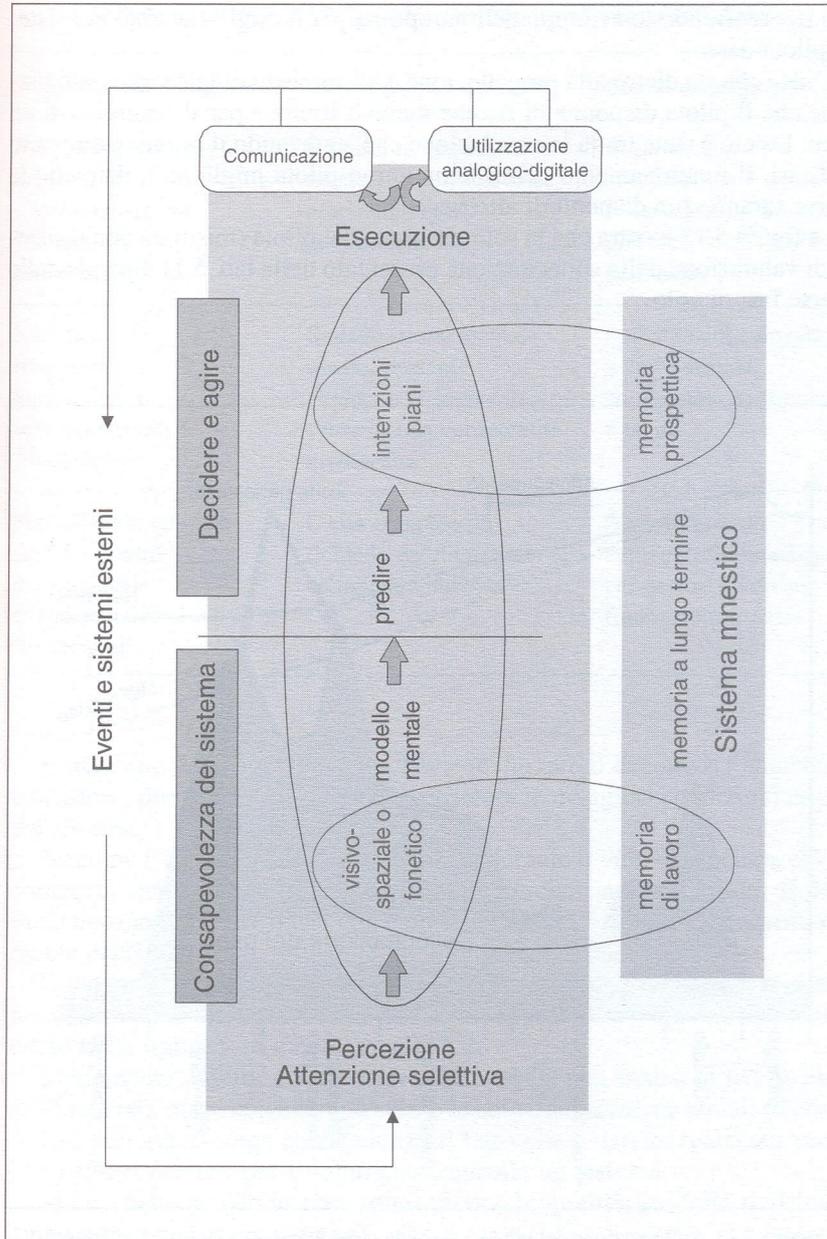


Figura 5.12 Struttura interna dell'elaborazione umana delle informazioni nel caso del controllo di un sistema complesso.

vato ripercorrendo lo sviluppo dell'autopilota per il miglioramento del sistema pilota-aereo.

L'idea che sta dietro alla progettazione e all'impiego di tale strumento presume che il pilota disponga di risorse mentali limitate per il controllo di un aereo. Da ciò è stata tratta la conclusione che, sgravando il pilota in un punto qualsiasi, il funzionamento del sistema uomo-pilota migliorerà, dato che le risorse saranno ora disponibili altrove.

La figura 5.13 mostra che la sollecitazione del pilota (misurata con il sistema di valutazione della sollecitazione presentato nella tab. 5.1) dipende dalle diverse fasi di volo.

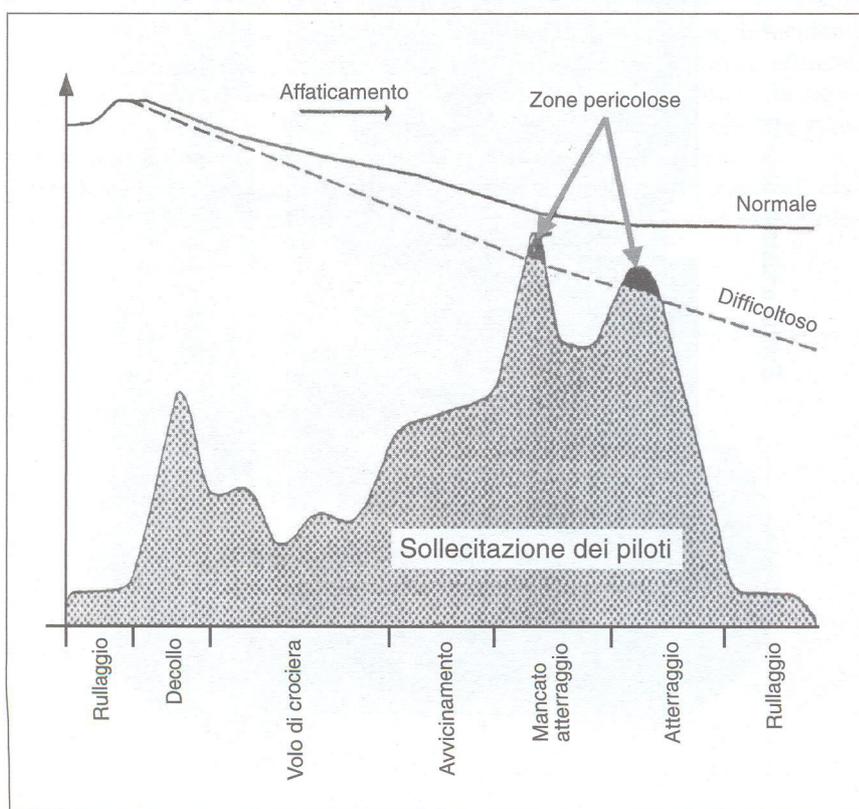


Figura 5.13 Sollecitazione del pilota a seconda della fase di volo (fonte: Lufthansa).

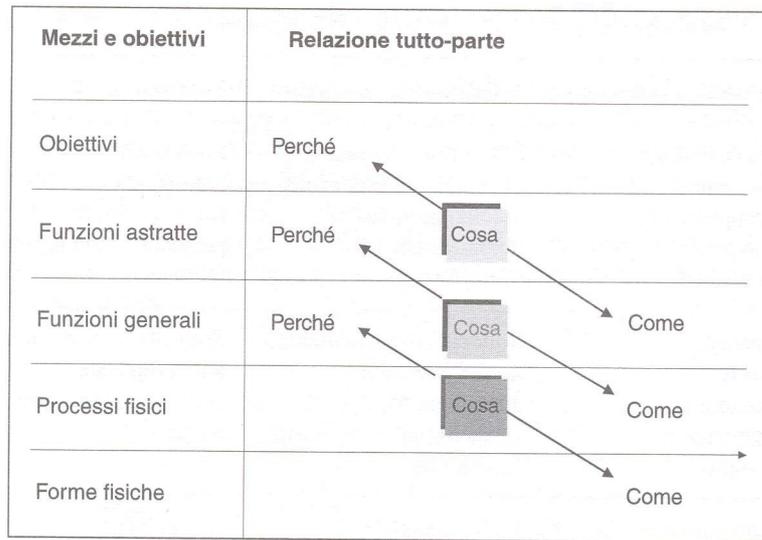


Figura 5.14 La configurazione (il cosa) rispetto agli obiettivi (il perché) e al livello della realizzazione (il come).

Tabella 5.2 Definizione dei livelli della figura 5.14

Mezzi e obiettivi	Caratteristiche rappresentate
<i>Obiettivi e condizioni marginali</i>	Obiettivi e condizioni marginali nella connessione del sistema con l'ambiente
<i>Funzioni astratte e priorità</i>	Priorità alla base del progetto e del suo funzionamento: flusso di raccolta di persone, massa, energia, capitale ecc.
<i>Funzioni generali</i>	Funzioni che devono essere coordinate indipendentemente dalla loro realizzazione fisica
<i>Processi fisici e attività</i>	Caratteristiche dello strumento fisico o del processo per una esecuzione adattiva, previsione, controllo, manutenzione
<i>Forme fisiche e configurazioni</i>	Caratteristiche necessarie per l'identificazione e classificazione di oggetti e per la loro configurazione: navigazione nel sistema

La configurazione a misura d'uomo delle informazioni nel veicolo

Di seguito verranno applicate le considerazioni generali fin qui svolte rispetto all'interazione del sistema uomo-macchina, con particolare attenzione alla guida di veicoli. La tabella 5.3 mostra una rassegna di sistemi tecnici nei veicoli che spostano la regolazione analogica diretta verso un controllo indiretto.

Nel caso di una configurazione di sistema a prevalenza di controllo indiretto, una delle questioni più spinose riguarda la perdita di trasparenza del sistema stesso. Occorre evidenziare come non risulti più possibile formare quegli elementi costitutivi centrali (vedi fig. 5.12) necessari per l'attività di controllo di un sistema e per prendere decisioni. In altri termini, la struttura

Tabella 5.3 Elenco dei sistemi di assistenza nei veicoli e loro effetto

Passaggio da un controllo diretto a uno indiretto (meccanico, idraulico, elettronico o informativo)
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi servo. Intensificatori della frenata, cambio automatico, <i>power steering</i> ecc. • Effetti per il conducente: <i>sgravio, comfort</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi che subentrano e intervengono in situazioni critiche. ABS, ESP: instaurano in situazioni limite un controllo diretto da parte del conducente • Effetti per il conducente: <i>sicurezza</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi elaboranti le informazioni. Stabilizzazione laterale, ACC, stabilizzazione longitudinale, HC, <i>intelligent cruise control</i>, assistente nella frenata, regolazione della velocità • Effetti per il conducente: <i>sicurezza, comfort</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemi informativi che coadiuvano la pianificazione della guida. Sistemi di navigazione, informazioni su attuali norme della circolazione, istruzioni elettroniche • Effetti per il conducente: <i>comfort, compensazione di deficit</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Però: perdita della trasparenza

interna dell'elaborazione umana delle informazioni (con la costituzione di modelli mentali e aspettative) fatica a prodursi. In particolare, una carente trasparenza del sistema produce le seguenti conseguenze:

- sviluppo di errate rappresentazioni della causalità;
- applicazione di euristiche non adeguate (per es., “molto serve a molto” e simili);
- errata interpretazione del comportamento del sistema e, sulla base di questa;
- intervento non adeguato o dannoso nell'utilizzazione e nella manutenzione/riparazione.

Se viene meno un'immediata trasparenza fisica dei processi nel controllo indiretto, è allora fondamentale realizzare moderni sistemi di controllo indiretti, che ripristinino la possibilità di formare modelli mentali congrui.

Questi modelli mentali sono innanzitutto necessari per poter apprendere la configurazione dei nuovi sistemi. Rispetto ai sistemi tradizionali, cioè meccanici, i sistemi di controllo indiretti presentano un feedback più immediato, più preciso (consentendo, per es., anche la trasformazione di processi non lineari in processi lineari) e possono essere articolati gerarchicamente in sottocomponenti.

Nella misura in cui è possibile realizzare una tale configurazione, è anche possibile una maggiore controllabilità e prevedibilità del comportamento del sistema, e quindi un incremento del senso di sicurezza attiva derivante da una consapevolezza del funzionamento del sistema. La tabella 5.4 mostra le caratteristiche principali di tali modelli mentali.

Tabella 5.4 Caratteristiche dei modelli mentali

• Rappresentazione semplificata dei processi di input-output del sistema
• Frequente sostegno attraverso metafore (“meccanico”, per cui lineare e deterministico)
• Integrazione in gerarchie
• Valutazione rispetto all'affidabilità

I modelli mentali sono particolarmente importanti per la comprensione di informazioni poco determinate, come, per esempio, l'inferenza da trarre da un messaggio di errore sullo stato del sistema. La figura 5.15 illustra i diversi processi nella *generazione* delle informazioni e dell'*interpretazione* delle informazioni.

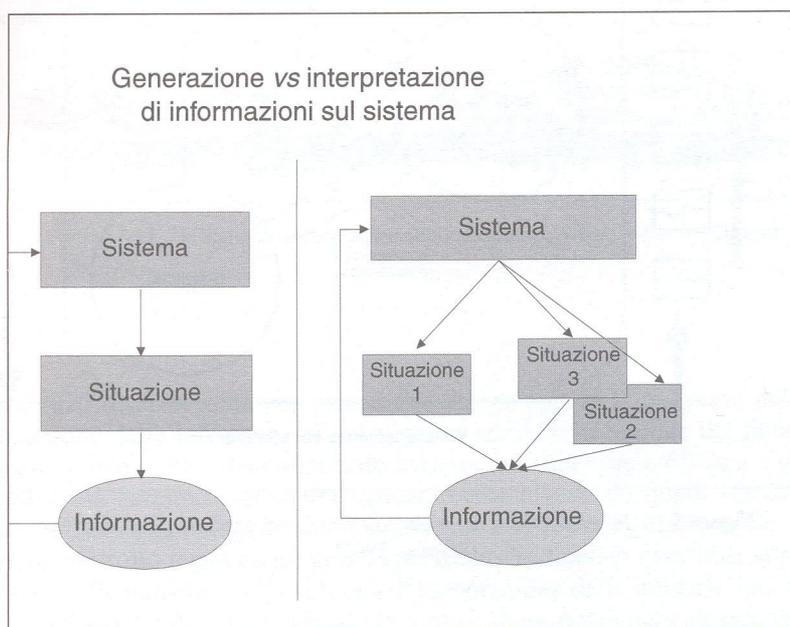


Figura 5.15 Creazione deduttiva delle informazioni o interpretazione abduttiva.

Mentre, per esempio, l'accensione di luci di controllo nel veicolo può avvenire in modo non equivoco, cioè algoritmico, il conducente, nell'esecuzione del compito di guida, è tenuto a inferire, dalle informazioni percepite e dalle conoscenze di cui dispone sul sistema, in merito alla situazione reale.

Questo processo è illustrato in modo più preciso nella figura 5.16.

Il ruolo di questa forma di inferenza (la cosiddetta inferenza abduttiva) nei

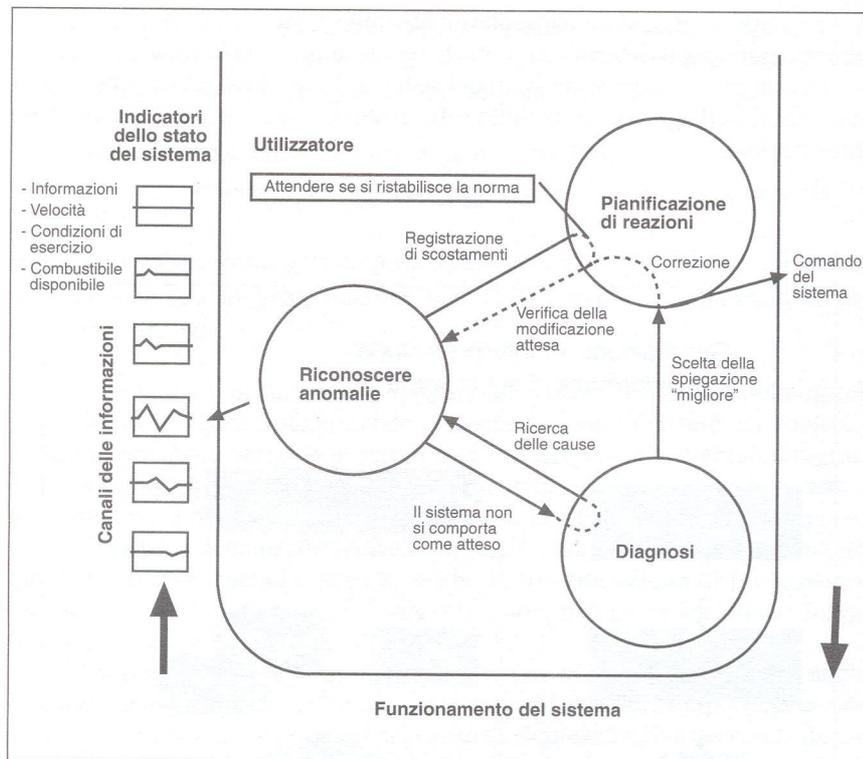


Figura 5.16 Inferenza tratta dai segnali (valori) sulle condizioni del sistema (Stanton, 1993).

moderni sistemi di assistenza è mostrato dal sistema adattivo che informa sulla distanza, come illustrato nella figura 5.17.

Solo se il conducente possiede un modello sufficientemente preciso delle possibilità dell'assistenza tramite questo sistema e rispetto alle situazioni in cui può essere impiegato, sarà anche in grado di sapere se dovrà *intervenire* attivamente: per esempio, in curve strette, a velocità bassa o quando un veicolo si inserisce improvvisamente tra lui e il veicolo che precede.

Accanto alla generale necessità di adattare i sistemi informativi al conducente in senso lato, sussiste anche l'esigenza di adeguare tali sistemi a specifici gruppi di conducenti. Si possono così considerare soggetti con

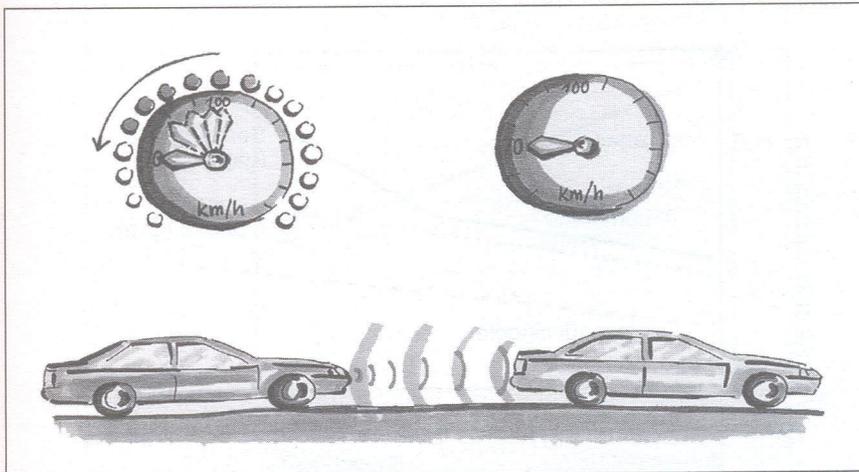


Figura 5.17 Un sistema di regolazione delle distanze (Adaptive Cruise Control).

eventuali disturbi nella percezione dei colori, oppure le questioni dell'elaborazione delle informazioni nei soggetti anziani. In ragione del fatto che, presto, circa il 30% dei conducenti avrà un'età superiore a 60 anni e quindi presenterà caratteri psicofisici marcatamente diversi da quelli solitamente attribuibili al guidatore "tipo", è opportuno che la configurazione dei sistemi di controllo tenga conto di tali specificità. In linea di massima, si presume un rallentamento nella velocità di elaborazione delle informazioni a partire dall'età di 50-55 anni. Questo assunto è supportato anche da ricerche sui movimenti oculari.

La curva inferiore della figura 5.18 mostra il generale, tuttavia non critico, rallentamento delle saccadi a seconda dell'età. La situazione cambia in modo drammatico quando si passa da saccadi singole alle saccadi in condizioni di cambiamento: il cambiamento da una informazione a un'altra porta, già nel caso dei semplici movimenti oculari, a un raddoppiamento dei tempi di reazione.

D'altra parte, questo effetto negativo può essere compensato se tra le informazioni si introduce una breve pausa (gap); in questo caso, il rallentamento dovuto all'età cessa di essere critico. Lo stesso risultato compensativo si può osservare anche a livello dell'elaborazione delle informazioni com-

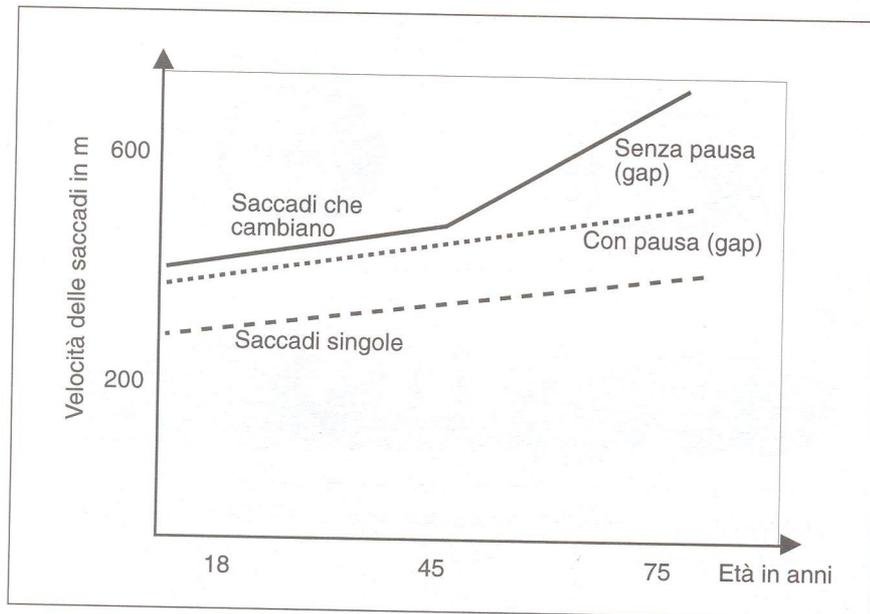


Figura 5.18 Velocità delle saccadi a seconda dell'età e della configurazione del segnale (semplice o con cambiamento, oppure cambiamento con o senza pausa).

plesse (fig. 5.19): mentre i soggetti anziani hanno difficoltà a reagire velocemente ai segnali, sui quali non hanno alcun controllo, non emerge, in pratica, alcun deficit rispetto ai giovani, qualora possano determinare loro stessi il momento in cui rivolgersi alle informazioni.

Per riassumere le osservazioni sin qui compiute, si può sostenere che un sistema di assistenza o di informazione che intenda portare a un rilevante miglioramento dell'interazione tra conducente e veicolo, dovrà contemplare tutti gli elementi rappresentati nella figura 5.20.

Il motivo per cui questo sistema dovrà assumere così tanti elementi di conoscenza del conducente e della situazione risulta dalla tabella 5.5, in cui vengono rappresentate separatamente le probabilità degli errori per certi tipi di attività prese isolatamente o nel flusso del traffico.

Come si può notare, l'elevata attendibilità riconosciuta da Swain e Gutman (1983) ai sistemi di assistenza alla guida, tende a svanire al crescere della complessità di un contesto operativo.

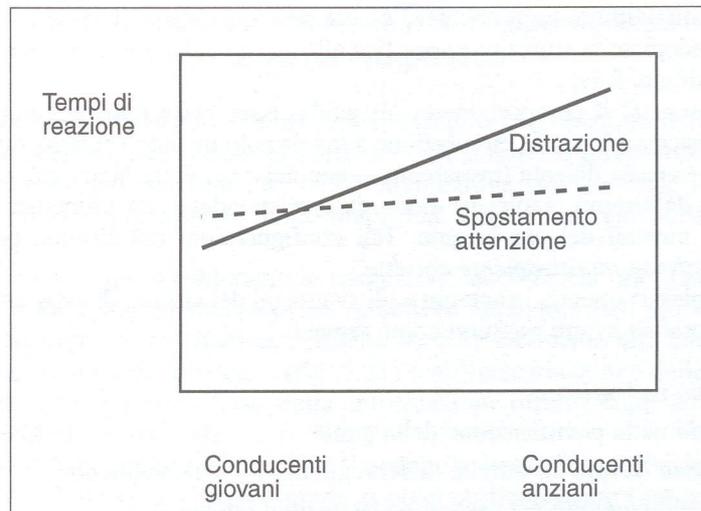


Figura 5.19 Reazioni, dipendenti dall'età, a informazioni esterne (distrazioni) o in seguito alla ricerca attiva di informazioni (spostamenti dell'attenzione).

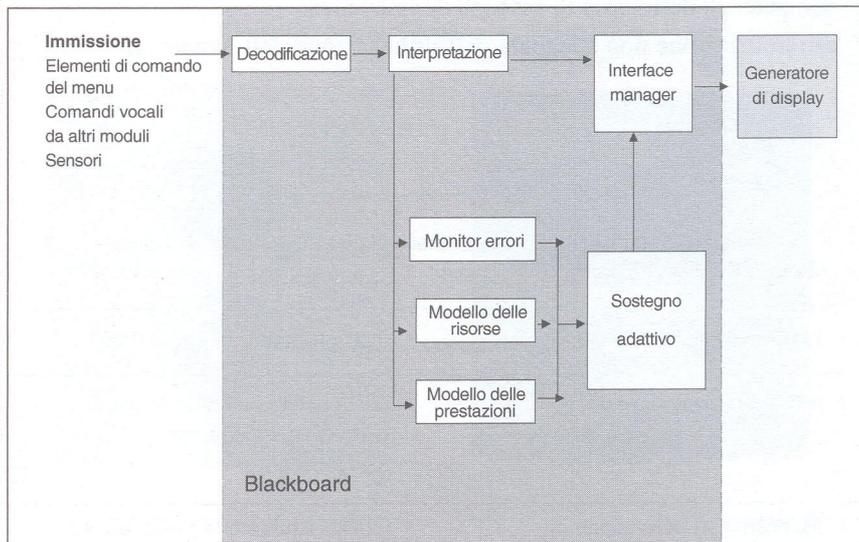


Figura 5.20 Elementi costitutivi di un sistema di assistenza e di informazione.

Tale attendibilità potrebbe però essere riconquistata se il sistema di assistenza recepisce la situazione specifica all'interno della quale si trova a operare (vedi tab. 5.5).

In sostanza, il comportamento di guida osservabile può raggiungere la qualità necessaria per la circolazione stradale solo quando l'interazione conducente-veicolo diventa trasparente, come nel caso della bicicletta, o viene assistita da sistemi tecnici in modo da corrispondere con immediatezza ai modelli mentali del conducente. Tali configurazioni del sistema possono essere definite *intuitivamente* corrette.

Complessivamente, i vantaggi e gli svantaggi dei sistemi di assistenza alla guida possono essere riassunti come segue:

- *sgravio* nell'azione;
- *sgravio* nella pianificazione della guida;
- *aggravio* dovuto all'attività di sorveglianza ed eventualmente;
- *sovraccarico* nel caso di sollecitazioni intense.

A ciò si aggiunge il problema generale della possibile perdita di competenza, ovvero:

- competenza deficitaria in assenza di assistenza;
- differenziazione non adeguata nell'utilizzazione dell'assistenza.

Tabella 5.5 Probabilità di errori stimate in dipendenza della situazione (Swain e Gutman, 1983; per i valori espressi fra parentesi, vedi Zimmer et al., 1999)

• Lettura errata di dati analogici	• 0.003 (durante la guida 0.09)
• Interpretazione errata di grafici	• 0.01 (interpretazione errata di simboli di sistemi nuovi: fino a 0.3)
• Mancanza di percezione di un segnale	• 0.0003 (durante la guida tra 0.13 e 0.30)

Dal sistema uomo-macchina al comportamento di guida complesso

Nelle considerazioni fatte finora, relative alla configurazione dei sistemi uomo-macchina, nella maggior parte dei casi il sistema uomo-macchina è stato considerato isolatamente. Nella circolazione stradale reale interagiscono, invece, più sistemi uomo-macchina, come mostrato nella figura 5.21.

Nel caso di questa interazione complessa, occorre che un conducente inferisca dal comportamento di un veicolo le intenzioni dell'altro conducente. Si tratta di una inferenza abduttiva, corrispondente alla configurazione dei sistemi di assistenza (fig. 5.21) e all'interpretazione delle condizioni del veicolo sulla base delle informazioni offerte dagli strumenti, come abbiamo visto nella figura 5.17.

Donald Norman ha paragonato il "mettere la freccia" con l'"espressione del volto" di un veicolo; così, infatti, si possono riconoscere i propositi del

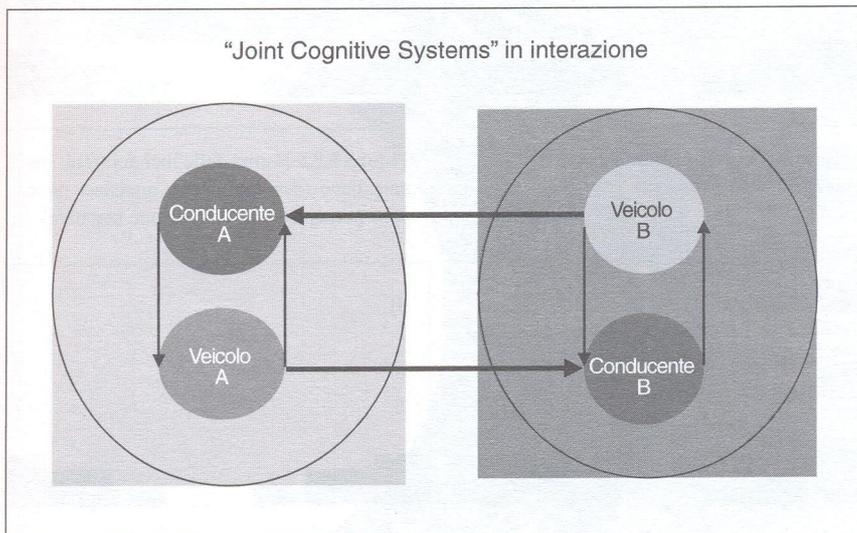


Figura 5.21 Il comportamento del veicolo A viene percepito dal conducente B. Da questo viene inferito il comportamento del sistema JCS A e viceversa.

conducente, allo stesso modo in cui la mimica aiuta la comprensione dell'intenzionalità di un parlante. Se si segue ulteriormente questa linea di pensiero, un altro approccio consisterebbe nel migliorare l'espressività di un segnale, che un veicolo manifesta verso l'esterno. Un esempio è dato dalla configurazione delle luci dei freni. Fenk, Praxenthaler e Zimmer hanno mostrato che, intervenendo sulla struttura delle luci dei freni (rappresentate nelle figg. 5.22a, b, c, d), il comportamento di regolazione della distanza e della velocità è marcatamente migliorato.

Il trucco, basato sulla psicologia della percezione, consiste nel fatto che, accanto a un aumento della superficie, viene indotto anche un movimento apparente verso l'esterno, tale da modificare il comportamento di avvicinamento affinché la regolazione della velocità e il rallentamento divengano in pratica lineari.

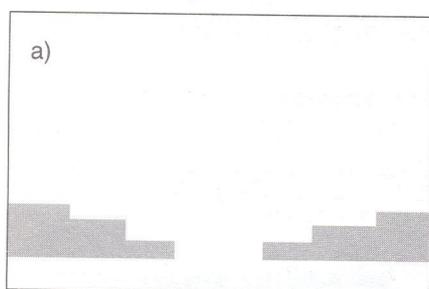


Figura 5.22 Forma delle luci dei freni: nessuna frenata.

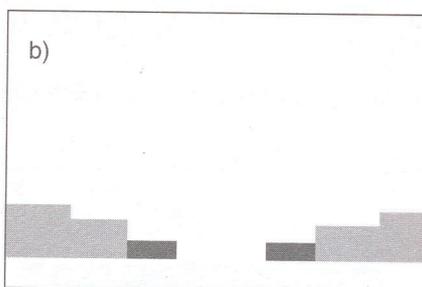


Figura 5.22 Forma delle luci dei freni: frenata lieve (eventualmente, qualsiasi lieve, però percepibile, accelerazione negativa).

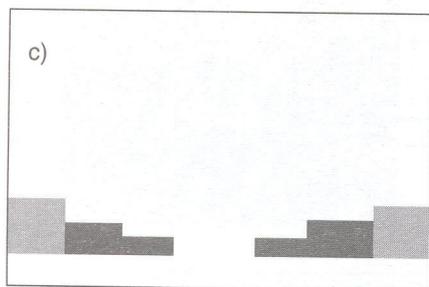


Figura 5.22 Forma delle luci dei freni: frenata media.

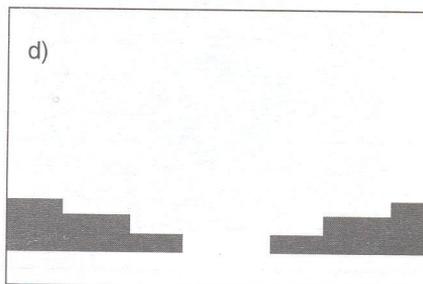


Figura 5.22 Forma delle luci dei freni: frenata forte.

D'altra parte, si può altresì verificare il caso di sistemi di controllo tecnici che, influenzando in un certo modo il comportamento del veicolo assistito, generano comprensioni inadeguate da parte di altri conducenti. La linea tratteggiata nella figura 5.23 mostra il comportamento di guida assistito da un veicolo dotato di Heading Control (HC): qui la curva viene percorsa a una distanza costante dal bordo destro. La linea continua indica il comportamento di guida che si osserva in curva in assenza di traffico. Il comportamento di guida lungo la linea tratteggiata potrebbe essere interpretato dagli altri conducenti come un segnale (invito) a sorpassare.

Conclusioni

I nuovi sviluppi tecnici nella configurazione delle informazioni e dei sistemi di assistenza potranno contribuire in modo persistente a incrementare la sicu-

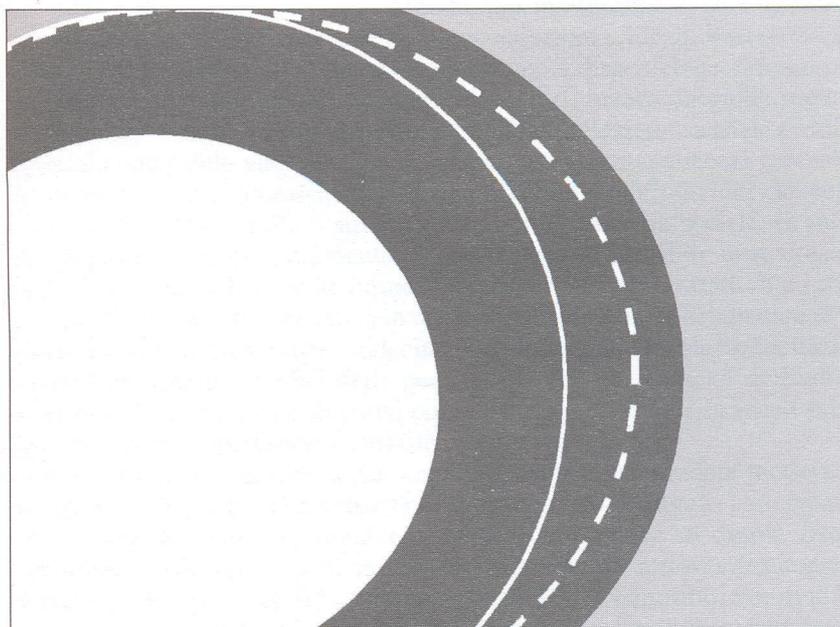


Figura 5.23 Linea di guida con sistema di assistenza (HC; tratteggiato) e senza (linea continua).

rezza e l'efficienza nella circolazione stradale solo quando saranno rivolti sistematicamente a un miglioramento dell'intero sistema uomo-macchina e non saranno determinati esclusivamente dalla tecnica e indirizzati a un isolato aumento del comfort o a una facilitazione dell'utilizzazione. Perché questo obiettivo si verifichi:

1. la configurazione delle informazioni e del sistema deve *coincidere con le intenzioni del conducente*;
2. la configurazione delle informazioni e del sistema deve *essere adattata all'attuale situazione nella circolazione stradale*;
3. la configurazione delle informazioni e del sistema deve *rendere trasparenti le intenzioni del conducente agli altri partecipanti alla circolazione stradale*.