



Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca



Università degli Studi
di Palermo

DITRA

Dipartimento di Ingegneria
dei Trasporti

Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti

Dottorato di Ricerca in
Tecnica ed Economia dei Trasporti

ICAR/05

**Lo studio dell'affaticamento e gli effetti
sulla percezione visiva di un conducente alla guida
attraverso applicazioni sul campo e
con l'utilizzo del simulatore**

Tesi di Dottorato:

Ing. Maria Grazia Carta

Tutor:

Ch.mo Prof. Paolo Fadda

Coordinatore del Corso:

Ch.mo Prof. Luigi La Franca

A.A. 2007/2008 – XXII Ciclo – Aprile 2011

Non è facile citare e ringraziare, in poche righe, tutte le persone che hanno contribuito alla nascita e allo sviluppo di questa tesi di dottorato che dedico a Nicola, mio marito, e alla mia famiglia.

In modo particolare ringrazio il mio Tutor Prof. Paolo Fadda che è stato supervisore di ogni singola fase della ricerca e mi ha trasmesso tutte le sue importanti conoscenze del settore acquisite negli anni.

Un particolare ringraziamento è per il Prof. Gianfranco Fancello che, affiancandomi costantemente nello sviluppo dell'attività di questi tre anni, ha contribuito notevolmente alla mia crescita professionale post-laurea.

Un sentito ringraziamento a tutti coloro che in questi anni si sono prestati agli esperimenti permettendomi di sviluppare alcune fasi cruciali del lavoro.

Infine, ultimi ma non per importanza, ringrazio tutti i miei colleghi del CIREM , in particolare Gianmarco, che hanno condiviso con me questa esperienza, fornendomi un considerevole supporto tecnico e umano.

INDICE

PREMESSA.....	1
INTRODUZIONE	3
1 IL FATTORE UOMO NELLA METODOLOGIA DEI TRASPORTI.....	5
1.1 I MODELLI DI TEORIA DELLE INFORMAZIONI	6
1.2 LA PERCEZIONE VISIVA ALLA GUIDA	27
1.2.1 <i>I processi Top-Down e Bottom Up</i>	27
1.3 L'OCCHIO E IL FENOMENO VISIVO	32
1.4 LE COSTANTI PERCETTIVE	35
2 I MODELLI BIODINAMICI	39
2.1 I SIMULATORI DI GUIDA E IL LORO UTILIZZO NEL CAMPO DEI FATTORI UMANI.....	42
2.1.1 <i>Lo stato dell'arte sulla definizione di simulatori di training e ricerca</i>	46
2.1.2 <i>I Simulatori di autocarro presenti in commercio: le caratteristiche ..</i>	51
2.1.3 <i>La pedana</i>	54
2.1.4 <i>Le modalità di riproduzione dell'ambiente circostante</i>	55
2.1.5 <i>La strumentazione e il pannello comandi</i>	55
2.2 IL SIMULATORE IN DOTAZIONE	56
2.3 LA PRIVAZIONE DEL SONNO E LA QUALITÀ DI GUIDA DEGLI AUTOMOBILISTI	57
2.4 LA CORRETTA PROGETTAZIONE DEL LAYOUT INTERNO ALL'AUTO.....	62
2.5 LA PERCEZIONE VISIVA DEL CONDUCENTE ALLA GUIDA.....	67
3 LA SEGNALETICA E IL FATTORE UOMO: LO STATO DELL'ARTE.....	75
3.1 LA CORRETTA PROGETTAZIONE DELLA SEGNALETICA STRADALE.....	75
3.2 LA SEGNALETICA STRADALE VERTICALE	81
3.3 I PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	89
3.3.1 <i>La progettazione dei messaggi da inviare attraverso i PMV</i>	93
3.4 IL TEMPO DI ACQUISIZIONE DELLE INFORMAZIONI.....	97
4 LE PRIME APPLICAZIONI SVOLTE NEL CORSO DEL DOTTORATO	101
4.1 L'ESPERIENZA DI BRESCIA	101
4.1.1 <i>L'analisi multivariata</i>	101

4.1.2	<i>L'analisi dei dati ed i risultati</i>	105
4.1.3	<i>La Cluster Analysis</i>	111
4.2	L'ANALISI TESTUALE	112
4.2.1	<i>L'analisi testuale: lo stato dell'arte</i>	113
4.2.2	<i>L'analisi dei dati</i>	117
4.3	LA LOGICA FUZZY	128
4.3.1	<i>L'Algebra Fuzzy nella letteratura scientifica</i>	128
4.4	RISULTATI GENERALI RELATIVI ALL'ESPERIENZA DI BRESCIA.....	135
5	L'ANALISI SPERIMENTALE SUI PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE	137
5.1	L'OCULOMETRO	137
5.2	LA PERCEZIONE DELL'AUTOMOBILISTA	140
5.3	I TEMPI DI LETTURA	150
5.3.1	<i>La valutazione dei tempi di lettura: un'espressione matematica</i>	158
6	CONCLUSIONI	165
7	BIBLIOGRAFIA	I

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1- Strada provinciale contraddistinta dalla presenza di due segnali posizionati. in entrambi i lati della carreggiata.	8
Figura 1.2- Relazione tra dipendenza del campo e indipendenza dal campo con il tasso di decelerazione della reazione del soggetto in situazione di emergenza. Test su simulatore (Barret & Thornton, 1968).....	10
Figura 1.3- Tasso d'incidentalità maschile per le diverse età in incidenti con morti e feriti gravi, in Gran Bretagna in un periodo di due anni (Jones,1976).	11
Figura 1.4- Relazione diretta "Veicolo/Sistema di gestione del servizio/Uomo".	13
Figura 1.5- Modello di teoria dell'informazione TI a tre celle di memoria.	14
Figura 1.6- Effetto dell'ambiente sulla percezione dello stimolo	19
Figura 1.7- Descrizione della probabilità di recepimento dell'oggetto al trascorrere del tempo speso ad osservarlo (Fonte: Wickens.,Gordon, Liu 1997)	28
Figura 1.8- Schematizzazioni dei processi Top – Down e Bottom – Up.	28
Figura 1.9- Condizioni di illuminazione sfavorevoli alla guida in sicurezza.	31
Figura 1.10- Rapporto fra la sensibilità alle basse luci e l'età	32
Figura 2.1- Condizioni di guida quotidiana con le quali è necessario sempre confrontarsi al momento del progetto di un'interfaccia.	39
Figura 2.2- Rappresentazione statica e dinamica dell'UFOV di un pedone in mezzo al traffico.....	40
Figura 2.3— Al variare della velocità del veicolo il campo visivo del conducente risulta ristretto e concentrato verso il centro (Es. a 30 km/h e 50 km/h)	41
Figura 2.4- Diversa percentuale di guidatori attenti / distratti a seconda del sesso - età.....	41
Figura 2.5- Fonti di distrazione per l'automobilista e relativa importanza durante le ore diurne e notturne.....	42
Figura 2.6— Driver Vehicle and Environment.	47
Figura 2.7— Basic Processing Requirements for Vehicle Operation Simulation.	48
Figura 2.8— Truck Simulator Block Diagram.	49
Figura 2.9— Truck Simulator, illustrazione degli scenari in salita e in città, il pannello comandi e la stazione dell'operatore. ³	50
Figura 2.10 – Esempio di simulatore con cabina. Mark TM III.....	52
Figura 2.11 – Esempio di simulatore senza cabina. Transim VS Driver simulator.	52
Figura 2.12 – Principali movimenti riprodotti con una piattaforma a 6 g.d.l. (Humanist TFG Madrid WS, April 2006).	53
Figura 2.13 – Esempio di Motion Base	54
Figura 2.14 – Hexatest Multi-Axis Simulation Table.....	55

Figura 2.15 – Due esempi di riproduzione dell’ambiente circostante mediante utilizzo di 3 schermi e schermi cilindrici.	55
Figura 2.16 – Esempi di pannelli comandi di simulatore di autovettura e autocarro (TranSim IV).	56
Figura 2.17 - Il trasporto del simulatore.	57
Figura 2.18 - Il simulatore di autocarro/ralla in dotazione	57
Figura 2.19 - Display analogico e digitale.	63
Figura 2.20 - Stessa ora del giorno, stessa illuminazione, stesso punto di vista: quale dei due sembra più leggibile?	64
Figura 2.21 - 2.22 - La deviazione degli occhi risulta più ampia nel caso di un cruscotto normalmente posizionato. Il riflesso della luce disturba la leggibilità del display, il guidatore dovrà dare più occhiate per capirne le informazioni trasmesse.	66
Figura 2.23 - Esempio d’indicatore di carburante con l’indicatore dal vuoto al pieno che si muove in senso antiorario.	66
Figura 2.24 - È generalmente più facile vedere le braccia verticali ed orizzontali di questa “croce” che non le oblique.	67
Figura 2.25 - Tracciati oculari dei guidatori testati.	70
Figura 3.1 - Rilevazione di un segnale verticale e suo riconoscimento.....	77
Figura 3.2 - La luminanza di velo.	79
Figura 3.3 - Le condizioni di scarsa visibilità fanno aumentare i tempi di percezione e gli incidenti con danni alle persone. (Centro Studi 3M, Quaderno Tecnico, “Scelta della segnaletica in funzione delle esigenze dei guidatori”, 2006).....	79
Figura 3.4 - Sequenza di visione prospettica dell’utente in movimento.	80
Figura 3.5- 3.6 Interferenza della vegetazione nella visibilità della segnaletica verticale.	85
Figura 3.7 - 3.8 – Segnale di Stop e Precedenza sbiadito.	86
Figura 3.9- 3.10 - Segnali stradali sbiaditi: il “limite di velocità” e il “divieto di sorpasso”.	86
Figura 3.11- 3.12 - Sovrabbondanza di segnali in un medesimo palo in una strada statale locale extraurbana e urbana.	87
Figura 3.13 - Segnale stradale posizionato sulla sinistra, la sua visione può costituire un distrattore per l’utente, il quale si vede costretto a distogliere lo sguardo dalla sua posizione principale.	88
Figura 3.14 - Lo stesso messaggio in lingua svedese e finlandese.	91
Figura 3.15 - Il pannello utilizzato per l’indagine.	98
Figura 4.1 –Localizzazione dei pannelli nella città di Brescia.	102
Figura 4.2 – Il pannello in Via della Volta (PMV1).....	102
Figura 4.3 – Il pannello in Via Voltuno (PMV2)	103
Figura 4.4 - I pannelli utilizzati per le indagini (PMV1 – PMV2).	104

Figura 4.5-1° Piano Fattoriale.	109
Figura 4.6- 2° Piano Fattoriale.	110
Figura 4.7-Albero di classificazione.	111
Figura 4.8- Primo piano fattoriale – Parole.	126
Figura 4.9- Appartenenza binaria e fuzzy.	130
Figura 4.10- Grafico relativo a profilo regolare, deciso ed indeciso.	132
Figura 5.1- Mobil Eye A-s-I in dotazione.	138
Figura 5.2- Suddivisione del campo visivo in zone: quelle contraddistinte da un valore maggiore di percentuale necessiteranno di un ulteriore suddivisione.	139
Figura 5.3- Campo visivo del guidatore- Visione dell’occhio durante la guida diurna in condizioni soleggiate.	139
Figura 5.4- Campo visivo durante la guida, in giallo è indicato un punto nel quale si sofferma maggiormente l’attenzione del guidatore, in rosso le “saccadi”.	140
Figura 5.5- Pannello 1.	141
Figura 5.6- Pannello 2.	142
Figura 5.7- Analisi delle fissazioni attraverso lo strumento.	142
Figura 5.8- Momenti del test di guida (1).	143
Figura 5.9- Momenti del test di guida (2).	144
Figura 5.10- Segnale stradale e fasi di reazione come registrati.	147
Figura 5.11- Punti di fissazione per l’asse x e l’asse y.	148
Figura 5.12- Tipica scena quotidiana nella vita di un’automobilista.	149
Figura 5.13- I Pannelli utilizzati per l’indagine.	151
Figura 5.14- I dati delle coordinate come vengono rappresentati su documento di testo.	158
Figura 5.15- Movimenti degli occhi misurati sul piano orizzontale.	159
Figura 5.16- Movimenti degli occhi misurati sul piano orizzontale.	159
Figura 5.17- Angolazione dell’occhio alla visione del PMV.	162

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4.1- I dati relativi agli assi fattoriali	107
Tabella 4.2- Assi fattoriali e relativi autovalore e percentuale di inerzia	108
Tabella 4.3 - Messaggi e relativa tipologia di costrutto.....	118
Tabella 4.4- Tabella riassuntiva indicante la comprensione del messaggio	118
Tabella 4.5- Parole ripetute per parole presente nel messaggio.	120
Tabella 4.6- Frequenza delle parole ripetute, dagli utenti, per ripetere i diversi messaggi (sono inclusi anche coloro che non hanno ripetuto i testi).....	121
Tabella 4.7- Frequenza delle parole ripetute con riferimento alle vie.....	122
Tabella 4.8- Parole non presenti nel messaggio	123
Tabella 4.9- Lista dei segmenti ripetuti e relativa frequenza.	124
Tabella 4.10- Frequenza dei messaggi ripetuti considerati corretti.....	125
Tabella 4.11- Assi fattoriali	125
Tabella 4.12- PMV1. Profilo utente "regolare", "deciso" ed "indeciso"	133
Tabella 4.13- PMV2. Profilo utente "regolare", "deciso" ed "indeciso".	134
Tabella 5.1 – Dati relativi al pannello 1	145
Tabella 5.2- Dati relativi al pannello 2	146
Tabella 5.3 – Numero di sguardi dati al pannello durante le diverse fasi di avvicinamento	148
Tabella 5.4 – Valori relativi all'angolo orizzontale.....	161
Tabella 5.5 – Valori relativi all'angolo verticale.....	161
Tabella 5.6 – Valori relativi alle variabili intervenute nell'analisi.	161
Tabella 5.7- Indici ottenuti dall'analisi.....	163
Tabella 5.8 – Confronto tra i valori stimati e riscontrati nel test.	163

Premessa

La presente Tesi scaturisce dall'esperienza maturata durante i tre anni di Dottorato in Tecnica ed Economia dei Trasporti dell'Università degli Studi di Palermo e la consorziata Università di Cagliari, specificatamente nel campo della sicurezza dei trasporti. L'iniziale obiettivo della ricerca era volto ad approfondire la tematica inerente il decadimento delle capacità psico-fisiche dei conducenti di ralla portuale; problemi di natura tecnica hanno ritardato la consegna del simulatore e hanno reso di fatto impossibile la completa ed esaustiva applicazione della ricerca esclusivamente in tale campo. A seguito dell'acquisto da parte dell'Università di Cagliari dell'oculometro "EyeTracker" la ricerca è stata ampliata e rivolta allo studio della percezione visiva del conducente alla guida: l'utilizzo dell'oculometro alla guida in ambiente reale consente di eliminare i gap dovuti alla realtà simulata e porta alla definizione di un protocollo di ricerca nel campo della sicurezza attiva volto alla definizione del tempo di fissazione/concentrazione del guidatore sul segnale stradale. Seguendo un filone già avviato in sede di tesi di laurea l'attenzione è stata concentrata sugli effetti della segnaletica "intelligente", i pannelli a messaggio variabile, sul normale comportamento di guida dell'automobilista e come questi influenzino la corretta interpretazione della via di marcia. Questi dispositivi oggi sono sempre più diffusi in Italia e nel resto del mondo; tale "successo" è dovuto principalmente alla loro versatilità di utilizzo: essi consentono, infatti, di inviare informazioni di varia natura agli automobilisti principalmente per quanto concerne condizioni della circolazione, ingorghi, chiusure al traffico ecc.

Nella presente tesi si è voluta porre l'attenzione in particolare sulla sicurezza attiva e il suo ruolo direttamente connesso con l'errore umano. La maggior parte degli incidenti, difatti, risulta fortemente connessa alla mansione dell'operatore ed al ruolo centrale che questo ha nel delicato rapporto esistente tra uomo-veicolo e strada. In merito esistono numerose statistiche che confermano come un sovraccarico o un sottocarico di lavoro crei degli scompensi nella corretta interpretazione degli input provenienti dall'ambiente di guida, risulta di conseguenza molto importante definire al meglio la corretta modalità di invio

delle informazioni attraverso gli strumenti segnaletici. Nel caso particolare della guida esistono numerose ricerche che confermano come delle banali disattenzioni possano potenzialmente tramutarsi in un incidente; la scorretta interpretazione degli input provenienti dall'esterno, dovuta spesso al mal posizionamento della segnaletica verticale/orizzontale può essere considerata una delle cause di maggior rilevanza di tali disattenzioni.

Durante la guida su strada ed in generale in tutti i campi dei trasporti, il conducente è sottoposto di continuo ad una serie di input provenienti dall'ambiente circostante; tali input o stimoli non devono creare fraintendimenti e di conseguenza condurre l'operatore/conducente all'errore; per tale motivo è necessario che siano correttamente dimensionati e progettati al fine di non creare situazioni pericolose o potenzialmente tali.

La presente Tesi di Dottorato s'intende inserire in questo vasto campo di ricerca ponendosi come principale obiettivo la definizione di un protocollo di ricerca nel campo della sicurezza attiva che sia rappresentativo del comportamento di un conducente alla guida reale. Tale ricerca vuole inoltre rappresentare una prima "guida" per la definizione di layout di strada/segnalamento e/o di cockpit all'interno del veicolo che sia compatibile con le capacità e gli stereotipi delle persone che lo utilizzeranno.

Introduzione

La presente Tesi di Dottorato è così strutturata:

Nel primo Capitolo si trova un generale inquadramento della tematica dei fattori umani con particolare riferimento ai modelli di Teoria delle Informazioni, in questo capitolo sono stati riassunti i principi che regolano la percezione visiva e le caratteristiche del fenomeno visivo al variare dell'affaticamento.

Nel secondo Capitolo è stata rivolta l'attenzione sui modelli biodinamici ossia su come l'uomo percepisce le informazioni provenienti dal contesto ambientale in cui opera e lavora.

Nel terzo Capitolo l'attenzione è stata rivolta alla letteratura scientifica riguardo la segnaletica stradale verticale, i pannelli a messaggio variabile ed in particolare sugli studi svolti in ambito nazionale ed internazionale riguardanti i testi da inviare e gli effetti sul comportamento di guida del conducente.

Il quarto Capitolo illustra la prima parte metodologico - sperimentale della ricerca svolta nel triennio di dottorato; in particolare l'attenzione è stata rivolta ai test svolti su un campione di automobilisti intervistati nella città di Brescia, sui cui dati sono state applicate le tecniche di Analisi delle Corrispondenze Multiple, Cluster Analysis, Text Analysis e Logica Fuzzy. I risultati ottenuti in questa prima fase di analisi, si sono rivelati di notevole importanza in quanto hanno posto le basi per il prosieguo della ricerca con l'applicazione delle tecniche di tracciamento oculare.

Nel quinto Capitolo, infine, si trova il fulcro della ricerca svolta nei tre anni del dottorato: l'applicazione dell'oculometro alla guida che ha visto coinvolti 21 automobilisti alla guida della loro autovettura in un percorso nel quale erano presenti dei pannelli a messaggio variabile. I dati scaturiti dai test con l'oculometro, in particolare il tempo impiegato dagli automobilisti per leggere il messaggio, sono stati analizzati con le tecniche della regressione multipla e hanno condotto alla definizione di un'espressione matematica rappresentativa del fenomeno osservato.

Nel sesto Capitolo infine si trovano le conclusioni e le prospettive di ricerca nate con la presente tesi di dottorato.

1 Il fattore uomo nella metodologia dei trasporti

Premessa

I “*fattori umani*” sono quella disciplina che si occupa del progetto di sistemi che hanno consistenza con le capacità, i limiti, le trasformazioni e gli stereotipi delle persone che li utilizzeranno. Da tale disciplina derivano molti criteri, parametri e scale di valutazione degli effetti per le diverse soluzioni di progetto connesse alle aree relative a:

- Sicurezza attiva e passiva;
- Comfort degli ambienti interni del sistema ivi compreso lo spazio a bordo dei mezzi;
- Appetibilità e gradimento del servizio;
- Accessibilità al sistema ed ai veicoli.

Per quanto concerne la “sicurezza attiva” predominano le ricerche basate sulla simulazione dei processi biodinamici del corpo umano, dei processi di acquisizione delle informazioni e di quelli connessi all’assunzione delle decisioni. Tale campo di ricerca si prefigge di mettere in luce le caratteristiche e gli accorgimenti di progetto atti a ridurre il rischio dell’accadimento di eventi ledenti o di condizioni di marcia *scomforlevoli* dovuti all’abbassamento della qualità della prestazione di guida da parte dei conducenti.

Nel campo della *sicurezza attiva* vi sono fattori che incidono direttamente sul livello d’incolumità di viaggio dei trasportati ed altri di natura differente, che viceversa influenzano la qualità della prestazione degli operatori ed indirettamente incidono sul livello di rischio per i trasportati stessi.

La ricerca nel campo dei fattori umani ed in particolare sulla sicurezza attiva tiene conto dell’estrema variabilità delle reazioni umane mutevoli a seconda dell’età, sesso, grado di affaticamento, stereotipi, cultura e consuetudini dei soggetti coinvolti. Lo studio della compatibilità delle mansioni richieste con le caratteristiche, le capacità e i limiti del sub-sistema uomo-macchina è uno degli aspetti che maggiormente incide sulla sicurezza, sul comfort e sull’accettabilità del sistema stesso da parte degli utenti. Il miglioramento delle caratteristiche

operative dell'uomo ha da sempre un'incidenza elevata rispetto ad altri fattori; in generale, si può dire che la prestazione dell'uomo è la causa primaria dell'insorgere degli eventi ledenti, come pure delle scadenti qualità di viaggio dei trasportati. La prassi è determinare le caratteristiche individuali da associare all'evento, le quali sono:

- Le caratteristiche degli organi sensoriali;
- Le aspettative del soggetto;
- La personalità, l'educazione e l'esperienza;
- L'età.

1.1 I modelli di Teoria delle Informazioni

I modelli di Teoria dell'Informazione (TI) vengono utilizzati per rappresentare le modalità di acquisizione delle informazioni da parte del conducente, in modo particolare per quanto concerne la percezione visiva. Tali modelli sottolineano come l'ispezione del campo visivo richieda frequentemente un processo in serie; questo significa che è sempre necessario che tutti i segnali debbano essere preventivamente ispezionati allo scopo di individuare quelli necessari al compito.

Il tempo medio che l'operatore impiega per trovare il segnale/obiettivo dipende dal tempo medio d'ispezione di ogni passaggio o segnale distrattore t e dal numero n totale di passaggi (Neisser et al. 1964) ed è stabilito essere pari a:

$$T = t * n/2$$

Essendo il valore T medio, significa che l'operatore durante il processo d'ispezione in serie troverà il segnale/obiettivo ricercato in un tempo medio pari alla metà del tempo complessivo che avrebbe richiesto l'ispezione di tutta la rete. Nel caso d'invio d'informazioni attraverso il canale visivo è rilevante il progetto dello spazio di visuale in quanto le persone attuano processi di ricerca condizionati dagli stereotipi tipici della società, della cultura, delle consuetudini da cui essi provengono.

In una ricerca del 1992 Wickens ha analizzato la variazione del tempo impiegato nell'ispezione del campo visivo nel caso di segnali-obiettivo non facilmente identificabili in uno spazio non ben organizzato. In tali applicazioni i

tempi di analisi s'incrementavano in modo assolutamente incompatibile allo svolgimento in sicurezza di una determinata mansione.

La previsione del tempo per l'acquisizione delle informazioni descritto dai modelli di Teoria dell'Informazione è uno degli elementi di maggiore interesse nel campo dei fattori umani. In questo modo è possibile riconoscere le falle di una parte fondamentale del progetto dell'interfaccia, come le condizioni di criticità della curva stimolo-prestazione, ma soprattutto le condizioni di rischio di incidente quando i tempi per cogliere una segnalazione proveniente dallo stimolo diventano incompatibili con le opportune e tempestive reazioni richieste all'uomo.

Per quanto concerne il *Tempo T* si deve sottolineare come l'applicazione dei modelli analoghi alla citata equazione, nel caso per esempio del mal posizionamento della segnaletica stradale, porti ad alterare e di conseguenza incrementare i tempi impiegati dal soggetto nella ricerca del segnale/obiettivo. Tale disomogeneità può essere dovuta, per esempio, al mal posizionamento della segnaletica o ad una sua non corretta manutenzione, a causa, per esempio, delle alterazioni di colore del segnale. L'automaticità del riconoscimento può infine essere alterata attraverso l'impiego di una caratteristica con la quale non si ha familiarità e che non corrisponde allo stereotipo del recettore; a questo secondo gruppo sono riconducibili i parametri connessi all'aspettativa del soggetto. Di conseguenza nell'analisi di tale Teoria è importante considerare l'aspettativa del guidatore e come questa influenzi in maniera considerevole il processo di ricerca dell'informazione. Sulla base di tali aspettative, di conseguenza, si rende necessario suddividere il campo di visuale in *segnali/obiettivo* e *segnali/distrattori*, distinguendo in questo modo fra informazioni che si vuole vengano rapidamente colte poiché necessarie al compito, dai segnali che viceversa sovrapponendosi nel campo della visuale non sono necessari al compito da svolgere, ma che comunque devono venire ispezionati. Per quanto riguarda un *segnale/obiettivo*, è necessario verificare costantemente se sia veramente quello ricercato; le indicazioni lungo la strada posizionate sulla sinistra della carreggiata, infatti, possono influire molto negativamente sulla decisione del recettore "uomo" determinando, spesso, secondo i casi,

comportamenti opposti a quelli che gli stessi si aspettavano; tale processo può risultare superfluo se il segnale è ben conosciuto e se ne ha familiarità.



Figura 1.1- Strada provinciale contraddistinta dalla presenza di due segnali posizionati in entrambi i lati della carreggiata.

Il modello di Teoria dell'Informazione (T.I.) si struttura attraverso la definizione del campo all'interno del quale il segnale da intercettare può essere presente o assente; l'obiettivo dell'operatore è quello di cogliere il segnale/obiettivo compiendo una discriminazione dei falsi segnali di modo che la prestazione dipenda quindi dalla capacità di cogliere tutti i segnali/obiettivo senza errori di ambiguità.

La presenza delle due circostanze precedentemente esposte determina il fatto che con l'opportuno *training* un operatore riuscirà a cogliere tutti i segnali/obiettivo. La ricerca sui modelli biodinamici applicati al caso particolare della visione umana ha messo in luce come la capacità dell'operatore ed il suo livello di *sensività* dipendano dall'esperienza maturata nello svolgere il compito, come anche dalla qualità della sua vista. La raccomandazione che emerge da tali studi è infatti connessa all'importanza dell'informazione nell'espletamento della mansione; più l'importanza è elevata, maggiore cura dovrà essere riposta nel dimensionamento degli strumenti atti all'invio della informazione stessa. Questo concetto è perfettamente applicabile anche al caso dell'invio di informazioni

tramite voce o suono. Un segnale di allarme inviato tramite gli apparati acustici dei mezzi di trasporto deve sottostare a regole ben precise al fine di poter stimolare nei recettori l'appropriato stato di allarme. Altre caratteristiche psicofisiche, insieme alla personalità, l'educazione e l'esperienza, determinano il condizionamento del comportamento di guida; stati depressivi di instabilità emozionale e di impulsività influenzano il comportamento dell'individuo; ogni soggetto con tali stati più o meno marcati è indotto alla minore prudenza, come alla minore attenzione, con un'inevitabile riduzione della capacità di guidare in sicurezza, in particolare con il sopraggiungere dell'affaticamento. In molti di questi stati di instabilità emozionale si verificano fenomeni di alterazione della percezione, determinata talvolta da una interpretazione errata degli input provenienti dall'ambiente e dalle apparecchiature dell'interfaccia. Tale interpretazione dipende in particolare dal fatto che non si conoscano ancora con sufficiente rigore le capacità di percezione dell'occhio nelle diverse condizioni di influenza nel campo visivo.

L'acutezza dinamica di percezione è uno dei parametri di misura del campo visivo più utilizzati. Numerosi studi hanno evidenziato come tale acutezza risulti in stretta relazione con il livello di illuminazione del campo. I test attraverso sistemi bi-ottici effettuati tramite lenti ad accrescimento della visione, hanno posto in evidenza come molti incidenti avvenuti nelle ore notturne siano dovuti proprio alla bassa acutezza dinamica. Relativamente a questo fattore si è scoperto, infatti, come molti incidenti siano strettamente correlati alle caratteristiche psicofisiche e di personalità degli individui piuttosto che ad altri fattori. La dimestichezza con l'itinerario o la consuetudine ad evitare la guida in condizioni di fastidio, per esempio nelle ore notturne, introduce il problema della natura e della localizzazione degli oggetti presenti nel campo visivo e della modalità del loro inserimento; la dipendenza dal campo è il parametro a cui diversi studi attribuiscono una notevole incidenza nel condizionare la qualità della guida. In questo senso i test eseguiti con il simulatore hanno messo in luce che i soggetti non influenzati dal campo visivo risultano maggiormente capaci di selezionare gli input, acquisendo quelli necessari alla guida e scartando quelli superflui. Ne deriva come gli utenti che vengono influenzati dal campo siano in

maggior misura a rischio di incidente. I test che simulano le condizioni critiche, come la presenza di un ostacolo lungo la via di marcia hanno messo in evidenza come per i guidatori influenzati dal campo visivo i tempi di reazione e di decelerazione siano complessivamente il doppio rispetto a i soggetti che non ne sono influenzati.

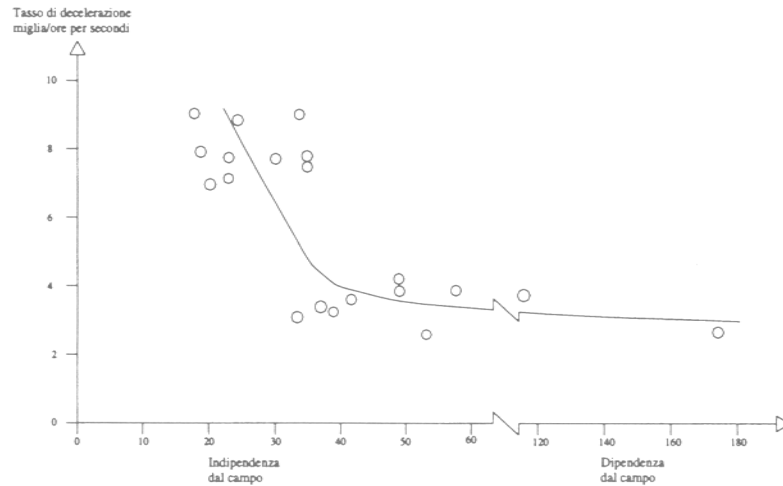


Figura 1.2- *Relazione tra dipendenza del campo e indipendenza dal campo con il tasso di decelerazione della reazione del soggetto in situazione di emergenza. Test su simulatore (Barret & Thornton, 1968)*

Da tali principi ne deriva la necessità di attuare strategie idonee al fine di ridurre i rischi in caso di più segnalazioni posizionate lungo lo stesso segmento di infrastruttura stradale. Per esempio nel caso dei conducenti di trasporto collettivo sarebbe necessario che questi siano sottoposti ciclicamente a test di acutezza dinamica della percezione, al fine di consentire l'uso più efficiente del personale attraverso una diversa regolamentazione dei cicli operativi e l'idonea progettazione dei sistemi di segnalazione lungo gli itinerari.

Un tratto caratteristico degli individui, messo in luce attraverso numerosi test con l'oculometro su simulatori di aereo e successivamente applicato su simulatori di veicoli terrestri è la dipendenza del campo visivo con il comportamento a scansione degli occhi alla ricerca di un'informazione. In condizioni di affaticamento il fenomeno è ampiamente studiato: l'occhio del conducente vaga con maggiore intensità, soffermandosi più a lungo nella lettura

dell'informazione inviata sia essa proveniente dal paesaggio circostante o dalla stessa strumentazione di bordo.

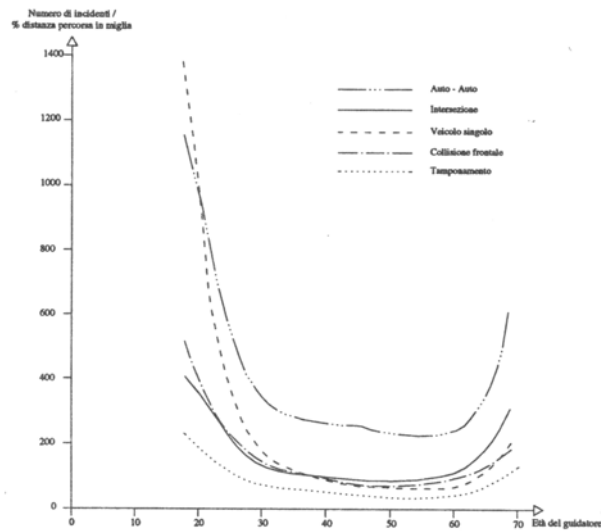


Figura 1.3- Tasso d'incidentalità maschile per le diverse età in incidenti con morti e feriti gravi, in Gran Bretagna in un periodo di due anni (Jones, 1976).

Un ulteriore parametro significativo che condiziona la qualità della prestazione è l'età: si registrano variazioni significative dai giovanissimi fino ai vent'anni e negli anziani. Vi sono numerosi studi che hanno messo in luce come il ruolo del sesso sia ininfluente nella ripartizione degli incidenti, mentre un ruolo decisamente più importante hanno le caratteristiche psicofisiche dell'individuo e la sua esperienza di guida. Sono tuttora oggetto di studio i comportamenti di guida che derivano dal sovrapporsi di tratti caratteristici delle diverse sfere, in particolare si tende a mettere in relazione il fenomeno della disattenzione e dell'assunzione del rischio, l'errata valutazione della distanza di sicurezza, il tempo di reazione e l'uso dello sterzo. Tali aspetti successivamente vengono messi in relazione con il livello degli stimoli e con il carico di lavoro.

I tipi di sistemi ed i meccanismi sottoposti al controllo dell'uomo, sia sul posto di lavoro che nella vita di tutti i giorni, variano continuamente, come pure l'influenza della natura sui meccanismi stessi ed i requisiti necessari per la loro utilizzazione. In generale, qualunque sia la natura del sistema, le funzioni umane richieste possono essere quelle di fornire input, di elaborare informazioni

finalizzate alla decisione, di azione e responso. Gli errori di riconoscimento dipendono in buona parte dalla cattiva percezione degli input provenienti dall'esterno e dalla macchina, prevalentemente attraverso la vista. Nel caso citato della guida notturna, ad esempio, vi sono diversi aspetti che hanno incidenza sulla cattiva percezione e che hanno una qualche relazione con gli incidenti.

Per quanto concerne l'illuminazione artificiale una buona prassi è quella che si sta seguendo nelle gallerie stradali che prevede dei tratti di "transizione" in particolare in ingresso e uscita dalla galleria che permettono l'adattamento *fotopico*, *scotopico* e *mesopico* a seconda delle condizioni di illuminazione esistenti al di fuori di questa. Le caratteristiche della luce e la sua intensità, la distribuzione delle lampade lungo la carreggiata, sono fattori che incidono in grande misura sulla qualità della percezione: le statistiche, infatti, confermano come la presenza d'illuminazione sia uno degli elementi che contro ogni ragionevole dubbio, ha incidenza consistente sulla riduzione del numero di incidenti. Il fenomeno deriva principalmente dal fatto che gli automobilisti in condizioni di guida notturna ed in assenza di illuminazione tendono a marciare ad una velocità superiore a quella compatibile con lo spazio d'arresto. Tale fatto deriva principalmente dall'alterazione del campo di visione e risulta determinato dalla propensione dei conducenti a dare maggiore rilievo al campo periferico del cono visivo e a basarsi sulla visuale dinamica degli elementi in esso contenuti quali il guard-rail, la vegetazione, ecc. Questi fattori portano all'inevitabile sottostima dello spazio d'arresto.

L'ausilio del simulatore consente di determinare in maniera scientificamente valida la relazione esistente tra familiarità del percorso e comportamento; in assenza di familiarità, infatti, il conducente tende a mantenere un campo visivo molto più ampio rispetto al caso di buona familiarità con il percorso; in questo caso il campo visivo tende ad essere confinato in un campo molto più ristretto. Per ovviare all'inconveniente della scarsa familiarità si può operare attraverso l'interposizione non ambigua di segnalazioni ed avvisi sulle caratteristiche del percorso. Tale fattore può comunque interferire con la problematica inerente la relazione fra densità e sequenza dei segnali, con le conoscenze sulla scansione

visiva e le relative reazioni, per cui è necessaria particolare cura nella scelta progettuale.

Il campo speculativo di questo settore di ricerca e le implicazioni sul progetto derivanti dal sistema informativo prescelto, richiedono un approfondimento seppur sintetico delle problematiche sottese, al fine di evidenziare quanto la qualità di un progetto possa dipendere dall'ottimizzazione del flusso d'informazioni che investe il recettore preposto a svolgere compiti di particolare importanza e delicatezza quali quelli degli operatori alla guida ed al controllo dei sistemi di trasporto.

Con riferimento alla Figura 1.4 per rappresentare il processo di acquisizione delle informazioni da parte di un operatore, ci si serve di modelli che si basano sulla pluralità di canali di trasferimento d'input, dalla macchina e dall'ambiente.

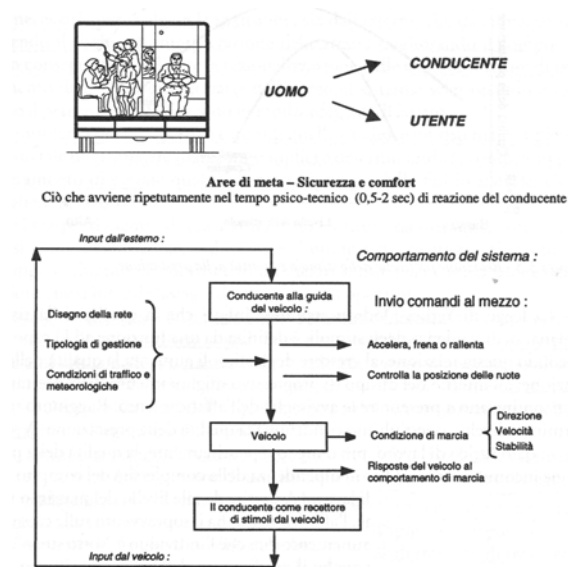


Figura 1.4- *Relazione diretta "Veicolo/Sistema di gestione del servizio/Uomo".*

Oltre alla variazione delle forme di invio delle informazioni variano anche i processi cognitivi, ossia le modalità con cui le immagazziniamo. Tali forme condizionano le risposte e le reazioni dell'uomo; esse hanno, per la coerenza o la maggiore e minore ambiguità insita nell'input, un ruolo decisivo sulle possibilità che vengano commessi errori da parte dell'uomo. Il modello di TI è finalizzato

alla messa a punto dell'organizzazione degli input da trasmettere alla "componente uomo" e di conseguenza come layout per il progetto d'interfaccia per quanto attiene i fattori umani.

In sintesi l'ipotesi che sta alla base della costruzione di un modello di TI, è quella di un flusso d'informazioni che investe un sistema rappresentato attraverso diversi comparti o celle cognitive, scambi e processi di trasformazione, mentre la teoria che interpreta tali processi e tali scambi può essere differente.

Nella Figura 1.5 è schematizzato in modo semplificato il trattamento nella mente di un'informazione proveniente dall'esterno attraverso un modello a tre celle di memoria.

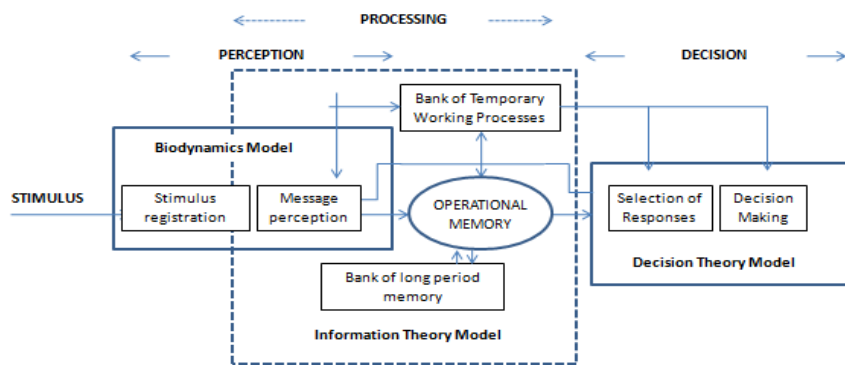


Figura 1.5-Modello di teoria dell'informazione TI a tre celle di memoria.
(Wickens – Gordon – Liu 1997)

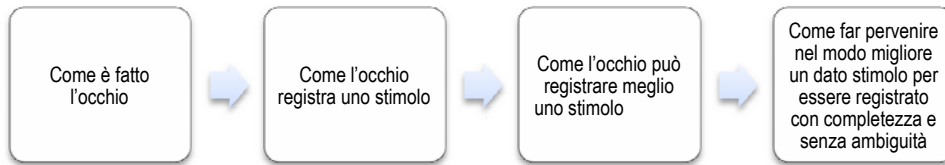
In figura è riportato il modello a tre celle di memoria utilizzato per rappresentare il processo mentale di elaborazione di un'informazione pervenuta al conducente sottoforma di stimolo attraverso la vista.

La prima fase del modello riguarda l'acquisizione degli stimoli provenienti dall'esterno da parte dell'uomo, attraverso gli organi di senso, in particolare attraverso la vista; lo stimolo, una volta registrato, si trasforma in un tracciato sensoriale che viene immagazzinato in quella parte della mente definita "registro degli stimoli" o "memoria delle sensazioni".

La figura mette, inoltre, in evidenza un'interazione della fase di percezione con la "memoria di lungo periodo" e con la "banca temporanea dei processi di lavoro" attraverso la "memoria operativa".

La “*memoria di lavoro*” è quella attività di processo a cui viene sottoposto uno stimolo quando questo risulta ambiguo, o è così infrequente dallo scomparire dalla traccia dalla “*banca della memoria di lungo periodo*” dalla quale la fase di percezione si alimenta.

La “*memoria operativa*” interessa quell’attività cerebrale di breve termine a cui viene sottoposta un’informazione che ha bisogno di un riscontro immediato. Confrontandola con l’esperienza pregressa, attraverso la registrazione di segnali e processi di lavoro aventi determinate caratteristiche percettive è costantemente attiva; infatti può essere considerata come il banco di lavoro nel quale si confrontano, si valutano e si trasformano le informazioni in modelli cognitivi. Tali modelli vengono trattenuti nella memoria almeno fino al completamento del processo operativo, il quale è caratterizzato dalla risposta selettiva e dalla scelta della decisione da intraprendere. La “*memoria operativa*” alimenta quella di lungo periodo se il processo è ripetitivo o introduce/sostituisce una parte di essa nell’eventualità sia stata registrata una modifica dello stimolo connesso alla stessa informazione. La prima fase del modello di Teoria dell’Informazione riguarda la ricezione degli stimoli attraverso gli organi della vista, dell’udito, dell’olfatto e del gusto. Questa fase è molto importante e fa parte dell’intero processo mentale che termina con la decisione e su cui si basa l’attività di ricerca sui Modelli Biodinamici e finalizzata a mettere in luce le caratteristiche fisiologiche e funzionali di base di tali organi sensoriali ed insieme a studiare la modalità, la struttura e l’organizzazione attraverso cui un’informazione, in forma di stimolo, può essere colta con la maggiore facilità ed efficienza. Lo stimolo una volta registrato dalle cellule ricettrici, si tramuta in un tracciato sensoriale il quale viene immagazzinato nel registro degli stimoli o nella “*memoria delle sensazioni*”. Il meccanismo del processo di registrazione dello stimolo, soprattutto ai fini della necessità che la traccia fissata in memoria non sia ambigua ed il messaggio risulti completo, è uno dei fondamenti della ricerca della biodinamica che si basa su sequenze del tipo:



Il registro degli stimoli è composto da più tracciati per modalità di sensazione ed è tale da costituire a tutti gli effetti una banca di tracciati temporanea; un tracciato, infatti, contiene numerose e dettagliate informazioni, ma è attivo soltanto per un breve periodo di tempo, dell'ordine di pochi minuti o secondi. L'informazione pervenuta al registro degli stimoli può essere ulteriormente sottoposta ad un'ulteriore fase di analisi chiamata "percezione". Il passaggio dalla "sensazione" alla vera e propria percezione interessa tutti quegli stimoli che possono assurgere al rango di informazioni da conservare nella banca dati della memoria di lungo periodo od anche che siano necessari per la decisione conseguente da assumere, in funzione del compito che si sta svolgendo. Nella fase di guida molti stimoli che provengono dal sottofondo indistinto dell'ambiente, quali la luminosità, il rumore, pur recepiti dagli organi del senso vengono scartati, perché ininfluenti nell'economia del compito espletato.

In generale si potrebbe dire con più correttezza che tutti gli stimoli vengono sottoposti ad una fase di percezione, ma molti di essi vengono automaticamente scartati senza l'intervento "attivo" della fase di percezione stessa. La fase di percezione seleziona, confronta e smista gli stimoli verso la "memoria operativa", la banca della memoria di lungo periodo, o direttamente, attraverso una selezione delle possibili risposte verso la decisione. Dando significato allo stimolo nella fase di percezione assegniamo l'informazione, arricchita di significato, ad una delle tre destinazioni.

Dalla Figura 1.5 si nota come esista un'interazione della fase di percezione con la banca della memoria di lungo periodo e la banca temporanea dei processi di lavoro attraverso la memoria operativa.

La memoria di lavoro è quell'attività di processo a cui viene sottoposto uno stimolo quando per la sua comprensione non è sufficiente la più rapida ed immediata attività di percezione, ossia quando nei casi più frequenti lo stimolo è

ambiguo, o è talmente infrequente fino a scomparire dalla *banca della memoria di lungo periodo* della quale si alimenta la fase di percezione. La memoria operativa interessa quell'attività cerebrale di breve termine cui sottoponiamo un'informazione che ha bisogno di analisi più dettagliate. L'apporto di nuovi stimoli, l'aumento del numero d'informazioni e il parallelo contributo del patrimonio proveniente dalla banca temporale dei processi di lavoro può essere d'ausilio nel chiarire il significato di una informazione percepita in modo ancora insufficiente, tramite l'apporto delle esperienze conservate nella banca di memoria di lungo periodo. La "memoria operativa" è costantemente attiva; essa è il banco di lavoro dove si confrontano, si valutano, si trasformano le informazioni in modelli cognitivi. Il modello cognitivo viene trattenuto nella memoria fino al compimento della risposta selettiva ed all'avvio del processo decisionale.

La memoria operativa alimenta quella di lungo periodo se il processo è ripetitivo o introduce/sostituisce una parte di essa nell'eventualità questa sia stata registrata a causa per esempio di una modifica dello stimolo connesso all'informazione. Un processo cognitivo elaborato nella memoria centrale, richiede, per poter operare efficacemente, un'archiviazione da utilizzare come risorsa dell'attenzione. Il particolare stimolo visivo della prima buca di una strada che percorriamo la notte è percepito, inviato alla memoria centrale ed elaborato attraverso un processo cognitivo che consentirà di riconoscere per tempo le successive buche. Questo livello di memoria è di breve periodo ed è attivo costantemente fintanto che un segnale diverso non indichi ad esempio il termine di quella strada per l'immissione della stessa su un'altra infrastruttura. Quel modello cognitivo, probabilmente già presente nella memoria di lungo periodo viene rinfrescato, mentre decade nella memoria centrale di lavoro dove era stato conservato come risorsa dell'attenzione. Per i riflessi sul progetto dell'interfaccia viene posta particolare attenzione su ciò che si trova nel registro sensoriale o fase di "pre-attenzione" e nella memoria di lungo periodo.

La fase di "pre-attenzione" costituisce il cuore dei modelli biodinamici: in tale settore le attività sono prevalentemente di ricerca e i risultati in essa conseguiti sono disponibili in forma già sintetizzata, attraverso manuali per l'approntamento di apparecchiature di trasmissione d'informazioni,

prevalentemente sonore e visive, o anche che costituiscono gli input fondamentali per l'approntamento dei modelli di Teoria dell'Informazione e Teoria della Decisione.

La "memoria di lungo periodo" ha viceversa forti implicazioni sul progetto dei sistemi di trasporto e costituisce il cuore dei modelli di TI. La fase di percezione è un processo di conoscenza che si avvia in presenza di uno stimolo ed è orientato ad individuare, categorizzare ed organizzare l'informazione. I dati sensoriali si trasformano in una rappresentazione mentale che può essere costituita da un concetto od una immagine: questi tracciati sono gli elementi con i quali si opera nella memoria centrale. La trasformazione in tracciati concettuali o di immagine è necessaria soprattutto per sintetizzare l'informazione pervenuta attraverso un numero consistente di input sensoriali, la percezione consente di effettuare una mappatura riducendo in poche rappresentazioni un flusso di stimoli spesso estremamente elevato. Tale attività si basa in primo luogo sull'analisi delle caratteristiche degli stimoli ed in secondo luogo sull'analisi della coerenza, dell'omogeneità e della complessità degli stessi finalizzata alla costruzione dei tracciati. Non è di secondaria importanza l'analisi delle caratteristiche degli stimoli in linea con le aspettative del recettore, elemento quest'ultimo che determina il prolungamento del tempo speso per la sua comprensione, poiché ogni stimolo deve essere confrontato con la memoria di lungo periodo, per attuare questo confronto sembrerebbe necessario effettuare una scomposizione in fattori caratteristici dello stimolo che saranno quelli che verranno sottoposti a confronto.

Attraverso la fase di confronto con gli elementi dei tracciati di lungo periodo il riconoscimento della rispondenza tra stimolo e percezione riduce la consapevolezza che gli stimoli riguardino un determinato tracciato. Sono stati sviluppati numerosi test su questo processo di scomposizione in fattori e sul confronto, in particolare allo scopo di evidenziare il ruolo che assume l'ambiente di sottofondo, il contesto operativo, e la caratteristica dello stimolo nel condizionare il suo stesso riconoscimento e consentirne la percezione. Per illustrare questo è sufficiente un semplice esempio utilizzato da Wickens, Gordon

e Liu (1997) che dimostra come un simbolo identico possa facilmente venire “percepito” diversamente a seconda del contesto di riferimento.

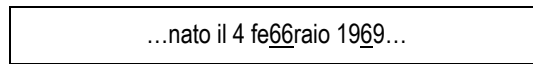


Figura 1.6-*Effetto dell'ambiente sulla percezione dello stimolo*

Il numero 6 viene interpretato come una lettera b minuscola o un numero a seconda del suo posizionamento.

Un altro processo cognitivo relativo alla Figura 1.6 è quello dell'associazione stimolo – contesto che permette la comprensione dello stesso. Nel caso in figura non è necessaria la scomposizione della lettera in caratteristiche singole al fine di valutare se esse combacino con quelle immagazzinate nella memoria di lungo termine; l'interpretazione dello stimolo come lettera o numero deriva dal contesto di riferimento: una parola e un anno composto da 4 cifre. Questo processo di “unificazione” di più caratteristiche in un medesimo tracciato viene utilizzato dalla mente umana anche per il riconoscimento dei simboli; in questo caso l'associazione di uno o più simboli/immagini e la loro unificazione, determina la consapevolezza del messaggio in esso contenuto. L'utilizzo dell'unificazione delle caratteristiche del simbolo nel contesto di riferimento, sia questo una parola o un codice numerico, è il più frequente campo di lavoro della mente. La familiarità con molte parole, ad esempio, comporta l'uso costante dell'unificazione nella lettura; questo processo è estremamente importante, in particolare, in ambienti disturbati o degradati. I concetti basilari dell'unificazione ed il processo relativo che utilizza la mente per l'interpretazione di una “traccia”, costituiscono gli elementi principali del progetto dei display che si vanno sempre più affermando, considerati quali strumenti principali di invio delle informazioni in sistemi complessi.

Nel progetto delle caratteristiche dell'informazione dei segnali da inviare attraverso display, alla luce di quanto detto sulle caratteristiche di percezione e acquisizione delle informazioni, si raccomanda che vengano assunti alcuni accorgimenti: in primo luogo è necessario verificare la compatibilità delle caratteristiche degli stimoli con la banca dati delle informazioni caratteristiche

conservate in memoria. L'aspetto della compatibilità ha una forte incidenza sul tempo necessario per la percezione e, nella memoria operativa, per raggiungere la consapevolezza. In attività delicate e di emergenza, la compatibilità dei tempi della decisione può rivelarsi determinante per l'azione richiesta, come altrettanto importante risulta l'impiego di elevati gradi di compatibilità in contesti degradati e disturbati.

L'impiego di tecniche ed accorgimenti, derivanti dai modelli biodinamici, quali le caratteristiche la scelta delle modalità di scrittura maggiormente compatibili con la vista dell'occhio umano, sono ulteriori elementi di riferimento per il progetto. L'occhio umano, infatti, distingue meglio le impronte di caratteri a stampa piuttosto che non la scrittura in corsivo, la scrittura a stampa è anche compatibile con i lettori computerizzati che costituiscono validi sistemi impiegati nel progetto dell'interfaccia in ausilio al "componente uomo"; isolare le parole, distanziarle opportunamente, utilizzare all'interno di una frase caratteri maiuscoli o minuscoli, sono ulteriori fattori per la migliore percezione degli stimoli da parte dell'occhio e per la fase successiva di confronto con le caratteristiche della banca della memoria di lungo periodo allo scopo di raggiungere la comprensione dell'informazione. Tale fase di percezione e "comprensione" è disturbata dalla presenza per esempio di abbreviazioni soprattutto quando con queste non si ha familiarità. Nella necessità di utilizzare parole abbreviate è opportuno servirsi delle formule con cui l'utente ha familiarità oltre a parole brevi e di effetto, come ad esempio SOS. Ulteriori accorgimenti possono essere l'utilizzo delle prime lettere maiuscole della parola soprattutto quando possono essere rafforzative di un messaggio che si intende trasmettere. Un campo di importante interesse nei modelli di TI è costituito dall'impiego dei simboli per trasmettere un messaggio. Nei mezzi di trasporto, la maggior parte delle apparecchiature è costituita da strumenti di controllo identificabili attraverso simboli, con la maggior parte dei quali si ha familiarità; l'impiego dei simboli introduce al più ampio campo di lavoro, relativo al riconoscimento degli oggetti ed all'identificazione degli stessi nello spazio della visuale.

La progettazione delle infrastrutture di trasporto e degli accorgimenti di segnalazione e protezione delle stesse è uno dei settori ove maggiormente si riflettono queste conoscenze e questi concetti.

Una delle concettualizzazioni più affermate, sulla quale si riferiscono numerosi modelli di *TI* è quella dei “*Geons*” proposta da Biederman nel 1987; tale modello prevede la scomposizione di un oggetto articolato nella mente attraverso forme base che, in analogia alle lettere, compongono ogni struttura complessa, e che consentono di raggiungere la fase della comprensione di uno stimolo mediante il confronto con le forme base immagazzinate nella memoria di *L.P.*. A differenza della parola che può essere catturata nel suo complesso, per interpretare simboli che potrebbero essere del tutto ambigui se presi isolatamente (la lettera *b* e il numero *6* dell’esempio precedente), nel caso delle forme, in ausilio alla comprensione della quale la sola forma potrebbe essere altrettanto ambigua, intervengono altre caratteristiche quali il colore, il contesto in cui il simbolo è inserito, l’attività per la quale l’apparecchiatura che stiamo utilizzando è preposta.

La concettualizzazione in “*geons*” è utile perché è coerente con il processo cognitivo che nel caso delle lettere di una parola è stato dimostrato in molteplici esperimenti. L’oggetto interessato dall’analisi viene scomposto in forme base “*geons*”, successivamente ad ognuno di questi si assegna una categoria sulla base della rispondenza con le forme della banca di memoria. Si identifica l’oggetto sulla base dei *geons* e sul loro assemblaggio. Questa prima fase di analisi, come detto, richiede quale caratteristica principale l’introduzione dei confini delle forme base le quali sono l’elemento critico del riconoscimento; in questa fase le altre caratteristiche quali la struttura, il modello, il colore non sono utilizzati. In analogia con la parola che viene inserita in una frase che possiede un senso familiare e che di conseguenza non necessita di essere analizzata singolarmente lettera per lettera, il contesto nel quale è inserito l’oggetto, pare possa comportare il medesimo processo cognitivo semplificato: di un cartello stradale basta cogliere alcune caratteristiche di forma e colore e generalmente esistono solamente pochi simboli per identificare l’informazione, come ad esempio il palo del cartello stesso. L’utilizzo di altre caratteristiche, dopo

L'analisi della forma, avviene in presenza di interpretazioni ambigue: l'analisi del colore, il contrasto con il sottofondo, il dettaglio dei confini delle forme sono ulteriori caratteristiche ricercate per discriminare fra diverse possibili modalità di percezione. Uno dei passaggi importanti nella predisposizione di modelli di *T.I.* si basa sul processo di trasferimento dalla fase di percezione alla fase di elaborazione di un messaggio che è specifica della memoria operativa. Nella Figura 1.5 è stata indicata la relazione esistente fra percezione e selezione della decisione, attraverso l'utilizzo della banca della memoria relativa alle procedure (Banca Temporanea dei Processi di Lavoro). Nel caso delle attività connesse al controllo ed alla guida dei mezzi di trasporto esempi di tale relazione (percezione ed elaborazione del messaggio) ve ne sono diversi: si pensi al conducente che richiama all'attenzione operativa tutti quei processi caratteristici del cambio di marcia, di segnalazioni di svolta ecc.. Alla percezione consegue nella maggior parte delle situazioni il passaggio diretto alla fase di selezione delle risposte, il riconoscimento dell'adeguatezza di una di esse viene registrato come il più adeguato alla decisione. Il passaggio dalla percezione alla memoria operativa, viene attuato quando è richiesta una pronta e costante trasformazione ed elaborazione delle informazioni. Nel caso in cui l'informazione non venga adeguatamente riconosciuta è necessaria la sua elaborazione o solamente di una parte di essa per raggiungere la comprensione del messaggio. Solo una parte degli stimoli derivanti dalla lettura del messaggio viene trasferita a questa fase operativa, la necessità di elaborare celermente tutte le informazioni non consente infatti l'immagazzinamento di un grosso quantitativo di stimoli. La caratteristica peculiare della capacità cognitiva dell'uomo è quella di selezionare e concentrarsi su pochi tracciati significativi di un'informazione scartandone altri, ed anche quella di estrapolare ciò che è necessario da un contesto disturbato. Una particolare situazione richiede normalmente una maggiore attenzione su alcune caratteristiche piuttosto che su altre soprattutto quando la mansione deve essere svolta all'interno di contesti disturbati. Questo aspetto è molto frequente nella fase di guida (nell'affrontare una curva, in fase di atterraggio di un velivolo o di ormeggio di un natante), durante tale fase il conducente estrapola le informazioni

essenziali per compiere la manovra richiesta e di fronte a stimoli ambigui, seleziona ancor più elementi dell'informazione complessiva.

Tali elementi pervengono dal mezzo, dall'ambiente e vengono elaborati all'interno della memoria di lavoro al fine di assumere le decisioni corrette conseguenti. Questo processo naturale della mente può venire tuttavia alterato con l'invio di un numero d'informazioni "apparentemente" importanti nello stesso istante; per esempio la concentrazione di segnali stradali lungo un breve tratto di strada determina situazioni a rischio per l'impossibilità di elaborare contemporaneamente un carico di stimoli troppo elevato nella memoria operativa. Questa problematica ha un ruolo fondamentale nel progetto di moderni velivoli dell'aviazione civile, dove la selezione, la frequenza, la densità dei messaggi viene stabilita dal computer sulla base delle risultanze di campioni numerosi di piloti a riguardo delle informazioni di cui essi hanno maggiormente bisogno al variare della fase di volo od in presenza di anomalie del sistema. L'evoluzione dei sistemi informativi in campo aeronautico scaturisce prevalentemente dall'impiego di complessi simulatori di processo. L'impiego del computer nella selezione delle informazioni da inviare alla "componente uomo" richiede molta attenzione sulle questioni relative al numero ed alle caratteristiche delle informazioni da trasmettere ed alle modalità con cui è necessario farlo. Il modo in cui vengono trasmesse le informazioni ha grossi riflessi nell'impiego dei display che devono essere concepiti in modo tale da discriminare fra esse, gerarchizzandole e facendo in modo di catturare l'attenzione dell'operatore alle modalità richieste.

L'impiego di piani sovrapposti, di cromatismi, di caratteri differenti, di numeri, lettere e simboli opportunamente selezionati, congiuntamente alla creazione di un ambiente "familiare" attraverso il training, sono gli elementi principali che costituiscono tale attività di progetto. Il training riveste notevole importanza per quanto concerne il miglioramento delle condizioni di sicurezza, affidabilità e comfort nei sistemi di trasporto. Il processo teso a stabilire la ricerca della visuale e del suo mantenimento, è uno degli aspetti rilevanti nello studio del comportamento dell'uomo alla guida.

Al fine di mantenere un appropriato controllo del mezzo, il guidatore attiva una serie di accorgimenti che possono facilitargli tale compito, come ad esempio il mantenimento del cristallo pulito, l'assumere quale riferimento delle traiettorie la segnaletica orizzontale sulla carreggiata, la ricerca di possibili ostacoli sulla pavimentazione. I movimenti dell'occhio sono necessari per mantenere costantemente attivo il campo di visuale.

In bibliografia vi sono numerose ricerche riguardanti i processi che regolano la visuale, tesi a loro volta ad individuare il "*saccadic eye movements*" cioè il repentino movimento dell'occhio superata una certa soglia, che è strettamente legato alla percezione dell'oggetto. Tale movimento può essere caratterizzato da un insieme di variabili critiche: iniziale latenza, destinazione dello sguardo, tempo (o velocità) in cui viene effettuato il movimento, durata della pausa e familiarità del campo di visuale in osservazione.

La latenza iniziale non è attualmente una variabile ben quantificata, al contrario del tempo di movimento dell'occhio che si aggira in fase di quiete sui 50 movimenti al secondo. Durante il periodo in cui viene osservato tale fenomeno l'individuo può percepire sia informazioni intrinseche a quanto viene fissato (es. quando si legge una parola lunga si assume una pausa di concentrazione maggiore rispetto ad una breve) sia informazioni astratte, influenzate dalla qualità dello stimolo ed alla necessità di trasformare il segnale in percezione. Nel descrivere l'operazione di ricerca del campo di visuale, alcuni ricercatori hanno introdotto il concetto di "target" e "non target", che distingue i movimenti dell'occhio durante le fasi di attenzione e di disattenzione definendo i secondi come quelli che consentono di percepire ciò che si presenta nel campo visivo. In letteratura vengono riportati diversi metodi che illustrano come il target possa essere calcolato quale funzione del tempo di osservazione e del numero di oggetti presenti nel campo visivo. Tali modelli sono stati impiegati per comprendere il comportamento dell'individuo durante l'espletamento di differenti attività, come quando si esegue la ricerca da un elenco telefonico, quella di un comando dal menù di computer, oppure come interviene sulla plancia dei comandi un pilota d'aereo nel momento in cui avverte una situazione di pericolo. Dai modelli di TI a quando la ricerca della visuale è strutturata,

normalmente l'individuo tende, secondo il proprio stereotipo, a cercare l'informazione con movimenti sistematici come: dall'alto verso il basso o da sinistra a destra. Tuttavia se lo spazio non è organizzato, si tende a compiere un processo *random* per l'assenza di un preciso ordine col conseguente rischio della perdita delle informazioni.

Le modalità in cui il guidatore percepisce le informazioni provenienti dall'esterno, come detto in precedenza, sono alla base dei modelli di Teoria delle Informazioni; l'ambiente di guida tipicamente contiene molte più informazioni di quanto la mente umana possa percepire ed elaborare normalmente.

La complessità dell'ambiente circostante crea una serie di differenze individuali nella percezione visiva del guidatore, in un ambiente dinamico la decisione deve essere presa dopo un prefissato periodo di tempo in quanto i compiti da svolgere sono dipendenti dall'analisi dell'ambiente circostante la quale avviene in *real time*. Endsley nel 1995 in uno studio riguardante "la teoria della consapevolezza della situazione nei sistemi dinamici" sottolinea come la comprensione dell'ambiente circostante risulti fondamentale nel processo decisionale. La percezione olistica dell'ambiente circostante è spesso soprannominata "*consapevolezza della situazione*" ("*Situation Awareness*"). In questo studio vengono definiti tre livelli gerarchici inerenti il processo di informazione necessari per raggiungere l'SA. Il primo livello include la percezione degli elementi nell'ambiente circostante (come suoni, texture e oggetti), nel secondo livello gli elementi vengono combinati allo scopo di creare un concetto coerente della situazione attuale. Questa fase è critica in quanto gli operatori inesperti devono acquisire esperienza delle difficoltà di integrazione degli elementi allo scopo di creare una comprensione "olistica" dell'ambiente circostante. Il terzo e più alto livello gerarchico include la proiezione della situazione attuale riferita al futuro più immediato e vicino. L'integrazione degli elementi è basata sulla struttura di memoria a lungo termine conosciuta come *schemata*. Tale struttura fornisce una maniera efficiente di gestire il sovraccarico d'informazioni provenienti dall'ambiente circostante. Questa è una fase critica in cui gli operatori inesperti potrebbero incontrare difficoltà ad integrare gli elementi per creare una comprensione generale dell'ambiente circostante. Il terzo

livello gerarchico comprende la proiezione della situazione attuale riferita al futuro immediato e prossimo. L'integrazione dei vari elementi si basa su strutture di memoria a lungo termine note come "schemi", strutture che forniscono modi efficaci per superare il sovraccarico di informazioni nell'ambiente; anche se in questo processo molti dettagli della situazione possono essere perduti, le informazioni diventano più coerenti e organizzate ai fini della conservazione. Hintzman del Dipartimento di Psicologia dell'Università dell'Oregon nel 1986 aveva già enunciato il principio degli "schemi": con l'acquisizione di una maggiore esperienza i nostri schemi divengono sempre meno astratti. Il modo di considerare lo schema quale struttura temporanea e dinamica, riassume le informazioni che si trovano in memoria.

Quando l'informazione estratta dal contesto è incompleta, lo schema può anche servire ad organizzare meglio i dettagli, questo processo risulta in gran parte basato sulle aspettative dell'osservatore. Più tracce permangono nella memoria del guidatore, più astratto sarà lo schema; così, un singolo schema può servire per organizzare un vasto numero di informazioni. Un ruolo chiave dell'esperienza in qualsiasi abilità - tra cui la guida - è di fornire un mezzo per integrare gli elementi in una visione "olistica". Il processo di "astrazione" dello schema consente di manipolare grandi quantità d'informazioni, mentre l'esperienza ha un impatto diretto sul processo di astrazione dello schema.

In uno studio sulla "teoria dell'automatizzazione", Logan (1988) ha sottolineato come esista una differenza significativa tra un pilota esperto e uno debuttante; questa differenza di risultati esiste in quanto il guidatore con esperienza conserva un numero maggiore di "schemi" in memoria che gli consentono di ricostruire le diverse situazioni velocemente basandosi su poche informazioni. L'esperienza offre anche l'opportunità di incontri ripetuti con lo stesso stimolo e questo porta ad affrontare le varie situazioni con maggiore automaticità consentendo un più rapido recupero della soluzione attraverso la memoria a lungo termine senza l'utilizzo di un algoritmo.

1.2 La percezione visiva alla guida

La conoscenza fisiologica dell'occhio umano, derivata dallo studio di modelli biodinamici, ha fornito importanti conoscenze sull'alterazione della percezione visiva nelle zone periferiche della retina e nella periferia del campo visivo. L'interposizione nel campo visivo della segnaletica orizzontale e verticale, quale ad esempio quella atta a consentire al conducente la valutazione della velocità e dello spazio d'arresto nel caso di nebbia ed al variare della sua intensità, è uno dei prodotti della ricerca derivati dall'applicazione di tali modelli.

Nel settore stradale un ulteriore importante aspetto nel delicato rapporto esistente tra stimolo ed acquisizione delle informazioni riguarda le modalità in cui vengono assunte le decisioni come sterzata, arresto e decelerazione. L'errore che deriva da un comportamento sbagliato talvolta è correlato alla valutazione del rischio derivante dalla decisione da assumere. Un fattore che è tuttora in fase di analisi, è quello derivante dalla diversa propensione al rischio da parte degli individui: lo stesso individuo può essere afflitto da stati psicofisici differenti. Un dato assoluto, comunemente accertato in tutti gli individui, riguarda quello di ritenersi immuni dal rischio di errore. Dal riscontro effettuato sugli incidenti, infatti, è stato dedotto come questi abbiano principalmente luogo a causa di un'errata valutazione della velocità di marcia e del conseguente spazio di arresto. Il problema della conoscenza delle caratteristiche dell'uomo legate all'apprendimento sta alla base del progetto dei modelli e dei sistemi di Teoria dell'Informazione, che costituiscono l'anello di congiunzione fra i modelli biodinamici e quelli di Teoria della Decisione.

1.2.1 I processi Top-Down e Bottom Up

Da studi su campioni significativi di individui, la percezione da parte dell'uomo di un oggetto varia al variare del tempo di osservazione, il cui andamento è riportato in Figura 1.7.

Le relazioni interne fra componenti del sistema

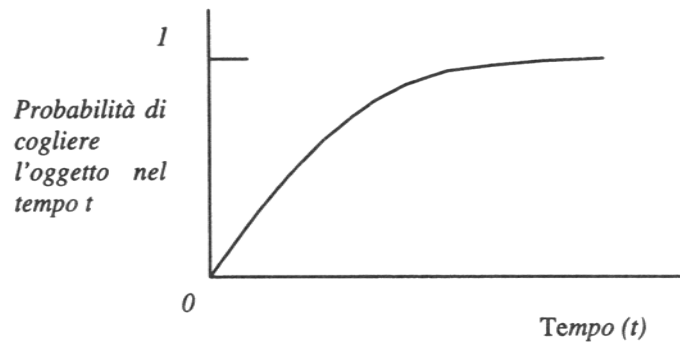


Figura 1.7- Descrizione della probabilità di recepimento dell'oggetto al trascorrere del tempo speso ad osservarlo (Fonte: Wickens.,Gordon, Liu 1997)

La ricerca dei modelli in grado di simulare tale andamento rappresenta un'importante spunto nello studio dei Fattori Umani soprattutto al fine della previsione del tempo critico di risposta.

I processi Top-Down partono da quando l'individuo ha già acquisito un bagaglio di esperienze, arrivando alla percezione degli stimoli più elementari.

I processi Bottom-Up nei quali gli stimoli partono dal livello più basso fino ad arrivare alla percezione cerebrale e all'intuito, sono i più utilizzati per simulare il comportamento dell'individuo.

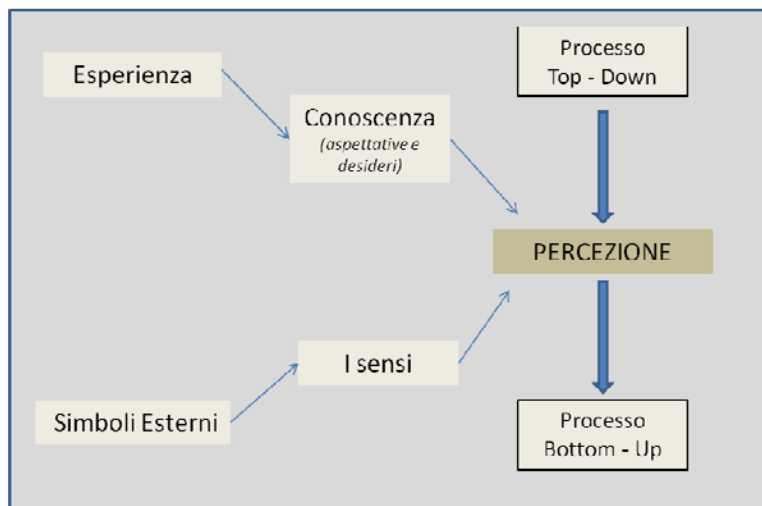


Figura 1.8- Schematizzazioni dei processi Top – Down e Bottom – Up.

Un esempio dell'applicazione di tale processo è dato dalla determinazione del tempo entro cui il conducente può guidare procedendo ad una velocità sostenuta senza che abbia alcuna percezione della segnaletica orizzontale e senza incorrere in situazioni di pericolo.

I modelli che utilizzano processi *Top-Down* e *Bottom-Up* si dimostrano non del tutto soddisfacenti in quanto non offrono una descrizione completa e dettagliata del fenomeno. La descrizione delle modalità di acquisizione delle informazioni tramite processi di tipo *Bottom-Up* influenza l'importanza dell'oggetto; alcuni oggetti, infatti, pur essendo presenti nel campo di visuale dell'osservatore non sempre vengono percepiti. Gli psicologi descrivono il fenomeno mettendo in evidenza il fatto che spesso l'individuo cerca un qualcosa di simile a quanto percepisce, perdendo tempo nella percezione di ciò che si presenta nel proprio spettro di visuale. Per esempio nel caso di "visuale parallela" non si percepisce un oggetto fermo se contemporaneamente ce n'è uno in movimento, oppure se ce n'è uno di identico colore sullo sfondo. Nello schema seguente sono elencate le principali proprietà degli oggetti che inducono ad una ricerca parallela.

1) Individuazione degli elementi dallo sfondo

- Nel colore, in particolare se gli oggetti hanno colore uniforme allo sfondo;
- Nella misura, soprattutto se l'oggetto è di dimensione diversa di quanto non ci si attenda;
- Nel movimento soprattutto se l'oggetto è fermo.

2) Semplicità:

- Se l'oggetto può essere individuato da una sola caratteristica (per esempio rosso, ma non rosso e piccolo).

3) Automaticità:

- Se l'oggetto è familiare.

Gli studi sulla ricerca della visuale hanno diverse implicazioni in numerosi altri campi; tra i più importanti si ricordano:

- Conoscenza degli effetti che possono aumentare la visibilità dell'oggetto, ad esempio la riflessione o la luminosità dello stesso;
- Conoscenza degli aspetti di miglioramento dei display al fine di incrementare la potenzialità del campo di visuale;
- Conoscenza del ruolo del processo Top-Down nella percezione, affinché possa consentire di individuare al meglio un oggetto: ad esempio, l'esperienza o la consuetudine nel posizionamento di alcuni segni, che evidenzino l'oggetto osservato, possono consentire di percepirlo in tempi più rapidi;

La conoscenza di alcuni particolari modelli della visuale è d'ausilio alla percezione di oggetti particolari. In tale direzione sembrano più idonei i processi Top-Down e l'uso di precisi parametri matematici per caratterizzare la relazione fra esperienza ed il passaggio a cambiamenti della visuale, in modo tale da consentire l'assorbimento di tali cambiamenti in assenza di pericolo.

La percezione di un oggetto varia al variare di diverse caratteristiche quali:

- Il tempo;
- L'abitudine ad osservare oggetti di determinate caratteristiche;
- L'attenzione;
- Il training.

Tali punti influenzano la percezione in maniera differente; si è potuto ad esempio constatare come un osservatore che è in procinto di riconoscere un oggetto, se riesce ad individuarlo in tempi contenuti, tende, con maggiore frequenza, a commettere errori percependo spesso qualcosa che non è presente nel suo campo di visuale. Per tale motivo normalmente in sede di progetto si fa un bilancio costi/benefici, quantificando il tempo impiegato a percepire l'oggetto come un costo e "l'errore di percezione" come un mancato beneficio. Infatti, a seconda delle circostanze, un maggiore impegno temporale per la percezione può rivelarsi necessario al fine di diminuire la probabilità di commettere un errore.

Spesso la percezione di un osservatore dipende dalla sua capacità di discriminare un oggetto dallo sfondo, anche se magari questo non viene messo completamente a fuoco.



Figura 1.9-*Condizioni di illuminazione sfavorevoli alla guida in sicurezza.*

Se egli sa con esattezza cosa si presenterà nel proprio spettro visivo, può affermare di averlo percepito oppure no, mentre al contrario se sa di poter individuare oggetti diversi ma simili tra loro, avrà una certa difficoltà nell'evidenziare cosa effettivamente si presenta nel suo campo di visuale. Ad esempio nel percepire un numero su un display, che può essere 60 o 66 l'osservatore generalmente percepisce la presenza del numero, senza tuttavia comprendere bene di quale dei due si tratti, per tale motivo avrà perciò bisogno di un tempo maggiore per percepirne il valore.

Uno dei fattori rilevanti che maggiormente influenzano la qualità della visione e direttamente la sicurezza è l'avanzare dell'età; questa provoca varie alterazioni dell'occhio, del cervello e quindi dell'efficienza visiva complessiva, la quale diminuisce in maniera sensibile soprattutto per quanto riguarda la sensibilità al contrasto e alle basse luci: in generale il guidatore in età avanzata soffre maggiormente di un calo della prontezza di individuazione dell'immagine più che della acuità visiva assoluta.

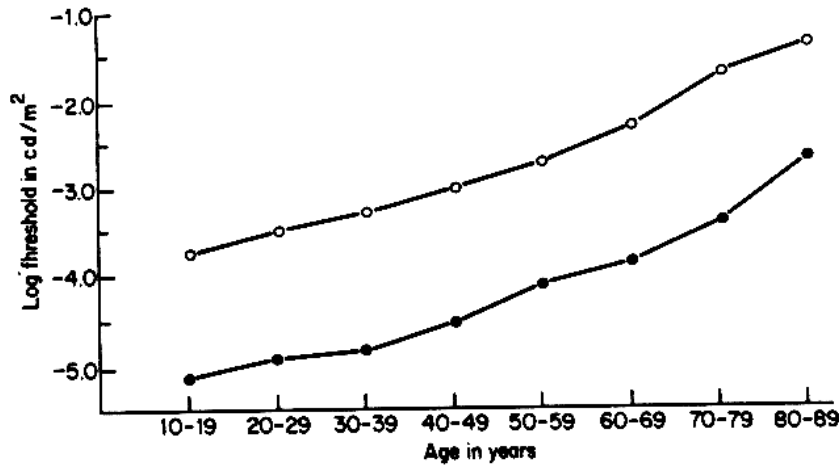


Figura 1.10-Rapporto fra la sensibilità alle basse luci e l'età

1.3 L'occhio e il fenomeno visivo

La visione è la porta di ingresso del 90% di informazioni necessarie alla guida, risulta estremamente importante progettare il campo di visuale dell'operatore e contemporaneamente organizzare tutte le informazioni che provengono dall'ambiente circostante. Dei cinque sensi il principale utilizzato durante la guida è la vista: l'occhio contiene i recettori per la visione, oltre ad un sistema di rifrazione che focalizza i raggi di luce sui recettori posti sulla retina. Dopo che gli occhi hanno convertito gli stimoli luminosi in informazioni neurali, il cervello deve codificare queste informazioni al fine di ricostruire internamente l'immagine acquisita, prima, e successivamente interpretarla al fine di estrarne rappresentazioni utili del mondo che ci circonda, per tale motivo l'uomo non percepisce solamente delle "gradazioni di luce", un insieme di linee curve o rette, ma facce, persone, oggetti e paesaggi. L'immagine che si focalizza sulla retina è un'immagine capovolta, ma sin dall'infanzia il cervello impara a capovolgere questa immagine per interpretarla correttamente. Questa immagine è una rappresentazione bidimensionale di un'immagine del mondo circostante che, come è noto, è a tre dimensioni.

L'interpretazione del mondo, quindi, è una trasposizione sotto un'altra forma della realtà: il cervello aggiunge, sottrae, riorganizza e codifica le informazioni sensoriali per fornire un'interpretazione la più possibile corretta del

mondo esterno. La base dell'assunto per cui gli oggetti vengono riconosciuti come un oggetto completo, e non come un insieme di parti, è il primo principio della percezione visiva. Tale principio può venire così riassunto: ogni essere umano percepisce le informazioni che provengono dal mondo esterno non come fatti isolati, ma li raggruppa in contesti significativi.

Le regole principali che il cervello applica allo scopo di verificare tale principio, possono essere così di seguito riassunte:

- **Regola della prossimità:** per la quale gli elementi più vicini vengono percepiti come parte di un insieme.
- **Regola della somiglianza:** secondo cui elementi simili o ripetuti vengono generalmente raggruppati.
- **Regola della simmetria:** il principio per cui vi è la tendenza a percepire come oggetti completi gli elementi che sono simmetrici rispetto ad altri che non lo sono.
- **Regola della continuità:** il principio per cui vi è la tendenza a seguire l'apparenza dell'allineamento generale degli elementi di una figura, regola alla base di ogni tipo di mimetismo.
- **Regola della chiusura:** il principio per cui vi è la tendenza a vedere le forme come delineate da un margine continuo ed ignorare eventuali interruzioni di tale continuità.
- **Regola del senso:** il principio per cui vi è la tendenza dopo aver percepito l'essenza di un disegno ad osservarlo secondo la nuova interpretazione e non più come lo si vedeva prima.

Altro principio fondamentale della percezione visiva è la cosiddetta "organizzazione della figura-sfondo" ovvero la tendenza a distinguere una figura dal suo sfondo e viceversa.

Guardando un'immagine si percepisce l'oggetto che sta in primo piano come figura principale e quello dietro, come sfondo. Quando però gli indizi sono scarsi o ambigui la mente può trovare delle difficoltà nel decidere a quale forma attribuire il significato di figura e a quale quello di sfondo.

Altro punto riguarda la percezione della profondità: il mondo che ci circonda, infatti, è tridimensionale, mentre l'immagine che si forma sulla retina è bidimensionale, vi sono due tipologie di indici che permettono di ricreare il mondo in maniera tridimensionale: indici monoculari basati sull'informazione proveniente da un solo occhio e gli indici binoculari che richiedono la combinazione delle informazioni provenienti da entrambi gli occhi.

Per quanto concerne gli indici monoculari fisiologici il più semplice di questi è l'“accomodazione” cioè il movimento del cristallino per mettere a fuoco un oggetto e che può dare una prima sommaria informazione sulla distanza dello stesso.

Gli indici monoculari cognitivi si basano sui seguenti principi:

- **L'interposizione** secondo il quale un oggetto sovrapposto ad un altro sembra più vicino.
- **L'elevazione** secondo cui più un oggetto è vicino alla linea dell'orizzonte più sembra lontano.
- **L'ombreggiatura** ovvero secondo cui le ombre danno sempre un'impressione di profondità.
- **La prospettiva lineare**, per la quale le linee che convergono verso un unico punto di lontananza danno l'impressione di profondità.
- **Il gradiente tissurale**: gli elementi che costituiscono la tessitura dell'immagine, cioè i fili d'erba, le pietre, i piccoli oggetti più sono diradati e mal definiti e più appaiono lontani.

Mentre per gli indici binoculari valgono i seguenti principi:

- **Convergenza oculare, il principio secondo cui** quanto più un oggetto è vicino tanto più gli occhi devono convergere per vederlo.
- **Disparità retinica**, secondo la quale le immagini che si formano nella retina sono leggermente diverse nei due occhi. La fusione di queste due immagini dà origine alla percezione binoculare o stereoscopia e produce buona parte della sensazione di tridimensionalità nella visione.

1.4 Le costanti percettive

Per visione s'intende il complesso dei meccanismi ottici, fotoelettrici, biodinamici, neurologici e psicologici che permette di acquisire l'immagine del mondo esterno e trasformarla nella sua ricostruzione a livello celebrale.

La percezione degli oggetti quotidiani non muta nel tempo nonostante i cambiamenti che possono presentarsi al variare delle condizioni di osservazione e quelli che inevitabilmente con il sopraggiungere dell'età, possono intervenire nella retina. La "costanza percettiva" aiuta il cervello a riconoscere allo stesso modo gli oggetti osservati anche se questi si allontanano, ruotano o subiscono delle variazioni di luminosità. Tale principio aiuta l'uomo nel processo decisionale, basandosi sempre sulle caratteristiche "reali" degli oggetti e dell'ambiente circostante, nonostante le eventuali variazioni con cui gli oggetti si possono manifestare.

La costanza percettiva si basa sul principio dell'invariabilità:

- **Dimensionale** ovvero la tendenza a percepire come costanti le dimensioni di un oggetto anche se esso appare più piccolo per effetto della distanza.
- **Della forma:** a dispetto delle variazioni subite dall'angolo di visualizzazione la forma resta costante.
- **Di colore:** i colori variano con la luminosità circostante, ma continuano ad essere percepiti alla stessa maniera.
- **Di posizione:** ovvero il principio per cui quando si cammina o si cambia direzione le immagini mutano nella retina, ma senza che l'ambiente esterno appaia in movimento relativo rispetto al soggetto.

La velocità delle pupille in movimento è elevatissima. Ricerche calcolano che ogni loro spostamento duri al massimo un decimo di secondo, intervallate da brevissime pause di circa 2 e 4 decimi di secondo. L'occhio umano, infatti, con i suoi movimenti rapidissimi cerca di catturare il maggior numero di informazioni nel minor tempo possibile. È noto, infatti, che le pupille non rimangono ferme neanche durante il sonno, ad una particolare fase del sonno è

stato dato il nome di fase REM (Rapid Eyes Movements o Movimenti Rapidi degli Occhi) proprio a causa di questa caratteristica. Grazie all'aiuto del cervello nel fenomeno visivo risulta difficile accorgersi immediatamente della ridotta dimensione del campo visivo utile, in quanto il cervello corregge costantemente l'immagine portandola a fuoco proprio grazie ai continui movimenti oculari di esplorazione dell'ambiente. Nel caso in cui il cervello non intervenisse in questo delicato processo, gli occhi non basterebbero: è stato calcolato che se tutta la retina avesse il potere visivo della fovea (la regione centrale della retina dove è massima l'acuità visiva), il nervo ottico che porta le informazioni dagli occhi al cervello dovrebbe avere un diametro di oltre sessanta centimetri.

Il mondo contiene innumerevoli informazioni visive, la fovea riesce a vedere solo piccole porzioni del vasto campo di visuale che ogni giorno si presenta di fronte al guidatore, lasciando il compito di ricomporre l'immagine ai processi neurologici del cervello umano. Lo sguardo umano si sposta continuamente in un alternarsi di "*saccadi*" (movimenti rapidi e involontari degli occhi) e pause di fissazione seguendo percorsi precisi: osservando un volto per esempio lo sguardo si ferma sugli occhi, poi passa alla bocca e al naso. Una *saccade* dura in media 50-100 millisecondi, mentre le pause di fissazione (durante le quali l'occhio vede perfettamente) sono un po' più lunghe: circa 200-400 millisecondi.

L'area destinata al linguaggio occupa gran parte dell'emisfero sinistro del cervello e, per contro, la maggioranza delle informazioni visive viene elaborata dall'emisfero destro. In quest'area però a causa del chiasma ottico, cioè dell'incrocio dei nervi oculari, arrivano soprattutto le immagini provenienti dalla metà sinistra del campo visivo. Gli occhi di chi è intento alla lettura si muovono a balzi spostandosi verso destra di 7-9 caratteri per volta per poi tornare bruscamente indietro all'inizio della riga successiva; la letteratura ha messo in evidenza come in realtà l'occhio umano durante la lettura non si soffermi su un carattere alla volta, ma come il punto su cui si sofferma è quasi sempre casuale. Il cervello successivamente ricostruisce l'intero testo a livello celebrale. Per quanto riguarda gli studi svolti sul movimento oculare durante la guida, varie ricerche hanno dimostrato che la direzione dello sguardo di chi sta per affrontare una

curva coincide con la direzione da dare alle ruote per consentire di completarla correttamente. I guidatori cercano un punto sul ciglio della strada (a sinistra se la curva è a sinistra e viceversa) pochi secondi prima di girare il volante per poi muoverlo in modo che le ruote siano parallele alla linea immaginaria che va dal punto che stanno osservando, al muso dell'auto.

2 I Modelli biodinamici

I modelli biodinamici permettono di studiare come il sistema sensoriale umano percepisce gli stimoli provenienti dall'esterno che rappresentano gli input che l'operatore dovrà elaborare per lo svolgimento della sua mansione. Studiando l'acquisizione delle informazioni attraverso la vista ci si basa sull'organizzazione del campo di visuale distinguendo in *segnali obiettivo* e *segnali distrattori*. I primi rappresentano gli input necessari che devono essere colti rapidamente, in quanto necessari al compito, mentre i secondi rappresentano informazioni non necessarie che sovrapponendosi al campo di visuale rendono maggiormente difficile la percezione dei segnali obiettivo. I modelli così strutturati si basano sul calcolo dei tempi necessari per cogliere i messaggi e sul carico richiesto da un ciclo di lavoro all'interno del quale l'attività studiata si ripete costantemente.

I segnali distrattori sono in generale tutto ciò che disturba o distoglie lo sguardo dell'operatore è necessario che siano comunque ispezionati al fine di determinare e discriminarli da quelli che invece non sono il segnale obiettivo ricercato. La presenza di numerosi segnali distrattori lungo la via di marcia rende maggiormente complicato il processo di acquisizione delle informazioni da parte dell'utente, in modo particolare se questo ha problemi riconducibili all'estensione del suo campo visivo.



Figura 2.1-*Condizioni di guida quotidiana con le quali è necessario sempre confrontarsi al momento del progetto di un'interfaccia.*

Alla guida di un veicolo, ma anche e soprattutto per il pedone nel traffico, avere un campo visivo statico e dinamico di estensione “normale” è indispensabile Figura 2.2.



Figura 2.2-Rappresentazione statica e dinamica dell'UFOV di un pedone in mezzo al traffico

Il campo visivo utilizzabile in condizioni normali è chiamato “UFOV” (Usable Field of View), in genere si considera un campo visivo orizzontale di circa 150° per occhio, con un *overlap* di 120° in visione binoculare e un conseguente UFOV “reale” di circa 180°. Sul piano verticale, l'estensione dell'UFOV è di circa 50°-55° sopra la linea mediana e di circa 60°-70° sotto a questa; tale estensione si riduce con l'età: a 15 -18 anni è di circa 180° (orizzontale), mentre cala mediamente sino a 139° oltre gli 80 anni (Figura 2.4).

Il campo visivo si riduce con la velocità risulta tanto più ristretto e concentrato verso il centro quanto più aumenta la velocità. Tale effetto è rilevante anche alle basse velocità, dai 30 ai 50 km/h.



Figura 2.3– Al variare della velocità del veicolo il campo visivo del conducente risulta ristretto e concentrato verso il centro (Es. a 30 km/h e 50 km/h)

Tale alterazione del campo visivo deve essere sempre preso in massima considerazione, in modo particolare in ambito urbano nel quale sono presenti maggiori pericoli dettati dalla presenza degli attraversamenti pedonali e dalla componente promiscua del traffico veicolare.

Se all'esterno dell'auto vi sono numerosi elementi che possono condurre il guidatore alla distrazione, è vero anche che lo stesso ambiente interno dell'auto può influire sul corretto andamento di guida. In particolare numerosi studi americani hanno messo in luce come la percentuale di guidatori “distratti” non sia la stessa per tutta la popolazione; ma vari in funzione dell'età e del sesso.

Driver Attention Status	AGE				
	<20	20-29	30-49	50-64	65+
Attentive	48.6 ¹ (2.7) ²	47.4 (2.9)	50.7 (2.8)	53.6 (5.1)	47.8 (3.9)
Distracted	11.7 (1.9)	7.6 (0.7)	8.0 (0.9)	7.5 (0.8)	7.9 (1.4)
Looked but didn't see	5.4 (0.7)	4.6 (1.2)	4.2 (1.0)	4.4 (0.9)	16.5 (2.8)
Sleepy or fell asleep	1.7 (0.3)	1.9 (0.6)	1.9 (0.6)	2.0 (0.6)	1.1 (0.3)
Unknown/no driver	32.6 (2.8)	38.6 (3.3)	35.2 (3.3)	32.6 (4.4)	26.7 (2.6)
OVERALL	16.9	29.9	35.4	9.9	7.8

Driver Attention Status	Male	Female
	Attentive	46.6 ¹ (3.1) ²
Distracted	8.8 (0.7)	7.8 (0.6)
Looked but didn't see	4.9 (0.6)	6.2 (1.0)
Sleepy or fell asleep	2.7 (0.8)	0.7 (0.1)
Unknown/no driver	37.0 (2.8)	32.8 (3.3)
OVERALL	56.2	43.8

¹ Column percent
² Standard error

Figura 2.4-Diversa percentuale di guidatori attenti / distratti a seconda del sesso - età

A causa della presenza di numerosi fonti di distrazione per l'automobilista è necessario, quindi intervenire in primo luogo nell'ambiente interno all'auto riducendo tutte le potenziali cause di distrazione.

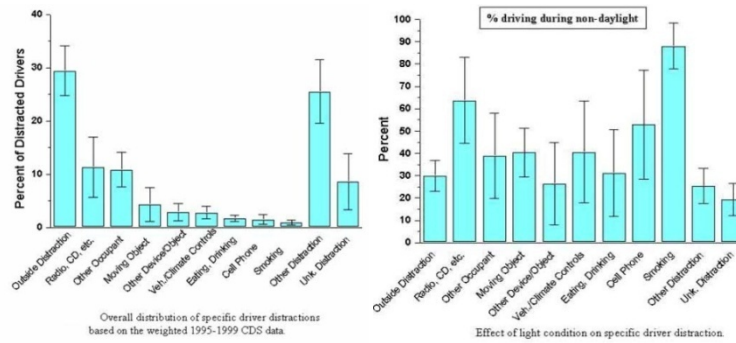


Figura 2.5- Fonti di distrazione per l'automobilista e relativa importanza durante le ore diurne e notturne.

L'istogramma (Figura 2.5) evidenzia come durante le ore diurne le principali fonti di distrazione provengano prevalentemente dall'ambiente esterno all'auto, mentre nelle ore notturne siano tutte le attività non strettamente correlate al compito di guida svolte all'interno dell'auto a creare maggiore pericolo. Tale fatto è dovuto principalmente alle condizioni di illuminazione che consentono, durante le ore del giorno, di discriminare meglio l'ambiente circostante al contrario di quanto avviene durante le ore notturne quando l'oscurità non permette di visualizzare con completezza tutto l'ambiente esterno all'auto. L'oscurità, infatti, impone all'occhio il passaggio a una particolare fase adattativa, denominata "mesopica"; tale modalità risulta amplificata e lenta da raggiungere, e una volta raggiunta si perde rapidamente, tuttavia dovrebbe comunque permettere di elevare la sensibilità del sistema visivo alle basse luci. Per facilitare quest'adattamento, si dovrebbe evitare di disturbare il conducente con alte luci, dimensionando correttamente auto e infrastrutture adeguate.

2.1 I simulatori di guida e il loro utilizzo nel campo dei fattori umani

Nell'ambito della disciplina dei "fattori umani" la quale si occupa di progettare sistemi conformi con le capacità, i limiti, le caratteristiche e gli stereotipi delle persone che li utilizzeranno, l'impiego dei simulatori virtuali riveste ormai un ruolo di fondamentale importanza. In campo aeronautico l'uso di tali strumenti è da tempo una collaudata realtà; la necessità di garantire

un'elevata specializzazione e, contemporaneamente, alti standard di sicurezza, fa sì che i piloti vengano formati ed addestrati direttamente mediante test su simulatore in grado di riprodurre tutte le condizioni critiche operative. In questo campo l'utilizzo dei simulatori è divenuto indispensabile al fine di testare il comportamento dei piloti posti di fronte a diverse situazioni, molte delle quali, riproducibili esclusivamente con il loro utilizzo.

In generale l'utilizzo dei simulatori è rivolto alle problematiche dell'uomo-operatore per gli aspetti riguardanti la riduzione degli errori e la minimizzazione del livello di affaticamento derivante dall'espletamento di attività correlate in diverse manovre o in compiti da portare a termine durante cicli quotidiani di lavoro.

Nella maggior parte delle operazioni di guida e di controllo di un sistema di trasporto è necessaria la presenza d'informazioni provenienti dall'esterno, che vengono percepite attraverso il sistema sensorio: la vista e l'udito sono i principali canali di percezione di questi stimoli, anche se, in alcuni casi, la percezione cutanea del tatto, la temperatura e la percezione del movimento, possono essere canali altrettanto utili al fine dell'acquisizione di input provenienti dall'esterno. I canali di output principali sono generalmente quelli motori (manipolazione di leve, bottoni, manovelle, pedali, etc.) e la voce (nel caso del controllo del traffico aereo).

Il progetto di un sistema meccanico controllato dall'uomo, quindi, presuppone che i comandi e i controlli siano i più possibili "compatibili" con le caratteristiche dell'aspettativa umana; è necessario di conseguenza, quando si progetta un nuovo sistema, la verifica continua del livello di compatibilità raggiunto.

Uno degli obiettivi principali della ricerca sull'interazione uomo-macchina, riguarda l'individuazione delle condizioni che determinano, nell'uomo, un sovraccarico o un sottocarico di lavoro, tali che possano causare un abbassamento della qualità della prestazione.

Il livello di affaticamento è determinabile in maniera oggettiva mediante l'utilizzo dei dispositivi medicali direttamente installati all'interno del simulatore; tramite questi dispositivi è possibile stabilire quando, e in quali

determinate condizioni, si verifica l'insorgenza dell'affaticamento insieme alle contromisure da adottare al fine di evitare, o tutt'al più ritardare, tale comparsa.

Non utilizzare i simulatori comporta che non sempre il dimensionamento delle attività venga condotto in forma oggettiva, ma piuttosto venga effettuato in forma empirica e con l'utilizzo di informazioni poco precise: a ciò si somma il fatto che è inoltre completamente assente l'uso di processi di simulazione delle stesse attività in laboratorio, come da tempo avviene, invece, in campo aeronautico e spaziale. Poiché, come già detto, la "componente uomo" riveste un ruolo fondamentale in tutti i sistemi di trasporto, è necessario l'attento dimensionamento di tutte le attività che egli compie, degli apparati che deve utilizzare, delle mansioni che deve espletare al fine di minimizzare lo stress psicofisico e, di conseguenza, gli errori che da esso ne possono derivare. È necessario, infatti, che l'operatore, fin dalle prime fasi del ciclo quotidiano di lavoro, possa fornire un livello di prestazione elevato, proporzionalmente adeguato al livello di complessità della mansione.

Nel caso di eventi rari inattesi, come gli incidenti, che possono verificarsi anche una sola volta durante la vita lavorativa dell'operatore, deve essere sempre garantita un'adeguata risposta e a tale obiettivo è possibile pervenire attraverso la specializzazione, il training e i richiami formativi. Tali accorgimenti, infatti, consentono di intervenire proprio sulla tipologia di mansione e sugli apparati, diminuendo il rischio di affaticamento e/o di errore umano.

Al fine di garantire la più completa simulazione e lo studio globale del comportamento dell'uomo di fronte a differenti situazioni è necessario, quindi, che il simulatore sia dotato di apparecchiature medicali che siano in grado di determinare in forma oggettiva i parametri psicofisici dell'operatore.

Gli strumenti maggiormente utilizzati sono l'elettroencefalogramma, l'elettrocardiogramma, l'oculometro.

Attraverso le registrazioni elettroencefalografiche è possibile valutare l'insorgenza dell'affaticamento derivante dal decadimento delle facoltà mentali (sincronizzando la registrazione con lo stimolo che si intende rilevare).

L'utilizzo dell'oculometro permette di registrare il movimento a scansione degli occhi alla ricerca delle informazioni necessarie alla mansione da compiere,

mentre l'elettrocardiogramma consente di registrare le pulsazioni cardiache (la cui variazione è connessa, per molti studiosi, al peso del compito mentale in modo particolare quando lo sforzo è insignificante).

Tutte queste informazioni concorrono alla definizione della *curva stimolo-prestazione* che potranno essere elaborate come riscontro dell'affaticamento di una mansione simulata.

Come detto in precedenza, un buon progetto del sistema d'informazioni ai conducenti inizia con il disegno dell'interfaccia uomo-macchina presente in tutti i mezzi di trasporto. Al fine di perseguire tale obiettivo diviene quindi necessario dimensionare e progettare un dispositivo che consenta di riprodurre ogni situazione proveniente dall'ambiente circostante in modo tale da poter così intervenire sulla formazione del guidatore ed evitare il verificarsi d'incidenti.

Nell'ambito del lavoro del dottorato la ricerca ha svolto un'attività di supporto alla realizzazione di un simulatore di autocarro, efficiente dal punto di vista dei fattori umani con il quale simulare i comportamenti del conducente, le condizioni di affaticamento ed il momento in cui queste si presentano. L'importanza dei simulatori come già detto deriva strettamente dalla possibilità di riprodurre situazioni che non potrebbero essere altrimenti riprodotte in campo reale, per tale motivo, diviene molto importante implementare tali strumenti allo scopo di garantire la massima rispondenza alla situazione reale.

La maggioranza dei simulatori di mezzi pesanti in commercio e tuttora a disposizione dei più importanti Centri di Ricerca sono in grado di riprodurre fedelmente le differenti condizioni di marcia: scenari stradali possibili (autostrade, strade extraurbane, urbane, rurali, etc.), condizioni meteorologiche, livello di traffico, ecc; tali simulatori si suddividono tra simulatori con cabina o meno. I simulatori con cabina generalmente riproducono fedelmente l'abitacolo del mezzo, mentre l'ambiente esterno è rappresentato attraverso schermi cilindrici che assicurano un campo visivo compreso tra i 180° ai 270° (alcuni arrivano anche, tramite l'ausilio degli specchietti retrovisori, sino ai 360°), i movimenti vengono invece riprodotti tramite la piattaforma di Stewart a 6 gradi di libertà.

I simulatori senza cabina, generalmente molto più semplici, sono costituiti da un sedile posizionato sopra una pedana a 3 g.d.l. che riproduce i movimenti di rollio, beccheggio e traslazioni verticali (up-down), oltre che da un volante, pedali e strumentazione (spie luminose, luci, tachimetro, ecc). L'assenza della cabina tuttavia, provoca alcuni inconvenienti in particolare per quanto concerne la contemporaneità dei movimenti tra piattaforma e cabina, in tali simulatori gli scenari esterni vengono riprodotti tramite l'ausilio di 3 schermi posizionati a 180° rispetto alla seduta. Tale tipologia di simulatore possiede maggiori limitazioni rispetto a quello composto da cabina e pedana, infatti quest'ultima seppur mobile non garantisce completamente la riproduzione dei 6 g.d.l., perdendo così diversi effetti del movimento del veicolo (oscillazioni, vibrazioni, etc.) compensati generalmente dalle modalità di rappresentazione sullo schermo.

2.1.1 Lo stato dell'arte sulla definizione di simulatori di training e ricerca

2.1.1.1 Le caratteristiche principali di un simulatore di ricerca: il caso di un simulatore stradale

Il compito della simulazione in ambito stradale è quello di definire principalmente il comportamento del guidatore al sopraggiungere di differenti stimoli.

Uno studio svolto dalla *Systems Technology, Inc, California* indaga proprio sull'utilizzo della simulazione "a basso costo" per ricerche sulla sicurezza, prototipi e training. Lo scenario stradale, dato dalla geometria della strada, della segnaletica verticale, orizzontale, dal traffico, influenza il comportamento dell'automobilista fornendo input di tipo sensoriali che coinvolgono la vista, l'udito, il movimento e la *capacità propriocettiva*, la particolare sensibilità, grazie alla quale l'organismo ha la percezione di sé in rapporto al mondo esterno. Questi stimoli una volta ricevuti, influenzano la percezione, il processo decisionale e la capacità di attenzione, sino a giungere alla risposta da parte del conducente. Ovviamente tali capacità, come pure il tempo e la modalità di reazione del conducente, dipendono dalla modalità in cui lo stimolo è stato

percepito, in quanto esso fa valere le sue scelte agendo direttamente sui comandi del veicolo.

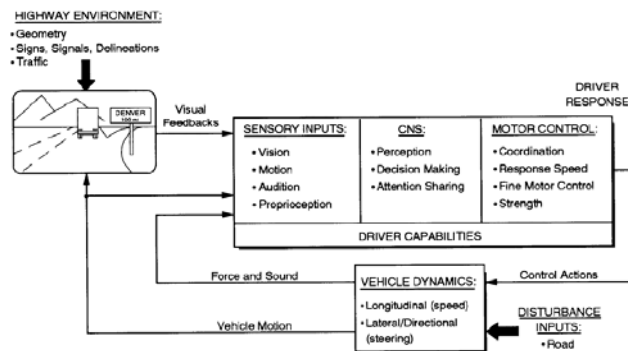


Figura 2.6 – Driver Vehicle and Environment.

Il processo richiesto in una simulazione di guida viene rappresentato in (Figura 2.6), nella quale viene mostrato il ciclo del controllo del veicolo attraverso la vista, la capacità propriocettiva e uditiva. La *modalità in cui l'occhio vede* è il fattore più importante in di dimensionamento in quanto consente all'operatore di comparare il percorso del veicolo con quello desiderato nell'ambiente circostante, ed effettuare le appropriate correzioni. La capacità propriocettiva fornisce informazioni aggiuntive sulla qualità degli input inviati al conducente. La capacità uditiva fornisce un'ulteriore consapevolezza delle varie situazioni che si verificano durante la guida. Gli stimoli sensoriali devono giungere all'operatore in maniera opportuna, e deve inoltre essere calcolato il ritardo dovuto al processo di simulazione tramite computer e il conseguente ritardo del conducente. I risultati associati con i principali sensi sono descritti di seguito:

- Capacità Propriocettiva (Control loading): l'informazione deve ritornare all'operatore in maniera esatta e nel minor tempo possibile al fine di garantire sensazioni realistiche, è dipendente dal processo di simulazione.

- Capacità visiva: l'informazione deve ritornare all'operatore in meno di 100 millisecondi con aggiornamenti di movimento dell'ordine di 30 Hz o più al fine di dare la sensazione di movimento.
- Movimento: le risposte devono essere correlate strettamente con la simulazione visiva al fine di ottenere un tempo simile di ritardo.
- Capacità uditiva: la frequenza d'invio di informazioni sonore deve essere compresa nella capacità uditiva umana (dell'ordine di 15 KHz), i suoni da riprodurre devono essere naturali e riconoscibili, lo studio suggerisce inoltre come l'effetto Doppler e Stereo possano essere importanti a seconda degli scenari sviluppati. Il successo della simulazione può includere altresì alcune procedure di validazione le quali possono essere utili al fine di verificare le modalità di responso ed assicurare la corretta implementazione del software. La validazione può includere metodi ingegneristici applicati alle varie caratteristiche di risposta dei simulatori.

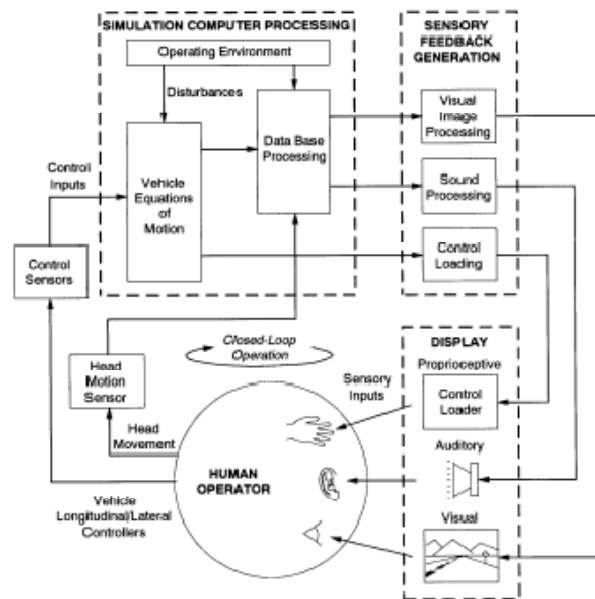


Figura 2.7– Basic Processing Requirements for Vehicle Operation Simulation.

Il simulatore di autocarro studiato, risultava idoneo sia allo scopo di ricerca sia allo scopo di training, includeva software e moduli hardware in grado di fornire sensazioni visive, uditive, di movimento e propriocettive realistiche. Tale simulatore è stato sviluppato da un Consorzio che comprendeva la *Mack Trucks*, un'azienda costruttrice di mezzi pesanti, la *Moog*, che sviluppa piattaforme, e la stessa *System Technology Inc.*, mentre il software era fornito dalla Renault.

La Figura 2.7 mostra l'architettura del sistema ottenuta dalla combinazione di hardware e software. L'hardware consisteva in una cabina di autocarro montata su una piattaforma elettro – meccanica “low-cost” di tipo *Moog*. La strumentazione includeva controlli, display e doppi comandi al volante. L'ambiente circostante è stato rappresentato da un sistema a proiezione con schermi anteriori e posteriori alla cabina. Gli speaker e gli amplificatori riproducevano i suoni. La generazione dell'immagine visiva, il suono, la *motion-base* e il controllo del caricamento erano gestiti attraverso card processori ausiliari sul PC ISA e PC buses. Il sistema operativo utilizzato era Windows NT installato su diversi processori (di tipo Intel Pentium) che comunicavano attraverso rete Ethernet. Il software ha fornito una varietà di funzioni che includevano tra le altre, la dinamica del veicolo, i comandi (per quanto riguardava l'ambiente visivo), il rumore, la *motion-base* e i sistemi di controllo del rimorchio, altri display di cabine, oltre a fornire la base dei dati visivi e le funzioni di controllo operatore/istruttore.

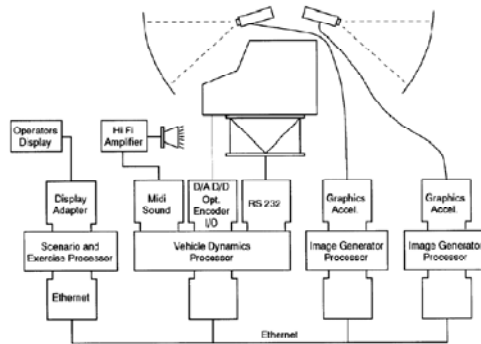


Figura 2.8- Truck Simulator Block Diagram.

Le interfacce del software fornivano una significativa opportunità per le variazioni richieste dalla ricerca. I parametri della dinamica del veicolo potevano essere cambiati da veicoli leggeri (autovetture) a pesanti bus, sino a veri e propri autoarticolati. I parametri di comando, inoltre, potevano essere modificati al fine di fornire variazioni nel movimento e negli algoritmi di controllo del caricamento. Le funzioni di controllo dell'operatore permettevano di modificare le condizioni di visibilità, di traffico, le disposizioni in marcia, il carico del camion, ecc.

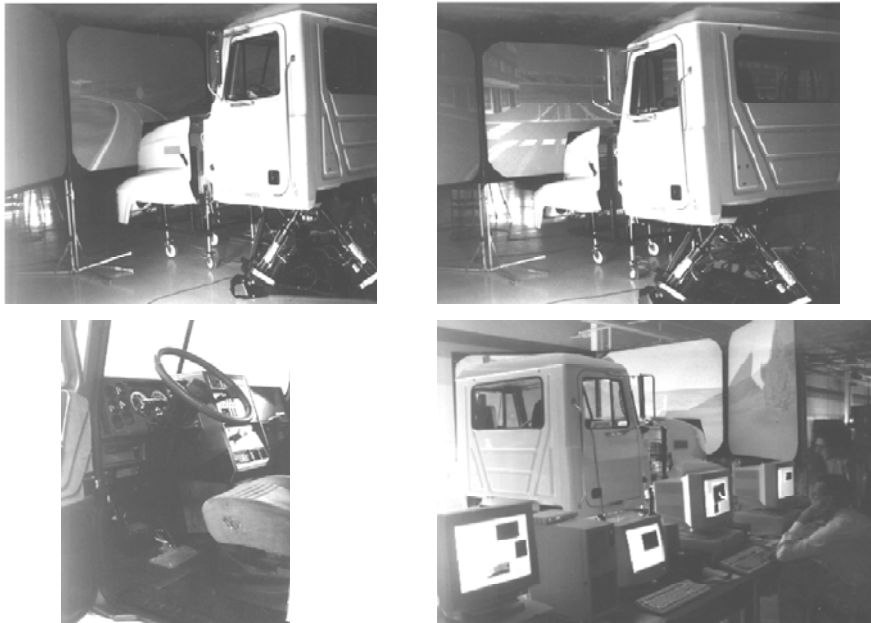


Figura 2.9– *Truck Simulator, illustrazione degli scenari in salita e in città, il pannello comandi e la stazione dell'operatore.*³

I comandi (acceleratore, freno e frizione) sono stati realizzati attraverso codificatori ottici interfacciati con il modulo dinamico del veicolo attraverso una card. L'unità del cambio era realizzata mediante microswitches per indicare la via e la gamma di selezione della marcia, interfacciati attraverso una card digitale. Il tachimetro era guidato dalla frequenza dei segnali cifrati dai convertitori di frequenza comandati da canali output. Il volante si muoveva attraverso un motore torcente comandato attraverso un amplificatore di potenza

dalla VDM (Vehicle Dynamics Module). La sensazione di sterzata poteva essere modificata attraverso alcuni parametri nel VDM associati con lo sterzo e con l'aumento del potere sterzante. Le caratteristiche della sensazione di sterzata sono state corrette a zero velocità (col veicolo fermo) e modificate con la velocità, in quanto dipendenti dal sistema simulato. Il comando dello sterzo era generato nel veicolo con una frequenza di 200 Hz al fine di assicurare alta fedeltà alla sensazione di sterzata.

La *motion-base* utilizzata aveva una forma esagonale a movimento elettromeccanico la quale garantiva pienamente 6 g.d.l.. Il movimento della piattaforma era fornito dalla VDM con una frequenza di 60 Hz.

La *motion* è stata studiata al fine di fornire un'accelerazione transitoria combinata con l'angolo di inclinazione al fine di simulare le accelerazioni. Lo studio ha dimostrato, quindi, che anche l'utilizzo di materiali di tipo comune "a basso costo", consente la realizzazione di un buon simulatore utilizzabile sia a scopo di ricerca che a scopo di training.

2.1.2 I Simulatori di autocarro presenti in commercio: le caratteristiche

La maggior parte dei simulatori di mezzi pesanti (ralla, autocarri, camion, etc.), attualmente operanti, sono in grado di riprodurre fedelmente le differenti condizioni di marcia, sia come scenari stradali possibili (autostrade, strade extraurbane, urbane, rurali, etc.), sia come condizioni meteorologiche (pioggia, vento, neve, nebbia, ecc.), che come livello di traffico.

Tra le varie tipologie di simulatori di mezzi pesanti (ralla, autocarri, camion, etc.) le principali si distinguono tra simulatori dotati di cabina, con la riproduzione reale dell'abitacolo e quelli senza cabina nei quali l'ambiente dell'abitacolo viene riprodotto virtualmente.

I simulatori con cabina generalmente riproducono fedelmente l'abitacolo di una ralla o autocarro; l'ambiente esterno viene rappresentato attraverso schermi cilindrici che assicurano un campo visivo compreso tra i 180° ai 270° (alcuni arrivano anche, tramite l'ausilio degli specchietti retrovisori, sino ai 360°),

mentre i movimenti sono riprodotti tramite la piattaforma di Stewart a 6 gradi di libertà.



Figura 2.10 – Esempio di simulatore con cabina. *Mark™ III*

Le dimensioni dei simulatori con cabina sono ovviamente maggiormente elevate di quelle dei simulatori senza cabina: 4,57 m di altezza, 6,40 m di larghezza e 7,32 m di profondità, per un peso di circa 1,906 ton; è evidente come tale simulatore richieda per l'operatività un ambiente di dimensioni elevate, $9,00*9,00*4,5 \text{ m}^3$.



Figura 2.11 – Esempio di simulatore senza cabina. *Transim VS Driver simulator*.

L'esigenza di realizzare un simulatore adattabile alle varie circostanze (ralla, autocarro, autovettura) insieme all'esigenza di inserirlo all'interno di un

container di 40' di dimensioni utili pari a: lunghezza 11,862 m, larghezza 2,192 m, altezza 2,620 m ha comportato che la scelta sia stata necessariamente rivolta verso simulatori di dimensioni inferiori, e senza cabina.

I simulatori senza cabina, rispetto a quelli dotati di cabina, sono molto più semplici, sono costituiti, infatti, da un sedile posizionato sopra una pedana a 3 g.d.l. la quale riproduce i movimenti di rollio, beccheggio e traslazioni verticali (up-down), da un volante, pedali e strumentazione (spie luminose, luci, tachimetro, ecc) senza però una cabina che riproduca fedelmente l'abitacolo.

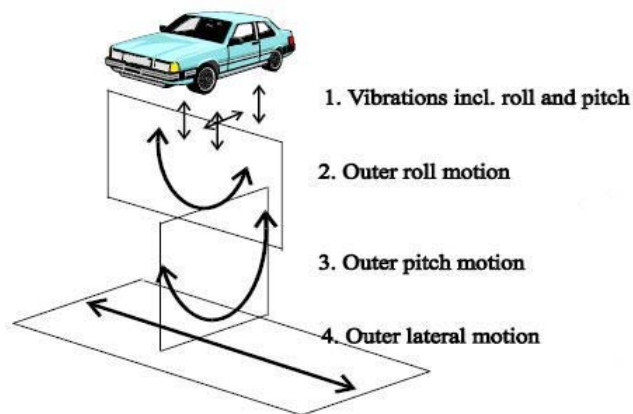


Figura 2.12 – *Principali movimenti riprodotti con una piattaforma a 6 g.d.l.*
(*Humanist TFG Madrid WS, April 2006*).

Gli scenari esterni vengono riprodotti tramite l'ausilio di 3 schermi posizionati a 180°, rispetto alla seduta. Questa tipologia di simulatore possiede maggiori limitazioni rispetto al precedente in quanto la pedana mobile non sempre garantisce i 6 g.d.l., perdendo così diversi effetti di movimento del veicolo (oscillazioni, vibrazioni, etc.) che in questo caso, vengono compensati dalle modalità di rappresentazione sullo schermo. I simulatori di ultima generazione, tuttavia, consentono anche con i simulatori fissi, senza cabina, una buona riproduzione dei principali movimenti, permettendo quindi di ottenere sia un elevato livello di riproduzione dell'ambiente reale per quanto concerne: movimenti, ambiente circostante, ecc, consentendo, inoltre, attraverso un ambiente di simulazione di dimensioni inferiori, la maggiore compatibilità con ambienti di superfici ridotte.

2.1.3 La pedana

Al fine di riprodurre i 6 principali movimenti: traslazioni orizzontali, verticali, laterali, rollio, imbardata e beccheggio, è necessario che alla base del simulatore, con cabina o senza cabina, sia posizionata una pedana, chiamata piattaforma di Stewart.

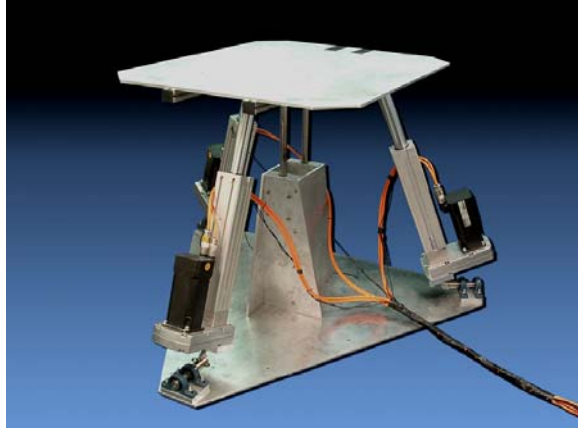


Figura 2.13 – Esempio di Motion Base

Essa consente di muovere oggetti nello spazio secondo i 6 g.d.l. assicurando insieme: rigidità del sistema, accelerazioni, ed un'elevata precisione di posizionamento.

La piattaforma nel caso dei simulatori fissi senza cabina è generalmente solidale con il sedile e la strumentazione di bordo.

Le pedane maggiormente innovative hanno una forma esagonale in modo tale da risparmiare spazio rispetto a quelle tradizionali, le pedane di questa tipologia arrivano a garantire accelerazioni verticali sino a 14 g a carichi di oltre i 680 kg.

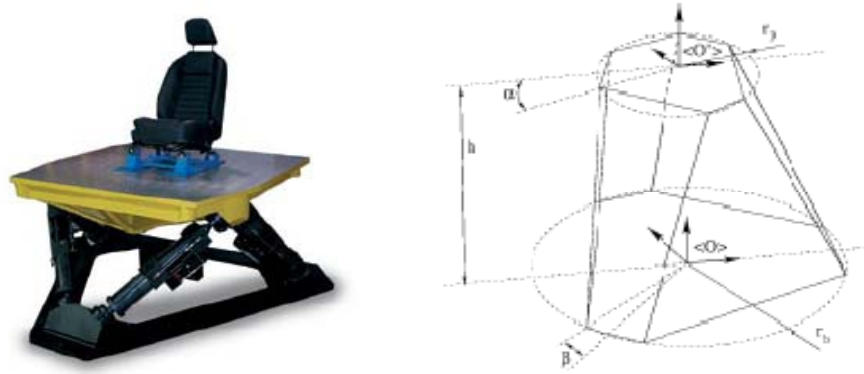


Figura 2.14 – Hexatest Multi-Axis Simulation Table.

2.1.4 Le modalità di riproduzione dell'ambiente circostante

Oltre alla piattaforma, al fine di riprodurre nella maniera più corretta possibile l'ambiente di simulazione, assume molta importanza lo scenario di simulazione.

Lo scenario di simulazione generalmente viene riprodotto con numerosi schermi che vanno da 1 a 3, sino alla più innovativa rappresentazione, attraverso schermi cilindrici che rappresentano sicuramente la soluzione maggiormente efficace.



Figura 2.15 – Due esempi di riproduzione dell'ambiente circostante mediante utilizzo di 3 schermi e schermi cilindrici.

2.1.5 La strumentazione e il pannello comandi

La riproduzione della strumentazione di bordo assume una notevole importanza per quanto riguarda il layout fisico funzionale che l'operatore si trova di fronte, per questo motivo, al fine di rendere il simulatore il più modulare

possibile, è necessario che volante e pedaliera possano essere sostituibili con altri di differenti mezzi (autovettura, ralla o camion).



Figura 2.16 – Esempi di pannelli comandi di simulatore di autovettura e autocarro (TranSim IV).

Nei simulatori presenti in commercio il pannello comandi viene riprodotto generalmente attraverso la strumentazione originale del mezzo, oppure virtualmente mediante riproduzione su schermo.

Nel caso in esame, la necessità di rendere il simulatore modulare ed adattabile alle varie circostanze ha comportato che la strumentazione dovesse essere riprodotta necessariamente mediante l'utilizzo di uno schermo, al fine di consentire il maggiore campo di utilizzo, da simulatore di autocarro/ralla a simulatore di autovettura, ecc.

In particolare per quanto concerne la riproduzione completa dell'ambiente circostante, gli specchietti retrovisori saranno riprodotti virtualmente lungo gli schermi laterali, come nella illustrazione precedente.

2.2 Il simulatore in dotazione

Come già detto in precedenza al fine di realizzare un simulatore di ricerca "completo" risulta importante attrezzarlo con una serie di apparecchiature elettromedicali al fine di monitorare costantemente lo stato psico-fisico del conducente.

Nel caso del simulatore di guida realizzato dall'Università di Genova oltre a queste importanti caratteristiche, vi è il fatto che risulta facilmente trasportabile in quanto inserito all'interno di un *high cube* di 40'x40'.



Figura 2.17- *Il trasporto del simulatore.*

Il simulatore è dotato di una piattaforma a sei gradi di libertà in un ambiente completamente immersivo al fine di garantire l'alta specializzazione, ma anche e soprattutto per le basi della ricerca applicata; grazie a tale strumento è possibile monitorare e analizzare la performance del conducente con l'ausilio degli strumenti elettromedicali. Le attività specifiche hanno lo scopo di ridurre la possibilità per i guidatori di incorrere in incidenti la cui causa principale è l'insorgenza dell'affaticamento.



Figura 2.18- *Il simulatore di autocarro/ralla in dotazione*

2.3 La privazione del sonno e la qualità di guida degli automobilisti

Come detto in precedenza nel Capitolo riguardante i Fattori Umani uno dei principali obiettivi della ricerca nell'interazione uomo-macchina è quello di determinare le condizioni che possono causare nell'uomo un sovraccarico o

sottocarico di lavoro, che può indurre una riduzione della qualità della performance.

In campo europeo ed internazionale vi sono numerose ricerche che riguardano l'affaticamento e la sua influenza sulla qualità di guida, molti di questi studi sono basati sull'utilizzo di un simulatore, mentre altri studi definiti in bibliografia "naturalistici" contemplano l'utilizzo di numerosi equipaggiamenti di supporto all'interno dell'abitacolo del veicolo.

Le principali cause d'incidente che incorrono nei sistemi di trasporto vengono generalmente distinte in umane, tecniche e ambientali. L'errore umano può essere dovuto all'errata attribuzione di un determinato compito e all'inadatto training; alla base della riduzione dell'insorgenza d'incidenti vi è l'organizzazione di una serie di periodici refreshers che mantengano alta l'efficienza di guida del conducente. Lo studio dell'affaticamento implica alcune criticità, per tale motivo è necessario utilizzare il simulatore che è in grado di registrare e analizzare le curve di performance dell'operatore/conducente nell'ambiente virtuale. L'affaticamento e in generale la compromissione della performance è un fattore determinante nella probabilità di accadimento di eventi ledenti nei sistemi di trasporto, per questo motivo è necessario dimensionare attentamente il carico di lavoro intervenendo direttamente sul fattore uomo.

Numerose ricerche sono state condotte sulla prevenzione dell'affaticamento in particolare focalizzate sul meccanismo fisiologico e metodologico che determina l'affaticamento del guidatore volto a misurare i diversi gradi di tale stato fisico/mentale. Il più comune sistema di rilevamento fisiologico utilizzato per misurare i livelli di affaticamento e di conseguenza la lunghezza e la durata della riduzione dell'acutezza dinamica, da sempre considerate come un indicatore d'incremento di fatica e/o sonnolenza, prevede l'utilizzo dell'elettroencefalogramma (EEG) (Lal and Criag 2002) allo scopo di determinare eventuali variazioni nel tracciato elettroencefalografico causate dall'affaticamento. Tale argomento è di rilevante importanza nel campo scientifico e più vastamente nel campo dei trasporti il Centro di sviluppo del Trasporto del Canada nel Novembre 2002 ha redatto un manuale di training allo scopo di analizzare l'affaticamento, la sonnolenza e il risultante decadimento

della performance del personale imbarcato nelle navi Canadesi, tali linee guide si basano su dei test svolti combinando l'utilizzo dell'Elettroencefalogramma, tecniche di tracciamento oculare, l'elettrocardiogramma e l'elettromiogramma, uno strumento in grado di misurare la tensione muscolare.

Le misurazioni "comportamentali" sono utilizzate allo scopo di verificare l'affaticamento e sono principalmente basate sulla frequenza dei movimenti del corpo umano: tali misurazioni sono fortemente correlate con i dati provenienti dall'elettroencefalogramma; ulteriore metodo di misurazione dell'affaticamento è dato dall'osservazione dei movimenti facciali il cambiamento di espressioni, gli stessi movimenti degli occhi, della testa, vengono generalmente considerati dei buoni indicatori dell'affaticamento.

In bibliografia i test svolti con l'ausilio delle analisi computerizzate sono stati principalmente rivolti alla verifica del decadimento della qualità psicofisica del guidatore confrontandola con la traiettoria ideale di una curva di prestazione "ottimale".

Il tempo impiegato dal guidatore nell'identificare e nel rispondere al comando, definito come "tempo di reazione", è stato misurato dal momento della presentazione del comando nello schermo del display, alla ricezione e individuazione del segnale, fino al momento in cui l'operatore procedeva alla pressione sul bottone. La performance del guidatore peggiora significativamente durante l'utilizzo del simulatore di guida, l'indicatore principale è la deviazione standard della sterzata dalla curva ideale.

Uno studio realizzato in Francia nel 2004 (Philip et al. 2003) da un team di ricercatori in diverse discipline (psicologia, farmacologia, centro di ricerca del sonno) ha svolto uno studio comparato tra le condizioni di privazione del sonno sulla performance degli automobilisti in ambiente reale. Lo studio è stato svolto parallelamente nel "laboratorio del sonno" e sulle autostrade francesi. Sono stati testati un totale di 22 automobilisti di età compresa tra i 19 e i 23 anni che in media durante l'anno percorrevano dai 7.000 ai 16.000 km. I conducenti testati hanno guidato per 1.000 km suddivisi in cinque sessioni di durata pari a 105 minuti in aperta autostrada. Sono stati misurati per ogni sessione il grado di sonno e affaticamento di ogni guidatore, insieme al numero di manovre

pericolose effettuate scaturite dalle registrazioni video per le quali è stato misurato il tempo di reazione (*Reaction Time*). Il numero di “deviazioni pericolose” incrementava proporzionalmente alla privazione di sonno, sono state riscontrate, infatti, cinquecentotrentatre deviazioni durante le condizioni di guida in fase di privazione del sonno contro le sessantasei durante le condizioni normali di sonnolenza. Lo studio ha mostrato come i guidatori “non professionisti” possano guidare dalle ore 9.00 alle ore 19.00 percorrendo circa 625 miglia con tre pause di 15 minuti ed una pausa di 30 minuti, in condizioni meteorologiche favorevoli e con basso traffico, senza che si noti un decremento rilevante della performance. Questi risultati hanno mostrato come la fatica generata dalla guida prolungata abbia un limitato impatto sulla guida nei conducenti sottoposti ad una condizione di riposo “normale”. I test di guida erano intervallati da quattro pause, predisposte per cambiare co-pilota, valutare il livello di affaticamento e di sonnolenza e il decadimento della loro performance. Un’ora di pausa era necessaria per consentire ai guidatori di ristorarsi e riprendersi dal tragitto in auto, tale intervallo è stato stabilito sulla base di precedenti studi che dimostrano come frequenti pause riducano il rischio di incidente. La privazione di sonno comporta un decisivo impatto sulla sicurezza; lo studio dimostra come anche durante brevi viaggi le limitazioni del sonno possano danneggiare la qualità di guida. Tale fattore è molto frequente nei conducenti turnisti, lo studio ha reso evidente come la percezione della fatica aumenti significativamente con la limitazione del sonno. Tale aumento della percezione dell’affaticamento si verifica prevalentemente, in casi di privazione del sonno e durante il primo turno di guida, lo studio tuttavia non è riuscito a dimostrare scientificamente una correlazione tra incremento dell’affaticamento e l’alterazione della performance di guida. La bassa corrispondenza tra la percezione della fatica durante le pause e la performance di guida può essere spiegata dal fatto che la fatica “istantanea” può non essere rappresentativa dell’affaticamento a causa del mascheramento dello stimolo durante la guida. La sonnolenza aumenta durante la giornata in modo direttamente proporzionale alla privazione di sonno, tale fatto è confermato da numerosi studi in letteratura scientifica. In questa ricerca l’obiettivo della misurazione è stato quello di valutare se un’auto-percezione dell’affaticamento

potesse essere determinante se relazionato con i compiti di guida. In sintesi è emerso come la durata di guida non sia il fattore principale atto a spiegare la qualità di quest'ultima e come il tempo di veglia insieme alla previsione della durata del sonno abbia un maggiore impatto nello studio dell'affaticamento.

Nel 2007 negli Stati Uniti è stato realizzato uno studio sui guidatori di autocarri, a seguito dell'emanazione del Regolamento HOS "Hours of Service" entrato in vigore nel 2003 (Hanowski et al. 2007).

Il Nuovo Regolamento è stato emanato allo scopo di garantire ai guidatori un maggior numero di ore di riposo; precedenti ricerche avevano messo in evidenza (Mittler et al. 1997) come la maggioranza dei guidatori usufruisca di una media di 5,18 h di sonno a notte.

Nell'Aprile del 2003 la *Federal Motor Carrier Safety Administration* ha pubblicato un set di Regolamenti concernenti l'HOS dei guidatori dei veicoli commerciali. L'obiettivo principale del riesame del Regolamento era l'estensione di due ore del tempo di non-servizio da otto a dieci ore. In questo Regolamento sono state, quindi, stabilite due ore di sonno addizionale al fine di fornire ai guidatori maggiori opportunità di usufruire di un sonno ristorativo. Ulteriori due ore di sonno erano state incluse nel Regolamento del 2003, senza tuttavia alcuni riscontri effettivi sul fatto che i guidatori ne avessero o meno usufruito.

Lunghe distanze di percorrenza alla guida possono comportare molta fatica per il conducente e vi sono numerosi riscontri di come la sua performance peggiori nel tempo, in modo particolare quando il compito è monotono come la guida. Gli errori dei guidatori aumentano in maniera proporzionale con la durata di guida e il peggioramento inizia a essere visibile dopo circa tre ore dall'inizio del viaggio (Feyer et al. 1995). Un precedente studio realizzato in Australia (Williamson et al. 1992) ha avuto come obiettivo quello di identificare possibili strategie atte a gestire l'affaticamento del guidatore nelle lunghe distanze. Per tale motivo durante la prima fase dello studio sono stati censiti 960 guidatori di mezzi pesanti. I risultati hanno suggerito come una maggiore flessibilità nel gestire il tempo e i viaggi comporti livelli inferiori di affaticamento per il guidatore. Quando i guidatori possono usufruire di flessibilità lavorativa sono maggiormente incoraggiati ad avvalersi di una pausa che generalmente coincide

con il periodo di maggiore affaticamento. I guidatori che godono di tale flessibilità appaiono maggiormente riposati rispetto ai guidatori che non ne godono. La fatica e la privazione di sonno sono tra i principali fattori che incidono nell'industria del trasporto, la fatica implica la perdita di attenzione e il calo dell'abilità di guidare in sicurezza; il protrarsi della privazione di sonno diminuisce l'acutezza e la capacità di giudizio del guidatore di fronte a situazioni di pericolo. Lo studio è stato condotto in un periodo di cinque giorni, che includevano quattro differenti scenari di guida. Allo scopo di definire una quantità totale di ore disponibili di sonno per ogni guidatore è stato utilizzato uno strumento chiamato "actigrafo", su sessantadue guidatori con meno di 7 giorni di dati, la quantità media di sonno era pari a 6,28 h. Per tali guidatori sono stati registrati, in particolare, cinquantotto incidenti gravi nella decima e undicesima ora di guida, l'analisi dei risultati ha mostrato, inoltre, come nel periodo antecedente a gravi incidenti il guidatore abbia in media usufruito di meno ore di sonno rispetto alle altre giornate (Mitler et al. 1997).

2.4 La corretta progettazione del layout interno all'auto

Un processo cognitivo elaborato nella memoria centrale richiede, per poter operare efficacemente, l'archiviazione come risorsa "d'attenzione". Il particolare stimolo visivo della buca lungo la strada percorsa di notte in auto, viene prima acquisito, successivamente confrontato con la banca degli stimoli della "memoria centrale" e da questa "riconosciuto/percepito" come buca attraverso un processo cognitivo. L'archiviazione di questo processo, attraverso l'associazione fra segnali pervenuti ed oggetto riconosciuto, consentirà nel tempo di raggiungere, in tempi infinitesimi, la stessa percezione dell'esperienza precedente. Ciò, data la presenza nella banca di memoria di lungo periodo di quei segnali associati alla buca con i quali i nuovi vengono confrontati, ovviamente sempre che i primi non siano decaduti dall'archivio centrale per mancanza di "rinfreschi" informativi durante il tempo. La memoria operativa è di breve periodo ed è attiva costantemente fintantoché un segnale diverso non indichi, ad esempio il termine di quella strada, per l'immissione della stessa su un'altra infrastruttura. Tuttavia, in base all'importanza che un particolare segnale riveste per la sicurezza, oltre

che per la frequenza con cui esso potrebbe ripresentarsi, esso, anche come processo cognitivo, risulta presente nella “memoria di lungo periodo” e conseguentemente rinfrescato, o immagazzinato per la prima volta, mentre decade dalla “memoria centrale di lavoro” dove viene mantenuto solo temporaneamente come risorsa all’attenzione.

Per quanto concerne la percezione dell’automobilista e la strumentazione dell’auto si cita un importante studio svolto in ambito nazionale e internazionale che evidenzia l’importanza della corretta progettazione dei tachimetri. Questo studio è stato realizzato da un medico oculista italiano: Stefano Pasini con la collaborazione di Michelin Italia. Lo scopo di quest’applicazione è stato quello di studiare degli accorgimenti progettuali volti a migliorare la percezione dei guidatori. La priorità dello studio è rendere il più semplice possibile la lettura degli strumenti all’interno dell’auto, permettendo, così, a tutti i guidatori di trascorrere il minor tempo possibile, il cruscotto.

In primis si sottolinea l’importanza di evitare i display completamente numerici, questo poichè mediamente al guidatore occorre più tempo per leggere un’indicazione digitale piuttosto di una analogica; nonostante lo strumento digitale comunichi dati più precisi.



Figura 2.19- *Display analogico e digitale.*

La rapidità di lettura dell’analogico, infatti, compensa la relativa approssimazione. Bhise, et al., nel 1986 stabilì come per un tachimetro analogico, siano necessari 0,6 - 0,7 secondi mentre per un display numerico occorrono mediamente 1,2 secondi; ulteriori fattori determinanti nella percezione-riconoscimento dello stimolo sono i problemi di leggibilità, come nel caso di un display “sommerso” da una luce ambientale molto forte. In tali condizioni il

guidatore deve impiegare più tempo nel cercare di leggerlo, è quindi necessario in sede di progettazione dell'auto demandare a tale tipologia di strumento l'invio esclusivo d'indicazioni secondarie. Per tale motivo all'interno dell'auto non sono consigliabili i quadranti bianchi, un esempio significativo è dato dal confronto di una medesima informazione, l'ora, inviata in due differenti modalità: lancetta bianca su sfondo bianco e lancetta rossa su sfondo nero; tale principio è perfettamente applicabile ai display all'interno dell'auto.



Figura 2.20- *Stessa ora del giorno, stessa illuminazione, stesso punto di vista: quale dei due sembra più leggibile?*

Le variazioni circadiane d'illuminazione esterna durante l'arco della giornata causano un cambiamento costante della luminosità delle superfici all'interno dell'auto; tale processo, lento e graduale impiega approssimativamente un'ora per completare un ciclo completo d'inversione del contrasto del quadrante, dal modo "notte" al modo "giorno". Per parecchie ore del giorno, in particolare all'alba e al crepuscolo, la luminosità di un quadrante color bianco o argento può sommergere i numeri e l'ago rendendo, di conseguenza, la lettura dello strumento molto difficoltosa. Il contrasto di luminosità è uno dei parametri più importanti per la leggibilità di un display. Uno strumento con scarso contrasto richiede una maggiore concentrazione per essere letto completamente; in tali circostanze una sola occhiata potrebbe non rivelarsi sufficiente a carpire completamente il messaggio, costringendo il guidatore a guardare ripetutamente il display e a trascorrere ulteriore tempo al di fuori dalla visione centrale.

Per molti automobilisti, con una sensibilità bassa al contrasto, leggere uno strumento scarsamente contrastato comporta notevoli difficoltà, la sensibilità degli occhi al contrasto decade proporzionalmente con il decremento della luminosità circostante. Gli occhi dei guidatori più anziani sono maggiormente sensibili alla luce forte, l'automobilista anziano può essere infastidito dalla luce brillante del display e quando questa aumenta, il contrasto tra la strumentazione interna all'auto e l'ambiente vicino si riduce proporzionalmente. Il principio base della progettazione del layout interno all'auto è che questa debba essere dimensionata in maniera tale che l'automobilista non impieghi molto tempo nel cercare di leggerla. La diversione dello sguardo dell'automobilista dalla sua visione centrale deve essere limitata a circostanze eccezionali e tra queste non ricade il caso della strumentazione all'interno dell'auto. In particolare quando si progetta un'interfaccia, si dovrebbe cercare di garantire sempre la leggibilità ottimale in funzione del cambiamento costante di luminosità durante le variazioni circadiane d'illuminazione durante il giorno. Un'interfaccia visiva facile e immediata da leggere è una necessità assoluta, specialmente considerando i potenziali pericoli di una macchina fuori controllo e la vasta gamma dei decadimenti psicofisici delle capacità visive e mentali dei soggetti che conducono un autoveicolo.

Lo studio pone ulteriormente l'attenzione sulla definizione del "*tempo di transizione*" ossia il tempo impiegato dal guidatore a spostare lo sguardo dall'obiettivo primario (la strada), all'obiettivo secondario (qualunque altra mansione), tale periodo aumenta proporzionalmente con l'angolo definito dalla traiettoria in avanti e la strumentazione della macchina. L'utente dopo aver speso molto tempo nel cercare di focalizzare il pannello degli strumenti, può percepire uno "*sfocamento*" nel momento in cui ricomincia a guardare la strada. Tale fattore è dovuto alla diminuzione dell'efficienza visiva dal centro del campo visivo ("macula") verso le aree periferiche della retina; per tale motivo, si suggerisce che tutta la strumentazione sia posta il più vicino possibile alla linea della strada, al fine di ridurre il lavoro mentale dell'automobilista.



Figura 2.21 - 2.22- *La deviazione degli occhi risulta più ampia nel caso di un cruscotto normalmente posizionato. Il riflesso della luce disturba la leggibilità del display, il guidatore dovrà dare più occhiate per capirne le informazioni trasmesse.*

In questo studio è stato rilevato come all'interno dell'auto si nascondano una serie di elementi mal dimensionati che potenzialmente possono condurre l'utente alla distrazione. In particolare lo studio ribadisce come debba essere costantemente tenuto presente lo stereotipo sugli indicatori circolari, un principio sempre valido formulato Warrick nel 1980, il quale afferma che: *“un operatore che muove una manopola in un senso non deve vedere l'indicatore muoversi in senso opposto”*.

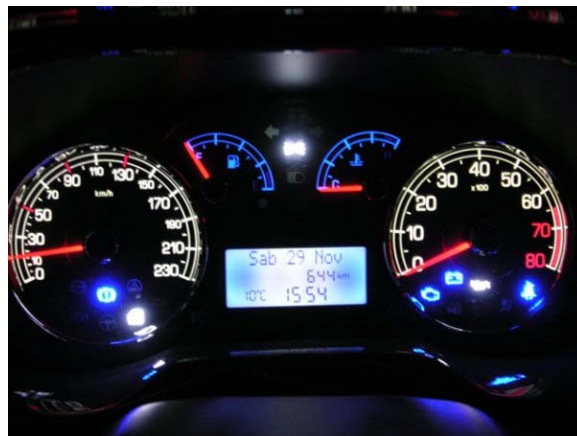


Figura 2.23- *Esempio d'indicatore di carburante con l'indicatore dal vuoto al pieno che si muove in senso antiorario.*

Il punto base del principio di Warrick, è quindi disegnare controlli e display in accordo con gli stereotipi dei fattori umani: un esempio classico di stereotipo ampiamente utilizzato è l'associazione tra movimento orario di un indicatore e

l'incremento del valore dei dati controllati. Il campo retinico dell'occhio è conosciuto per essere estremamente sensibile al più piccolo movimento angolare di un obiettivo a forma di ago su un disco rotondo; questo fattore migliora la leggibilità di questa tipologia di strumento. Un effetto caratteristico dell'orientamento dei campi retinici è che il sistema visivo reagisce più rapidamente quando un obiettivo è orizzontale o verticale (Figura 2.24).

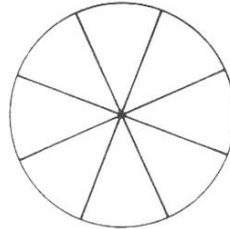


Figura 2.24- *È generalmente più facile vedere le braccia verticali ed orizzontali di questa "croce" che non le oblique.*

Sulla base principio del Principio di Warrick, lo studio suggerisce che le indicazioni per i limiti di velocità più importanti (50, 90 e 130 km/h in Italia) si trovino a 0°, 90°, 180° affinché abbiano leggibilità massima. Alla luce dei punti critici esaminati si raccomanda che all'interno dell'auto le interfacce per il conducente debbano essere semplici e non offrire molto in termini d'intrattenimento visivo.

2.5 La percezione visiva del conducente alla guida

Wierwille (1998) ha condotto uno studio per la definizione del livello di attenzione necessario ad operare con i dispositivi a bordo del veicolo, tale studio ha rilevato che *"la quantità e la frequenza di attenzione visiva necessaria per tali dispositivi incide direttamente sulla sicurezza"*. Le autoradio, oramai sono state ampiamente accettate quale possibile fonte di distrazione, mentre altri sistemi informativi posizionati all'interno dell'autovettura e che richiedono attenzione da parte dell'automobilista, in bibliografia scientifica non sono ancora stati accettati quali fonte associata di distrazione (McKnight e McKnight 1991, Caino e Burris 1999). Fondamentalmente una distrazione è tutto ciò che distoglie l'attenzione dal compito primario, ovvero la visione della strada di fronte.

Uno studio svolto da un team di ricercatori dell'Università di Rhode Island (Sodhi et al. 2002) ha concentrato l'attenzione sull'uso della metodologia di tracciamento oculare allo scopo di determinare come vari segnali distrattori influenzino l'automobilista, assumendo come certa una relazione tra movimenti degli occhi e attenzione. Allo scopo sono stati testati 25 guidatori di cui 9 donne e 16 uomini tutti di età vicina ai 20 anni con almeno un anno di esperienza di guida e utenti abituali dell'itinerario testato. Agli automobilisti è stata mostrata una presentazione nella quale erano contenute le istruzioni del test. La prima traccia registrata conteneva informazioni generali inerenti all'itinerario e le procedure da adottare durante la guida.

Agli automobilisti sono stati affidati una serie di compiti:

1. Cambiare la stazione della radio;
2. Notare il prezzo della benzina in una stazione carburanti;
3. Rispondere al telefono, tenerlo con una mano e proseguire nella guida;
4. Osservare lo specchietto retrovisore e descrivere il veicolo accodato;
5. Rispondere al telefono con il vivavoce;
6. Far fare tre squilli con il cellulare;
7. Leggere il tachimetro.

I guidatori sono stati dotati di un oculometro, il test prevedeva la guida su una distanza totale di 22 miglia principalmente lunga una strada di tipologia semi-rurale composta da due corsie.

La velocità media variava tra le 25 miglia e le 45 miglia all'ora, allo scopo di ridurre l'inevitabile fase di "adattamento" ad una nuova vettura, ogni guidatore ha utilizzato il proprio autoveicolo. La posizione dello sguardo relativamente allo scenario di riferimento è stata registrata dallo strumento e la calibrazione dello strumento realizzata all'interno dell'auto. I test sono stati condotti in differenti fasce orarie della giornata e sotto differenti condizioni d'illuminazione, variabili con le condizioni meteo e non valutate ai fini del test. Il secondo e il sesto compito sono stati ripetuti dodici volte durante la guida, l'ordine in cui si presentavano tali compiti "somministrati" era di 1,2,3,4,2,5,6,7 e 6. Alla fine del

test sono stati ottenuti dati “completi” per soli cinque guidatori; le analisi si sono basate esclusivamente sui dati provenienti da quest’ultimi.

Le distrazioni sono state classificate in differenti categorie, le cosiddette “*glance distractions*” le quali richiedevano che il soggetto divergesse lo sguardo dalla posizione principale per un breve periodo (sguardo singolo o multiplo) e nel frattempo fosse impegnato in qualche compito secondario. Tali distrazioni possono essere catalogate tra quelle necessarie (come osservare gli specchietti retrovisori) e quelle non strettamente necessarie alla guida (cambiare stazione alla radio). I “*glance distraction*” multipli sono distrazioni che richiedono attenzione sostenuta da parte del soggetto, costringendo il guidatore a dividere la sua attenzione tra i diversi compiti.

Tale fattore può essere notato in Figura 2.25 che mostra come lo sguardo del guidatore si alterni nell’osservare la strada e la radio fintanto che il suo compito non è terminato. Tali tipologie di distrazioni non sono identificabili esclusivamente dai dati provenienti dal movimento oculare. Le distrazioni cosiddette “cognitive” sono una categoria di distrazioni che alterano notevolmente il movimento oculare. Questo sembra confermare l’assunto iniziale ossia che le distrazioni influenzano in maniera indicativa la prestazione di guida. Per compiti multipli sotto il medesimo processo cognitivo l’identificazione risulta maggiormente complicata. Il periodo d’istruzione, il tempo necessario per completare il compito prefissato, e i normali movimenti oculari sulla strada sono illustrati nella Figura 2.25 per un soggetto intento a cambiare stazione alla radio. Il modello di movimento oculare nella figura supporta la teoria secondo la quale il guidatore assorto in un compito moltiplica gli sguardi tra obiettivi primari e secondari. Così per cambiare la stazione alla radio, il movimento oculare deve venire alternato tra questa e la strada fintantoché che il primo non è terminato. Il movimento oculare di fronte alla radio e le successive occhiate sono state generalmente precedute da un movimento dello sguardo avanti e indietro verso la parte in alto dell’autovettura e a sinistra della radio. Il processo è stato ripetuto fino al completamento del compito, il movimento oculare diretto verso gli specchietti retrovisori è simile a quello per cambiare la stazione alla radio. Il

movimento oculare per la lettura del contaghiometri è principalmente costituito da un'unica occhiata e in direzione verticale.

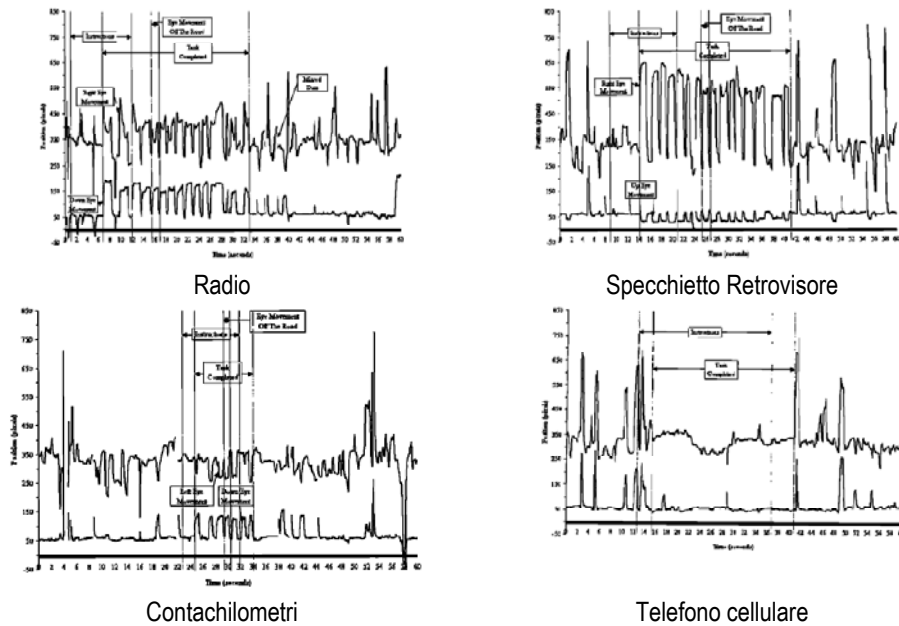


Figura 2.25- Traccati oculari dei guidatori testati.

Quando un guidatore ha lo sguardo rivolto lontano dalla strada, uno stimolo inaspettato può non essere correttamente recepito perché richiede un ulteriore movimento oculare o “fissazione” prima di una vera e propria consapevolezza del cambiamento di situazione. Quando il guidatore è impegnato in una serie di sguardi tra i dispositivi all’interno dell’auto e la strada, perde l’abilità di monitorare tutte quelle situazioni che si verificano attorno al veicolo durante la marcia. La riduzione del movimento oculare si verifica di frequente durante le telefonate, quando lo sguardo del guidatore vaga attorno dal centro del campo visivo, in avanti. Tale mancanza di movimento probabilmente corrisponde al fenomeno del *tunnel visivo* ossia una riduzione del “campo visivo utile” osservato durante il periodo d’incremento delle informazioni. In tale circostanza è molto probabile che il guidatore possa perdere lo stimolo a visionare tutti i cambiamenti istantanei che si presentano attorno a lui. Le registrazioni

confermano come la riduzione del movimento oculare non termini con la telefonata e con la fine del periodo istruttivo.

Questo è confermato dalle scoperte di *Redelmeier e Tibshirani* (1997) i quali sostenevano che il rischio permane anche successivamente il termine della telefonata ed è attribuibile ai ripensamenti dovuti alla conversazione. Uno sguardo è definito come il periodo nel quale il guidatore interpreta le informazioni provenienti dall'esterno (strada) e dall'interno del veicolo. Lo sguardo è definibile come un cambiamento della posizione oculare misurabile su coordinate orizzontali e verticali a seguito di una fissazione di almeno 60 ms. Il metodo d'identificazione delle distrazioni include una stretta comparazione dei punti delle velocità, movimenti di direzione e registrazione dei dati.

L'analisi dei punti di fissazione ha messo in evidenza notevoli differenze fra sguardi singoli o multipli. L'analisi riguardante la radio e lo specchietto retrovisore ha ulteriormente evidenziato che vi è una notevole differenza tra il movimento degli sguardi rivolti lontano dalla visione centrale e quelli, invece, diretti verso di questa. Tale differenza non è stata osservata per quanto concerne il tachimetro. La ragione di ciò può essere dovuta al fatto che entrambi, radio e specchietto retrovisore, richiedono una raccolta più significativa di dati rispetto all'osservazione del solo tachimetro una volta che tale dispositivo viene messo a fuoco. L'angolazione dello sguardo necessaria per la lettura del tachimetro richiede a seconda della distanza almeno 3 occhiate. Lo studio di *Sodhi et al.* getta le basi per successive analisi nel campo della sicurezza stradale con l'utilizzo dell'oculometro.

Uno studio svolto sul movimento oculare, la capacità cognitiva e la percezione visiva da *Stark ed Ellis* (1981) ha analizzato il movimento a scansione degli occhi alla ricerca d'informazioni di natura dinamica; tale studio ha ulteriormente confermato come esista una relazione tra movimenti oculari e la presenza di diverse informazioni lungo lo scenario stradale.

Moray (1990) nello studio sulla progettazione dei sistemi di trasporto relazionati ai modelli dei processi cognitivi della "componente uomo" pone l'attenzione sul fatto che la guida essendo un'attività che si sviluppa in un ambiente dinamico presenta questa particolari problematiche. I guidatori, infatti,

limitati dalle capacità visive, non possono che concentrarsi su un singolo stimolo e riescono a ricercare fino a un massimo di tre obiettivi. Spesso il guidatore ha la necessità di monitorare contemporaneamente stimoli visivi differenti come tachimetro, retrovisore, macchine di fronte, di lato, o altri aspetti dello scenario circostante che possono anche non essere effettivamente collegati alla guida. Quando lo sguardo si concentra verso “compiti secondari” si verifica anche una diminuzione rilevante della quantità di risorse di capacità visiva necessarie alla guida (Rumar 1999).

Il “*time sharing*” è utilizzato come metodo per superare questa limitazione, nel quale il compito visivo individuale viene completato dalle sequenze di movimenti saccadici e fissazioni. Dopo aver acquisito un numero soddisfacente d’informazioni da uno stimolo, il movimento saccadico è eseguito allineando un ulteriore stimolo con la regione centrale della fovea. La sequenza viene ripetuta più volte fintanto che uno dei compiti non risulta completo (Wierwille 1993).

Lo stimolo primario alla guida di frequente è rappresentato dalla visione dell’automobile in marcia posizionata immediatamente di fronte al proprio veicolo, mentre attorno ad esso vi sono una serie di stimoli secondari che possono non venire facilmente analizzati dagli automobilisti. Possono verificarsi dei problemi nel momento in cui il guidatore sceglie di seguire troppi stimoli secondari che vanno a sovrapporsi al suo compito primario, con conseguente riduzione di attenzione verso quest’ultimo; può capitare che il conducente non riesca ad interpretare correttamente tutte le informazioni provenienti dalla strada. È possibile che il guidatore possa autonomamente sviluppare un meccanismo di tutela al fine di contrastare questo problema, limitando la quantità di tempo in cui dirige lo sguardo lontano dalla visione centrale, stabilito pari a 1,6 secondi, e che riduce il suo stesso comfort (Wierwille 1993).

A causa di questa limitazione per il guidatore sussistono numerose difficoltà soprattutto quando le informazioni provengono da stimoli complessi o da compiti secondari, ma comunque necessari alla guida. Il conducente, infatti, deve necessariamente passare per una fase di “adattamento”; in questa situazione il tempo necessario a ricercare e completare il compito può superare il livello di confort percepito dal guidatore.

Il training aiuta il guidatore a svolgere numerosi compiti contemporaneamente, nel momento in cui è necessario estrarre un'informazione da uno scenario complesso il guidatore *“formato”*, presenta movimenti oculari di durata inferiore rivolti agli obiettivi secondari così come definito da Chapman ed Underwood (1998) in uno studio sulla percezione del tempo alla guida, durante gli incidenti stradali.

Il fenomeno visivo come detto in precedenza è un fenomeno molto complesso e include sia le aree di visione con messa a fuoco diretta e indiretta. La *“zona utile del campo visivo”* anche definita *“campo di visione funzionale”* è stata descritta da Williams in una ricerca pubblicata sull' *“American Journal of Psychology”* come: *“l'area attorno al punto di in cui si sofferma lo sguardo e dal quale vengono estratte e percepite le informazioni provenienti dal campo visivo”*.

Vi sono numerosi studi che pongono l'accento come sulla relazione esistente tra ampiezza del campo visivo e sovraccarico di lavoro. Quando l'utente deve analizzare troppe informazioni è possibile che pervenga ad un sovraccarico di lavoro e ad una riduzione della capacità del sistema visivo (Rantanen 1999 e Miura 1990). La *“visione tunnel”* è rappresentata da una chiara riduzione dell'apertura dell'angolo di visione e da una generale diminuzione nella visione periferica che è indipendente dal cono visivo (Rantanen e Goldberg 1999). I conducenti interessati da tali cambiamenti si basano su un numero maggiore di fissazioni di breve durata allo scopo di rilevare e acquisire informazioni provenienti da vari obiettivi con la conseguenza principale di aumentare il tempo di reazione (Miura 1990 e Crundall et al. 1998).

3 La segnaletica e il fattore uomo: lo stato dell'arte

3.1 La corretta progettazione della segnaletica stradale

Come già spiegato nei capitoli precedenti un buon progetto del sistema di informazione ai conducenti inizia proprio con il disegno dell'interfaccia uomo-macchina presente in tutti i mezzi di trasporto, per finire con l'affinamento del campo visivo dell'uomo alla guida nel progetto delle strade.

All'interno di quest'ampio campo di ricerca si inserisce il progetto della segnaletica stradale, verticale o orizzontale, elemento collante di informazioni atte a indurre pratiche di guida corrette attraverso l'invio di sintetiche informazioni riguardanti l'ambiente esterno.

La segnaletica stradale è uno dei principali strumenti d'invio delle informazioni, nonostante vari studi e numerosi esempi nella vita quotidiana dimostrino di frequente, come questa non risulti correttamente dimensionata e progettata. Tale errore comporta delle inevitabili conseguenze sulla sicurezza stradale. Le informazioni inviate attraverso la segnaletica stradale, verticale ed orizzontale, infatti, sono fondamentali al fine della corretta interpretazione dell'andamento della strada.

Il Codice della Strada Italiano stabilisce in un intervallo di 8-10 secondi il periodo di tempo in cui un utente alla guida della propria autovettura si approssima al segnale: lo individua, lo riconosce, inizia a leggerlo e compie l'azione in esso indicata.

Per quanto concerne la segnaletica stradale risultano, infatti, molto importanti i concetti di visibilità e leggibilità:

- Per *visibilità* s'intende la proprietà di risultare percepibile tramite le facoltà sensoriali dell'individuo, sulla base della distanza di riconoscimento attesa; affinché sia sempre garantita l'efficacia – efficienza dell'informazione trasmessa, il segnale deve attirare l'attenzione dell'utente e distinguersi dall'ambiente circostante.

- Per *leggibilità* s'intende invece l'abilità a leggere i caratteri e le lettere che compongono un segnale in relazione a diversi fattori come contrasto, dimensione dei caratteri, ecc.

Per quanto concerne il processo di acquisizione ed elaborazione delle informazioni durante la guida, il Codice della Strada prevede che il segnalamento sia effettuato in diverse fasi, che consistono in un segnale di preavviso, indicazione e conferma. Tale distanza di avvistamento "minima" non riesce a determinare univocamente la visibilità e la leggibilità dell'informazione, tale problema risulta ancora più evidente nei casi di strade a velocità di percorrenza elevata dove molto spesso non vengono rispettate adeguate proporzioni nel dimensionamento e posizionamento della segnaletica.

A partire dalla distanza di avvistamento "minima", in autostrada, stabilita pari a 250 m al tempo $T=0$, accade che nei primi istanti ($T=0$, $T=2s$) il segnale appaia molto piccolo e distante, difficilmente leggibile e interpretabile, mentre successivamente appaia al di fuori del cono visivo.

Sulla base di queste considerazioni il presupposto di partenza si basa sul fatto che il segnalamento, quale strumento centrale di connessione nella catena sistemica rappresentata dal quadrinomio *uomo – veicolo – strada – ambiente*, costituisce l'elemento critico della progettazione di una infrastruttura, in quanto connesso direttamente al fattore uomo.

Partendo dall'esame del fenomeno dell'incidentalità stradale e dai criteri d'impostazione razionale di interventi in favore della sicurezza della circolazione, è stata riconosciuta l'importanza di alcune caratteristiche funzionali della segnaletica stradale, ed in particolare della visibilità e della leggibilità dei segnali.

Per quanto concerne il concetto di trasmissione delle informazioni molto importanti sono i concetti di "*visibilità*" e "*leggibilità*" della segnaletica: per "*visibilità*" di un elemento di segnaletica, s'intende la proprietà di risultare percepibile tramite le facoltà sensoriali dell'individuo, relativamente alla distanza di ricognizione attesa. Perché sia sempre garantita l'efficacia dell'informazione trasmessa, il segnale deve attirare l'attenzione dell'utente e distinguersi

dall'ambiente circostante. Tali aspetti vengono espressi anche attraverso i concetti di “valore di attenzione” e “fattore di cospicuità” i quali esprimono le caratteristiche di risoluzione di un segnale in competizione con altri stimoli visuali, come pure per quanto concerne vivacità e contrasto.

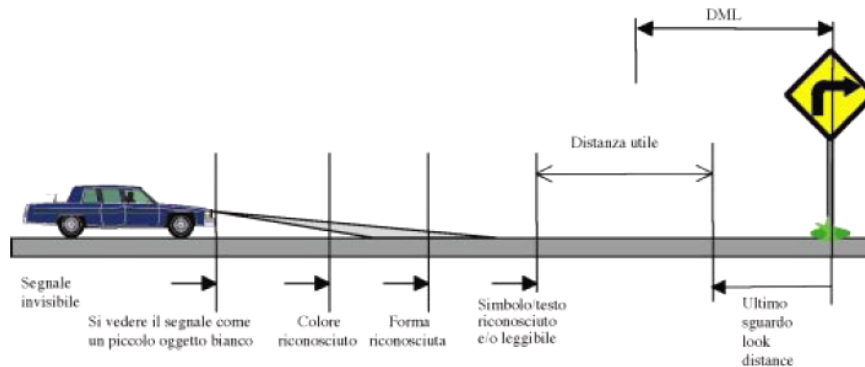


Figura 3.1- Rilevazione di un segnale verticale e suo riconoscimento.

Per “leggibilità” s'intende l'abilità a leggere i caratteri e le lettere che compongono un segnale, in relazione a fattori diversi come: contrasto dei caratteri, altezza, rapporto altezza/larghezza, larghezza del tratto, spaziatura tra le lettere e linee verticali e (in condizioni notturne) livello di luminanza (L) del segnale.

Considerato le condizioni di moto relativo tra osservatore e segnale si definiscono inoltre i concetti di “leggibilità pura” quando si ha un tempo illimitato a disposizione ed una “leggibilità di sguardo” quando il tempo risulta limitato, condizione peraltro tipica della fase critica decisionale di un automobilista alla guida.

A riguardo del concetto di visibilità in letteratura si richiamano i concetti di “soglia assoluta” e di “sensibilità”, i sistemi sensoriali non sono in grado di quantificare esattamente le sensazioni, riuscendo tuttavia a distinguere stimoli che ne producono differenti. La *sensibilità* rappresenta l'inverso dell'*intensità di soglia*.

Si definisce *soglia differenziale* il valore della minima differenza relativa alle intensità (oggettive) di due stimoli che possano essere soggettivamente

rilevati; ad essa corrisponde una differenza, sia pure piccola, fra le intensità delle corrispondenti sensazioni.

Nello studio della *sensazione visiva* la soglia differenziale è definita solitamente mediante il valore:

$$p = \frac{\Delta L}{L_m}$$

dove ΔL rappresenta la minima differenza di luminanza soggettivamente percepibile ed L_m il valore medio della luminanza del campo visivo osservato.

Il fattore adimensionale p prende il nome di “fattore di contrasto”.

Il concetto di “contrasto” riguarda le condizioni di guida sia diurna che notturna; di giorno il processo di percezione dipende principalmente dal contrasto dei colori, dal segnale, dall'altezza, ecc; di notte è legato, invece, alle luminanze di fondo del segnale e dalla dimensione delle iscrizioni nonché dalla luminanza ambientale.

Mentre la distanza tra osservatore e segnale diminuisce, il conducente ne percepisce la presenza, e, solo in un momento successivo, quando si avvicina, riconosce il messaggio e agisce di conseguenza; entrambe le fasi sono legate alla possibilità dell'occhio e del sistema nervoso di isolare l'informazione dal paesaggio circostante.

Dal punto di vista fotometrico il contrasto di luminanza del segnale rispetto allo sfondo deve superare un valore di soglia minimo, tanto più elevato quanto più complesso è il quadro che si presenta ai suoi occhi.

Se L_s è la luminanza del segnale e L_0 quella dello sfondo, il contrasto C è espresso come:

$$C = (L_s - L_0) / L_0$$

C assume valori compresi tra 0 (quando $L_s = L_0$) e 1 (quando $L_0 = 0$).

Nel caso particolare in cui $(L_s - L_0)$ è la soglia differenziale, il valore corrispondente di C è il minimo contrasto percettibile indicato come “*contrasto liminare*”. L'inverso del contrasto liminare è la sensibilità al contrasto.

Se il conducente focalizza il segnale sulla fovea, il paesaggio circostante, come primo effetto, può essere identificato in una “luminanza di velo” dovuta

alla diffusione all'interno del sistema oculare della luce indirizzata verso le zone della retina esterne alla fovea (visione periferica), alla luminanza dovuta alla diffusione atmosferica nel cono con apertura di 2° sotteso dalla fovea (visione distinta) nonché alla diffusione del parabrezza. La figura sottostante (Figura 3.2) schematizza l'effetto delle componenti della luminanza di velo L_v che si somma a tutte le luminanze della formula precedente:

$$C = \frac{L_s - L_0}{L_0 + L_v} < C$$

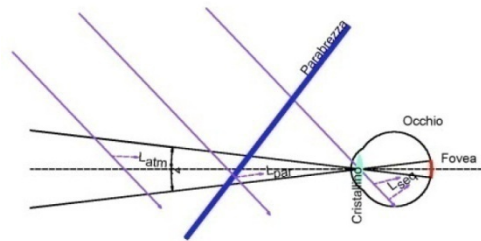


Figura 3.2- La luminanza di velo.

(Centro Studi 3M, *Quaderno Tecnico*, "Scelta della segnaletica in funzione delle esigenze dei guidatori", 2006)

Un aspetto rilevante del processo di acquisizione ed elaborazione delle informazioni per la guida stradale è rappresentato dalle condizioni di moto relativo tra l'osservatore e l'oggetto osservato e dalla conseguente necessità di spazi e di tempi sufficienti per lo sviluppo dei processi di percezione e d'interpretazione.

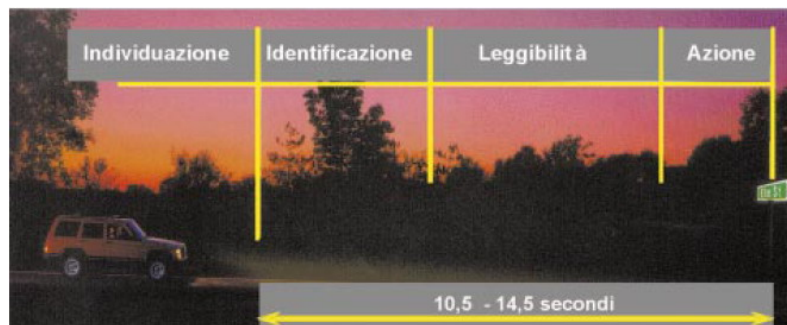


Figura 3.3- Le condizioni di scarsa visibilità fanno aumentare i tempi di percezione e gli incidenti con danni alle persone. (Centro Studi 3M, *Quaderno Tecnico*, "Scelta della segnaletica in funzione delle esigenze dei guidatori", 2006)

In funzione delle caratteristiche del processo di acquisizione ed elaborazione delle informazioni durante la guida, la Normativa Italiana (Regolamento di Esecuzione e Attuazione del Codice della Strada) prevede che il segnalamento venga effettuato in diverse fasi, che consistono nella successione di un segnale di preavviso, di indicazione e di conferma (Figura 3.3).

Tale distanza minima di avvistamento a volte non riesce a risolvere in maniera completa il problema della visibilità e leggibilità dell'informazione; il problema risulta tanto più aggravato a causa delle elevate velocità di percorrenza in talune categorie di strada (autostrade ed extraurbane principali) che dovrebbero, invece, garantire elevati standard di affidabilità e confort.

A partire dalla distanza minima di avvistamento in autostrada prevista nel Regolamento di Esecuzione ed Attuazione del Codice della Strada (250 m tra segnale e veicolo, al tempo $T = 0$) le immagini sono riportate in successione temporale (con scansione pari a 2 secondi). Nella Figura 3.4 è stata inoltre rappresentata la proiezione (ellittica) del cono di visuale distinta, cioè dello spazio ricadente, nella visione entro l'area centrale della retina, la fovea, la quale consente la migliore prestazione visiva. Si osserva che, mentre nelle prime immagini ($T = 0$, $T = +2s$) il dispositivo segnaletico appare molto piccolo e distante, difficilmente leggibile e interpretabile, nelle immagini successive esso appare ormai decisamente fuori dall'area di visione centrale (il che costringerà il conducente, per leggere il segnale, a distogliere l'attenzione dalla carreggiata).

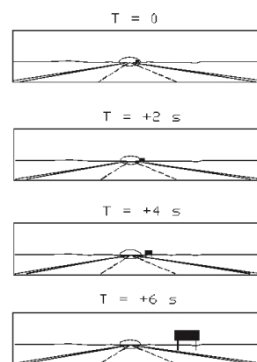


Figura 3.4- Sequenza di visione prospettica dell'utente in movimento.

(Ranzo A., Cantisani G., "Prestazioni dei dispositivi segnaletici e sicurezza della circolazione stradale", Centro Studi 3M Sicurezza Stradale, Quaderni Tecnico Scientifici 2002)

In una situazione di questo tipo, in condizioni ambientali e di traffico critiche, la presenza del dispositivo di segnalamento potrebbe risultare del tutto inutile, o, peggio ancora, complicare il processo di acquisizione dell'informazione con gravi ripercussioni sulla sicurezza di marcia e sul controllo del veicolo.

Quanto detto conferma ulteriormente il presupposto che il segnale stradale debba essere realizzato in modo da soddisfare il meccanismo di percezione e di acquisizione delle informazioni da parte dell'automobilista, la visione di un segnale stradale, infatti, rappresenta uno stimolo proveniente dall'ambiente circostante che si vuole venga colto con la maggiore facilità possibile.

Il meccanismo del processo di registrazione dell'informazione proveniente dal segnale stradale, in considerazione della necessità che la traccia fissata in memoria non sia ambigua e il messaggio risulti completo, è uno dei fondamenti della ricerca della biodinamica. Il passaggio dalla fase di sensazione a quella di percezione interessa tutti quegli stimoli che possono assurgere al rango d'informazioni da conservare nella banca dati della "memoria di lungo periodo", od anche che siano necessari per la decisione conseguente da assumere, in funzione del compito che si sta svolgendo.

Tutti gli stimoli sono sottoposti a una fase di percezione, ma molti di essi vengono automaticamente scartati senza l'intervento "attivo" della fase della percezione stessa; nella fase di percezione si selezionano, si confrontano e si smistano gli stimoli verso la "memoria operativa", la "memoria di lungo periodo", o direttamente, attraverso la selezione delle possibili risposte, verso la decisione. Al fine di facilitare il processo cognitivo legato all'acquisizione dell'informazione, inviata tramite la segnaletica, si deve agire sulle caratteristiche maggiormente legate al "fattore uomo", soprattutto in considerazione del moto relativo tra guidatore e oggetti osservati.

3.2 La segnaletica stradale verticale

La segnaletica stradale e gli effetti che questa ha sull'automobilista sono un argomento ampiamente dibattuto nella letteratura nazionale ed internazionale: uno studio svolto dall'Università di Parigi (Bazire et al. 2009) propone per la

segnaletica stradale un modello a “tre livelli” che consente di valutare la qualità della comprensione dei segnali stradali. In tale studio il segnale stradale viene rappresentato come *“un'icona rappresentativa del messaggio testuale”*. Tale studio mette in evidenza come il disobbedire ai segnali stradali sia una delle più frequenti cause di incidente e come in generale si sottovaluti l'insubordinazione alle prescrizioni in essi contenute, e la stessa incomprensione di quest'ultimo. Questo accade in quanto generalmente si dà per scontato che i guidatori conoscano il significato del segnale; per tale motivo si tende a preferire un segnale stradale composto da pittogramma piuttosto che da solo testo, presupponendo che la familiarità con l'immagine renda più facile il riconoscimento dell'icona rispetto alla lettura del testo in un segnale.

Dal punto di vista della comprensione del testo contenuto nel segnale stradale già uno studio svolto da Olson nel 1970 aveva focalizzato l'attenzione sulla semantica e sul legame tra linguaggio e pensiero. In tale studio è stato posto l'accento sul fatto che nessun segnale visivo o verbale possa essere immediatamente riconosciuto, contrariamente a quanto affermato da Kolers nel 1969 il quale analizzando alcune caratteristiche formali dei pittogrammi sosteneva come in letteratura generalmente si tenda eccessivamente a sopravvalutare l'immediatezza del riconoscimento del segnale stradale.

Lo studio, infatti, afferma come sia innegabile il fatto che il pittogramma, mostri numerosi vantaggi rispetto al testo; con esso, infatti, è possibile rappresentare una serie d'informazioni complesse senza l'ostacolo della lingua; tali vantaggi risultano preziosi in situazioni nelle quali è interessata una vasta utenza e nei casi in cui le decisioni debbano essere assunte velocemente, come durante la guida. Per contro, tuttavia, vi sono altri studi che evidenziano come un aspetto negativo del pittogramma sia il fatto che questo risulta frequentemente legato alla comprensione intuitiva. Booher (1975) in uno studio sui fattori umani affermava come i pittogrammi, non siano vere e proprie fotografie o immagini, e risultino alterati da un processo stilistico il quale può tuttavia comportare alcuni inconvenienti. In bibliografia, in genere, si afferma come le figure siano principalmente indicate per rappresentare oggetti statici, meno nel caso di azioni o concetti astratti. Magurno nel 1994 ha dimostrato come in generale il

pittogramma abbia buoni riscontri, in termini di comprensione ed efficacia, da parte dell'utenza. In questo studio si intende mettere in evidenza come un'ulteriore difficoltà di percezione del pittogramma derivi dalla proprietà arbitraria del simbolo e dalla versatilità del suo significato. L'immagine scelta per rappresentare una determinata categoria di circostanze può essere valutabile per una serie di oggetti e situazioni di differente significato. In generale, gli studi realizzati sui pittogrammi, da un lato, tendono a mettere in risalto la maggiore facilità intuitiva di percezione e comprensione dei guidatori rispetto ai segnali testuali, dall'altra pongono l'attenzione sulle possibili ambiguità interpretative.

Richard in una pubblicazione del 1982 ha focalizzato la sua attenzione sulla differenza tra la percezione del segnale da parte del guidatore e l'intenzione del legislatore al momento del posizionamento del segnale. I segnali stradali, infatti, devono essere considerati un mezzo attraverso il quale il legislatore invia un messaggio che deve essere interpretato in una specifica situazione e con un obiettivo prefissato. Vi possono essere quindi delle differenze tra l'obiettivo che si è prefisso il legislatore nel suo posizionamento e l'effetto reale che questo segnale ha sul guidatore.

Allo scopo di rappresentare questo fenomeno sono state impiegate due formule: la prima riferibile al "legislatore" o a chi in generale posiziona il segnale, tali formule mettono in relazione il significato M del segnale stradale e l'informazione "legale" L connessa al segnale stradale R : $M=R[L]$, per quanto concerne quella riferibile al conducente, l'espressione utilizzata mette in relazione il significato M dell'informazione legale L riferita ad un particolare contesto C correlata alla realizzazione di un compito T : $M = [CT[R[L]]]$.

Tali espressioni evidenziano le differenze che possono nascere nel momento del posizionamento del segnale ed al momento del suo utilizzo. Tali differenze possono creare delle incomprensioni che possono essere causa esse stesse di pericolo. Quando un guidatore vede un segnale stradale cerca nell'ambiente circostante l'informazione corrispondente e nel caso in cui non vi sia rispondenza tra la segnalazione e la situazione reale decide quale comportamento adottare.

Allen (1971) in uno studio sui guidatori e le loro "necessità cognitive" ha analizzato il comportamento del guidatore di fronte alla segnaletica stradale e

sottolineato come nel caso di assenza di un segnale di pericolo esista la concreta possibilità per il guidatore di perdere l'orientamento lungo la strada. Esistono principalmente due situazioni che intervengono nel processo di "percezione e comprensione" di un segnale stradale: il contesto "immaginato" dal progettista all'atto della progettazione e la situazione reale che si presenta di fronte all'automobilista che influenza in maniera rilevante la comprensione del segnale. Il compito nel quale è impegnato il guidatore, infatti, influisce sul processo di acquisizione dell'informazione del segnale stradale. Durante la guida, il conducente è costantemente sottoposto ad una serie di "sottocompiti" secondari rispetto a quello principale che è guardare la strada, tali compiti sono tutti rivolti alla ricerca di un'informazione.

I segnali stradali da sempre suscitano un elevato interesse da parte dei ricercatori. Molti di loro hanno studiato il legame esistente tra la localizzazione del segnale, incidenti e distrazione del guidatore (Lauer and McMonagle, 1955). La velocità di comprensione del guidatore dipende in generale dalla bontà del segnale sia esso simbolico o testuale (Ells and Dewar, 1979).

Lo scopo dei fattori umani è quello di studiare soluzioni compatibili con il livello percettivo – cognitivo dell'uomo; sulla base di tale principio diviene quindi indispensabile una corretta progettazione dell'ambiente in cui opera l'individuo, a partire dalla strumentazione all'interno dell'auto, la quale può essere definita attraverso una serie di accorgimenti atti a ridurre l'affaticamento. La disciplina dei fattori umani enumera una serie di accorgimenti atti a realizzare nel migliore dei modi la cabina di guida, "il luogo" in cui il guidatore si trova al momento dell'espletamento della performance; tali accorgimenti, ovviamente, devono essere seguiti anche quando si progetta l'ambiente esterno all'auto, e quindi la segnaletica stradale.

Tuttavia molto spesso l'esistenza di vincoli dovuti all'aspetto morfologico del territorio e alle caratteristiche stesse dell'arteria stradale impone determinate scelte alle Amministrazioni e agli Enti Gestori che portano a penalizzare il vero scopo del posizionamento della segnaletica e di conseguenza il messaggio in esso contenuto. Di frequente la segnaletica stradale risulta penalizzata dalla presenza di elementi "contingenti" come vegetazione, presenza di cartelli pubblicitari ecc

che rendono comunque difficoltosa la corretta percezione da parte dell'utenza. Nel posizionamento del segnale è necessario, inoltre, garantire costantemente la corretta individuazione del segnale e la discriminazione rispetto al suo sfondo; in quanto occorre facilitare l'individuazione del segnale progettandone adeguatamente il dimensionamento. L'altezza delle iscrizioni è strettamente legata alla distanza di leggibilità (stabilita sempre in funzione della velocità di progetto della strada), ed è necessario riporre la massima attenzione nel posizionamento; il segnale non deve essere "offuscato" dalla vegetazione o da cartelli pubblicitari.

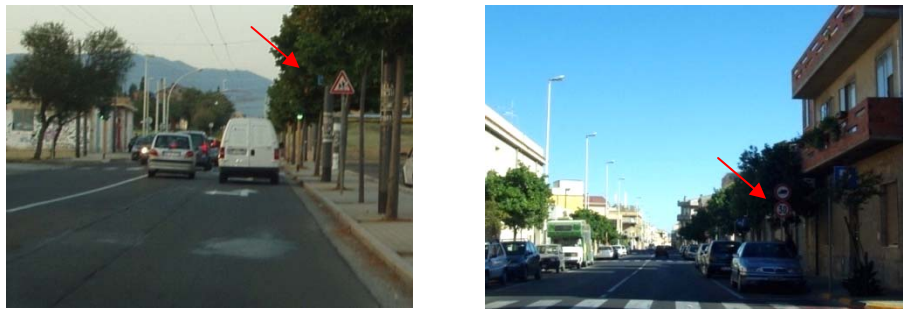


Figura 3.5- 3.6 *Interferenza della vegetazione nella visibilità della segnaletica verticale.*

Un ulteriore punto su cui è necessario focalizzare l'attenzione è la discriminazione e la scelta dei colori a seconda del posizionamento: verde per le autostrade, blu per la viabilità extraurbana, bianco per quella urbana, giallo per le zone di cantiere; tali colori rivestono un'importante funzione per l'identificazione del segnale.

Altro fattore da non sottovalutare è la necessità che nelle ore notturne i segnali conservino le caratteristiche cromatiche, che possono essere assicurate esclusivamente tramite l'impiego di dispositivi d'illuminazione propria per trasparenza o per rifrangenza con o senza luce portata dal segnale stesso.



Figura 3.7 - 3.8 – Segnale di Stop e Precedenza sbiadito.

Le loro funzioni, in condizioni di scarsa visibilità, sono garantite esclusivamente dalla forma.

Al fine di assicurare costantemente la loro funzionalità è necessario che sia sempre garantita la distinzione del simbolo specifico e la lettura dell'eventuale iscrizione; in particolari ore del giorno e durante alcuni mesi dell'anno, la percezione visiva, è complicata dalla presenza di uno sfondo molto luminoso che può portare in taluni casi all'abbagliamento. Tale situazione si verifica specialmente nelle prime ore del giorno e nelle ore precedenti al tramonto del sole, per questo motivo occorre consentire la perfetta discriminazione del simbolo e la leggibilità ad una maggiore distanza.



Figura 3.9- 3.10 - Segnali stradali sbiaditi: il “limite di velocità” e il “divieto di sorpasso”.

Per quanto riguarda la posa in opera della segnaletica, è necessario evitare distorsioni luminose, interferenze con la vegetazione o altri segnali, ed inoltre evitare il posizionamento di un numero sovrabbondante di segnali in un

medesimo palo; eccedere nel posizionamento di più segnali in un medesimo palo significa, infatti, costringere l'automobilista a cercare l'informazione di maggiore importanza tra quelle indicate. Tale processo non è sempre immediato, dal momento in cui l'automobilista vede il segnale, infatti, deve riconoscerlo, comprendere il significato dell'iscrizione in esso contenuto (e di conseguenza confrontare l'informazione con la memoria di lungo periodo) e comportarsi nella maniera dovuta, questo non è possibile posizionando più segnali in uno stesso palo.



Figura 3.11- 3.12 - Sovrabbondanza di segnali in un medesimo palo in una strada statale locale extraurbana e urbana.

Nel posizionamento è importante che sia sempre garantita la credibilità del segnale; è necessario, in primo luogo un attento monitoraggio. In particolare è importante eliminare immediatamente i segnali che indicano situazioni che hanno cessato di essere e che rappresentano un'informazione superflua ai fini della sicurezza della strada.

Collocare un segnale senza che questo abbia stretta rispondenza con le condizioni reali della strada comporta differenti effetti sull'utente abituale della strada e colui invece che la utilizza di rado. Il primo si disaffeziona in breve tempo dal guardare la segnaletica, il secondo non trovando riscontro del segnale nella realtà, trovandosi disorientato costituirà un ulteriore pericolo per la circolazione. È quindi importante rimuovere immediatamente un segnale quando la situazione da esso indicata ha cessato di essere.

Una serie di semplici regole che devono essere seguite direttamente al momento del posizionamento del segnale, rispetta appieno il principio dei fattori umani: l'utente deve "vedere" la segnaletica dove si aspetta di trovarla; indicazioni posizionate sulla sinistra della carreggiata possono influire molto negativamente sulla decisione del recettore, spesso, secondo i casi, determinando comportamenti opposti a quelli che si attendono.



Figura 3.13- *Segnale stradale posizionato sulla sinistra, la sua visione può costituire un distrattore per l'utente, il quale si vede costretto a distogliere lo sguardo dalla sua posizione principale.*

Nel caso di strade a doppio senso di marcia, è importante ricordare che l'utente deve vedere i segnali dove si aspetta di trovarli, ossia lungo il margine destro della carreggiata, l'automobilista durante la guida deve concentrare il più possibile lo sguardo sulla strada e porre la massima attenzione alla segnaletica posta alla sua destra e a lui riferita.

Posizionare anche un solo segnale d'importanza marginale sulla sinistra della carreggiata può indurre il conducente a "cercare" altri segnali a lui riferiti sullo stesso margine, creando il rischio che una segnalazione importante posta, come dovrebbe essere la regola, sulla destra della carreggiata non venga "notata" a scapito di un'altra segnalazione maggiormente "futile" posta sul margine sinistro di questa.

Le informazioni inviate attraverso la segnaletica stradale sono fondamentali al fine di interpretare correttamente l'andamento della strada e di conseguenza necessario porre la massima cura alla sua progettazione e dimensionamento.

3.3 I Pannelli a Messaggio Variabile

Per quanto concerne gli studi realizzati sui pannelli a messaggio variabile nella letteratura scientifica, questi si concentrano principalmente verso lo studio della risposta dell'automobilista di fronte alle informazioni in essi contenute e sull'azione del guidatore successivamente alla lettura del testo.

Innanzitutto il pittogramma presenta numerosi vantaggi rispetto al segnale composto esclusivamente da testo, attraverso questo è infatti possibile rappresentare una serie di informazioni complesse senza ostacoli dovuti alla lingua, questi vantaggi sono preziosi in situazioni nelle quali è interessato un vasto pubblico e quando si vuole che le decisioni vengano assunte rapidamente. Gli studi sottolineano come il processo di individuazione del pittogramma sia principalmente correlato alla comprensione intuitiva, i pittogrammi infatti non sono foto o immagini, ma vengono alterati da un processo stilistico che nel processo di percezione-comprensione può portare a degli inconvenienti.

Quando non vi sono segnali idonei a indicare la presenza di un pericolo lungo la strada esiste il rischio concreto che il conducente possa confondersi nel cercare le informazioni prive d'immediata corrispondenza nella segnaletica stradale. Esistono, infatti, due contesti che intervengono nel processo di "percezione e comprensione" del segnale stradale: *il contesto ambientale*, che principalmente ne determina il significato ed *il contesto di guida* il quale influisce anche sulla procedura inerente l'acquisizione delle informazioni. Durante la guida l'automobilista è sottoposto costantemente ad una serie di stimoli provenienti dall'ambiente circostante, tali stimoli possono essere la ricerca di un'indicazione lungo il tragitto della strada, la ricerca di una determinata località, ma anche lo stesso traffico attorno al guidatore e quindi le macchine in movimento relativo rispetto ad esso. Come visto la segnaletica stradale suscita un grande interesse da parte dei ricercatori: Lauer e McMonagle (1955) svolsero un esperimento nel College dell'Iowa il cui scopo è stato quello

di determinare come la segnaletica posizionata lungo le strade e le autostrade incida sul verificarsi degli incidenti stradali. I segnali di avvertimento furono posti nei diversi angoli visibili da 0-45 gradi da ogni lato della strada, i soggetti dovevano svolgere un test volto a determinare se ci fosse o meno una differenza statisticamente rilevante tra l'osservazione di uno scenario coperto da un segnale stradale o di uno senza. Dai risultati di questo studio è emerso come numerosi segnali costantemente presenti nel campo di visuale del guidatore non sempre influenzino negativamente le manovre del guidatore, risultati simili sono stati ottenuti dal Dipartimento dei Trasporti dello stato del Michigan in cooperazione con gli Stati Uniti.

Già nel 1979 Ells e Dewar avevano analizzato diverse procedure d'invio d'informazioni attraverso la segnaletica stradale allo scopo di misurare il tempo richiesto per comprenderne il significato. I risultati hanno evidenziato come i messaggi contenenti simboli possano essere compresi più facilmente rispetto a quelli contenenti esclusivamente messaggi testuali. I segnali composti esclusivamente da testo sono risultati essere maggiormente impegnativi per il guidatore; l'analisi di correlazione ha dimostrato come il tempo di reazione dipenda significativamente dalla leggibilità del segnale confermando l'utilità della misura del tempo di reazione come indice per l'adeguamento del segnale stradale.

Harjula, et al. (1997) in uno studio per il *Technical Reserch Centre of Finland* ha analizzato le aspettative del guidatore di fronte a pannelli che inviavano messaggi bilingue; il pannello inviava messaggi testuali alternati in Finlandese e Svedese (2 secondi per ogni lingua). Attraverso una serie d'interviste sottoposte ai conducenti, si è valutato l'effettivo grado di comprensione di messaggi trasmessi nella doppia lingua. Il pannello testato era composto da due moduli: uno per il messaggio testuale e uno per il pittogramma con segnale di pericolo a fibra ottica. Il segnale restava spento quando non era più necessario l'invio di messaggi; il modulo testuale risultava composto da due linee di testo, ciascuna di dieci caratteri. Nel test i messaggi furono mostrati per 2,0 secondi sia in svedese che in finlandese, separati da un intervallo di 0,5 secondi di schermo vuoto (Figura 3.14).



Figura 3.14- Lo stesso messaggio in lingua svedese e finlandese.

Agli utenti intervistati (460) fu inizialmente chiesto se ricordassero quale fosse stato l'ultimo cartello di pericolo incontrato durante il viaggio: successivamente gli venne mostrata la figura del cartello con il modulo del testo vuoto e gli fu chiesto di ripetere il messaggio proiettato. Le altre domande riguardavano i dettagli sul testo, come le differenze fra le due lingue, il tempo di esposizione del messaggio e un giudizio sul tipo di pannello. I risultati ottenuti hanno mostrato che circa il 90% dei conducenti riteneva sufficiente un tempo di 2,0 sec per leggere il messaggio nella lingua madre e più del 90% aveva percepito le informazioni del messaggio correttamente. Ciò nonostante ben 110 guidatori su 460 non avevano alcuna memoria del cartello e non ricordavano alcuna delle sue caratteristiche. Una maggiore difficoltà nel ricordare i messaggi la evidenziarono i guidatori più anziani e fu imputata all'esposizione del testo troppo breve. Quest'applicazione ha ulteriormente confermato come la maggioranza dei conducenti finlandesi ben accetti un pannello con messaggi bilingue alternati. Lo studio ha ulteriormente evidenziato l'esigenza di approfondire l'indagine soprattutto verso gli utenti più anziani, per i quali i potenziali sovraccarichi mentali, in condizioni di traffico difficili, possono incidere negativamente nella corretta interpretazione del segnale.

Un secondo studio condotto, svolto sempre in Finlandia, dal *Technical Research Centre of Finland* (2001) ha indagato sugli effetti che nella guida hanno l'invio d'informazioni che si riferiscono a condizioni meteorologiche e stato della pavimentazione. In questo Paese l'invio puntuale dei messaggi tramite PMV, ha consentito di ridurre in maniera indicativa il numero d'incidenti, in modo particolare durante il periodo invernale. È stato verificato, infatti, come uno dei principali errori commessi dai conducenti consista proprio nell'incapacità

di valutare, durante la guida, le condizioni del manto stradale e, pertanto, nel non saper adattare a questo un adeguato comportamento di guida.

L'analisi sui fattori umani ha inoltre messo in evidenza come il pittogramma debba essere sempre un'immagine fissa e non intermittente, al fine di allertare continuamente gli automobilisti sulle condizioni della strada. Inoltre secondo lo studio i segnali dovrebbero essere accompagnati da alcune specifiche tipo "during rain" o da un messaggio più completo con tali caratteristiche:

- Un pittogramma/segnale con la parola "danger";
- Una descrizione del pericolo;
- Un avvertimento sulle conseguenze del pericolo;
- Le indicazioni di strade alternative.

Un altro studio relativo pannelli a messaggio variabile e sui principali fattori che influenzano l'utilizzo dei pannelli sulle autostrade è stato condotto nel Regno Unito (Kubacka et al. 2006), l'obiettivo della ricerca è stato quello di migliorare l'utilizzo dei Pannelli a Messaggio Variabile per quanto concerne la percezione del guidatore. In particolare l'attenzione è stata rivolta all'esame di gradimento del conducente e il suo atteggiamento nei confronti dei pannelli posizionati lungo l'autostrada M1 (sud di Londra). Sono state studiate le risposte dei conducenti di fronte a diverse tipologie di PMV (rispetto alle abitudini di guida); il 50% dei conducenti ha espresso un *parere favorevole - molto favorevole* sui PMV. I risultati mostrano come gli automobilisti riescano facilmente a prendere atto del sistema confermando persino l'utilità del servizio. Oltre il 50% dei conducenti ha espresso un buon giudizio sulle loro caratteristiche. Il punteggio più alto di gradimento spetta alla comprensibilità ed all'utilità del sistema mentre il più basso è relativo alla precisione, tale fattore è quello principalmente affrontato dall'Agenzia Autostradale che mira a migliorare radicalmente con l'utilizzo delle ultime tecnologie e la "Business Plan Target for VMS".

I PMV sono la seconda fonte principale di informazioni per il traffico dopo la radio. Nel caso di situazioni di emergenza che si presentano lungo le strade, l'89% dei guidatori ha ammesso di aver guardato il pannello che lo informava

dell'incidente. Tale studio ha mostrato come in generale il guidatore segua in maniera precisa le indicazioni contenute nel messaggio.

Borowski et al. (2008) in uno studio sulla localizzazione dei segnali e le capacità del guidatore di riconoscere e rispondere ai messaggi contenuti nel pannello ha analizzato l'effetto, sul comportamento degli automobilisti, del posizionamento della segnaletica stradale in un luogo inaspettato. In particolare lo studio ha visto coinvolto un campione di venti automobilisti di età compresa tra i 20-30 anni, ai quali è stato chiesto di osservare il segnale posizionato lungo un percorso simulato. L'utilizzo dell'oculometro ha consentito di determinare precisamente il punto in cui si soffermava lo sguardo dei guidatori; i risultati del test hanno mostrato come il conducente ignora i cartelli soprattutto quando questi vengono collocati in posizioni inaspettate. Per identificare il segnale, quindi, il guidatore avrà necessità di osservarlo più a lungo. Il tempo di osservazione del segnale influenza, ovviamente, la capacità del guidatore di identificarlo quando questo è localizzato in una posizione inaspettata, in tali circostanze la sua identificazione è meno semplice ed intuitiva e necessita di un maggior tempo di osservazione. Questo studio intende ulteriormente sottolineare la necessità di posizionare il segnale stradale in accordo con la Normativa ed in modo particolare con l'aspettativa del guidatore.

3.3.1 La progettazione dei messaggi da inviare attraverso i PMV

Il Centro dei Trasporti dell'Università del Rhode Island nel 2002 ha sviluppato un progetto sui sistemi di controllo del traffico e in particolare sulla "messa in onda" dei messaggi tramite PMV. Il livello di percezione di un messaggio testuale è funzione delle capacità visive del soggetto recettore e della qualità fotometrica del segnale; uno dei parametri che influenza la capacità visiva è il tempo di lettura, la quale è funzione della velocità e della distanza fra pannello e occhio. Durante l'esperimento sono stati inviati tre diversi messaggi: "*Road work ahead, reduce speed*", "*Foggy area ahead, turn on the head light*", "*Traffic congestion, take alternative route*" utilizzando diverse combinazioni di colore del carattere (rosso e giallo), dello sfondo (nero, blu) e di numero di righe (2 o 3), dallo studio è risultato inoltre che il colore giallo richiede un tempo di

risposta inferiore rispetto al colore rosso, mentre i messaggi costituiti da tre righe spesso necessitano di minor tempi di risposta rispetto a quelli costituiti da due righe.

Sempre l'Università di Rhode Island nel 2005 ha effettuato un aggiornamento sulle preferenze e sulle modalità di risposta degli utenti alle varie combinazioni di invio dei messaggi, realizzando varie interviste agli automobilisti in transito lungo una strada dove erano posizionati i pannelli.

I risultati hanno evidenziato una migliore risposta da parte degli automobilisti ai messaggi brevi composti da un'unica schermata, con un minimo effetto di “*flashing*”, mettendo altresì in evidenza come sia preferibile utilizzare sempre vocaboli “specifici” privi di abbreviazioni ed un colore tendente all'ambra o in una combinazione verde-ambra (che rispetto a quella rosso-ambra ha mostrato un tempo di risposta inferiore).

I ricercatori Warren e Radu (2003) della Scuola di Linguistica applicata della *Victoria University dell'Australia*, allo scopo di migliorare la comprensione dei messaggi inviati tramite i pannelli a messaggio variabile hanno intrapreso un'indagine psicolinguistica sui messaggi normalmente proiettati su questi dispositivi. Lo studio suggerisce come sia importante l'ordine delle linee del testo sul display del pannello.

In sintesi è necessario che vengano sempre rispettati i seguenti principi:

- L'informazione che deve richiedere la reazione del conducente deve essere posizionata nella prima linea del display.
- Le informazioni brevi e generali (come “ACCIDENT”) dovrebbero essere posizionate nella prima linea del display.
- I messaggi relativi agli incidenti devono essere brevi.
- Devono essere evitati vocaboli poco utilizzati o insoliti, in modo da velocizzare il processo di acquisizione lessicale.
- Usare vocaboli scritti con la Prima Lettera Maiuscola piuttosto che MAIUSCOLO.
- E' meglio utilizzare vocaboli specifici “ACCIDENT” piuttosto che generali “INCIDENT”.

A seconda della posizione delle informazioni proiettate sul display del pannello il segnale influenza diversamente la reazione del guidatore. La prima raccomandazione è quindi che il testo che impone una reazione immediata da parte del conducente debba essere posizionato sulla prima riga del display. È stato inoltre accertato come l'ordine logico di “dichiarazione di un evento” - “azione per affrontarlo” sia efficace dal punto di vista della comprensione del guidatore. Una seconda raccomandazione è un'eccezione della prima: le informazioni brevi e specifiche come “incidente” devono essere poste sulla prima riga del display. Lo studio ha rivelato alcune differenze marcate tra i messaggi correntemente utilizzati nei display dei PMV, spesso composti da un gran numero di informazioni e alcuni messaggi correttamente strutturati dal punto di vista dei fattori umani. Gli autori suggeriscono come questo sia legato alla quantità di testo presente nei messaggi: in generale è preferibile inviare brevi messaggi, e questo non solo dal punto di vista del tempo dell'elaborazione del guidatore, ma anche per quanto riguarda la percezione del messaggio.

Nel 2006 il Dipartimento dei Trasporti dello Stato dell'Oregon ha elaborato un elenco di Linee Guida per le amministrazioni locali allo scopo di mettere ordine alla Normativa in merito all'installazione ed all'utilizzo dei PMV, tali linee guida hanno messo in evidenza, in particolare, come i messaggi da utilizzare debbano essere familiari e sia sempre necessario eliminare ogni ridondanza.

Come primo punto è necessario per i messaggi utilizzare un linguaggio “familiare”; e seguire una sequenza d'informazioni prestabilita illustrata di seguito:

- 1) Tipologia di problema: *Wreck, Road Work, Left Lane Closed*;
- 2) Localizzazione: *Ahead 1 Mile, Exit 214, Brucker St*;
- 3) Azione richiesta: *Exit, Prepare to Stop*;
- 4) Periodo di tempo: *Tu – Fri, Mar – Ven., 8.00 PM. – 6.00 AM.*;
- 5) Soggetti a cui il messaggio è diretto: *Through Traffic, All Trucks.*

È necessario inoltre eliminare tutte le parole non necessarie come articoli e preposizioni, ed al fine di confermare la credibilità dei messaggi inserire sempre un riferimento temporale. In modo particolare:

- 1) Le abbreviazioni devono essere utilizzate solo quando necessarie;
- 2) È necessario strutturare i messaggi in modo che ogni riga contenga un'unità di informazione completa e significativa. Il messaggio deve essere suddiviso in righe con senso compiuto con il minimo numero di parole;
- 3) Il corpo intero del messaggio deve poter essere leggibile almeno due volte dagli automobilisti in particolare:
- 4) È meglio inviare i messaggi in una singola schermata;
- 5) Bisogna strutturare il messaggio in maniera tale da consentire la lettura di una parola al secondo, basata sulla distanza di leggibilità e sulla velocità consentita nell'arteria stradale;
- 6) È necessario ridurre la dimensione del messaggio in caso di elevato traffico pesante, cattive condizioni meteo o comunque in caso di flussi veicolari elevati.

Nel messaggio dovrebbero essere sempre tralasciate informazioni non essenziali o che richiedono delle azioni implicitamente, per esempio i guidatori si aspettano di dover svoltare a destra quando incontrano la scritta: "LEFT LANE CLOSED", mentre l'informazione "FOLLOW DETOUR" piuttosto di "FOLLOW DETOUR ROUTE" mostra la medesima informazione senza alcuna ridondanza;

Per quanto concerne le modalità di rappresentazione della velocità, delle distanze e del tempo all'interno del testo le linee guida sottolineano come l'uso di termini quali "SLOW", "REDUCE SPEED", siano preferibili all'indicazione del valore numerico della velocità in quanto indicanti l'azione che i guidatori dovrebbero tenere.

Per quanto concerne la distanza da tenere si raccomanda di mostrare la posizione sempre come distanza in miglia o chilometri, in alternativa il numero

di uscita o il nome del luogo: *Ashland o Santiam Pass*, mentre sono sempre da evitare nomi locali o di confine, riferimenti come “NEXT EXIT”, “2ND EXIT” etc. sono preferibili alle distanze.

Il periodo di tempo in cui si sviluppa una situazione dovrebbe essere mostrato in giorni della settimana, le date dovrebbero essere incluse solo se l'avviso è per un evento che si terrà la settimana immediatamente successiva. Per esempio:

ETHAN AVE CLOSED / TUESDAY – THURSDAY

Riferito ad un evento che si verificherà il prossimo martedì, ed:

ETHAN AVE CLOSED/JULY 12-14/TUES – THURS

se la chiusura riguarderà due settimane avanti;

Il tempo di viaggio dovrebbe includere un luogo di destinazione e il tempo di partenza del display se possibile. Per esempio:

TRAVEL TIME/TO FRONT AVE/20 MIN AT 7:20.

Infine è sempre meglio centrare il più possibile i messaggi nello schermo e non utilizzare tecniche di visualizzazione particolari come affievolimento dei colori, dissolvenza o scorrimento.

Un messaggio dovrebbe essere inviato solo se è richiesta un'azione: i conducenti intendono conoscere solo cosa devono fare e una buona ragione per farlo.

3.4 Il tempo di acquisizione delle informazioni

Per quanto concerne il tempo impiegato dagli automobilisti nel leggere un segnale stradale Jacobs e Cole nel 1979 hanno definito tramite regressione lineare un'espressione matematica, che mette in relazione il tempo di lettura con il numero di parole contenute in un messaggio:

$$t (s) = 0,32 N - 0,21$$

N è il numero di parole presenti nel messaggio/segnale.

Tale espressione è ancora utilizzata dal Dipartimento dei Trasporti Australiano ai fini della progettazione della segnaletica stradale.

Mc Donald e Rutley nel 1991 hanno previsto un periodo più lungo per riuscire a leggere i nomi presenti nel segnale con la formula:

$$t(s) = 0,784 + 0,167 N.$$

Tali formule mettono in evidenza come il tempo necessario per leggere un messaggio composto da 5 parole risulti pari a 1,39 secondi nel primo caso e 1,62 secondi nel secondo, valore di gran lunga superiore al limite temporale sicuro stabilito in 0,8 secondi (Wierwille et al.).

Tale formula, tuttavia, non teneva in considerazione di una serie di variabili che si presentano all'atto della lettura e percezione del testo.

Un'evoluzione dello studio sulla percezione dei testi nei pannelli a messaggio variabile può essere considerata la ricerca realizzata da Kim et al. presentata al *Transportation and Research Board* (2009) che ha studiato il tempo di lettura dei testi contenuti nei pannelli a messaggio variabile.

Allo scopo di testare un campione di automobilisti è stato sviluppato un particolare pannello, di tipologia "portatile" composto da tre linee di testo di otto caratteri ciascuno. Il colore dei caratteri includeva il rosso, verde e ambra.



Figura 3.15- Il pannello utilizzato per l'indagine.

Sono stati svolti numerosi esperimenti durante le ore diurne dal 23 Gennaio al 1 Febbraio nel 2008, in totale sono stati testati 61 soggetti, l'esperimento era volto a verificare la lettura o meno del segnale. Ogni partecipante aveva un'esperienza di guida di almeno 1 anno. Gli esperimenti prevedevano 22 scenari di guida, erano inoltre variabili l'altezza dei caratteri e la quantità di informazioni presenti all'interno del messaggio. Il modello finale ha stabilito le variabili statisticamente significativo ed è espresso attraverso la seguente equazione:

$$\text{Tempo di lettura del PMV (sec.)} = 1.765 + 0.402x - 0.021y + 0.166z$$

Dove

x = Numero di unità di informazioni

y = Velocità di marcia (km/h)

z = Fascia di età (20-30 = 0; 30-40 = 1; 40-50 = 2; 50-60 = 3)

Questo studio è di grande contributo per la letteratura scientifica in materia di studio dei tempi di lettura dei testi proiettati sui pannelli a messaggio variabile e mostra come il processo di riconoscimento e lettura del segnale risulti fortemente influenzato dalla presenza di numerosi simboli ed espressioni verbali in essi proiettati.

4 Le prime applicazioni svolte nel corso del dottorato

4.1 L'esperienza di Brescia

4.1.1 L'analisi multivariata

Anche in Italia i pannelli a messaggio variabile stanno trovando una sempre più ampia diffusione, sia in ambito urbano ed extraurbano: essi consentono di inviare, in tempo reale, informazioni di qualsiasi genere agli automobilisti in transito lungo le strade ove tali pannelli sono posizionati. Generalmente i messaggi inviati riguardano notizie riguardanti lo stato della viabilità (condizioni di congestione, blocchi stradali per incidenti, lavori in corso) oltre ad informazioni di varia natura (segnalazioni turistiche, news di aggiornamento, pubblicità, ecc.).

Nella presente ricerca si è cercato di approfondire il ruolo che tali dispositivi rivestono all'interno della complessa relazione esistente tra uomo, veicolo e strada e come la loro corretta interpretazione influenzi direttamente e/o indirettamente la sicurezza stradale. Una prima applicazione ha visto coinvolte le Università di Cagliari e Brescia.

Nell'ambito di questa ricerca è stato analizzato una popolazione di conducenti che sono stati intervistati immediatamente dopo aver superato due pannelli situati nella città di Brescia.

Allo scopo di realizzare l'indagine, in questa fase dello studio, che ha previsto un'analisi principalmente di natura comportamentale, i dati sono stati analizzati mediante il supporto di tecniche multivariate. In questa prima fase della ricerca complessivamente sono state realizzate 842 interviste, articolate in due giornate lavorative con turni da 6 ore: tre ore la mattina, dalle 8.00 alle 11.00 e tre il pomeriggio dalle 15.00 alle 18.00, la scelta degli orari era volta a comprendere le ore di morbida e di punta.

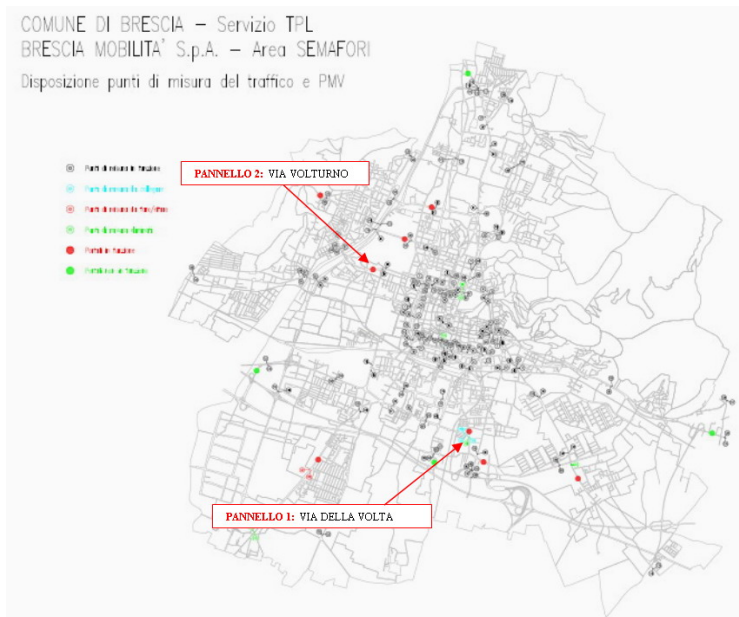


Figura 4.1 –Localizzazione dei pannelli nella città di Brescia.

I test sono stati effettuati su due pannelli localizzati in due punti strategici della città, il primo (Via della Volta) posizionato lungo una strada di penetrazione verso il centro storico in una strada a carreggiata unica con una corsia per senso di marcia;



Figura 4.2 – Il pannello in Via della Volta (PMVI).

il secondo (Via Volturmo) lungo una strada di circonvallazione a carreggiata unica con due corsie per senso di marcia.



Figura 4.3 – Il pannello in Via Voltuno (PMV2)

Sono stati proiettati i seguenti messaggi:

- Messaggio n°1 – **“Rallentamenti - Via Lamarmora - Si Consiglia - Via Corsica”** tale messaggio è stato proiettato su entrambi i PMV su un'unica schermata di 4 righe;
- Messaggio n°2 – **“Rallentamenti - Via Triumplina” - “Consigliata - V.le Europa”**
- Proiettato nel PMV 2 (Via Voltuno) su due schermate di 2 righe intervallate da 2 sec.
- Messaggio n°3 – **“Rallentamenti - Causa Lavori - Via Triumplina - Pref. V.le Europa”** Proiettato nel PMV 1 (Via della Volta) su un'unica schermata di 4 righe.

Di queste 842 interviste 454 sono state realizzate nella Via della Volta e 388 nella Via Voltuno; la maggioranza degli intervistati, l'80,60% si trovava in posizione non accodata al momento del passaggio sotto il pannello e quasi la metà di questi (il 49,23 %) era costituito da utenti abituali, con almeno un passaggio/giorno in quella sezione stradale. Il 65,84% era di sesso maschile, la fascia di età più rappresentata è stata quella dei 36–50 anni (50%), seguita da quella dei 51 – 65 anni (22,92%); infine il 62,43 % del totale ha dichiarato di non avere disturbi alla vista.

La grande maggioranza degli intervistati (84,93%) ha dichiarato di non aver letto il pannello: di questi, ben l'86,17% ha affermato di non avergli neanche dato uno sguardo. Le motivazioni principali addotte dagli interessati sono state: “non l'ho notato” (35,47 %), “ero concentrato sul traffico” (23,60%), “ero distratto” (22,49%).

Il risultato principale di questa prima ricerca ha messo in evidenza un generale disinteresse da parte degli utenti verso i pannelli a messaggio variabile; del totale degli intervenuti al test solamente il 15,06% ha affermato di avere dato uno sguardo al pannello e di questi: solo il 23,70% ha ripetuto esattamente il testo del messaggio. Il 39,70% ricordava il senso del messaggio, ma non con precisione il testo, il 21,40% ricordava solo qualche parola, il 15,20% non ha compreso il testo e lo ha ripetuto utilizzando vocaboli diversi da quelli proiettati sul pannello e non collegati al significato del messaggio proiettato sul pannello. In generale la maggioranza di coloro che hanno affermato di aver letto il pannello (l'83,46%) ha affermato di non avere avuto difficoltà a leggere il messaggio mentre il 52,76% ha affermato che avrebbe seguito le indicazioni contenute nel messaggio.

La posizione del veicolo non si è rivelata decisiva per la lettura del testo: infatti, rispetto ai 127 utenti che hanno dichiarato di aver letto il pannello, circa la metà di questi (64) è stato intervistato in Via della Volta e di questi solo 33 si trovavano accodati in prossimità del pannello. Tenendo conto del fatto che lungo la Via della Volta sono stati intervistati 133 veicoli in posizione “accodata” a causa principalmente del rosso del semaforo localizzato poco dopo il pannello, ne è conseguito che solo il 24,8% ha letto il pannello mentre era in coda.

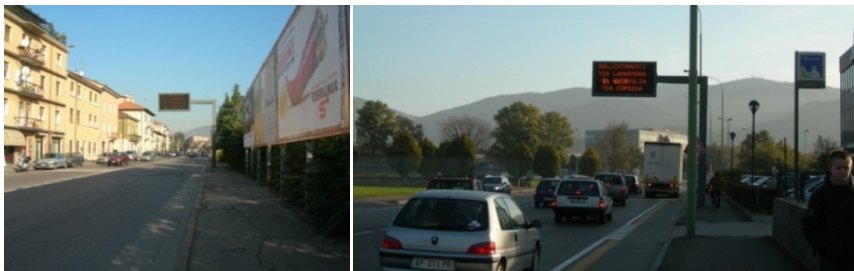


Figura 4.4- I pannelli utilizzati per le indagini (PMV1 – PMV2).

4.1.2 L'analisi dei dati ed i risultati

Oltre ad una semplice analisi di frequenza delle risposte, i dati del questionario sono stati analizzati attraverso tecniche di tipo fattoriale, associate alla *Cluster Analysis*.

- Con le prime tecniche s'individuano i fattori (“componenti”) più significativi necessari per descrivere un fenomeno complesso rappresentato da un elevato numero di variabili (“caratteri”);
- Con la seconda tecnica, detta “analisi dei raggruppamenti”, si raccolgono le unità statistiche in insiemi omogenei al fine di evidenziarne gli aspetti comuni più caratterizzanti.

Poiché i dati acquisiti tramite questionario sono quasi esclusivamente di natura qualitativa (giudizi, affermazioni sul comportamento di guida, etc.), è stata utilizzata l'Analisi della Corrispondenze Multiple, basata sulle frequenze delle modalità relative alle variabili analizzate: in tale analisi, i fattori (o “assi”) vengono ottenuti proprio come combinazioni lineari di tali modalità.

L'analisi inoltre consente di associare le modalità dei caratteri (“spazio variabili”) con quello delle unità statistiche (“spazio individui”), al fine di evidenziare le prossimità di relazione fra i due insiemi.

In generale la rappresentazione di un modello fattoriale è del tipo:

$$z_j = k_{j1}F_1 + k_{j2}F_2 + \dots + k_{jm}F_m + U_j$$

con:

z_j : la j-esima variabile standardizzata

F_i : l'i-esimo fattore calcolato come combinazione delle variabili originarie x ;

k_{ji} : coefficiente di regressione multipla standardizzata della variabile j-esima rispetto al fattore i-esimo;

U_j : fattore unico o specifico della variabile j-esima.

Il calcolo dei fattori è stato effettuato attraverso un parametro di sintesi quale il “*Valor-Test*” il quale rappresenta lo scostamento della variabile significativa rispetto ad una distribuzione normale.

Il principio è il seguente: su una popolazione di n individui, sono state osservate q variabili nominali. S'individua un gruppo particolare di n_k individui ed è necessario classificare quindi per ordine d'importanza le variabili che caratterizzano meglio tale gruppo. Una variabile non caratterizza il gruppo se gli n_k valori che si trovano sembrano estratti a caso tra gli n valori osservati. Più l'ipotesi di un'estrazione aleatoria è dubbia, più significativa è la variabile per caratterizzare il gruppo, il "valor-test" risulta pertanto:

$$V.T. = \frac{n_{jk} - n_k \times \frac{n_j}{n}}{\sqrt{n_k \times \frac{n - n_k}{n - 1} \times \frac{n_j}{n} \times \left(1 - \frac{n_j}{n}\right)}}$$

Se $|v\text{-test}| > 2$, la media del gruppo differisce significativamente da quella della popolazione: pertanto più elevato è $|v\text{-test}|$, tanto più significativa e caratterizzante è la variabile per quel gruppo.

Nella Tabella 4.1 si riportano i primi 4 fattori ottenuti dall'analisi:

Asse 1			Asse 2		
Formulazione della variabile	Formulazione della modalità	V.T.	Formulazione della variabile	Formulazione della modalità	V.T.
Se ha risposto NO: ha almeno dato 1 sguardo?	Non ha dato uno sguardo	-20,54	Messaggio	Messaggio 2	-14,95
Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Non l'ho notato	-8,26	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Non l'ha notato	-14,52
Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Concentrato traffico	-6,27	Se ha risposto NO: ha almeno dato 1 sguardo	Non ha dato uno sguardo	-13,20
Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Distratto	-5,72	Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Altre informazioni	-6,03
ZONA CENTRALE Valori compresi tra - 2 e + 2			Frequenza passaggio	RARAMENTE	-5,50
Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Senso sbagliato	9,60	Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Informazioni sugli Ingorghi	-4,82
Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Ricorda qualche parola	11,82	ZONA CENTRALE Valori compresi tra - 2 e + 2		
Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Ricorda esattamente il messaggio	12,92	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Concentrato sul traffico	7,14
Se no perché?	altra destinazione	14,86	Frequenza passaggio	Almeno 1 volta al giorno	8,59
Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Messaggio incompleto senso OK	15,05	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Visto ma non letto	11,10
Ha trovato difficoltà a leggere	Non ha avuto difficoltà a leggere	26,95	Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Informazioni lavori in corso	11,51
			Messaggio	Messaggio 3	15,04
			Se ha risposto NO: ha almeno dato 1 sguardo	Ha dato uno Sguardo	18,91

Asse 3			Asse 4		
Formulazione della variabile	Formulazione della modalità	V.T.	Formulazione della variabile	Formulazione della modalità	V.T.
Messaggio	Messaggio 2	-13,74	Età	Età sup.66	-14,94
Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Lo ha visto ma non l'ha letto	-12,26	Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Altre informazioni	-14,18
Età	Età 36-50	-10,85	Messaggio	Messaggio 3	-12,82
Frequenza passaggio	Almeno 1 volta al giorno	-9,46	Disturbi alla vista	Proble mi di vista: Occhiali	-8,77
Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Ha ripetuto esattamente il messaggio	-8,15	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Lo ha visto ma non letto	-6,89
Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Informazioni sui percorsi Alternativi	-5,14	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Non l'ho notato	-6,54
ZONA CENTRALE Valori compresi tra - 2 e + 2			Se non ricorda esattamente il testo: il senso	Ricorda QUALCHE parola	-6,24
Se no perché?	altra destinazione	5,73	ZONA CENTRALE Valori compresi tra - 2 e + 2		
Se si quale msg reputa più utile per la guida?	Altre informazioni	6,79	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Concentrato sul traffico	4,71
Frequenza passaggio	almeno 1/week	7,16	Età	età 18-35	7,64
Età	età 18-35	7,61	Disturbi alla vista	No Problemi Vista	8,73
Età	età sup.66	8,20	Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Distratto	8,77
Messaggio	Messaggio 1	9,45	Messaggio	Messaggio 1	15,65
Se ha risposto NO: Perché non l'ha letto?	Concentrato sul traffico	10,48			

Tabella 4.1-I dati relativi agli assi fattoriali

Dall'analisi del primo asse emerge una contrapposizione netta fra coloro (valori negativi) i quali non hanno letto il pannello e coloro (valori positivi) che, viceversa, l'hanno letto.

Dall'analisi del secondo asse invece, è possibile notare la contrapposizione riguardante la tipologia di messaggio: da una parte (valori negativi) si trovano gli intervistati sul messaggio 2 (con una prevalenza di chi non l'ha letto), mentre dall'altra (valori positivi) si trovano coloro che sono stati intervistati sul messaggio 3 (sia che l'abbiano o che non l'abbiano letto).

Il terzo asse ripropone una contrapposizione fra tipologia di messaggio, distinguendo coloro i quali (valori negativi) hanno letto il messaggio 2 (in questo caso utenti abituali, di età compresa tra i 36 – 50 anni), da coloro i quali (valori positivi) sono stati intervistati sul messaggio 1 (in questo caso con una prevalenza di chi non lo aveva letto).

Nel quarto asse viene invece proposta una suddivisione fra tipologia di conducenti: da un lato (valori negativi) conducenti anziani (di età superiore ai 66 anni), con problemi di vista, che, pur avendo visto il pannello, non lo hanno letto, o che ricordavano solo qualche parola del messaggio; viceversa, dall'altro (valori positivi) conducenti giovani (età compresa tra i 18-35 anni), senza disturbi alla vista, che non hanno letto il messaggio perché distratti o concentrati sul traffico.

In sintesi i primi quattro assi consentono di spiegare il 38,04 % d'inerzia definendo “inerzia totale” della nube di punti dei dati, la media dei quadrati delle distanze degli n punti dal centro di gravità (origine) del fenomeno; tale valore è abbastanza significativo, tenendo conto del fatto che le variabili attive analizzate erano in totale 11.

La tabella di seguito (Tabella 4.2) riporta, per ogni asse fattoriale, il relativo autovalore, la percentuale di inerzia spiegata singolarmente e quella cumulata.

	Assi								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Autovalore	0,5044	0,1427	0,1212	0,1195	0,1151	0,1059	0,1032	0,1005	0,0985
% inerzia	19,13	5,41	4,60	4,53	4,37	4,02	3,91	3,81	3,74
% cumulata	19,13	24,55	29,15	33,68	38,04	42,06	45,97	49,79	53,52

Tabella 4.2- Assi fattoriali e relativi autovalore e percentuale di inerzia

L'analisi ha consentito di valutare la prossimità fra "spazio individui" e "spazio variabili". Poiché i piani fattoriali sono suddivisi in 4 quadranti, al fine di individuare correttamente la localizzazione delle variabili e degli individui, vengono utilizzati come riferimento i 4 punti cardinali Nord, Est, Sud ed Ovest. Analizzando il 1° Piano Fattoriale (Figura 4.5), si possono notare ad Ovest le variabili caratterizzanti coloro i quali non hanno letto il pannello, mentre ad Est quelle di coloro i quali lo hanno letto, ma non lo ricordano correttamente. Viceversa, le variabili disposte sul secondo asse risultano maggiormente concentrate verso il centro, in quanto caratterizzate da valori inferiori del *valor test*: in particolare a Sud si trovano i valori negativi dell'asse, coloro che non hanno dato neanche uno sguardo al pannello, perché non l'hanno notato.

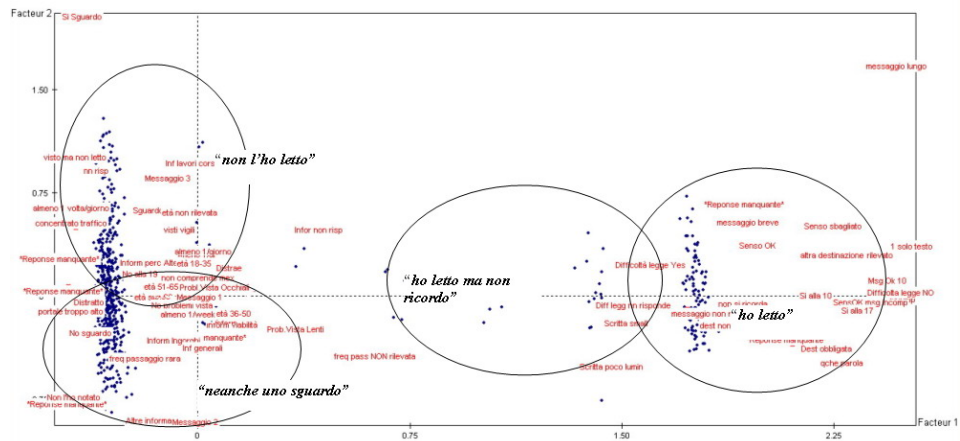


Figura 4.5-1° Piano Fattoriale.

Graficamente sono riportati i quattro ambiti corrispondenti a quattro diverse risposte: "Non l'ho letto", "Non ho dato neanche uno sguardo", "L'ho letto ma non ricordo", "L'ho letto". Mentre il primo piano fattoriale presenta una suddivisione abbastanza netta degli insiemi, nel secondo piano fattoriale (Figura 4.6) non sono presenti suddivisioni fortemente marcate; in questo caso è stata individuata una suddivisione in funzione della tipologia di messaggio. Analizzando le relazioni di prossimità fra variabili, si nota come l'ambito del terzo messaggio comprenda più modalità legate alla positiva comprensione del messaggio, quali "Senso del messaggio OK", "Ho visto ma non letto".

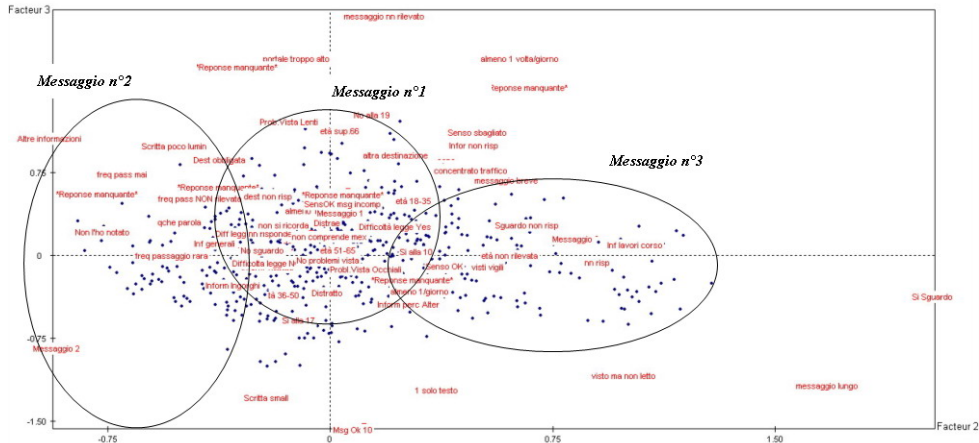


Figura 4.6- 2° Piano Fattoriale.

Per contro, sul quadrante opposto, nell’ambito relativo al secondo messaggio, si rilevano modalità quali ad esempio “Non l’ho notato” o “Non ricordo”. Infine nell’ambito del primo messaggio, sono presenti modalità relative alla difficoltà di lettura, determinate da caratteristiche del conducente (“età superiore ai 65 anni”, “Problemi di vista”) o del PMV (“Scritta poco luminosa”, “Pannello troppo alto”, “Messaggio breve”).

Ciò significa che la struttura del testo utilizzata per il terzo messaggio e la proiezione attraverso un’unica schermata tende ad essere percepita maggiormente dagli utenti, rispetto ad un messaggio spezzato su due distinte proiezioni.

Questa prima analisi ha messo in evidenza un generale disinteresse da parte degli utenti, in particolare è scaturito come il PMV non venga letto soprattutto per distrazione o in quanto non viene notato; dalle registrazioni e dalle interviste è emerso inoltre come il messaggio la maggior parte delle volte non venga correttamente memorizzato. Si è registrato inoltre come i guidatori anziani abbiano una maggiore difficoltà nel percepire in maniera completa le informazioni trasmesse, per quanto concerne i messaggi proiettati; il terzo e il secondo messaggio, a differenza del primo, presentano connessioni con modalità riconducibili alla lettura del pannello, quali “Ho dato uno sguardo”, “Ricordo qualche parola”, “Ricordo esattamente il messaggio”.

4.1.3 La Cluster Analysis

Contestualmente all'ACM, è stata effettuata la Cluster Analysis al fine di identificare gruppi omogenei di individui caratterizzati dalle variabili più significative in funzione dei "fattori".

Nell'analisi è stato applicato il "Metodo di Ward" di tipo gerarchico: tale principio è basato sul criterio per cui si riuniscono in un'unica classe due individui o due classi per le quali la perdita d'inerzia è minima.

Pertanto, definiti con \mathbf{g}_A e \mathbf{g}_B i centri di gravità di due classi A e B e con \mathbf{P}_A e \mathbf{P}_B i loro pesi, si ottiene:

$$\min \delta(A; B) = \min \frac{P_A P_B}{(P_A + P_B)} d^2(\mathbf{g}_A; \mathbf{g}_B)$$

Dal punto di vista grafico, si ottiene un albero di classificazione (o dendrogramma) di tipo ascendente formato dalle classi ottenute mediante raggruppamenti su *step* successivi. Naturalmente, l'aggregazione in classi è stata effettuata utilizzando le stesse variabili che hanno permesso di calcolare F_i .

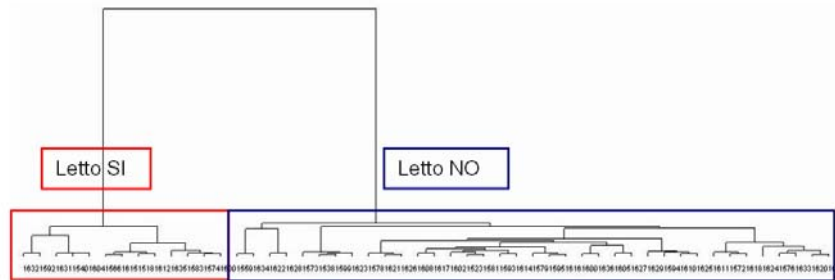


Figura 4.7-Albero di classificazione.

Dall'analisi del dendrogramma (Figura 4.7) emerge evidente la forte divisione tra coloro che hanno letto il pannello e coloro che non lo hanno letto; più complessa risulta l'analisi delle altre classi, a causa della partizione binaria molto marcata. Pertanto si è reso necessario scindere i due gruppi e focalizzare l'attenzione esclusivamente verso i conducenti che hanno dichiarato di aver letto il pannello, al fine di riuscire a definire meglio le loro peculiarità. Questa prima fase della ricerca ha messo, come detto, in evidenza l'aspetto interessante

riguardante il generale disinteresse da parte dei conducenti verso i pannelli a messaggio variabile, testimoniato dall'elevatissima percentuale di conducenti che, in transito, non hanno letto il messaggio, o non ne ricordano il contenuto o che comunque in generale non seguono le indicazioni in esso contenute. Nel caso in esame le interviste hanno messo in evidenza come tale disaffezione sia strettamente correlata al fatto che di frequente i pannelli vengono utilizzati allo scopo di inviare informazioni non ritenute utili dai conducenti quali, ad esempio, sanzioni in caso di mancato rispetto delle Norme del Codice della Strada o generiche raccomandazioni di prudenza ed attenzione alla guida. Questa prima analisi ha infatti evidenziato quali sono le uniche informazioni che gli automobilisti reputano più importanti, ovvero lo stato della viabilità (39,46%), la presenza di ingorghi o incidenti sulla rete (22,73%), l'indicazione di percorsi alternativi (16,22%).

La ragione di questa differenza di comprensione è dovuta principalmente alle differenze delle caratteristiche delle due strade: Via della Volta risulta localizzata all'interno della città ed è composta da un'unica corsia per senso di marcia, Via Volturno, invece, è una strada di circonvallazione con due corsie per senso di marcia. In Via Volturno è stata riscontrata la presenza di un traffico maggiormente fluido rispetto alla Via della Volta nella quale i veicoli tendono a disporsi in fila a causa della presenza di un semaforo nelle immediate vicinanze del pannello.

Questo primo studio mostra come nel caso di strade composte di un'unica corsia per senso di marcia sia preferibile il messaggio composto da 4 righe in un'unica schermata contenente un maggior numero di informazioni; mentre per quanto riguarda le strade a due corsie per senso di marcia è preferibile il messaggio della seconda tipologia suddiviso in due schermate, composto da due righe per *frame* piuttosto di un messaggio unico composto da 4 righe.

4.2 L'analisi Testuale

Una volta analizzato il campione in maniera "quantitativa" attraverso l'Analisi delle Corrispondenze Multiple e la Cluster Analysis, al fine di misurare la comprensione del testo da parte dei guidatori sono state applicate le tecniche

dell'Analisi Testuale. Lo scopo di quest'applicazione è stato quello di indagare ulteriormente sul livello di comprensione dei testi proiettati sui pannelli e verificarne esattamente la qualità di comprensione.

L'analisi ha riguardato 123 utenti ovvero coloro i quali hanno dichiarato di aver letto il messaggio.

4.2.1 L'analisi testuale: lo stato dell'arte

Bolasco nel documento intitolato "L'analisi statistica dei dati testuali: intrecci problematici e prospettive" ha descritto la nascita della "statistica testuale" a seguito degli sviluppi dell'analisi automatica dei testi (Text Analysis). I pionieri della moderna "analisi quantitativa in ambito linguistico" sono stati: Zipf (1935, 1949), Yule (1944), Giraud (1954), Herdan (1956-64), mentre i più citati in bibliografia sono stati: Benzécri, il quale fonda sullo studio di dati linguistici le sue prime sperimentazioni di quella che sarà "*l'Analyse des Données*" (1982 *Histoire & Prehistoire*); che si contrappone alle tesi di Chomsky, e Harris, il quale rappresenta, quanto a formalizzazione di strutture linguistiche della scomposizione sintagmatica della frase un riferimento assai vicino ad un approccio statistico sul trattamento del linguaggio naturale. In Italia, Zampolli e De Mauro, attraverso il loro interesse per le misure di frequenza d'uso delle parole (a livello di lemmi), hanno posto le basi per una linguistica quantitativa sviluppando le prime risorse statistico-linguistiche (lessici di frequenza: LIF di Bortolini & Zampolli, 1971; VdB, VELI, LIP di De Mauro e altri (1980, 1989, 1993). Dall'interesse per testi veri e propri (come i classici della letteratura) si passa allo studio di testi "artificiali" ovvero i dati espressi in linguaggio naturale provenienti dalle fonti più diverse: indagini sul campo (come domande aperte o interviste); e analisi di frammenti o testi corti raccolti in una collezione di documenti costituenti un corpus di dati testuali. Alla fine degli anni '80 Lebart e Salem (1988, 1994, 1998) definirono i confini della statistica testuale basata sull'analisi di forme grafiche (non più lemmi) e in parallelo sviluppando software per l'analisi dei dati testuali (Spad_T, Lexico, ecc.). Le analisi di dati testuali incentrate sulle forme grafiche sono indipendenti dalla lingua, tale approccio è puramente formale e privilegia i segni (significanti) per

giungere al senso (in quanto insieme di significati) come rappresentazione del contenuto/discorso. Il segno linguistico, come noto, è composto da un significato distinto dal punto di vista “fonico” (parlato) e/o “grafico” (scritto), oltre che da un significato a sua volta distinto dal punto di vista della “forma” come classe “sintattica”: grammatica, morfologia e sintassi e della “sostanza” (come classe “semantica”). L’analisi statistica, secondo i “formalisti” è condotta a prescindere dal significato delle unità di testo. Il senso (inteso come significato/accezione) di una parola è determinato dalle parole che la circondano (asse sintagmatico), dalla selezione delle altre parole che possono rimpiazzarla nella stessa frase (asse paradigmatico).

Benzécri, Salem e Reinert mostrano come partendo da un’analisi puramente formale si arrivi a cogliere la struttura del senso presente nel corpus dei testi. Da un’analisi di tipo paradigmatico si può ottenere una rappresentazione della struttura sintagmatica presente nel testo, come il caso dei sintagmi latenti o “frasi modali” ottenibili attraverso un’analisi fattoriale (Bolasco, 1999) e utilizzabili come modelli di senso del contenuto/discorso. L’ambiguità insita nel linguaggio naturale è risolta attraverso l’analisi complessa di grandi matrici di dati testuali grazie ai metodi e alle tecniche di analisi multidimensionale (analisi delle corrispondenze, cluster analysis, analisi discriminante, *multidimensional scaling*). Tali analisi, misurando la similarità di profili lessicali, producono rappresentazioni contestuali dell’informazione testuale. Tali rappresentazioni si traducono in visualizzazioni nelle quali vale il principio della “vicinanza/somiglianza” delle unità lessicali (sia semplici “parole”, sia lessie complesse) che consentono di coglierne l’accezione interna al corpus investigato. Esempi di questo tipo si ritrovano nell’approccio della Semiometria (Lebart et al. 2003) o in quello dell’Analisi emozionale del testo (Carli e Paniccia, 2002). Le matrici di dati testuali mettono in corrispondenza, nel tradizionale ruolo di “individui” e “variabili”; parole e frammenti di testo (raggruppamenti di frammenti di testo omogenei da qualche punto di vista, ossia elementi in relazione di equivalenza fra loro). In particolare, si definiscono almeno tre diverse tipologie di matrici: frammenti per forme (dati booleani), forme per testi (dati di frequenza); forme per forme (grafi di relazione tra co-occorrenze, con

informazione booleana o pesata). Tali matrici inducono analisi assai diverse tra loro.

Le strategie di analisi statistiche che consentono di trasformare i dati in informazione si fondano su:

- Una scelta di unità d’analisi lessicali che assicurino una copertura del testo adeguata (> 70-75%);
- Un’analisi di carattere esplorativo al fine di produrre rappresentazioni del testo mediante:
- Visualizzazione sui piani fattoriali dell’analisi delle corrispondenze binarie delle principali relazioni di similarità tra profili lessicali (in termini di co-occorrenza fra parole);
- Classificazione delle unità di contesto (spesso si tratta delle stesse unità di rivelazione o di records, quali risposte/messaggi di individui, documenti/articoli di stampa o altri frammenti di testo/testi corti) in grado di evidenziare differenti universi lessicali o domini terminologici;
- Dai vari contributi forniti dalla tradizione “formalista”, possono essere individuati due filoni di ricerca, il primo di tradizione formalista harrisiana (M. Gross, 1968; A. Elia, 1984) i cui ricercatori sistematizzano la formalizzazione linguistica di particolari classi di parole sviluppando strumenti concreti di tipo lessicografico e linguistica computazionale; il secondo di linguistica quantitativa caratterizzato dal primo tentativo di lemmatizzazione automatica, attraverso al messa a punto di nuovi lessici di frequenza (De Mauro, 1989; Marconi, 1993; Siclair, 1991; Biber, 1998).

La ridondanza dei segmenti ripetuti (Salem, 1987) viene messa in discussione, scorporando le occorrenze delle sequenze lessicalizzate dalle occorrenze delle parole che le hanno generate. Vengono individuate

polirematiche¹ ed altre locuzioni grammaticali (avverbiali, preposizionali, aggettivali, ecc.) presenti nel testo, le quali una volta isolate, permettono di abbassare drasticamente il livello di ambiguità delle parole, prima della lemmatizzazione. In tale ottica, viene messo a punto un lessico di frequenza di poliformi (Bolasco & Morrone, 1998), come riferimento per l'italiano standard. In tale modo si sono aperti nuovi problemi e conflitti principalmente a causa della difficoltà di poter confrontare efficacemente risultati di analisi diverse, in assenza di standard.

Andando avanti con gli anni le dimensioni dei testi analizzabili sono sempre più aumentate, grazie all'utilizzo dei computer e dei software dedicati. Nella metà degli anni '90 si svilupparono le tecnologie di "Text Mining" le quali servono a fare fronte all'eccesso di informazioni; si tratta di tecnologie e procedure, utili soprattutto alle aziende/istituzioni che mettono in concatenazione azioni di "Information Retrieval" e di "Information Extraction"; tali procedure sono possibili solo dopo un trattamento "in profondità" del linguaggio naturale e con l'ausilio di tecniche statistiche tipiche del "Data Mining". In generale, un'attività di *Text Mining* presuppone l'esistenza di un "*document warehouse*" come corpus da analizzare (Sullivan, 2001), e l'interesse a trasformare un insieme di testi non strutturati in un insieme di dati strutturati (spesso allocati in un database tradizionale) dai quali estrarre un'informazione che produca valore per l'azienda/istituzione (i principali campi applicativi sono la Customer Relationship Management (CRM), Customer Opinion Survey, Gestione delle risorse umane, Osservazioni sulla concorrenza e sull'utenza, Technology Watch, Analisi di basi documentali settoriali, Natural language Processing, ecc.).

¹ Ossia un poliforme, il cui significato è frutto di un calcolo non compositivo ovvero il cui senso globale non è risultante dalla somma dei significati delle singole parole componenti (capo_dello_stato, carta_di_credito, ecc.).

4.2.2 L'analisi dei dati

I testi dei messaggi inviati sono stati impostati secondo le caratteristiche definite da studi psicolinguistici e linee guida²; l'intento di tali studi è stato quello di fare in modo che ogni unità d'informazione fosse indipendente dalle altre, in modo tale che anche nel caso in cui il guidatore leggesse il messaggio senza uno specifico ordine il messaggio risultasse sempre comprensibile. La difficoltà maggiore nella composizione del messaggio sorge a causa della difficile adattabilità della lingua italiana a tali linee guida (basate sull'uso della lingua inglese, che meglio si presta all'invio d'informazioni maggiormente brevi ed egualmente esaurienti); tali difficoltà possono essere così di seguito sintetizzate:

- Molti termini italiani sono molto più lunghi dei corrispondenti in inglese (*Road Works* – Lavori Stradali, *Slow* – Rallentamenti, ecc.) occupando più caselle nella matrice del pannello;
- La lingua italiana mal si presta ad abbreviazioni (un termine come “Rall” in luogo di “Rallentamenti” potrebbe non essere correttamente interpretato);
- Non sempre è possibile nella frase eliminare preposizioni ed articoli, come suggerito nelle linee guida, senza alterare il senso del messaggio.

I costrutti dei messaggi sono indicati Tabella 4.3, ogni parola è riferita a una specifica richiesta d'informazioni, la numerazione alla sinistra delle parole utilizzate nel messaggio indica le righe all'interno della schermata del messaggio.

²Oregon Department of Transportation, “Guidelines for the Operation of Variable Message Signs on State Highways”, Highway division Traffic Management Section, July 2005;

MESSAGGIO 1		MESSAGGIO 2	
Cosa succede?	1 RALLENTAMENTI	1° Schermata – 2 sec	
Dove?	2 VIA LAMARMORA	Cosa succede?	1 RALLENTAMENTI
Cosa si consiglia di fare?	3 SI CONSIGLIA	Dove?	2 VIA TRIUMLINA
	4 VIA CORSICA		3
MESSAGGIO 3			4
Cosa succede?	1 RALLENTAMENTI	2° Schermata – 2 sec	
Qual è la causa?	2 CAUSA LAVORI	Cosa si consiglia di fare?	1 SI CONSIGLIA
Dove?	3 VIA TRIUMLINA		2 VIALE EUROPA
Cosa si consiglia di fare?	4 PREF. VLE EUROPA		3
			4

Tabella 4.3 - Messaggi e relativa tipologia di costrutto.

A tutti gli utenti (intervistati subito dopo il passaggio sotto il PMV) è stato chiesto di ripetere ciò che avevano appena letto. Nella Tabella 4.4 sono stati riportati i risultati.

		Via D. Volta PMV1	Via Volturmo PMV2	Via Volturmo PMV2	Via D. Volta PMV1	TOTALE
COMPRENSIONE		Messaggio 1: RALLENTAMENTI VIA LAMARMORA SI CONSIGLIA VIA CORSICA	Messaggio 1: RALLENTAMENTI VIA LAMARMORA SI CONSIGLIA VIA CORSICA	Messaggio 2: RALLENTAMENTI VIA TRIUMLINA CONSIGLIATA V.LE EUROPA	Messaggio 3: RALLENTAMENTI CAUSA LAVORI VIA TRIUMLINA PREF. VLE EUROPA	
CORRETTA	Ripetizione Esatta	2	2	6	0	11
	Entrambe le vie	2	0	0	4	4
	Comprensione msg giusta	7	7	6	6	27
	Totale messaggi CORRETTI	11	9	12	10	42
	Una sola via	10	4	11	4	29
	Totale messaggi CORRETTAMENTE COMPRESI	21	13	23	14	71
	Totale messaggi ERRATI	15	16	7	14	52
TOTALE		36	29	30	28	123

Tabella 4.4-Tabella riassuntiva indicante la comprensione del messaggio

Nella prima parte della tabella si trovano coloro che hanno ripetuto il messaggio in maniera totalmente o parzialmente corretta, in particolare:

- Con “*ripetizione esatta*” s’intende una ripetizione completa del messaggio utilizzando le stesse parole del messaggio;
- Per “*entrambe le vie*” s’intendono coloro che hanno ripetuto il messaggio con parole diverse, ma hanno indicato entrambe le vie;
- Per “*comprensione msg giusta*” s’intendono coloro i quali hanno ripetuto il messaggio in maniera non esatta, ma pur sempre comprendendone il senso e utilizzando vocaboli differenti di uso più comune;
- Con “*una sola via*” sono indicati coloro che ricordavano correttamente solo una porzione del messaggio e almeno il nome di una via.

Infine coloro i quali non hanno compreso il senso del messaggio.

Si nota immediatamente come in Via della Volta il primo messaggio sia stato compreso meglio del terzo messaggio; mentre nella Via Volturmo il secondo messaggio sia stato compreso meglio del primo, ad ulteriore conferma di quanto scaturito con l’Analisi delle Corrispondenze Multiple. Al fine di procedere all’analisi testuale sono stati seguiti i seguenti step:

1) Costruzione del vocabolario del corpus

Dalla banca dati sono state eliminate le parole riportate nell’intervista che non avevano alcuna attinenza con il testo proiettato, in quanto probabilmente riferite ad altri pannelli incontrati lungo il tragitto del guidatore (allacciare le cinture di sicurezza, cavalcavia chiuso, ecc.).

2) Lemmatizzazione e numerotizzazione del testo

sono state eliminate le preposizioni ed articoli imponendo una soglia di lunghezza pari a 4 caratteri, nonché nel caso della frequenza, delle parole e segmenti ripetuti con una soglia pari a 2 volte. Successivamente si è proceduto alla “lemmatizzazione del testo” eliminando preposizioni e articoli e imponendo

una soglia di lunghezza minima pari a 4, nonché nel caso della frequenza, delle parole e segmenti ripetuti una soglia minima pari a 2.

3) Le tabelle delle frequenze

La Tabella 4.5 mostra per ogni riga e parola del messaggio la frequenza di ripetizione, evidenziando come, in tutti i messaggi, le parole maggiormente ricordate siano state i nomi delle vie (in generale la via maggiormente ricordata è stata quella in cui erano presenti i rallentamenti).

RIGHE	MESSAGGIO 1		MESSAGGIO 2				MESSAGGIO 3	
	PMV 1	PMV 2	PMV 2		PMV 1			
			1° Schermata	2° Schermata				
1	RALLENTAMENTI	RALLENTAMENTI	RALLENTAMENTI	CONSIGLIATA	RALLENTAMENTI			
	10	7	19	13	4			
2	VIA LAMARMORA	VIA LAMARMORA	VIA TRIUMPLINA	V.LE EUROPA	CAUSA	LAVORI		
	22	10	22	14	1	9		
3	SI CONSIGLIA	SI CONSIGLIA	Tot	41	Tot	27	VIA TRIUMPLINA	
	6	11					20	
4	VIA CORSICA	VIA CORSICA			PREF.	V.LE EUROPA		
	20	15			8	16		
TOT	58	43	68		58			

Tabella 4.5- Parole ripetute per parole presente nel messaggio.

I risultati hanno messo in evidenza, per i vari messaggi:

- *Messaggio n°1*: proiettato in entrambi i pannelli utilizzando il medesimo formato. È stata riscontrata una significativa differenza in termini di frequenza di ripetizione a seconda del pannello. In particolare nel pannello n°1 si riscontra un maggior numero di ripetizioni esatte in particolare le due vie (dovuto al fatto che la maggioranza degli utenti intervistati si trovava accodata, in fila al semaforo, al momento del passaggio sotto il PMV).

- *Messaggio n°2*: proiettato in due schermate separate da due secondi ciascuna, ha mostrato il maggior numero di ripetizioni esatte tra tutti i messaggi proiettati. In particolare, si è notato come la prima parte del messaggio (“Rallentamenti – Via Triumplina”) abbia mostrato una maggiore frequenza di ripetizione rispetto alla seconda parte (“Consigliata V.le Europa”).
- *Messaggio n°3*: i risultati inerenti tale messaggio hanno messo in evidenza come le parole maggiormente ricordate siano state le vie (nonostante la diversa posizione nel testo della prima via, nella terza riga e non nella seconda) e come la parola “lavori” sia stata maggiormente ripetuta rispetto a “rallentamenti”.

	PAROLA	FREQUENZA
1	TRIUMPLINA	42
	RALLENTAMENTI	40
2	CORSICA	35
	LAMARMORA	32
	EUROPA	30
	SI CONSIGLIA - CONSIGLIATA	30
3	LAVORI	13
	PREFERIRE	9
	CAUSA LAVORI	1

Tabella 4.6- *Frequenza delle parole ripetute, dagli utenti, per ripetere i diversi messaggi (sono inclusi anche coloro che non hanno ripetuto i testi)*

Analizzando le frequenze di ripetizione dei messaggi senza distinguere tra pannelli e messaggi si possono notare tre differenti blocchi; il primo costituito dalle parole *Triumplina* (Msg 2-3) e *Rallentamenti* (Msg 1-2-3) con frequenza ≥ 40 , un secondo costituito da parole con frequenza < 40 , costituito da *Corsica–Lamarmora* (Msg 1), *Europa – Consigliata* (Msg 2-3 e Msg 1-2-3), infine un terzo con frequenza inferiore a 13, con le parole *Lavori – Preferire – Causa Lavori* (Msg 3).

Dalla tabella si nota come la parola maggiormente ricordata dai guidatori sia stata “*Triumplina*” tale fatto probabilmente è da ascrivere alla sua particolarità;

la seconda parola maggiormente ricordata è stata “*Rallentamenti*” parola comune a tutti i messaggi.

Nel secondo blocco si trovano le altre vie presenti nel messaggio, tra le quali la maggiormente ricordata è stata “Corsica”; si può quindi affermare come per il secondo e terzo messaggi la via maggiormente ricordata sia stata la prima (quella in cui erano presenti i rallentamenti) mentre per il primo messaggio vi sia stata una leggera prevalenza della seconda (quella dell’itinerario alternativo).

L’ultimo blocco, infine, è costituito dalle parole proiettate esclusivamente nel terzo messaggio. Se si considerano contemporaneamente le vie in cui erano presenti i rallentamenti e le vie considerate come alternativa, si nota (Tabella 4.7), come le prime siano state “maggiormente ricordate” rispetto alle seconde.

	FREQUENZA
VIA LAMARMORA – VIA TRIUMPLINA	74
VIA CORSICA – V.LE EUROPA	65

Tabella 4.7- *Frequenza delle parole ripetute con riferimento alle vie.*

Sembra cioè che gli utenti percepiscano e ricordino meglio l’evento (luogo, causa, ecc.) piuttosto che i suggerimenti offerti dall’Amministrazione. Infine sono stati analizzati i sinonimi maggiormente utilizzati al posto delle parole “rallentamenti” e “si consiglia – consigliata” (Tabella 4.8).

PAROLA	SINONIMI UTILIZZATI	FREQUENZA
RALLENTAMENTI (40)	TRAFFICO	9
	CHIUSURA	7
	LAVORI	5
	NON FARE	4
	NON PASSARE, PRENDERE	3
	INTERRUZIONE	2
	EVITARE, CODE, NON ANDARE	1
SI CONSIGLIA / CONSIGLIATA (30)	FARE	6
	PASSARE	4
	SEGUIRE, USARE, PREFERIRE, PROSEGUIRE	2

Tabella 4.8- *Parole non presenti nel messaggio*

È significativo notare come tra le parole ricordate dagli intervistati, ma non presenti nel messaggio, vi sia “Chiusura” la quale non è sempre sinonimo della parola “Rallentamenti”. La tabella fornisce un’importante indicazione su quali termini usare in futuro nei messaggi da proiettare sui Pannelli: in particolare, invece parola “rallentamenti” si potrebbe utilizzare “traffico”, mentre quando si utilizza la parola “chiusura”, soprattutto in ambito urbano, si dovrebbe tener presente che potrebbe essere equivocata con la parola “rallentamenti”.

L’analisi ha studiato, in questa fase, l’accoppiamento tra le varie parole utilizzate per ripetere il messaggio “i segmenti” (Tabella 4.9).

FREQUENZA	PORZIONE MESSAGGIO RIPETUTO	MSG 1 PMV 1	MSG 1 PMV 2	MSG 2 PMV 2	MSG 3 PMV 1
16	RALLENTAMENTI TRIUMLINA	-	-	14	2
13	CONSIGLIATA EUROPA	-	-	12	1
12	CONSIGLIATA CORSICA	5	7	-	-
10	TRIUMLINA CONSIGLIATA EUROPA	-	-	9	1
9	RALLENTAMENTI LAMARMORA	7	2	-	-
	PREFERIRE EUROPA	-	-	0	9
8	RALLENTAMENTI TRIUMLINA CONSIGLIATA EUROPA	-	-	7	1
	LAMARMORA CONSIGLIATA	5	3	-	-
7	LAVORI TRIUMLINA	-	-	1	6
6	FARE CORSICA	3	3	-	-
	TRIUMLINA PREFERIRE EUROPA	-	-	0	6
5	TRAFFICO LAMARMORA	3	2	-	-
4	RALLENTAMENTI LAMARMORA CONSIGLIATA CORSICA	2	2	-	-
	LAVORI TRIUMLINA PREFERIRE EUROPA	-	-	0	4
	TRAFFICO TRIUMLINA	-	-	2	2
	RALLENTAMENTI CONSIGLIATA	0	2	2	0
3	LAMARMORA RALLENTAMENTI	2	1	-	-
2	TRIUMLINA EUROPA	-	-	0	2
	PASSARE CORSICA	2	0	-	-

Tabella 4.9- Lista dei segmenti ripetuti e relativa frequenza.

Dalla tabella si nota come la porzione di testo maggiormente ricordata sia stata la prima: “*Rallentamenti Triumplina*” – “*Consigliata Europa*”, relativa al messaggio n°2, e “*Consigliata Corsica*” – “*Rallentamenti Lamarmora*”, relativa al messaggio n°1.

Questi dati confermano ulteriormente quanto detto in precedenza, circa la migliore comprensione del primo e secondo messaggio. Infine si riportano le frasi considerate “corrette” così come sono state ripetute dagli utenti (Tabella 4.10).

Dalla tabella si evince, quindi, come il primo e secondo messaggio rivelino maggiormente efficaci in termini di ricordo esatto rispetto al terzo messaggio, il quale è stato impostato secondo linee guida definite per messaggi scritti in lingua inglese.

FREQUENZA	MESSAGGIO RIPETUTO
8	RALLENTAMENTI TRIUMLINA CONSIGLIATA EUROPA
4	RALLENTAMENTI LAMARMORA CONSIGLIATA CORSICA
4	LAVORI TRIUMLINA PREFERIRE EUROPA
2	TRAFFICO LAMARMORA CONSIGLIATA CORSICA

Tabella 4.10- *Frequenza dei messaggi ripetuti considerati corretti*

Completato lo studio del fenomeno mediante l'uso dell'Analisi Testuale, si passa all'Analisi Multivariata dei dati mediante la tecnica delle Corrispondenze Multiple, tale tecnica consente una rappresentazione della nube dei dati attraverso la riduzione dello spazio multidimensionale basata sull'introduzione di nuovi assi fattoriali ottenuti come combinazione lineare dalla matrice originaria. Il numero di assi fattoriali individuato è proporzionale al livello di dettaglio richiesto, è quindi necessario, tramite un processo iterativo, trovare un punto di equilibrio tra significatività e livello di errore tollerato. Nella Tabella 4.11 si riportano gli autovalori richiesti, per la combinazione lineare, associati ad ogni singolo asse e la percentuale di fenomeno che ciascun asse "spiega".

Traccia della matrice: 0,94516

NUMERO	AUTOVALORE	%	% CUMULATA
1	0,6001	63,50	63,50
2	0,2247	23,77	87,27
3	0,1203	12,73	100,00

Tabella 4.11- *Assi fattoriali*

L'asse fattoriale può essere definito come la dimensione attraverso la quale si vuole rappresentare una nube di dati, perdendo di quest'ultima il minor numero d'informazioni possibile e con l'obiettivo di ottimizzare la rappresentazione e spiegarne il fenomeno.

Nell'analisi delle tabelle lessicali sono le stesse parole a essere rappresentate come punti su piani, la loro prossimità può essere letta come un loro utilizzo da parte di soggetti con caratteristiche simili.

Nel piano fattoriale sono state riprodotte sul piano le parole utilizzate dagli intervistati per ripetere il messaggio.

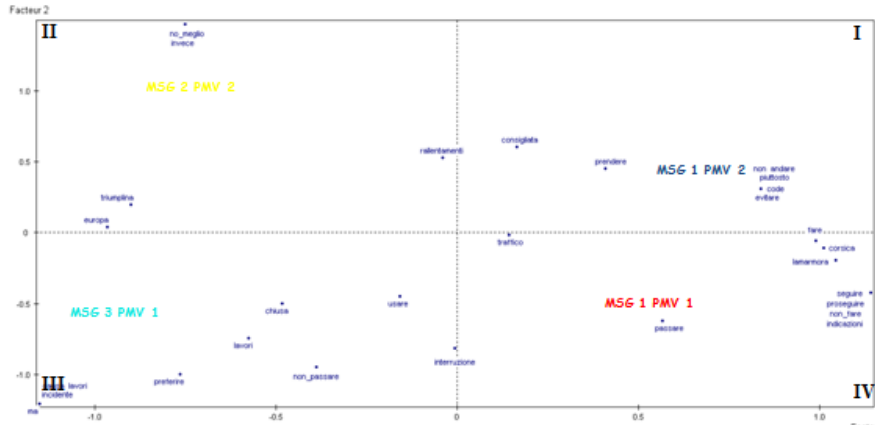


Figura 4.8- Primo piano fattoriale – Parole.

La disposizione segue quanto già visto per le tecniche di analisi multivariata: come si può notare dai quattro quadranti (indicati con numeri romani) si localizza il messaggio proiettato con il relativo pannello, le parole comuni ai diversi messaggi, che sono sullo stesso versante, sono baricentriche rispetto agli stessi, per esempio: “Triumplina” ed “Europa” sono baricentriche al MSG 2 – PMV 2 ed al MSG 3 – PMV 1; mentre la parola “Rallentamenti” è baricentrica rispetto a queste. Nel Piano è possibile notare come le parole non proiettate, quali “traffico” e “usare” appaiano baricentriche rispetto a tutte e quattro, ciò significa che le stesse possono essere usate, facilmente, con la “quasi certezza” che vengano comprese e ricordate. Si nota inoltre come nel I e IV quadrante siano presenti numerose parole sinonimi di quelle proiettate a significare come, indipendentemente dalla comprensione, il primo messaggio si sia prestato maggiormente alle modifiche testuali. Al contrario per il secondo e terzo messaggi è stato riscontrato un minor utilizzo di sinonimi in quanto il secondo messaggio è stato quello meglio ripetuto, mentre il terzo pur non essendo mai ripetuto esattamente conteneva dei vocaboli difficilmente sostituibili con altri sinonimi. La rappresentazione in unico piano fattoriale di tutti i messaggi fa sì che le parole comuni a tutti i messaggi (*Rallentamenti*, *Consigliata*) si trovino in posizione baricentrica rispetto alle altre. Nel primo e quarto quadrante (considerando gli assi come cartesiani) si trovano localizzate le parole “*Lamarmora*” – “*Corsica*” riferite al primo messaggio, insieme ad altre

parole utilizzate dagli automobilisti come: “*non fare, evitare*”, sinonimi di “*Rallentamenti*”; “*prendere, proseguire, usare, seguire, evitare, non andare*”, sinonimi di “*si consiglia*” la localizzazione di tali parole nel piano fattoriale indica che queste sono state principalmente utilizzate per ripetere il messaggio con un costrutto della prima tipologia. Nel secondo e terzo quadrante, si trovano le parole utilizzate per ripetere il messaggio con costrutto di tipologia 2 e 3, in tali quadranti si trovano localizzati meno vocaboli; il messaggio di tipologia 2 infatti è stato quello meglio ripetuto dagli automobilisti, per il messaggio 3 si sono riscontrati i maggiori errori di ripetizione con l’utilizzo di parole come: *incidente, interruzione, chiusa, ecc.*

Dai risultati riscontrati dall’analisi testuale è scaturito come il messaggio meglio compreso sia stato il secondo messaggio, con un costrutto identico al primo messaggio, ma suddiviso in due schermate. Il terzo messaggio si è invece rivelato maggiormente complicato da comprendere, per la presenza di troppe informazioni come la parola “*rallentamenti*” seguita da “*causa lavori*”, tali informazioni infatti debbono considerarsi ridondanti in quanto entrambe esprimono lo stesso concetto: “*ci sono problemi*”. Si può notare come ulteriore confusione sia stata generata dalla presenza troppo ravvicinata dei due nomi delle vie (nella terza e quarta riga). L’analisi delle frequenze ha evidenziato come nella maggior parte dei casi analizzati la porzione di testo maggiormente ricordata dagli automobilisti sia stata la prima, questa può essere un’indicazione importante sul come viene letto e ricordato il messaggio; come immediata indicazione si dovrebbe, quindi, in un messaggio composto da 4 righe inserire le informazioni maggiormente importanti nelle prime due.

Un ulteriore aspetto interessante riguarda i vocaboli utilizzati dagli automobilisti per ripetere il messaggio appena letto. Si è verificato, infatti, che molti utenti abbiano utilizzato, invece della parola “*rallentamenti*”, altre parole non sempre di analogo significato, come “*chiusura*”, “*traffico*”, “*lavori*”, “*interruzione*”, etc.; al contrario, nella seconda parte del messaggio le parole “*si consiglia - consigliata*” non sono mai state fraintese, nonostante la maggioranza abbia utilizzato parole più comuni ad esempio “*fare*”, “*passare*”, “*proseguire*”.

Terzo aspetto di rilievo riguarda il fatto che anche la comprensione del testo dipende anche dalla localizzazione del pannello: per via Volturmo, infatti, con traffico scorrevole “*non accodato*” si è rivelato maggiormente efficace utilizzare il messaggio proiettato su due schermate rispetto a quello proiettato su un’unica schermata che è invece risultato essere compreso meglio nella Via della Volta dove il traffico si trovava in regime “accodato”.

4.3 La logica FUZZY

4.3.1 L’Algebra Fuzzy nella letteratura scientifica

L’analisi dei dati dei questionari attraverso i metodi statistici “convenzionali” non ha consentito la corretta comprensione e rappresentazione delle variabili maggiormente rappresentanti il fenomeno.

Sulla base della definizione che nessun modello possa essere definito “vero” o “falso” in riferimento a ciò che la sua natura rappresenta, ma invece possa essere riconosciuto più o meno adeguato per gli scopi per i quali è realizzato, la “Logica Fuzzy” fornisce la base teorica ad una “terza via” un modello basato su questo tipo di logica conserva l’indeterminatezza caratteristica, ad esempio, dei giudizi espressi da soggetti umani, senza assegnare a ciascuno di questi un valore numerico esatto o un valore di probabilità, grandezze non propriamente pertinenti, bensì un campo semantico ovvero un insieme di margini “sfumati”, attraverso i quali si abbia una transazione graduale dall’”appartenenza” alla “non-appartenenza” all’insieme.

La definizione di una “teoria della possibilità” è stata sviluppata con l’obiettivo di modellizzare il processo cognitivo umano, tale tipologia di analisi si è mostrata di grande valore nello studio dei dati empirici provenienti dalla soggettività dell’uomo, dal pensiero e dal ragionamento approssimato.

Le tecniche dell’Algebra Fuzzy specifiche per dati di tipo “sfumato” ben si adattano allo scopo della ricerca ossia quello di investigare nel grado di certezza e/o incertezza del guidatore alla domanda “ha letto il messaggio?”. L’elevata percentuale di utenti che non ha letto né visto il messaggio, come visto nelle precedenti analisi ha reso difficile l’analisi dei dati esclusivamente con i metodi

statistici “tradizionali”; allo scopo di ampliare e rendere maggiormente completa la ricerca si è deciso di utilizzare le tecniche della Fuzzy che consentono l’analisi per tipi di dati “sfumati”.

Nello studio di seguito esposto si è quindi voluto indagare sul grado di comprensione dell’utente alla domanda “ha letto il messaggio” attraverso tecniche proprie dell’Algebra Fuzzy.

Il “vero padre” del termine Fuzzy è stato Lofti A. Zadeh al quale va attribuito il merito di aver utilizzato, per la prima volta le basi dell’Algebra Fuzzy e dello stesso termine, con la pubblicazione dello storico articolo Fuzzy Sets, apparso nel 1965 sulla rivista Information and Control. A Zadeh si deve il quadro concettuale e la notazione matematica adatta a trattare gli insiemi fuzzy. Gli assunti della teoria di Zadeh sono principalmente due:

- Il mondo reale è impreciso e vago;
- Attraverso la Logica Fuzzy intende codificare l’imprecisione e l’incertezza del nostro giudizio su di esso.

Ogni volta che ci si trova a lavorare su “variabili linguistiche” ovvero variabili categoriali, ordinate o meno è infatti difficoltoso riuscire a tradurle le modalità in insiemi dai contorni precisi, cui gli oggetti possono essere segnati senza ambiguità: ad esempio il grado della parola “giovane”, con i vari: “non molto giovane”; “di mezza età”, corrispondono ad etichette verbali relative ad insiemi sfumati, caratterizzati da funzioni di appartenenza non binarie.

La funzione di appartenenza degli insiemi, che rispetta il requisito della mutua esclusività, può assumere solo due valori (0 se l’oggetto non appartiene all’insieme, 1 se vi appartiene), l’analoga funzione fuzzy invece può assumere qualsiasi valore compreso tra 0 e 1. In questo modo una persona che giudichiamo “abbastanza giovane” può appartenere, ad esempio, per lo 0,70 alla classe dei giovani e per lo 0,30 alla classe dei non giovani. Secondo la Logica Fuzzy, “giovane” e “non giovane” sono i poli di un *continuum* tra i quali esistono molte gradazioni; anziché tracciare un confine netto tra A e non-A (giovane e non giovane), in corrispondenza di un punto scelto in modo più o meno arbitrario, la Logica Fuzzy traccia una curva, che descrive la proprietà di “essere giovane” la

quale passa gradatamente dal manifestarsi in grado pieno al non manifestarsi affatto.

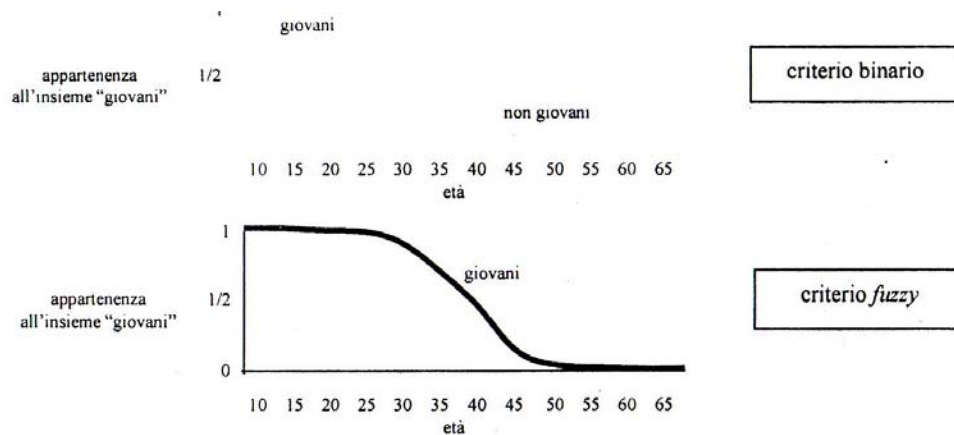


Figura 4.9- *Appartenenza binaria e fuzzy.*

L'appartenenza binaria è un caso speciale dell'appartenenza Fuzzy, ossia quando sopprimiamo ciò che sta in mezzo ai due poli (giovane e non giovane) otteniamo le due classi individuate dalla logica binaria. Nell'esempio della figura, più la pendenza della curva tra 25 e 45 è rapida, più ci si avvicina al principio del terzo escluso ed in tale maniera il criterio d'appartenenza Fuzzy si trasforma nel criterio di appartenenza binaria.

L'idea principale da attribuire a Zadeh va ritrovata nel massimo contributo che egli stesso fornì alla matematica introducendo, quale nuovo approccio alla disciplina, si accorse che tanto più complesso diventava il sistema, tanto minore era il significato degli enunciati precisi. Zadeh scoprì il "principio di incompatibilità" ossia: quanto più cresce la precisione, più decresce l'aderenza alla realtà. La teoria dei "fuzzy set" può essere considerata come un vero e proprio ampliamento della teoria classica degli insiemi.

Un "fuzzy set" è una classe di oggetti, con un continuum di gradi di appartenenza, caratterizzato, da una funzione di appartenenza (caratteristica) che assegna ad ogni oggetto un grado di appartenenza, compreso tra zero e uno.

Sia la teoria classica degli insiemi, sia la teoria degli insiemi "sfocati" concepiscono l'insieme (o classe) come un aggregato di elementi che condividono una certa proprietà; ciò che distingue le due teorie è esclusivamente

il tipo di relazione che lega gli appartenenti all'insieme. La teoria classica parte dall'assunto che si possa distinguere nettamente chi appartiene e chi non appartiene all'insieme, la teoria degli insiemi sfocati immagina invece delle classi dai confini incerti e ammette che gli oggetti appartengono ad esse solo in una certa misura.

Le proprietà principali che costituiscono la base della teoria dei Fuzzy Sets, sono:

- Un insieme fuzzy è vuoto solo se la sua funzione di appartenenza è pari a zero, ossia se nessun elemento appartiene all'insieme;
- Due insiemi sfocati sono uguali ($A=B$) solo se le loro funzioni di appartenenza assumono gli stessi valori su tutti gli elementi;
- La funzione di appartenenza del complemento A' di un insieme sfocato A è definita dalla seguente espressione: $f_{A'} = 1 - f_A$.
- Un insieme A è contenuto in B solo se, per ogni elemento, il grado di appartenenza ad A non supera quello di appartenenza a B ($f_A \leq f_B$).
- L'unione di due fuzzy sets, A e B , dà luogo ad un insieme sfocato C la cui funzione caratteristica è data dalla seguente espressione:
 $f_C = \max[f_A(x), f_B(x)]$.

L'utilizzo dell'algebra Fuzzy ha consentito di indagare sul grado di comprensione delle risposte alla domanda "ha letto il pannello?" e di conseguenza sul livello di attenzione degli utenti verso la segnaletica a messaggio variabile. Tali risposte, infatti, presentavano un grado di indeterminazione e di "confusione" da parte dell'utente, che non ne permettevano l'uso attraverso le statistiche tradizionali; ciò ha quindi consentito di rappresentare come sfumate le variabili relative alla valutazione del livello di percezione del pannello, a partire da coloro che hanno affermato di non averlo neanche visto (AN) a coloro che hanno ripetuto il messaggio in maniera corretta (AS). Sono state utilizzate cinque differenti scale semantiche, relative ai giudizi di valore "Assolutamente NO", "Forse NO", "Non so", "Forse SI" ed "Assolutamente SI":

- “Assolutamente NO” per coloro che alla domanda hanno risposto con “un secco No” aggiungendo di non averlo neanche notato;
- “Forse NO” indica coloro che non avevano memoria né del testo, né del pannello;
- “Non so” indica coloro che avevano un vago ricordo del pannello, ma non riuscivano a ricordare se avessero letto o meno il testo;
- “Forse SI” coloro che hanno ripetuto il testo in maniera scorretta;
- “Assolutamente SI” coloro i quali hanno ripetuto il messaggio in maniera corretta.

Tali scale semantiche corrispondono a tre diversi profili di risposta: “Regolare”, “Deciso” ed “Indeciso” di seguito rappresentate.

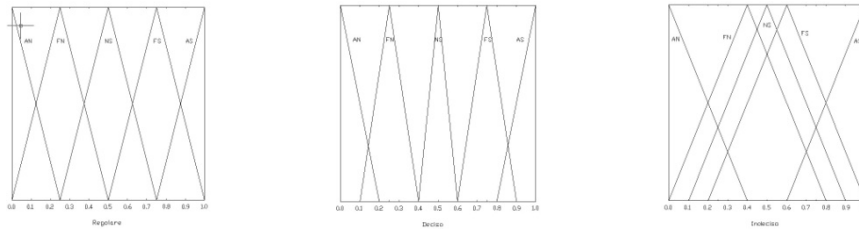


Figura 4.10- Grafico relativo a profilo regolare, deciso ed indeciso.

Per la *defuzzificazione* sono stati utilizzati quattro differenti algoritmi al fine di valutare la stabilità del risultato ottenuto.

Centroide

$$= \frac{\left[(E_2 - E_1) * E_1 + \frac{2}{3} * (E_2 - E_1)^2 + E_2 * (E_3 - E_2) + \frac{1}{3} * E_2 * (E_3 - E_2) + \frac{1}{3} * (E_3 - E_2)^2 \right]}{E_3 - E_1}$$

Indice di Bontà

$$IB = \frac{E_3}{1 + E_3 - E_2}$$

Indice di Cattiveria

$$IC = (1 - E_2) / (1 + E_3 - E_2)$$

Indice di Qualità:

$$IQ = IB - IC$$

Con En pari a:

$$E_n = E_{nAS} * AS + E_{nFS} * FS + E_{nNS} * NS + E_{nFN} * FN + E_{nAN} * AN$$

L'applicazione dell'Algebra Fuzzy ha evidenziato come per il primo pannello il messaggio meglio percepito sia stato il primo messaggio 1: i valori ottenuti per tale messaggio superano quelli relativi al terzo messaggio, per tutti e quattro gli indici (Tabella 4.12).

Tipologia Profilo Regolare							
	Centroide		IB		IC		IQ
PMV1 MSG1	0,248164	PMV1 MSG1	0,344704	PMV1 MSG3	0,665187	PMV1 MSG1	-0,31059
PMV1 MSG3	0,232091	PMV1 MSG3	0,334813	PMV1 MSG1	0,655296	PMV1 MSG3	-0,33037
Tipologia Profilo Deciso							
	Centroide		IB		IC		IQ
PMV1 MSG1	0,237739	PMV1 MSG1	0,311061	PMV1 MSG3	0,701705	PMV1 MSG1	-0,37788
PMV1 MSG3	0,221418	PMV1 MSG3	0,298295	PMV1 MSG1	0,688939	PMV1 MSG3	-0,40341
Tipologia Profilo Indeciso							
	Centroide		IB		IC		IQ
PMV1 MSG1	0,276754	PMV1 MSG1	0,408183	PMV1 MSG3	0,59662	PMV1 MSG1	-0,18363
PMV1 MSG3	0,264766	PMV1 MSG3	0,40338	PMV1 MSG1	0,591817	PMV1 MSG3	-0,19324

Tabella 4.12- *PMV1. Profilo utente "regolare", "deciso" ed "indeciso"*

Per quanto concerne il secondo pannello, l'algebra Fuzzy ha messo in evidenza, come il messaggio meglio percepito sia stato il secondo messaggio: tutti i valori ottenuti per tale messaggio superano quelli relativi al primo messaggio, con la conferma ulteriore data dal valore dell'Indice di cattiveria per quanto concerne il messaggio 3 (Tabella 4.13).

	Centroide		IB	IC		IQ
PMV2 MSG2	0,29826	PMV2 MSG2	0,400203	PMV2 MSG1	0,609442	PMV2 MSG1 -0,19959
PMV2 MSG1	0,287478	PMV2 MSG1	0,390558	PMV2 MSG2	0,599797	PMV2 MSG2 -0,21888
	Centroide		IB	IC		IQ
PMV2 MSG2	0,292079	PMV2 MSG2	0,362893	PMV2 MSG1	0,648402	PMV2 MSG1 -0,27421
PMV2 MSG1	0,279718	PMV2 MSG1	0,351598	PMV2 MSG2	0,637107	PMV2 MSG2 -0,2968
	Centroide		IB	IC		IQ
PMV2 MSG2	0,34505	PMV2 MSG2	0,479898	PMV2 MSG1	0,539322	PMV2 MSG1 -0,0402
PMV2 MSG1	0,321869	PMV2 MSG1	0,460678	PMV2 MSG2	0,520102	PMV2 MSG2 -0,07864

Tabella 4.13- PMV2. Profilo utente “regolare”, “deciso” ed “indeciso”.

In conclusione l’analisi svolta attraverso le tecniche dell’Algebra Fuzzy ha messo ulteriormente in evidenza, quanto già riscontrato con le precedenti applicazioni di statistica tradizionale ovvero l’inutilità di mantenere i PMV accesi per l’invio di informazioni ritenute non strettamente necessarie.

L’indeterminatezza e la confusione degli utenti nel ricordare le informazioni contenute nel testo come addirittura nel non riuscire a ricordare la localizzazione del pannello testimoniano come di frequente l’utente lo percepisca come sfondo indistinto del paesaggio intorno alla via di marcia, alla stregua di un elemento di arredo urbano. L’analisi ha evidenziato comunque come al variare della tipologia di utente (regolare, deciso ed indeciso) la tipologia di messaggio percepita “al meglio” (“al meno peggio”) sia la 2, ovvero quello proiettato in due schermate differenti su due righe. Tale aspetto è confermato anche dalle analisi effettuate con i metodi statistici tradizionali. La variazione di messaggio, infatti, agevola la lettura consentendo, all’automobilista, una rapida percezione e riconoscimento del testo; naturalmente la frequenza di ripetizione delle schermate deve essere in funzione della velocità consentita sulla strada, in modo da permettere la lettura dell’intero contenuto informativo.

Per quanto concerne i messaggi a schermata unica superiori alle due righe (MSG1) possono andar bene laddove è previsto un accodamento di veicoli

(presenza di semaforo o casello), in modo tale che gli automobilisti possano percepirlo e leggerlo per intero distogliendo lo sguardo dalla guida.

4.4 Risultati generali relativi all'esperienza di Brescia

I risultati di quest'applicazione svolta a Brescia hanno mostrato principalmente come, in generale, i messaggi inviati attraverso i pannelli a messaggio variabile siano, in generale, poco letti dai conducenti, questo principalmente a causa dell'abitudine a tenere accesi tali dispositivi anche per informazioni non strettamente necessarie. Tale consuetudine fa sì che il guidatore con il tempo li percepisca come uno sfondo indistinto del paesaggio intorno alla via di marcia. L'esperienza svolta nella città di Brescia ha messo in evidenza come i pannelli vengano costantemente mantenuti attivi per inviare messaggi privi di interesse immediato (quali, ad esempio, messaggi augurali, sanzioni per infrazioni, avvisi generali sul Codice della Strada), creando nel tempo una sorta di disinteresse alla lettura per assuefazione da informazioni inutili. Nel prosieguo della ricerca ci si è posti l'obiettivo di pervenire alla definizione delle modalità più opportune di gestione dei PMV ed all'indicazione delle regole più efficaci di composizione testuale del messaggio e di trasmissione alternativa dello stesso per renderlo più efficace e sicuro. È importante porre l'accento sul fatto che il conducente si trovi spesso a dover leggere il messaggio in condizioni di sovraccarico mentale dovuto alle difficoltà di guida (utente non esperto), alle condizioni di traffico, ai fattori esterni ambientali ed alle proprie caratteristiche psicofisiche: tutto ciò rispetto ad un tempo di lettura del messaggio non superiore ai 0,7 - 0,8 secondi.

Il costruito sintattico, il tipo di lessico utilizzato, quindi, sono determinanti nella comprensione di un messaggio che per sua natura dovrebbe poter essere chiaro, conciso e non fraintendibile oltreché privo di informazioni non ritenute essenziali. Come visto in questa prima fase della ricerca sono state analizzate tre differenti modalità di invio del messaggio attraverso le tecniche della Analisi delle Corrispondenze Multiple, della Cluster Analysis, l'Analisi Testuale Multivariata e infine la Logica Fuzzy. Tali analisi hanno permesso, di definire un

primo profilo dell'automobilista posto di fronte ai PMV insieme ai vocaboli e le forme sintattiche maggiormente percepite dall'utente.

5 L'analisi sperimentale sui pannelli a messaggio variabile

5.1 L'oculometro

Dall'indagine svolta a Brescia è emerso come un messaggio, disposto su 4 righe in un'unica schermata, risulti troppo lungo e complesso per essere percepito durante la marcia. Si è infatti detto come il "time-share" ottimale non superi i 0,7 – 0,8 secondi; questo tempo dovrebbe consentire al guidatore la percezione di un unico elemento alla prima occhiata, e successivamente nella seconda occhiata di focalizzarsi sulla terza e quarta riga.

Tale tempo, come visto, può non essere sufficiente per riuscire ad individuare e focalizzare immediatamente le parole contenute nel messaggio; il processo di acquisizione delle informazioni, infatti, passa prima per la fase di percezione ossia il momento in cui il guidatore riconosce le parole come tali e successivamente per la fase di lettura. È certo possibile che nella seconda occhiata, l'occhio si soffermi nuovamente sulle prime due righe per confermare quanto percepito con la prima occhiata, senza tuttavia riuscire a ricordare un'informazione di senso compiuto. Questo può di conseguenza determinare un'incompleta percezione del messaggio.

Il test ha messo ulteriormente in evidenza come la suddivisione del messaggio in due schermate da due righe ciascuna, agevoli il conducente, consentendogli una rapida percezione e il riconoscimento del testo; naturalmente la frequenza di ripetizione delle schermate deve essere studiata sempre in funzione della velocità consentita sulla strada, in modo da permettere la lettura dell'intero contenuto informativo. Al contrario i messaggi a schermata unica superiori alle due righe (contenenti almeno due blocchi informativi) possono andar bene laddove è previsto un accodamento di veicoli (presenza di semaforo o casello), in modo tale che gli automobilisti possano percepirlo e leggerlo per intero distogliendo lo sguardo dalla guida.

L'esperienza di Brescia ha messo in evidenza da parte dell'utenza una scarsa attenzione verso i PMV, la grande maggioranza degli intervistati, infatti, ha affermato di non aver visto il pannello; tuttavia con tale metodo di indagine non è

stato possibile determinare se i guidatori avessero dato inconsapevolmente uno sguardo al pannello senza conservarne il ricordo.

Allo scopo di dimensionare e determinare eventuali elementi di distrazione da parte dell'automobilista si è proceduto ad effettuare un test con uno strumento denominato "Eye Tracker" – oculometro, che insieme al tracciamento oculare consente di verificare la variazione del movimento a scansione degli occhi in funzione del livello di affaticamento e del numero di informazioni provenienti dalla strada, rappresentando successivamente su dei grafici i movimenti oculari del guidatore.

Lo strumento consiste di un occhiale regolabile, sul quale è montata una telecamera che tramite un vetrino riflette la cornea, consentendo di visualizzare sia la pupilla, registrandone i movimenti, sia l'ambiente esterno "osservato" dall'operatore.

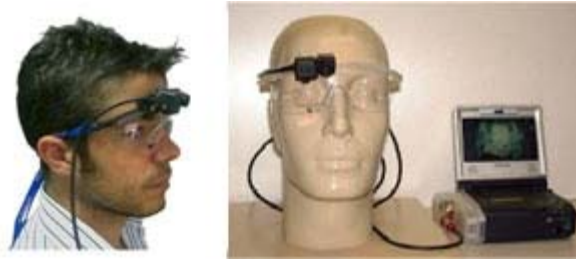


Figura 5.1- *Mobil Eye A-s-l in dotazione.*

Al fine di poter utilizzare correttamente lo strumento è necessario innanzitutto svolgere una calibrazione, in modo da rendere l'indicatore solidale con la pupilla e visualizzare sullo schermo il punto preciso in cui si sofferma lo sguardo. Il punto osservato dall'operatore, una volta effettuata la calibrazione, risulterà contraddistinto da una croce/cerchio la quale permette di visualizzare con precisione i punti in cui maggiormente si sofferma lo sguardo dell'operatore.

Il software in dotazione allo strumento consente di analizzare le "lookzone" ossia le zone maggiormente osservate del campo visivo: la metodologia consiste nel suddividere lo schermo (corrispondente al campo visivo) in quadranti. Una volta individuate le zone "maggiormente osservate" dall'automobilista si può

suddividere ulteriormente il campo in rettangoli di dimensioni più piccole in maniera tale da ottenere informazioni più precise.



Figura 5.2- *Suddivisione del campo visivo in zone: quelle contraddistinte da un valore maggiore di percentuale necessiteranno di un'ulteriore suddivisione.*

L'indicatore rosso proiettato sullo schermo del computer indica esattamente dove si sta posando l'occhio dell'automobilista in quell'istante, mentre la croce magenta indica la posizione del "master spot" il quale deve stare sempre all'interno della pupilla in maniera tale da assicurare il perfetto tracciamento oculare dello sguardo.



Figura 5.3- *Campo visivo del guidatore- Visione dell'occhio durante la guida diurna in condizioni soleggiate.*

Con il software in dotazione allo strumento sono stati successivamente analizzati i punti su cui si è soffermata l'attenzione dell'automobilista; tali punti vengono indicati direttamente sul frame di interesse come da figura.



Figura 5.4- Campo visivo durante la guida, in giallo è indicato un punto nel quale si sofferma maggiormente l'attenzione del guidatore, in rosso le "saccadi".

Il punto indicato dalla freccia gialla indica "i punti di fissazione" ossia i punti nei quali lo sguardo dell'automobilista si è soffermato maggiormente rispetto ai punti indicati dalla freccia rossa, che possono essere associati a dei movimenti involontari denominati "saccadi". La "saccade" consiste in rapidi movimenti degli occhi eseguiti per portare la zona di interesse a coincidere con la fovea, vengono eseguite in media 3-4 saccadi al secondo. In media in un giorno, durante la veglia, ne vengono eseguite circa 150.000. Attraverso l'analisi delle *lookzone* è possibile inoltre verificare quali siano le zone maggiormente osservate durante la guida. Dalla Figura 5.2 si ha un immediato riscontro su ciò che l'utente sta maggiormente guardando in quell'istante: il pannello. Dai primi test risulta immediata l'importanza di tale strumento di analisi ai fini del corretto dimensionamento dei *segnali obiettivo*, ossia quelli che si vuole siano immediatamente colti in quanto necessari alla guida come ad esempio il tachimetro all'interno dell'auto, la segnaletica stradale verticale, ecc.

5.2 La percezione dell'automobilista

Attraverso l'uso dell'oculometro si è voluto determinare il modo in cui i guidatori percepiscono i pannelli a messaggio variabile localizzati lungo le strade della loro città. Il primo test è stato effettuato su un itinerario urbano ed

extraurbano nella città di Cagliari nel quale sono presenti due pannelli a messaggio variabile di differenti caratteristiche.

Il primo pannello si trova localizzato in una strada extraurbana di scorrimento e permette l'invio di messaggi contenenti un pittogramma e un testo di 4 righe di 15 caratteri ciascuna;



Figura 5.5- *Pannello 1.*

Il secondo pannello è posizionato lungo una strada urbana di quartiere (nelle immediate vicinanze di un importante ospedale cittadino) a carreggiata unica con due corsie per senso di marcia e permette esclusivamente di inviare messaggi composti da solo testo.



Figura 5.6- *Pannello 2.*

Lo scopo di questa prima fase della ricerca è stato quello di verificare quanto già affermato in precedenti studi ossia la difficoltà del guidatore a percepire questa tipologia di segnaletica.



Figura 5.7- *Analisi delle fissazioni attraverso lo strumento.*

In questa fase della ricerca sono stati testati in totale 15 automobilisti e sono state effettuate per ciascuno di loro delle registrazioni di 40 minuti lungo l'itinerario prefissato caratterizzato dalla presenza dei due pannelli.



Figura 5.8- *Momenti del test di guida (1).*

Ai guidatori non è stata fornita alcuna motivazione specifica inerente lo scopo del test e subito dopo il passaggio sotto i due PMV è stato chiesto loro se avessero visto il pannello e se lo avessero letto. La scelta dei due pannelli di diverse caratteristiche ha permesso di evitare che il guidatore dopo la prima domanda sulla lettura del testo fosse indotto a rivolgere l'attenzione ad un altro con le medesime caratteristiche. Le loro risposte sono state successivamente confrontate con i risultati provenienti dalle registrazioni.

Il test è stato svolto su 15 automobilisti il 43% dei quali con almeno 10-15 anni di esperienza di guida, il 21% dei guidatori aveva meno di 5-10 anni di esperienza, mentre il 14% aveva conseguito la patente di guida da più di 30 anni. Il 64% dei guidatori intervenuti al test aveva problemi alla vista, il 43% di questi indossava gli occhiali e il 21% le lenti a contatto. La maggioranza dei guidatori (64%) si trovava in posizione "non accodata", mentre il 21% si trovava in sorpasso al momento del passaggio sotto i PMV. Il 79% dei guidatori viaggiava ad una velocità compresa tra i 70 e 90 km/h, il restante ad una velocità superiore ai 90 km/h; la maggioranza di questi, il 71%, si trovava in sorpasso al momento del passaggio sotto il PMV; il 57% viaggiava ad una velocità compresa tra i 30 e 50 km/h ed il 36% ad una velocità inferiore ai 30 km/h. Il 93% dei guidatori passando sotto il pannello composto da solo testo ha affermato di non aver

prestato attenzione al segnale, il 79% di questi si trovava in sorpasso. La maggioranza dei guidatori (71%) non ha dato neppure uno sguardo al pannello, il 57% stava viaggiando ad una velocità compresa tra i 30-50 km/h, il 36% a meno di 30 km/h. Per quanto concerne il secondo pannello, solamente 3 guidatori ricordavano di avergli dato uno sguardo ripetendo parzialmente il testo. Allo scopo di verificare se la presenza del pannello comportasse bruschi cambiamenti nella posizione dello sguardo attraverso il software, sono state comparate le coordinate corrispondenti alla visione centrale della strada che corrisponde al comportamento “normale” di guida, con le coordinate degli sguardi posati sul PMV.



Figura 5.9- *Momenti del test di guida (2).*

I dati sono stati riferiti al tratto di strada nel quale le condizioni plano – altimetriche possono essere considerate omogenee limitatamente al periodo di visibilità del pannello. Ovviamente le coordinate dello sguardo rispetto alle ascisse e alle ordinate variano con le caratteristiche fisiche del guidatore (altezza, postura, ecc.) e con la tipologia di veicolo. La registrazione dell'oculometro avviene con un ritardo di 0,03 secondi; tale strumento non registra movimenti che coincidono con battiti di ciglia che hanno una frequenza di 10-20 al minuto (Esteban et al. 2004). I dati sono stati rappresentati su un singolo piano allo scopo di facilitarne la comparazione.

I dati registrati sono stati analizzati come una funzione dei punti di fissazione dello sguardo durante il periodo di visibilità/leggibilità del pannello. La prima analisi svolta concerne il tempo impiegato nell'osservare i due pannelli.

	Guidatore					
	2	3	11	12	13	14
Tempo Massimo consecutivo speso nel guardare il segnale	0,57	1,5	0,09	0,16	0,64	0,44
Tempo totale impiegato nell'osservare il segnale	1,53	1,62	0,3	0,2	0,64	2,44
Posizione al momento del passaggio sotto il pannello		Strada libera Corsia destra		Sorpasso	Strada libera Corsia destra	Sorpasso
Velocità media al momento del passaggio sotto il PMV	70-80 km/h	80-90 km/h	70-80 km/h	80-90 km/h	90-100 km/h	60-70 km/h
Testo ricordato	Lavori	Lavori Rallentamenti Via dei Conversi	-	-	Lavori Rallentamenti i Strade limitrofe	-
Testo del messaggio	LAVORI VIA DEI CONVERSI RALLENTAMENTI STRADE LIMITROFE					

Tabella 5.1 – Dati relativi al pannello 1

Così come osservato nella Tabella 5.1, l'unico guidatore che ricordava completamente il senso del messaggio ha impiegato 1,5 secondi consecutivi nel leggerlo. Tutti i guidatori che ricordavano seppur parzialmente il testo del messaggio hanno osservato il pannello per un tempo inferiore agli 0,5 secondi. La tabella sottolinea l'importanza del tempo consecutivo speso nell'osservare il messaggio piuttosto che il tempo complessivo. Solamente il guidatore 3 ha riferito di aver visto il pannello e ricordava una porzione di testo. Questo guidatore ha impiegato 1,37 secondi consecutivi per osservare il pannello e nonostante questo lungo periodo di osservazione consecutivo non è stato in grado di ripetere il messaggio esattamente, al momento del passaggio sotto il pannello viaggiava ad una velocità di 30 km/h e si trovava in fila.

	Guidatore		
	1	5	9
Tempo Massimo consecutivo speso nel guardare il segnale	1.37	0.34	0.33
Tempo totale impiegato nell'osservare il segnale	1.37	0.34	0.5
Posizione al momento del passaggio sotto il pannello	Strada Libera Corsia destra		
Velocità media al momento del passaggio sotto il PMV	< 30 km/h	< 30 km/h	30 – 50 km/h
Testo ricordato	Lavori	-	-
Testo del messaggio	LAVORI VIA DEI CONVERSI RALLENTAMENTI STRADE LIMITROFE		

Tabella 5.2- *Dati relativi al pannello 2*

Questa prima applicazione con l'oculometro ha ulteriormente confermato quanto ottenuto nell'esperienza di Brescia, ossia come gli utenti tendano ad escludere i pannelli a messaggio variabile dalla loro visuale soprattutto in un contesto abituale di guida come sono gli itinerari giornalieri.

Allo scopo di studiare i tempi di percezione e lettura da parte dei conducenti è risultato necessario modificare l'approccio di studio in particolare tenendo presente l'aspetto critico di acquisizione delle informazioni durante la guida, ossia il movimento relativo tra osservatore e oggetto osservato; risulta quindi molto importante che venga garantito un tempo sufficiente di percezione e interpretazione del segnale. Il Codice della Strada stabilisce la successione in cui i segnali debbano essere installati:

- Segnale di avvertimento;
- Segnale d'indicazione;
- Segnale di conferma.

I pannelli a messaggio variabile di norma sono posizionati senza alcun segnale avvertimento per il conducente, rendendo di fatto maggiormente difficile la sua corretta individuazione soprattutto in caso di mal posizionamento.

Il tempo totale richiesto per discriminare un segnale dall'ambiente di riferimento, identificarlo e leggerlo, nel Codice della Strada viene stabilito pari a 10,5 secondi.



Figura 5.10- *Segnale stradale e fasi di reazione come registrati.*

Allo scopo di verificare il processo di discriminazione e acquisizione delle informazioni, sono stati considerati i dati inerenti il primo pannello (testo più pittogramma), per il quale è stato registrato il tempo di lettura. Il tempo necessario per leggere il pannello è fissato pari a 10 secondi a partire da una distanza di 240 m:

- Discriminazione 30 m;
- Identificazione 70 m;
- Lettura 70 m;
- Azione 70 m.

Il periodo corrispondente ai primi tre stadi è stato identificato come il tempo necessario alla percezione del segnale, di durata complessiva pari a 7,5 secondi mentre l'ultima fase "l'azione" ha una durata di 2,5 secondi.

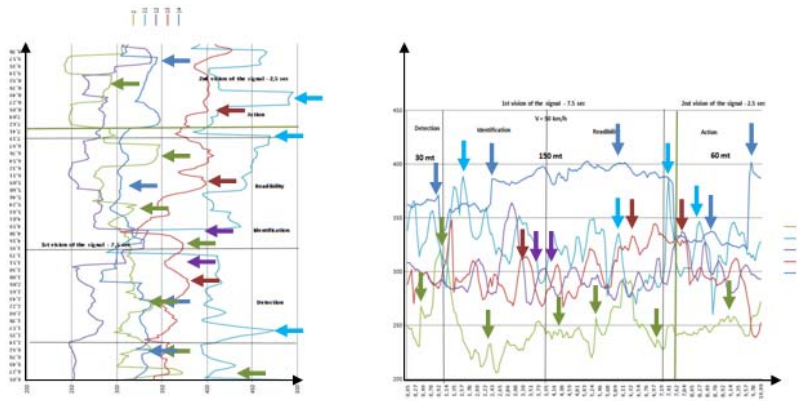


Figura 5.11- Punti di fissazione per l'asse x e l'asse y

Esaminando i grafici è possibile notare come tutti i guidatori abbiano osservato il pannello almeno una volta durante il periodo di percezione e comprensione.

Numero di volte in cui i guidatori hanno osservato il PMV					
Guidatori	Discriminazione	Identificazione	Lettura	Totale	Azione
2	1	3	1	4	2
11	1	1	1	3	0
12	0	1	1	2	0
13	1	1	1	3	0
14	1	1	1	3	1

Tabella 5.3 – Numero di sguardi dati al pannello durante le diverse fasi di avvicinamento

I dati scaturiti dall'applicazione hanno evidenziato un basso interesse verso i messaggi proiettati sui segnali a messaggio variabile, questo a conferma ulteriore di quanto affermato nei precedenti studi, ossia che i guidatori tendono ad escludere dal loro campo visivo le informazioni che reputano meno importanti, compresi i pannelli a messaggio variabile.

In particolare l'applicazione ha messo in evidenza come il messaggio non rimanga impresso nella mente del guidatore nonostante egli lo osservi diverse volte non riuscendo a ricordarne il contenuto. Un ulteriore aspetto su cui occorre riflettere riguarda il posizionamento del pannello all'interno dell'agglomerato urbano. La posizione del secondo pannello rende difficile e pericolosa la lettura.

In città i guidatori devono far fronte a numerosi rischi presenti come intersezioni, passi carrai e pedoni, riducendo la loro capacità di incamerare ulteriori informazioni come quelle provenienti dai segnali stradali.

Un ulteriore elemento che è stato messo in evidenza in questo studio è come il guidare lentamente o trovarsi in fila, in alcuni casi, non agevoli la lettura. Al contrario, tale fattore, rende maggiormente complicata la percezione del segnale in quanto l'automobilista è impegnato a guardare la strada di fronte a lui e i veicoli che lo precedono.



Figura 5.12- *Tipica scena quotidiana nella vita di un'automobilista.*

La durata degli sguardi, in particolare nel caso del secondo pannello, composto da solo testo, ha superato di gran lunga “l'intervallo di guida sicuro”; nonostante questo il guidatore è ritornato sul pannello per una seconda osservazione. Chiaramente l'intervallo “sicuro” diminuisce all'aumentare della velocità e dipende inoltre dalle condizioni di guida, in particolare quando il guidatore è accodato e di fronte a sé ha altri veicoli. I pannelli a messaggio variabile, di conseguenza, devono essere disegnati seguendo delle specifiche indicazioni progettuali, soprattutto quando possono inviare messaggi in display multipli. Nel caso in esame, infatti, nonostante il testo fosse interamente proiettato in un'unica schermata, nessun guidatore è riuscito a ripeterlo correttamente, si rivela quindi controproducente l'invio di messaggi troppo

lunghi anche se proiettati in un singolo display. Questa ricerca ha messo in evidenza come siano necessari almeno 0,57 secondi consecutivi per ricordare almeno una parola contenuta nel messaggio, scoperta ulteriormente confermata dagli studi precedenti che sottolineano la difficoltà dei guidatori nel comprendere il messaggio proiettato quando questo contiene troppe informazioni.

5.3 I tempi di lettura

Sulla base della prima esperienza con l'oculometro che ha evidenziato una totale disattenzione da parte dei guidatori verso i pannelli a messaggio variabile, la ricerca è proseguita testando un itinerario nella città di Cagliari lungo il quale sono presenti 4 pannelli a messaggio variabile tutti di analoga tipologia: testo più pittogramma. I messaggi utilizzati per il test erano proiettati in un'unica schermata. Durante la guida i guidatori sono stati affiancati dal ricercatore che con l'oculometro e il registratore ha provveduto a registrare la performance dell'automobilista ed in particolare i 10 secondi in cui il segnale da invisibile diviene dapprima visibile, poi riconoscibile, sino al momento della lettura. Il maggior numero degli sguardi posati sui pannelli è stato registrato durante la fase di percezione e acquisizione delle informazioni. Durante questa fase il guidatore si avvicina al pannello, percepisce le informazioni in esso contenute e solo nel caso non abbia percepito tutte le informazioni necessarie ritorna per un secondo momento sul testo allo scopo di confermare quanto percepito in precedenza.

In questa ultima fase della sperimentazione ai guidatori è stato espressamente chiesto di leggere i messaggi proiettati sui pannelli e di ripeterne esattamente il contenuto allo scopo di verificare e quantificare i tempi di lettura.

L'analisi su 6 automobilisti per un totale di 21 passaggi, ha messo in evidenza per il 43% degli utenti un tempo di lettura compreso tra i 3,5 e i 4 secondi, per il 52% un tempo compreso tra i 3 e i 3,5 secondi, mentre solo il 5% degli utenti ha impiegato meno di 3 secondi per leggere il messaggio (superiore comunque ai 2,5 sec).



Figura 5.13- *I Pannelli utilizzati per l'indagine.*

Tutti i messaggi inviati erano proiettati in un'unica schermata, l'85% dei quali era composto da un numero di parole superiore a 5.

I primi risultati, confermano quanto in precedenza detto sulla difficoltà da parte dei guidatori nel leggere e percepire il contenuto del messaggio. Sulla base dei dati provenienti dalle registrazioni e dalle interviste è stata calibrata un'espressione matematica che mette in relazione il numero di parole e il tempo di lettura del messaggio.

$$t_{let} = 2,033 + 0,237N + \varepsilon(v,d,\theta)$$

L'espressione ottenuta attraverso le tecniche di regressione lineare, tuttavia, non è sufficientemente rappresentativa del fenomeno in quanto non tiene conto di una serie di variabili importanti come la velocità di percorrenza al momento della percezione-lettura del segnale, l'angolazione con cui il guidatore osserva il segnale e la distanza dalla quale il pannello diviene visibile.

Tali valori sono stati calcolati sulla base dei dati provenienti dalla registrazione dell'oculometro e analizzati attraverso le tecniche di Regressione Multipla.

La regressione multipla

Attraverso le tecniche della Regressione Lineare Multipla che consente di studiare la dipendenza di una variabile quantitativa y rispetto a un insieme di m variabili esplicative quantitative X_1, \dots, X_m dette regressori è stato definito un modello con una forma del tipo:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m + \varepsilon \quad (1)$$

Il termine $\beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m$ rappresenta la componente sistematica del modello, mentre la variabile casuale ε rappresenta la componente di errore del sistema; i parametri non noti generalmente sono: β_0 (l'intercetta) e $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ denominati coefficienti di regressione.

(x_1, \dots, x_m) sono variabili deterministiche, ovvero misurate senza errore.

L'effetto su Y di tutti i fattori non rilevati e/o non rilevabili può essere positivo o negativo e non dipende dai valori dei regressori;

$$E(\varepsilon|X_1, \dots, X_m) = E(\varepsilon) = 0 \Rightarrow E(\varepsilon|X_1, \dots, X_m) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_m x_m \quad (2)$$

da cui

$$\frac{\partial E(Y|x_1, \dots, x_m)}{\partial x_k} = \beta_k \quad (3)$$

β_k rappresenta la variazione attesa di Y per una variazione unitaria positiva di X_k quando anche gli altri regressori restano costanti (qualunque sia il loro valore).

La variabilità dell'effetto di tutti i fattori non rilevati e/o non rilevabili non dipende dai valori dei regressori:

$$V(\varepsilon|X_1, \dots, X_m) = V(\varepsilon) = \sigma^2 \Rightarrow V(y|x_1, \dots, x_m) = \sigma^2 \quad (4)$$

(ipotesi di omoschedasticità)

Gli effetti sulla spesa Y dei fattori non rilevati per la *famiglia i* non dipendono da quelli relativi alla *famiglia j*:

$$\text{Cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0 \text{ per ogni } i \neq j \quad (5)$$

Dove ε_i ed ε_j sono il valore della variabile aleatoria per le due famiglie

(ipotesi d'intercorrelazione)

Ipotesi non essenziale al modello lineare classico, ma necessaria per la stima intervallare è il controllo di ipotesi sui parametri:

$$e \sim N(0, \sigma^2) \quad (6)$$

Tale modello vale ovviamente nella popolazione oggetto d'interesse, tuttavia poiché nella maggior parte dei casi la popolazione nel suo complesso non è direttamente rilevabile, al fine di stimare i parametri contenuti nel modello è necessario basarsi sulle informazioni contenute in un campione casuale di n unità, su ciascuno dei quali vengono rilevati i valori della variabile Y e degli m regressori:

$$(y_i, x_{i1}, \dots, x_{im}) \text{ per } i = 1, \dots, n \quad (7)$$

Quando il campione è estratto con criterio casuale semplice allora gli n vettori di variabili dell'equazione sono indipendenti.

Posto il modello (1) per la generica osservazione campionaria vale la seguente relazione:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_m x_{im} + \varepsilon_i \quad (8)$$

Che formulata per ciascuna delle n unità del campione dà luogo al seguente sistema di n equazioni in $m+1$ incognite:

$$\begin{aligned} Y_1 &= \beta_0 + \beta_1 X_{11} + \dots + \beta_m X_{1m} + \varepsilon_1 \\ &\dots \\ Y_i &= \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_m X_{im} + \varepsilon_i \\ &\dots \\ Y_n &= \beta_0 + \beta_1 X_{n1} + \dots + \beta_m X_{nm} + \varepsilon_n \end{aligned} \quad (9)$$

Indicando con:

- Y il vettore $n \times 1$ dei valori della variabile dipendente per le n unità del campione;
- X la matrice $n \times (m+1)$ dei valori degli m regressori per le n unità del campione. La matrice contiene, oltre ai valori dei regressori, una colonna supplementare composta da n valori tutti pari;
- β_0 in corrispondenza dell'intercetta del modello;
- β il vettore $(m+1) \times 1$ dei parametri del modello;
- ε il vettore $n \times 1$ dei termini d'errore.

Il sistema può essere riscritto in maniera compatta e semplificata nella forma di un'equazione matriciale:

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (10)$$

Poiché ciascuna osservazione del campione può essere interpretata come una realizzazione empirica delle corrispondenti variabili in popolazione, le condizioni ipotizzate sui termini del modello possono quindi essere formulate in maniera compatta rispetto ai termini dell'equazione.

Il metodo dei minimi quadrati può essere utilizzato per stimare il vettore di parametri incogniti β . A partire dal vettore delle stime \mathbf{b} calcolate rispetto a un campione di n unità è possibile determinare il vettore \mathbf{y}^* dei valori teorici della variabile nell'ipotesi di perfetta dipendenza lineare tra Y e gli m regressori:

$$y^* = Xb \quad (11)$$

$$y^* = b_0 + b_1 x_{1i} + \dots + b_m x_{mi} \quad \text{per } i=1, \dots, n \quad (12)$$

La differenza tra gli n valori empirici ed i corrispondenti valori teorici di Y definisce il vettore dei residui campionari:

$$e = y - y^* = y - Xb \quad (13)$$

$$e_i = (y_i - y_i^*) = (y_i - b_0 - b_1 x_{i1} - \dots - b_m x_{im}) \quad \text{per } i = 1, \dots, n \quad (14)$$

Gli n valori di e_i sono n determinazioni campionarie del termine d'errore ε del modello. Com'è noto il metodo dei minimi quadrati ricerca il vettore di coefficienti \mathbf{b} in modo da rendere minima la somma dei quadrati degli scarti tra ordinate empiriche e ordinate teoriche, o equivalentemente, la somma dei residui al quadrato.

Nel caso particolare $m=1$ si ha il modello di regressione lineare semplice.

Le proprietà della matrice $X^T X$ sono:

- Quadrata $(m+1) \times (m+1)$;
- Simmetrica;
- I termini della diagonale principale sono le somme dei quadrati dei valori delle colonne di x ;
- I termini fuori dalla diagonale principale sono i prodotti scalari tra le coppie di colonne di x .

Allo stesso sistema di equazioni normali si perviene rileggendo il problema da un punto di vista geometrico. La funzione (*) che si vuole minimizzare, può, infatti, essere interpretata come la distanza del vettore \mathbf{y} dal vettore \mathbf{Xb} che, al variare di \mathbf{b} descrive lo spazio colonna della matrice \mathbf{X} .

Quindi minimizzare $\mathbf{e}^T\mathbf{e}$ equivale a trovare $\min_d(\mathbf{y}, \mathbf{Xb})$

Poiché la distanza di un vettore da un sottospazio è minima se si valuta la sua distanza dalla proiezione ortogonale sul sottospazio, si tratta di trovare quel vettore \mathbf{b}^* che definisce la proiezione ortogonale di \mathbf{y} sullo spazio colonna di \mathbf{X} .

Per quanto concerne la significatività del modello informazioni importanti le fornisce l' R^2 .

Si definisce coefficiente di correlazione campionario:

$$R = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2} \sqrt{\sum(y-\bar{y})^2}} \quad (15)$$

$$R^2 = \sum(y_{\text{stim}} - \bar{y})^2 / (y - \bar{y})^2 = \frac{\text{devianza spiegata}}{\text{devianza totale}} \quad (16)$$

Tali espressioni sono equivalenti: la formula (15) è spesso indicata come formula del momento prodotto della correlazione lineare.

Vi sono ulteriori formule equivalenti che mostrano come R sia invariante rispetto alle traslazioni degli assi. Il coefficiente di correlazione lineare può essere positivo o negativo. Se R è positivo, y tende ad aumentare con x (l'inclinazione della retta dei minimi quadrati è positiva), mentre se R è negativo y tende a diminuire con x (l'inclinazione è negativa). Nel caso della formula (15) e delle altre espressioni il segno è automaticamente derivato, mentre nel caso della formula (16) occorre applicare il segno dovuto.

L' R^2 può essere interpretato come la frazione della devianza totale che è spiegata dalla retta dei minimi quadrati. R misura la bontà dell'adattamento della retta di regressione dei minimi quadrati ai dati campionari. Se la devianza totale è tutta spiegata dalla retta di regressione cioè se $R^2 = 1$ o $R = \pm 1$ si dice che esiste una correlazione lineare perfetta. D'altra parte se la devianza totale è tutta non spiegata, la devianza spiegata è uguale a zero e quindi $R=0$. In pratica la quantità R^2 detto anche coefficiente di determinazione assume valori compresi tra 0 e 1.

Sulla base di questi elementi la ricerca è stata rivolta alla definizione di un modello matematico in grado di esprimere la relazione esistente tra una variabile di risposta y (quantitativa) ed una serie k di variabili esplicative.

La relazione ricercata è del tipo $f(x_1 \dots x_k) = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k$, la regressione multipla geometricamente corrisponde ad un iperpiano a k dimensioni, tale modello è uno dei più semplici da studiare ed interpretare, in definitiva si studia un modello del tipo: $y = f(x_1 + \dots + x_k) + u$, dove $f(x_1 + \dots + x_k)$ è la componente sistematica e u la componente casuale.

L'espressione ottenuta è del tipo:

$$\mathbf{y}_t = \mathbf{a} + \mathbf{\beta} \mathbf{x}_t + \varepsilon_t \quad (17)$$

y_t : insieme delle osservazioni della variabile dipendente

a : Numero di parole contenute nel messaggio

x_t : insieme delle osservazioni delle variabili (macro e micro) considerate
moltiplicate i coefficienti di regressione

ε_t : componente di disturbo.

Una volta effettuata la stima dei coefficienti, il metodo dei minimi quadrati consente di verificare il livello di significatività delle variabili a livello statistico, attraverso l'applicazione di due serie di test:

- Test di significatività dei parametri della regressione;
- Test di scorretta specificazione del modello.

Nel primo gruppo di test si distinguono:

- Test che interessano l'intera regressione (R^2 , test di Fisher, ecc.)
- Test legati alle singole variabili esplicative (t-test).

In particolare il secondo gruppo di test riguarda le scelte di specificazione del modello e si concentrano sull'analisi dei residui della regressione.

L' R^2 corretto fornisce una misura sintetica della bontà della regressione ovvero della misura in cui la variabile dipendente è spiegata dalle variabili esplicative piuttosto che dai termini di errore.

$$R^2_{adj} = 1 - \left[\left(\frac{SQR}{SQE} \right)^2 \frac{n-1}{n-p-1} \right] \quad (18)$$

SQE = Somma Quadrati Errore

SQR = Somma quadrati regressione

n = numero di osservazioni

p = numero di variabili indipendenti.

Il test di Fisher, sotto l'ipotesi nulla di assenza della relazione lineare tra variabile dipendente e variabili esplicative assume valore inferiore rispetto al valore critico individuato sulle tavole.

In particolare se $p\text{-value} < \alpha$ (solitamente posto uguale a 0,05) allora l'apporto del modello di regressione alla spiegazione della variabile dipendente è significativo.

Sulle singole variabili invece si effettua il test del *t di Student* per il quale:

$$t = \frac{b_k}{S_{bk}} \quad (19)$$

p = numero di variabili esplicative

b_k = inclinazione di Y rispetto alla variabile k tenendo costanti le altre variabili

S_{bk} = Errore Standard del coefficiente di regressione b_k

t = statistica test con distribuzione t con $n - p - 1$ gradi di libertà.

Sotto l'ipotesi nulla di assenza di relazione lineare tra singola variabile indipendente e variabile dipendente tale statistica assume valore inferiore al valore critico stabilito dalle tavole ($p\text{-value} < \text{livello di significatività scelto}$).

La statistica di Durbin – Watson è un test utilizzato per rilevare la presenza di autocorrelazione dei residui in un'analisi di regressione; in caso di assenza di correlazione seriale dei residui di primo ordine la statistica assume un valore prossimo a 2.

$$DW = \frac{\sum (\hat{\varepsilon}_t - \hat{\varepsilon}_{t-1})^2}{\sum \hat{\varepsilon}_t^2}$$

$\hat{\varepsilon}_t$ = valore dei residui di ciascun periodo

5.3.1 La valutazione dei tempi di lettura: un'espressione matematica

In funzione del movimento oculare sul piano orizzontale, misurato attraverso i dati forniti dallo strumento (Figura 5.14):

- *Spot x, Spot y* Posizione del "master spot";
- *Pupil x, Pupil y, Pupil z* le variazioni di dimensione delle pupille;
- *Scene x, Scene y* ossia i valori di cui ci si è avvalsi per lo studio del fenomeno.

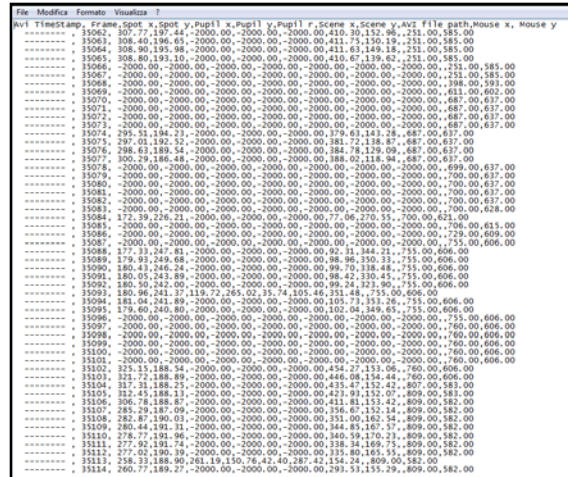
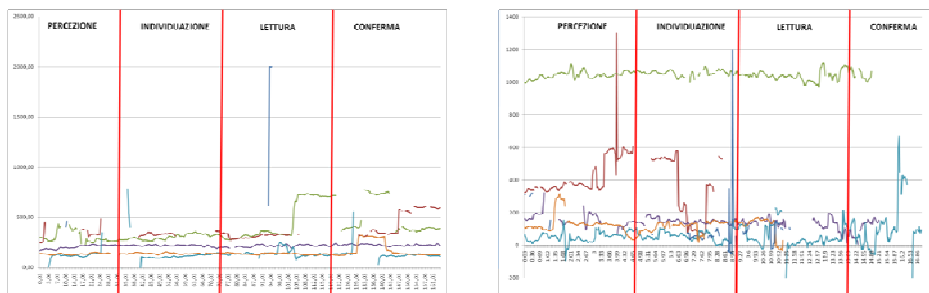


Figura 5.14- I dati delle coordinate come vengono rappresentati su documento di testo.

I dati inerenti gli sguardi dei guidatori sono stati comparati mediante rappresentazione in un unico piano come in figura:



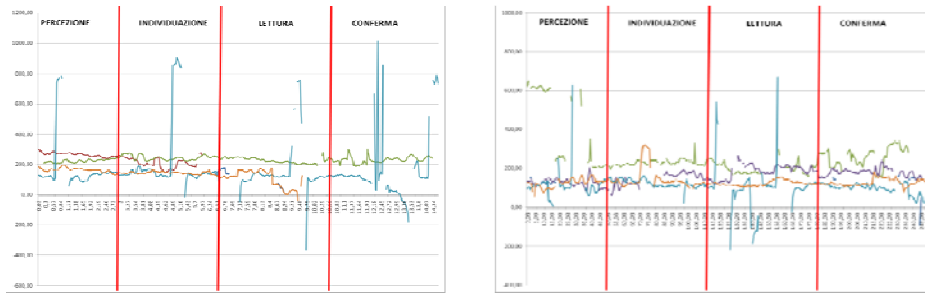


Figura 5.15- *Movimenti degli occhi misurati sul piano orizzontale.*

Per meglio comprendere quanto si sia rivelata utile la rappresentazione su piano cartesiano dei movimenti oculari del guidatore, si rappresenta su un fotogramma (rappresentativo di un istante di guida di quell'automobilista) il grafico del movimento oculare di un guidatore testato (Figura 5.17).

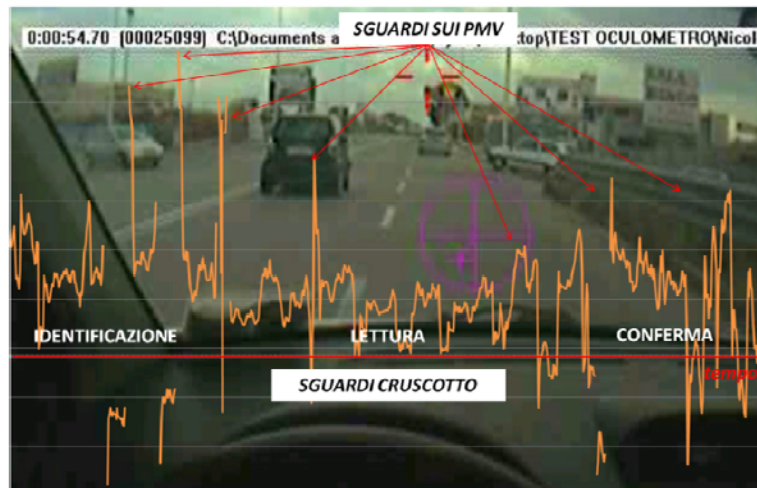


Figura 5.16- *Movimenti degli occhi misurati sul piano orizzontale.*

I messaggi proiettati erano tutti di quattro righe e cinque parole:

“Traffico Chiuso - Via Sardegna – Lavori – In corso”.

L'analisi dei dati provenienti dalle registrazioni ha consentito di definire un'espressione di questo tipo:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$$

nella quale:

y: Tempo di lettura;

x₁: Numero di parole;

x_2 : È il rapporto tra la velocità di percorrenza al momento di inizio della lettura del pannello e la velocità di progetto della strada;

x_3 : È il rapporto tra la distanza di lettura del messaggio e la distanza di lettura del segnale stabilita dalla Normativa (80 m);

x_3 : È la diversione oculare misurata sul piano orizzontale e verticale.

Il tempo di lettura del segnale dipende ovviamente dal numero di parole contenute nel messaggio e di conseguenza la formula mette in relazione tale variabile con il numero N di parole; ovviamente la capacità di un guidatore di leggere un segnale dipende anche dalla velocità di percorrenza di quest'ultimo al momento del passaggio sotto il pannello, per tale motivo nell'analisi è stata inoltre registrata la velocità del guidatore al momento del passaggio sotto il PMV. Tale valore è stato rapportato alla velocità di progetto della strada v_0 . Tutte le strade in cui erano posizionati i pannelli erano di Categoria D "Urbane di Scorrimento", con velocità di progetto compresa tra i 50 e gli 80 km/h. La velocità degli automobilisti al momento del passaggio sotto il pannello si aggirava attorno agli 80-90 km/h; nel rapporto è stato considerato il valore massimo della velocità di progetto (80 km/h).

Il tempo di lettura dipende oltre che dal numero di parole e dalla velocità di percorrenza della strada, anche dalla *distanza di riconoscimento* del segnale ossia dal momento in cui il pannello inizia a diventare leggibile; tale valore è stato rapportato al valore della distanza d_0 ossia la distanza stabilita dalla Normativa per la quale un segnale inizia a divenire visibile (80 m). Tale valore è ovviamente variabile in funzione di una serie di caratteristiche come condizioni meteo, acuità visiva del guidatore, presenza di eventuali riflessi, ecc.. Nel caso in esame tali variabili non sono state considerate.

La prima formula è stata quindi inizialmente calibrata considerando separatamente l'angolo sul piano verticale e su quello orizzontale.

Angolo orizzontale:

$$t_{lettura} = -1,44 - 0,04 N + 1,19 \frac{v}{v_0} + 3,83 \frac{d}{d_0} - 15,92tg(\delta)$$

Variabile	Coefficiente	Errore Standard	T di Student	p - value
Costanti	-1,44	4,38	-0,33	0,00
N	-0,04	0,66	-0,06	0,00

Variabile	Coefficiente	Errore Standard	T di Student	p - value
v/v0	1,19	0,42	2,83	0,00
d/d0	3,83	0,05	73,62	0,00
tgθ	-15,92	0,82	-19,49	0,00
Test di Fisher	10,19			
R2	0,718			
R2adj	0,65			
Durbin Watson	1,34			
χ2	0,31			

Tabella 5.4 – Valori relativi all'angolo orizzontale

Angolo Verticale:

$$t_{lettura} = 107,06 - 0,03 N + 0,24 \frac{v}{v_0} - 44,34 \frac{d}{d_0} - 927,24 \text{tg}(\theta)$$

Variabile	Coefficiente	Errore Standard	T di Student	p - value
Costanti	107,06	25,72	4,16	0,00
N	-0,03	0,05	-0,599	0,00
v/v0	0,24	0,36	0,66	0,00
d/d0	-44,34	11,29	-3,92	0,00
tgθ	-927,24	221,09	-4,19	0,00
Test di Fisher	12,31			
R2	0,75			
R2adj	0,69			
Durbin Watson	1,34			
χ2	0,26			

Tabella 5.5 – Valori relativi all'angolo verticale

Sebbene per tali equazioni il valore dell'R² garantisca una buona rappresentatività del fenomeno da parte dell'espressione, il segno meno del coefficiente di N rappresentava una criticità.

In funzione dei dati rilevati è stato quindi deciso di combinare i due angoli (orizzontale e verticale) in un'unica espressione, ottenendo i valori indicati nella tabella seguente.

y	3,22	3,22	3,70	2,75	2,75	2,75	3,69	2,98	2,98	3,69	3,22	3,22	3,22	2,98	3,22	3,22	3,45	3,22	3,22	2,98	2,98
x ₁	5	7	5	3	3	3	7	4	4	7	5	5	5	4	5	5	6	5	5	4	4
x ₂	0,72	0,78	0,94	1,00	0,55	1,11	0,94	0,67	0,56	0,78	0,78	0,72	0,67	0,72	0,78	0,78	0,78	0,89	0,61	1,05	0,78
x ₃	1,19	1,15	1,10	1,25	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,00	1,09	1,00	1,25	1,19	1,25	1,25	1,25
x ₄	0,07	0,08	0,08	0,11	0,11	0,11	0,11	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,11	0,09	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,11	0,07

Tabella 5.6 – Valori relativi alle variabili intervenute nell'analisi.

L'angolo di osservazione del segnale, è stato considerato come somma tra quello orizzontale misurato sul piano della strada e quello verticale che dipende

dalla posizione del guidatore al momento del passaggio nelle vicinanze del PMV (corsia destra o in sorpasso).

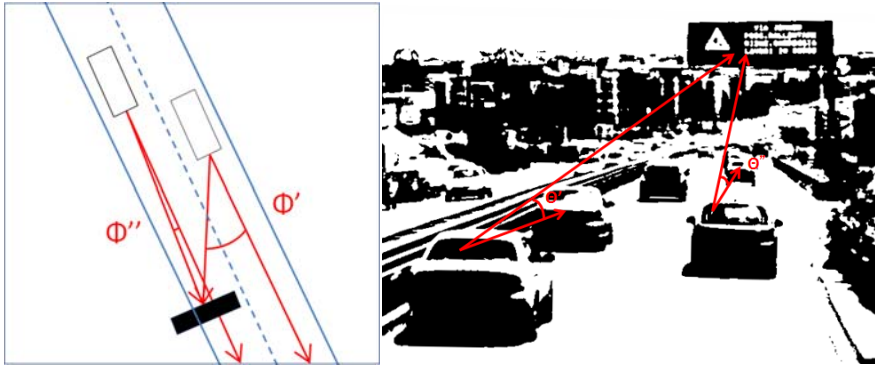


Figura 5.17- Angolazione dell'occhio alla visione del PMV.

Il valore dell'angolo nella formula è stato indicato in radianti.

L'espressione ottenuta è la seguente.

$$t_{reading} = 2,36 + 0,197N + 0,24 \frac{v}{v_0} - 0,148 \frac{d}{d_0} - 1,77 \operatorname{tg}(\delta + \theta)$$

Com'è possibile notare, all'aumentare del numero di parole contenute nel messaggio aumenta il tempo di lettura del conducente.

All'aumentare della velocità di percorrenza della strada aumenta il tempo necessario per leggere il pannello.

L'espressione così ottenuta è adimensionale.

Variabile	Coefficiente	Errore Standard	T di Student	p - value
Costanti	+ 2,36	3,18	8,43	0,000
N	+ 0,197	1,18	0,17	0,000
v/v ₀	+ 0,24	0,15	1,63	0,000
d/d ₀	- 0,148	0,09	-1,62	0,000
tgθ	-1,77	0,02	-113,79	0,000
Test di Fisher	12,76			
R ²	0,76			
R ² _{adj}	0,70			
Durbin Watson	3,15			
χ ²	0,11			

Tabella 5.7- Indici ottenuti dall'analisi

La tabella mostra i dati concernenti i valori dei coefficienti, dell'Errore Standard, *t di Student* e *p-value*. I dati in tabella mostrano la correlazione esistente tra variabili indipendenti, distanza e velocità, le quali sono altamente correlate con il tempo di lettura del Pannello.

Il valore del *test di Fisher* è maggiore di 5,91; è così possibile rifiutare l'ipotesi di correlazione lineare tra le variabili dipendenti, i valori dell'R² e dell'R²_{adj} superiori all'0,7 mostrano un buon livello di rappresentatività del fenomeno da parte dell'algoritmo.

I vari test applicati all'espressione hanno evidenziato una generale "bontà" dell'espressione matematica in termini di rappresentatività fenomeno.

Attraverso l'equazione di regressione è stato trovato il valore stimato dello y denotato y_{stimato}, sostituendo i corrispondenti valori di x₁, x₂, x₃, x₄ i risultati sono mostrati nella tabella seguente.

y _{stimato}	3,2	3,6	3,3	2,8	2,7	2,8	3,6	3,0	2,9	3,6	3,2	3,2	3,1	3,0	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2	3,0	3,0
y	3,2	3,2	3,7	2,7	2,7	2,9	2,9	3,7	3,2	3,2	3,2	2,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,4	3,2	3,2	2,9	2,9

Tabella 5.8 – Confronto tra i valori stimati e riscontrati nel test.

L'espressione ottenuta, da implementare e confermare con ulteriori test nel prosieguo della ricerca, è il primo passo verso la definizione di un'espressione matematica univoca che consenta di definire il numero di parole massimo

proiettabile su un pannello, in funzione del tempo di lettura necessario al conducente medio.

Dalla Tabella 5.8 è possibile notare l'elevato valore dei tempi di lettura impiegati dagli automobilisti per leggere il messaggio. In modo particolare i tempi riscontrati superiori ai 2,7 secondi, mostrano in media come per leggere un messaggio composto di 5 parole siano necessari 0,4 secondi a parola.

6 Conclusioni

A partire da una serie di indagini svolte sulla segnaletica variabile è scaturito, come in generale, durante la guida, l'attenzione dell'automobilista si sofferma poco su di essa, principalmente a causa delle numerose informazioni che provengono dall'ambiente circostante; soprattutto in ambito urbano la presenza di pedoni, intersezioni a raso, semafori, ecc. obbligano l'automobilista a selezionare maggiormente gli input provenienti dall'esterno e a catalogarli in funzione della loro importanza.

Durante i test su strada i guidatori hanno evidenziato una scarsa attenzione verso la segnaletica verticale a causa dei numerosi altri stimoli a cui sono sottoposti durante la guida e che li costringono a tralasciare tutte le informazioni ridondanti che possono causare un sovraccarico di lavoro, portandoli ulteriormente alla distrazione. L'esperienza di Brescia infatti ha messo in evidenza come la maggioranza degli automobilisti, seppur intervistati immediatamente dopo il passaggio sotto due pannelli a messaggio variabile, di frequente non ricordassero neppure la presenza di un pannello nelle immediate vicinanze. Il fatto che il pannello sia considerato parte indistinta di un sottofondo ben più articolato quale è l'ambiente di guida, è stato ulteriormente confermato dal fatto che numerosi automobilisti "abituali" del percorso non ricordavano neanche la presenza di un pannello con quelle caratteristiche nelle immediate vicinanze del luogo nonostante fossero presenti in quel punto da una decina di anni. Questo fatto è stato attribuito alla cattiva abitudine di inviare messaggi ritenuti privi di interesse immediato per gli automobilisti; le ulteriori ricerche sono state volte a verificare, di conseguenza, se i guidatori osservano i pannelli a messaggio variabile e il loro grado di attenzione verso i dispositivi di segnaletica verticale. Per verificarlo è stato utilizzato l'oculometro "Eye Tracker" che consente il tracciamento oculare di chi lo indossa. L'analisi attraverso questo strumento ha messo in luce numerose difficoltà da parte degli utenti nel percepire la presenza del pannello e nel riconoscere e comprendere il messaggio in esso contenuto. I primi test hanno messo in evidenza un generale disinteresse da parte degli utenti verso tali dispositivi soprattutto nel caso del pannello di solo testo

posizionato in una strada urbana nelle vicinanze di un importante polo ospedaliero. Le ulteriori indagini sono state quindi indirizzate alla determinazione del “tempo di lettura” necessario per leggere un messaggio composto da 4 righe. Sulla base dei dati provenienti da questa seconda applicazione è scaturito che per gli automobilisti è necessario un tempo attorno ai 3 secondi per leggere completamente un messaggio composto da 4 righe con un numero di parole variabili da 4 a 5.

Questo intervallo di tempo è di gran lunga superiore agli 0,7-0,8 secondi definiti come l'intervallo sicuro per il quale un'automobilista può distogliere lo sguardo dalla sua visione principale senza che questo crei eccessivo pericolo.

Sulla base di questi dati è possibile affermare come esista un'incompatibilità tra lettura in sicurezza e guida stradale, soprattutto quando i messaggi inviati superano un certo numero di unità di informazioni.

L'uso spropositato di vocaboli, congiunzioni, parole, infatti, rende difficile la comprensione dei messaggi in sicurezza e rallenta ulteriormente il tempo di lettura. L'espressione ottenuta ha messo in evidenza come all'aumentare del numero di parole e della velocità il tempo di lettura dell'automobilista si incrementi in maniera proporzionale. Alla luce di tali indicazioni diviene quindi indispensabile definire correttamente il numero di unità di informazione da proiettare sui pannelli a messaggio variabile, cercando il più possibile di limitare l'utilizzo di espressioni ridondanti ed eccessivamente elaborate che possano complicare il processo di acquisizione ed elaborazione delle informazioni.

Dalla presente ricerca scaturisce quindi la necessità, in primo luogo, di inviare messaggi effettivamente utili per gli automobilisti scartando tutti quelli che sovrappoendosi al campo di visuale possono con il tempo andare a far parte dello sfondo indistinto dell'ambiente di marcia o per contro ostacolare la corretta percezione di tutti gli “stimoli” fondamentali per la guida in sicurezza.

Il secondo punto mette in evidenza l'importanza di posizionare i segnali laddove il guidatore si aspetta di trovarli agevolando la percezione e la corretta lettura del segnale stradale; risulta infatti indispensabile per la corretta percezione del segnale, un criterio univoco per il posizionamento della segnaletica stradale verticale insieme a quella pubblicitaria, evitando di posizionare elementi di

disturbo che possano complicare la percezione del segnale stradale più importante.

Questa tesi di dottorato ha, quindi, voluto porre le basi per la definizione di un protocollo di ricerca nel campo della sicurezza attiva volto al dimensionamento della segnaletica verticale ed in generale a tutti gli strumenti di invio delle informazioni al conducente. In futuro sulla base di questa esperienza sarà possibile implementare i dati in maniera tale da tener conto, per la determinazione del tempo di lettura, di ulteriori variabili come l'età e la capacità visiva, che ulteriormente incidono nella corretta percezione e comprensione del testo.

In futuro le applicazioni potranno essere convalidate con l'utilizzo del simulatore che permetterà di riprodurre una serie di condizioni non altrimenti riproducibili con i test alla guida, consentendo di intervenire su una serie di variabili (testo, angolazione, condizioni meteo e traffico) indispensabili per la definizione di un'espressione matematica che comprenda un maggior numero di variabili quali quelle che si presentano durante la guida.

7 Bibliografia

PUBBLICAZIONI

MEMORIE SUL TEMA PUBBLICATE DALL'AUTORE

Bruzzone A., Fadda P., Fancello G., Bocca E., Carta M.G., Tremori A., *Truck simulator an instrument for research and training*, DSC 2010 Europe – Paris, September 9 - 10, 2010, Memorie congressuali;

Carta M.G., Fancello G., Fadda P., *Il tempo di lettura del conducente alla guida: un'analisi sperimentale sui pannelli a messaggio variabile*, XVI Congresso Nazionale Stradale, Roma AIPCR 2010, Memorie Congressuali, AIPCR 2010, Ottobre 2010;

Fancello G., Carta M.G. e Fadda P., *Information relaying systems and driver perception: experimental analysis of Variable Message Signs using Cagliari Eye Tracker*, WCTR World Conference on Transportation and Research, Lisbona 11-15 Luglio 2010;

Fancello G., Carta M.G., Corona D. e Fadda P., *Domanda e offerta nei porti del Mediterraneo Occidentale* in *"I porti container italiani nel sistema euro-mediterraneo: dati di riferimento e stato dell'arte su modelli e metodi per l'analisi di domanda e offerta*, A cura di Francesco Russo, Franco Angeli, Collana dei Trasporti, 2010;

Fadda P., Fancello G., Carta M.G. *Criteri di progetto della segnaletica verticale* in *"Criteri per una corretta segnaletica stradale Tecnica per la sicurezza in ambito urbano*, Collana diretta da Roberto Busi, EGAF Edizioni, 2007;

Fancello G., Carta M.G. E Fadda P. (2009) *Traffic management and user perception: an analysis of Variable Message Signs using Fuzzy Logic*, Atti della XVI International Conference SIDT 2009, 29-30 Giugno 2009, Transport management and land-use effects in presence of unusual demand, Maggioli Editore, ISBN 978-88-387-4378-9, pp. 205-210, 2009;

Fancello G., Carta M.G. e Fadda P. *Un'analisi sperimentale sulle modalità di composizione dei testi nei pannelli a messaggio variabile (PMV)*, Trasporti e Territorio, ISSN 1723-7432, Eupalino Srl, 22(2), pp. 2-13, Settembre 2009;

Fancello G., Carta M.G., Bresciani N., Maternini G., e Fadda P. *Modalità di invio delle informazioni e la percezione dell'automobilista: un'analisi sperimentale sui pannelli a messaggio variabile* Trasporti e Territorio, 20 (2), 59-72, 2007;

Fancello M.G., Carta M.G. *La percezione dei segnali da parte del conducente: il caso dei Pannelli a Messaggio Variabile* in "Criteri per una corretta segnaletica stradale" Tecnica per la sicurezza in ambito urbano, Collana diretta da Roberto Busi, EGAF Edizioni, 1° Edizione: - ISBN: 978-88-8482-219-2, Volume XI, Capitolo 9° pp. 185-203, Forlì Ottobre, 2007;

MEMORIE SU FATTORI UMANI E SICUREZZA

Booher H., *Relative comprehensibility of pictorial information and printed words in proceduralized instructions*, Human Factors 17 (3), pp. 266–277, 1975;

Collins, B., Lerner, N. *Assessment of fire-safety symbols*. Human Factors 24, 75–84, 1982;

Endsley M.R., *Towards a theory of situation awareness in dynamic systems*. Human Factors, 37, 32 – 64, 1995;

Fadda P., *Introduzione al fattore uomo nella fenomenologia dei trasporti*, Università degli Studi dell'Aquila, L'Aquila, Cattedra di Tecnica ed Economia dei Trasporti, Ottobre 1984;

Fadda, P., *Biomeccanica e Antropometria. In Introduzione al fattore "uomo" nella fenomenologia dei trasporti*, L'Aquila University, Italy: 7-10 (in Italian), 1984;

Fadda P., *Concezione dei progetti di trasporto in ambiente sistemico*, Ed. Rubbettino, 2002;

Magurno, A., Wogalter, M., Kohake, J., Wolff, J., *Iterative test and development of pharmaceutical pictorials*. In: Proceedings of the 12th Triennial

Congress of the International Ergonomics Association, vol. 4, pp. 360–362, 1994;

McKnight, J., and Mcknight, A. *The effect of cellular phone use upon driver attention*. National Public Services Research Instatute Landover MD, 1991;

M. Meloni, A. Del Rio, D. Setzu, P. Cocco, G. D'Errico, G. Fancello, P. Fadda, *Analisi ergonomica, posturale e valutazione del rischio da vibrazioni nell'intero corpo in operatori di gru portainer del Porto di Cagliari*". Atti del XXV Giornate Internazionali di Medicina del Lavoro, 20-22 Maggio 2009, Portofino Vetta, Genova Italy, 2009;

Potter, M., Faulconer, B., *Time to understand pictures and words*. Nature 253, 437–438, 1975;

Rantanen, E., and Goldberg, J. *The effect of mental workload on the visual field size and shape*. Ergonomics 42, 816-834, 1999;

Rumar K., *Transport Safety Visions, Targets and Strategies: beyond 2000*, European Transport Safety Council, 1999;

Shao D.M., Wang J.H., *Study of the Human Interface Issue on the design information bulletin board and traffic control signal displays*, Unity Project n°536113, Prepared for University of Rhode Island Transportation Center, 2002;

Sherry, P. *Fatigue Countermeasures in the Railroad Industry: Past and Current Developments*, Washington, D.C.: AAR Press, 2000;

Wickens, C., Gordon, S., Liu, Y., *An Introduction to Human Factors Engineering*, Addison-Wesley-Longman, New York, 1998;

Young, L., *Human Orientation in Space*, AIAA Paper No. 82-0422 presented at the AIAA 20th Aerospace Sciences Meeting, Orlando, FL, 1982.

MEMORIE SUI SIMULATORI DI GUIDA

Allen R.W., Hogue J.R., Parseghian Z., *Using head mounted displays in low-cost simulations*, Systems Technology, Hawthorne, CA, USA, 2001;

Allen R.W., Rosenthal T.J., Aponso B.L., Harmsen A.¹, Markham S.², *Low cost, pc based techniques for driving simulation implementation*, DSC'99

conference proceedings, DSC'99 – Zimnuak A. Renault, ¹A&A, Hilversum, The Netherlands, ²Valentine Technologies Ltd. Hampshire, RG 29 1 AN, UK;

Allen, R.W., Hogue, J.R., et al, *National Advanced Driving Simulator (NADS) Requirement Study*, Systems Technology, Inc., TR-1256-2, 1991;

Allen, R.W., Mitchell, D.G., et al., *Validation of Real-Time Man-In-The-Loop Simulations, Strategic Highway Research Program (SHRP) and Traffic Safety on Two Continents*, Gothenburg, Sweden, Sept. 21-24, 1991;

Allen R.W., Rosenthal T.J., Aponso B.L., *Low cost simulation for safety research, prototyping and training*, System Technologies, Inc, Presented at the International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 1998;

Bergamasco M., Perotti S., Avizzano C.A., Angerilli M., Carrozzino M., Ruffaldi E., *Fork-lift truck simulator for training in industrial environment*, PERCRO;

Bhise, V. D., Forbes, L.M., Farber, E.I., *Driver Behavioral Data and Considerations in Evaluating In-vehicle Controls and Displays*, Presented at the Annual Meeting of the TRB, Washington, D. C., January 1986.

Bruzzone A.G., Kerckhoffs, *Simulation in Industry*, DIPTTEM Press, Genoa, Vol. I & II, ISBN 1-56555-099-4, 1996;

Bruzzone A.G., *Smart Integrated Interface for Evaluating and Supporting Human Performances*, ESPRIT Information Technology: Basic Research Working Group 8467 Simulation for the Future: New Concepts, Tools and Application (SiE-WG), Bruxelles, 1996;

Bruzzone A.G., M.E., Cotta G., Cerruto M., *Simulation & Virtual Reality to support the design o safety procedures in harbour environments*, Proceedings of ITEC97, Lausanne (CH), 1997;

Bruzzone A.G., Bocca E., Longo F., Massei M., *Logistics Node Design and Control over the Whole Life Cycle based on Web Based Simulation*, International Journal of Internet Manufacturing and Services, Vol. I, Issue 1,pp. 32-50, 2007;

Bruzzone A.G., Fadda P., Fancello G., Bocca E., D'Errico G., Massei M. (2010);*Virtual world and biometrics as strongholds for the development of innovative port interoperable simulators for supporting both training and R&D*,

IJSPM (Int. J. Simulation and Process Modelling), Special Issue on Modelling and Simulation Methodologies, Techniques and Applications: a State of the Art Overview, Inderscience Publishers, Volume 6, Numero 1, DOI: 10.1504/IJSPM.2010.032661, pp. 89-102, 2009;

Bruzzone A., Fadda P., Fancello G., Bocca E., D'Errico G., Tremori A., (2009), *Portainer simulator as assessment tool for human factors crane operator task*. Proceedings of the WCTRS Sig-2 Maritime Ports, May 7-8, 2009, Antwerp (BELGIO), 2009;

Bruzzone A., Fadda P., Fancello G., Tremori A., Bocca E., D'Errico G. (2009), *Measuring human factors in port activities by using simulation*. Proceedings of the 2009 Spring Simulation (SpringSim '09), San Diego (CA), 2009;

Bruzzone A., Fadda P., Fancello G., Bocca E., D'Errico G., Tremori A., *Ship-to-shore gantry crane simulator design: crane operator performance analysis and assessment tool of Cagliari University*. Proceedings of the HMS (The International Workshop on Harbour, Maritime & Multimodal Logistics Modelling and Simulation), Campora San Giovanni, Amantea (CS), ITALY, 2008;

Bruzzone A.G., Poggi S., Bocca E., *Framework for interoperable operations in Port facilities*, Proceedings of ECMS2008, June 3rd - 6th, Nicosia, Cyprus, 2008;

Dingus, T.A., Klauer, S.A., Neale, V.L., Petersen, A., Lee, S.E., Sudweeks, J., 2006. 100-car naturalistic driving study. Phase 2: Results of the 100- car field experiment.- Interim rept. August 2001 to March 2005. Report No. DOT/HS/810-593. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC;

Dutta A., Fischer D.L., Noyce D.A., *Use of a driving simulator to evaluate and optimize factors affecting understability of variable message signs*, Department of Civil and Environmental Engineering Drive, University of Wisconsin – Madison, 2004;

Fancello G., D'Errico G. & Fadda P., *Processing and analysis of ship-to-shore gantry crane operator performance curves in container terminals*, Journal

of Maritime Research (JMR), Spanish Society of Maritime Research (SPAGNA), Volume 5, Numero 2, ISSN: 1697-4840 pp. 39-54, 2008

Fancello G., D'Errico G. & Fadda P., *Human factors involved in container terminal ship-to-shore crane operator tasks: operator fatigue and performance analysis at Cagliari Port*, In D. de Waard, F.O. Flemisch, B. Lorenz, H.

MEMORIE SULLA SEGNALETICA STRADALE E PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE

Allen T.M., Lunenfeld H. and Alexander G.J., *Driver information needs*, Highway Research Record 366 pp. 102–115, 1971;

Al-Madani H., Al-Janahi A.R., *Role of drivers' personal characteristics in understanding traffic sign symbols* Department of Civil and Architectural Engineering, University of Bahrain, P.O. Box 32038, Bahrain, Saudi Arabia;

Anttila. V., Luoma, J., & Rämä, P. *Visual demand on bilingual message signs displaying alternative text messages*, Transportation and Research Part. F, Traffic Psychology and Behaviour, 2000, 3, 65 – 74;

Bazire M., Tijus C., *Understanding road signs*, Laboratoire CHArt, Université Paris 8 – 2, rue de la Liberté, 93526 St Denis Cedex 02, France, 2009;

Benson, B.G., *Motorist Attitudes About Content of Variable Message Signs* Transportation Research Record 1550, Washington D.C.;1996;

Borowsky A., Shinar D., Parmet Y., *Sign location, sign recognition, and drivers expectancies*, Transportation and Research Part F, 11 458 – 465, 2008;

Carta M.G., *Le modalità di invio delle informazioni e la percezione dell'utente: un'analisi sui pannelli a messaggio variabile*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Cagliari, Facoltà di Ingegneria, A.A. 2004-2005;

Centro Studi 3M, *Quaderno Tecnico, Requisiti essenziali per la pianificazione, esecuzione e verifica dei lavori di segnaletica*, 2006;

Centro Studi 3M, *Quaderno Tecnico, Scelta della segnaletica in funzione delle esigenze dei guidatori. Studio dei fattori influenzanti nella scelta dei materiali per segnaletica, con particolare riguardo alla segnaletica verticale*, 2006;

Chatterjee K., Hounsell N.B., Firmin P.E., Bonsall P.W., *Drivers response to variable message sign information in London*, Transportation and Research Part C, 10, 149 – 169, 2002;

Cheng, J., *Is the effectiveness of VMS perceived in Canada as it is in the United Kingdom?*, School of Civil Engineering/Institute for transport Studies project, The University of Leeds, Unpublished, 2002;

Colorado Department of Transportation, VMS Committee, *Cdot Guidelines on Variable Message Signs (VMS)*, 2003;

Dingus, T.A., Neale, V.L., Garness, S.A., Hanowski, R.J., Keisler, A.S., Lee, S.E., Perez, M.A., Robinson, G.S., Belz, S.M., Casali, J.G., Pace-Schott, E.F., Stickgold, R.A., Hobson, J.A., July 2002. *Impact of sleeper berth usage on driver fatigue: Final project report*. Contract No. DTFH61-96- 00068. U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carriers Safety Administration, Washington, DC;

Dongsu W., Hongbin G., *Adaptive Sliding Control of Six-DOF Flight Simulator Motion Platform*, College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, China, 2006;

Duraz M., Espié S., *Techniques of validation for driver's training using a driving simulator* Inrets Msis - The French National Institute For Transport And Safety Research / Modeling, Simulation and Driving Simulators –ARCUEIL FRANCE;

Droste, F.G. *The grammar of traffic signs*. Semiotica 5, 256–262, 1976;

Ells, J.G., Dewar, R.E. Rapid comprehension of verbal and symbolic traffic sign message. Human Factors 21, 161–168, 1979;

Erke A., Sagberg F., Hagman R., *Effects of route guidance variable message signs (VMS) on drivers behavior*, Transportation and Research Part F 10 447 – 457, 2007;

Ferrazin D., Barbagli F., Avizzano C.A., Di Pietro G., Bergamasco M., *Designing new commercial motorcycles through a highly reconfigurable virtual reality-based simulator*, PERCRO, Scuola Superiore S.Anna, Advanced Robotics, Vol.17, No. 4 pp. 293-318, 2003;

Bibliografia

Feyer A.M., Williamson A.M., *The influence of operational conditions on driver fatigue in the long distance road transport industry in Australia*, National Institute of Occupational Health and Safety, Sydney Australia, International Journal Ergonomics 15 (1995) 229-235;

Firmin, P.E., Bonsall, P.W., and Beaumont, H.C., *Driver's attitudes to Variable Message Signs information in London*, Proceedings, 4th World Congress on Intelligent Transport Systems, ICC, Berlin, Germany, 1997;

Foerst R., *Fork-lift Truck Simulator F10 G. A new training device for efficient forklift driver education*;

George C.F.P., *Driving and automobile crashes in patients with obstructive sleep apnoea/hypopnoea syndrome*, Department of Medicine, University of Western Ontario, Canada, 2004;

Gillberg G., Kecklind G., Akerstedt T., *Sleepiness and performance of professional drivers in a truck simulator. Comparison between day and night driving*, Karolinska Institute and IPM, Stockholm, Sweden, 1995;

Hameli P. Lorry, *Drivers time habits in work and their involvement in traffic accident*, Ergonomics 1987;

Hanowski R.J., Hickman J., Fumero M.C., Olson R.L., Dingus T.A., *The sleep of commercial vehicle under 2003 hours-of-service regulations*, Center for Truck and Bus safety, Virginia Tech Institute, Blacksburg, Virginia, 2007;

Harjula V., Luoma J., Rämä P., *Acceptance of variable message signs displaying bilingual message by turn*”, Technical Research Centre of Finland, 1997;

Hirata T.1, Yai T.2, Takagawa T.3, *Development of the Driving Simulation System MOVIC-T4 and Its Validation Using Field Driving Data*, Tsinghua Science And Technology, 1Institute for Transport Policy Studies, Toranomon, Minato-ku, Tokyo; 2Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, Nagatsuta-cho, Midori-ku, Yokohama; 3Trion Corporation, Akatsutsumi, Setagaya-ku, Tokyo, Japan, 2007;

Kelada J.M., Kemeny A., Lailier D., *Scenario control tools for dynamic truck simulator*, Proceeding of the DSC'97, Lyon, 1997;

Kemeny A., "Simulation and Perception", Renault, Direction de la Recherche – Research Division Technocentre Renault, Guyancourt Cedex, France;

Kim, T., Oh C., Yeon J.Y., Kim, S., *Estimation of message reading time for Variable Message Signs*, Dept. of Advanced Transportation Research, The Korea Transport Institute, 88th Annual Meeting of the Transportation Research Board (TRB), Washington, 2009;

Kolers, P.A., *Some formal characteristics of pictograms*, American Scientist 57, 348–363, 1969;

Krampen, M., *Icons on the road*, Semiotica 43, 1–2, 1983;

Kubacka A., Vega M.sc Félix Israel Cabrera, *Factors which influence the use of Variable Message Signs on motorway*, 1Msc Transport Planning and the Environment, 2Area de Transporte, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008;

Lai C. J., Yen K. T., *Sedan drivers' attention and response to variable message signs on freeway in Taiwan*, National Chin-Yi Institute of Technology, Taiwan, ROC, 2004;

Lahiri A., *Significance of a qualitative handling assessment approach towards motion system requirements for flight simulators*, National Simulator Program, FAA, Atlanta, U.S.A.;

Lee D.N., *A theory of visual control of braking based on information about time to collision Perception*, 1976;

Mitler M.M., Miller J.C., Lipsitz J.J., Walsh J.K., Wylie C.D., *The sleep of long-haul truck drivers*. New England, J.Med, 1997;

Panerai F.1, Droulez J.1, Kelada J-M.2 , Kemeny A.2,1, Balligand E.3, Favre B.4, *Speed and safety distance control in truck driving: comparison of simulation and real-world environment*, DSC2001 Sophia Antipolis, September 2001; 1CNRS/Collège de France, Paris, 2RENAULT Research Department, Driving Simulation and Virtual Reality Technocentre Renault Guyancourt Cedex, 3RENAULT V.I. Complete Vehicle Department 99, Saint-Priest Cedex, 4RENAULT V.I. Research Department 99, Saint-Priest Cedex, France;

Peters B., *The advanced driving simulators at VTI as tools in driver training. technology development driven by applied research issues and requirements*, Humanist TFG Madrid WS, April 2006;

Philip P.1, Taillard J.2, Klein E.3, Sagaspe P.4, Charles A.5, Davies W.L.6, Guilleminault C.7, Bioulac B.8 *Effect of fatigue on performance measured by a driving simulator in automobile drivers* Clinique du sommeil, CHU Pellegrin, 33076 Bordeaux, France; 2Laboratoire de psychologie EA 526, Université Bordeaux, France; 3Stowood Scientific Instruments, Royal Oak Cottage, Beckley, Oxford, UK; 4Stanford University Sleep Disorders Center, Stanford, USA4, 2002;

Oregon Department of Transportation, *Guidelines for the Operation of Variable Message Signs on State Highways*, Highway division Traffic Management Section, 2005;

Raath A.D., Van Waveren C.C., *A time domain approach to load reconstruction for durability testing*, Department of Mechanical and Aeronautical Engineering, University of Pretoria, Pretoria, Republic of South Africa, 1998;

Rämä P., Schirokoff A., Luoma J., *Practice and deployment of variable message signs (VMS) in Viking countries – potential for Harmonization*, Finra internal reports 34/2004, Tiehallinto Helsinki, 2004;

Rämä P., *Effects of weather-controlled variable message signing on driver behaviour*, Technical Research Centre of Finland, VTT Buildings and Transport ESPOO, VTT Publications 447, 2001;

Ranzo A., Cantisani G., *Prestazioni dei dispositivi segnaletici e sicurezza della circolazione stradale*, Centro Studi 3M Sicurezza Stradale, Quaderni Tecnico Scientifici 2002;

Zhang Y. 1, 2, Shen Q.1, Chen X.1, *Motion Response of System with a Changing Platform and Moving Loads in Ocean Wave*, Proceedings of ICMEM2005 International Conference on Mechanical Engineering and Mechanics, 1Engineering Institute of Engineering Crops, PLA University of Science and Technology, Nanjing, 2The Second Engineers Scientific Research Institute of the General Armaments Department, Beijing, China, 2005;

Wang J.H., Collyer E. C., Yang C.M., *Enhancing Driving Safety through Proper Message design on Variable Message Signs*, Prepared for University of Rhode Island Transportation Centre, 2005;

Warner H.D., Serfoss G.L., Baruch T.M., Hubbard D.C., *Flight simulator induced sickness and visual displays evaluation*, Final Technical Report, Armstrong Laboratory, Air Force Material Command, 1993.

Warren P., Radu M., Transit New Zealand, *Psycholinguistic investigation of Variable Message Signs design*, 2003;

MEMORIE SULLO STUDIO DELLA PERCEZIONE VISIVA E AFFATICAMENTO

Barcenilla, J., Tijus, C., *Compréhension et évaluation de pictogrammes: effets du contexte*. *Psychologie Française* 47 (1), 55–64, 2002;

Cain, A., Burris, M., *Investigation of the use of mobile phones while driving*. Center for Urban Transportation Research, 1999;

Camilli, M., Nicchia, R., Terenzi, M. and Di Nocera F., *Development of A Simple Tool for Examining Fixations*, Fifth Symposium on Human-Computer Interaction, June 28-30, University of Padua, Department of General Psychology, 2007;

Chapman, P., & Underwood, G. *Does time slow down in a car crash? Danger, time perception and speed estimates*. To appear in G. Underwood (Ed.), *Traffic and Transport Psychology*. Oxford: Elsevier, 2005;

Chun, M., *Scene perception and memory* *Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory*, 42, 79 – 108, 2003;

Czeisler, C.A., *Lecture on fatigue*, *Fatigue Symp. Proc.*. Tyson Corners, VA: Nat. Transportation Safety Board and NASA Ames Res. Center, 1995;

Daniel, J., Fabry, R. and Fickova, E., *Changes in activation level during circadian rhythm in shift workers*, *Studia Psychologica*, 27, pp. 211-217, 1985;

Dingus, T.A., Neale, V.L., Garness, S.A., Hanowski, R.J., Keisler et al., *Impact of sleeper berth usage on driver fatigue*: Final project report, Contract

No. DTFH61-96- 00068. U.S. Department of Transportation, Federal Motor Carriers Safety Administration, Washington, DC, 2002;

Esteban A., Traba A., Prieto J., *Eyelid movements in health and disease. The supranuclear impairment of the palpebral motility* Service of Clinical Neurophysiology, Hospital General Universitario “Gregorio Marañón”, c/ Dr. Esquerdo, 46, 28007 Madrid, Spain Neurophysiologie Clinique, 2004;

Feyer A.M., Williamson A.M., *The influence of operational conditions on driver fatigue in the long distance road transport industry in Australia*, National Institute of Occupational Health and a Safety, Sydney Australia, International Journal Ergonomics 15 (1995) 229-235;

Hanowski R.J., Hickman J., Fumero M.C., Olson R.L., Dingus T.A., *The sleep of commercial vehicle under 2003 hours-of-service regulations*, Center for Truck and Bus safety, Virginia Tech Institute, Blacksburg, Virginia, 2007;

Huska-Chiroussel, V., *Le guidage dans les transports: intérêts d'une information figurative*. Doctoral Thesis, Université Lumière-Lyon, 2000;

Jacobs, R.J. and Cole, B.L. *Acquisition of information from alphanumeric road signs*. Proceedings of the 9th Australian Road Research Conference, 1978, Brisbane, 9(5), pp. 390-395 (Australian Road Research Board: Melbourne), 1979;

Jacobs, R.J., Johnston, A.W. and Cole, B.L. *The visibility of alphabetic and symbolic traffic signs*. Australian Road Research 5(7), 68-86, 1975;

Lal, S.K.L. and Criag, A., *Driver fatigue: Electroencephalography and psychological assessment*, Psychophysiology, 39, 313-321, 2002;

Lauer, A.R., McMonagle, J.C., *Do road signs affect accidents?*, Traffic Quarterly 3, 322–329, 1955;

Lewis I., Watson B., White K.M., *An examination of message relevant affect in road safety messages. Should road safety advertisement aim to make us feel good or bad?*, Transportation and Research Part F, 11 (2008) 403 – 417, 2008;

Long J., Hall R., *Readability of information road signs: A preliminary study*, 2000;

Logan, G.D., *Toward an instance theory of automatization*, 1998,

Miura, T. *From eye to mind. Information acquisition in perception. Search, and reading.* It. Groner and G. d'Ydewalle and It. Parham, ch. Active function of eye movement and useful field of view in a realistic setting, 119-127, 1990.

Mitler M.M., Miller J.C., Lipsitz J.J., Walsh J.K., Wylie C.D., "The sleep of long-haul truck drivers. New England, J.Med, 1997

Moray, N., *Designing for transportation safety in the light of perception, attention, and mental models.* Ergonomics 33~ 1201-1213, 1990;

Pasini S., *Instruments I would not like in my car;* World Congress in Rochester, MI, 23 – 25 June 2005;

Pasini S., *The imperfect speedometer: are white instruments any good? The point of view of an ophthalmologist;* World Congress in Rochester, MI, 23 – 25 June 2005;

Philip P.^a, Sagaspe P.^b, Moorec N.^c, Taillard J.^d, Charles a., *Fatigue, sleep restriction and driving performance,* ^aClinique du Sommeil, CHU Pellegrin, Place Amelie Raba Leon, 33076 Bordeaux Cedex, France;^b Laboratoire de Psychologie, EA 3662, Universit'e Bordeaux II, 33076 Bordeaux Cedex, France;^c Departement de Pharmacologie, Universit'e Bordeaux II, 33076 Bordeaux Cedex, France;^dSleep Research Center, Stanford Medical School, Stanford, CA, USA, 2003;

Redelmeier D.A., Tibshirani R.J., *Car phones and car crashes: some popular misconceptions,* May [Canadian Medical Association](#), 2001;

Sodhi M.,* Reimer B., Cohen J. L., Vastenburger E, Kaars R, *On-Road Driver Eye Movement Tracking Using Head-Mounted Devices,* University of Rhode Island, Kingston Hogeschool Van Amsterdam, Holland; S. Kirschenbaum Naval Undersea Warfare Lab, Newport, 2002;

Stark L., Ellis S.,*Eye Movements: Cognition and Visual Perception.* DF. Fisher et al., Erlbaum, ch. Scanpaths revisited: cognitive models direct active looking, 193-226.Szlichecinski, K.P., 1980. The syntax of pictorial instructions. In: Kolers, P.A., Wrolstad, M.E., Bouma, H. (Eds.), *Processing of Visible Language*, vol. 2. Plenum Press, New York London, pp. 113–124, 1981;

Wierwille, W., *Visual and manual demands of in-car controls and displays*, in *Automotive Ergonomics*. B. Peacock and W. Karwowski, Taylor and Francis, ch., 299-320, 1993;

Wierwille, W., Tijerina, L., *Modelling the relationship between driver in-vehicle visual demands and accident occurrence* *Vision in Vehicles*, VI. AG. Gale and ID. Brown and CM. Haslegrave and SP. Taylor, Elsevier, ch., 233-244, 1998;

Williamson, A.M., Feyer, A.-M., Coumarelos, C. and Jenkins, A., *Strategies to combat fatigue in the long distance road transport industry*. Stage 1: The industry perspective. Report No. CR 108, Federal Office of Road Safety, Canberra, 1992;

Williams, L. *Tunnel vision or general interference cognitive load and attentional bias are both important*. *American Journal of Psychology* 101, 171-191, 1988.

MEMORIE SU ANALISI STATISTICHE-MATEMATICHE E DEL LINGUAGGIO

Balbi S., *Lo studio dei messaggi pubblicitari con l'analisi dei dati testuali*, Dipartimento di Matematica e Statistica, Università di Napoli Federico II;

Balbi S.1, Misuraca M., *Pesi e metriche nell'analisi dei dati testuali*, Quaderni di Statistica, Vol.7, 2005;

Balbi S., Giordano G., *Un'analisi dei dati testuali con informazioni esterne: la definizione di "qualità"*, JADT 2000: 5th Journées Internationales d'Analyse Statistique des Données Textuelles, 2000;

Benzécri J.P., *L'analyse des Données*, Tome I: La Taxinomie, Tome II: Correspondances", Paris, 1973;

Bolasco S., *L'analisi statistica dei dati testuali: intrecci problematiche e prospettive*, Giornata di Studio su Applicazioni di Analisi Testuale Roma, 2003;

Bolasco S., *Statistica testuale e text mining: alcuni paradigmi applicativi*, Quaderni di Statistica, Vol.7, 2005;

Bolasco S., *Analisi multidimensionale dei dati. Metodi, strategie e criteri di interpretazione*, 1999;

Brownie, C., Boos, D.D. & Hughes-Oliver, J. *Modifying the t and ANOVA F tests when treatment is expected to increase variability relative to controls*, Biometrics, 46, 259-266, 1990;

Camiz S., Pages J., *Analyse factorielle multiple de donnees mixtes : application a la comparaison de deux codages*, Revue MODULAD, 2008;

Camiz S., Pages J., *Application de l'analyse factorielle multiple pour le traitement de caractères en échelle dans les enquêtes*, Colloque francophone sur les sondages Dipartimento di Matematica, Università di Roma La Sapienza, 6Laboratoire de Mathématiques Appliquées, Rennes cedex France, 2005;

Carlsson C., Fedrizzi M., Fuller R., *Fuzzy Logic in Management*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2004;

Cintula P., Hájek P., *Triangular norm based predicate fuzzy logics*, Institute of Computer Science, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, 2010;

Glaser, W., *Picture naming*. Cognition 42, 61–105, 1992;

Greenacre M.J., *Theory and applications of correspondance analysis*, New York, Academic Press, 1966;

Gupta M.M., Yamakawa T., *Fuzzy Computing – Theory, Hardware and Applications* Elsevier – North Holland, 1988;

Hildebrand, David K., R. Lyman Ott, and J. Brian Gray. *Basic statistical ideas for managers*, 2nd ed. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole, 2005;

Hintzman D.L. *Schema abstraction in a multiple – trace model*, 1986;

Ji, Q., Lan, P. and Looney, C. *A Probabilistic Framework for Modeling and Real-Time Monitoring Human Fatigue*, IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetics A, 36, 746-754, 2006;

Kasuya E., *Mann-Whitney U test when variances are unequal*, Animal Behaviour, 61, 1247-1249. Doi:10.1006/anbe.2001.1691, 2001;

Kaufmann A., Gupta M.M., *Fuzzy mathematical models in engineering and management science*, Elsevier – North Holland, 1991;

Lebart L., Morineau A., Piron M., *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Paris, Dunod, 1995;

- Luciani D., *Logica Fuzzy: storia e sue applicazioni*, Rel. Tondini D., Tesi di Laurea in Statistica, Università degli Studi di Teramo, A.A. 2005-2006
- Meunier, J.G., *La structure générique des systèmes sémiotiques*, Recherches Sémiotiques 8, 29–75, 1988;
- Moser, B.K., Stevens, G.R. *Homogeneity of variance in the two sample means test*, American Statistician, 46, 19-21, 1992;
- Moser, B.K., Stevens, G.R. & Watts, C.L. *The two sample t test versus Satterthwaite an approximate F test*. Communication in Statistics: Theory and Methods, 29, 67-78, 1989;
- Nenadic O., Greenacre M., *Computation of Multiple Correspondence Analysis, with code in R*, 2005;
- Neuhauser M., *Two sample tests when variances are unequal*, Animal Behaviour 2002, 63, 823-825, 2001;
- Ogenstag, S., *The use of generalized tests in medical research*, Journal of Biopharmaceutical Statistics, 8, 497-508, 1998;
- Olson, D.R., *Language and thought: aspects of a cognitive theory of semantics*. Psychological Review 77, 257–273, 1970;
- Myoung P.H., *Comparing Group Means: T-test and One-way ANOVA Using Stata, SAS, an SPSS*, The trustees of Indiana University, 2008;
- Pincemin B., *Sémantique interprétative et analyses automatiques de textes: que deviennent les sèmes?*, Paris, 1999;
- Rabino G.A., Scarlatti F., *Statistiche testuali, mappe concettuali, reti Bayesiane: due applicazioni nell'ambito della valutazione del paesaggio*, Lavoro presentato al VII Convegno Naz. Della A.I.V. (Associazione Italiana di Valutazione), La rete e l'arcipelago: viaggio tra le pratiche della valutazione italiana, Milano 25-27 Marzo 2004 – Univ. Milano, Fac. Scienze Politiche, Dipartimento di Architettura e Pianificazione, Politecnico di Milano, 2004;
- Recart, M., and Nunes, L. *Effects of verbal and spatial-imagery tasks on eye fixations while driving*. Journal of Experimental Psychology: Applied 6, 1, 31-43, 2000;
- Richard, J.F., *Logique du fonctionnement et logique de l'utilisation. Rapport de recherche*, INRIA, n_202, 1982;

Singer, J., *A simple procedure to compute the sample size needed to compare two independent groups when the population variances are unequal*, Statistics in Medicine, 20, 1089-1095, 2001;

Singh J., *Linguaggio e Cibernetica. Teoria dell'informazione* EST Mondadori, Nozioni generali sulla teoria delle informazioni, 1976

Sawilowsky S.S., *Fermat, Schubert, Einstein and Behrendis-Fisher: The probable Difference between two means when $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$* , Journal of Modern Applied Statistical Methods, Vol. I, No 2, 461 – 472, 2002.

Steinbach M., Karypis G., Kumar V., *A comparison of Document Clustering Technique*, Department of Computer Science and Engineering, University of Minnesota, 1970;

Tryon, R. C. e Bailey, D. E., *Cluster Analysis*, Mac Graw Hill, 1970.

Zadeh L.A., *"Fuzzy algorithms" Information and Control, vol 12, pp 94-102, 1968* Xu W., Liu X., Xu T., 2005 *"A Case Study for Fuzzy Decision Making"* IFSA International Fuzzy Systems Association World Congress July 2005, Beijing, China, 2005.

TESI DI LAUREA E DI DOTTORATO

Biasuzzi K., *Studio dell'efficacia degli interventi di ingegneria della sicurezza nella riqualificazione di infrastrutture stradali*, Università degli Studi di Bologna, Tesi di dottorato di ricerca in Ingegneria dei Trasporti, 2005;

Carta M.G., *Le modalità di invio e la percezione dell'utente: un'analisi sui pannelli a messaggio variabile*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Cagliari, 2005;

D'Errico G., *L'analisi dei "fattori umani": progetto e realizzazione di un simulatore fisico di gru portainer* Tesi di Dottorato, 2009;

Galante F., *Analisi di soluzioni per la sicurezza stradale con l'ausilio di un simulatore di guida*, Tesi di Dottorato in Ingegneria dei Sistemi Idraulici di Trasporto e Territoriali, Università degli Studi di Napoli, 2008;

Luciani D., *Logica Fuzzy: storia e sue applicazioni*, Università degli Studi di Teramo, Laurea in Statistica, Tesi di laurea 2006;

Spilla R., Tecniche numeriche di studio della sicurezza stradale: il caso della provincia di Bologna, Università degli Studi di Bologna, Tesi di Dottorato di Ricerca in Ingegneria dei Trasporti, Anno 2009;

Stabellini A., *SPADT Software per l'analisi dei dati testuali*, Diploma di Statistica, Progetto Campus, Università di Roma La Sapienza, 2000.

SITI INTERNET

http://www.ariworld.com/simulation/driving_road_driving_sim_1.asp;

<http://www.a-s.l.com>;

<http://www.autosim.no/>;

http://it.bau-portal.com/angebote/_hafenmaschinen.php;

http://www.cisr.gwu.edu/lab_truck.html;

<http://www.cvsferrari.com/>;

<http://www.dartadvantage.com/simulator.htm>;

<http://www.dekra-akademie.de/>;

http://www.drfoerst.de/e_bus.htm/;

<http://www.drillingsystems.com/>;

http://www.drillingsystems.com/products/92_Tug_Driving;

www.drivesafety.com/

http://www.eco-drive.ch/go.cfm?corsi_al_simulatore;

<http://www.ecs.umass.edu/hpl/equipment.htm>;

http://www.experts.renault.com/kemeny/projects/dynamic_truck_simulator/accueil.html;

http://www.faros.com/anglais/auto/fiches_produit/fiche%20eftruckgb.htm;

<http://www.frasca.com/>;

<http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/>;

<http://www.globalsim.com/>;

http://www.gruppo-amoruso.it/AMORUSO_ita/amoruso.asp#;

<http://www.imse.hku.hk/intellisyslab/research.htm>;

<http://www.imx-ideas.com/>;

<http://www.isense.com/>;

Bibliografia

http://itim.unige.it/sitranet/ppt/novara_specifiche/sld001.htm;
<http://www.globalsim.com/>;
<http://www.kalmarind.com/show.php?id=1020801>;
<http://www.liophant.org/cocodris/>;
<http://www.man.it/it/it.jsp>;
<http://www.moog.com/media/1/moogfcsautotestmast-pb.pdf>;
<http://www.mpri.com/driver/index.html>;
<http://www.nads-sc.uiowa.edu/>;
<http://www.noehumanist.org/news.php>;
<http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-12/nads/NADS.htm>;
<http://www.patentstorm.us/patents/5711670/fulltext.html>;
<http://www.pista-asc.it/contatti.php>;
<http://www.pti.psu.edu/>;
<http://www.scanner2.com/php/index.php>;
<http://www.scotsim.co.uk/>;
<http://www.simcreator.com/>;
<http://www.shipanalytics.com/STS/markiii.asp>;
<http://www.simulatortraining.fi/>;
http://www.stefanopasini.it/Oculistica_index.htm;
http://www.systemstech.com/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,31/Itemid,72/;
<http://www.terberg.nl/>;
<http://www.thalesonline.com/>;
<http://www.trainall-eu.org/>;
<http://www.trasportoeuropa.it/modules.php?name=News&file=article&sid=825>;
<http://www.truevision3d.com/404.html>;
<http://www.trl.co.uk/content/main.asp?pid=70>;
<http://www.viragesimulation.com/en/home.html>;
<http://www.vss.psu.edu/vsrc.htm>;
<http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?IA=WO1996021497&DISPLAY=DESC>;
<http://www.5dt.com/products/pdrivertraining.html>;