MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI

SISTEMI DI INFORMAZIONE ALL'UTENZA

LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE

Documento approvato dalla Commissione di studio per le norme relative ai materiali stradali e progettazione, costruzione e manutenzione strade del CNR

ISPETTORATO GENERALE PER LA CIRCOLAZIONE E LA SICUREZZA STRADALE

Gruppo di lavoro

Vito Mauro
Dipartimento di Automatica e Sistemistica
Politecnico di Torino

Giulio Erberto Cantarella
Dipartimento di Ingegneria Civile
Università degli Studi di Salerno

INDICE

INTRODUZIONE 1

1. DEFINIZIONE E CONOSCENZE DI BASE 3

1.1. Informazione e esperienza degli utenti 5

1.2. Informazione e controllo del traffico 8

2. SISTEMI DI INFORMAZIONE ALL'UTENZA 12

2.1. Descrizione generale delle funzioni 13

2.2. Funzioni di sistema 19

3. LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI INFORMAZIONE ALL'UTENZA 20

3.1. Oggetto della progettazione 20

3.2. La definizione del contesto e della missione del sistema 21

3.3. La definizione dei requisiti di sistema 21

3.4. La definizione delle specifiche architetturali 34

3.5. La valutazione dei sistemi di informazione 51

APPENDICE A. CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI INFORMAZIONE 58

APPENDICE B. UN INSIEME DI REGOLE PER MESSAGGI TESTUALI SUI PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE 61

APPENDICE C. ROBUSTEZZA DEI SISTEMI D'INFORMAZIONE RISPETTO AI GUASTI 65

INTRODUZIONE

Le presenti linee guida si propongono quale strumento di orientamento per la progettazione di sistemi di informazione agli utenti di un sistema di trasporto stradale sulle condizioni di traffico.

Tali sistemi hanno un'importanza che cresce in parallelo con la domanda servita dalla reti di trasporto, in quanto una corretta informazione corrisponde a:

- *maggior comfort*, quindi maggior soddisfazione dell'utente, soprattutto in condizioni congestionate o perturbate
- *maggior efficienza* della rete di trasporto, meglio utilizzata
- *maggior sicurezza* complessiva, come prodotto delle migliorate condizioni di guida e della maggior efficienza della rete.

In una accezione storica, rientrano nella categoria "sistemi di informazione" i sistemi costituiti da strumentazione connessa all'infrastruttura viaria, capaci di trasferire informazioni sulla rete stradale e le sue caratteristiche (*segnaletica fissa*); negli ultimi anni, a questi si sono aggiunti strumenti, quali i pannelli a messaggio variabile (*segnaletica variabile*), capaci di fornire *informazioni dinamiche non differenziate per utente durante il viaggio* (in itinere). Questi primi sistemi sono, nell'accezione del nostro Codice della Strada, inclusi nella categoria "segnaletica stradale"; inoltre, i mezzi per la segnaletica fissa sono diffusamente descritti e trattati nelle leggi e nei regolamenti. Più tardi, sono stati aggiunti nella stessa categoria i sistemi capaci di fornire *informazioni non differenziate per utente prima del viaggio* o *durante le soste*: chioschi o apparati a disposizione dell'utente (come il televideo), comunque adatti a trasferire informazioni a carattere generale, da cui l'utente può trarre elementi utili. Oggi, si stanno aggiungendo, grazie alle tecnologie dell'informazione e della comunicazione, tutti i canali e sistemi ad accesso individuale (Internet, Personal Traveller Assistant, Navigazione assistita), che permettono di fornire *informazioni differenziate per utente*. Inoltre, il progresso delle telecomunicazioni permette di distribuire molto più facilmente l'informazione durante il viaggio (ad esempio tramite il recente servizio RDS/TMC); questa informazione è, di per sé, indifferenziata ma, con l'aiuto di sistemi d'utente può essere specializzata per le sue esigenze. Si sono, insomma, moltiplicate le possibilità di fornire informazione, e si sono aggiunte nuove modalità.

È possibile fornire una descrizione comune per questi tre tipi di sistemi di informazione, che risultano ciascuno composto da tre parti, ben individuabili:

- una parte che provvede al monitoraggio della rete di traffico e della domanda,
- una parte che provvede a generare l'informazione necessaria per le varie funzioni che il sistema vuole espletare, controllandone la correttezza
- una parte che provvede a trasferire l'informazione agli utenti, adattandola alle loro specifiche esigenze.

Le tre categorie di sistemi di informazione differiscono, in realtà, solo nella parte che provvede al trasferimento dell'informazione e, molto limitatamente e quasi incidentalmente, nella parte che genera l'informazione. Inoltre, le funzioni che i tre tipi di sistemi esplicano sono largamente complementari e dovranno, in un futuro abbastanza prossimo, essere convenientemente integrate in modo da non generare confusioni o difficoltà per l'utente esposto a più sistemi. Infine, le

funzioni di generazione dell'informazione seguono regole comuni, indipendenti dal mezzo utilizzato per la diffusione: a questo livello, un discorso unificato è certamente possibile. Le differenze diventano invece sostanziali quando si guarda alle regole di interazione con l'utente e alle tecnologie per la visualizzazione delle informazioni. In questo campo, un approccio unificato è impossibile.

Inoltre, appare chiaro che l'interesse del progettista si concentra su due aspetti: la progettazione funzionale dei servizi di informazione e la progettazione completa dei soli sistemi che forniscono informazioni non differenziate per utente e sono legati all'infrastruttura (segnaletica variabile). Infatti, tanto i terminali di utente che i metodi di comunicazione per i sistemi individuali sono determinati dalle esigenze e dalle scelte di mercati di largo consumo, indipendentemente dalle esigenze del traffico. Pertanto, in questo rapporto si descrive un approccio unificato (per quanto possibile) alla progettazione funzionale dei servizi di informazione, analizzando poi la progettazione di sistema solo per i sistemi che impiegano come terminali i Pannelli a Messaggio Variabile.

La classificazione di sistemi d'informazione sopra adottata richiama in qualche misura la loro evoluzione storica; in Appendice A sono proposte alcune ulteriori possibili classificazioni di sistemi d'informazione.

1. DEFINIZIONE E CONOSCENZE DI BASE

I sistemi di informazione all'utenza rivestono notevole importanza e presentano rilevanti effetti sulla mobilità, poiché agiscono influenzando le decisioni dell'utente. Pertanto è bene analizzare, sia pure in breve, un modello schematico dei comportamenti dell'utente; essi possono essere descritti secondo lo schema di fig.1

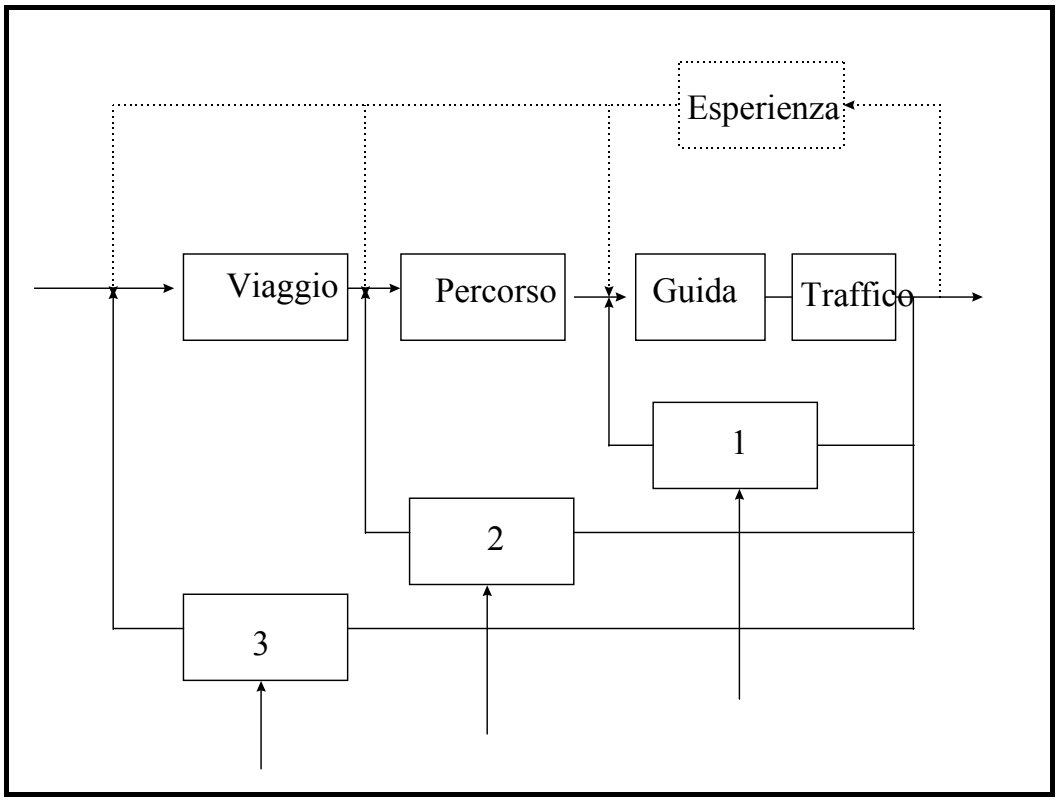

Fig. 1 modello schematico dei comportamenti dell'utente

Secondo questo schema, ogni utente decide le modalità del viaggio in tre passi successivi:

- sceglie se effettuare o no il viaggio, il modo e l'ora di partenza (blocco indicato con "viaggio");
- in seguito, anche a viaggio già iniziato, sceglie o modifica il percorso del viaggio (modello di decisione rappresentato dal blocco "percorso");
- durante il viaggio, determina i propri comportamenti immediati (modello indicato dal blocco "guida").

Al termine della catena, il sistema traffico determina la condizione dinamica del deflusso, in termini di velocità, tempi di attesa, etc., come conseguenza dei comportamenti individuali e delle loro interazioni con l'infrastruttura.

I quattro blocchi principali rappresentati in figura dovrebbero, a loro volta, essere ulteriormente dettagliati. A titolo di esempio, si deve notare almeno che il sistema indicato semplicisticamente come "traffico" ha, in realtà, complessità

tale da non poter essere descritto in modo sommario; analogamente, il blocco indicato come "guida", data la sua importanza per la sicurezza del traffico, è oggetto di studi specifici. Tuttavia, per gli scopi delle presenti linee guida, lo schema semplificato della fig.1 è largamente sufficiente.

Nello schema, l'ingresso ad ognuno di questi blocchi è fornito da tre elementi complementari, che possono essere descritti, sommariamente, come:

- la volontà (o la necessità, o la decisione precedente) dell'utente (la freccia che proviene dal blocco precedente);
- la percezione autonoma dell'utente sulle condizioni globali del traffico, derivata dalla propria esperienza (la freccia tratteggiata);
- le indicazioni ottenute dai vari sistemi e servizi di informazione sul traffico (i blocchi 1-2-3 in figura), che, a loro volta, si basano sia su dati noti a priori - struttura della rete, lavori in corso o simili - che sulla situazione reale del traffico - congestioni, incidenti, tempi di viaggio.

Lo schema, pur molto semplificato, permette di trarre alcune indicazioni preliminari, che saranno molto importanti nel seguito.

Differenza degli orizzonti delle diverse decisioni. Le diverse decisioni dell'utente hanno differenti orizzonti spazio-temporali. Ai due estremi: la decisione sul viaggio richiede una visione, sia pur sommaria, del viaggio intero. mentre le decisioni sulla guida richiedono una visione - molto dettagliata - dell'ambiente che circonda il veicolo e delle conseguenze a breve termine delle scelte "tattiche". Nello stesso tempo, i tempi per le decisioni si abbreviano man mano che si procede nella catena: gli anelli più interni devono essere molto più rapidi di quelli esterni. Allo schema sequenziale adottato per le decisioni corrisponde quindi un analogo schema gerarchico per il controllo e per l'informazione: passando dalla *guida* al *viaggio* i tempi si allungano, l'informazione diventa meno dettagliata, con orizzonte più ampio e più completa (l'informazione sul viaggio contiene, se pure in modo più astratto, anche l'informazione sui percorsi possibili e sul traffico). Queste considerazioni diventano tanto più importanti quanto più, come nel caso della guida di un veicolo, diventa necessario evitare di sovraccaricare l'utente con compiti troppo gravosi: sarà quindi necessario trasferire solo l'informazione utile nei vari momenti di decisione.

Natura di contro-reazione dell'informazione agli utenti. Il sistema complessivo è assimilabile ad un sistema di controllo, in cui i blocchi "informazione" agiscono, almeno parzialmente, in contro-reazione (fornendo indicazioni basate anche sulla situazione reale e dinamica del traffico). Fornendo informazioni sullo stato reale o atteso del sistema di traffico si esercita, in realtà un'azione di controllo. Questo aspetto richiede un esame specifico, in quanto può portare a importanti effetti indesiderati, di scarsa *efficienza globale*, in genere legata a problemi di instabilità o a confitti tra gi obiettivi dei vari sistemi di controllo e informazione.

Natura di contro-reazione dell'esperienza degli utenti. Indipendentemente dai sistemi/servizi di informazione, è evidente un anello di contro-reazione intrinseco (*l'esperienza dell'utente*), che, quando esiste, è la sorgente primaria

delle decisioni (non tragga in inganno il tratteggio usato in figura, che sembrerebbe voler sminuire l'importanza di questo fattore). L'esperienza dell'utente ha, come effetto principale, quello di diminuire o distorcere l'effetto dei sistemi di informazione, in tutti i casi i cui c'è contrasto tra le due sorgenti di informazione, e cioè tra l'esperienza personale e l'informazione esterna. Inoltre, è molto importante considerare la capacità dell'utente di trarre lezioni dalla propria esperienza dopo aver seguito le indicazioni di un sistema di informazione (un sistema che fornisce indicazioni che non risultano vantaggiose diventa rapidamente poco credibile).

Elaborazione gerarchica delle informazioni. Tutte le azioni di informazione indicate nello schema hanno due sorgenti, di cui una deriva da conoscenze a priori sulla rete, l'altra dalla situazione in tempo reale. Ad entrambe le sorgenti deve essere associata un'opportuna azione di *monitoraggio*, capace di rilevare i dati, interpretarli e tradurli in informazioni coerenti e tempestive. Poiché, come si è visto sopra, le informazioni ammettono una caratterizzazione gerarchica, un approccio integrato al monitoraggio, quando possibile, risulta certamente molto utile. In un tale approccio, le informazioni sullo stato del traffico sono ottenute al livello più dettagliato possibile (normalmente secondo le necessità dei sistemi di controllo dei veicoli e del traffico) e sono utilizzate in cascata dai vari servizi, che provvedono a trasformarle secondo il livello di astrazione necessario.

Opportunità dell'integrazione tra operatori diversi. L'utente è normalmente interessato ad un intero viaggio, che normalmente copre aree o strade che cadono sotto la responsabilità di diversi operatori e gestori. Inoltre, anche le alternative di percorso coinvolgono spesso diversi operatori (ad esempio, la scelta tra due percorsi autostradali, da farsi mentre si è nell'area coperta da un gestore, può dipendere da situazioni che si verificano in zone gestite da altri; la scelta di una uscita autostradale per una destinazione dipende dalla situazione della rete stradale esterna). L'informazione quindi, quando possibile, dovrebbe essere tempestiva e completo rispetto al viaggio dell'utente. Ciò comporta che gli operatori delle varie parti di infrastruttura siano in grado:

- di scambiarsi i dati e le informazioni;
- di fornire informazioni sulle situazioni - rilevanti - che si verificano all'esterno della propria area di responsabilità.

1.1. Informazione e esperienza degli utenti

Lo schema di figura 1, con alcune ipotesi aggiuntive, può essere interpretato secondo un principio ben noto nella pianificazione dei trasporti. Si supponga infatti che: i) non siano presenti i sistemi di informazione, ii) tutti gli utenti potenziali di una rete abbiano esigenze di spostamento che si ripetono costanti nel tempo (ad esempio, ogni giorno) e possano - ancora ogni giorno - scambiarsi le proprie esperienze personali, iii) gli utenti scelgano i percorsi a loro più convenienti, secondo un criterio comune - ad esempio il tempo di viaggio, iv) le caratteristiche delle infrastrutture rimangano inalterate.

E' facile convincersi che, in questo caso, l'insieme degli schemi di figura 1 - uno per ciascun utente, tra loro connessi tramite i blocchi "esperienza" - ha un

unico punto di convergenza, in cui ciascun utente utilizza il sistema in modo da determinare tempi uguali e minimi sui percorsi utilizzati. Questa condizione, e la relativa configurazione dei flussi sugli archi della rete delle infrastrutture, è nota nella Teoria dei Sistemi di Trasporto come “equilibrio dei comportamenti (deterministici) degli utenti”.

In un ambiente del genere, i sistemi di informazione sarebbero poco utili: l'equilibrio essendo l'unico punto di convergenza degli schemi, non sarebbe influenzato dalla presenza di ulteriori blocchi di contro-reazione. Anche se la situazione ipotizzata è alquanto astratta, consente di trarre una conclusione rilevante: se si accetta l'ipotesi che gli utenti siano in grado di assumere le proprie informazioni (sia pur lentamente, con difficoltà e con qualche incertezza), la presenza di sistemi di informazione non può modificare la configurazione di equilibrio degli utenti (a domanda e offerta costanti) per quanto attiene tanto al modo, al tempo di viaggio e al percorso, definiti quindi dagli obiettivi d'utente.

Dalle considerazioni precedenti discendono almeno tre conseguenze:

i) l'impossibilità dei gestori delle reti di traffico di utilizzare l'informazione per modificare la configurazione di equilibrio degli utenti per ottimizzare propri obiettivi;
ii) l'opportunità di orientare ogni (eventuale) servizio di informazione agli obiettivi dell'utente o, meglio, tener conto nel progetto di ogni servizio di informazione, che l'utente, a lungo termine, utilizzerà solo le informazioni consistenti con i propri obiettivi;
iii) la possibilità di lasciare al mercato, quando ciò convenga, l'esercizio dei servizi di informazione, senza doversi occupare troppo degli obiettivi finali (in quanto l'unico obiettivo valido a lungo termine è la soddisfazione degli utenti).

Tuttavia, alcune delle ipotesi in base della situazione descritta non sono realistiche. Infatti, gli utenti non sono in grado di assumere le informazioni complete, neppure a lungo termine; l'offerta di trasporto non rimane costante, neppure nel breve termine e altrettanto accade per la domanda; vi sono infine percentuali non trascurabili di utenti occasionali. Più in generale, l’ipotesi di comportamento deterministico può risultare irrealistica per simulare la dispersione dei comportamenti e gli errori di percezione degli utenti.

Si noti, inoltre, che i cicli di retroazione possono modificare la velocità dell’evoluzione nel tempo dello stato del sistema, ed eventualmente la stabilità della configurazione di equilibrio. Pertanto l’apparente inutilità dei servizi di informazione non può essere estesa a condizioni reali: al contrario, essi diventano un componente necessario, se non il principale, di ciò che, in precedenza, si era chiamato "esperienza".

D’altro canto, se gli utenti non fossero in grado di assumere informazioni tempestive (su una realtà che cambia continuamente) se non attraverso un servizio di informazione, quest'ultimo potrebbe certamente modificarne a piacere le scelte. Appena però si considera l'inevitabile (e conveniente) molteplicità delle sorgenti di informazione, insieme alla necessità - nel caso dei trasporti - di offrire anche informazioni di base, facilmente verificabili, ci si rende conto che il caso appena accennato è certamente irrealistico.

In realtà, la presenza di (differenti) servizi di informazione, combinata con l'esperienza degli utenti, permette di tendere più rapidamente allo schema teorico alla base dell'equilibrio; infatti i servizi di informazione permettono all'utente di aumentare con facilità e in tempo breve la propria conoscenza delle caratteristiche della domanda e dell'offerta e, di conseguenza, permettono di avvicinarsi alla configurazione di equilibrio anche in condizioni perturbate, con domanda formata prevalentemente da utenti abituali.

Nel caso in cui la domanda abbia una notevole componente di utenti occasionali, che non hanno esperienza passata di viaggio nella rete (o nella porzione di rete interessata) e non utilizzano il viaggio per accumulare esperienza, verificando anche l'utilità dell'informazione ricevuta, l'informazione potrebbe essere diretta ad un obiettivo diverso dalla soddisfazione dell'utente. In questo caso, d'altronde, possono prevalere, per l'utente, criteri di comfort e di facilità del percorso rispetto ai normali criteri di costo e/o tempo minimo. Si può quindi pensare di orientare i servizi di informazione al raggiungimento di obiettivi di sistema, in reti soggette prevalentemente a traffici occasionali (nelle aree turistiche, ad esempio, o in occasioni particolari), rinunciando esplicitamente, in questi casi, a influenzare il comportamento dell''utente abituale.

In conclusione, quindi, si può affermare un importante principio: che i sistemi e i servizi di informazione non possono che tendere, in condizioni di domanda ripetitiva, al raggiungimento e al mantenimento delle condizioni di equilibrio. Un progetto fatto in base ad obiettivi diversi porterebbe, di norma, ad uno spreco di risorse, in quanto gli utenti ignorerebbero i suggerimenti. D'altronde, il mantenimento dell'equilibrio è certamente di vantaggio sia per gli utenti che per i gestori del sistema di trasporto; in questo modo, infatti, si riduce la possibilità di fenomeni occasionali di saturazione locale.

È opportuno notare che le condizioni di equilibrio (con comportamento deterministico) possono presentare alcune controindicazioni. E' noto, infatti, che gli utenti "perfettamente informati" tendono ad usare tutte le alternative a loro disposizione, ivi compresi i tratti delle reti che non sono stati progettati per traffici importanti. Questo fenomeno, in condizioni normali, non produce danni in quanto coinvolge solo gli utenti "locali", gli unici in grado di scegliere le alternative sulle reti di basso livello. In presenza di servizi di informazione efficienti, con una forte percentuale di utenti "perfettamente informati", si può temere uno spostamento importante del traffico verso strade non adatte, con risultati negativi per la sicurezza e per l'ambiente. Il fenomeno è ancor più importante in reti con percorsi primari fortemente congestionati: una informazione continua sulla rete primaria, in assenza di un corrispondente monitoraggio della situazione sulla rete alternativa - come facilmente può accadere - rischia di dirottare i flussi in modo non controllato e dannoso per tutti, compresi gli utenti. Possono, inoltre, generarsi oscillazioni della configurazione dei flussi corrispondenti ad una instabilità della configurazione di equilibrio.

Gli effetti di queste circostanze possono essere limitati:

- simulandoli tanto in fase di progettazione dei sistemi di informazione che

durante le operazioni e considerando comunque gli effetti di rete;
- limitando eventuali suggerimenti di percorso alle reti adatte a sopportare i conseguenti livelli di traffico (e ottenendo un simile rispetto da eventuali operatori privati di servizi di informazione);
- scoraggiando comunque il traffico sulle reti di basso livello o in zone sensibili con provvedimenti di dissuasione, tali da limitarne l'attrattività (limitazioni di accesso, dissuasori fisici e simili).

Da queste considerazioni segue un secondo principio, che attiene alla responsabilità dei gestori di reti di traffico ed è parallelo al primo principio enunciato sopra. I gestori, quando realizzano sistemi di informazione a larga diffusione o, ancor più, quando permettono a terzi di distribuire informazioni, debbono tenere conto delle possibili conseguenze negative e – quando queste siano importanti – devono limitarle, o con appositi contratti con i fornitori di servizio, o adeguando la rete.

Si noti, infine, che la preoccupazione implicita nel secondo principio appena enunciato è tutt'altro che irrilevante o banale e ha motivato alcuni regolamenti europei sui servizi d'instradamento dinamico (si veda l'esempio delle regole inglesi per le licenze ai servizi dinamici).

Occorre infine considerare un ulteriore elemento, e cioè che i sistemi d'informazione possono anche essere utilizzati per *pubblicizzare alternative nascoste* e destinate a rimanere tali, senza entrare a far parte dell'esperienza dell'utente. Le considerazioni precedenti valgono, infatti, completamente solo per le alternative che l'utente conosce o che è portato spontaneamente a tentare. Praticamente tutti i percorsi stradali rientrano in questa categoria: l'utente che utilizza l'auto, per effettuare ripetutamente un viaggio, è portato - se non soddisfatto dalle alternative che già usa - a tentare le nuove. Non rientrano, invece, in questa categoria le alternative che hanno a che vedere con i modi di trasporto alternativi: per rimanere al traffico stradale, le alternative di park-and-ride. Vista la situazione del traffico e l'evidente interesse dei gestori ad aiutare l'utente ad un utilizzo efficiente di tutte le alternative, e la generica opportunità di spostamento verso i modi di trasporto collettivo, i sistemi d'informazione di questa natura, con particolare riferimento ai sistemi di indirizzamento ai parcheggi, assumono particolare rilevanza. Per questi non vale il discorso precedente: essi sono, infatti, in grado, almeno in teoria, di modificare la configurazione d'equilibrio tra domanda e offerta, alla pari di qualunque azione promozionale - perché fanno emergere alternative interessanti che, in caso contrario, rimarrebbero nascoste o poco evidenti.

1.2. Informazione e controllo del traffico

Come si è visto nella discussione sullo schema di fig.1, un sistema d'informazione, se è utilizzato dagli utenti, esercita un'azione di controllo sul sistema complessivo. L'azione sarà tanto più incisiva quanto più alta la percentuale degli utenti interessati e il grado d'efficacia dell'informazione. Non è sempre detto che gli utenti seguano le indicazioni fornite - per vari motivi, legati

sia all'effettiva ricezione e comprensione dell'informazione, sia alla sua qualità percepita e alla credibilità, sia, infine, all'utilità percepita; ne segue che l'efficacia del controllo realizzato attraverso l'informazione è, in alcuni casi, limitata. Poiché, però, ci si occuperà nel seguito delle regole per aumentare - appunto - l'impatto dell'informazione, è bene considerare i problemi che essa può creare nel caso – oggi relativamente teorico, ma di possibile ampia rilevanza in presenza di servizi d'informazione efficaci - d'ampio utilizzo da parte degli utenti.

I problemi noti nella bibliografia sono legati alle caratteristiche del sistema mobilità, e in particolare alla *dinamica dei fenomeni* e all'*interazione tra informazione e gestione*.

Nella *dinamica del fenomeno traffico* interviene, inevitabilmente, un ritardo tra l'azione d'informazione e i suoi effetti sulla rete. Si pensi, per semplicità, ad un caso solo: l'informazione necessaria per la scelta dinamica dei percorsi, in una rete di traffico, per utenti già in viaggio. Come "azione di controllo" può essere considerato, in questo caso, ogni suggerimento di percorso o ogni informazione sullo stato del traffico a valle, data ad un nodo della rete. Essa ha, ad ogni intervallo di tempo, l'effetto immediato di modificare le scelte naturali degli utenti che arrivano al nodo; il suo effetto sulla rete si otterrà solo dopo che un consistente numero di utenti abbia deciso e abbia effettuato un tratto importante del percorso a valle. Di conseguenza, l'informazione sulla situazione "in tempo reale" data a chi sta entrando in un tratto di una rete, può non essere rilevante, in quanto non corrisponde alla situazione che troverà nel percorso.

In secondo luogo, in reti di trasporto fortemente congestionate - quali, in genere, le reti per cui è interessante applicare i servizi di informazione - l'equilibrio è in generale ottenuto dalla ripartizione della domanda su diverse alternative, e uno squilibrio anche piccolo può peggiorare di molto la situazione complessiva.

Le due caratteristiche, prese insieme, rendono delicato il problema del suggerimento dinamico dei percorsi alla totalità degli utenti e, soprattutto, rendono instabili e dannose le soluzioni semplici. Ad esempio, si è dimostrato che la semplice indicazione agli utenti del percorso per loro migliore ("il percorso più breve"), basato sui tempi di percorso osservati in un intervallo di tempo (per forza di cose precedente al suggerimento) è efficiente solo se gli utenti seguono l'informazione in piccola percentuale, mentre diventa addirittura dannosa se un'elevata percentuale degli utenti segue le indicazioni.

In conclusione, e tornando al caso generale, è quindi necessario seguire due regole base:

- le informazioni fornite devono essere predittive - devono cioè tenere conto dell'orizzonte temporale e spaziale cui l'utente le riferirà (es. un "tempo di percorso" dovrà essere la previsione del tempo che impiegherà l'utente, una segnalazione di congestione dovrà essere data agli utenti che probabilmente la incontreranno, un'indicazione sui posti liberi di parcheggio dovrà riferirsi al momento in cui l'utente arriverà al parcheggio...);
- i suggerimenti forniti - di percorso, velocità, ecc. - dovranno essere tali da portare ad una situazione controllata e consistente con le informazioni date.

E' abbastanza evidente che l'applicazione delle due regole enunciate è complessa: sarà necessario modellare (oltre che il sistema traffico e la domanda) anche le reazioni degli utenti e tarare informazioni e suggerimenti sulla catena completa – traffico – informazione - reazione dell'utente – traffico. Ad oggi, ben pochi sistemi e servizi vengono progettati secondo le due regole (e quindi, secondo la trattazione precedente, hanno scarsa efficacia). Si noti infine che le due regole hanno due aspetti complementari: mentre la prima attiene alla dinamica dell'informazione (e quindi, per essere attuata, necessita di modelli dinamici del fenomeno), per la seconda può essere sufficiente verificare, in fase di progetto, il punto di equilibrio in presenza dei servizi di informazione.

I sistemi di informazione interagiscono con i sistemi di controllo e gestione del traffico in modo inevitabile, in quanto entrambi hanno come oggetto finale il sistema traffico. Normalmente, essi hanno obiettivi diversi; mentre, infatti, i sistemi di informazione assumono il punto di vista dell'utente (e, come si è visto sopra, generalmente portano le reti verso la configurazione di equilibrio), i sistemi di controllo e gestione si pongono obiettivi che sono legati al sistema complessivo (quali la massimizzazione della capacità di tratti di rete o la minimizzazione dei tempi complessivi).

L'inconsistenza degli obiettivi può produrre, in alcuni casi particolari, inconvenienti anche gravi ma è molto difficile, se non impossibile da eliminare. In ultima analisi, infatti, i sistemi di informazione non fanno altro che aiutare l'utente individuale a far meglio ciò che naturalmente vorrebbe fare: l'inconsistenza degli obiettivi è quindi un fatto del tutto naturale e quasi inevitabile. È opportuno, invece, tenere conto dell'interazione in modo esplicito e modellarne le conseguenze, in modo da evitare effetti negativi in fase di progettazione degli interventi. Queste considerazioni sono particolarmente rilevanti in presenza di sistemi di controllo adattativi, in sistemi congestionati, in cui, in particolari situazioni e su rami specifici della rete, occorrerà determinare gli obiettivi del controllo tenendo conto dell'interazione con i sistemi di informazione. A titolo di esempio, si consideri il caso, già presentato, dei percorsi alternativi non voluti, che potrebbero invece essere favoriti dai sistemi di informazione: per non attrarre traffico, sarà necessario limitare le capacità di ottimizzazione di eventuali sistemi di controllo su tali percorsi. Inoltre, occorrerà comunque prevedere, in fase di progetto, un'interazione tra i sistemi di informazione e controllo, in modo che possano almeno scambiarsi le informazioni sul loro funzionamento.

Come indicazione generale in fase di progetto dei sistemi, sarà, inoltre, necessario tenere conto che la presenza di sistemi di informazioni potrà rendere la domanda di mobilità molto reattiva al livello di servizio del sistema di trasporto (condizioni di traffico della rete). Di conseguenza, si dovrà studiare il comportamento dei sistemi di controllo con l'utilizzo di modelli di simulazione a domanda elastica.

I sistemi di informazione e controllo dovranno poi operare con forme di cooperazione, a diversi livelli. In particolare, dati i costi e le difficoltà nel reperire i dati necessari a qualificare lo stato del traffico, è generalmente bene utilizzare al meglio tutte le informazioni disponibili (*cooperazione nel monitoraggio*). Fino ad oggi, la sorgente principale di informazione capillare sono stati i sensori

utilizzati per i sistemi di controllo. Con la prevista penetrazione sul mercato di servizi di informazione individuali e di sistemi sui veicoli, si otterranno altre sorgenti di dati. In entrambi gli scenari, sarà particolarmente importante che dati e informazioni siano scambiate tra i vari sistemi e servizi - oggi prevalentemente dai sistemi di controllo verso i sistemi di informazione, domani in entrambi i sensi.

Inoltre, pur avendo obiettivi separati, i due tipi di sistemi, di controllo e di informazione, operano sullo stesso sistema di trasporto, pertanto, per evitare inconsistenze e inefficienze, è necessario che le operazioni siano coordinate (*cooperazione nel raggiungimento degli obiettivi*). Ciò può avvenire in diversi modi, tra i quali ne vanno considerati almeno due:

- i sistemi di controllo operano tenendo conto della presenza di sistemi di informazione (e quindi della reattività della domanda) e, quando adottano particolari politiche, lo comunicano ai sistemi/servizi di informazione, in modo che questi possano adattare i modelli di previsione (es. un sistema di controllo che cambia modalità di funzionamento, in modo da modificare i tempi di percorso, lo comunica tempestivamente ai servizi di informazione);
- i sistemi cooperano nello stabilire, in modo dinamico, un punto di funzionamento possibile per la rete, come incontro tra domanda di mobilità e livello di servizio offerto. Entrambi poi utilizzano quel punto di funzionamento: i sistemi di informazione come base per le informazioni agli utenti, i sistemi di controllo come obiettivo della loro azione.

2. SISTEMI DI INFORMAZIONE ALL'UTENZA

Un sistema di informazione fa riferimento, idealmente, ad un sistema di trasporto e ai suoi utenti. In alcuni casi, i confini sono molto evidenti; si pensi, per esempio, ad un sistema destinato a comunicare se vi sono posti disponibili in un parcheggio agli utenti che già sono all'ingresso del parcheggio stesso. Il contesto è limitato e semplice:

- il servizio di trasporto su cui si forniscono informazioni è ben definito;
- il gestore interessato è unico;
- gli utenti sono ben caratterizzati dal loro interesse al servizio specifico;
- la copertura territoriale del servizio di informazione coincide con la copertura del servizio di trasporto.

Nel seguito si definisce un servizio di questo genere come un servizio *chiuso*, volendo porre in evidenza come esso posa essere svolto "all'interno" di un servizio di trasporto, come corollario del rapporto di servizio che intercorre tra il gestore e l'utente. Altri esempi possono riguardare le informazioni alle fermate di una linea di trasporto pubblico, le informazioni sul traffico di una concessionaria autostradale, ecc. Si noti come l'ultima caratteristica citata (la copertura) che è relativa ad un aspetto fisico del servizio (dove è data l'informazione), sia, in realtà, poco influente. Nulla cambierebbe, nella nostra definizione, se le informazioni fossero fornite - ad esempio - via telefono a tutti gli utenti che ne fanno richiesta.

In molti casi reali, il servizio di informazione non si realizza all'interno di un servizio di trasporto. Per convincersene, basta estendere di poco i tre esempi riportati sopra: se le informazioni sul parcheggio - o quelle sugli arrivi di un mezzo pubblico - sono offerte nell'ambito di un servizio di un park-and-ride, oppure se le informazioni sul traffico riguardano tratti gestiti da più concessionarie, il contesto si complica, per diversi motivi:

- le informazioni si riferiscono a servizi di trasporto diversi (in alcuni casi multimodali);
- sono coinvolti più gestori;
- gli utenti esposti al servizio di informazioni possono essere interessati a diversi servizi di trasporto.

Un servizio di questo genere è definito come *integrato*.

E' evidente, come il discorso più interessante si rivolga ai servizi "integrati", se non altro perché sono quelli che meglio ricoprono le esigenze dell'utente (che è interessato al proprio viaggio, e non ai confini - funzionali o territoriali che siano - dei vari servizi di trasporto).

Si noti, infine, come la realtà stessa imponga una maggior attenzione ai servizi "integrati" per almeno due classi di motivi. Da un lato, infatti, la frammentazione dei servizi di trasporto è destinata ad aumentare, a causa delle politiche di decentramento e di liberalizzazione. D'altro canto, il mercato dei servizi di informazione impone l'integrazione dei servizi "dal lato dell'utente", per aumentarne la fruibilità.

Per quanto riguarda il contesto, la differenza tra i due tipi di servizio è evidente. Nei servizi chiusi, è ben definito il servizio di trasporto cui si fa

riferimento, c'è un unico gestore responsabile (del servizio di trasporto e del servizio di informazione), gli utenti dei due servizi coincidono. Nei servizi integrati, diventa difficile - e in alcuni casi impossibile - limitare in modo preciso il contesto; sono coinvolti diversi servizi (anche in un continuum, come nel caso della rete autostradale), diversi gestori e diverse classi di utenti.

2.1. Descrizione generale delle funzioni

Per una più semplice comprensione, inizieremo dal considerare i sistemi chiusi. Per essi, le funzioni possono essere rappresentate mediante tre blocchi in cascata, come da fig.2.1.

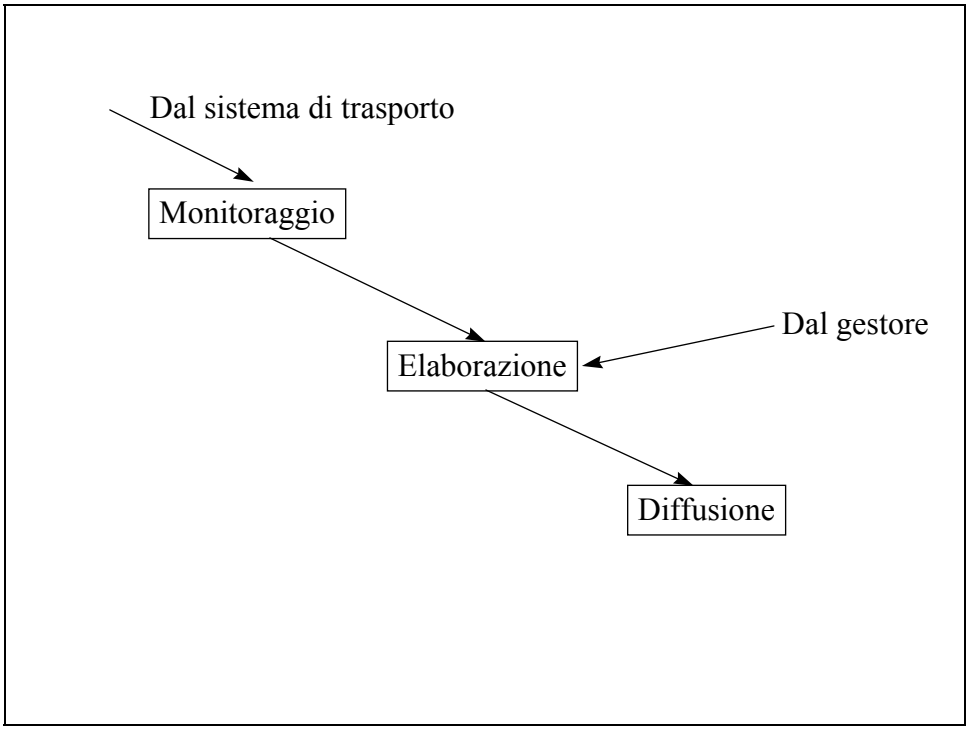

Figura 2.1 - Un sistema chiuso

Le funzioni indicate in fig.2.1, nelle applicazioni pratiche, si suddividono ulteriormente in blocchi intermedi, al cui natura è legata all'applicazione specifica. Da un punto di vista generale, si può affermare che le due funzioni Monitoraggio e Elaborazione si possono suddividere almeno in

Monitoraggio

rilevamento dati (traffico, meteo,..);
ricostruzione/stima dello stato del traffico;
ricostruzione/stima dello stato dell'infrastruttura;
rilevamento di anomalie del traffico (incidenti/congestioni);
rilevamento di anomalie dell'infrastruttura e dei sistemi (guasti);
ricostruzione/stima della domanda;

Elaborazione

previsione dell'evoluzione dello stato;
decisione su strategie di informazione;

analisi delle conseguenze;
elaborazione del contenuto di dettaglio dell'informazione (messaggi).

Una descrizione funzionale, molto generale, dei servizi integrati non differisce molto, in apparenza, dalla precedente.

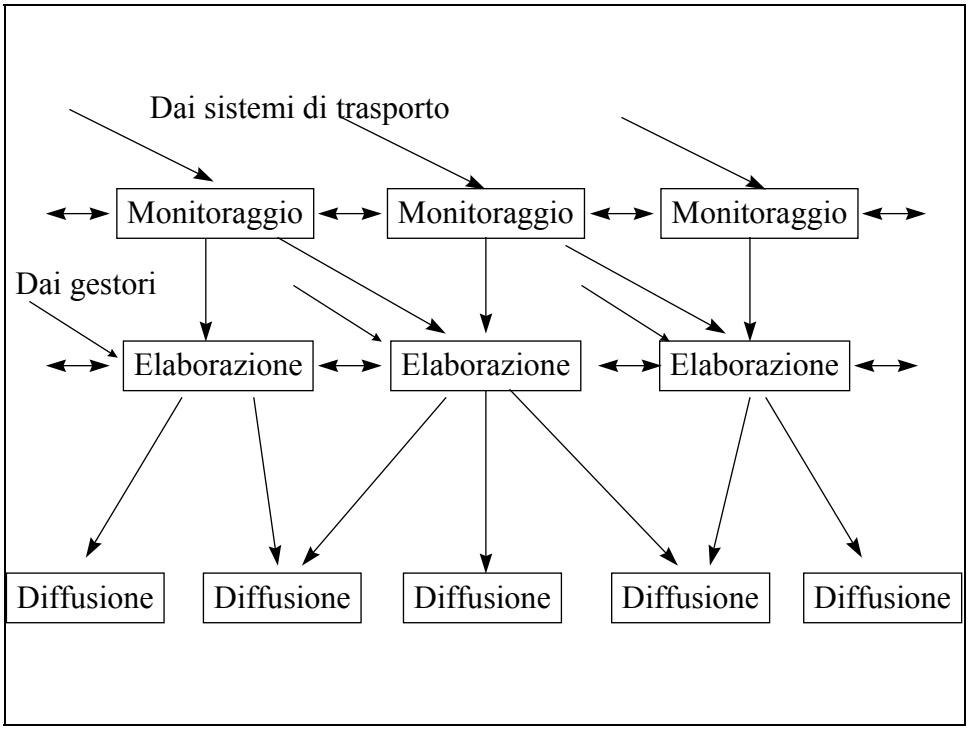

Figura 2.2 Servizi integrati

La fig.2.2 non può, in realtà, rappresentare in modo accurato i servizi integrati ; essi infatti non si prestano, per loro natura, ad una descrizione semplice. Lo schema mette comunque in evidenza alcuni principi architetturali che, in fase di progetto, devono essere trattati in modo esplicito. Essi riguardano :

l'autonomia del singolo gestore. Lo schema evidenzia funzioni separate (una per ogni gestore) di monitoraggio (e, rispettivamente di elaborazione e di diffusione). Ciò per mettere in evidenza che qualunque schema integrato si basa su capacità autonome del singolo gestore nelle tre fasi.

diversi livelli di integrazione. Nello schema sono rappresentate diverse opportunità.

- A livello di monitoraggio, ciascun gestore può essere aiutato da dati o informazioni provenienti dai gestori collegati. Questo principio (definito come *cooperazione nel monitoraggio*, può essere particolarmente importante in caso di servizi che agiscono sulla stessa infrastruttura - ad esempio il traffico e il trasporto pubblico urbano - per i quali uno scambio dati a livello elementare può migliorare di molto l'efficienza del monitoraggio - nel caso citato, si pensi all'importanza che il dato

sui tempi di viaggio del trasporto pubblico può rivestire per la stima di congestioni del traffico)

- Tra monitoraggio e elaborazione. Ciascun gestore può usufruire di dati provenienti dai gestori interagenti per l'elaborazione delle proprie strategie. Questo principio è relativamente ovvio (si pensi a situazioni di traffico su reti territorialmente contigue) ; la sua applicazione richiede che i rapporti di cooperazione tra gestori siano chiari e condivisi.
- A livello di elaborazione, alcune decisioni possono trarre beneficio dal coordinamento tra gestori ; in casi estremi, sono rese possibili solo dal coordinamento stretto tra gestori (due casi possono chiarire l'assunto : la priorità semaforica al trasporto pubblico in aree urbane e il controllo coordinato di reti di traffico congestionate e fortemente interagenti - reti composte da tangenziali autostradali e strade urbane ; in entrambi i casi, le decisioni possono essere realizzate solo in stretto coordinamento). L'applicazione di questo principio (cooperazione nel controllo) richiede, ancor più del precedente, l'esistenza di accordi espliciti tra i vari gestori.
- La diffusione multipla. Le informazioni generate da ciascun gestore possono essere diffuse attraverso diversi canali, tra i quali sono da comprendere almeno i) i canali propri dei servizi chiusi, che hanno così maggior informazione a disposizione ii) canali generalisti che diffondono informazione proveniente da diversi gestori.

Dai vari schemi appare, in conclusione, che sono oggetto della progettazione sia le funzioni elencate negli schemi precedenti, che le modalità di integrazione per sistemi integrati; infine, anche nel caso in cui il servizio sia definito e progettato, almeno inizialmente, come servizio chiuso, sarà opportuno prevedere, in modo esplicito, le opportune tecniche di integrazione.

2.1.1. Monitoraggio

La funzione di monitoraggio dovrà contenere descrizione specifica per ciascuna sottofunzione

rilevamento dati (traffico, trasporto, meteo,..) Descrive le modalità con cui i dati sono rilevati. Si compone di due parti : la descrizione dell'insieme dei dati rilevati, con le loro caratteristiche individuali, e la descrizione delle tecniche di rilevamento. La seconda parte può non essere necessaria, quando i dati siano ottenuti da sistemi diversi (ad esempio quando i dati siano ottenuti da sistemi di controllo o gestione). In ogni caso è importante che, tra le caratteristiche dei dati, siano incluse le caratteristiche riguardanti la qualità e la disponibilità.

ricostruzione/stima dello stato del traffico. E' la sottofunzione che provvede a trasformare i dati di traffico in informazioni riguardanti lo stato del traffico. Il suo contenuto dipende dall'applicazione e dall'ambiente applicativo. Il progetto di questa sottofunzione deve includere anche la descrizione delle tecniche che permettono di ovviare a mancanze parziali di dati elementari.

ricostruzione/stima dello stato dell'infrastruttura E' la sottofunzione che permette di ricavare, dai dati rilevati o da comunicazioni ricevute dagli enti di gestione, alcune informazioni circa la situazione (attuale prevista) dell'infrastruttura. Tra le informazioni importanti, vanno citate almeno a) le informazioni che riguardano lavori in corso, restringimenti o menomazioni temporanee dell'infrastruttura, limitazioni di ogni genere al traffico e b) le informazioni che derivano dalla situazione meteorologica - pioggia pesante, neve, ghiaccio, nebbia, vento - in quanto possono pregiudicare la sicurezza di tratti della rete e l'efficienza globale. Il progetto dovrà descrivere, al livello di dettaglio, l'intera catena organizzativa che provvede all'acquisizione e al mantenimento di tali informazioni, sia che esse vengano raccolte in modo manuale, sia che esse vengano parzialmente raccolte in modo automatico.

rilevamento di anomalie del traffico (incidenti/congestioni) Questa sottofunzione provvede a rilevare, in modo automatico o assistito, la presenza di condizioni anomale di traffico. E' importante che il progetto specifichi, tramite opportuni indicatori, i livelli di qualità e affidabilità di questa sottofunzione.

*rilevamento di anomalie dell'infrastruttura e dei siste*mi (guasti). Questa sottofunzione esegue la diagnosi continua delle varie componenti del sistema di informazione, per determinarne eventuali guasti. Poiché si tratta di un sistema destinato ad offrire agli utenti informazioni da essi verificabili, la presenza e l'efficacia di questa sottofunzione sono di estrema importanza per il risultato complessivo.

ricostruzione/stima della domanda. Questa sottofunzione provvede ad analizzare dati e informazioni per ricostruire la domanda di trasporto o di traffico. Essa è necessaria solo per alcune tipologie di servizio, quando cioè si voglia essere in grado di prevedere la situazione della rete a distanza di tempo, anche in situazioni di domanda e di offerta fortemente variabile. In molti sistemi e servizi, questa sottofunzione è assente oppure è contenuta, in modo implicito, nelle funzioni di elaborazione.

2.1.2. Elaborazione

previsione dell'evoluzione dello stato. Questa sottofunzione provvede ad eseguire la previsione dell'evoluzione dello stato sull'orizzonte temporale necessario al servizio di informazione. Le tecniche utilizzabili per realizzare questa funzione sono molto diverse tra loro, anche in dipendenza del tipo di servizio che si vuole realizzare. Nella letteratura e negli esempi realizzativi sono citate a) tecniche basate sulla simulazione - a partire dallo stato attuale e dalla stima della domanda b) tecniche basate su modelli di assegnazione c) tecniche di filtraggio/previsione basate su modelli evolutivi ("entro il giorno" o "giorno dopo giorno", d) tecniche di filtraggio/previsione basate sull'analisi delle serie storiche. In molti casi, la soluzione realizzativa nasce dalla combinazione di diverse tecniche elementari. Occorre ancora notare, in riferimento a questa sottofunzione, che la previsione deve tenere conto, in

modo esplicito, dell'effetto dell'informazione diffusa agli utenti e dell'effetto di eventuali sistemi di controllo e gestione che agiscano sulla stessa rete.

supporto alle decisioni e analisi delle conseguenze (responsabilità editoriale). Questa sottofunzione provvede a generare il contenuto logico dell'informazione da diffondere. Essa è presente in tutti i casi e assume particolare importanza nei casi in cui il servizio contenga suggerimenti agli utenti (come, ma non esclusivamente, nel caso dei servizi di aiuto alla scelta del percorso in itinere). Anche in questo caso le tecniche realizzative possono essere diverse : si possono citare almeno due diverse strategie. Nella prima, che è forse la più diffusa, le decisioni sul contenuto informativo verranno prese, nel funzionamento "in linea" del sistema, in base a scenari precostituiti. Nella seconda, il contenuto informativo viene deciso "in catena chiusa" in base allo stato, come per un sistema di controllo. Le due strategie trovano applicazione preferita a seconda della complessità della rete (per reti semplici è più facile definire a priori l'insieme degli scenari di azione), del tipo di evento a cui si vuole far fronte (ancora, eventi ricorrenti e noti rendono più evidenti gli scenari di azione) e delle tecniche di diffusione (se la diffusione avviene esclusivamente con Pannelli a Messaggio Variabile la strategia basata su scenari è più consigliabile, visto il limitato contenuto di informazione di un pannello). Nella progettazione di questi strumenti di supporto alle decisioni è importante tenere conto di due fattori : il livello di responsabilità affidato al gestore (rispetto agli automatismi di sistema) e l'efficacia sul sistema finale, tenuto conto dei possibili problemi di instabilità che un servizio di informazione può generare. Per quanto riguarda il livello di intervento umano, che ha a che vedere anche con la *responsabilità editoriale* dell'informazione da diffondere, premesso che a questa responsabilità deve essere sempre associata una precisa funzione organizzativa, da un punto di vista pratico si possono catalogare i servizi in tre classi diverse : i) servizi in cui la decisione sull'informazione da trasferire è completamente lasciata all'operatore umano, ii) servizi in cui gli automatismi generano l'informazione, che, per essere diffusa deve essere accettata dall'operatore, iii) servizi in cui gli automatismi generano l'informazione, la cui diffusione può essere bloccata dall'operatore. Nella scelta tra queste strategie devono essere considerati vari fattori, tra cui molto importanti sono lo scopo del servizio e la quantità di informazione prevista. Per scopi di sicurezza del traffico, in cui sono importanti tempestività e continuità, così come per servizi destinati a trasferire una grande massa di informazioni (come, a titolo di esempio, il servizio RDS/TMC) è necessario affidarsi ai sistemi automatici, lasciando comunque all'operatore la possibilità di intervenire per eccezione.

elaborazione del contenuto di dettaglio dell'informazione (messaggi). Questa sottofunzione provvede a generare i messaggi che raggiungeranno l'utente e che meglio sono in grado di trasferire all'utente il contenuto dell'informazione. Questa sottofunzione terrà conto della natura fisica del supporto per la diffusione dell'informazione e della distribuzione topologica degli strumenti di diffusione.

2.1.3 Diffusione

La funzione di diffusione dell'informazione provvede a distribuire all'utente, secondo i canali disponibili, l'informazione generata dalla funzione di elaborazione. Il progetto dei vari componenti della funzione di diffusione è legato alla tipologia dei mezzi di diffusione scelti, alla natura della rete di trasporto e di traffico e alla architettura fisica che viene scelta per il sistema, ed è quindi difficilmente descrivibile in modo generale. Inoltre, lo scopo di questo paragrafo è volutamente limitato, come si è già detto, al caso dei Pannelli a Messaggio Variabile. Si può comunque affermare che, nella funzione di diffusione, sono almeno presenti tre sottofunzioni, la comunicazione, l'estrazione e la rappresentazione.

Comunicazione. Questa sottofunzione provvede a distribuire l'informazione tra i vari elementi del sistema. In termini progettuali sarà necessario individuare sia i canali di comunicazione da utilizzare, che i metodi per garantire l'efficacia e l'operabilità del sistema di comunicazione (inclusi i protocolli di comunicazione da utilizzare). E' particolarmente importante, in fase progettuale, garantire che le tecniche di comunicazione utilizzate permettano una diagnosi dei guasti delle apparecchiature periferiche e del sistema di comunicazione stesso.

Estrazione Questa sottofunzione provvede ad estrarre - da un insieme vasto di messaggi - il sottoinsieme rilevante al momento per uno specifico mezzo di informazione (ad esempio, per uno specifico pannello). Esiste infatti una diversa priorità tra i vari messaggi che dipende anche dalla localizzazione e dallo scopo del singolo pannello. Un sistema di informazione su una rete complessa può infatti generare, nel suo funzionamento normale, una notevole quantità di messaggi di informazione, relativi, ad esempio, a diverse località della rete, a diversi fenomeni che possono interessare - separatamente - sicurezza, confort ed efficienza. La definizione esplicita della strategia di scelta tra i vari messaggi per i singoli mezzi di diffusione (per i singoli pannelli) è parte del progetto. La funzione di estrazione risponde anche ad un altro scopo : provvede anche a scegliere l'informazione che è utile per uno specifico mezzo, tenendo conto della sua localizzazione nella rete. Questa necessità - molto chiara per sistemi di informazione individuale posti sul veicolo che devono essere in grado di rappresentare solo l'informazione rilevante per l'utente in un preciso momento del suo viaggio - può diventare evidente anche nel caso di un sistema di informazione che riceva informazioni da diverse sorgenti.

Rappresentazione. Questa sottofunzione provvede a rappresentare sul componente finale (il Pannello a Messaggio Variabile) l'informazione diffusa. La rappresentazione tiene conto della struttura fisica del pannello, della disponibilità ad ospitare testo e/o pittogrammi, della priorità tra i vari messaggi diffusi e delle regole definite dalla sottofunzione di estrazione.

2.2. Funzioni di sistema

Oltre alle funzione descritte nei paragrafi precedenti, sono particolarmente importanti per un sistema di informazione alcuni funzioni di sistema, necessarie a garantire che l'informazione raggiunga gli utenti in modo efficace. Si deve infatti tenere conto, come si è già anticipato nei capitoli introduttivi, della necessità di mantenere viva l'attenzione e l'interesse dell'utente verso il sistema stesso e del notevole pregiudizio che un'informazione saltuariamente errata o incompleta, può portare alla confidenza dell'utente e, in ultima analisi, all'efficacia complessiva. Sono quindi necessarie due classi di funzioni, orientate alla diagnosi dei vari componenti (autodiagnosi) e all'aumento di robustezza complessiva (tolleranza ai guasti).

autodiagnosi I componenti rilevanti del sistema, per quanto possibile, dovrebbero essere in grado di effettuare una diagnosi continua del loro funzionamento e del funzionamento dei componenti con cui interagiscono nella catena di diffusione dell'informazione, interagiscono. Lo scopo di questa funzione è duplice : permettere un intervento rapido della manutenzione per riparare il componente guasto e adottare tempestivamente le strategie di tolleranza ai guasti. Nella progettazione le funzioni di autodiagnosi devono essere chiaramente indicate

tolleranza ai guasti. Il rispetto delle regole generali indicate nei capitoli introduttivi richiede che, in caso di guasto o di indisponibilità temporanea dell'informazione, si adottino strategie esplicite per minimizzare gli inconvenienti. Ciò significa che deve essere specificato, in fase di progetto, per ogni funzione o sottofunzione, il suo funzionamento in modo degradato, da attuarsi quando una delle funzioni o sottofunzioni interagenti è diagnosticata come non funzionante. A solo titolo di esempio, si può citare come, ai fini di non fornire informazioni errate all'utente, sia necessario che la funzione di rappresentazione (l'ultima nella catena di diffusione) sia in grado di diagnosticare la mancanza di attività delle funzioni precedenti (estrazione e/o comunicazione) e possieda una strategia chiara ed esplicita da utilizzare come conseguenza (strategia che potrebbe prevedere una rappresentazione neutra oppure un'indicazione di guasto).

Si vuole insistere sull'importanza che viene ad assumere, per un sistema di informazione, un funzionamento privo di guasti; se così non è, gli utenti perdono presto fiducia nel sistema e non utilizzano l'informazione. Nella letteratura si indica come un servizio di informazione rivolto ad utenti abituali (che hanno quindi la possibilità di verificarne il funzionamento) debba avere un livello di servizio (percentuale di tempo in cui è in piena funzionalità, in tutte le sue componenti) nettamente maggiore del 95% per tutta la sua durata di vita.

3. LA PROGETTAZIONE DI UN SISTEMA DI INFORMAZIONE ALL'UTENZA

I sistemi di informazione agli utenti sono, a tutti gli effetti, sistemi destinati ad operare "in tempo reale", rilevando le condizioni della rete di traffico, elaborandole ulteriormente, decidendo quali informazioni trasmettere alle varie categorie di utenti, e diffondendo infine le informazioni. Nel progetto, come si è visto, occorre tenere nel dovuto conto l'effetto dell'informazione (…e della sua eventuale mancanza …e di una sua possibile distorsione) sugli utenti e sulle condizioni di traffico. Infine, occorre considerare la necessità di una continua interazione tra l'operatore e gli automatismi di sistema. Si tratta, insomma, di progettare un sistema dinamico complesso, che è contemporaneamente di gestione e di informazione e che opera in un contesto difficile. La progettazione deve quindi seguire regole precise, in un ambiente strutturato. Nel seguito si indicano alcuni principi base, seguendo uno schema classico della progettazione di sistemi complessi real-time. Non è questo l'unico schema progettuale possibile; il progettista dovrà comunque scegliere in modo esplicito una metodologia strutturata di progettazione e seguirla in tutte le fasi.

A grandi blocchi, si possono distinguere sei fasi principali nell'attività di progettazione:

- la definizione dell'oggetto della progettazione;
- la definizione del contesto e della missione del sistema;
- la definizione dei requisiti di sistema;
- la definizione delle specifiche architetturali;
- la valutazione dei sistemi di informazione.

3.1. Oggetto della progettazione

Nell'introduzione, si è messo in evidenza come, in una classificazione del tutto generale, un qualunque sistema di informazione all'utenza sia scomponibile in tre parti:

- una parte che provvede al monitoraggio della rete di traffico e della domanda (nel seguito: *monitoraggio*);
- una parte che provvede a generare l'informazione necessaria per le varie funzioni che il sistema vuole espletare (nel seguito: *elaborazione*);
- una parte che provvede a trasferire l'informazione agli utenti (nel seguito : *diffusione*).

Si è anche messo in evidenza come, mentre le prime due parti sono - in larga misura - comuni a più sistemi e servizi di informazione, la terza è fortemente differenziata; si è già fatta conseguire, da questa osservazione, la necessità di restringere l'analisi, per quanto riguarda la parte relativa alla *diffusione*, ai soli sistemi basati sui Pannelli a Messaggio Variabile (PMV).

3.2. La definizione del contesto e della missione del sistema

Il *contesto* descrive sia l'ambiente in cui il sistema è destinato ad operare (inclusa la rete di traffico e le sue caratteristiche) sia l'insieme degli attori che interagiscono con il sistema, inclusi tanto quelli destinati a ricevere le informazioni, quanto quelli destinati a operare sul sistema e a generare le informazioni. Il contesto, inoltre, definisce i limiti e le esclusioni del progetto (cosa non viene trattato). La definizione del contesto è particolarmente importante per sistemi destinati ad essere integrati: in questo caso devono essere identificati i sistemi esterni, con i quali le relazioni dovranno essere mantenute.

La *missione* del sistema riguarda le finalità dell'informazione. In alcuni casi, sarà opportuno includere nella missione anche l'indicazione degli obiettivi di massima, sia in termini qualitativi (esempio: sistema dedicato all'aumento della sicurezza, o piuttosto dell'efficienza o del comfort d'utente) sia in termini, sia pur genericamente, quantitativi (esempio: riduzione dei tempi di viaggio dell'ordine di x%).

3.3. La definizione dei requisiti di sistema

La *definizione dei requisiti* di sistema, secondo le tecniche strutturate, deve essere effettuata in modo dettagliato e tabellare, descrivendo in modo separato i singoli elementi. E' questa, forse, una delle parti più importanti del progetto, in quanto indirizza tutte le scelte successive e permette sia di giudicare della completezza del progetto che, al termine, della rispondenza delle specifiche. A questo scopo, i requisiti devono essere descritti in modo che si possa verificare la rispondenza finale del progetto ad ognuno di essi: devono cioè poter essere "tracciati" durante il progetto. La tracciabilità deve essere possibile sia per i requisiti che sono direttamente collegati ad elementi del progetto (per i quali è, ovviamente, facile) sia per quelli che sono di carattere generale e possono toccare più elementi di un progetto Si trovano in letteratura diversi esempi di descrizione completa dei requisiti; per le applicazioni della telematica ai trasporti, una buona fonte di partenza è offerta dai risultati del progetto KAREN, che ha elencato una serie di requisiti a carattere generale, tra i quali il progettista può trarre l'insieme di interesse nel caso particolare, completandolo poi con i requisiti di dettaglio. L'importanza dell'elenco di requisiti proposti da KAREN sta sia nella completezza che nella metodologia utilizzata, che può essere convenientemente estesa. In ogni caso, che si utilizzi la metodologia KAREN o no, resta il principio che è necessario elencare i requisiti di diverso tipo, in modo esaustivo.

Tra le varie categorie, si possono qui elencare almeno:

- i *requisiti funzionali*, che descrivono in modo testuale "che cosa fa il sistema" verso i diversi attori che appaiono nel contesto, senza ancora prefigurare soluzioni tecniche;
- i *requisiti non funzionali*, che descrivono piuttosto "il modo di funzionare atteso" dal sistema. Tra questi, sono di estrema importanza i requisiti relativi alla capacità del sistema di ovviare ai guasti, di garantire un adeguato livello di servizio, ecc.

Occorre inoltre mettere in evidenza come sia di estrema importanza che alcuni requisiti siano espressi in modo quantitativo. Sarà il progettista a scegliere i più importanti; si vuole qui ricordare come debbano essere quantificati, per un sistema di informazione sul traffico, almeno i livelli di servizio attesi e i requisiti di efficacia (utilizzando gli indicatori più appropriati nel caso specifico). Per quanto riguarda i livelli di servizio, in fase di stesura dei requisiti il progettista si limita a utilizzare il punto di vista dell'utente – indicando, ad esempio, i valori limite per i casi di non funzionamento o di funzionamento errato della catena dell'informazione – saranno poi le specifiche che trasformeranno il requisito in una serie di indicazioni progettuali, verificandone la congruità. Per chiarire l'assunto, si consideri il caso di un servizio di informazione sulle previsioni di arrivo dei mezzi pubblici alle fermate, realizzato mediante pannelli apposti alle fermate: i requisiti quantitativi, relativi ai livelli di servizio, potranno indicare la percentuale massima di mezzi per cui un utente in attesa rileva la mancanza dell'informazione e l'informazione palesemente errata (con definizione quantitativa di quest'ultima).

Per quanto riguarda i requisiti di efficacia, essi dovranno essere indicati sia con riferimento all'efficacia diretta del sistema, cioè al numero degli utenti interessati che vengono effettivamente raggiunti dall'informazione in tempo utile; sia all'efficacia globale, cioè agli effetti finali rispetto alla missione (ad esempio, per un sistema orientato alla riduzione di incidenti secondari, dovrebbe essere indicato, durante la fase di stesura dei requisiti, l'obiettivo quantitativo di riduzione di tali incidenti).

Un'ultima considerazione riguarda i requisiti quantitativi: essi devono espressi mediante grandezze (indicatori) che siano misurabili mediante esperimenti sul campo. Qualora questo non sia possibile, il progettista dovrà piuttosto limitarsi ad esprimere i requisiti in termini qualitativi. La misurabilità sul campo degli indicatori ha, ovviamente, a che vedere con la possibilità di stabilire procedure formali di accettazione e di valutazione del sistema che facciano riferimento ai requisiti (per un'analisi delle procedure di valutazione, si veda il successivo paragrafo 3.5).

3.3.1. Requisiti principali richiesti ad un sistema di informazione

I sistemi di informazione possono essere scelti utilizzando sei categorie di requisiti principali:

- robustezza ed affidabilità delle basi di dati;
- capacità di ottenere l'attenzione degli utenti;
- leggibilità e comprensibilità dei messaggi;
- capacità di fornire l'informazione più adatta;
- credibilità ed affidabilità delle informazioni;
- rilevanza e completezza delle informazioni.

Nel seguito sono presentate alcune raccomandazioni generali sulle categorie precedenti, in modo indipendente dal particolare sistema o servizio di informazione e dalla particolare applicazione.

Robustezza ed affidabilità delle basi di dati

I sistemi e i servizi di informazione devono basarsi su sorgenti di dati di qualità adeguata all'informazione da trasmettere.

Questa raccomandazione, pur avendo una validità generale, dovrà essere specificata per i diversi casi. Per poter informare gli utenti su possibili code o incidenti, ad esempio, dovranno essere previsti i necessari sistemi di rilevamento, dotati della precisione e dell'affidabilità necessaria. Più importanti i requisiti qualora si vogliano fornire anche indicazioni sulle lunghezze delle code o sulle durate delle congestioni. In ogni caso, poiché l'informazione sarà sempre fornita sulla base di stime, ne dovrà essere accertato il livello di confidenza.

I sistemi devono essere robusti rispetto ai guasti e rispetto alla possibile scarsa correttezza dei dati di ingresso.

Tutti i componenti dei sistemi devono essere in grado di diagnosticare errori nei vari modelli o nei dati di ingresso. Devono essere effettuati i convenienti test di ipotesi per l'accettazione di ogni informazione, prima di inviarla a destinazione.

I sistemi di informazione devono aver la capacità di effettuare le necessarie previsioni sulla situazione del traffico

L'utente è interessato all'informazione che riguarda il procedere del suo viaggio: lo stato del traffico al momento dell'informazione non è sempre di interesse. Al contrario, le sue decisioni devono basarsi sulle previsioni delle situazioni che incontrerà nel futuro: di qui la necessità che il sistema sia in grado di effettuare queste previsioni. Un'informazione basata solo sulla situazione corrente può produrre instabilità.

I sistemi di informazione devono essere in grado di valutare l'impatto delle strategie di informazione adottate.

Questa raccomandazione si riallaccia alla precedente, perché permette di fornire l'informazione corretta agli utenti e di non creare situazioni anomale.

Capacità di ottenere l'attenzione degli utenti

I sistemi di informazione devono essere in grado di ottenere l'attenzione dell'utente, quando necessario.

Questa raccomandazione ha almeno due aspetti: da un lato deriva dalla necessità che il messaggio informativo raggiunga l'utente ; dall'altro - e implicitamente - considera che non si deve sovraccaricare l'utente con troppa informazione, pena la perdita completa dell'attenzione. Nel caso dell'informazione non differenziata ciò significa che i pannelli a messaggio variabile (PMV) devono distinguersi dalla segnaletica statica (che l'utente abituale tende a trascurare completamente) e devono presentare i segnali di pericolo in forma molto evidente. Inoltre, segnali diretti a categorie particolari di utenti dovrebbero essere preceduti da un segnale anticipato di richiesta di attenzione. Nel caso di informazione individuale, la raccomandazione attiene soprattutto alla necessità di non sovraccaricare l'utente con informazione non utile e, in seconda istanza, a quella di rendere evidente la ricezione di un messaggio.

Leggibilità e comprensibilità dei messaggi

I messaggi devono poter essere letti da un utente che sta guidando senza obbligarlo a distogliere troppo l'attenzione dalla guida.

La raccomandazione ha effetti tanto sulla lunghezza del messaggio che sui mezzi di comunicazione. Nel caso dei PMV, la raccomandazione implica limiti alla lunghezza dei messaggi e dimensioni minime dei caratteri (si veda più avanti per le diverse applicazioni); in alcuni casi (autostrade ad alta velocità), può comportare la ripetizione del messaggio. Nel caso di sistemi individuali, in generale implica la necessità che i messaggi siano realizzati in voce sintetica e siano memorizzati, in modo da poter essere richiamati dall'utente.

I messaggi devono poter essere interpretati dall'utente in modo corretto, anche indipendentemente dalla sua lingua.

Questa raccomandazione comporta l'impiego prevalente di pittogrammi (nei PMV) accompagnati da messaggi di testo molto semplici e quanto più possibile standardizzati; nei sistemi di informazione individuale, richiede che il messaggio sia fornito all'utente nella lingua da lui scelta. In ogni caso, il messaggio deve essere breve (di norma nei PMV, sette parole su due linee).

Capacità di fornire l'informazione più adatta

Le raccomandazioni raggruppate in questo paragrafo attengono alla necessità di trasferire all'utente l'informazione che è adatta a raggiungere lo scopo desiderato. Ovviamente, esse si ricoprono, almeno in parte, con le raccomandazioni circa la leggibilità e la comprensibilità dell'informazione. In tutti questi casi, è comune la necessità di usare un vocabolario minimo e comune, trasmettere la giusta quantità di informazione, ecc. Il problema è particolarmente rilevante quando si vuole dare un contenuto quantitativo e quando si devono usare riferimenti topografici.

Se si comunicano informazioni sullo stato del traffico, si utilizzino solo pochi, ripetuti indicatori.

Si possono usare, ad esempio, quattro soli indicatori quali traffico fluido, denso, congestionato, code. L'uso ripetuto dello stesso indicatore permetterà all'utente di comprendere il significato vero dell'informazione, meglio di quanto farebbe un'informazione apparentemente più precisa, ma troppo analitica.

Se si comunicano informazioni numeriche sulla congestione, ad esempio sul possibile ritardo, si utilizzino pochi livelli, comunque significativi per l'utente (superiori a 5 min. inferiori ad un'ora; in ambito autostradale, ad esempio, quantizzati come 15, 30, 45, 60 min.).

E' bene ricordare, a questo proposito, che i risultati delle ricerche portano a stimare che l'informazione sul ritardo è molto importante per causare una diversione per gli utente e che, per percorsi sufficientemente lunghi:

- meno dell'8% degli utenti cambia percorso per un annuncio di ritardo inferiore ai 5 minuti
- la media cambia percorso per un ritardo di 20 min,
- il 95% cambia percorso per un ritardo di un'ora,
- alcuni (5%) non cambiano comunque percorso inseguito ad annunci di ritardo (inclusi quelli che non credono all'annuncio).

Si tenga conto che questa raccomandazione non riguarda i casi in cui si vuole tenere informato l'utente sul tempo di viaggio per ogni arco, al fine di permettergli di scegliere il percorso migliore, su una rete a lui nota e normalmente soggetta a fenomeni di congestione. In questo caso, l'esperienza mostra come possa essere utile fornire direttamente i tempi di viaggio in minuti per i singoli archi.

Se si suggeriscono percorsi alternativi con PMV, è necessario indicare le destinazioni con un vocabolario unico per tutta la rete e identico a quello usato per i segnali statici. Inoltre, in questo caso non è utile aggiungere troppe informazioni, a meno che non sia possibile farlo con semplici livelli di gravità (codici colore). Per quanto applicabile, la raccomandazione si può utilizzare anche per i sistemi di informazione individuale (almeno per i Pannelli Virtuali)

Dovendo permettere agli utenti di capire se il nuovo suggerimento è rilevante, occorre indicare in modo chiaro e non ambiguo le destinazioni che, attraverso la deviazione, possono essere raggiunte. Ciò invita i guidatori abituali a seguire il messaggio; inoltre, essi troveranno poi indicata la stessa destinazione nei segnali statici successivi. La seconda parte è motivata dal fatto che gli utenti cambiano percorso a causa della percezione di un problema, senza troppe specificazioni.

Credibilità e affidabilità delle informazioni

Eventuali guasti dei sistemi di informazione devono essere previsti nel progetto, e non devono portare a messaggi errati.

La credibilità dell'intero sistema è seriamente danneggiata se gli utenti scoprono messaggi generati da errori di sistema, tali da poter trarre in inganno gli altri utenti. E' in generale meglio segnalare il guasto e/o la mancanza del servizio.

I sistemi di informazione devono essere in grado di adeguare i messaggi di informazione alla qualità e alla precisione dei risultati del monitoraggio.

E' in generale preferibile fornire un’informazione generica ma corretta, piuttosto che un'informazione dettagliata, se quest'ultima rischia di essere imprecisa.

Quando si suggeriscono percorsi alternativi, si badi a che il percorso suggerito porti ad un miglioramento netto per l'utente.

In caso contrario, gli utenti potrebbero smettere di seguire le indicazioni. La raccomandazione si riferisce alla possibile tentazione, già ricordata nell'introduzione, di utilizzare "obiettivi sociali" o "di sistema" per le strategie di informazione. Una regola possibile consiste nel suggerire il nuovo percorso solo se migliora il tempo di viaggio di una data percentuale.

Non si forniscano informazioni ovvie senza utili complementi.

Dire all'utente che si trova in una coda non è particolarmente utile (anche se, per alcuni utenti potrebbe aumentare la confidenza nel sistema, in altri aggiungerebbe inutile stress). È utile aggiungere, ad esempio, informazioni sulla lunghezza della coda e sulla presumibile durata della congestione

Rilevanza e completezza delle informazioni

L'informazione sia generata da modelli di previsione, capaci di decidere quale informazione è rilevante per l'utente (sia in quanto collegato a sistemi di informazione individuale o interessato da un PMV).

In parte questa raccomandazione è già stata data (in particolare sulla necessità di prevedere gli eventi e le situazioni che l'utente incontrerà e di tenere in conto le azioni congiunte dei sistemi di informazione e di controllo). Qui si intende mettere in luce l'importanza - per l'utente - dell'informazione relativa al proprio viaggio, diversa dall'informazione relativa alla strada che l'utente sta utilizzando. Per fornire informazioni relative alle destinazioni degli utenti, i modelli devono avere la conoscenza delle matrici Origine-Destinazione del traffico complessivo ; la stessa conoscenza è necessaria per poter dirottare i flussi. Infine, l'informazione da fornire su singoli PMV, se relativa a eventi su sezioni lontane, deve essere decisa in base alla composizione del traffico locale per destinazione.

Se si danno suggerimenti di ogni tipo agli utenti, è bene completarli con una ragione plausibile (e corretta, per mantenere la credibilità).

L'esperienza mostra che la reazione ad un suggerimento è molto più marcata se il messaggio contiene anche una ragione. D'altro canto, poiché i suggerimenti sono i più ricordati dagli utenti, una motivazione errata porta rapidamente ad una caduta di credibilità.

Nel caso di una "diversione" suggerita da un percorso noto (esempio : da un'autostrada) per mezzo di PMV, è bene tanto indicare esplicitamente la diversione con un segnale apposito (freccia gialla) che seguire l'utente per tutta la diversione, fino al ritorno sul percorso noto, con lo stesso segnale.

3.3.2. Classificazione e caratteristiche dell'utenza

I requisiti devono tenere conto degli aspetti generali dei sistemi di informazione. Si segnala l'opportunità di dedicare, in fase di progettazione, la dovuta attenzione alla corretta segmentazione dell'insieme degli utenti: infatti, ogni sistema di informazione coinvolge una popolazione estesa, composta da segmenti che hanno interessi, conoscenze, capacità diverse e che, di conseguenza, avranno reazioni diverse all'informazione.

Come si è visto, l'indicazione dei requisiti parte da una definizione dell'utenza interessata dal sistema. Il progettista dovrà segmentare l'utenza del sistema secondo criteri ben definiti, ed indicare i) la quota percentuale dell'utenza appartenente alle diverse categorie, ii) i requisiti specifici delle varie categorie. Nelle specifiche, dovrà in seguito indicare come ha tenuto conto delle caratteristiche indicate per le varie categorie.

Nel seguito si forniscono alcune indicazioni utili per una classificazione dell'utenza secondo gli obiettivi del viaggio. Altre classificazioni, ovviamente, sono possibili.

Considerando insieme gli ambiti urbano ed extraurbano, si possono descrivere sei tipi di spostamenti:

1. spostamenti "pendolari";
2. spostamenti legati al tempo libero;
3. spostamenti per acquisti;
4. spostamenti per turismo;
5. spostamenti per servizi;
6. spostamenti per affari.

Gli utenti possono poi essere distinti in:

- utenti del traffico privato, pubblico o intermodale, in base al mezzo di trasporto di cui fanno uso,
- utenti *occasionali*, *regolari* e *professionali*, in base alla frequenza del loro spostamento e, quindi, anche alla loro abilità nel compiere il viaggio:
    - *occasionali*: il viaggio è condotto occasionalmente e perlopiù con riguardo a itinerari non ben conosciuti,
    - *regolari*: il viaggio viene condotto regolarmente, quindi l'itinerario è, in buona parte, ben conosciuto,
    - *professionali*: il viaggio è condotto per professione.

Infine, una ulteriore suddivisione dell'utenza potrebbe essere eseguita secondo il comportamento di quest'ultima rispetto alla informazioni fornite. Si possono individuare due classi (dai confini non ben definiti): gli utenti *ricettivi* che mediamente ricevono e utilizzano le informazioni e gli utenti *saltuari*, intesi come coloro che utilizzano raramente le informazioni.

Una breve descrizione potrà chiarire l'importanza della segmentazione dell'utenza nella progettazione dei sistemi di informazione.

Nel caso di *viaggiatori pendolari* le origini e le destinazioni dei viaggi sono entrambe fisse e ben note al viaggiatore stesso. Normalmente i viaggiatori pendolari sono soggetti a vincoli di tipo temporale (ora fissa di arrivo o, comunque, limitata ad un intervallo temporale ristretto). Il principale obiettivo degli utenti pendolari è quello di ricoprire la distanza tra origine e destinazione con il minimo dispendio di tempo e denaro, possibilmente, con il maggior comfort possibile e con una certa sicurezza dell'arrivo nel tempo previsto. Ulteriori caratteristiche riguardano i percorsi dei viaggi, che risultano relativamente brevi (< 50 km) e possono essere ricoperti con mezzi pubblici, con mezzi privati o tramite soluzioni intermodali. Inoltre, nel caso di utilizzo dei mezzi privati, questi ultimi sono generalmente caratterizzati da coefficienti di occupazione bassi. Infine, l'utente pendolare generalmente ha una buona conoscenza del modo migliore di condurre il viaggio (conoscenza che cresce nel tempo). Da questa descrizione si può trarre la conclusione che l'utente pendolare sia interessato a sistemi di informazione attivi nei casi di anomalia o di emergenza, e può essere definito come *saltuario* (o scarsamente *ricettivo*) per indicazioni durante il viaggio (a meno di quelle di emergenza) se crede che gli siano di scarsa utilità.

I viaggi condotti in relazione al *tempo libero*, hanno origine e destinazione pianificate e fissate a monte dell'intrapresa del viaggio stesso. Spesso le destinazioni possono essere caratterizzate da una certa flessibilità in termini spaziali e, normalmente, l'utente è soggetto a condizionamenti temporali di lieve entità. Il viaggio spesso si evolve in una sequenza di piccoli spostamenti la cui "necessità" può scaturire durante l'esecuzione del viaggio stesso. Da questa ultima caratteristica nasce l'esigenza di una buona flessibilità della fase di pianificazione del viaggio; infine questo utente segue gli avvisi e i suggerimenti durante il viaggio. Il mezzo di trasporto utilizzato può essere sia il privato, sia il pubblico; possono del resto nascere situazioni di intermodalità "sui generis" in

quanto a seguito di uno spostamento eseguito con mezzi pubblici si può avere la necessità di utilizzare un mezzo privato (generalmente noleggiato) per spostamenti da condursi al "contorno" della destinazione principale. Normalmente i viaggi condotti con il mezzo privato sono caratterizzati da coefficienti di occupazione elevati. La lunghezza dei viaggi oscilla in un range abbastanza ampio con maggior propensione, comunque, verso valori elevati (>100 km). L'utente spesso include nel viaggio soste notturne da cui nasce la necessità di poter effettuare prenotazioni e, quindi di avere informazioni sulla disponibilità di posti letto, ecc.; queste necessità si generano spesso durante la fase di esecuzione del viaggio. Inoltre l'utente richiede spesso informazioni di tipo turistico relative alla destinazione prefissata e alle zone limitrofe. L'utente di questo tipo è facilmente *ricettivo* rispetto alle informazioni (sia di pianificazione che in itinere); questa caratteristica, unita all'importanza che il traffico generato dagli spostamenti per tempo libero può avere, almeno per alcuni eventi e in alcune occasioni, fa sì che la progettazione di sistemi di informazione dedicati al tempo libero sia destinata ad avere una importanza crescente.

L'utente che si sposta per *acquisti* è caratterizzato da un'origine pressoché fissa e da più destinazioni; queste ultime sono generalmente circoscritte ad un ambito spaziale limitato (nella maggior parte dei casi circa 1 km) e possono quindi essere "aggregate" in una zona destinazione anch'essa considerabile (con una certa flessibilità) fissa e predeterminata. Il tragitto è generalmente prefissato così come la sequenza delle "sotto-destinazioni". In genere l'utente che si sposta per shopping pianifica il viaggio anche in funzione di altri scopi (esempio per il disbrigo di pratiche, ecc.) e, spesso, ha la necessità di trasportare merce. Proprio in conseguenza di questo, il mezzo più frequentemente usato è quello privato. Lo spostamento può essere occasionale ed è caratterizzato da percorrenze brevi, anche se, occasionalmente, possono essere necessari viaggi di una certa lunghezza (acquisti in città diverse da quella in cui si risiede, ecc.). Questo utente è *ricettivo* rispetto a tutte le informazioni, sia quelle di pianificazione che quelle in itinere.

I viaggi per *turismo* (diversi da quelli per tempo libero, già citati), portano l'utente, in genere, a pianificare e fissare con anticipo origine e destinazione del suo viaggio, così come le località nelle quali intende sostare e, nella maggior parte dei casi, queste decisioni non vengono variate durante l'esecuzione del viaggio. Del resto, altri aspetti quali i percorsi stradali (nel caso di utilizzo del mezzo privato), la mobilità a corredo del viaggio principale, e particolari eventi (o necessità/desideri) turistici, possono far emergere, durante l'esecuzione del viaggio, la necessità di pianificazioni dinamiche e di una certa flessibilità nelle possibili scelte. L'utente necessita di poter riservare e prenotare con sufficiente anticipo (ma soprattutto con certezza) posti letto, posti macchina o, altri particolari servizi di carattere tipicamente turistico (prenotazione di gite organizzate, ecc.); inoltre è necessaria una valida base informativa turistica e di percorsi. L'utente, di tipo occasionale, è *ricettivo* alle informazioni in itinere. Per la maggior parte delle località italiane, il traffico generato da questi utenti è rilevante, almeno in alcuni periodi.

Gli spostamenti per *servizio* sono di limitata entità; essi potrebbero anche essere visti come una sottospecie dei viaggi per affari, ma le loro caratteristiche sono generalmente diverse. L'utente che si sposta per servizio è infatti caratterizzato da una scarsa disponibilità di tempo per la fase di preparazione del viaggio; inoltre, durante gli spostamenti, possono emergere in modo dinamico necessità di cambiamenti di tragitto. Si tratta dunque di una mobilità caratterizzata da una notevole flessibilità, da cui deriva che questo tipo di utenza utilizza quasi esclusivamente il mezzo privato. Per questi viaggi si ha raramente a che fare con utenti occasionali; generalmente, invece, gli utenti per servizio conoscono bene i loro percorsi: questa conoscenza è effetto dell'elevato numero di spostamenti effettuati e tende a crescere nel tempo. Questa caratteristica li renderebbe scarsamente ricettivi rispetto a sistemi di informazione generici; d'altro canto essi presentano una forte necessità di certezza durante il viaggio: un sistema d'informazione può diventare molto utile (e utilizzato) se molto preciso ed affidabile e molto efficiente nella presentazione dell'informazione.

I viaggi per *affari* sono, normalmente, a lunga distanza e durata. Le origini e le destinazioni dei viaggi sono prefissate così come, nella maggior parte dei casi, sono noti i tempi di viaggio. I viaggi, nei loro elementi principali, quali mezzo di trasporto e gli orari di partenza e arrivo, sono generalmente pianificati con un certo anticipo e con precisione; ciò nonostante, proprio per la natura dei viaggi, l'utenza è spesso obbligata a variazioni generate da esigenze che maturano durante l'espletamento degli affari. Tali variazioni possono dar luogo a pianificazioni "dinamiche" degli spostamenti. La scelta del modo di trasporto dipende strettamente dai tempi a disposizione e, quindi, dai tempi di viaggio dei vari mezzi. L'utenza che si sposta per affari può avere caratteristiche di regolarità (o meglio di ripetitività), nel senso che i viaggi tra le stesse origini e destinazioni vengono effettuati con una certa periodicità, oppure di occasionalità, nei casi in cui i viaggi sono essi stessi occasionali, oppure hanno origini e destinazioni variabili. Nel primo caso (regolarità di viaggio), dopo una certa fase temporale di "assestamento", la pianificazione può ridursi semplicemente alle prenotazioni necessarie; nel secondo caso (viaggi occasionali) è generalmente necessaria una preparazione più laboriosa (informazioni sui servizi di trasporto, informazioni sulle caratteristiche ricettive delle destinazioni, prenotazioni, ecc.). In generale, comunque, l'utente tipo che si sposta per affari è un viaggiatore esperto ma, date le sue necessità, *ricettivo* rispetto a sistemi di informazione.

Per quanto riguarda più strettamente i requisiti di queste categorie di utenza, si può, in linea generale, elencarli come nel seguito:

Viaggi pendolari

<u>Informazioni utili</u>

il viaggiatore pendolare è particolarmente interessato a ricevere informazioni riguardanti ogni tipo di perturbazione e/o variazione (in generale, quindi, eventi) alla norma cui è abituato. Nel caso di problemi

relativi al suo mezzo di trasporto standard, e nel caso esistano alternative, l'utente gradisce indicazioni e suggerimenti circa le scelte ottimali da intraprendere a seconda delle circostanze.

Le informazioni utili includono:

- informazioni relative al traffico pubblico: in particolare: stato della rete (con riguardo alle interruzioni previste), stato del servizio (orari, tempi di arrivo previsti, eventi, disponibilità di mezzi), informazioni di supporto relative alle raccomandazioni ed ai suggerimenti di utilizzo di mezzi alternativi;
- informazioni relative al traffico privato: in particolare: stato della rete (con riguardo ad informazioni relative a limitazioni dell'offerta), stato del traffico (code e congestioni attuali e previste, ritardi previsti, eventi in genere), stato dei parcheggi (occupazione), informazioni di supporto relative alle raccomandazioni ed ai suggerimenti di utilizzo di mezzi o percorsi alternativi;
- informazioni relative all'ambiente: in particolare, condizioni meteorologiche estreme con possibili conseguenze sui trasporti;
- informazioni di carattere generale: in particolare, informazioni su eventi con possibili implicazioni sui percorsi dell'utente.

Accesso all'informazione

L'accesso all'informazione può avvenire da casa, oppure dall'ufficio, come dal mezzo di trasporto, oppure durante una sosta. Il mezzo di trasporto che tipicamente deve avere il miglior accesso alle informazioni è sicuramente il mezzo privato, in quanto il tipo di traffico che ne risulta, è il più suscettibile ad irregolarità ed eventi, specie nelle "ore di punta". E' utile anche un veloce ed affidabile accesso ad informazioni del trasporto pubblico, quali orari di servizio, ritardi ecc., a viaggio iniziato. Le informazioni sulle anomalie possono convenientemente raggiungere l'utente sul telefono mobile

Viaggi per "tempo libero"

Informazioni utili

Le esigenze di chi si muove per il tempo libero possono essere differenti a seconda che si tratti di utenza in ingresso o in uscita dalla città oppure, che si muove con O/D entrambe interne alla stessa città. In genere, rispetto ai pendolari, questa utenza necessita di un maggior numero di informazioni (o meglio di informazioni di più ampio spettro), soggette però a vincoli meno rigidi, come segue:

- informazioni relative al traffico pubblico: in particolare: stato della rete (con riguardo alle interruzioni previste), informazioni di supporto relative alle funzioni di percorso;
- informazioni relative al traffico privato: in particolare: stato dei parcheggi (localizzazione, tariffe, occupazione), informazioni di supporto relative alle raccomandazioni ed ai suggerimenti di utilizzo di mezzi o percorsi alternativi;

- informazioni relative all'ambiente: in particolare: livello attuale dell'inquinamento, segnalazione d'allarme per l'avvicinamento ai livelli di soglia, condizioni meteorologiche estreme con possibili conseguenze sui trasporti;
- informazioni di carattere generale: in particolare: toponomastica della città con l'evidenziazione dei quartieri e delle aree di particolare interesse (aree verdi, centri commerciali, ecc.), informazioni turistiche, informazioni legate ai "servizi" per il tempo libero (cinema, biblioteche, ecc.), attività sportive, informazioni relative ad orari e periodi consigliati (o sconsigliati) per le partenze.

Accesso all'informazione

L'informazione può essere richiesta sia da casa, che da bordo veicolo che, ancora, da posti di informazioni a terra dislocati nella città o dal telefono mobile.

Viaggi per acquisti

Informazioni utili

La tipologia di informazioni tipicamente utili può essere così individuata:

- informazioni relative al traffico pubblico: in particolare: stato della rete (con riguardo alle interruzioni previste), stato del servizio (orario di base, previsioni di arrivo alle fermate, ritardi), informazioni di supporto relative alle funzioni di percorso in generale;
- informazioni relative al traffico privato: in particolare: stato della rete, stato dei parcheggi (localizzazione, tariffe, occupazione), stato del traffico, informazioni di supporto relative alle raccomandazioni ed ai suggerimenti di utilizzo di mezzi o percorsi alternativi;
- informazioni relative all'ambiente: in particolare: livello dell'inquinamento, segnalazione d'allarme per l'avvicinamento ai livelli di soglia, condizioni meteorologiche estreme con possibili conseguenze sui trasporti;
- informazioni di carattere generale: in particolare: toponomastica della città con l'evidenziazione dei quartieri e delle aree di interesse (centri commerciali, ipermercati), informazioni relative ai servizi di pubblica utilità, informazioni relative ad orari e periodi consigliati (o sconsigliati) per le partenze.

Accesso all'informazione

L'accesso all'informazione può essere necessario da casa, oppure dall'ufficio, come dal mezzo di trasporto, oppure, ancora, durante una sosta.

Viaggi per turismo

Informazioni utili

Le necessità e le esigenze di questa categoria di utenza sono essenzialmente simili a quelle dell'utenza che si sposta per tempo libero. Sono da tenere in considerazione comunque, alcuni aspetti peculiari quali:

- solitamente il turista si muove nella città in quanto sede delle attrazioni che lo interessano;
- la natura dello spostamento ha caratteristiche meno dinamiche rispetto ai viaggi per tempo libero, quindi, in generale, c'è un minor interesse per gli eventi e per le condizioni puntuali del traffico,
- le informazioni possono essere richieste con differente "intensità" a seconda del periodo dell'anno,
- il turista necessita soprattutto di informazioni di supporto che lo aiutino ad orientarsi ed a spostarsi nell'ambito urbano,
- si tratta di un'utenza per le cui esigenze sono necessarie informazioni plurilingue,
- sono generalmente di scarso interesse le informazioni relative all'ambiente, se non quelle prettamente meteorologiche,
- l'utenza spesso necessita di informazioni relative ai servizi di pubblica utilità (posti di polizia, ospedali, ecc.).

Accesso all'informazione

L'informazione dovrebbe essere accessibile sia da casa (prima del viaggio) che in itinere. Gli spostamenti interni alla zona di destinazione (città) in cui il turista si trova, possono richiedere la necessità di elargizione di informazioni sia in punti "fissi" (alberghi, punti di informazione), sia nei riguardi dei mezzi di trasporto utilizzati. In presenza di eventi di massa, sarà necessario predisporre mezzi di diffusione adatti allo scopo, per gestire i flussi in prossimità dell'evento, sia per l'afflusso che per il deflusso dei visitatori.

Viaggi per servizio

Informazioni utili

L'utente che si sposta per servizio ha necessità precise circa la conoscenza delle modalità per raggiungere le proprie destinazioni in modo rapido e con certezza. Le informazioni più utili sono essenzialmente messaggi relativi al traffico sui percorsi che egli intende seguire (ricordiamo che l'utente che si sposta per servizio utilizza, nella maggior parte dei casi, il mezzo privato). L'elenco seguente contiene alcune informazioni di maggior utilità:

- informazioni relative al traffico privato: in particolare: stato della rete (con riguardo ad informazioni relative a limitazioni dell'offerta), stato del traffico (code e congestioni attuali e previste, ritardi previsti, eventi in genere), stato dei parcheggi (occupazione), informazioni di supporto relative alle raccomandazioni ed ai suggerimenti di utilizzo di mezzi o percorsi alternativi;

- informazioni relative all'ambiente: in particolare, condizioni meteorologiche estreme con possibili conseguenze sui trasporti;
- informazioni di carattere generale: in particolare informazioni su eventi con possibili implicazioni sui percorsi dell'utente.

Accesso all'informazione

L'informazione deve essere puntuale e tempestiva, tanto all'inizio del viaggio che durante il viaggio. E' importante l'efficienza nella comunicazione, per semplificare le procedure di accesso e rendere immediatamente "visibile" l'informazione su eventuali anomalie. Si deve pensare che l'accesso avverrà essenzialmente dal mezzo di trasporto, con strumentazione apposita o con il telefono mobile. In alcuni casi sono possibili richieste da un centro di controllo del servizio per eseguire, ad esempio, la gestione di una flotta.

Viaggi per affari

Informazioni utili

Si possono individuare due diverse situazioni: i) l'utente si muove in una zona che conosce, oppure, ii) il viaggio avviene in una zona non ben conosciuta

Nel primo caso, l'utente può essere assimilato a coloro che si spostano per servizio e, sono dunque valide per esso le stesse considerazioni. Sono da segnalare però alcuni elementi complementari:

- chi si muove per affari non necessariamente utilizza esclusivamente (o quasi) il mezzo privato;
- generalmente i vincoli temporali devono sposarsi con considerazioni tipicamente economiche che mirano a minimizzare i costi degli spostamenti in quanto, generalmente, per questa utenza la monetizzazione del tempo gioca un ruolo considerevole.

Nel secondo caso, si può assimilare l'utente per affari al turista. Valgono dunque tutte le considerazioni già fatte al riguardo, tranne, naturalmente, le esigenze "predominanti" di informazioni di carattere turistico. Ancora, debbono essere segnalate alcune considerazioni complementari:

- al contrario dell'utenza turistica, chi si muove per affari è soggetto ad una serie di vincoli più o meno pressanti (limiti di tempo, maggiori considerazioni di economicità);
- l'utente per affari, al contrario del turista è generalmente un viaggiatore esperto, le sue esigenze informative sono dunque, sotto un certo punto di vista, più semplici da gestire.

Accesso all'informazione

L'informazione riguarda sia la pianificazione del viaggio che le anomalie e le emergenze. Inoltre, il viaggiatore per affari è comunque interessato a

indicazioni di dettaglio su come raggiungere la destinazione finale. Quindi, l'accesso avviene dall'ufficio o da casa, prima del viaggio, da punti "fissi" (alberghi, punti di informazione) nella zona destinazione, e, infine dai mezzi di trasporto utilizzati, con mezzi installati sul veicolo o con mezzi propri (Personal Traveller Assistant).

3.4. La definizione delle specifiche architetturali

Venendo poi alla parte di progetto che riguarda la *stesura delle specifiche*, anche in questo caso la letteratura fa riferimento ad alcune metodologie strutturate. Le più comunemente accettate definiscono un'architettura complessiva di sistema, suddivisa in diversi blocchi, tra loro collegati ma descrivibili in modo sequenziale. In una particolare suddivisione, questi blocchi sono rappresentati da:

l'architettura funzionale, che descrive, singolarmente, tutte le funzioni necessarie, secondo il progettista, a realizzare un sistema che rispetti i requisiti e tutte le connessioni logiche tra queste funzioni. Tra le funzioni vengono incluse sia quelle operative (che realizzano cioè le funzioni cui il sistema è chiamato), sia quelle cosiddette di controllo (che permettono al sistema nel suo complesso di funzionare secondo i requisiti). I metodi per descrivere le architetture funzionali sono molti e diversi tra loro; una trattazione completa va oltre lo scopo di questo documento: basterà raccomandare che il progettista, scelta una metodologia, la utilizzi in modo esaustivo. Possono essere importanti, nella scelta, tre elementi che dipendono dalla metodologia scelta per descrivere l'architettura funzionale: la possibilità di simulare direttamente le funzioni, la facilità di verificare la rispondenza ai requisiti, la possibilità di passare, almeno in parte, dalla descrizione delle funzioni alla realizzazione dei programmi software;

l'architettura informatica o dei dati (meglio nota come il modello dei dati), che descrive singolarmente tutti i dati utilizzati dal sistema e le relazioni tra loro. Il livello minimo necessario comprende il dizionario dei dati (nomina e descrive ciascun dato elementare con le sue caratteristiche); livelli più alti includono le relazioni tra i dati, fino ad arrivare al progetto delle basi dati del sistema. Qui si applica, ancora, quanto si è detto a proposito delle diverse metodologie proposte per le architetture funzionali. Per chiarezza, occorre notare come, in alcune metodologie, l'architettura logica sopravanza, per importanza, l'architettura funzionale; in altre (metodologie ad oggetti), la separazione tra le due architetture non è così evidente. Lasciando comunque la scelta al progettista, si ripetono qui solo le raccomandazioni sulla "tracciabilità" dei requisiti e sulla necessità di mettere in evidenza gli aspetti di sistema dinamico o "di processo" che un sistema di informazione viene necessariamente ad avere.

Le due architetture precedenti possono essere viste come la traduzione logica dei requisiti; nella loro descrizione non è contenuta – ancora – alcuna implicazione o scelta sulle componenti fisiche del sistema. Questo aspetto è

importante perché permette di scomporre progetto e realizzazione in parti diverse, facilitando le possibilità di integrazione e di modifica del sistema.

Gli aspetti legati alla realizzazione fisica di un sistema di informazione sono contenuti nelle descrizioni seguenti:

l'architettura organizzativa, che descrive i legami tra le varie organizzazioni che appaiono nel contesto; in sostanza essa indica sia "chi fa che cosa" sia "in base a quali accordi/autorizzazioni", sia con quali livelli di “responsabilità” e “autorità”. Questi aspetti sono sovente trascurati nella progettazione di sistemi tecnici, per i quali si dà per scontato che le autorizzazioni e le ripartizioni di responsabilità siano definite a sufficienza dal contesto. Essi invece assumono un’importanza rilevante per i sistemi di informazione (sistemi integrati), per i quali, viste le funzioni e il loro sviluppo e il modello dei dati, si devono elencare, in termini anche operativi, le responsabilità inerenti ai servizi e tutti gli accordi necessari tra le varie organizzazioni interessate. E', in breve, il parallelo dell'architettura di comunicazione ed è almeno altrettanto importante: entrambe provvedono a che lo scambio dei dati avvenga secondo i requisiti, solo che l'una guarda ai sistemi tecnici, l'altra alle organizzazioni implicate;

l'architettura fisica di sistema, che descrive la decomposizione finale del sistema nei suoi componenti principali (esempio: centri di monitoraggio, centri di elaborazione delle informazioni, pannelli a messaggio variabile), elenca i singoli componenti e li localizza sul territorio. Essa, inoltre, distribuisce tanto l'insieme della funzioni quanto l'insieme dei dati tra i vari componenti. E' in questa fase che si decide dove vengono localizzate le varie funzioni e i vari dati, con le ovvie implicazioni sul funzionamento globale. Inoltre, l'architettura fisica deve dettagliare, per ogni componente, le caratteristiche di affidabilità e di manutenibilità, in modo che sia possibile verificarne la congruità con i requisiti relativi ai livelli di servizio globali;

l'architettura di comunicazione, che descrive tutti i canali di comunicazione necessari tra i vari componenti e i flussi di dati fisici che essi devono essere capaci di sopportare, tenendo conto anche delle necessità di diagnostica di sistema e di tolleranza ai guasti. Ogni canale dovrà essere dimensionato di conseguenza e dovranno essere descritti i protocolli di comunicazione da utilizzare. Anche per i canali di comunicazione dovranno essere indicate le caratteristiche di affidabilità e di manutenibilità.

l'architettura delle interfacce verso gli utenti finali (HMI – human machine interface), cui si deve dare un ruolo specifico, visto che si tratta di sistemi di informazione agli utenti. Le interfacce appartengono a due categorie: quelle verso gli operatori di sistema e quelle verso gli utenti finali. Mentre per le seconde valgono le regole generali già indicate in precedenza, per le interfacce verso gli operatori occorre che esse siano adeguate alle missioni che gli operatori devono svolgere. In particolare: gli operatori che hanno un ruolo importante nel garantire il livello di servizio (esempio: gestori della manutenzione) dovranno essere dotati di interfacce capaci di richiamarne l'attenzione con l'adeguato livello di sicurezza (portando il MTTD – mean time to detect - ai livelli voluti); gli operatori con responsabilità editoriali, dovranno

essere assistiti in modo efficiente nel definire i messaggi in modo tempestivo ed esauriente. In entrambi i casi il progettista dovrà garantire che le specifiche delle interfacce siano tali da assicurare che i requisiti siano soddisfatti;

le tabelle di corrispondenza tra requisiti e soluzioni, che, per ogni requisito di sistema, documentano l'accoglimento e tracciano le funzioni e i componenti delle varie architetture che ne assicurano il soddisfacimento.

Le diverse architetture citate presentano aspetti tecnici peculiari; sono proposti perciò appresso alcuni approfondimenti, al fine di indirizzare meglio le attività progettuali.

3.4.1. Le architetture funzionali

Nel definire le architetture funzionali per sistemi di informazione, devono essere considerati alcuni aspetti rilevanti, che vengono discussi nel seguito per le principali macrofunzioni.

Il monitoraggio

La funzione di monitoraggio deve provvedere ad acquisire i dati dai sensori, dal personale addetto e dalle organizzazioni collegate, elaborarli per ottenere le informazioni macroscopiche. Nel progettare le funzioni di monitoraggio, deve essere dedicata particolare attenzione alla robustezza complessiva del sistema che, nel caso del monitoraggio, implica la capacità di rilevare lo stato di funzionamento della rete di traffico in tutte le condizioni con buona continuità e precisione, e comunicarlo alle altre funzioni senza che sorgano possibili confusioni. Può essere utile ricordare alcuni principi progettuali:

verifica continua dell'attendibilità delle sorgenti dei dati. I sensori forniscono dati elementari (ad esempio, conteggi di traffico per singole corsie). Inoltre, alcune volte sono dotati di capacità di autodiagnosi. In ogni caso, il progettista deve prevedere apposite funzioni per la verifica statistica – continua – dell'accuratezza del sensore. La verifica potrà basarsi o sul confronto tra sorgenti ridondanti, quando esistano, o tra sorgenti in qualche modo collegate (esempio, tra sensori di diverse corsie sulla stessa sezione autostradale); oppure sul confronto tra i dati provenienti, nel tempo, da un unico sensore, oppure, infine, sul confronto tra i dati ricevuti e il profilo storico dei dati del sensore. In ogni caso, dovrà essere calcolata la probabilità che il sensore sia guasto e dovranno essere prese le decisioni relative, fino all'esclusione temporanea del sensore dal sistema. Le regole di decisione dovranno basarsi sul confronto tra il rischio di accettare dati errati e il rischio di non utilizzare dati anomali ma veri e sulle conseguenze derivanti sul sistema da tali decisioni. Tecniche simili (analisi mediante "test di accettabilità") dovranno essere incluse nel sistema, per verificare in continuo l'attendibilità dei risultati di eventuali algoritmi complessi di elaborazione dati;

utilizzazione di tutte le sorgenti disponibili per i dati. Realizzare un monitoraggio completo, per una rete di traffico, può essere molto difficile e costoso. Occorre integrare nelle funzioni di monitoraggio tutte le sorgenti di dati disponibili e non contare solo sui sistemi automatici. Tra le sorgenti di dati disponibili, occorre almeno citare:

- i viaggiatori che percorrono la rete, in particolare alcuni viaggiatori per servizio. L'uso dell'informazione ottenuta da questa sorgente richiede certamente una verifica severa di attendibilità, ma non è trascurabile a priori;
- alcuni veicoli attrezzati in viaggio sulla rete. Questa opzione, che nella sua versione generale è certamente poco attuale (i veicoli attrezzati con sistemi di navigazione dinamici sono, oggi, molto pochi) e che diventerà molto interessante nel prossimo futuro, è invece direttamente applicabile con veicoli di flotte speciali (ad esempio, le flotte di autobus cittadini per la stima dei tempi di viaggio sulle tratte libere);
- le organizzazioni che hanno responsabilità di sicurezza sulla rete di trasporto.

Questa regola attiene anche alla necessità di integrare esplicitamente tutte le sorgenti interne ed esterne al sistema in un'unica funzione di monitoraggio, estendendo poi l'analisi dell'attendibilità mediante il confronto tra le informazione ottenute dalle varie sorgenti.

definizione congrua della copertura territoriale del sistema di monitoraggio. In un sistema di informazione, è pressoché impossibile garantire che le informazioni sullo stato del traffico coprano tutta l'area che interessa i viaggiatori esposti al sistema. Alcuni di essi, infatti, hanno destinazioni troppo lontane per essere trattate; l'utente stesso è, normalmente, in grado di comprendere, a sua utilità, l'ambito di copertura del sistema. Resta, tuttavia, un problema evidente: assicurare che il monitoraggio fornisca le informazioni sufficienti a prendere le decisioni successive, relative all'informazione da fornire. Il problema è evidente per sistemi che, ad esempio, offrono (anche implicitamente) suggerimenti sui percorsi: per questi è obbligatorio che tutti i percorsi interessati (anche i percorsi alternativi) siano sufficientemente coperti dalla funzione di monitoraggio. Ciò significa, sempre ragionando con esempi, che, in ambito urbano, il monitoraggio deve coprire "tutta" la rete di primo livello; in ambito autostradale deve essere coperta "tutta" la rete interessata a possibili deviazioni (autostradale e no). In ogni caso il progettista deve i) considerare lo scopo del sistema, ii) esaminare le conseguenze delle strategie di informazione, iii) assicurare che la funzione di monitoraggio sia in grado di verificare –nel normale funzionamento del sistema – la situazione sulla rete esposta a tali conseguenze. Questa regola è di attuazione molto difficile; in una interpretazione rigida, renderebbe spesso impossibile la realizzazione di sistemi di informazione. E' compito del progettista, comunque, descrivere i metodi pratici per ovviare agli inconvenienti prodotti dal rispetto parziale; tra questi può avere rilevanza l'uso di sorgenti di informazione diverse da quelle automatiche, attivabili in caso di necessità; un altro metodo prevede l'uso della simulazione in tempo reale per estendere l'area coperta, con minore precisione (anche in questo caso, è necessario che la funzione di monitoraggio provveda almeno ad accumulare le informazioni su eventuali situazioni di emergenza e sulla situazione dell'offerta).

descrizione esplicita degli algoritmi di stima e previsione. Si è visto nel capitolo precedente come la funzione di monitoraggio debba provvedere alla stima e alla previsione delle diverse grandezze che qualificano la condizione di

traffico. Il progettista dovrà indicare al sufficiente livello di dettaglio gli algoritmi utilizzati per queste funzioni, con gli indicatori di funzionalità attesi.
In generale, dovranno essere descritte le grandezze stimate, scelte tra le grandezze utilizzate normalmente nella letteratura per i diversi casi (esempio: densità, velocità e flusso per sezioni stradali) e l'errore atteso della stima e/o della previsione fornita. Nel caso di algoritmi per il rilievo di anomalie, dovranno essere indicati i parametri fondamentali. A titolo di esempio, si cita il caso del rilievo automatico di incidenti, per cui si dovranno indicare parametri quali la probabilità di rilevamento (DR – detestino rate), la probabilità di falsi allarmi (FAR – false alare rate), il tempo medio per il rilievo (MTD – mena time to detect), ecc.. Inoltre, il progettista dovrà di preferenza fare riferimento ad algoritmi noti in bibliografia, di caratteristiche sperimentate; nel caso introduca un nuovo algoritmo, dovrà giustificarne la validità con dettagliato riferimento a sperimentazioni o, in mancanza, a simulazioni effettuate al corretto livello di descrizione dei fenomeni. In quest'ultimo caso il progettista dovrebbe inserire nel progetto le opportune funzioni per archiviare dati, stime e previsioni per poter verificare la bontà dell'algoritmo proposto a posteriori.

L'elaborazione

Vale, in generale quanto si è già detto a proposito della funzione di monitoraggio, con riferimento alla necessità di utilizzare modelli espliciti e documentati, di utilizzare metodi noti in letteratura o, se del caso, documentare l'efficacia dei nuovi algoritmi scelti.

Poiché la funzione di elaborazione avrà lo scopo, nel sistema finale, di decidere e applicare le strategie di intervento, è necessario, già in fase di progetto, descrivere completamente alcuni scenari. La descrizione ha un duplice scopo: di permettere al progettista una prima verifica delle ipotesi e di fornire alcuni elementi per il collaudo sul campo del sistema.

Analisi a priori degli scenari di intervento. Questo metodologia progettuale deve essere utilizzata per i sistemi che hanno funzioni più estese di quelle puramente informative (ad esempio per i sistemi che suggeriscono alternative di percorso). In questo caso è necessario che il progettista definisca alcuni scenari tipici, simili a quelli che si otterranno sul sistema reale, descriva il funzionamento atteso del sistema in quelle condizioni e ne verifichi il raggiungimento degli obiettivi. L'analisi verrà effettuata in simulazione, utilizzando i modelli più adatti allo scopo (secondo l'area di intervento, il tipo di domanda e il problema trattato) e verranno utilizzati gli indicatori di efficacia, sicurezza o altro indicati nella missione del sistema. Per la simulazione dovranno essere realizzati anche gli algoritmi di elaborazione e decisione proposti per il sistema.

Elaborazione del contenuto di dettaglio. La progettazione di questa funzione riguarda la descrizione dei messaggi che verranno diffusi all'utente. nel seguito, se ne presenta una discussione approfondita, con riferimento solo al caso dei Pannelli a Messaggio Variabile (PMV) per uso per informazioni sul traffico veicolare, che vengono raggruppati in tre categorie principali:

- PMV composti da solo pittogramma con eventuale aggiunta di pannello integrativo: il pannello può presentare un pittogramma scelti tra quelli

contenuti nel Regolamento al Codice della Strada. Questi pannelli sono da considerarsi a tutti gli effetti segnali stradali. In quanto tali sono soggetti a tutte le prescrizioni (dimensioni, forme e colori, visibilità, leggibilità, posizionamento, installazione) previsti dal Codice della strada. Gli effetti di detti segnali sono di conseguenza equiparati a quelli dei corrispondenti segnali fissi.

- PMV composti da solo testo alfanumerico: si tratta di pannello a messaggio variabile con funzioni informative di eventi, anche remoti rispetto all'ubicazione del pannello stesso; non hanno vincoli specifici di parte del Codice della strada se non quelli riconducibili alle norme di sicurezza da rispettare nella loro installazione. Ai nostri scopi, si nota che il testo è contenuto su più righe e deve essere limitato per le ragioni già viste (comprensibilità e tempo di lettura). La letteratura consiglia un massimo di 7 "unità di informazione" (parole significative) in un messaggio. Una struttura consigliabile (per messaggi informativi) può essere costituita da evento da segnalare, località (o direzione), ed infine, opzionalmente, l'eventuale consiglio per l'azione da seguire da parte dell'utente;
- PMV composti da pittogramma e testo (PMV compositi): si tratta di pannelli a messaggio variabile destinati all'informazione all'utenza, anche relativamente ad eventi distanti dall'ubicazione del pannello. La parte pittogramma deve corrispondere ai segnali del Codice della Strada e deve essere sempre accompagnata dalla parte testo. A questi pannelli a messaggio variabile si applicano quindi le norme di sicurezza per la installazione, le prescrizioni previste per i segnali per la parte pittogramma ma gli effetti sanzionatori non sono applicabili, data la possibile distanza dall'evento che descrivono. La struttura di questi pannelli è più complessa e potrebbe essere:

  Pittogramma: evento causa;

  Testo: evento, sua localizzazione, eventuale suggerimento di comportamento.

  Su alcune reti autostradali vengono utilizzati PMV con due pittogrammi più testo. In questo caso la regola di combinazione potrebbe essere:

  Evento causa (primo pittogramma);

  Effetto dell'evento (secondo pittogramma);

  Localizzazione (testo).

  Esempio:

  Pittogramma "incidente";

  Pittogramma "coda";

  Testo " tratto x –y".

La descrizione precedente riguarda i pannelli informativi; i pannelli di suggerimento di direzione, invece, pur essendo meno diffusi, hanno bisogno di un progetto diverso. In molti casi in cui sono stati usati, essi rispecchiano la forma dei pannelli statici di direzione; le indicazioni dinamiche sono realizzate con apposite finestre (a prismi rotanti o a led) in cui appaiono i nomi delle località. Un messaggio di testo può inoltre fornire la motivazione del suggerimento (e indicare il buon funzionamento del sistema). In questo caso, occorre ricordare che le regole da seguire sono simili a quelle utilizzate per i pannelli statici, e riguardano il numero dei nomi per ogni pannello (esempio: non più di quattro per ogni direzione, non più di nove in totale).

Per quanto riguarda i pittogrammi, essi devono essere derivati dai segnali statici; per comodità del lettore si riportano nel seguito i pittogrammi in uso sulla rete extraurbana italiana (dal Piano Nazionale Telematica).

Descrizione	Riferimento Codice
Coda	Modello II 6/f Art. 83
Vento forte	Figura II 33 Art. 101
Incidente	Modello II 6/b Art. 83
Neve	Modello II 6/h Art. 83
Strada sdrucciolevole	Figura II 22 Art. 93
Nebbia	Pittogramma sperimentale
Obbligo catene	Figura II87 Art. 122
Divieto di accesso	Figura II47 Art. 116
Uscita chiusa	Pittogramma derivato
Pericolo generico	Figura II 35 Art. 103
Lavori in corso	Figura II 383 Art. 31
Sgombraneve	Modello II 6/d Art. 83
Segnaletica in rifacimento	Modello II 6/a Art. 83
Corsia chiusa / deviazione di corsia	Figura II 411 e 412

Pittogrammi in uso sulla rete extraurbana

Per quanto riguarda i pittogrammi, occorre infine ricordare che tutti gli autori concordano nel suggerire l'uso dei pittogrammi, rispetto al testo, per ragioni di comprensibilità, anche dovuti alla composizione internazionale del traffico italiano.

Venendo poi ai messaggi, e ricordando la necessità, già introdotta, di una normalizzazione dei messaggi utilizzati, è facile anticipare che sono stati fatti diversi sforzi (e alcuni sono in corso) per descrivere un insieme minimo di messaggi utili. In Appendice B si riportano, a titolo di esempio, i suggerimenti forniti dal Piano Nazionale della Telematica.

3.4.2. L'architettura informatica e l''architettura organizzativa

Si è già visto come l'efficacia dei sistemi di informazione *integrati* sia maggiore, in generale, rispetto a quella dei sistemi *chiusi*. Questo avviene grazie all'interazione e alla collaborazione di diversi Enti di gestione di reti stradali e di servizi di trasporto, che accettano di scambiarsi i dati e le informazioni sui rispettivi sistemi e servizi, e farne un uso comune.

Dal punto di vista tecnico, lo scambio dati tra diversi Enti gestori non presenta particolari problemi: in sede Europea, grazie a diversi progetti di ricerca, sono stati sperimentati diversi metodi. Tra questi, il più importante, oggi è costituito dal metodo DATEX, che include tutto il necessario per lo scambio dati tra gestori di reti di traffico. DATEX è stato proposto come standard e viene

attualmente esteso a servizi di trasporto; nel frattempo, è già diventato, di fatto, il metodo utilizzato dai gestori autostradali italiani (per la rete RETICA), dal CCISS e, in parte, da alcune aree metropolitane e dalle Forze dell'Ordine. Inoltre, esso è usato da alcuni collegamenti internazionali (nell'ambito dei progetti Corvette e Serti).

DATEX include un modello dei dati, i protocolli necessari ai diversi livelli per lo scambio dati e le regole procedurali per accedere ai dati di altri gestori. Per diventare operativo, DATEX richiede che si stabiliscano accordi bilaterali tra i vari gestori, con i quali il *fornitore* si impegna a mettere a disposizione alcuni dati e il *cliente* si impegna ad usarli solo nei modi consentiti. L'insieme degli accordi bilaterali (interchange agreement) costruisce, dal punto di vista organizzativo, la rete DATEX-net che è poi tenuta in funzione dalle tecniche specifiche DATEX.

Il precedente è un buon esempio per comprendere come, durante il progetto di un sistema integrato, sia necessario prevedere e costruire l'insieme degli accordi tra tutti gli operatori interessati – senza i quali il sistema integrato non può funzionare. Gli accordi devono prevedere quali dati vengono scambiati, quando, per quali usi e devono elencarne le caratteristiche (inclusa la qualità). Il modello organizzativo DATEX (accordi bilaterali) si presta bene a reti complesse di gestori; per aree ben definite sono possibili modelli diversi. A titolo di esempio, si possono citare i modelli sperimentali per aree metropolitane, nei quali si crea una piattaforma comune, che provvede agli accordi con i vari operatori (modello di accordi a stella).

Per la progettazione di sistemi integrati, occorre definire in modo opportuno i componenti base per l'integrazione. Alcuni di questi componenti sono descritti qui di seguito

La definizione unica della rete

La cooperazione tra sistemi e servizi è resa possibile da una definizione univoca del contesto topografico. Ciò si realizza, di norma, con due modalità.

Nella più semplice, è sufficiente un riferimento univoco a punti specifici della rete (*location reference*), che assumeranno una codifica precisa. Tutte le informazioni scambiate e diffuse faranno riferimento, obbligatoriamente, a uno o più di questi punti (o, eventualmente, a coppie di punti). Questa modalità è utile quando i servizi si limitano a informazioni o preavvisi. Naturalmente, per una facile leggibilità e comprensibilità, il location reference deve anche contenere la descrizione - in chiaro e univoca - della località. Esiste, oggi, un accordo Europeo per un location reference unico, da utilizzare per servizi informativi dal RDS/TMC; questo sistema di riferimento include i percorsi di interesse Europeo e nazionale; con le stesse regole, può essere esteso a coprire, in modo sufficientemente dettagliato, aree metropolitane o regionali. Esperienze, ancora parziali, hanno mostrato come questa estensione sia possibile ed auspicabile: si consideri anche che l'omogeneità delle definizioni permette, a medio termine, un uso comune delle tecniche di rappresentazione per diversi sistemi. Inoltre, non è da sottovalutare l'utilità dell'adozione di modelli unici, al fine di facilitare l'inclusione del location reference nelle cartografie digitali che sono oggi offerte dal mercato. Il progettista dovrebbe quindi considerare attentamente i legami del location reference messo a base di ogni realizzazione particolare con le

sorgenti comuni. Infine, si dovrà comunque considerare con la dovuta attenzione la necessità di indicare le località con nomi di uso comune, possibilmente identici a quelli usati nella segnaletica fissa.

Nella forma più ampia, il contesto viene descritto mediante un grafo orientato (anch'esso dotato di descrizione chiara e univoca dei vari elementi). Tutte le informazioni e i dati scambiati faranno riferimento ad elementi codificati del grafo. Questa seconda forma è necessaria quando sistemi diversi intendono cooperare anche per suggerimenti o informazioni su percorsi. Le raccomandazioni precedenti, relative all'impegno del progettista per adeguarsi a rappresentazioni comuni (o favorire una convergenza dei vari sistemi di informazione) sono altrettanto valide e non vengono ripetute.

Il dizionario dei dati

Lo scambio di informazioni tra sistemi e l'utilizzazione effettiva di informazioni ottenute dall'esterno, richiede che sia assicurata la comprensione di tutti i dati e l'omogeneità dei vari modelli. Questa esigenza elementare può essere soddisfatta dall'esistenza di un dizionario dei dati unico e condiviso, in cui siano descritti tutti i dati utilizzabili nell'integrazione, con le loro caratteristiche rilevanti (incluse le caratteristiche di qualità). Per un'integrazione migliore, potrebbe rivelarsi necessaria, in alcuni casi, una definizione più completa del modello dei dati (dizionario e principali relazioni tra dati e informazioni). E' comunque importante che il progetto assicuri che tutti i dati siano, in linea di principio, utilizzabili dai diversi attori per le rispettive funzioni.

Le regole di scambio delle informazioni.

Un ulteriore elemento essenziale per l'integrazione, che deve essere trattato dal progetto, è rappresentato dall'insieme delle regole e degli accordi di scambio dei dati. Queste, a loro volta, includono tanto gli accordi sulla proprietà e il diritto d'uso delle informazioni (che disciplinano gli ambiti e gli scopi per cui è garantito l'uso dell'informazione ricevuta), quanto le regole tecniche (i protocolli) per lo scambio, quanto, infine, le procedure organizzative cui lo scambio dati deve obbedire. Per facilitare la realizzazione di sistemi e servizi integrati, in sede comunitaria si è definito un insieme di regole di scambio (la rete DATEX) utilizzabili in modo relativamente facile; la maggior parte dei sistemi integrati a base nazionale e regionale realizzati di recente utilizzano, di fatto, lo schema e i protocolli DATEX.

3.4.3. Le architetture fisiche

E' scopo della progettazione definire l'architettura fisica del sistema di informazione che meglio si adatta all'esecuzione delle funzioni prestabilite. E' chiaro infatti che - a parità di contenuto delle funzioni - sono possibili diverse scelte realizzative, sia per quanto riguarda la localizzazione delle varie funzioni, sia per quanto riguarda i componenti utilizzati. Nel seguito si richiamano quattro tipologie di architetture fisiche, con specifico riferimento ad un sistema basato (in modo prevalente) sui Pannelli a Messaggio Variabile.

Sistemi puramente locali. In questo caso, l'architettura prevede che tutte le funzioni (monitoraggio, elaborazione, diffusione, funzioni di sistema) siano

svolte localmente. Questa architettura si presta bene per sistemi orientati al preavviso locale in zone esposte a fenomeni ricorrenti (vento, ghiaccio sulla carreggiata e simili) e all'informazione locale (es. condizioni di un parcheggio, congestione locale, ecc.). Nella loro forma classica, che non prevede nessun tipo di connessione con centri di sorveglianza, questi sistemi sono estremamente poco robusti, in quanto la rilevazione dei guasti è lasciata all'utente e/o a sorveglianza periodica. Il livello di servizio ne può risultare seriamente limitato; di conseguenza, anche i sistemi a carattere locale usufruiscono di un qualche collegamento con un centro di sorveglianza, cui sono demandate le funzioni di diagnostica a livello elevato e di gestione della manutenzione.

Sistemi gerarchici a due livelli. E' questa la forma architetturale più diffusa per i sistemi di informazione basati sui pannelli a messaggio variabile (almeno per i sistemi chiusi); essa consta di un livello centrale - il vero motore del sistema di informazione - e di un livello locale, che contiene i mezzi di visualizzazione dell'informazione. La funzione di monitoraggio è realizzata sia a livello locale che a livello centrale, la funzione di elaborazione è realizzata quasi interamente a livello centrale. La comunicazione si realizza, di norma, mediante sistemi di comunicazione dedicati.

Sistemi gerarchici e distribuiti. In questa forma architetturale, le funzioni, oltre che ordinate gerarchicamente, sono distribuite tra vari sottosistemi. Questo vale tanto per la funzione di monitoraggio, cui contribuiscono, ciascuno per la loro parte, diversi sistemi di raccolta dati, quanto per la funzione di elaborazione, anch'essa suddivisa tra vari sottosistemi, ciascuno responsabile di modi specifici o di aree territoriali specifiche. L'integrazione tra i vari sottosistemi avviene sia "orizzontalmente", cioè tra sistemi che esplicano funzioni simili e provvedono a scambiarsi dati e informazioni, sia a livello verticale, cioè tra funzioni di monitoraggio e di elaborazione. Per quanto riguarda i soli sistemi di informazione, l'integrazione si concretizza, nella maggior parte dei casi, nella definizione di un modello dei dati condiviso e nella realizzazione di una comune banca dei dati per l'informazione, cui tutti i sottosistemi cooperanti contribuiscono, e da cui tutti i fornitori di servizi di informazione possono prelevare i dati.

Si basa su un’architettura di questo genere il sistema di raccolta e diffusione per il servizio RDS/TMC. I gestori della rete autostradale realizzano, ciascuno per proprio conto, il monitoraggio della propria parte di rete. Essi scambiano i dati sia orizzontalmente, sia verticalmente con il CCISS in Roma (utilizzando un unico modello dei dati e un unico protocollo di scambio); tutti i dati confluiscono nella banca dati del CCISS, che provvede in seguito a diffonderli su diversi canali, incluso il canale RDS/TMC.

Un ulteriore esempio di questo tipo si riferisce ai servizi integrati per aree metropolitane o per aree regionali, cui contribuiscono diversi gestori di servizi di trasporto. Tutte le informazioni vengono raccolte in un'unica banca dati (metropolitana o regionale), che provvede sia a restituirle ai vari attori, per il loro uso interno, che a metterle a disposizione dei fornitori di servizi di informazione. Questa architettura permette la realizzazione modulare di servizi di informazione multimodale, o servizi di park-and-ride, o servizi comuni che interessano più gestori (ad esempio, informazione sui parcheggi).

Sistemi integrati a base locale. L'esistenza di servizi di informazione a carattere generale, rivolti all'utente, e di canali di comunicazione a costo relativamente basso permette, oggi, di pensare ad architetture con forme di integrazione diverse dalle precedenti. Si pensi, a titolo di esempio, alla possibilità di utilizzare il canale RDS/TMC per alimentare sistemi locali con dati di interesse regionale, non rilevabili localmente. Il sistema locale, oltre a realizzare le funzioni di monitoraggio locale ed elaborazione, realizza anche la funzione di estrazione (per estrarre le informazioni di interesse dall'insieme a carattere regionale). Si ottiene così il vantaggio di poter aumentare l'efficacia di un pannello a destinazione locale, con l'aggiunta di informazioni aventi un orizzonte spaziale più ampio, a costi di sistema molto bassi.

La localizzazione sul territorio dei PMV

Una componente essenziale del progetto è la definizione delle posizioni fisiche dei pannelli informativi. Essa deve obbedire ad alcune regole, che attengono a criteri diversi.

I Pannelli a Messaggio Variabile, in particolare, devono essere localizzati nel rispetto delle regole di utilità e di leggibilità da parte dell'utente.

La posizione dei pannelli deve essere adatta a realizzare lo scopo per cui il sistema di informazione viene progettato. La regola, in molti casi, è ovvia (ad esempio, in sistemi di preavviso, ovviamente, i pannelli devono essere posti a monte dell'evento anomalo). Più significativa la sua applicazione in altri casi: su una rete autostradale, in cui il sistema PMV abbia lo scopo di riequilibrare il traffico, l'utente deve trovare i pannelli prima di ogni diversione; se invece il sistema è destinato ad aumentare la sicurezza, realizzando un controllo del flusso, i pannelli devono essere a breve distanza (centinaia di metri) l'uno dall'altro. Nel caso di una rete urbana, in cui è impossibile seguire una regola simile, i pannelli devono essere posizionati in modo da intercettare il maggior numero di utenti possibile e di ottenere il massimo risultato. Dovranno essere posizionati, quindi, solo mediante l'utilizzazione di un modello esplicito della domanda e dell'offerta.

La posizione dei pannelli deve essere tale da garantirne la piena visibilità, senza produrre distrazioni del guidatore o difficoltà di guida. Nel progetto, calcolato il tempo per cui il pannello resta visibile (senza pericoli), si limiterà il contenuto di informazione in modo opportuno. Nella letteratura si indicano alcune regole, che dipendono anche dal particolare tipo di pannello. Una regola a validità generale dice che il guidatore normale, senza particolari sforzi, deve poter leggere il contenuto del pannello due volte. Queste due letture devono poter essere effettuate nell'intervallo di tempo tra l'inizio di leggibilità (che attiene alle dimensioni del pannello e del testo e alla geometria della strada) e la fine (il momento in cui, per leggere ulteriormente, il guidatore dovrebbe muovere lo sguardo più di 10° dalla strada). E' evidente che questa regola implica anche alcuni limiti sul contenuto del pannello (lunghezza del testo); infine, il rispetto di questa regola può rendere necessaria la ripetizione di un messaggio su più pannelli. Ad esempio, per classi specifiche di veicoli (e.g. veicoli pesanti), in alcuni casi si installano pannelli di preavviso). Inoltre, le due letture devono poter avvenire anche in

presenza di possibili oscuramenti, dovuti ad altri veicoli. Si noti che, in pratica, questa regola, correttamente interpretata, insieme con il vincolo dei 10° e degli oscuramenti, pone vincoli molto rigidi, soprattutto per pannelli a lato strada.

Si sottolineano le raccomandazioni relative alla necessità di rimanere in una logica di sistema. In questo contesto, i pannelli devono essere localizzati tenendo conto di due fattori principali:

- il modello di traffico e le esigenze di portare domanda e offerta in equilibrio. Questo fattore porta a localizzare i pannelli dove maggiore è la loro efficacia nel rispondere alla missione del sistema;
- i requisiti dell'utenza, o, meglio, del segmento di utenza considerato nel contesto.

Un progetto appropriato, quindi, si può realizzare solo dopo aver valutato il possibile impatto dei pannelli sull'utenza e – attraverso questa - sul traffico. La valutazione si dovrà basare sugli scenari già descritti per le strategie di decisione. Tuttavia si possono trarre indicazioni di massima dall'esperienza: è questo lo scopo delle considerazioni esposte nel seguito. Occorre considerare una tabella (ricavata da Telten) che elenca le possibili azioni dei sistemi basati sui Pannelli a Messaggio Variabile.

Facendo riferimento a questa tabella e agli ambiti applicativi (tipo di rete stradale), si possono riassumere i concetti base per il posizionamento dei pannelli come nel seguito.

Autostrade

La letteratura fornisce alcune indicazioni di massima per il posizionamento dei pannelli. Ad esempio, per sistemi di controllo indirizzati ai controlli di velocità, si indica che la distanza tra due pannelli successivi deve essere dell'ordine del km, e minore in gallerie; in questi casi anche la rete di monitoraggio deve essere densa (una stazione di misura ogni 500 m). Nel caso di sistemi di preavviso, consiglio o informazione per reti importanti e dense, si indica l'utilità di avere un pannello per ogni tratto (tra due nodi – stazione o biforcazione) o, comunque, ogni 15-20 km. Alcune di queste raccomandazioni sono stringenti (ad esempio per i controlli di velocità), altre sono da intendere come obiettivi di riferimento, spesso difficili da realizzare. Si ritiene qui che sia preferibile, almeno per i sistemi di informazione, fare riferimento alle situazioni locali reali, seguendo i criteri che sono dettati dagli obiettivi dichiarati del sistemi (la missione) dal target di utenza e dai suoi requisiti, dal modello di traffico.

Le tipologie d'ubicazione attualmente in essere lungo la rete autostradale contemplano essenzialmente tre categorie di pannelli a messaggio variabile: in itinere, di accesso e di pista.

1. In itinere: i pannelli a messaggio variabile sono disposti lungo l'asse autostradale e sono visibili a tutto il traffico che, nella direzione, transita in quel tratto.
2. Di accesso: i pannelli a messaggio variabile di accesso vengono utilizzati sulle strade di accesso alle stazioni autostradali e vengono visti dal traffico entrante nella rete.

3. Di pista: i pannelli a messaggio variabile di pista sono posizionati in prossimità delle piste di esazione pedaggio e sono quindi visibili agli utenti che accedono alla pista al momento del ritiro del biglietto o poco prima.

Tipo di Azione	Azione	Azione di Dettaglio
Controllo	Controllo di corsia	cambio/chiusura di corsia
		confluenza di corsie
	Controllo di velocità	limitazione progressiva di velocità
		armonizazzione di velocità
		dipendente da meteorologia
	Rerouting (obbligatorio)	
	Chiusura	strada chiusa
		tunnel, ponte chiuso
		entrata, uscita chiusa
	Prescrizioni (traffico)	entrata, uscita obbligatoria
		divieto di sorpasso (tutti i veicoli)
		divieto di sorpasso (veicoli pesanti)
		restrizioni stradali (veicoli pesanti, HOV)
	Prescrizioni (meteo)	obbligo di catene, pneumatici da neve
Preavviso	Condizioni meteo	nebbia (bassa visibilità)
		neve, ghiaccio
		pioggia
		vento
	Incidente	
	Congestione/coda	
	Lavori stradali avanti	
	Stato della strada	chiusura
		strada sdrucciolevole
		strada ghiacciata (black ice)
	Preavviso generico	veicoli lenti
Consiglio	Rerouting (consigliato)	
	Uscita suggerita	
	Velocità consigliata	
Informazione	Stato del traffico	azioni di controllo
		incidenti
		congestione/code
	Condizioni meteo	
	Prescrizioni (traffico)	
	Altri modi di trasporto	traghetti
	Parcheggi	spazi per parcheggio
		Park and Ride

Azioni tipiche dei sistemi a Pannelli a Messaggio Variabile

Pannelli di informazione in itinere

Il criterio usato in alcune reti particolarmente dense è quello di posizionare due pannelli a messaggio variabile, uno per ciascuna direzione di marcia, tra ogni coppia di nodi consecutivi: tale criterio appare però molto oneroso in termini economici.

E' quindi preferibile compiere un'analisi della rete valutando aspetti quali densità di traffico, la presenza di fenomeni di rallentamento o code anche

stagionali, l'esistenza nella rete di snodi o bretelle particolari, la pericolosità di tratti legata a fenomeni meteorologici periodici, l'insorgere di fenomeni di traffico intenso legati a particolari manifestazioni o periodi di vacanza.
Non ultimo va considerata la possibilità di dirottare il traffico all'esterno della rete a causa di blocchi: a questo scopo i pannelli a messaggio variabile dovranno essere posizionati tenendo conto anche delle effettive possibilità della rete stradale esterna di accogliere e smaltire il traffico dirottato.
Pannelli di informazione di accesso
I pannelli a messaggio variabile in accesso rispondono all'esigenza di poter fornire informazione agli utenti prima che questi accedano alla rete e quindi in tempo per permettere loro di compiere una diversione.
Il posizionamento dovrebbe tenere in considerazione le esigenze non sempre concordanti di poter dirottare il traffico in modo agevole e di poter installare i pannelli a messaggio variabile. Infatti se il posizionamento dei pannelli a messaggio variabile all'esterno della rete permette un agevole dirottamento del traffico obbliga ad accordi tra gestori di reti diverse e ad avere più pannelli a messaggio variabile posizionati sulle diverse direttrici (con complicazioni tecniche per la loro gestione ed un aggravio dei costi). Per la scelta del sito di installazione si dovrà quindi, caso per caso, armonizzare le esigenze descritte.
Adottando questa tipologia di pannelli occorrerà stabilire quali e quante stazioni, in base al volume ed alle caratteristiche del traffico, andranno attrezzate.
Pannelli di informazione di pista.
I pannelli di pista, che interessano le sole autostrade a pedaggio, si possono posizionare prima o dopo l'esazione. La prima soluzione è sconsigliabile, in quanto sarebbero indirizzati ad un utente impegnato in altre operazioni. La seconda soluzione, che non presenta questo problema, ha comunque difficoltà realizzative, legate alla ridotta distanza tra utente e pannello. Infine, i pannelli di pista non sono consigliabili nelle piste attrezzate con sistemi di pagamento tipo Telepass. In ogni caso, l'esperienza mostra che questi pannelli hanno una scarsa efficacia, anche perché non permettono all'utente di prendere alcun provvedimento

Strade statali di grande comunicazione, raccordi autostradali

A differenza delle autostrade le strade statali di grande comunicazione presentano una minore distanza tra immissioni ed uscite, in molti casi su strade con bassi o bassissimi volumi di traffico. Per queste strade la tipologia è limitata ai tipi in itinere e di accesso, con la precisazione che sono necessari PMV di informazione in prossimità delle uscite principali o ai terminali per instradamento verso le Autostrade a pedaggio e verso le aree urbane accessibili dalla strada.

Tunnel e trafori

Lo stato di tunnel e trafori (in particolare quelli alpini) è particolarmente critico per il profondo impatto che possono presentare sulla circolazione. In queste circostanze il preavviso di chiusura deve essere fornito ad adeguata (a volte notevole) distanza, almeno là ove inizia un itinerario alternativo. La segnaletica all'interno del traforo o del tunnel è parte integrante del sistema di gestione e di controllo e va studiata in stretto accordo con questo.

Tangenziali urbane o raccordi anulari

E' auspicabile l'installazione di PMV in posizione intermedia fra tutte le uscite, con informazioni sia sul tracciato stesso che possibilmente sullo stato della circolazione urbana nelle immediate vicinanze (analogamente sono da prevedere PMV in prossimità degli accessi alla tangenziale o raccordo anulare)

Strade di grande comunicazione afferenti radialmente verso il centro abitato

La situazione è analoga alla precedente salvo che assume particolare rilevanza il posizionamento di PMV in prossimità del terminale della strada o in prossimità di possibili punti di diversione per le varie destinazioni. In questo caso (pannelli di dirottamento in ambito urbano), fatti salvi i concetti già enunciati sulla difficoltà di informare correttamente gli utenti (sono già stati suggeriti pannelli direzionali simili ai segnali direzionali statici), vale la raccomandazione di posizionare i pannelli secondo le indicazioni dei modelli di traffico e dell'utenza, invece che sulla base di regole astratte.

Itinerari urbani di scorrimento rapido (raccordo tra settori diversi)

Itinerari di questo genere hanno la caratteristica di essere noti all'utente e concepiti come un tutto unico (quasi come un'autostrada urbana). Inoltre, essi possono essere caratterizzati da alte densità di traffico e da frequenti congestioni, per cui, di norma, sono candidati ad essere dotati di sistemi di informazione. Dal punto di vista della comprensione da parte dell'utente essi non presentano particolari problemi; al contrario, viste le brevi distanze tra i nodi di entrata e uscita, è difficile il posizionamento. Esso dovrebbe avvenire in seguito ad una segmentazione dell'itinerario, basato su tempi di percorrenza e omogeneità delle correnti di traffico tra nodi significativi della circolazione. I PMV dovrebbero essere posizionati all'inizio di ogni segmento di itinerario.

3.4.4. L'architettura di comunicazione

Un sistema di informazione di qualunque genere utilizza una o più reti di comunicazione, per le funzioni di monitoraggio e di comunicazione agli utente. E' compito del progettista definire tutti gli aspetti di queste reti per garantirne la funzionalità. Nel seguito vengono trattati alcuni aspetti particolari, che riguardano la rete per un sistema di monitoraggio e per un sistema a pannelli a messaggio variabile.

requisiti prioritari. dominano le necessità relative alla sicurezza di consegna dei messaggi rispetto alle necessità di velocità di trasmissione o di capacità. Sarà quindi importante prevedere (sia per i messaggi di diagnostica che per i messaggi a contenuto funzionale) che vengano trasmessi messaggi di riscontro.

protocolli utilizzabili. si deve necessariamente distinguere tra la connessione tra il PMV e un suo eventuale controllore, e la connessione tra quest'ultimo e il centro di controllo (o i diversi centri). La prima connessione, tenendo conto della natura del PMV, è normalmente realizzata con protocolli proprietari (definiti dal fornitore del PMV); la seconda è bene che sia realizzata con protocolli standard dello stack OSI o della serie TCP/IP. Nel caso i pannelli siano collegati a reti locali, si farà riferimento agli standard ethernet, token ring o token bus. In ogni

caso, il progettista dovrà assicurare che il collegamento sia affidabile, che la diagnostica sia sufficientemente certa, che sia assicurata la notifica del ricevimento di un messaggio dal controllore del PMV.

3.4.5. L'architettura delle interfacce verso gli utenti finali

E' compito del progettista indicare nei dettagli la struttura fisica del pannello. Nel farlo, dovrà tenere conto, in modo esplicito, dei seguenti fattori:

visibilità dell'informazione;

manutenibilità del pannello e dei suoi componenti, durante il normale funzionamento della circolazione. Le procedure per l'accesso alle varie parti del pannello, nel rispetto delle norme di sicurezza, dovranno essere chiaramente indicate e ne dovrà essere dedotto il tempo medio di intervento, per i guasti tipici;

tecnologia usata per la rappresentazione.

Dal punto delle caratteristiche costruttive, i PMV sono oggetto di norme specifiche, cui si rimanda il lettore:

- CEI 214-2/1 Pannelli a messaggio variabile – Norma Quadro (Sperimentale)
- CEI 214-2/2 Pannelli a messaggio variabile per applicazioni in ambito autostradale e strade extraurbane principali (Sperimentale)
- CEI 214-2/2 Pannelli a messaggio variabile per uso su strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento (Sperimentale)
- CEI 214-2/4 Pannelli a messaggio variabile per viabilità urbana e aree pedonali (Sperimentale).

Occorre inoltre ricordare che i Pannelli a Messaggio Variabile ricadono sotto le norme contenute nel Codice della Strada e nel relativo Regolamento. Come si è già detto, essi sono trattati come i segnali stradali fissi e devono seguire – quando applicabili – tutte le relative regole. Può essere utile citare alcuni aspetti particolari, quali:

L'Art. 79 (Visibilità dei segnali) del regolamento fornisce prescrizioni sugli spazi di avvistamento:

Tipi di strade	segnali di pericolo	segnali di prescrizione
Autostrade e strade extraurbane principali	150 m	250 m
Strade extraurbane secondarie e urbane di scorrimento (con velocità superiore a 50 km/h)	100 m	150 m
Altre strade	50 m	80 m

L'Art. 81 (Installazione dei segnali verticali) indica che

“I segnali di pericolo devono essere installati, di norma, ad una distanza di 150 m dal punto di inizio del pericolo segnalato...
I segnali di prescrizione devono essere installati in corrispondenza o il più vicino possibile al punto in cui inizia la prescrizione...”

Si può infine citare l’Art. 126 (Posizionamento dei segnali di indicazione) del Regolamento di Esecuzione che fornisce i criteri per la definizione degli spazi di avvistamento per i segnali di preavviso (criteri che possono essere utilizzati anche per i PMV), basati sulla “velocità locale predominante”:

velocità=130 km/h	d=250m
velocità=110 km/h	d=200m
velocità=90 km/h	d=170m
velocità=70 km/h	d=140m
velocità=50 km/h	d=100m

Il contenuto dell'informazione sul PMV (pittogrammi, messaggi)

Il progettista dovrà fornire l'elenco completo dei messaggi che potranno apparire sul pannello. Nel caso in cui il messaggio sia composto, dovrà fornirne le regole di composizione, insieme all'elenco delle frasi componenti e al loro significato. Inoltre, dovrà dare indicazioni su tutte le regole di presentazione dei messaggi, considerando in particolare alcuni fattori:

- *sul tempo minimo di durata di un messaggio*, che deve essere, com'è ovvio, maggiore del tempo necessario a leggere e comprendere il messaggio, ma deve anche evitare che un utente in viaggio alla velocità normale veda troppe variazioni di messaggi. Si ritiene che un utente autostradale debba essere esposto al più ad una sola variazione di ogni pannello. In alcuni testi si suggerisce che, in casi normali, un messaggio abbia una durata minima di un minuto; si suggerisce anche la possibilità di superare questo limite solo in casi di emergenza, per segnalare eventi che hanno un effetto immediato e rilevante (esempio: incidente a valle del pannello), per i quali la tempestività della segnalazione è di fondamentale importanza. Il rispetto di queste regole può comportare la necessità di un’analisi locale (direttamente sul pannello) della sequenza dei messaggi, della priorità e dell'utilità di ogni messaggio.
- *sul tempo massimo di durata di un messaggio (tempo limite)*, in assenza di conferme esplicite dal centro di governo. Questa regola discende dalla necessità di cautelarsi dai possibili guasti sul sistema di elaborazione e di diffusione, e ha lo scopo di evitare che siano diffusi messaggi che hanno perso il loro significato (e che, come accade per tutte le segnalazioni che l'utente percepisce come errate, fanno perdere fiducia nel sistema). Questa regola è giudicata molto importante, tanto che è inserita, in forme diverse, nelle varie norme sui sistemi a pannelli variabili.
- *sulla necessità che l'utente in viaggio, che è esposto, progressivamente a diversi pannelli (e a diversi sistemi di informazione), li veda usati nel suo*

interesse e percepisca chiaramente che l'informazione è fornita da un sistema coordinato. Se, ad esempio, è necessario rallentare una corrente di traffico prima di un pericolo, e sono disponibili più pannelli in sequenza, sarà bene che le indicazioni dei vari pannelli siano progressive (si evitano perturbazioni brusche con un risultato maggiore); nel caso di un sistema di indirizzamento, sarà bene assicurare la congruenza delle informazioni dal punto di vista dell'utente, che le riceve in successione. Più in generale è necessario mantenere il coordinamento tra le varie sorgenti di informazione: l'utente, oggi e soprattutto nel prossimo futuro, è destinato a ricevere informazioni sia da sistemi mobili – installati sulla vettura o, comunque portatili – che da sistemi fissi. Nella letteratura si ritiene che l'utente, per mantenere fiducia in entrambi, debba percepire che il sistema fisso ha una maggior precisione sull'informazione a carattere locale, mentre può accettare che il sistema mobile abbia una maggior copertura e un servizio personalizzato. Occorre che, nel progetto, questo problema sia analizzato in tutte le sue implicazioni, che attengono, ancora una volta, sia al coordinamento gerarchico dell'informazione, che alla auspicata unicità dei dizionari e dei riferimenti topografici utilizzati dai vari sistemi, che al progetto di sistemi correttamente integrati.

3.5. La valutazione dei sistemi di informazione

La valutazione dei sistemi di informazione rientra nel quadro generale della valutazione dei cosiddetti Sistemi Intelligenti di Trasporto (o dei sistemi di Telematica per i Trasporti) che ha attirato l'attenzione dei ricercatori negli ultimi anni. Nel seguito si richiamano alcune regole a carattere generale, valide per la valutazione dei sistemi d'informazione.

3.5.1 Una procedura generale

La valutazione dei sistemi d'informazione deve far riferimento ad un quadro generale, che vede alcuni passaggi fondamentali, in una sequenza strutturata:

1. definizione del contesto e della missione;
2. definizione dei requisiti di utente;
3. descrizione strutturata del sistema;
4. definizione degli obiettivi della valutazione;
5. valutazione ex-ante (impatti attesi);
6. valutazione ex-post (impatti reali).

Le prime tre fasi sono state già descritte nei capitoli relativi alla progettazione. Qui si vuol mettere in luce l'importanza, anche ai fini della valutazione, che la progettazione rispetti le regole già date, e in particolare:

- che il contesto chiarisca tutti gli attori in gioco con le rispettive responsabilità;

- che la missione indichi gli scopi finali del sistema con sufficiente chiarezza (ad esempio, indichi se il sistema è orientato all'aumento di sicurezza o di efficienza o di comfort, e in sequenza, scendendo ad un livello di dettaglio maggiore, quali sono gli incidenti che si vogliono diminuire, ecc.;
- che gli utenti siano segmentati almeno nelle categorie indicate nel capitolo 5, e sia indicata anche quantitativamente la scomposizione del traffico nelle varie categorie di utenti. Tra gli utenti, infine, occorrerà considerare, separatamente, anche i gestori dei sistemi di trasporto e i gestori dei sistemi di informazione;
- che i requisiti siano indicati con chiarezza, rispetto alle diverse categorie di utenti.

3.5.2 Obiettivi della valutazione

La quarta fase indica il vero inizio della catena di valutazione ed è necessaria per delineare le attività strettamente legate alla valutazione stessa. Nella letteratura si distinguono diversi tipi di valutazione, ciascuno legato a diversi obiettivi. Seguendo l'approccio Converge, si citano come rilevanti per i sistemi di informazione:

1. la valutazione tecnica (che è orientata a verificare la capacità del sistema a rispondere ai requisiti tecnici, tipicamente legati alla funzionalità, all'affidabilità, ecc.);
2. la valutazione degli impatti (orientata a verificare gli impatti del sistema sul traffico, in termini di sicurezza, efficienza, comfort, ambiente, ecc.);
3. la valutazione della risposta dell'utente (accettazione del sistema, utilizzazione, disponibilità a pagare, ecc.);
4. la valutazione socio-economica (costi e benefici legati all'introduzione del sistema, analisi multi-criterio..);
5. la valutazione di mercato (capacità del sistema di guadagnare quote di mercato);
6. la valutazione finanziaria (investimenti e loro ritorno).

Sono rilevanti e presentano aspetti specifici le prime quattro tipologie di valutazione.

La *valutazione tecnica* dovrà essere condotta secondo le normali regole di collaudo e sarà facilitata dall'avere i requisiti di sistema ben riportati nella documentazione di progetto; in Appendice C una specifica attenzione è dedicata alla valutazione della robustezza del sistema rispetto ai guasti.

La *valutazione degli impatti* è la misura o la stima degli effetti di un sistema o servizio sui diversi gruppi di utenti. Si effettua o con misure sul campo, dirette o indirette, in diverse condizioni (tipicamente in assenza e in presenza del sistema/servizio), o con simulazioni. E' importante che sia definito l'elenco degli impatti da verificare con tutti gli indicatori necessari, l'elenco degli scenari di verifica, che devono includere il caso base (riferimento) e almeno un'alternativa, l'elenco dei gruppi di utenti interessati.

La *valutazione della risposta dell'utente* è particolarmente importante per verificare la congruità di un sistema di informazione. Anche in questo caso si deve definire l'elenco degli indicatori, degli scenari e dei gruppi di utente. La valutazione si può fare con gruppi di utenti (focus group), interviste mirate,

questionari. E' particolarmente importante separare le valutazioni eseguite su "affermazioni degli utenti" (stated preferences) da quelle eseguite su esperimenti reali. Nel primo caso, inoltre, occorrerà distinguere tra utenti esposti al sistema reale o utenti che non hanno avuto esperienze dirette. E' infatti molto frequente (per sistemi di informazione), che le analisi eseguite su "stated preferences" diano risultati molto ottimistici rispetto alla realtà.

La *valutazione socio-economica* mette insieme i risultati delle valutazioni di impatto e di risposta dell'utente, per estrapolare i benefici rispetto ai vari obiettivi. D'altro lato, calcola i costi del sistema e, infine, esegue il bilancio dei costi e dei benefici (valutazione costi-benefici) o valuta secondo diversi criteri (valutazione molti-criteri).

La *valutazione di mercato* non è particolarmente interessante in questo contesto (in cui ci si limita a considerare servizi di informazione non a pagamento per gli utenti), e, per gli altri aspetti, segue le normali regole di valutazione, così come la *valutazione finanziaria*.

Gli obiettivi della valutazione devono essere in conclusione elencati, separatamente per ogni sistema di informazione, ad esempio in una tabella come la seguente:

Tabella 3.1. Categorie di valutazione, obiettivi e gruppi di utenti

Categoria di valutazione	Obiettivo della valutazione	Gruppi di utenti coinvolti
Risposta dell'utente	1 Disponibilità a seguire	Pendolari, turisti,…
	2	
	3	
	.	
Valutazione di impatto	1	
	2. Riduzione del tempo di viaggio	Turisti
	3. Riduzione di incidenti secondari	Tutti i viaggiatori
	.	
	.	
Val. socio-economica	1	
	2	
	.	
	.	

L'ultimo passo è poi quello di tradurre gli obiettivi della valutazione in grandezze misurabili in una prova o in una simulazione, o comunque valutabili in modo preciso, ripetibile e quantitativo. A titolo di esempio, l'obiettivo "riduzione degli incidenti secondari" andrà specificato in termini di numeri misurabili di incidenti, in condizioni determinate e dovrà essere definito l'indicatore.

3.5.3. Valutazione ex-ante (definizione degli impatti attesi)

Le buone regole di valutazione affermano che, prima di definire le modalità di valutazione ex-post (e, normalmente, prima di installare e avviare il sistema) si devono definire gli impatti attesi, per tutte le categorie , obiettivi e gruppi di utenti elencati nella fase di definizione degli obiettivi. Si richiede, insomma, di eseguire un esercizio completo di valutazione, su dati ipotetici. Questa fase ha diversi scopi:

- Fornisce gli elementi per la decisione sulla spesa e sull'installazione del sistema
- Verifica che la procedura di valutazione sia completa
- Fornisce gli elementi necessari per progettare le prove sul campo.

Vale la pena di considerare l'ultimo punto: per progettare prove sperimentali adatte a verificare impatti sul traffico, bisogna prima conoscere il livello di impatto che si deve misurare. Infatti, l'errore di misura accettabile sarà, in prima istanza, una percentuale dell'impatto previsto; sarà quindi tanto più piccolo (con costi e difficoltà di prova più alte) quanto più piccolo l'impatto.

In conclusione, quindi, fa parte della progettazione lo stimare gli impatti attesi per i vari gruppi di utenti definiti nei requisiti di sistema.

Questa stima si effettua con diverse tecniche, alcune delle quali sono strettamente legate alle tecniche di progettazione:

- con simulazioni su modelli di traffico (gli stessi che si devono utilizzare per la progettazione di sistema) sugli scenari implicati nella valutazione;
- facendo riferimento alla letteratura, per valutare le grandezze che non si possono ottenere da simulazioni. Basterà, a questo proposito citare tutti gli indicatori relativi alla sicurezza, per cui, allo stato dell'arte, si può certamente sconsigliare l'uso della simulazione (quando sono coinvolti sistemi di informazione); analogamente, si dovrà far riferimento alla letteratura per stimare la risposta dell'utente all'informazione in tempo reale;
- mediante indagini mirate su gruppi di utenti (con i limiti già accennati per le "stated preferences");
- mediante analisi affidate a gruppi di esperti, con le opportune metodologie (analisi Delfi o simili).

3.5.4. Valutazione ex-post (impatti reali)

La valutazione ex-post viene effettuata con misure sperimentali sul campo, eventualmente accompagnate da analisi sperimentali del comportamento dell'utente (nelle diverse condizioni) e da simulazioni (per estendere il significato dei risultati a casi di carattere generale).

E' di cruciale importanza che i dati finali siano significativi dei dati. Ciò implica che le prove sperimentali e le analisi del comportamento devono essere progettate in modo da ottenere una ragionevole significatività dei risultati. Si raccomanda che, insieme agli impatti attesi, il progettista definisca per ciascun

indicatore la significatività che pretende dall'esperimento. Si potrà indicare, ad esempio, l'errore standard massimo. Da questo errore e dalla definizione precisa dell'indicatore discendono il progetto delle prove sperimentali, della loro durata, dell'insieme degli utenti da considerare, etc.

3.5.5. Indicazioni specifiche per i sistemi di informazione

Le indicazioni sulla valutazione vengono specializzate al caso dei sistemi di informazione e si forniscono elementi utili per la progettazione della valutazione.

Gruppi di utenti
Oltre ai gruppi definiti nella segmentazione degli utenti (cap. 5), sono rilevanti anche i gestori delle reti di traffico e gli operatori dei sistemi

Impatti
I sistemi di informazione possono avere impatto su:

- efficienza del sistema di traffico (miglior equilibrio, migliori curve di deflusso);
- la sicurezza (riduzione di incidenti);
- l'ambiente (riduzione del consumo e delle emissioni);
- il comfort (riduzione dell'incertezza nel viaggio).

Esempi di indicatori di impatto (per il caso di informazione visiva)

Legati alla risposta dell'utente

Credibilità (% di utenti che credono al messaggio, avendolo "visto"
Visibilità (% di utenti che "vedono" il messaggio venendo esposti)
Leggibilità (% di utenti che riescono a leggere, avendo visto)
Comprensibilità (% di utenti che capiscono il senso, avendo letto)
Riduzione di stress (% di utenti che dichiarano una riduzione di stress)
Accettazione (% di utenti che accettano il suggerimento)
……

Legati agli impatti delle strategie

Velocità media
Varianza della velocità
Differenza tra velocità media e velocità attesa
……
Incidenti per veicol/km.
Incidenti con morti per v/km
Incidenti con feriti per v/km
……..
flussi di traffico
flussi di traffico spostati
tempo di viaggio totale
veicoli*km totali
consumo di combustibile
emissioni totali
livello del rumore acustico
……

Costi da considerare nella valutazione socio-economica

Si considerano solo i costi per il gestore del sistema (costi del sistema e costi operativi). Infatti, non si esegue la valutazione del mercato, che imporrebbe invece di analizzare i costi per l'utente.

Benefici tangibili da considerare

Sicurezza:	riduzione di danni, feriti, morti
Efficienza	
Durata dei viaggi:	risparmio di tempo e nell'uso dei veicoli
Lunghezza dei viaggi:	risparmio nell'uso dei veicoli
Ambiente	riduzione di emissioni (gas, rumori)

3.5.5. Indicazioni per la valutazione ex-ante dei sistemi a Pannelli a Messaggio Variabile

La valutazione ex-ante, un passo necessario nella strategia di valutazione qui proposta, deve basarsi su esperienze precedenti, su analisi di gruppi di utenti, su dati ripresi dalla letteratura. E' quindi utile riportare alcune indicazioni, ottenute dai risultati delle ricerche e delle sperimentazioni.

Il comportamento dell'utente

E' noto come l'utente, intervistato sull'utilità di un sistema di informazione sul traffico, tende a dare, in genere, risposte positive, sia sull'utilità generale, che sulla volontà di usare l'informazione. Quando poi si confrontano i dati delle interviste con analisi oggettive, si ottengono, di norma, risultati meno incoraggianti. Si deve comunque notare come la risposta reale dell'utente sia notevolmente influenzata dalla natura del sistema d'informazione, dalla credibilità e dagli altri parametri già descritti in fase di raccomandazioni progettuali. In ogni caso, è comunque bene tenere conto che le analisi oggettive portano ad affermare che:

- per sistemi PMV orientati alla scelta del percorso in ambito urbano (dove la percentuale di utenti regolari è alta, le alternative possibili sono molte e l'attenzione verso i pannelli è relativamente bassa), la percentuale di utenti che seguono fedelmente le indicazioni è, spesso, inferiore al 10% - anche se le indicazioni sono chiare e motivate. Alcune ricerche sperimentali hanno mostrato che si avvicina al 50% la percentuale di utenti che non osservano il pannello; tra quelli che osservano, poi, ancora il 50% non legge o non capisce; dei rimanenti, alcuni decidono di non seguire le indicazioni. Per sistemi che diventano, nel tempo, poco credibili, le percentuali si abbassano ulteriormente. Percentuali più alte si osservano in ambito autostradale, dove l'attenzione ai pannelli è più alta e le alternative di scelta sono minori. Si noti peraltro come le percentuali osservate, se pure sono relativamente basse, possono in ogni caso essere sufficienti a influenzare il traffico.

- Per sistemi PMV orientati alla gestione ottimale dei flussi su tronchi autostradali (controllo di velocità), si è osservato che la riduzione di velocità (pur variando da paese a paese) non è mai simile a quella indicata dai

pannelli. La percentuale di utenti che seguono alla lettera le indicazioni è veramente minima; al contrario, quasi tutti riducono la loro velocità. In alcune ricerche, si è visto come le riduzioni percentuali medie di velocità possano variare, a seconda del tipo di cartello, da pochi per cento fino al 10 per cento. I sistemi, comunque, portano ad un effettivo miglioramento delle condizioni di funzionamento, soprattutto nella zona vicino alla zona critica (vengono ritardati gli inneschi dell'instabilità, con un piccolo aumento della capacità del tronco autostradale e una riduzione delle congestioni)

- Per sistemi PMV orientati alla sicurezza in autostrada (controllo di velocità, segnalazione di incidenti e anomalie) ottengono una piccola riduzione degli incidenti gravi (difficile da valutare con esattezza nella pratica) ma una marcata riduzione degli incidenti secondari e dei tamponamenti (si arriva, in alcuni esperimenti, a riduzioni del 30-40%, con conseguente riduzione dei tempi di viaggio. L'efficacia di questi sistemi, che a volte utilizzano prescrizioni di velocità è nettamente collegata alle pratiche di repressione di comportamenti scorretti in uso sulla rete.

APPENDICE A. CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI DI INFORMAZIONE

La classificazione dei sistemi di informazione all'utenza può essere eseguita secondo diversi criteri di seguito brevemente descritti.

A.1. Classificazione secondo il mezzo di comunicazione finale

In questa classificazione, le tipologie rilevanti sono due:

- Informazione non differenziata per utente: Pannelli a Messaggio Variabile
- Informazione Individuale (o differenziata per utente): mezzi di informazione individuale, che a loro volta si possono dividere in:
  - "broadcast", capaci solo di trasferire informazioni da una sorgente, che trasmette in broadcast a tutti gli utenti in una determinata area (esempio : servizi radio in voce, RDS/TMC).
  - Pannelli virtuali, capaci di raggiungere l'utente con l'informazione per lui rilevante, indipendentemente dalla destinazione, nel luogo in cui può modificare le sue decisioni (esempio: servizi RDS/TMC completati da un filtraggio a bordo del veicolo, servizi basati sulla localizzazione del veicolo)
  - Servizi di informazione relativi al percorso dell'utente (esempi : come sopra, ma con informazioni filtrate in base al percorso scelto dall'utente).

A.2. Classificazione secondo la rete di traffico

In questa classificazione, le tipologie di rete rilevanti sono tre:

- rete di traffico urbano (o, meglio, metropolitana);
- rete autostradale;
- rete extraurbana non autostradale.

Le caratteristiche rilevanti delle tre reti, per quanto riguarda l'informazione agli utenti, si possono riassumere come nel seguito.

La rete metropolitana è densa, molte sono le alternative. Il grafo, in termini sia di origini/destinazioni che in termini di archi e connessioni non è definibile in modo unico né "noto" ad una buona parte degli utenti, se non in modo implicito o attraverso una descrizione molto dettagliata. La quantità di informazione, inoltre, è estremamente elevata. Come conseguenza, diventa estremamente difficile progettare sistemi di informazione generici; occorrerà puntare a servizi puntuali (es. informazione sui parcheggi, o su percorsi specifici e noti, ecc.)

La rete autostradale rappresenta, dal punto di vista dell'informazione all'utenza, il caso opposto: una rete relativamente semplice, ben nota agli utenti, con località ben definite. Dare informazioni su questa rete è possibile. Inoltre, la presenza di tratte ben identificate e, d'altra parte, i problemi di efficienza e di sicurezza portano ad utilizzare i sistemi di informazione anche per "controlli del flusso".

La rete extraurbana è intermedia tra i due casi precedenti: le sue caratteristiche e quelle relative alla domanda, portano a privilegiare sistemi di informazione destinati a coprire esigenze locali o puntuali.

A.3. Classificazione secondo lo scopo immediato dell'informazione

L'informazione, anche in base allo schema di principio introdotto in fig. 1, può avere diversi obiettivi. catalogabili in :

- scelta e modifica del percorso
  rientrano in questa categoria tutti i sistemi di informazione che permettono all'utente una facile scelta (e modifica) del suo percorso, per raggiungere la sua destinazione. Sono qui incluse sia le informazioni sulle congestioni o sui tempi di percorso, sia quelle sullo stato della rete - parcheggi inclusi - e sull'inquinamento, sia, infine, i suggerimenti di cambio di direzione o di percorso. Tutte queste informazioni hanno in comune la proprietà di permettere la scelta più conveniente al momento opportuno. L'informazione deve quindi contenere anche eventi che sono lontani dalla posizione attuale dell'utente.
- diversione obbligata
  rientrano in questa categoria i sistemi di informazione che indicano all'utente il percorso alternativo in caso di diversione obbligata. Essi seguono l'utente per tutto il nuovo tratto, fino al rientro sulla strada nota (o, comunque, sull'itinerario normalmente contenuto nei segnali statici).
- modifica del comportamento di guida
  rientrano in questa categoria tutte le informazioni che tendono a modificare il comportamento di guida dell'utente "mentre è su un tratto di strada". Tra queste, occorre citare almeno:
  - raccomandazioni di velocità
  - limiti di velocità
  - raccomandazioni di corsia
  - divieto di sorpasso
  - indicazioni di pericoli specifici, quali
    - congestione, incidente, nebbia, vento, ghiaccio
    - strada pericolosa, lavori in corso, ecc.

E' bene osservare che alcune di queste informazioni, che sembrano sovrapporsi e coincidere con quelle citate nella categoria "scelta del percorso" (si vogliono citare i casi di congestione e di informazioni sullo stato della strada), sono invece sostanzialmente diverse e non devono essere confuse.

Infatti, se lo scopo è quello di modificare il comportamento di guida, l'informazione deve raggiungere il guidatore "immediatamente" prima della situazione pericolosa (poche centinaia di metri) e in forma molto facilmente visibile; se l'informazione fosse troppo anticipata, non otterrebbe lo scopo. Questi tipo di informazione richiede, in generale, infrastrutture fisse (PMV) dedicate, con pittogrammi.

Al contrario, se l'informazione deve servire a modificare il percorso, deve raggiungere l'utente con sufficiente anticipo (almeno prima dell'ultima intersezione utile), in modo da permettergli di prendere la decisione a ragion

veduta. Anche la forma dell'informazione deve essere diversa, e corredata da dati di testo o quantitativi (tempo previsto di percorso, e/o percorsi alternativi). In questo caso, sistemi di informazione individuale possono essere particolarmente adatti.

Si tratta quindi di due tipi di informazione completamente diversi, anche se riferiti allo stesso evento, che devono essere trattati con funzioni, tecniche e tecnologie diverse.

A.4. Classificazione secondo la qualificazione del contenuto

Si articola in:

- (pura) informazione ("*informazione*"): il messaggio contiene informazioni (anche dettagliate) ma non è accompagnato da alcun suggerimento. Tra i casi citati in precedenza, si possono citare le informazioni sulla congestione, sullo stato della rete, sui tempi di percorso;
- indicazione o suggerimento ("*consiglio*"): il messaggio contiene suggerimenti, con o senza la spiegazione delle motivazioni (raccomandazioni di velocità, suggerimenti di percorso...);
- avviso di situazione difficile ("*preavviso*"): il messaggio avvisa l'utente di una situazione prossima, e non contiene suggerimenti espliciti; è normalmente realizzato con segnali circondati da triangolo rosso;
- segnalazione di un obbligo ("*controllo*"): il messaggio contiene un obbligo (limiti di velocità) ed è realizzato con un segnale che implica obbligo e prescrizione (che deve però trovare rispondenza nelle Norme di Codice della Strada).

E' chiaro che questa classificazione si può facilmente combinare con la precedente, mostrando che:

- alla categoria "scelta del percorso" si applica bene il livello " informazione" e, solo in alcuni casi (quando sia possibile individuare facilmente il percorso o comunicarlo all'utente - tramite sistemi/servizi di informazione individuale) il livello "consiglio" (che, per altro, dovrebbe essere accompagnato dal livello "informazione");
- alla categoria "diversione" si applica bene il livello "consiglio", meno bene il "controllo" (entrambi, per altro, dovrebbero essere accompagnati dal livello "informazione");
- alla categoria "modifica del comportamento" si applicano entrambi i livelli "controllo" che "consiglio" senza che sia univoca la scelta tra i due, che deve essere invece dettata dall'obiettivo finale (e sarà rappresentata dalla scelta del tipo di pannello).

Anche considerando l'obiettivo sicurezza, che sembrerebbe privilegiare il livello "controllo", occorre notare che, in alcuni casi, l'obiettivo intermedio è quello di rendere omogenee le velocità dei vari veicoli (esempio. nebbia in autostrada), che si raggiunge più facilmente - per velocità non troppo basse - con una raccomandazione di velocità che con una limitazione (in quest'ultimo caso, infatti, non si può evitare che alcuni veicoli procedano a velocità nettamente più basse del limite).

APPENDICE B. UN INSIEME DI REGOLE PER MESSAGGI TESTUALI SUI PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE

L'insieme di regole presentato nel seguito tiene conto della situazione italiana e dei suggerimenti Europei; in particolare considera che:

- il testo dei pannelli deve essere breve. In ogni caso non si devono utilizzare più di tre righe di 15 caratteri ciascuna; tra varie alternative è quindi opportuno scegliere il testo più breve;
- il messaggio alfanumerico in un PMV è solo informazione; si sono tralasciati quindi messaggi che esplicitamente o implicitamente comportano obbligo o prescrizione;
- le indicazioni di localizzazione sono espresse come denominazione di località, pur non escludendo la possibilità di passare a indicazioni chilometriche

Inoltre, il set minimo qui presentato si riferisce essenzialmente ai PMV in itinere, pur potendosi utilizzare anche per quelli esterni, i quali potrebbero, in alcuni casi, disporre di un maggior numero di caratteri. La necessità di normalizzare i messaggi richiede si faccia lo sforzo di utilizzare il set minimo anche in questi casi.

informazioni sullo stato del traffico

Coda	presenza di veicoli in condizioni di “stop and go” con fasi di “stop” prevalenti su quelle di “go”.
Incidente	situazioni in cui uno o più veicoli perdono controllo, incluse le collisioni tra veicoli e altri utenti della strada, tra veicoli e ostacoli fissi od anche fuoriescono dalla sede stradale; evento imprevedibile che diminuisce la capacità della strada e/o riduce il livello di sicurezza e che può arrecare disturbo alle condizioni di flusso del traffico.
Rallentamenti	presenza di sintomi di sovraffollamento, di veicoli in marcia molto lenta ma in movimento praticamente continuo (fasi di “go” prevalenti su quelle di “stop”).
Traffico intenso	presenza di una situazione di traffico elevato che può degenerare in un rallentamento alla minima turbativa. Composizione del traffico abbastanza omogenea senza significativi differenziali di velocità.
Traffico bloccato	presenza di ostacoli alla circolazione che comportano il totale arresto dei veicoli; i veicoli sono quindi fermi sulla carreggiata (traffico in fase di “stop”).

informazioni sullo stato della strada

Autostrada chiusa	provvedimento temporaneo di divieto do accesso ad una intera autostrada, usualmente accompagnato da chiusura fisica o presenza di agenti di polizia.
Chiuso tratto	provvedimento temporaneo di divieto di accesso a determinate sezioni autostradali o stradali.
Uscita obbligatoria	provvedimento temporaneo indicante la chiusura di un tratto autostradale a valle dell'uscita; si può usare congiuntamente o in alternativa al messaggio "Chiuso tratto".
Uscita chiusa	provvedimento temporaneo di chiusura di uscita da autostrada o strada statale.
Uscita consigliata	provvedimento temporaneo da adottare in condizioni di traffico intenso in determinate sezioni della rete stradale per evitare l'insorgere di congestioni.

Informazioni relative ai lavori strada

Lavori	non è necessaria ulteriore specificazione; deve essere indicata la tratta interessata da lavori.
Sgombraneve in opera	indica la presenza in carreggiata di sgombraneve in esercizio; l'informazione può essere integrata o sostituita dal corrispondente segnale di indicazione del Codice della Strada.
Segnaletica in rifacimento	assenza di segnaletica orizzontale per ripavimentazione; può essere integrato o sostituito dal corrispondente segnale di indicazione del Codice della Strada.
Riduzione di carreggiata	provvedimento temporaneo che prevede il transito dei veicoli su un numero di corsie inferiore a quelle disponibili su una carreggiata; può essere integrato o sostituito dal corrispondente segnale di indicazione del C. d. S.

Indicazione di divieti/obblighi

Catene montate	catene o pneumatici da neve montati; l'informazione è opportuna sulla viabilità esterna e agli ingressi dell'autostrada
Catene a bordo	le vetture devono marciare con catene a bordo o con pneumatici da neve montati; il messaggio viene fornito in conseguenza di previsioni meteorologiche; l'informazione è opportuna sulla viabilità esterna e agli ingressi dell'autostrada

Informazioni su condizioni meteorologiche

Ghiaccio	presenza di strada ghiacciata; il messaggio può specificare il segnale pittografico di ghiaccio.
Possibilità ghiaccio	c.s., in conseguenza di previsioni meteorologiche.
Nebbia	visibilità inferiore ai 200 metri sulle autostrade e sulle strade extraurbane principali e inferiore a 130 m sulle rimanenti strade.
Nebbia a banchi	presenza di nebbia in banchi; il messaggio può specificare il segnale pittografico di nebbia.
Neve	presenza di neve sulla carreggiata.
Vento forte	raffiche di vento che pregiudicano la stabilità dei veicoli; il messaggio può specificare il segnale pittografico di vento[ii].

Altre indicazioni

testo libero, nel rispetto delle regole generali.

Informazioni a carattere generali

SOS fuori servizio	si applica solo alle autostrade e strade principali dotate di servizio chiamata soccorso con colonnine; può essere accompagnato dall'indicazione della tratta ove il servizio non è disponibile.

Indicazioni di localizzazione

Tratto ...
A ...
Tra ... e ...
Fino a ...
Per km ...
Intera rete
Intera tratta
Direzione ...
Barriera di ...
Stazione di ...

APPENDICE C. ROBUSTEZZA DEI SISTEMI D'INFORMAZIONE RISPETTO AI GUASTI

La robustezza ai guasti è condizione necessaria perché un sistema di informazione sia efficiente; in caso contrario, infatti, l'utente è portato a perdere fiducia nel sistema e, di conseguenza, a non utilizzarlo. Il progettista dovrà quindi utilizzare, nel progetto, tutti gli accorgimenti utili a definire nel dettaglio le caratteristiche di affidabilità del sistema. Nel seguito, vengono forniti alcuni elementi utili a definire una metodologia di progettazione orientata alla robustezza.

C.1. Definizioni elementari e regole di progetto

Un sistema ingegneristico è caratterizzato da una *durata di vita utile* all'interno della quale è soggetto di norma soltanto a guasti aleatori. La vita utile inizia dopo che sono stati eliminati i guasti giovanili e i difetti di fabbricazione, termina quando iniziano a manifestarsi i fenomeni dovuti a usura e vecchiaia, che rendono il sistema non utilizzabile. Un sistema di informazione deve utilizzare sottosistemi e componenti ciascuno dei quali sia all'interno della sua durata di vita utile. A questo scopo, nel progetto si definiranno sia le regole di accettazione dei componenti e dei sottosistemi, che le regole di manutenzione correttiva e di manutenzione preventiva, e le regole di sostituzione dei componenti giunti al termine della vita utile.

Vista comunque la natura aleatoria dei guasti durante la vira utile, un sistema deve essere dimensionato sia per potersi proteggere dalle conseguenze di guasti non prevedibili, sia per poterli sopportare. Questi guasti avvengono in modo aleatorio, con una frequenza che dipende dalla natura dei componenti, dalla qualità del progetto e della realizzazione. In termini quantitativi, è possibile associare ad ogni sottosistema un *tempo medio tra guasti (MTBF* - mean time between failures). La conoscenza di questa caratteristica di un sottosistema è importante, ma non sufficiente. Infatti, per conoscere la durata di un fermo di sistema dovuto ad un guasto, occorre conoscere anche (in uno schema semplificato, per noi sufficiente) il *tempo medio di rilevamento del guasto (MTTD* - mean time to detect) e *il tempo impiegato per riparare il guasto (MTTR* - mean time to repair).

Dati questi elementi, si calcola quindi il *livello di servizio* di un sistema a causa di guasti aleatori (percentuale di tempo in cui il sistema è operativo) che è dato dalla seguente espressione (tutte le grandezze in unità omogenee):

$$LS = \frac{MTBF}{MTBF + MTTD + MTTR}$$

L'espressione chiarisce come sia possibile, per ottenere un buon livello di servizio di un sistema, agire su diversi fronti :

- aumentare il parametro MTBF caratteristico della qualità costruttiva e della resistenza ai guasti di un sistema. Ciò significa scegliere, in fase progettuale, componenti e sistemi più robusti e/o adottare strategie efficaci di tolleranza ai guasti
- diminuire il tempo MTTD. Ciò significa (in particolare per un sistema di informazione che agisce direttamente sull'utente), aumentare la capacità di autodiagnosi di tutti i sottosistemi
- diminuire il tempo MTTR. Ciò attiene sia al progetto di sistema (e implica che nella progettazione si tenga conto della necessità di sostituire componenti e sottosistemi durante il normale funzionamento del sistema di trasporto) che al progetto e al dimensionamento dell'organizzazione di manutenzione. Infine, questo attiene anche all'opportunità di utilizzare componenti (hardware e software) standardizzati e facilmente reperibili sul mercato, per tutta la durata di vita prevista del sistema.

Occorre poi ricordare come le considerazioni precedenti richiedano qualche adattamento per poter essere riferite ad un sistema di informazione. Mentre, infatti, il livello di servizio di un componente elementare può essere ben descritto dalle relazioni precedenti (esso infatti si trova in due stati diversi - di funzionamento o di guasto), questo non è mai vero per un sistema complesso (l'insieme degli stati di un sistema complesso è molto vasto).

Nella pratica, questa considerazione affida una ulteriore responsabilità al progettista, che è tenuto a definire l'elenco dei guasti rilevanti per la funzionalità del sistema (e, se del caso, il loro livello di rilevanza).

Nella pratica, il progettista dovrà indicare - per ogni sottosistema - le condizioni di in cui esso non è più in grado di contribuire all'esercizio di una specifica funzione ; il livello di servizio di progetto per ogni sottosistema o funzione, le regole base (MTBF, MTTD, MTTR) con cui questo livello di servizio viene raggiunto.

Facendo riferimento, a titolo di esempio, ad un sistema di informazione chiuso a pannelli a messaggio variabile, costituito da un centro e da diversi pannelli, si potrà affermare che il sistema non è in servizio quando si verifica una delle seguenti condizioni:

- quando il centro non è operativo
- quando la catena di comunicazione non è operativa
- quando il pannello non è in grado di visualizzare l'informazione

Le prime due condizioni sono facilmente definibili (e, di norma, nel progetto si punterà ad avere un livello di servizio molto elevato per questi componenti), la terza condizione richiede qualche riflessione ulteriore. Infatti un pannello è composto da molti elementi, alcuni dei quali soggetti a guasti e ad usura; lo sono, in particolare, gli elementi di visualizzazione. Nella pratica si raccomanda che un pannello con un numero elevato di elementi di visualizzazione guasti, tale da non rendere leggibile l'informazione, sia messo fuori servizio, La norma CEI 214-2/1 indica un valore limite pari all'8% del numero totale di elementi, se i guasti sono distribuiti, e valori diversi per guasti su singoli elementi. Quindi, il

pannello è da considerarsi guasto se il suo controllore è guasto o se gli elementi di visualizzazione guasti sono maggiori del limite.
Il progettista dovrà quindi corredare il progetto del calcolo del livello di servizio complessivo (e, in un sistema complesso) dei livelli di servizio per singole funzioni, fornendo il dettaglio degli elementi di calcolo per ogni sottosistema (nell'esempio, per il pannello, il centro, la rete di comunicazione).

C.2 Progettazione robusta

Le regole di calcolo del livello di servizio fornite nel paragrafo precedente sono sufficienti solo se il sistema è progettato in modo robusto: cioè se le conseguenze dei guasti nei sottosistemi componenti sono limitate e non sono tali da generare inconvenienti gravi. Nell'esempio riportato, si sono volutamente descritti, per ogni sottosistema, solo due stati di funzionamento (corretto o guasto). Si è anche assunto, implicitamente, che in caso di guasto il sistema non trasmetta all'utente informazioni errate.

Queste assunzioni implicano che, nel progetto, si siano seguite alcune regole elementari orientate ad ottenere un sistema robusto. Per un sistema a PMV, regole di questo tipo potrebbero includere:

- la capacità del pannello di disattivare una qualsiasi presentazione
  - avendo diagnosticato un guasto nel sistema di comunicazione o una mancanza di messaggi dal centro (in entrambi i casi la presentazione verrà disattivata dopo un tempo limite prefissato)
  - avendo diagnosticato un guasto nella logica del pannello (con tecniche di watch-dog o simili)
  - in seguito ad una caduta di alimentazione
  - avendo diagnosticato un numero di guasti sugli elementi di visualizzazione maggiore del valore limite.
- la capacità del sistema di comunicazione di non produrre errori di trasmissione tali da generare presentazioni errate sul pannello (quindi con sufficienti protezioni da errori di trasmissione)
- una architettura che prevede che il centro rinfreschi in continuazione il pannello (con tempi inferiori al tempo limite).

Si noti come il rispetto di alcune di queste regole, peraltro in linea con le normative citate, ponga requisiti stringenti ai componenti del sistema, e in particolare ai pannelli.

.