

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI

ISPETTORATO GENERALE PER LA CIRCOLAZIONE E LA
SICUREZZA STRADALE

DEFINIZIONE DEI PRINCIPALI TEMI DI RICERCA PER IL
MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DELLE
INFRASTRUTTURE NEL BREVE, MEDIO E LUNGO
PERIODO

SCHEDA 17

**MISURE TARIFFARIE PER LA SICUREZZA
STRADALE**

Università degli Studi di Napoli "Federico II" - Dipartimento di Ingegneria dei Trasporti

Università degli Studi di Messina - Dipartimento di Costruzioni e Tecnologie Avanzate

Napoli, 9 ottobre 2000

INDICE

1 OBIETTIVI E FUNZIONI DELLE POLITICHE TARIFFARIE	3
1.1 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA.....	3
2 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA.....	4
2.1 Motivazioni del tema di ricerca	4
2.2 Stato dell'arte	4
3 LINEE GENERALI DELLA RICERCA E RISULTATI ATTESI.....	6
3.1 Contenuti e modalità di realizzazione	6
3.1.1 Oggetto della ricerca	6
3.1.2 Modalità di esecuzione	6
3.1.3 Tempi, Risorse e Costi	6
3.1.4 Modalità di archiviazione dei dati e dei risultati conseguiti.....	7
4 QUALIFICAZIONE E MODALITA' DI AGGIUDICAZIONE	8
4.1 Competenze necessarie.....	8
4.2 Criteri di aggiudicazione e di collaudo	8

1 OBIETTIVI E FUNZIONI DELLE POLITICHE TARIFFARIE

1.1 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA

L'utilizzo del "road pricing" è stato proposto al fine di:

- modificare la distribuzione dei flussi di equilibrio in una rete, che si sviluppa normalmente secondo il modello di comportamento dell'utente detto di tipo "user", al fine di ottenere una distribuzione dei flussi diversa, per esempio di tipo "system optimal".
- modificare la splittatura modale fra i diversi modi di trasporto, in una rete o su una determinata relazione di traffico.
- recuperare i costi di manutenzione, e, almeno in parte, quelli di ammortamento di una infrastruttura stradale.
- rendere possibile l'esistenza di un punto di equilibrio che rispetti i vincoli di capacità sugli archi della rete.

La ricerca dovrebbe mettere in luce se è possibile utilizzare questo strumento, che è stato a questo fine ridenominato "road safety pricing", per aumentare la sicurezza della circolazione stradale. Uno degli utilizzi del "road safety pricing" è stato richiamato qui sopra: l'ottenimento di una distribuzione di equilibrio in una rete di trasporto che rispetti i vincoli di capacità. Infatti il superamento dei vincoli di capacità, consideriamo per esempio il caso del sistema di trasporto autostradale, implica l'instaurarsi di fenomeni di instabilità che, come è stato da più parti messo in evidenza, pregiudicano la sicurezza del sistema.

Un utilizzo ancora più generale del "road security pricing" è quello di modificare il comportamento che l'utente naturalmente tiene: al fine di indurre un comportamento migliore dal punto di vista della sicurezza della circolazione. Questo può essere ottenuto attraverso la determinazione del valore di sostituzione che l'utente associa alla sicurezza del viaggio: ossia quanto l'utente è disposto a pagare in termini di diminuzione della sicurezza per una diminuzione del tempo del viaggio. Attraverso la penalizzazione, in termini monetari, di questa scelta di viaggio si possono modificare i comportamenti più pericolosi per la sicurezza. Per esempio l'utente che viaggia su una determinata strada a velocità elevate dovrebbe pagare un

pedaggio maggiore di quello che viaggia a velocità moderate, che potrebbe addirittura avere un sussidio. Lo stesso potrebbe verificarsi per la scelta del viaggio fra una certa coppia O-D fra un itinerario, magari più breve, ma pericoloso, ed uno, magari più lungo ma meno pericoloso. Una situazione analoga potrebbe essere considerata per alcuni tipi di utenti, per esempio i conducenti di veicoli pesanti che potrebbero essere incentivati ad utilizzare le infrastrutture in determinati periodi temporali in cui risulta meno intenso il conflitto con il traffico delle autovetture: infatti, come da più parti è stato messo in evidenza, l'alta dispersione delle velocità in una corrente di traffico aumenta la probabilità del verificarsi di incidenti.

2 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA

2.1 MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA

2.2 STATO DELL'ARTE

Il "road pricing", su un arco di una rete di trasporto secondo la teoria economica tradizionale (Beckmann et al., 1956) deve essere pari alla differenza fra il contributo marginale, al costo del trasporto sull'arco, di una unità infinitesima addizionale di traffico, e il costo del trasporto stesso (*"marginal social cost pricing tolls"*). Questo approccio assicura che il vettore di equilibrio (*"user equilibrium"*) risultante dalla modifica delle funzioni di costo sia *"system optimal"*: ossia quello che nel caso di domanda rigida minimizza il costo totale del trasporto nella rete e quello che massimizza il surplus dell'utente nel caso di domanda elastica. Non considerando però nel costo del trasporto le tariffe pagate dagli utenti. Recentemente questo approccio è stato ripreso da alcuni autori (Bergendorff et al., 1997, per il caso di domanda rigida; Hearn e Yildirim, 1999, per il caso di domanda elastica) che dimostrano che di vettori di pedaggio che trasformano il vettore *"system optimal"* in un vettore di equilibrio ce ne sono un numero infinito. Questi vettori di pedaggi, che costituiscono il, *"tool set"*, e che possiamo definire *"efficienti"*, possono avere sia componenti positive, sia negative: ossia un vettore *"system optimal"* può essere ottenuto imponendo pedaggi su alcuni archi della rete e fornendo sussidi su altri archi. La possibilità di effettuare questi rimborsi è alla portata delle tecnologie

attualmente disponibili. La somma totale ricavata dal pedaggio è costante per i diversi vettori “efficienti” nel caso del problema a domanda elastica, è variabile per i diversi vettori efficienti nel caso del problema a domanda rigida. Al fine di scegliere quale sia il vettore di pedaggi “efficienti” più opportuno sono stati proposti criteri differenti: vincolarlo ad avere componenti non negative, ossia escludere i sussidi, scegliere quel vettore di pedaggi che minimizza il pedaggio totale pagato dagli utenti (almeno nel caso di domanda rigida), minimizzare il massimo pedaggio non negativo pagato dagli utenti, minimizzare il numero di pedaggi raccolti, ed altri ancora (Hearn e Ramana, 1997). Un criterio che potrebbe essere utilizzato è proprio quello di scegliere il vettore di pedaggi “efficienti” che massimizza la sicurezza della circolazione.

Per quanto riguarda i vincoli di capacità i dati sugli incidenti riportati da Persaud e Dzbik (1993) per le autostrade mettono in evidenza come la frequenza degli incidenti aumenta notevolmente nel caso di circolazione in condizioni congestionate, rispetto al caso di situazioni con alti volumi di traffico, ma non congestionate. Risulta pertanto importante dal punto di vista della sicurezza che i vincoli di capacità su una rete siano rispettati. Ferrari (1995,1997) dimostra che il problema dell’equilibrio deterministico in una rete di trasporto con domanda elastica e vincoli di capacità sugli archi può non ammettere soluzioni. Ferrari dimostra come l’equilibrio possa essere ottenuto imponendo dei pedaggi sugli archi sui quali sono considerati i vincoli di capacità. Yang e Yagar (1995), Yang e Bell (1997) partendo dall’ipotesi dell’esistenza di un punto di equilibrio (“queuing network equilibrium”) considerano i valori dei moltiplicatori di Lagrange associati ai vincoli di capacità come i pedaggi che devono essere imposti per evitare che il tempo speso in coda sia eccessivo.

Ferrari (1999) ha proposto un metodo per la determinazione del “road pricing” nel caso di una rete di trasporto multimodale in cui le variabili decisionali, fra cui figurano anche i pedaggi, sono determinate minimizzando la funzione di soddisfazione (Daganzo 1979) corrispondente ad un modello logit di scelta aleatoria fra il sistema di trasporto privato e quello pubblico. Recentemente Ferrari (2000) ha presentato una nuova teoria per determinare il “road pricing” in una rete di trasporto monomodale: esso viene determinato massimizzando la differenza, fra il valore prima e dopo l’imposizione delle tariffe, di una funzione di “social welfare” che tiene conto, fra l’altro, dei costi di manutenzione affrontati dal gestore della rete e del costo economico della imposizione di tasse alla comunità. Un approccio di questo genere potrebbe essere utilizzato per il miglioramento della sicurezza tenendo conto, nella determinazione della funzione obiettivo di “social welfare”,

del problema della sicurezza.

Il termine “road safety pricing” è apparso recentemente in Cascetta et al. (1999): non risultano nella letteratura tecnica, a tutt’oggi, la pubblicazione dei risultati di applicazioni pratiche di questo concetto.

3 LINEE GENERALI DELLA RICERCA E RISULTATI ATTESI

3.1 CONTENUTI E MODALITÀ DI REALIZZAZIONE

3.1.1 Oggetto della ricerca

La ricerca, dopo la messa a punto di modelli teorici che permettano il calcolo del “road safety pricing” su una rete di trasporto individuale, dovrebbe attraverso studi di casi “test”, relativi a reti reali, determinare i risultati che concretamente si possono ottenere applicando la leva tariffaria per modificare il comportamento naturale dell’utente al fine di migliorare la sicurezza della circolazione. Gli studi dovrebbero essere di tipo “before and after” ossia basati sul confronto empirico fra il tasso di incidentalità prima e dopo l’applicazione del “road safety pricing” sulle reti oggetto di studio.

3.1.2 Modalità di esecuzione

3.1.3 Tempi, Risorse e Costi

Il tempo necessario stimato per lo svolgimento della ricerca è di 12 mesi, nel seguente schema è riportato il diagramma di Gantt e le risorse necessarie in termini di costo e di personale:

FASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	COSTO	RISORSE
1 Analisi Bibliografica	■	■											56'000'000	0.20 senior 0.40 junior1 1.00 junior2 0.00 tecnico1 0.00 tecnico2
2 Definizione ed implementazione dei casi studio pilota		■	■	■									198'000'000	0.30 senior 1.20 junior1 1.50 junior2 3.00 tecnico1 3.00 tecnico2
3 Rilevi di traffico ed indagini statistiche/campionarie sull'utenza			■	■	■								151'500'000	0.15 senior 0.60 junior1 0.00 junior2 3.00 tecnico1 6.00 tecnico2
4 Specificazione dei modelli teorici				■	■	■	■	■					111'000'000	0.06 senior 1.80 junior1 1.20 junior2 0.00 tecnico1 0.00 tecnico2
5 Applicazione/Calibrazione dei modelli							■	■					97'500'000	0.03 senior 0.90 junior1 0.00 junior2 3.00 tecnico1 0.00 tecnico2
6 Test statistici di confronto tra i modelli e verifiche delle applicazioni ai casi di studio pilota								■	■	■			64'500'000	0.03 senior 0.90 junior1 0.90 junior2 0.00 tecnico1 0.00 tecnico2
7 Allegati Tecnici relativi ai risultati delle sperimentazione sui casi di studio pilota									■	■	■		86'000'000	0.03 senior 0.60 junior1 0.00 junior2 3.00 tecnico1 0.00 tecnico2
8 Studio di fattibilità per l'applicazione del road safety pricig ad un caso reale								■	■	■			72'000'000	0.60 senior 0.60 junior1 0.60 junior2 0.00 tecnico1 0.00 tecnico2
9 Rapporto finale									■	■	■		43'500'000	0.03 senior 0.60 junior1 0.60 junior2 0.00 tecnico1 0.00 tecnico2
TOTALE													L. 880'000'000 € 454'224	

3.1.4 Modalità di archiviazione dei dati e dei risultati conseguiti

I risultati previsti consisteranno nella costruzione.

I risultati ottenuti saranno forniti sia su supporto cartaceo che informatico.

- rapporto cartaceo;
- cd-rom con relazioni in formato Word, dati in formato ASCII o su cartelle di lavoro excel;
- documentazione fotografica e su videocassetta degli interventi realizzati;
- documentazione, con dati in formato ASCII o su cartelle di lavoro excel, relativa ai rilievi effettuati;
- grafici esplicativi degli casi test analizzati e degli scenari testati.

4 QUALIFICAZIONE E MODALITA' DI AGGIUDICAZIONE

4.1 COMPETENZE NECESSARIE

Il progetto di ricerca dovrà essere sviluppato da strutture con presenza di ingegneri dei trasporti con elevata specializzazione nei seguenti settori:

- indagini di traffico;
- uso di funzioni di prestazione presenti in letteratura per la valutazione del rischio di incidente in ambito urbano;
- trattamento di basi dati per l'utilizzo di funzioni e modelli di simulazione;
- redazione di manuali e linee guida nel settore dei trasporti.

Il gruppo di ricerca dovrà disporre di un laboratorio di ricerca per la implementazione delle strategie di road safety pricing ipotizzate e dovrà essere in grado di operare su tronchi stradali ad accessi controllati sui quali si ipotizzerà di avviare ricerche sperimentali a casi di studio pilota.

4.2 CRITERI DI AGGIUDICAZIONE E DI COLLAUDO

I criteri per l'aggiudicazione dell'incarico saranno i seguenti:

- qualificazione professionale e scientifica del proponente (certificazioni di qualità, risorse disponibili, personale impiegato, curriculum, capacità di ricerca in campi affini, pubblicazioni in campi affini) (sino a 60 punti);
- offerta economica (sino a 30 punti);
- qualità della relazione di offerta (sino a 10 punti).

Il collaudo sarà svolto mediante esame annuale dei risultati intermedi conseguiti.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE:

- [1] Beckmann M.J., McGuire C. B. and Winsten C.B. (1956) *Studies in the Economics of Transportation*, Yale University Press, New Haven, CT.
- [2] Bergendorff P., Hearn D.W. and Ramana M.W.(1997) Congestion toll pricing of traffic networks . *Network Optimisation* (Pardalos P.M. editor). Springer Verlag series Lectures Notes in Economics and Mathematics, 51-71.
- [3] Cascetta (1999) Un programma integrato per la sicurezza stradale. Urbania99, Padova 24-27 febbraio 1999.
- [4] Daganzo (1979) *Multinomial Probit*. Academic Press, New York.
- [5] Ferrari P. (1995) Road Pricing and network equilibrium. *Transp. Research* 29B, 357-372.
- [6] Ferrari P. (1997) Capacity Constraints in Urban Transport Networks. *Transp. Research* 31B, 291-301.
- [7] Ferrari P. (1999) A model of urban transport management. *Transp. Research* B 33, 43-61.
- [8] Ferrari P. (2000) Optimal flow pattern in road networks. In corso di pubblicazione.
- [9] Hearn D.W. and B. Yildirim (1999). A toll pricing framework for traffic assignment problems with elastic demand. Paper submitted to edited volume: *Current Trends in Transportation and Network Analysis- papers in Honor of Michael Florian*
- [10] Hearn D.W. and Ramana M.V. (1998) Solving congestion toll pricing models. *Equilibrium and Advanced Transportation Modelling* (Marcotte P. and Nguyen S.). Kluwer Academic Publisher, 109-114.
- [11] Persaud B. and Dzbik L. (1993) Accident prediction models for freeways. *Transportation Research Record 1401*, TRB, National Research Council, Washington D.C., 55-60.
- [12] Yang H. and Yagar S. (1995) Traffic assignment and signal control in saturated road networks. *Transp. Research* 29A,125-139.
- [13] Yang H. and Bell M.G.H. (1997) traffic restraint, road pricing and network equilibrium. *Transp. Research* 31B, 303-314.