

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 21

**CRITERI DI INDIVIDUAZIONE E DI CLASSIFICAZIONE
DEI PUNTI NERI E TRATTI CRITICI MEDIANTE ANALISI
DELL'INCIDENTALITÀ IN AMBITO EXTRAURBANO**

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 MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA

1.1	Motivazioni del tema di ricerca	pag.3
1.2	Stato dell'arte relativo alla tematica da trattare	pag.4
1.2.1	Studi internazionali	pag.4
1.2.1.1	Indicatori di incidentalità: relazione traffico-incidenti.....	
	pag.4
1.2.1.2	Criteri di identificazione dei punti neri.....	pag.6
1.2.1.3	Classificazione degli incidenti finalizzata alla comprensione delle cause e alla selezione degli interventi più idonei.....	pag.8
1.2.1.4	Risultati dei programmi realizzati in altri Paesi	pag.10
1.2.2	Studi nazionali	pag.14
1.3	Sviluppi futuri della ricerca	pag.15
1.4	Risultati attesi.....	pag.16

2 CONTENUTI E MODALITÀ DI REALIZZAZIONE

2.1	Oggetto della ricerca.....	pag.17
2.2	Modalità di esecuzione	pag.19
2.3	Tempi, Risorse e Costi	pag.20
2.4	Modalità di archiviazione dei dati e dei risultati conseguiti	pag.24

3 QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE

3.1	Competenze necessarie	pag.24
3.2	Criteri di aggiudicazione e di collaudo	pag.24

4 BIBLIOGRAFIA	pag.26
-----------------------------	--------

1. MOTIVAZIONI E RISULTATI DELLA RICERCA

1.1 MOTIVAZIONI DEL TEMA DI RICERCA

I programmi finalizzati al miglioramento delle condizioni di sicurezza delle infrastrutture viarie possono fornire benefici reali solo se si riescono ad applicare contromisure efficaci su quei siti o aree che effettivamente presentano condizioni di elevata pericolosità.

In un processo di questo tipo, l'individuazione dei "punti neri", ovvero di quei tratti di strada nei quali si osserva una concentrazione elevata di incidenti, rappresenta certamente una fase molto importante poiché consente di identificare situazioni anomale sulle quali poi effettuare analisi di dettaglio.

Lo studio di dettaglio deve essere finalizzato alla comprensione delle cause da cui dipende l'elevata pericolosità, così da definire gli interventi più idonei per un effettivo miglioramento delle condizioni.

In alcuni Paesi l'adozione di tale approccio ha consentito di ottenere effettivamente una riduzione di incidentalità, ma spesso tale metodo è stato criticato da chi sostiene che ad una riduzione del numero di incidenti sul sito trattato corrisponde un aumento sui siti adiacenti (migrazione degli incidenti).

Anche se ciò in parte è vero, è anche vero che ricercare le cause che determinano l'elevata incidentalità su un sito e programmare gli interventi più idonei per la loro rimozione può certamente condurre a un miglioramento della sicurezza. In Francia, ad esempio, il trattamento di 326 punti neri ha consentito di ottenere un tasso di rendimento del 31%[1]. L'attività di ricerca dovrebbe pertanto indirizzarsi verso la definizione di procedure che, tenendo conto della particolare natura del fenomeno, consentano di identificare i siti pericolosi in modo quanto più preciso possibile e di giungere alla comprensione delle cause che determinano la condizione di rischio.

E' importante inoltre considerare il fatto che tale metodo consente di intervenire su un numero limitato di siti e di incidenti per cui non può essere l'unico approccio per il miglioramento della sicurezza ma deve essere visto come uno strumento di supporto nell'ambito di una politica globale.

L'aspetto positivo di un approccio di questo tipo è quello di poter selezionare particolari zone ad elevata pericolosità sulle quali, con la realizzazione di un intervento idoneo, ci si può aspettare una riduzione del numero di incidenti, con un ritorno economico sia per l'ente gestore che per la collettività.

1.2 STATO DELL'ARTE RELATIVO ALLA TEMATICA DA TRATTARE

Quella della definizione dei criteri più idonei di identificazione e di intervento per l'eliminazione dei punti neri, è una tematica già da tempo oggetto di studio, soprattutto in campo internazionale.

Molti Paesi hanno infatti messo a punto programmi di miglioramento delle condizioni di sicurezza sulla viabilità in esercizio che partono proprio dall'identificazione dei tratti ad elevata incidentalità così da concentrare su di essi le risorse disponibili.

Nell'ambito di tale problematica sono stati analizzati e studiati diversi aspetti, i quali concorrono tutti ad una corretta comprensione e soluzione del problema.

Per tale ragione sono stati analizzati separatamente i seguenti sottotemi:

- indicatori di incidentalità: relazione traffico-incidenti;
- criteri di individuazione dei punti neri;
- classificazione degli incidenti finalizzata alla comprensione delle cause e alla selezione degli interventi più idonei;
- risultati dei programmi realizzati in altri Paesi.

1.2.1 STUDI INTERNAZIONALI

1.2.1.1 Indicatori di incidentalità: relazione traffico-incidenti

Per definire la pericolosità di un tronco stradale, o comunque in generale per effettuare valutazioni sulla sicurezza di una infrastruttura, è opportuno riferirsi a degli indicatori idonei, che conducano a valutazioni corrette.

L'indice di più immediato utilizzo è sicuramente rappresentato dal numero di incidenti osservati in un certo periodo di tempo sul tratto in esame, ma si comprende facilmente

come tale parametro non sia in grado di rappresentare in maniera significativa il fenomeno, non tenendo conto di un elemento fondamentale per la valutazione della pericolosità di un sito, cioè il “grado di esposizione” al rischio.

Per tale ragione solitamente, anche in ambito internazionale, la valutazione della pericolosità di una infrastruttura o di un tronco di essa viene condotta riferendosi a un tasso di incidentalità, ottenuto come rapporto tra il numero di incidenti verificatisi in un certo periodo e il flusso veicolare transitante, assunto come parametro indicatore dell’esposizione al rischio:

$$AR = I / TGMA * t * l$$

Dove:

AR= tasso di incidentalità

I = frequenza di incidenti

TGMA = traffico giornaliero medio annuo

t = numero di anni di osservazione

l= lunghezza del tronco esaminato

L’utilizzo di un parametro di questo tipo come strumento di valutazione della pericolosità di un sito, ma anche di confronto della pericolosità di diversi siti, presuppone però l’esistenza di un legame di tipo lineare tra incidenti e traffico. Ciò implica che il tasso di incidentalità rappresenti la probabilità che si verifichi un incidente per un’esposizione unitaria. Di conseguenza il numero di incidenti è visto come un processo binomiale in cui il valore atteso è dato dal prodotto tra la probabilità (tasso di incidentalità) e il numero di eventi (esposizione). [20]

Tale ipotesi non sempre risulta verificata, esistono infatti delle situazioni in cui il tasso di incidentalità non può essere utilizzato come un fattore scalare costante per caratterizzare un sistema (un tronco di strada, un sito specifico, ecc.).

Per operare in modo corretto è quindi necessario verificare preliminarmente l’esatta natura del legame tra le due variabili.

Sono stati condotti molti studi con l’obiettivo di comprendere in che modo la frequenza attesa di incidenti dipenda dal traffico, tentando di definire una equazione che leghi le due

variabili, e che alcuni autori hanno definito “safety performance function” (SPF) [18].

Il problema principale sta nel fatto che la relazione causa-effetto tra le due variabili è particolare: l'effetto (incidente) è osservato su un “lungo” periodo di tempo durante il quale la causa (traffico) assume valori molto diversi, ma per tale periodo è noto solo il valore medio della “causa” (traffico giornaliero medio annuo).

Mensah e Hauer [18] sostengono che la relazione tra incidenti e traffico andrebbe definita analizzando traffico e incidenti in un “breve periodo di tempo” ed è quindi indispensabile introdurre dei coefficienti per ridurre l'errore derivante dal fatto di considerare il traffico medio anziché quello presente al momento dell'incidente.

1.2.1.2 Criteri di identificazione dei punti neri

Il problema dell'identificazione dei punti neri, cioè di quei tratti di strada nei quali l'incidentalità osservata supera in modo anomalo un valore di soglia ritenuto “normale”, è già da tempo oggetto di studio da parte di molte ricercatori.

Nel corso degli anni sono state studiate diverse procedure al fine di valutarne l'applicabilità e la bontà dei risultati.

Si tratta prevalentemente di metodi di natura statistica che, partendo dalla definizione delle condizioni “medie” di sicurezza per strade di caratteristiche analoghe, consentono di definire le condizioni di sicurezza su ciascun sito indagato.

Per la valutazione del livello di sicurezza di un tratto di strada e per l'identificazione dei siti pericolosi, è indispensabile fare riferimento a degli indicatori che consentano di effettuare valutazioni del fenomeno.

Come si vedrà più avanti, l'indicatore più frequentemente utilizzato per valutazioni di questo tipo è il tasso di incidentalità (accident rate), definito come rapporto tra il numero di incidenti osservati su un tratto di strada in un determinato arco temporale e i veicoli/chilometro che sono transitati sullo stesso tratto nello stesso periodo. In tal modo il flusso veicolare rappresenta un parametro indicativo del grado di esposizione al rischio.

I metodi per l'individuazione dei tratti ad elevata incidentalità più diffusi in letteratura sono tre:

- metodo classico di analisi statistica;
- metodo basato su procedure di controllo di qualità;

- metodo di analisi bayesiano.

Il primo è sicuramente quello di più semplice utilizzo e consiste nel definire come “punti neri” quei siti in cui il tasso di incidentalità è superiore a un tasso di riferimento, definito per siti con caratteristiche simili, ottenuto incrementando il valore medio di una quantità proporzionale al livello di confidenza che si desidera ottenere (solitamente 90-95%).

Tale metodo è però vincolato all’assunzione di una distribuzione normale per il tasso di incidentalità.

Il metodo di controllo di qualità utilizza un test statistico per determinare se il tasso di incidentalità osservato su un determinato tronco stradale è “significativamente elevato” rispetto a un tasso critico osservato su altri siti con caratteristiche simili. La differenza con il metodo precedente sta nel fatto che in questo caso si assume che gli incidenti si distribuiscono secondo una legge di Poisson. Il metodo prevede il calcolo di un tasso di incidentalità critico per ciascun sito, il quale è funzione di un tasso medio per quella categoria di strada, del volume di traffico osservato sul sito e del livello di confidenza desiderato. Se il tasso di incidentalità osservato sul sito è maggiore o uguale di quello critico allora si può ritenere che quel sito sia ad elevata pericolosità [2, 3].

Tale metodo per l’identificazione dei siti ad elevata incidentalità è adottato anche nell’ambito della norma svizzera che definisce le procedure per l’analisi dei dati di incidente [4].

I metodi precedentemente descritti non tengono però conto delle variazioni casuali collegate al fenomeno, infatti il numero di incidenti che si verifica in un determinato sito è soggetto a variazioni aleatorie di anno in anno e pertanto le caratteristiche delle variabili utilizzate per descrivere i tassi di incidentalità dovrebbero essere differenti da sito a sito.

Per superare tali difficoltà le ricerche si sono orientate verso l’utilizzo dell’analisi di tipo bayesiano, la quale consente di definire matematicamente la variabilità casuale dei tassi di incidentalità ai diversi siti [2]. Il metodo consente di combinare le caratteristiche degli incidenti osservati su larga scala con le caratteristiche di incidentalità osservate sul particolare sito. I siti ad elevata incidentalità possono essere identificati in base ad un prestabilita probabilità (livello di confidenza) che il tasso di incidentalità su quel sito superi il livello medio.

Quest'ultimo metodo è quindi di tipo probabilistico e differisce, qualitativamente e quantitativamente, dai due precedentemente visti poiché considera anche il tasso di incidentalità come una variabile aleatoria.

Alcuni studi hanno dimostrato che il metodo bayesiano fornisce risultati più attendibili rispetto agli altri due metodi, i quali possono originare falsi negativi e non consentire quindi l'individuazione di alcuni siti [2,4]. Ciò si evidenzia soprattutto confrontandolo con il primo metodo e deriva in particolare dall'aver approssimato la distribuzione dei tassi di incidentalità ad una normale e dall'aver trascurato l'effetto della regressione alla media.

Infatti il metodo bayesiano consente inoltre di ridurre gli effetti di un fenomeno statistico noto come regressione alla media, legata alla fluttuazione casuale intorno al valore medio del tasso di incidentalità sul sito. Tale fenomeno potrebbe determinare la selezione di falsi punti neri (punti che sono situati al di sopra della soglia di riferimento ma che, teoricamente, se il periodo di osservazione fosse più lungo, dovrebbero trovarsi al di sotto), o al contrario potrebbe determinare la non individuazione di alcuni punti neri.

In realtà oggi la definizione di punto nero appare alquanto limitativa e si tende a fare una distinzione tra *punti neri*, *tratti neri* e *zone nere* o comunque ad individuare, in generale, delle situazioni di pericolo [6]. Una strada infatti non può essere considerata come un insieme di tratti indipendenti tra di loro, ma si deve considerare nella sua globalità e nel contesto generale di rete e in tale ottica si devono compiere tutte le analisi e le valutazioni.

1.2.1.3 Classificazione degli incidenti finalizzata alla comprensione delle cause e alla selezione degli interventi più idonei

L'individuazione dei punti neri di una rete stradale, consente di mettere in evidenza tutte quelle situazioni in cui la concentrazione di incidenti è così elevata da far supporre l'esistenza di difettosità nell'infrastruttura, alle quali attribuire una corresponsabilità per il verificarsi degli incidenti.

Pertanto la selezione dei punti neri rappresenta solo il primo passo di un processo alquanto complesso, che deve condurre alla individuazione delle reali cause alle quali si può attribuire l'elevata pericolosità di particolari siti e quindi alla individuazione degli interventi più idonei per la loro eliminazione.

Per un'analisi di questo tipo è indispensabile uno studio di dettaglio del sito e degli incidenti verificatisi in un significativo periodo temporale.

Una procedura ormai consolidata per la individuazione delle cause da cui dipende l'elevata incidentalità di un sito [4] prevede un'analisi parallela del sito e degli incidenti su di esso verificatisi.

L'analisi del sito prevede uno studio delle caratteristiche della strada, dei flussi di traffico e dell'ambiente. Dal confronto tra gli elementi osservati e quelli raccomandati dalle norme tecniche o giuridiche, si determina una lista di "difetti esistenti", qualora i due aspetti siano in contrasto.

L'analisi degli incidenti è prevalentemente rivolta all'individuazione delle tipologie di incidenti che si verificano con maggior frequenza sul sito (incidenti dominanti), ai quali è possibile associare una lista di "difetti possibili".

Ovviamente se i "difetti possibili" coincidono con i "difetti esistenti" significa che una condizione di rischio potenziale, legata alle caratteristiche del sito, si è trasformata effettivamente in rischio reale e quindi occorre ricercare le cause della pericolosità in difetti dell'infrastruttura, anomalie del traffico o negativa influenza dei fattori ambientali.

Le modalità di indagine appena descritte prevedono l'utilizzo delle tradizionali procedure statistiche. Negli ultimi anni si riscontrano in letteratura procedure di intelligenza artificiale che nonostante siano state studiate per applicazioni diverse, hanno mostrato grandi potenzialità nel trattamento dei dati di incidentalità su strada.

Tali studi hanno mostrato che l'incertezza che caratterizza le informazioni relative dovute alla natura dei dati di incidente, così come le complesse interazioni tra le sue variabili, possono essere trattate efficacemente mediante la teoria degli insiemi fuzzy.

L'insieme delle informazioni contenute nei dati può essere elaborato con particolari tecniche di riconoscimento fuzzy, che permettono di classificare gli incidenti in un numero finito di categorie, attraverso una stima dei fattori che contribuiscono a determinarli. Quindi sebbene la classificazione di un incidente sia un'operazione molto complessa, è comunque sempre riconducibile ad un problema di aggregazione di termini fuzzy multidimensionali.

All'interno degli studi sugli incidenti e mediante significative correlazioni tra incidentalità specifica della tratta e coefficiente di ripetitività, si sono potuti analizzare i dati al fine di distinguere gli eventi attribuibili alla strada rispetto a quelli imputabili all'utente.

Ottime potenzialità hanno mostrato questo tipo di applicazioni anche nei problemi di classificazione degli incidenti [38,39].

Le tecniche che si basano sulla fuzzy logic hanno trovato inoltre applicazione nei sistemi di controllo e analisi del traffico e dei trasporti. Esistono infatti diverse proposte di ricerca sull'applicazione delle suddette tecniche singolarmente o di altre insieme (sistemi ibridi) nel campo dei processi decisionali e nelle scelte umane, nel controllo del traffico e del comportamento dell'utente [42,43].

1.2.1.4. Risultati dei programmi realizzati in altri Paesi

Molti Paesi già da tempo hanno messo a punto politiche di miglioramento della sicurezza stradale che hanno come obiettivo l'individuazione ed eliminazione dei punti neri [1].

In *Francia* la politica di individuazione e trattamento dei "blackspot" è stata adottata negli ultimi 15 anni con lo scopo di definire i criteri per la programmazione degli interventi su strade extraurbane o all'interno di centri abitati con meno di 5000 abitanti prendendo in esame zone di non più di 850 metri, dove in 5 anni si erano verificati almeno dieci incidenti con dieci persone seriamente ferite.

Complessivamente sono stati trattati, con interventi a basso costo, più di 1000 blackspot. Tale politica non ha portato ad una significativa riduzione dell'incidentalità complessiva a livello nazionale. Interventi più significativi sono stati condotti recentemente su 326 blackspot con una spesa complessiva di circa 200 miliardi.

Gli interventi sono stati effettuati sulle curve (21%), in corrispondenza delle intersezioni (39%), su tratti particolari (21%) e su tratti di ingresso o attraversamento dei centri urbani (19%).

I trattamenti più efficaci, in termini di riduzione del numero di incidenti, sono stati quelli finalizzati alla riduzione della curvatura e sulle intersezioni con la realizzazione di rotatorie e corsie di svolta a sinistra.

Ci si è accorti, comunque, che questo tipo di approccio presenta dei limiti:

- viene applicato a un numero limitato di incidenti rispetto alla totalità (circa l'8% degli incidenti più gravi).
- alcuni studi hanno dimostrato uno spostamento dei "blackspot" a valle dei punti trattati, o ancora improvvise apparizioni o scomparse di punti pericolosi.

La Direction de la Sécurité et de la Circulation Routier e la Direction des Routes hanno fissato di intervenire con priorità su quelle strade nelle quali il tasso di incidentalità supera complessivamente di 2,5 volte il valore medio, e di individuare, con una analisi di dettaglio, i punti particolarmente difficili che non coincidono necessariamente con i blackspot.

Anche in *Spagna* è stata messa in atto una politica di individuazione dei punti neri, adottando un criterio secondo il quale vengono definiti pericolosi le intersezioni o i tratti da 1 Km nei quali si sono verificati almeno dieci incidenti in un periodo di 5 anni e nei quali il tasso di incidentalità medio (inc./10⁸ veic. km) nei cinque anni oppure la frequenza di incidenti (inc./anno) negli ultimi 2 anni supera di almeno due volte il valore medio calcolato per tutti i siti con caratteristiche simili.

La similitudine tra i siti si definisce sulla base del tipo di strada (autostrade e strade ordinarie), del tipo di sito (intersezione o tratto da 1 chilometro) e del traffico giornaliero medio (tre categorie per le autostrade, due per le strade ordinarie e due per le intersezioni).

In *Canada*, il Ministero dei Trasporti, al fine di migliorare le condizioni di sicurezza sulle strade, adotta un criterio in base al quale vengono presi in considerazione due diversi tipi di siti: quelli pericolosi e quelli potenzialmente pericolosi. I primi sono individuati sulla base del numero di incidenti verificatisi in un periodo di 3 anni, in relazione al traffico giornaliero medio, confrontandolo con il tasso di incidentalità calcolato per siti con caratteristiche simili, gli altri sono invece siti i quali, pur presentando un numero di incidenti basso o nullo, possono considerarsi a rischio sulla base di studi condotti su altri siti aventi caratteristiche simili.

Per una corretta valutazione del problema e per la scelta delle priorità di intervento vengono utilizzati degli indicatori:

- tasso di incidentalità osservato (numero di incidenti/milioni di veicoli)
- tasso critico (numero di incidenti / milioni di veicoli)
- danni materiali equivalenti (EMD)
- indice di severità (EMD/numero di incidenti)

Per ciascun sito risultato pericoloso viene redatto un rapporto che documenti le condizioni esistenti con lo scopo individuare le possibili cause di incidente e, successivamente, valutare gli effetti delle azioni intraprese.

Anche negli *Stati Uniti* sono stati messi in atto diversi programmi che prevedono l'individuazione e l'eliminazione dei blackspot.

Un rapporto pubblicato nel 1994 analizza il periodo compreso tra il 1974 e il 1993, durante il quale sono stati realizzati interventi che hanno comportato miglioramenti delle caratteristiche superficiali, installazioni di barriere di sicurezza laterali e centrali, interventi sulla segnaletica, ecc.

In seguito a tali interventi si sono potute osservare significative riduzioni del tasso di incidentalità specialmente in relazione agli incidenti mortali. In particolare si è osservata una riduzione del 50% per gli incidenti mortali e del 26% per quelli non mortali.

Nei *Paesi Bassi* fin dal 1979 sono state messe a punto delle metodologie per il trattamento non solo dei blackspot (metodo AVOC) ma anche di incidenti relativi a vaste zone o intere strade (metodo AGEB) e di incidenti aventi particolari caratteristiche in comune (metodo ASPE).

Il metodo AGEB consiste nella ricerca delle cause e nello studio dei rimedi per incidenti verificatisi in aree definite o su un singolo percorso.

Il metodo ASPE invece ricerca, nell'ambito di una zona amministrata dalla stessa autorità incidenti aventi una o più caratteristiche in comune.

Per individuare queste situazioni di pericolo e decidere a quale categoria appartengono è necessario analizzare un minimo di 75 incidenti in un periodo di 3-5 anni e confrontarli con i dati generali di incidenti registrati dalla polizia e assemblati dal VOR (traffic accident records service) in database.

Sulla base dei risultati di tali confronti e di ulteriori analisi di dettaglio si sceglie quale, dei tre metodi prima definiti, utilizzare. In particolare:

- il metodo AGEB è applicato se, su una strada con tronchi e intersezioni interdipendenti, sono stati registrati complessivamente almeno 20 incidenti o almeno 10 incidenti aventi una caratteristica in comune (periodo di osservazione: 3-5 anni)
- Il metodo AVOC è applicato se, in un punto localizzato (spesso un'intersezione), sono stati registrati complessivamente almeno 10 incidenti o almeno 5 incidenti aventi una caratteristica in comune (periodo di osservazione: 3-5 anni)

- il metodo ASPE è applicato se, in un territorio, sono stati registrati almeno 20 incidenti o situazioni di pericolo aventi una caratteristica in comune. In questo caso i tronchi e le intersezioni non devono essere necessariamente interdipendenti (periodo di osservazione: 3-5 anni).

L'applicazione del metodo AVOC ha comportato sui siti trattati una riduzione del 32% del numero totale degli incidenti e del 45% di quelli con morti o feriti.

Nel *Regno Unito* la raccolta dei dati di incidente è affidata alla polizia che raccoglie le informazioni sulla base delle indicazioni riportate dal Accident Investigation and Prevention Manual e dal Standard Accident Record – STATS19 del Dipartimento dei Trasporti (TD), con lo scopo di individuare i blackspot su cui intervenire. Nella maggior parte dei casi le autorità locali utilizzano, per l'identificazione dei tratti su cui intervenire, la frequenza di incidente.

In relazione a fondi stanziati dal governo con lo scopo di mettere a punto progetti finalizzati al miglioramento delle condizioni di sicurezza, sono state commissionate al Transportation Research Laboratory ricerche miranti a:

- identificare le contromisure da intraprendere
- stimare la conseguente riduzione di incidenti
- calcolare il ritorno economico
- determinare le migliori tecniche da utilizzare

Negli anni 1992/1993 sono stati realizzati 860 progetti, sia in ambiente urbano che suburbano. Gli interventi sono stati realizzati in corrispondenza di: intersezioni (37% dei casi), curve e sezioni particolari della strada (34% dei casi), passaggi pedonali (16% dei casi).

La più bassa percentuale di riduzione degli incidenti si è avuta per gli interventi sulle curve, mentre la più alta si è avuta per progetti realizzati su aree vaste.

In *Svizzera* la raccolta statistica dei dati di incidenti è regolata da una legge federale sulla circolazione stradale del 1958. Gli organi di polizia usano infatti dei modelli standardizzati per rilevare gli incidenti.

La metodologia di analisi degli incidenti finalizzata alla definizione degli interventi atti al miglioramento della sicurezza stradale è definita dalla norma SNV 641310. L'analisi va condotta in un arco temporale sufficientemente lungo (almeno 5 anni).

L'individuazione dei tratti pericolosi avviene con una metodologia di “controllo statistico di qualità” confrontando i tassi d'incidentalità, osservati in periodi di almeno 2 anni, sui tronchi in esame con i limiti di controllo calcolati rispetto a un valore medio di riferimento. Tale valore può essere calcolato riferendosi alla strada analizzata, oppure assunto pari a un valore definito per strade con caratteristiche simili.

La norma definisce anche una procedura per l'individuazione delle cause a cui è attribuibile la pericolosità dei tratti selezionati (cfr. § 1.2.1.4).

Anche in *Australia* è stato introdotto un programma di individuazione dei “blackspot” finalizzato alla riduzione degli incidenti. Un ruolo molto importante lo riveste la popolazione che è chiamata ad indicare quei siti sui quali ritiene si debba intervenire.

L'individuazione avviene analizzando gli incidenti verificatisi in un certo periodo di tempo. Nel caso di intersezioni o brevi tratti di strada si devono verificare almeno 3 incidenti in ogni anno oppure 3 incidenti in un periodo di tre anni, 4 in un periodo di quattro anni, 5 in un periodo di cinque anni, ecc.

Per tronchi di strada si deve avere una media di 3 incidenti per chilometro in cinque anni. Comunque il programma per l'individuazione dei punti neri consente di individuare anche quei siti che potrebbero essere considerati come potenzialmente pericolosi.

1.2.1 STUDI NAZIONALI

Anche in Italia sono stati condotti alcuni studi mirati alla valutazione della sicurezza di una rete stradale, al fine di un adeguamento dei tronchi pericolosi.

Un'analisi del fenomeno incidentale sulla rete autostradale [28], ha condotto alla definizione di un livello di incidentalità fisiologica, con lo scopo di selezionare gli incidenti imputabili alla strada.

Un altro studio [25, 26] ha consentito la definizione di una metodologia che consente di “pesare” gli incidenti attraverso l'attribuzione ad ognuno di un Indice di rischio frequenza-gravità. L'applicazione della metodologia alle singole tipologie di incidente, può risultare di supporto per la determinazione degli adeguamenti funzionali necessari a rimuovere le cause di incidentalità.

Sono state anche definite [17,27] le fasi in cui dovrebbe essere articolato un razionale processo che, partendo dalla individuazione dei “punti neri”, consenta, dopo aver

identificato le cause della pericolosità, di definire gli interventi più idonei per la loro eliminazione. In particolare sono state individuate le metodologie più appropriate per una analisi dei dati di incidentalità, che consenta di raggiungere tali obiettivi.

Numerosi altri studi hanno avuto come oggetto l'analisi dei dati di incidenti per la definizione delle condizioni di sicurezza di una infrastruttura, anche in relazione ad elementi particolari relativi alle caratteristiche dell'infrastruttura, del traffico e dell'ambiente circostante [16, 24, 29, 30, 31, 32].

Tra le varie procedure di intelligenza artificiale che attualmente trovano applicazioni nel campo della sicurezza stradale un ruolo particolarmente interessante è rivestito dalle reti neurali, potenzialmente capaci di interpretare un fenomeno come l'incidentalità così ampio nella sua definizione e complesso nella sua gestione.

Alcune recenti ricerche condotte anche in Italia, propongono l'utilizzo delle reti neurali artificiali per l'individuazione e la trattazione dell'insieme delle variabili che maggiormente partecipano alla generazione degli incidenti [33,34,35] e per l'interpretazione della complessità dei fenomeni circolatori in relazione alla sicurezza dell'esercizio viario [36,37].

Altre ricerche [40] hanno mostrato le grandi potenzialità dell'applicazione della logica fuzzy nei problemi di definizione dei contributi degli insiemi di fattori che generano gli incidenti e nella classificazione di questi ultimi, nonché nella valutazione dell'incidentalità degli itinerari stradali [41].

Ciò che manca è un approccio organico al problema e una sperimentazione adeguata sia per la scelta delle metodologie più idonee da adottare nel nostro Paese, che per la definizione di modelli previsionali.

1.3 RISULTATI ATTESI

Negli ultimi anni l'esigenza di pianificare in modo razionale il monitoraggio delle condizioni di sicurezza sulla viabilità esistente è diventato sempre più pressante.

Se è vero che la responsabilità principale dell'elevata incidentalità sulle nostre strade può essere attribuita a comportamenti scorretti dell'utente (eccesso di velocità, mancato rispetto delle distanze di sicurezza, ecc.), è anche vero che non si può trascurare il ruolo dell'infrastruttura, che può in particolari condizioni diventare la causa scatenante perché si verifichi l'incidente.

Una responsabilità della strada è certamente ipotizzabile in tutte quelle situazioni nelle quali si osserva, in corrispondenza di punti singolari o di tratti di ridotta ampiezza, una concentrazione di incidenti particolarmente elevata.

In molti Paesi già da tempo l'analisi dell'incidentalità viene utilizzata quale strumento per l'identificazione dei tratti critici, al fine di programmare interventi mirati per il miglioramento della sicurezza della circolazione.

In Italia tale approccio non è mai stato applicato in maniera sistematica, pertanto mancano esperienze significative riguardo alle procedure da applicare e ai risultati conseguibili.

La ricerca dovrebbe consentire di individuare gli strumenti più idonei per l'individuazione e la classificazione dei punti neri e dei tratti critici, adattandoli alla realtà italiana sia per quanto riguarda tipologia e condizioni d'uso delle infrastrutture esistenti che in relazione alla disponibilità e completezza dei dati di incidentalità.

Si prevede, inoltre, la realizzazione di linee guida per la standardizzazione delle procedure e l'indicazione di specifiche soglie di attenzione e di allarme. Ciò dovrebbe stare alla base della realizzazione di opportune campagne di rilevamento, con conseguente formazione di appropriati data base ed elaborazione dei risultati che aiutino il gestore nel processo decisionale finalizzato al miglioramento della sicurezza.

1.4 SVILUPPI FUTURI DELLA RICERCA

La valutazione del livello di sicurezza presente nelle diverse parti della rete richiede la definizione di appropriati parametri di comparazione. Per tale ragione, i tassi di incidentalità vengono riferiti a dei fattori di esposizione (numero di anni, lunghezza del tronco, volume di traffico, percorrenza, ecc.), da questo punto di vista occorre approfondire la ricerca sull'influenza esercitata dalla variabilità del fattore di esposizione sul fenomeno dell'incidentalità rispetto all'assunzione generale di diretta proporzionalità.

Possibili sviluppi della ricerca potrebbero interessare un affinamento delle procedure per l'individuazione dei punti e tratti critici sia con la specializzazione delle tecniche statistiche tradizionali tramite un approfondimento delle conoscenze delle leggi che governano il fenomeno dell'incidentalità in modo da consentire il raggiungimento di risultati

statisticamente validi anche sulla base di indagini condotte su campioni ridotti, che con l'introduzione di tecniche innovative quali quelle dell'intelligenza artificiale.

2 CONTENUTI E MODALITÀ DI REALIZZAZIONE

2.1 OGGETTO DELLA RICERCA

Obiettivo della ricerca è quello di definire le procedure, e le corrette modalità di utilizzo, per la realizzazione di piani di monitoraggio delle condizioni di sicurezza della viabilità esistente, mirati alla individuazione e classificazione dei punti neri e dei tratti critici.

I documenti da produrre sono:

1. Rapporto dettagliato sullo stato dell'arte relativo al tema di ricerca contenente almeno:

- Stato dell'arte riguardante gli indicatori di incidentalità più diffusamente utilizzati per la valutazione delle condizioni di sicurezza di una infrastruttura e lo studio della relazione che intercorre tra percorrenze veicolari e frequenza di incidenti;
- Stato dell'arte sulle metodologie per l'individuazione dei punti neri;
- Stato dell'arte relativo ai criteri per la classificazione degli incidenti finalizzata alla comprensione delle cause che determinano una elevata pericolosità e alla selezione degli interventi idonei per un miglioramento delle condizioni;
- Descrizione delle politiche di miglioramento della sicurezza, mediante individuazione e trattamento dei punti neri, messe in atto in altri Paesi, con particolare riferimento ai risultati conseguiti.

2. Programma per la realizzazione del progetto contenenti almeno:

- definizione dei contenuti minimi del progetto;
- definizione delle metodologie di individuazione e classificazione dei tratti ad elevata pericolosità e dei punti neri;
- definizione degli indicatori idonei per una corretta descrizione del fenomeno;
- definizione dei fattori condizionanti la pericolosità di una infrastruttura che è opportuno considerare;
- definizione della tipologia di informazioni necessarie;
- specifiche sulla qualità dei dati con i quali condurre l'analisi;
- verifica della disponibilità di tali dati;
- definizione della significatività del campione;

- diversificazione del campione in funzione dei fattori condizionanti;
- modalità di archiviazione dei dati.

3. Rapporto relativo alla raccolta dati di incidentalità, contenente:

- descrizione della tipologia di strada;
- caratteristiche della strada (numero di corsie, larghezza corsie, larghezza banchine, larghezza margini, curvatura orizzontale, pendenza longitudinale, stato della pavimentazione, stato della segnaletica, illuminazione);
- caratteristiche del traffico (TGM, spettro di traffico, velocità media del flusso disaggregata per tipologia di veicolo, 85^o percentile della velocità del flusso);
- esatta localizzazione dell'incidente, data, tipologia, veicoli coinvolti, conseguenze.

4. Rapporto riguardante l'individuazione dei punti neri e dei tratti critici, contenente:

- calibrazione delle procedure per la individuazione dei punti neri e dei tratti critici;
- quantificazione del valore degli indicatori selezionati, differenziati per tipologie, anche in relazione ai diversi fattori condizionanti;
- definizione delle soglie di attenzione e di allarme, in termini di valori assunti dagli indicatori per differenti tipologie di infrastrutture.

5. Rapporto relativo alla definizione dei criteri per la classificazione dei punti neri e dei tratti critici selezionati, contenente:

- definizione della procedura;
- validazione della stessa mediante una applicazione sul campione sperimentale.

6. Proposta di definizione di una norma, contenente indicazioni per:

- la definizione dei parametri utilizzati per la valutazione;
- la raccolta e preparazione dei dati;
- l'individuazione dei punti neri e dei tratti critici;
- la classificazione dei punti neri e dei tratti critici in funzione degli elementi di rischio presenti;
- indicazione dei valori di attenzione e di allarme differenziati per tipologia di strada.

2.2 MODALITA' DI ESECUZIONE

Fase 1 – Bibliografia. Il rapporto conclusivo di tale fase dovrà essere realizzato in base ad analisi bibliografica nazionale ed internazionale, che potrebbe essere arricchita con delle visite di studio presso organismi di ricerca che affrontano tali problematiche con le metodologie più avanzate.

Fase 2 – Programma ricerca. Il rapporto conclusivo di tale fase dovrà essere realizzato utilizzando i risultati dell'analisi bibliografica, attraverso il lavoro coordinato di un gruppo di esperti nel settore, che dovranno procedere alla definizione dei contenuti minimi del progetto e alla scelta delle metodologie più idonee per condurre le analisi previste in ciascuna delle fasi in cui deve articolarsi il progetto. E' indispensabile inoltre definire quali sono i fattori condizionanti la sicurezza di una infrastruttura di cui tenere conto.

Occorrerà inoltre definire i parametri a cui riferirsi per l'individuazione del campione da utilizzare per l'analisi sperimentale. In ogni caso, dovranno essere definiti campioni distinti per le diverse tipologie di strade extraurbane (autostrade, strade principali, secondarie e locali)

In particolare devono essere definiti i requisiti minimi che garantiscano una sufficiente qualità dei dati, con particolare riferimento alla completezza e attendibilità delle informazioni registrate e alla corretta procedura di archiviazione.

Nel rapporto si deve giungere alla definizione dei campioni da utilizzare nelle fasi successive, sulla base della verifica della disponibilità dei dati necessari.

I singoli campioni dovranno essere individuati in modo da avere una sufficiente diversificazione in relazione ai fattori condizionanti definiti.

Fase 3 – Raccolta dati di incidentalità. Il rapporto conclusivo di tale fase dovrà essere realizzato mediante l'analisi dei dati di incidentalità storica registrati sul campione definito. Affinché tale analisi sia significativa non deve limitarsi solo allo studio degli incidenti verificatisi, ma deve comprendere anche lo studio delle condizioni di traffico (entità, composizione, velocità), delle caratteristiche dell'infrastruttura (geometria orizzontale e verticale, tipologia della sezione, distanza di visibilità, tipologia e stato della pavimentazione, segnaletica, presenza di intersezioni e accessi laterali, sistemi di

illuminazione, barriere di sicurezza, organizzazione dei margini) e condizioni ambientali (clima, tipologia delle attività nell'area circostante, date di apertura di eventuali cantieri, ostacoli laterali).

Considerato che le raccolte ufficiali relative a tali elementi sono spesso insufficienti per condurre studi di dettaglio, è indispensabile il coinvolgimento e la collaborazione degli organi di Polizia preposti al rilievo degli incidenti e degli enti gestori delle strade, che forniscano tutti i dati necessari. Si dovrà comunque prevedere la necessità di dover procedere a rilievi diretti allo scopo di integrare le informazioni disponibili (dati relativi all'infrastruttura e all'ambiente circostante).

Fase 4 – Individuazione dei punti neri. Il rapporto conclusivo di tale fase dovrà essere realizzato mediante l'elaborazione dei dati registrati nella fase 3. Preliminarmente vanno testate e applicate al campione le procedure per l'individuazione dei punti neri. L'elaborazione dei dati mediante tali procedure dovrà condurre alla quantificazione del valore degli indicatori selezionati e alla definizione delle soglie di attenzione e di allarme per le differenti tipologie di infrastrutture.

Fase 5 – Classificazione dei punti neri. Il rapporto conclusivo di tale fase dovrà essere realizzato mediante l'elaborazione dei dati registrati nella fase 3, e deve condurre alla validazione della procedura più corretta per la classificazione dei punti neri e dei tratti critici, al fine di individuare le cause che determinano la pericolosità, indispensabili per dedurre le modalità di intervento.

Fase 6 – Integrazione norme. Il rapporto conclusivo di tale fase consisterà in una proposta di norme per la gestione delle infrastrutture viarie, basata sul controllo dei dati di incidentalità, tramite criteri di individuazione e classificazione dei punti neri e dei tratti critici.

2.3 TEMPI, RISORSE E COSTI

Le fasi prima espone rappresentano funzioni dei tempi di realizzazione e dei costi. Tali grandezze sono di importanza fondamentale per la riuscita della ricerca in quanto devono

garantire alti livelli di prestazione minimizzando le spese, le variabili temporali e sfruttando al meglio le risorse disponibili.

Nel seguito, si farà un'analisi delle fasi principali dello studio, riassumendole alla fine in un quadro di sintesi. Si precisa che i costi per le attrezzature necessarie alle operazioni di rilievo dei dati durante la fase di analisi dell'incidentalità sono riferiti all'ammortamento o al noleggio delle stesse.

Si premette che per l'aliquota delle spese relative alle risorse umane, queste si dettaglieranno nelle seguenti figure, con i relativi costi:

– Senior (coordinatore)	£/mese	50.000.000
– Junior 1	£/ mese	40.000.000
– Junior 2	£/ mese	30.000.000
– Tecnico laureato	£/ mese	20.000.000
– Tecnico non laureato	£/ mese	10.000.000

Assumendo che un mese lavorativo sia costituito da 20 giorni, ciascuno dei quali comprenda 8 ore, si ha:

– Senior (coordinatore)	£/ora	312.500
– Junior 1	£/ora	250.000
– Junior 2	£/ora	187.500
– Tecnico laureato	£/ora	125.000
– Tecnico non laureato	£/ora	62.500

Tali costi e tutti gli altri indicati nelle successive analisi devono intendersi comprensivi di spese generali e utili dell'aggiudicatario del bando.

Si sottolinea, inoltre, che la durata complessiva non può essere determinata dalla sommatoria delle ore computate per ciascuna figura professionale, ma si dovrà tenere conto che la detta attività non verrà svolta in modo continuativo e vedrà coinvolti più soggetti contemporaneamente.

La ricerca, come detto in precedenza, si dovrebbe sviluppare su più fasi con i tempi e i costi indicati nella seguente tabella:

FASE	1° ANNO				2° ANNO				COSTO (milioni)
Bibliografia	█	█							60
Linee Guida	█	█							102
Raccolta dati incid.		█	█	█	█	█	█		383
Fase 4					█	█	█		123
Fase 5						█	█		59
Integrazione norme							█	█	74
TOTALE COMPLESSIVO									801

I tempi e i costi per le risorse umane e strumentali impegnate nelle diverse fasi della ricerca, sono dettagliatamente descritti nella tabella seguente:

FASE	MESI UOMO					TOTALE MESI UOMO (per fase)	COSTI ATTREZZATUR E (10 ⁶ £)	TOTALE COSTI (per fase) (10 ⁶ £)
	Senior	Junior 1	Junior 2	Tecnico Laureato	Tecnico non laureato			
Bibliografia	0,10	0,06	1,75	0,00	0,00	1,91	-	60
Linee Guida	0,31	0,63	1,00	1,56	0,00	3,50	-	102
Raccolta dati incid.	0,25	0,50	1,13	4,69	11,25	17,82	110	383
Fase 4	0,47	0,94	1,25	1,25	0,00	3,91	-	123
Fase 5	0,19	0,47	0,63	0,63	0,00	1,92	-	59
Integrazione norme	0,44	0,88	0,56	0,00	0,00	1,88	-	74
TOTALE MESI UOMO (per operatore)	1,76	3,48	6,32	8,13	11,25			
TOTALE COSTI (per operatore) (10⁶ £)	88	139	190	163	113			
TOTALE MESI UOMO							30,94	
TOTALE COSTI UOMO (10⁶ £)								691
TOTALE COSTI (10⁶ £)								801

La ricerca potrebbe anche essere articolata in stralci funzionali che consentirebbero di raggiungere, in tempi e costi ridotti, risultati completi rispetto a specifici obiettivi, seppur parziali rispetto all'obiettivo complessivo del progetto.

FASE	1° ANNO				2° ANNO				COSTO (milioni) 1° Stralcio	COSTO (milioni) 2° Stralcio
Bibliografia	█	█							60	-
Linee Guida	█	█							102	10
Raccolta dati incid.		█	█	█	█	█	█		165	218
Fase 4					█	█	█		-	123
Fase 5						█	█		59	
Integrazione norme							█	█	24	50
TOTALE STRALCI									410	401
TOTALE COMPLESSIVO										811

Il primo stralcio che si propone, consentirebbe il completamento della ricerca bibliografica (fase 1), la predisposizione delle linee guida generali dell'intero progetto (fase 2), un'analisi di incidentalità (fase 3) su un campione parziale che sia significativo per la

realizzazione e il completamento della fase 5 e una proposta di integrazione delle norme per i soli aspetti relativi alla classificazione dei punti neri e dei tratti critici (fase 6).

I tempi e i costi per le risorse umane e strumentali impegnate nelle diverse fasi del 1° stralcio della ricerca, sono dettagliatamente descritti nella tabella seguente:

MESI UOMO (PRIMO STRALCIO - 12 MESI)								
FASE	Senior	Junior 1	Junior 2	Tecnico Laureato	Tecnico non laureato	TOTALE MESI UOMO (per fase)	COSTI ATTREZZATUR E (10 ⁶ £)	TOTALE COSTI (per fase) (10 ⁶ £)
Bibliografia	0,10	0,06	1,75	0,00	0,00	1,91	-	60
Linee Guida	0,31	0,63	1,00	1,56	0,00	3,50	-	102
Raccolta dai incid.	0,13	0,25	0,50	2,19	5,00	8,07	40	165
Fase 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Fase 5	0,19	0,47	0,63	0,63	0,00	1,92	-	60
Integrazione norme	0,13	0,25	0,25	0,00	0,00	0,63	-	24
TOTALE MESI UOMO (per operatore)	0,86	1,66	4,13	4,38	5,00			
TOTALE COSTI (per operatore) (10⁶ £)	43	66	124	88	50			
TOTALE MESI UOMO							16,03	
TOTALE COSTI UOMO (10⁶ £)								371
TOTALE COSTI 1° STRALCIO (10⁶ £)								411

Il secondo stralcio consentirebbe invece di completare l'analisi di incidentalità (fase 3) sull'intero campione definito nella fase 2 del 1° stralcio, di realizzare la fase 4 e di completare la proposta di integrazione delle norme anche per la parte relativa ai criteri per l'individuazione dei punti neri e dei tratti critici e alla definizione delle soglie di attenzione e di allarme degli indicatori prescelti.

I tempi e i costi per le risorse umane e strumentali impegnate nelle diverse fasi del 2° stralcio della ricerca, sono dettagliatamente descritti nella tabella seguente:

MESI UOMO (SECONDO STRALCIO - 12 MESI)								
FASE	Senior	Junior 1	Junior 2	Tecnico Laureato	Tecnico non laureato	TOTALE MESI UOMO (per fase)	COSTI ATTREZZATUR E (10 ⁶ £)	TOTALE COSTI (per fase) (10 ⁶ £)
Bibliografia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Linee Guida	0,09	0,13	0,00	0,00	0,00	0,22	-	10
Raccolta dati incid.	0,13	0,25	0,63	2,50	6,25	9,76	70	218
Fase 4	0,47	0,94	1,25	1,25	0,00	3,91	-	124
Fase 5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-
Integrazione norme	0,31	0,63	0,31	0,00	0,00	1,25	-	50
TOTALE MESI UOMO (per operatore)	1,00	1,95	2,19	3,75	6,25			
TOTALE COSTI (per operatore) (10⁶ £)	50	78	66	75	63			
TOTALE MESI UOMO							15,14	
TOTALE COSTI UOMO (10⁶ £)								332
TOTALE COSTI 2° STRALCIO (10⁶ £)								402

2.4 MODALITA' DI ARCHIVIAZIONE DEI DATI E DEI RISULTATI CONSEGUITI

Il rapporto conclusivo di ciascuna delle 6 fasi della ricerca dovrà essere presentato secondo le seguenti modalità:

- rapporto su carta;
- cd-rom con relazioni, fogli di calcolo e data base nei formati commerciali più conosciuti;
- documentazione fotografica e su videocassetta dei rilievi di incidente e delle misure effettuate;

3 QUALIFICAZIONE E MODALITÀ DI AGGIUDICAZIONE

3.1 COMPETENZE NECESSARIE

Le competenze minime richieste sono le seguenti:

- Esperienza nell'attività di ricerca nello specifico settore scientifico;
- Conoscenza dei criteri di progettazione e di adeguamento delle infrastrutture stradali;
- Esperienza nelle analisi di incidentalità.

3.2 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 40 punti);
- qualità del progetto di ricerca presentato (sino a 40 punti);
- offerta economica (sino a 20 punti).

Il collaudo sarà svolto mediante esame dei risultati intermedi conseguiti secondo il programma di ricerca indicato.

Si ritiene opportuno che, trattandosi di lavori di ricerca, vengano istituite commissioni qualificate per l'aggiudicazione e per l'attività di collaudo in corso d'opera e finale.

4 BIBLIOGRAFIA

1. AIPCR — Rapporto comitato C 13 “Road Safety” — XXth World Road Congress, 1995
2. J. Hagle, J. Witkowski — “Bayesian identification of hazardous locations” -Transportation Research Record n° 1185, 1988
3. R. Stokes, M. Mutabazi — “Rate-quality control method of identifying hazardous road locations” - “Transportation Research Record n° 1542, 1997
4. Norna Svizzera 6413 10 a — Analisi degli incidenti — 1983
5. S. Cafiso, M.G.Augeri - “Statistical analysis of accidents on italian highways” -XIIIth IRF World Meeting - Toronto, Canada, 1997
6. E. Hauer — “Identification of sites with promise” — Transportation Research Record n° 1542, 1997
7. E. Hauer, A. Hakkert — “Extent and some implications of incomplete accident reporting” - Transportation Research Record n° 1185, 1988.
8. R.Michaels — “Safety data needs, resources, and issues” - —Transportation Research Record n° 1253, 1990
9. A. Nicholson, Y. Wong — “Are accidents Poisson distributed? A statistical test” Accident Analysis and Prevention, vol. 25, n° 1, 1993
10. S. Senii, G. Coffie - “Accident blackspots and the bivariate negative binomial” —Traffic Engineering & Control, marzo 1988.
11. J. Maher — “Fitting probability distributions to accident frequency data” — Traffic Engineering & Control, giugno 1987
12. K. Austin — “ The identification of mistakes in road accident records: part 1, locational variables” - Accident Analysis and Prevention, vol 27, n° 2, 1995.
13. I. Thomas —“ Spatial data aggregation: exploratory analysis of road accidents” - Accident Analysis and Prevention, vol 28, n° 2, 1996.
14. “Accident data quality” — NCHRP Synthesis 192 — Transportation Research Record.
15. K.W. Ogden — “Safer Roads — a guide to road safety engineering” — Avebury 1999
16. S.Cafiso, M.G.Augeri - “Analisi dell’incidentalità sulle strade statali” - Quaderno d’istituto n° 81 - Istituto di Strade Ferrovie Aeroporti - Università degli Studi di Catania - Ottobre

1995.

17. M.G. Augeri — Tesi di dottorato di ricerca “Il processo di gestione della sicurezza stradale e l’analisi dei dati di incidentalità” — 1999
18. A. Mensah, E. Hauer — “Two problems of averaging arising in the estimation of the relationship between accidents and traffic flow” — 77th Annual Meeting TRB, Washington, gennaio 1998
19. P.Jovanis, H. Chang — “Modeling the relationship of accidents to miles traveled” — Transportation Research Record 1068, 1986
20. D. Mahalel — “A note on accident risk” - Transportation Research Record 1068, 1986
21. J.W. Hall, O.J. Pendleton — “Rural accident rate variations with traffic volume” - Transportation Research Record 1281, 1990
22. D. Lord, D. Persaud — “Accident prediction models with trend: application of the generalized estimating equations procedure” - Transportation Research Board, 79^o Annual Meeting, gennaio 2000
23. N. Bernardo, J. Ivan — “Predicting number of crashes versus crash rate using Poisson regression” - Transportation Research Board, 77^o Annual Meeting, novembre 1997
24. L.Cera, P. Di Mascio, E. Manasseri — “La pianificazione degli interventi su una infrastruttura stradale in riferimento ai livelli di incidentalità accertati ed attesi” — Convegno SIIV “Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie”, Milano 1998.
25. S. Colagrande — “Una metodologia per la caratterizzazione della sicurezza stradale e l’individuazione degli adeguamenti funzionali attraverso l’analisi dell’incidentalità rilevata in esercizio — 1^a parte” - Convegno SIIV “Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie”, Milano 1998.
26. S. Colagrande, F. Pizzingrilli — “Una metodologia per la caratterizzazione della sicurezza stradale e l’individuazione degli adeguamenti funzionali attraverso l’analisi dell’incidentalità rilevata in esercizio — 2^a parte” - Convegno SIIV “Adeguamento funzionale e manutenzione delle infrastrutture viarie”, Milano 1998.
27. A. D’Andrea, M.G. Augeri, S. Cafiso, G. Mussumeci - “L’analisi dell’incidentalità come strumento per il miglioramento della sicurezza stradale”— XXIII Convegno Nazionale Stradale — Verona, Maggio 1998.
28. M.R De Blasiis, P. Firmi — “L’analisi dell’incidentalità autostradale per la determinazione

- della soglia fisiologica del rischio” — Quarry & Construction, marzo 98.
29. L. Caroti, E. Lancieri, M. Losa, L. Branca — “La sicurezza stradale: condizioni ambientali e parametri dell’infrastruttura” — Strade e Autostrade, febbraio 2000.
30. A.Simone — “La valutazione della sicurezza autostradale mediante modelli di impatto” - Quarry & Construction, agosto 1999.
31. G. Barresi, L.Bruno — “Tassi di incidentalità e limiti di velocità in autostrada” — Collana di Ingegneria delle Infrastrutture Viarie suppl.n.1
32. L. Caroti, F. Lancieri, M. Losa — “Considerazioni su alcuni fattori di rischio dell’incidentalità stradale” - Quarry & Construction, dicembre 1999
33. A. Bevilacqua, G. Di Mino, M. Giunta -“Una proposta metodologica di implementazione di rete neurale artificiale per l’analisi del fenomeno dell’incidentalità in ambito autostradale” Atti del convegno SIV, Milano ’98
34. F. La Torre, L. Domenichini “Implementazione di una rete neurale artificiale per l’analisi d’incidentalità” Atti del convegno SIV, Roma 1997
35. A. Bevilacqua, G. Di Mino, M. Giunta “L’analisi della fase applicativa di architettura di rete neurale per lo studio del fenomeno dell’incidentalità” Quarry and Construction, Aprile 1999
36. M. R. De Blasiis “Le reti neurali per lo studio dell’incidentalità stradale”Quarry and Construction, Febbraio 1998
37. M. R. De Blasiis “L’analisi dell’incidentalità autostradale per la determinazione della soglia fisiologica del rischio”Quarry and Construction, Marzo 1998
38. T. Sayed, W. Abdelwahab, P. De Leur, “A comparison of fuzzy and neural classifiers for road accident analysis” IRF World Meeting, Toronto, Ontario, Canada
39. T. Sayed, W. Abdelwahab, F. Navin, “Identifying accident prone location using fuzzy pattern recognition” Journal of transportation engineering July/August 1995
40. S. Cafiso, G. La Cava, V. Cutello – “ A fuzzy model for road accident analysis” 18th International Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society – NAFIPS, June 10-12, 1999
41. G. Gatti, E. Cavuoti “Valutazione dell’incidentalità di un itinerario stradale mediante la metodologia “fuzzy”” Atti del convegno SIV, Pisa 1997
42. S. Das, B. Bowles, Y.Zhang, C.R. Houghland, S. J. Hunn “An autonomos agent model of highway driver behavior” Annual meeting of Transportation Research Board,

Washington, D.C. January 1999

43. B. Brackstone, M. McDonald, M. and B. Sultan “Dynamic behavioural data collection using an instrumented vehicle” TRB 77th Annual meeting Washington- January 11-15,1998