La valutazione dell'efficacia di interventi preventivi: esperienze e proposte per la prevenzione degli incidenti stradali

Efficacy evaluation of preventive interventions: experience and proposal for road accident prevention strategies

Andrea Ranzi,[1] Laura Erspamer,[1] Mariaelena Gambini,[1] Federico Tosatti,[2] Paolo Lauriola[1]

[1] *Struttura tematica di epidemiologia ambientale, ARPA Emilia-Romagna*
[2] *Assessorato alla sanità, politiche sociali e famiglie, Provincia di Modena*

Corrispondenza: *Andrea Ranzi, Struttura tematica di epidemiologia ambientale, ARPA Emilia-Romagna, via Fontanelli n. 23, 41100 Modena (Mo); tel. 059 433625, fax 059 241312; e-mail: aranzi@epam.arpa.emr.it.*

Cosa si sapeva già

- Gli incidenti stradali rappresentano una grave questione di sanità pubblica, essendo la prima causa di morte per persone sotto i 40 anni.
- Non esistono metodi standardizzati per la valutazione preventiva dell'efficacia di misure di miglioramento della viabilità.
- I fattori di rischio degli incidenti stradali sono riconducibili all'individuo, all'autoveicolo, alle infrastrutture.

Cosa si aggiunge di nuovo

- L'uso di strumenti di analisi quali le reti neurali è adatto per la simulazione di scenari in ambito di sicurezza stradale.
- Si propone l'uso di un metodo quantitativo per valutare l'efficacia degli interventi di miglioramento della viabilità.
- Si presenta un'esperienza di applicazione di metodi statistici avanzati in ambito di *evidence based prevention* (EBP).
- E' una delle prime esperienze italiane di valutazione dell'efficacia in questo ambito.

Riassunto

Obiettivo: fornire agli amministratori locali strumenti per una valutazione a priori dei diversi interventi possibili finalizzati a un miglioramento della sicurezza stradale.
Disegno dello studio: sono stati individuati tre comuni della provincia di Modena caratterizzati dall'occorrenza di incidenti stradali gravi; è stata condotta un'analisi puntuale degli incidenti e sono stati ipotizzati alcuni interventi la cui efficacia è stata stimata con l'uso di strumenti modellistici; una volta realizzate le opere di miglioramento, è stata valutata la bontà della stima modellistica.
Risultati: l'analisi dei siti ha indirizzato verso alcune scelte operative ritenute più efficaci. I primi risultati sulla valutazione dell'efficacia degli interventi attuati sono in linea con le previsioni del modello adottato.
Conclusioni: la possibilità di definire in termini quantitativi l'efficacia della prevenzione e promozione della salute dei diversi interventi ambientali risulta una questione aperta. I risultati raccolti incoraggiano l'adozione di metodologie di valutazione dell'efficacia di interventi di prevenzione a priori.
(*Epidemiol Prev* 2005; 29(3-4): 166-71)

Parole chiave: incidenti stradali, punti neri della viabilità, reti neurali, EBP

Abstract

Objective: *to supply the local administrators with a tool for a preventive evaluation of the improvements in road safety brought about by specific interventions which are planned. It is one of the first Italian experiences in the area.*
Study design: *the database consists of the accidents occurring in three municipalities of the province of Modena characterized by accidents of high severity. Models were used to simulate changes related to possible interventions. The goodness of the model-based estimates has been evaluated after the implementation of interventions.*
Results: *scenario analyses indicate which actions are most effective. Preliminary estimates of efficacy suggest a good agreement with model-based forecasts.*
Conclusion: *results encourage the adoption of methods of preventive evaluation of the efficacy of preventive actions.*
(*Epidemiol Prev* 2005; 29(3-4): 166-71)

Key words: road accidents, black spots, neural networks, EBP

Introduzione

Gli incidenti stradali rappresentano un problema di assoluta priorità per la sanità pubblica: sono causa di circa 8.000 morti ogni anno solo in Italia, a cui si aggiungono 20.000 invalidi, 170.000 ricoveri ospedalieri e 600.000 interventi di pronto soccorso.[1]

In Italia, su un totale di circa 550.000 decessi all'anno, i morti per incidente stradale sono meno del 2%. La fascia d'età più colpita è quella dei giovani adulti: la metà dei decessi per incidente stradale riguarda persone con età inferiore ai 41 anni, e un quarto di questi riguarda ragazzi con meno di 23 anni. Gli incidenti stradali rappresentano la pri-

ma causa di morte per persone con meno di 40 anni. Agli enormi costi umani e sociali si aggiungono quelli economici, che si stima sfiorino 60.000 miliardi di vecchie lire ogni anno,[2] cifra che comprende i costi per il servizio sanitario, per i morti, gli invalidi e i danni alle cose.

Il secondo programma europeo per la sicurezza stradale promosso dalla Commissione europea prevede una riduzione delle vittime degli incidenti stradali del 40% entro il 2010. Facendo riferimento ai dati delle statistiche ISTAT sulle cause di morte, significa ridurre il numero delle vittime degli incidenti stradali di 3.200 morti, mentre i feriti entro quella data dovranno diminuire di circa 320.000 unità.

Nel 2001 in tutta la provincia di Modena si sono verificati 4.184 incidenti stradali: i decessi entro 30 giorni sono stati 116, i feriti 5.723.[3]

I valori relativi agli indicatori di gravità degli incidenti hanno fatto registrare nel triennio 1996-99 una riduzione dello scarto verso i corrispondenti valori regionali e nazionali (nel passato la provincia manteneva costantemente valori più elevati) che tuttavia pongono ancora la provincia di Modena al tredicesimo posto della graduatoria delle province italiane rispetto al valore più elevato dell'indice di danno sociale elaborato dal Ministero dei lavori pubblici.[4] In particolare i decessi provocati da incidenti stradali rappresentano, anche a Modena, la prima causa di morte sotto i 40 anni di età; infatti tra tutti i deceduti al di sotto di questa soglia uno su tre è causato da incidente stradale.[5]

Pur evidenziando nell'elevato tasso medio di incidentalità un carattere strutturale dell'attuale modello di mobilità, da tale realtà locale emergono alcuni fattori aggravanti riguardo ad alcune fasce di età, modalità di trasporto o ambiti stradali (giovani, anziani, ciclisti, pedoni, stragi del sabato sera, aree urbane).[6]

Questo studio è nato con l'obiettivo di fornire agli amministratori locali strumenti per una valutazione preventiva dei miglioramenti in termini di sicurezza stradale, in funzione delle diverse azioni perseguibili.

Si è partiti dall'analisi puntuale degli incidenti in alcune aree della provincia di Modena (individuazione dei siti): dopodiché ci si è chiesti quali risultati potevano essere attesi con alcuni interventi ipotizzabili (simulazione), infine una volta realizzate le opere di miglioramento (realizzazione opere di bonifica) si è cercato di valutare la bontà della stima (verifica *ex post*).

Materiali e metodi

La selezione dei comuni all'interno dei quali scegliere i siti di indagine è stata fatta in base alle statistiche fornite dalle pubblicazioni della provincia di Modena sulla situazione di incidentalità per il periodo 1991-1995.

Sono stati identificati 3 comuni (Bomporto, Maranello e Spilamberto), nei quali erano avvenuti il maggior numero di decessi per incidente stradale nel periodo considerato (almeno 20 decessi).

I siti di indagine sono stati scelti sulle strade statali che attraversano queste zone. La tipologia di strada scelta è stata vincolata dalla necessità di avere una esatta localizzazione dell'incidente, non completamente disponibile per gli incidenti verificatisi su altri tipi di strade. La localizzazione degli incidenti, soprattutto negli anni passati, veniva riferita solo per

Sito	Variabili caratterizzanti gli incidenti nel sito	Simulazione di scenari				Determinanti degli incidenti
		variabile	situazione reale (% sugli incidenti analizzati)	simulazione	guadagno	
Spilamberto	Natura dell'incidente	Segnaletica	Assente (15,6%)	Vert. e orizz.	-4,48%	Fondo stradale
	Intersezione		Orizzontale (45,3%)	Vert. e orizz.	-3,86%	Segnaletica
	Anno, mese, ora	Intersezione	Rettilineo (63,2%)	Incrocio	-6,62%	Intersezione
	Segnaletica	Fondo stradale	Bagnato + sdrucc. (17,4%)	Asciutto	-12,11%	
		Fattori combinati			-20,40%	
Maranello	Giorno della settimana	Segnaletica	Assente (12,1%)	Vert. e orizz.	-2,18%	Traffico misto
	Tipo 2° o 3° veicolo	Tipologia del 2° o 3° veicolo	automobile (>50%)	autocarro	-14,12%	Intersezione
	Natura dell'incidente					Centro abitato
	Intersezione	Intersezione	Rettilineo (37,8%)	Incrocio	-7,41%	Week-end
		Giorno della settimana	Venerdì o sabato (35,37%)	altro	-4,78%	
		Fondo stradale	Bagnato (13,4%)	asciutto	-3,43%	
		Fattori combinati			-30,31%	
Bomporto	Giorno e ora	Segnaletica	Assente (16%)	Vert. e orizz.	-0,7%	Velocità
	Intersezione	Intersezione	Rettilineo (64%)	incrocio	-17,91%	Intersezione

Tabella 1. Risultati delle analisi effettuate sui tre siti: identificazione delle variabili caratterizzanti gli incidenti nei tre siti, simulazione di scenari, determinanti causali degli incidenti su cui proporre interventi strutturali.

Table 1. Results of analysis on three areas: resulting variables for each area accident situation, scenario simulations, causal road accident determinants.

incidenti verificatisi sulle strade statali. Pertanto ci si è limitati solo a una tipologia di strada (statale), anche se era nota l'esistenza di altri punti critici, come nel caso del comune di Bomporto.
L'analisi dei dati di incidentalità ha studiato la serie storica degli incidenti dal 1991 al 1999 valutando gli indici di gravità, basati sul numero di morti e feriti coinvolti in ciascun incidente.
L'indice di gravità solitamente utilizzato (numero di morti ogni 1.000 infortunati) è stato sostituito con un indice che assegnava un peso a feriti e morti di un incidente in un rapporto di 1 a 10, dopo aver verificato la correlazione dei due indici (coefficiente di correlazione di Pearson = 0,882, p <0,01). Per l'analisi delle cause e la simulazione di scenari è stato utilizzato un modello a reti neurali di tipo *back-propagation* con apprendimento supervisionato.
La struttura delle reti neurali simula la trasmissione delle informazioni nel cervello umano. Le cellule o le unità ricevono un insieme di informazioni in *input*, lo elaborano attraverso una funzione di attivazione e infine producono un valore di *output*. Le connessioni legano le varie cellule e hanno un valore variabile, detto peso sinaptico. La topologia di questi collegamenti consente di avere una grande varietà di reti. E' stato usato un modello di tipo MLP (Multi-Layer Perceptron) *feed-forward* a tre strati. Per un approfondimento sulle reti neurali si rimanda alle voci bibliografiche.[7-9]
Successivamente all'addestramento di una rete neurale è possibile, agendo sull'insieme di variabili in ingresso, effettuare le cosiddette simulazioni di scenari.
Al variare di una o più caratteristiche del sistema in esame, la rete calcola gli effetti di tali variazioni simulate tramite la matrice dei pesi calcolata nel periodo di addestramento. Le caratteristiche sono tutte le variabili che entrano nello strato di *input*, gli effetti si valutano sulla variabile di *output*.
Sono state inserite in *input* al modello le variabili tratte dal modello di rilevazione CTT.INC dell'ISTAT che caratterizzano la tipologia dell'incidente, come dinamica e scenario in cui è avvenuto. L'obiettivo iniziale dello studio ha focalizzato la nostra attenzione sui determinanti strutturali dell'incidente, e comunque sulle informazioni su cui poter agire con interventi strutturali. Abbiamo quindi raccolto i seguenti dati: anno, mese, giorno, ora; localizzazione dell'incidente, progressiva chilometrica; tipo di strada, di pavimentazione, situazione del fondo stradale, segnaletica, condizioni meteorologiche, presenza o meno di una intersezione; natura dell'incidente e tipologia dei veicoli coinvolti.
Queste variabili sono state utilizzate per addestrare la rete neurale ad apprendere, in corrispondenza di determinati valori dei parametri di *input*, un valore di *output* corrispondente al relativo indice di gravità.
Per avvalorare e meglio interpretare le indicazioni emerse dallo studio teorico, ci si è avvalsi della collaborazione di diversi operatori del settore. Sono stati contattati i responsabili

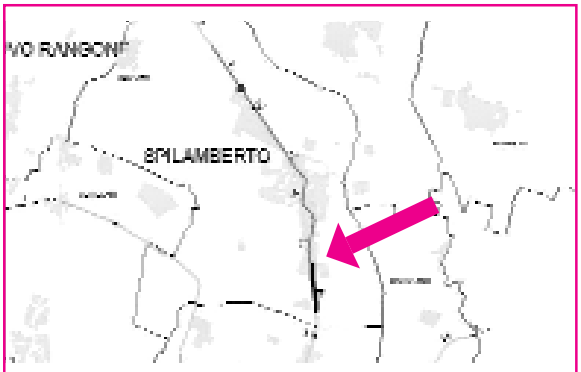

Figura 1. Localizzazione in cui è stato realizzato l'intervento sulla viabilità nel comune di Spilamberto (numerazione chilometrica progressiva della strada statale).

Figure 1. Spilamberto: Viability intervention location (road kilometre).

del traffico dei tre comuni, che hanno partecipato sin dall'inizio allo svolgimento di questa fase dello studio, fornendo indispensabili indicazioni circa i «punti neri» (termine con il quale si definisce un segmento di circolazione in cui la differenza tra le frequenze attese degli incidenti, cioè quelle che si sarebbero verificate se la loro distribuzione sulla rete nazionale fosse puramente casuale, e le frequenze osservate, cioè quelle effettive, sia tale da suggerire un legame con le caratteristiche della strada) sui territori di loro competenza. In particolare sono stati coinvolti: la Provincia, l'ARPA, i Comuni (con le Polizie municipali e gli Uffici tecnici), l'Università di Modena.
A seguito degli interventi operati in base alle indicazioni del-

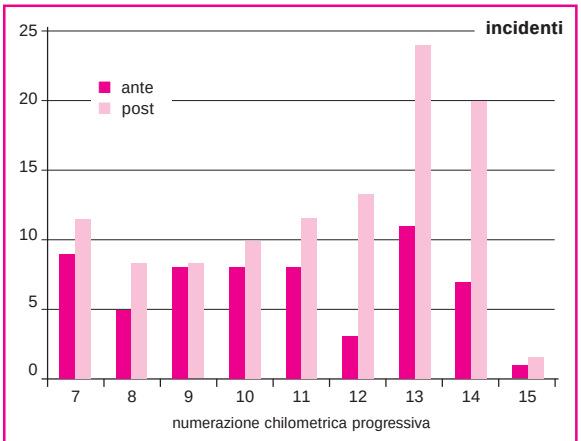

Figura 2. Numero di incidenti verificatisi prima e dopo l'intervento sulla SS 623, suddivisi per progressiva chilometrica (valore atteso sui 5 anni).

Figure 2. Road accident number before and after the intervention on the 623 road, divided by road kilometres (5 years expected value).

lo studio, è stata fatta un'analisi di valutazione dell'efficacia dei provvedimenti scelti, utilizzando la serie storica dei dati dal 1999 al 2001, nel primo dei siti dove sono stati realizzati gli interventi susseguenti alla presente analisi; la scelta di questo sito è stata vincolata dalla necessità di poter disporre del maggior numero di dati possibili per la valutazione dell'efficacia dell'intervento.

Risultati

L'analisi preliminare ha valutato la pericolosità dei siti scelti in confronto alla media della strada statale di appartenenza. Le differenze riscontrate in termini di indice di gravità (2,99 contro 1,98 per la SS 623; 2,53 contro 2,19 per la SS 12; 2,60 contro 1,79 per la SS 467) conferma che nei tre comuni prescelti il tratto della statale che li attraversa risulta molto più pericoloso che non nei tratti rimanenti.
L'analisi condotta tramite il modello a rete neurale ha permesso di evidenziare le variabili maggiormente esplicative delle dinamiche degli incidenti nei tre siti.
I modelli a rete neurale utilizzati offrono la possibilità di simulare situazioni ipotetiche. E' risultato interessante simulare situazioni virtuali agendo sulle variabili segnalate dal modello e ad altre di interesse. I risultati sono stati espressi dal modello neurale in termini di «guadagno» percentuale sulla gravità degli incidenti.
I risultati di questa simulazione, unitamente a tutte le informazioni emerse dalle statistiche effettuate, hanno permesso di stilare una classifica dei determinanti principali degli incidenti nelle tre diverse realtà considerate, in ordine di importanza.
La tabella 1 riporta i risultati di tutte le analisi effettuate. Sono stati riportati i risultati relativi alle simulazioni di scenari più rilevanti, indicando la situazione reale, quella «ottimale» simulata e la percentuale di guadagno stimata.
In base a questi indicatori, e alla numerazione chilometrica progressiva, sono stati scelti, fra le tante indicazioni fornite dai vigili comunali, i punti che risultavano più emblematici della pericolosità del traffico nei tre comuni.
Il sopralluogo effettuato assieme alle forze dell'ordine dei tre comuni ha permesso di identificare una decina di situazioni pericolose rispondenti alle caratteristiche emerse dallo studio. A questa fase è seguito un lavoro di analisi delle possibili proposte di soluzione. Il lavoro svolto ha permesso di formulare prime ipotesi di intervento su cinque dei siti analizzati, alle quali hanno fatto seguito i relativi interventi sulla viabilità. Nell'analisi di valutazione *ex post* dell'efficacia è stato scelto il primo intervento effettuato, relativo al comune di Spilamberto, comune medio-piccolo posto tra Modena e l'Appennino e attraversato da un'importante strada statale (SS 623; figura 1).
Più in dettaglio l'opera realizzata è consistita in una razionalizzazione delle immissioni dalle strade secondarie sulla strada statale, con canalizzazione del traffico delimitata da realizzazione di un'aiuola, miglioramento generale e correzione della segnaletica orizzontale e verticale.
I dati raccolti dopo l'intervento mostrano un cambiamento nella distribuzione dell'incidentalità e degli esiti nel tratto considerato.
I grafici (figure 2, 3 e 4) riportano la situazione *pre* e *post operam*. Avendo a disposizione dati *pre operam* relativi a un periodo di 5 anni e dati *post operam* relativi a soli 3 anni, per rendere possibile la comparazione quantitativa dei due periodi il valore *post operam* è stato proiettato su un periodo di 5 anni.
L'ultimo aggiornamento della provincia di Modena sulle sta-

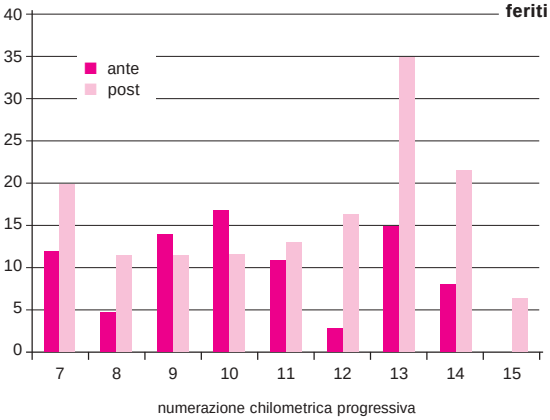

Figura 3. Numero di feriti coinvolti in incidenti verificatisi prima e dopo l'intervento sulla SS 623, suddivisi per progressiva chilometrica (valore atteso sui 5 anni).

Figure 3. Number of injures before and after the intervention on the 623 road, divided by road kilometres (5 years expected value).

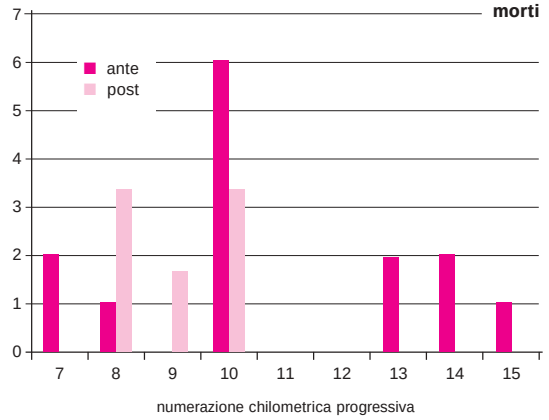

Figura 4. Numero di morti coinvolti in incidenti verificatisi prima e dopo l'intervento sulla SS 623, suddivisi per progressiva chilometrica (valore atteso sui 5 anni).

Figure 4. Number of deaths before and after the intervention on the 623 road, divided by road kilometres (5 years expected value).

tistiche di incidentalità a livello provinciale[6] riportano le differenze nell'incidentalità, lesività e mortalità dal 1992 al 2001, e si possono così riassumere:

- aumento degli incidenti del 33%;
- diminuzione dei morti del 31%;
- aumento dei feriti del 34%.

Per valutare se il modello neurale ha effettuato una stima di guadagno attendibile relativamente all'intervento strutturale effettuato (sistemazione dell'intersezione e completamento della segnaletica), occorre senza dubbio tenere conto anche di questo dato generale sulla variazione del trend di incidentalità, mortalità e lesività.

Si è riscontrata una diminuzione dell'indice di gravità sul tratto della strada statale interessato dell'ordine del 40%, che arriva a superare il 47% nel punto oggetto dell'intervento strutturale. Il modello aveva stimato un guadagno, a seguito degli interventi effettuati, dell'ordine del 10-15%. A questo va unita la situazione generale, considerando che l'indice di gravità è ovviamente costruito pesando maggiormente il contributo della mortalità rispetto a quello della lesività (ordine di 10 a 1). In questo senso il contributo della situazione generale di trend del fenomeno di incidentalità nel calcolo dell'indice di gravità utilizzato porta a una diminuzione generale pari a circa il 28% (31 meno 3,4 considerando il rapporto 1 a 10 tra morti e feriti). Pur rimanendo in un ambito di calcolo approssimativo, dovuto alla presenza di cofattori esterni alla costruzione del modello, si può quindi considerarne attendibile la stima.

Discussione

Nel campo della sicurezza stradale, anche in virtù dei già citati obiettivi a livello internazionale sulla riduzione dei morti per incidente stradale, assume un'importanza rilevante il processo di revisione metodologica che mira a valutare se gli interventi intrapresi hanno ottenuto, o stanno ottenendo, i risultati sperati ed eventualmente se hanno introdotto effetti non preventivati.

Se esiste un larghissimo consenso che agendo sulle *driving forces* del modello DPSEEA[10] si ottengono risultati preventivi più efficaci che agendo sui devianti, è molto problematica la possibilità di definire in termini quantitativi l'efficacia della prevenzione e della promozione della salute dei diversi interventi ambientali.

In questo contesto la cosiddetta *evidence based prevention* (EBP) assume un'importanza cruciale. In sintesi, con la EBP si intende introdurre/confermare nella prevenzione tutti gli interventi per cui – sulla base di prove scientifiche – è stata dimostrata l'utilità e l'efficacia, e al contempo si mira a eliminare progressivamente tutte quelle pratiche di prevenzione per cui è stata dimostrata l'inutilità o l'inefficacia.

D'altro canto occorre ricordare che «per la prevenzione dei rischi ambientali, è necessario un metodo che permetta di conciliare le spinte verso la razionalità scientifica con la filosofia che sta alla base delle misure di precauzione»,[11] distinzione questa che è tanto più attuale nel nostro paese in un periodo in cui in molte regioni i settori sanità e ambiente iniziano a interagire, dopo il divorzio sancito dal referendum del 1993.

In tema di valutazione dell'efficacia degli interventi strutturali per il miglioramento della sicurezza stradale la letteratura non è abbondante, ma vi sono parecchie iniziative realizzate all'estero per testare la validità di scelte effettuate o per valutare l'esportabilità di determinate soluzioni ad altre realtà. L'iniziativa presentata può considerarsi una delle prime esperienze italiane di valutazione dell'efficacia di interventi per la riduzione della pericolosità di siti stradali.[10]

La revisione bibliografica delle metodologie di valutazione dell'efficacia di interventi sulla viabilità ha evidenziato sostanzialmente due metodologie di analisi: le analisi prima-dopo o di efficacia (mortalità e lesività) e le analisi costi-benefici, queste ultime caratterizzate da parametri economici come metro di valutazione degli interventi. Di grande rilevanza, nell'uno e nell'altro caso, è la determinazione del grado di lesività riscontrato negli incidenti considerati, utile a una più corretta quantificazione della gravità del sinistro e del suo costo sociale. Basandosi su questa valutazione è possibile costruire funzioni di rischio che permettono di valutare in maniera più corretta la bontà o meno di un intervento sulla viabilità (vedi figura 5).

L'esempio riportato in figura mostra come una suddivisione dei feriti in leggeri e gravi permette di valutare in maniera più adeguata l'efficacia degli interventi. Questa categorizzazione richiede necessariamente un'integrazione di informazioni sull'incidente e di dati derivanti da banche dati sanitarie.

Come si è detto l'obiettivo operativo di questa esperienza era

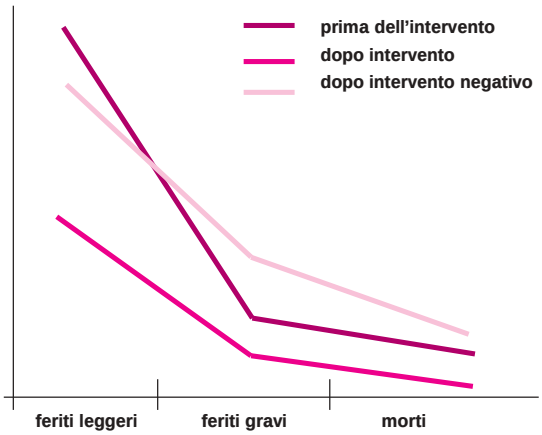

Figura 5. Esempio di funzione di rischio per valutare l'efficacia di un intervento in funzione del numero di morti e del numero e gravità dei feriti.

Figure 5. Example of risk function, in order to evaluate the efficacy of intervention based on number of deaths and number and severity of injures.

fornire valutazioni preventive sugli interventi più efficaci da realizzare in realtà caratterizzate da un alto grado di gravità degli incidenti stradali.
Le reti neurali sono state lo strumento di analisi statistica utilizzato. La letteratura su questo argomento sottolinea la capacità del modello utilizzato di approssimare una qualsiasi funzione uniformemente continua, tipica di un fenomeno evolutivo. Le applicazioni coprono i più svariati campi, tra cui anche quello dei trasporti e della sicurezza stradale.[11,12] Questa capacità di approssimazione di fenomeni non lineari rappresenta una caratteristica interessante nei problemi nei quali i fenomeni non sono ben noti e un approccio analitico richiederebbe sforzi conoscitivi onerosi.
Le metodologie di implementazione di tali previsioni sono tuttora oggetto di studio. L'importanza di una variabile di ingresso e il peso che ha nella definizione del modello sono concetti tuttora non assiomaticamente definiti. Tuttavia esistono due comuni nozioni di «importanza di *input*» di una rete neurale, evidenti e determinanti anche nel nostro caso-studio: l'importanza predittiva e l'importanza causale. L'importanza predittiva è collegata alla crescita dell'errore di generalizzazione quando tale *input* viene omesso dalla rete. L'importanza causale riguarda le situazioni dove l'utente può manipolare i valori degli *input* per vedere come cambia il valore di uscita. Non è detto che l'importanza predittiva implichi la causale e viceversa.
I primi risultati raccolti, pur legati a limitazioni oggettive sui dati a disposizione, hanno evidenziato un miglioramento della situazione, che incoraggia l'adozione di metodologie di valutazione preventiva dell'efficacia di interventi di prevenzione, che inevitabilmente favoriscono una maggiore attenzione delle amministrazioni nell'adottare interventi preventivi. Pertanto l'impulso di esperienze che valorizzino l'uso di modelli previsionali a diverso grado di complessità (stocastici, deterministici, tipo *black-box* per esempio reti neurali), potrebbe contribuire a stimolare la rilevanza dell'epidemiologia ambientale nelle pratiche preventive ma anche allo sviluppo dell'EBP implementando anche approcci non sperimentali.

Conclusioni

Questa esperienza, al di là dell'innovatività metodologica, presenta gli aspetti tipici della spirale della progettazione, dall'individuazione del problema a livello locale e generale, alla programmazione, realizzazione e valutazione dell'intervento, nonché alla valutazione della metodologia di pianificazione stessa. I risultati della verifica della stima effettuata dal modello, ancorché provvisori e da verificare con un insieme di dati più consistente, sono incoraggianti.
Più in generale l'utilizzo di nuove metodologie, la disponibilità e la collaborazione assicurata a livello comunale e provinciale hanno contribuito alla costruzione di questo studio applicativo che oltre a permettere, già in fase di ricognizione dei siti, di operare alcuni interventi di manutenzione ordinaria, ha dato anche utili indicazioni per le politiche di prevenzione e di intervento straordinario, inserite nei lavori preparatori per la redazione del Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP).

Conflitti di interesse: nessuno

Ringraziamenti: Si ringrazia A. Tampieri (Cattedra di biometria dell'Università di Modena), D. Gaudio (Provincia di Modena) , E. Masetti, G. Guazzi e A. Longhi (Comandanti delle Polizie municipali di Spilamberto, Bomporto e Maranello).

Bibliografia

1. Taggi F, Di Cristofaro Longo G. *I dati socio sanitari della sicurezza stradale* (Progetto DATIS), Istituto Superiore di Sanità, Università di Roma La Sapienza, 2001.
2. *Statistiche ACI*, 2000.
3. ISTAT. *Statistica degli incidenti stradali. Anno 2001.*
4. Piano Nazionale della Sicurezza Stradale. "Progetti Pilota" – Documentazione tecnica. Allegato. *Indici del danno sociale determinato dagli incidenti stradali,* Dicembre 2000.
5. Conferenza Sanitaria Territoriale Provincia di Modena. *Profilo di salute della Provincia di Modena*. 2001.
6. Provincia Modena. *Gli incidenti stradali nella Provincia di Modena – Aggiornamento ed approfondimenti statistici per gli anni 2001-2003.* http://www.provincia.modena.it/retedisicurezza/rete/pages/progetti/area1/istat2004.html
7. Cybenko G. Approximation by superpositions of sigmoidal functions. *Math Control Signals Syst* 1989; 2: 303-14.
8. Hornik K, Stinchombe M, White H. Multilayer Feedforward Networks are Universal Approximators. *Neur Net* 1989; 2: 359-66.
9. Rumelhart DE, Hinton GE, Williams RJ. Learning Internal Representations by Error Propagation in Rumelhart DE and McClelland JL, eds, *Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition. Vol.I: Foundations*, 1986, 318-62. Cambridge, MA:MIT Press
10. Corválan C, Briggs D and Kjellstrom T. Development of environmental health indicators. In: Briggs D, Corvalan C and Nurminen M, eds, *Linkage methods for environment and health analysis. General guidelines.* Geneva: UNEP, USEPA and WHO, 1996 , pp. 19-53.
11. AA.VV. Guida ai servizi preventivi di comunità. *Epidemiol Prev* 2002; 26(4) suppl: 1-80.
12. Palamenghi M. *Metodi di valutazione dell'efficacia degli interventi per la riduzione degli incidenti stradali.* Comune di Brescia, 1999. Rapporto di Ricerca n. 15.
13. Dougherty M. A review of neural networks applied to transport. *Transpn. Res.* 3(4), 247-60.
14. Mussone L, Ferrari A, Oneta M. An analysis of urban collisions using an artificial intelligence model. *Accid Anal Prev* 27(3): 371-89.