STUDIO DI UN S.I. PER LA GESTIONE DELLE EMERGENZE IN SEGUITO A EVENTI CALAMITOSI IN SARDEGNA

Eva LORRAI (*), Andrea GIACOMELLI (*), Italo MELONI (**)

(*) CRS4, Sesta Strada Ovest, Zona Industriale Macchiareddu, Uta (CA) (ITALY)
(**) Universita' degli Studi di Cagliari, Cagliari
e-mail: eva@crs4.it andreag@crs4.it IMeloni@unica.it

Riassunto
La simulazione di situazioni di rischio derivanti da eventi calamitosi estesi è necessaria al fine di individuare le più rapide vie di accesso all'area colpita da parte dei mezzi e delle squadre di soccorso a terra e di indicare alle autorità preposte le vie di fuga ed evacuazione rapida delle persone verso zone sicure. Vi sono però alcune tipologie di incidenti, come ad esempio gli incendi o le emissioni tossiche, per le quali risulta difficoltoso stabilire a priori strategie generali di intervento, a causa della dipendenza da una moltitudine di fattori determinabili solo al momento dell'evento. In questi casi, un importante contributo allo studio di scenari di rischio può essere dato dall'impiego di modelli di evacuazione che forniscano una base preliminare, svincolata da eventi specifici, tesa a evidenziare le zone più critiche in funzione della distribuzione della popolazione e delle caratteristiche delle infrastrutture. Viene presentato un caso di studio relativo all'area industriale di Predda Niedda (Sassari).

Abstract
The simulation of disasters arising from hazardous events is necessary in order to identify the fastest access routes to the affected zones and to provide indications on the possible safety routes. However, there are several types of accidents, such as firestorms or toxic spills, for which the *a priori* definition of general emergency strategies appears problematic, due to dependence on many factors which can be assessed only at the time of the event. In such cases, an important support in the analysis of accident scenarios can be given by the use of community evacuation models independent of any hazard or zone, which can be employed to identify the spatial variation in evacuation difficulty taking into account only the distribution of the population and the existing infrastructure. The model described has been applied to a case study for the industrial area of Predda Niedda (Sassari).

Introduzione

L'utilizzo di sistemi informativi territoriali per la valutazione del rischio di eventi calamitosi in campo ambientale è ormai estremamente diffuso e occupa un ruolo essenziale nell'elaborazione di mappe di rischio e nella pianificazione di interventi di emergenza (Chakraborty, Armstrong, 1994).
Limitando il campo di interesse agli incendi, si può ricordare la realizzazione di mappe di rischio basate sull'integrazione di dati sulla vegetazione, climatici, morfologici e infrastrutturali, integrate dall'analisi storica (Belliuzzo et al., 1998). Tali mappe possono essere affiancate da modelli che, dato uno o più punti di innesco e noti i parametri climatici e agrometeorologici relativi alla zona colpita, consentono di simulare l'evoluzione del fenomeno e quindi di studiare azioni di spegnimento, soccorso ed evacuazione.

Pur disponendo di strumenti sofisticati per la simulazione del fenomeno, l'incendio resta comunque un tipo di incidente con un alto grado di incertezza spaziale, non determinabile a priori, per il quale solo al momento dell'evento è possibile conoscere la zona investita e stabilire il tipo di evacuazione necessaria. Da questo punto di vista, presa in considerazione una determinata porzione di territorio, oltre alla realizzazione di mappe del rischio di incendio, diventa importante realizzare preliminarmente una mappa di vulnerabilità di evacuazione, che tenga conto dei problemi trasportistici che la stessa zona può presentare a prescindere dall'evento calamitoso, e che consenta di evidenziare aree particolarmente critiche per la combinazione delle caratteristiche della rete di trasporto e della distribuzione della popolazione presente.
Il presente lavoro si concentra esplicitamente su quest'ultimo aspetto, tramite l'applicazione di un modello di vulnerabilità di evacuazione applicato all'area industriale di Predda Niedda (Sassari).

Il modello utilizzato
L'analisi di vulnerabilità svolta in questo lavoro è stata effettuata tramite il modello SEAP, *Spatial Evacuation Analysis Program*, proposto da Cova e Church (1997).
Per l'utilizzo del modello è necessario disporre di una rete stradale schematizzata come grafo, in cui a ciascun nodo sono associati i dati relativi alla popolazione che insiste su di esso (P) e alla connessione dello stesso a una via di fuga (E), mentre per gli archi devono essere assegnati la capacità (C) e il senso di percorrenza (D) del relativo tronco stradale. Il rapporto P/C può essere considerato rappresentativo della difficoltà di evacuazione dell'intorno del nodo.
Il modello utilizza una procedura euristica per analizzare le *forward star*, ovvero le stelle di archi uscenti da ogni nodo. Partendo da un dato nodo origine si esplorano i nodi adiacenti, individuando tra questi quello che presenta il maggior valore di P/C. Assieme al nodo origine, il nodo così individuato compone un *cluster*, caratterizzato da un valore di P/C somma dei P/C dei due nodi. A partire dall'ultimo nodo individuato, l'algoritmo procede allo stesso modo, portando alla determinazione di un *cluster critico* per il nodo origine. Ripetendo la procedura per tutti i nodi della rete è possibile arrivare a caratterizzare l'area in esame, con una distribuzione di P/C rappresentativa delle zone che possono presentare difficoltà di evacuazione, in funzione della popolazione, delle caratteristiche della rete e delle vie di fuga. La definizione del problema richiede di fissare a priori una dimensione massima ammissibile per il cluster critico, in funzione di vari fattori legati alle caratteristiche della zona considerata.

Il codice impiegato utilizza come input un file di testo contenente il numero dei nodi della rete, l'identificatore del nodo, E (espresso da un valore booleano), P (numerico), il numero degli archi, l'identificatore del nodo iniziale e di quello finale dell'arco, C (numerico), D (espresso da un carattere). Analogamente, il risultato del modello viene scritto in un file di testo contenente per ogni nodo il valore di P/C associato al corrispondente cluster critico.
Disponendo di una base di dati geografici è quindi necessario definire le procedure di generazione dei file di input a partire dai tematismi relativi alla rete viaria e alla popolazione, nonché quelle per l'importazione dei risultati del modello nella base dati di partenza per le successive analisi.
Per automatizzare tale procedura è stata realizzata un'interfaccia basata sull'applicativo Arcview che permette di estrarre dal tematismo della rete stradale in formato *shapefile* le informazioni relative ai nodi e agli archi, e -terminata una simulazione- di riassegnare agli archi della rete i valori di P/C calcolati tramite il modello, attribuendo a ciascun arco il maggiore tra i valori ottenuti per i nodi che lo sottendono.

Il caso di studio: l'agglomerato industriale di Predda Niedda (SS)

Tra i ventitré agglomerati industriali attivi in Sardegna, quello di Predda Niedda, situato nel nord della regione (figura 1.a), presenta un particolare interesse dal punto di vista dell'analisi di evacuazione. Oltre alla vicinanza con il centro abitato di Sassari (figura 1.b), vanno segnalate la elevata densità insediativa, dovuta a una consistente presenza di attività commerciali (circa il 50% sul totale delle unità locali presenti), molte delle quali a contatto con il pubblico, e la presenza della statale 131, che determina un consistente carico di traffico pesante dovuto anche alla vicinanza con il porto di Porto Torres.

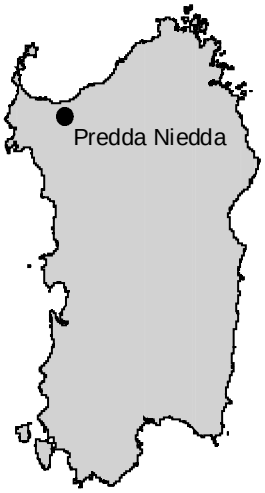

Figura 1.a - Localizzazione dell'area

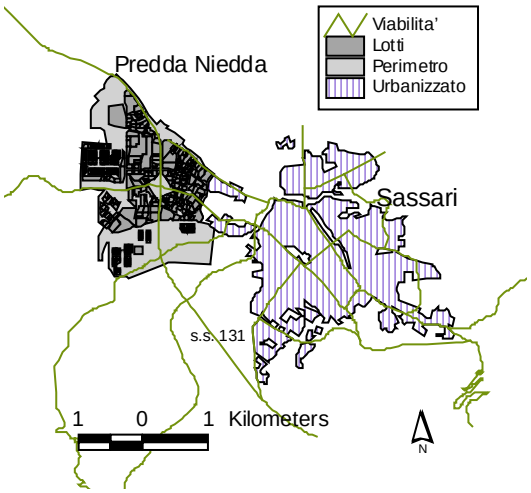

Figura 1.b - Dettaglio dell'area

I dati geografici sulla viabilità (fonte Osservatorio Industriale della Sardegna, 1999) sono stati corretti, mediante digitalizzazione, in modo da produrre due *shapefile* (di nodi e di archi) che rispondessero ai seguenti requisiti:

. i nodi rappresentano le intersezioni a raso o le sezioni stradali in cui si hanno variazioni delle caratteristiche geometriche della rete;

. le strade con due corsie per senso di marcia vengono rappresentate con due polilinee distinte.

Il carico della popolazione su ciascun nodo (P), è stato ricavato assegnando ai centroidi dei lotti occupati il numero di addetti di ciascuna unità locale (fonte Osservatorio Industriale della Sardegna, 1999) e quindi identificando il nodo di pertinenza tramite la generazione dei poligoni di Thiessen relativi ai nodi della rete (figure 2.a e 2.b).

I valori della capacità, intesa come massima portata di veicoli smaltibile da una determinata tipologia stradale, fissate le condizioni di deflusso (Olivari, 1994), sono stati attribuiti considerando la geometria stradale dell'agglomerato e condizioni di flusso libero, ovvero in assenza di condizionamenti causati dal traffico o da fattori ambientali. In particolare, la massima capacità considerata è di 1200 autovetture/ora per corsia da 3.50 m. Nelle strade interne, per la presenza di parcheggi laterali, la capacità diminuisce a 900 autovetture/ora e a 700 autovetture/ora in presenza di tortuosità. Negli svincoli è stata considerata

un'impedenza aggiuntiva dovuta alle immissioni e alla capacità è stato attribuito un valore di 600 autovetture/ora.

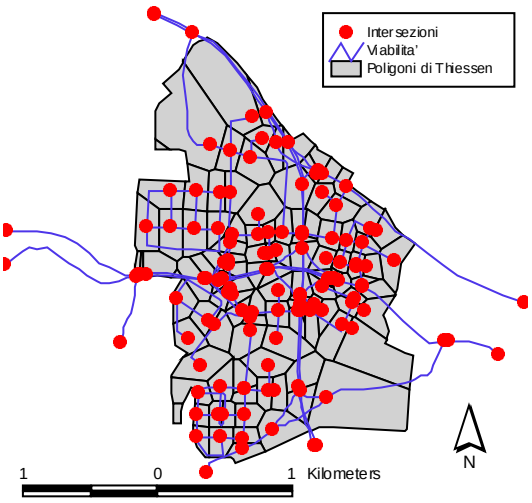

Figura 2.a - Generazione dei poligoni di Thiessen

Figura 2.b - Distribuzione degli addetti

L'attribuzione del limite massimo per il numero di nodi da assegnare a un cluster è stata derivata dal confronto tra le caratteristiche dell'infrastruttura della zona in esame con quelle della città di Santa Barbara, California, utilizzata dagli autori del modello come sito di validazione. Mentre per quest'ultimo caso era stato individuato un valore pari a 25 nodi, nel caso di Predda Niedda si è ritenuto più idoneo considerare una dimensione massima del cluster critico pari a 15 nodi, data la differente caratterizzazione delle due zone (residenziale la prima e industriale la seconda) e la conseguente diversità nella geometria della rete stradale.
In figura 3 è riportato il risultato di una delle simulazioni, in cui i valori di P/C attribuiti agli archi della rete sono stati riclassificati in quattro categorie di vulnerabilità di evacuazione.

Conclusioni e possibili sviluppi

I risultati ottenuti dalle simulazioni svolte sono da ritenersi soddisfacenti per una prima elaborazione di mappe di evacuazione. Dall'integrazione di queste con mappe di pericolosità relative a specifiche tipologie di incidenti è possibile migliorare la definizione di mappe di rischio, fornendo così una base informativa più affidabile per la pianificazione degli interventi di emergenza.
La procedura applicata richiede comunque di essere raffinata, superando alcune ipotesi semplificative adottate e ritenute accettabili in questa fase dello studio. In particolare, (1) la capacità delle strade è stata ricavata considerando condizioni di flusso ininterrotto, (2) la popolazione è stata attribuita alle intersezioni mediante il processo di interpolazione dei poligoni di Thiessen, che tiene conto della distanza euclidea tra la popolazione e l'intersezione, e infine (3) la popolazione è rappresentata dal numero degli addetti e costituisce quindi uno scenario particolare nella dinamica degli spostamenti all'interno dell'area considerata.
Per migliorare la caratterizzazione della zona di studio sarebbe dunque utile procedere a una analisi più raffinata dal punto di vista trasportistico, con l'introduzione di ulteriori parametri utilizzati nella teoria

della circolazione stradale (curve di deflusso associate ad ogni arco). In particolare si fa riferimento al flusso (numero di veicoli transitanti in una sezione stradale nell'unità di tempo), alla densità (numero di veicoli che in un determinato istante sono contenuti tra due sezioni stradali) e alla media spaziale delle velocità istantanee dei veicoli contenuti in una fissata lunghezza di strada in un dato istante. Inoltre, la procedura di attribuzione della popolazione
sulle intersezioni, potrebbe essere rivista considerando non la distanza euclidea ma quella di rete, secondo il percorso di minimo costo.
Un ulteriore punto interessante riguarda la determinazione della dimensione massima per il cluster critico. Mentre essa è attualmente legata a valutazioni specifiche sulla singola rete presa in esame, sarebbe opportuno identificare una procedura standard che, tenendo conto delle diverse tipologie di incidenti e delle caratteristiche del territorio in esame, limitino la componente soggettiva della valutazione.

Ringraziamenti
Si ringraziano l'Osservatorio Industriale della Sardegna, Tom Cova e Rick Church per la disponibilità e il supporto fornito.
Questo lavoro è stato finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna.

Bibliografia
Jayajit Chakraborty e Mark P. Armstrong (1994) - *Estimating the population characteristics of areas affected by hazardous material accidents* - GIS/LIS, pp. 154-163
Mario Olivari (1994) - *Elementi di teoria e tecnica della circolazione stradale* - Edizioni Franco Angeli
Thomas. J. Cova e Richard L. Church (1997) - *Modeling community evacuation vulnerability using GIS* - International Journal of Geographical Information Science, Vol. 11, no. 8, 763-784
Giovanni Belliuzzo, Remo Bertani, Giancarlo Daquino, Maurizio Dissegna, Marco Marchetti (1998) - *Il modello di propagazione del fuoco "MIP FIRE" Applicazione al territorio della provincia di Vicenza* - Atti della 2ª Conferenza Nazionale ASITA, Vol. I
Osservatorio Industriale della Sardegna (1999) - *Sistema informativo delle Aree Industriali della Sardegna - http://www.ossind.it/areeindustriali.htm*

Figura 3 - Risultato della simulazione e visualizzazione delle classi di vulnerabilita'